



PROSIDING

SEMIRATA 2017 BIDANG MIPA
BKS-PTN WILAYAH BARAT
Jambi, Ratu Convention Center 12 - 14 Mei 2017

“Peran Sains, Teknologi dan Pendidikan MIPA dalam Menopang Sains Park, Teknopark, Serta Geopark Berbasis Argopendukung dan Lingkungan”



Penerbit: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) bekerja sama dengan Fakultas Sains dan Teknologi (FST) Universitas Jambi

BUKU 2

FISIKA

PROSIDING SEMIRATA 2017 BIDANG MIPA BKS-PTN WILAYAH BARAT

Editor:

Maison
Feri Tiona Pasaribu
Ahmad Syarkowi
Evtita
Novferma
Rosi Widia Asiani
Aulia Ul Millah
Martina Asti Rahayu

Reviewer:

Maison
Evita Anggereini
Haris Effendi

Desain Sampul:

Taufan Dyusanda Putra

ISBN: 978-602-50593-0-8

Penerbit:

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP)
bekerjasama dengan Fakultas Sains dan Teknologi (FST) Universitas Jambi

Redaksi:

Kampus Unja Mendalo
Jl. Raya Jambi – Ma. Bulian Km. 15, Mendalo Indah
Jambi
Telp./Fax: 0741 - 583453

ISBN 978-602-50593-0-8



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas karunia yang telah dilimpahkan sehingga kegiatan Seminar dan Rapat Tahunan (SEMIRATA)-BKS PTN Bidang MIPA Wilayah Barat tahun 2017 dapat dilaksanakan secara baik.

Kegiatan SEMIRATA-BKS PTN Bidang MIPA Wilayah Barat tahun 2017 yang diamanahkan kepada Universitas Jambi sebagai penyelenggara dilaksanakan secara gabungan oleh Fakultas Sains dan Teknologi (FST) dan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP). Kegiatan telah dilaksanakan dengan sukses pada tanggal 12-14 Mei 2017 di Ratu Conference Hotel dan Swiss Bellin Hotel Jambi. Salah satu program utama adalah Seminar Nasional Sains dan Pendidikan MIPA dengan tema: “Peran Sains Teknologi dan Pendidikan MIPA dalam Menopang Sainspark, Teknopark serta Geopark berbasis Agroindustri dan Lingkungan”.

Sesi pleno seminar di Ratu Conference Center dipaparkan materi oleh dua pembicara utama yaitu akademisi Dr. Ir Yunus Kusumahbrata, M.Sc (Staf Ahli Kementerian ESDM) dan praktisi/birokrat Dr. H. Syahrial, M.P., (Bupati Tajung Jabung Barat Prov. Jambi). Materi yang disajikan berisi topik Pengembangan Geopark, Teknopark dan Sainspark di Indonesia. Selain daripada itu, sesi paralel telah dipresentasikan secara oral lebih dari 600 judul makalah hasil penelitian yang disampaikan dalam 40 ruang seminar secara paralel. Dalam kegiatan komunikasi ilmiah secara langsung ini juga telah dimanfaatkan untuk menjalin jejaring agar lebih bersinergi dalam pengembangan Sains dan Pendidikan MIPA ke masa mendatang.

Supaya komunikasi ilmiah yang baik ini dapat juga tersampaikan ke komunitas ilmiah lain yang tidak dapat hadir pada kegiatan seminar, panitia memfasilitasi untuk menerbitkan makalah dalam bentuk Prosiding. Panitia juga tetap memberi kesempatan kepada peserta yang akan menerbitkan makalahnya di jurnal ilmiah, sehingga tidak seluruh materi yang disampaikan pada seminar diterbitkan dalam prosiding ini. Dalam proses penerbitan prosiding ini, panitia telah banyak dibantu oleh Tim Reviewer dan Tim Editor yang dikoordinir oleh Drs. Maison, M.Si., Ph.D, yang telah dengan sangat intensif mencurahkan waktu, tenaga dan pikiran untuk melakukan proses *plagiarism check*, review, dan editing. Untuk itu, panitia menyampaikan terima kasih dan penghargaan. Namun, panitia juga menyampaikan permohonan ma'af karena dengan sangat banyaknya makalah yang akan diterbitkan dalam prosiding ini, waktu yang dibutuhkan dalam proses penerbitan prosiding ini cukup lama, dan penerbitan prosiding tidak dilakukan dalam satu buku tetapi dalam empat buku prosiding. Semoga penerbitan prosiding ini selain SEMIRATA-BKS PTN Bidang MIPA Wilayah Barat tahun 2017 bermanfaat bagi para pemakalah dan penulis, juga dapat bermanfaat dalam pengembangan Sains dan Pendidikan MIPA di Indonesia.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Rektor Universitas Jambi, Dekan FST dan FKIP Universitas Jambi, Ketua Forum Rektor BKS wilayah Barat, Ketua BKS-MIPA Wilayah Barat, panitia dan semua pihak yang ikut menyukseskan acara semirata.

Jambi, 2 Oktober 2017

Ketua Panitia

Dr. Kamid, M.Si

DAFTAR ISI

	Hal
BUKU 1 (MATEMATIKA)	
IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA SISTEM PENJADWALAN REGISTRASI DINAMIS Suyanto, Syahriol Sitorus dan Usman Ridwan Syah	1
APLIKASI SISTEM ANTRIAN BERBASIS ANDROID Joko Risanto	10
MODEL OPTIMASI LAHAN PARKIR GRAPARI BANDA ACEH DENGAN MENGGUNAKAN SATUAN RUANG PARKIR Phounna Mandira Chalandri, Intan Syahrini, Taufiq Iskandar, Marwan Ramli	17
PENENTUAN LINTASAN TERPENDEK PADA SUATU GRAP BERBOBOT DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM DINAMIK Eldawati, Said Munzir, Marwan Ramli	29
PREDIKSI HARGA DAGING SAPI DI PEKANBARU DENGAN METODE PEMULUSAN EKSPONENSIAL TRIPEL WINTER Evi Febriantikasari, Rado Yendra, Arisman Adnan, Rahmadeni	41
PREMI TAHUNAN ASURANSI JIWA BERJANGKA DENGAN ASUMSI SERAGAM UNTUK STATUS GABUNGAN Desta Wahyuni, Rado Yendra, Arisman Adnan, Nilwan Andiraja	51
OPERATOR LINEAR PADA RUANG BARISAN TERBATAS l_2 Muslim Ansori, Suharsono,S	59
APLIKASI KONTROL OPTIMAL PADA POLAR ROBOT UNTUK OBJEKTIF GANDA: MEMINIMUMKAN BESAR TORSI DAN PENCAPAIAN POSISI TARGET DENGAN WAKTU MINIMUM Said Munzir, Marwan, Taufiq Iskandar dan Reza Wafdan	64
PENGGUNAAN METODE FIS MAMDANI DALAM MEMPERKIRAKAN TERJADINYA GELOMBANG TSUNAMI AKIBAT GEMPA BUMI Hizir Sofyan , Erni Lusiani , Asep Rusyana , Marzuki	73
OPTIMALISASI PORTOFOLIO DENGAN MENGGUNAKAN SEPARABLE PROGRAMMING Elly Rosmaini dan Nurhalimah Pane	80
MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN PENYAKIT MALARIA Syarifah Meurah Yuni, Mahmudi	89
ANALISIS PERSONAL FINANCIAL LITERACY MAHASISWA DALAM MERAMALKAN JUMLAH PENGELUARAN MENGGUNAKAN METODE EXPONENTIAL SMOOTHING DAN P-SPLINE FILTER SMOOTHING (Studi Kasus : Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh) Putri Atikah, Maisarah Defadz, Siti Husna F., Miftahuddin	95

PERBANDINGAN ESTIMASI PARAMETER PADA DISTRIBUSI EKSPONENSIAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE MAKSIMUM LIKELIHOOD DAN METODE BAYESIAN Elsa Tria Noviadi , Rado Yendra dan Arisman Adnan	105
PEMODELAN DEPENDENSI DATA KATAGORI MELALUI PENDEKATAN MODEL LOG- LINIER Awal Isgiyanto, Syahrul Akbar	112
APPLICATION OF FOURIER SMOOTHING BASIS FOR Reza Ariska, Miftahuddin	124
PENERAPAN ALGORITMA DYNAMIC PROGRAMMING PADA PERMASALAHAN KNAPSACK 0-1 Irmeilyana, Putra Bahtera Jaya Bangun, Dian Pratamawati, Winda Herfia Septiani	134
KETERKAITAN KETAKSAMAAN NILAI SINGULAR PADA PEMETAAN LINIER Rolan Pane, Asli Sirait, Aziskhan	145
IMPLEMENTASI ALGORITMA BRUDY DALAM PERSOALAN KNAPSACK 0-1 DI UD. SUBUR TANI MAKMUR Indrawati , Sisca Octarina, Esrawati	154
PENGOPTIMALAN RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA DIJKTRA (STUDI KASUS PENGANGKUTAN SAMPAH DI KOTA BANDA ACEH) Nurmaulidar, Radhiah, Muhammad Reza Pahlefi	164
ANALISIS MODEL INDEKS HARGA SAHAM DENGAN METODE REGRESI DATA PANEL Idhia Sriliana, Herlin Fransiska	171
SISTEM PENGENDALIAN DAN MONITORING SUHU PADA PIPA MINYAK MENGGUNAKAN SMS GATEWAY Alfirman, M.Kom, Fatayat,M.Kom	179
PENAKSIR BAYES UNTUK PARAMETER DISTRIBUSI EKSPONENSIAL BERDASARKAN FUNGSI KERUGIAN KUADRATIK DAN FUNGSI KERUGIAN ENTROPI Bustami , Harison , Nadya Zulfa Nengsih	185
PENERAPAN GENERALIZED ADDITIVE MODELS TERHADAP DATA PRODUKSI PADI DI INDONESIA Isra Safriana, Ida Fajri, Miftahuddin	194
PENENTUAN FAKTOR-FAKTOR YANG MENYEBABKAN BANYAKNYA KASUS DEMAM BERDARAH DENGUE DI KOTA JAMBI DENGAN MODEL GEOGRAPHICALLY WEIGHTED POISSON REGRESSION Gusmi Kholijah, Teguh Sumarsono, Niken Rarasati, Azzikra Febriyanti	205
MINIMISASI TRIM LOSS KERTAS GULUNGAN PADA CUTTING STOCK PROBLEM (CSP) SATU DIMENSI Sisca Octarina, Putra Bahtera Jaya Bangun, Suci Novtari Kumala Dewi	214

ASSESSMENT OF SEA SURFACE TEMPERATURE IN THE INDIAN OCEAN USING GENERALIZED ADDITIVE MODELS Miftahuddin	225
SOLUSI ALTERNATIF PERSAMAAN DIFERENSIAL BIASA Asli Sirait, M. Natsir, Rolan Pane	238
PENGGUNAAN MATRIKS RANCANGAN TERPARTISI DALAM ANALISIS RANCANGAN PERCOBAAN TIGA FAKTOR Sigit Nugroho	246
USING STOCHASTIC LINEAR PROGRAMMING FOR SOLVING FINANCIAL PLANNING AND CONTROL Ramya Rachmawati	255
RENTANG NUMERIK UNTUK FUNGSI EKSPONENSIAL MATRIKS M.Natsir, Musraini	260
A STUDY ON BEHAVIOR OF RAINFALL TO PLAN A PLANTING CALANDER USING A COMBINATION METHOD OF TIME SERIES AND MARKOV CHAIN Henry Rani Sitepu, Open Darnius, Gracia M Simorangkir	270
PENERAPAN B-SPLINE PADA PERSENTASE PENDUDUK MISKIN Eva Maulia, Rohani, Miftahuddin	277
MODEL MATEMATIKA KONVEKSI CAMPURAN (MIXED CONVECTION) DENGAN SYARAT BATAS PADA PELAT HORIZONTAL Leli Deswita	287
SOLUSI KESTABILAN UNTUK KALMAN FILTER SISTEM SINGULAR Budi Rudianto	291
PREMI PENSIUN UNTUK KASUS MULTIPLE DECREMENT DENGAN TINGKAT BUNGA RENDLEMAN-BARTTER Hasriati, Anggia Fitri	299
APLIKASI SIMULASI MONTE CARLO DAN METODE PERT/CPM PADA JARINGAN KERJA: SEBUAH KAJIAN SURVEI M. D. H. Gamal dan Erni Pratiwi	306
ESTIMASI TINGKAT KEMATIAN BAYI DAN HARAPAN HIDUP BAYI Ahmad Iqbal Baqi	315
ESTIMATOR RATAAN HARMONIK PADA SAMPEL HIMPUNAN TERURUT UNTUK DISTRIBUSI NORMAL Sukma Adi Perdana, S.Si, M.Sc	320
PEMODELAN SUHU PERMUKAAN LAUT MENGGUNAKAN GENERALIZED ADDITIVE MODELS DALAM EFEK WAKTU Shafia Ananda, Reza Ariska, Rifa Atul Humaira, Miftahuddin	325
ANALISIS KORELASI KANONIK UNTUK MENGIDENTIFIKASI FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP DERAJAT KESEHATAN Asep Rusyana, Nurhasanah, dan Restu Deviyanti	337

PENAKSIR RASIO RATA-RATA POPULASI MENGGUNAKAN STANDAR DEVIASI, KOEFSIEN SKEWNESS, DAN KOEFISIEN KURTOSIS PADA SAMPLING GANDA Rustam Efendi, Firdaus, Haposan Sirait, Marini	349
DIVISIBILITY PROPERTIES OF THE SUM INVOLVING Baki Swita	357
PENAKSIR PARAMETER DISTRIBUSI INVERS MAXWELL UKURAN BIAS SAMPEL MENGGUNAKAN METODE BAYESIAN Haposan Sirait Rince Adrianti ,	366
ANALISIS MODEL DAN ALGORITMA UNTUK MASALAH PEMROGRAMAN STOKASTIK Ihda hasbiyati , Aziskhan	373
MODEL INTERNET BUNDLING PRICING GENERALIZED MENGGUNAKAN FUNGSI UTILITAS COBB-DOUGLAS DAN QUASI LINIER Fitri Maya Puspita, Maijance Oktarina , Yayan Febrian , Bella Arisha	378
Multivariate Object Ranking Based On Quantile Method Open Darnius, Indah	390
MODEL PREDATOR-PREY DENGAN POPULASI TERINFEKSI DAN PENYEBARAN INFEKSI MELALUI PREDASI Khozin Mu'tamar	396
SISTEM DETEKSI DAN PENGENALAN CITRA OVERLAPPING KOIN DENGAN ALGORITMA CIRCULAR HOUGH TRANSFORMATION (CHT) Zaiful Bahri	403
A NOTE ON k-HYPERGRAPHIC SEQUENCES Mudin Simanihuruk	411
PENDETEKSIAN OUTLIER PADA REGRESI LOGISTIK DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK TRIMMED MEANS Sigit Sugiarto , Arisman Adnan , Sarimah	419
KARAKTERISASI BILANGAN PRIMA GAUSSIAN Mahmudi, Syarifah Meurah Yuni	425
MASALAH PENUGASAN DUA FUNGSI TUJUAN DENGAN METODA Endang Lily, Aziskhan , Rolan Pane3	428
PERMUTASI DISJOIN DAN SEMIDISJOIN PADA GRUP PERMUTASI Musraini M, Asli Sirait, Fitra Dwi Anggara	435
PERSEPSI SISWA TENTANG IKLIM SEKOLAH DAN KINERJA GURU MATEMATIKA DAN PENGARUHNYA TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA Fahrul Ilmi	443
PENGEMBANGAN INSTRUMEN TES SMP SEBAGAI APLIKASI MATA KULIAH EVALUASI PEMBELAJARAN MATEMATIKA Edi Susanto, Rusdi	452

PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN ADVANCE ORGINIZER DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA Kiki Nia Sania EffendI, Indrie Noor Aini	460
PENGEMBANGAN LKS MATEMATIKA BERBASIS INQUIRY DAN MIND MAP MATERI LINGKARAN KELAS VIII Rezky Ramadhona	472
PERANGKAT PEMBELAJARAN UNTUK MATERI SEGIEMPAT MELALUI PEMBELAJARAN BERDASARKAN MASALAH SESUAI KURIKULUM 2013 Sakur , Atma Murni, Fadriati Ningsih	482
PELAKSANAAN KURIKULUM 2013 PADA BIDANG STUDI MATEMATIKA DI SEKOLAH MENENGAH PERTAMA NEGERI (SMPN) KOTA PEKANBARU TAHUN PELAJARAN 2016/2017 Zulkarnain & Susda Heleni	491
UPAYA MENINGKATKAN MOTIVASI DAN HASIL BELAJAR MATEMATIKA MELALUI BELAJAR KOOPERATIF MODEL STAD Muslimin	501
	510
PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH UNTUK MENINGKATKAN AKTIFITAS PEMBELAJARAN DAN DAYA SERAP Sufri, Gugun M. Simatupang	517
PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE THINK TALK WRITE (TTW) TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA KELAS XI IPA SMA NEGERI 9 PADANG Dra. Jazwinarti, M.Pd , Suherman, S.Pd, M.Si, Irvan Sardhi, S.Pd	524
PENERAPAN PENDEKATAN SAVI UNTUK MEMINIMALKAN MISKONSEPSI SISWA PADA BANGUN DATAR Sehatta S, Zuhri D	534
EFFECT OF PSYCHOLOGICAL FACTORS IN LEARNING TO LEARNING OUTCOMES ON REAL ANALYSIS Rahmadani Putri, Roseli Theis	541
PROSES BERPIKIR MAHASISWA DALAM MENYELESAIKAN MASALAH PEMBUKTIAN PADA MATA KULIAH ANALISIS RIIL Ringki Agustinsa dan Effie Efrida M	551
THE INFLUENCE OF COOPERATIVE LEARNING MODEL OF THINK PAIR SQUARE (TPS) ON MATHS AT STATE JUNIOR SECONDARY SCHOOLS IN PEKANBARU Susda Heleni	560
IMPLEMENTATION OF PROBLEM BASED LEARNING MODEL TO IMPROVE MATHEMATICAL OF PROBLEM SOLVING SKILLS OF STUDENTS CLASS VIII SMP BHAYANGKARI PEKANBARU Titi Solfitri, Zulkarnain Dwika Ananda Ayu Rahmawati Sinaga	560

PERILAKU METAKOGNITIF SISWA SMP DALAM MELAKUKAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS PADA MATERI ARITMETIKA SOSIAL Atma Murni	572
PENINGKATAN MUTU PENDIDIKAN DASAR MELALUI PENINGKATAN KOMPETENSI PROFESIONAL GURU MATEMATIKA SMP DI KABUPATEN PASAMAN BARAT Suherman, Defri Ahmad , Heru Maulana	595
PENGEMBANGAN MODUL ALJABAR BERBASIS PENDEKATAN REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION UNTUK MENINGKATKAN SELF-EFFICACY SISWA Rohati, Marlina, dan Novferma	611
PENGEMBANGAN LKS GEOMETRI MENGGUNAKAN TEORI VAN HIELE PADA SISWA SEKOLAH MENENGAH PERTAMA Sri Winarni, Ade Kumalasari , Ranisa Junita	621
ANALISIS KEMAMPUAN LITERASI MATEMATIKA DAN PENGARUHNYA TERHADAP PENCAPAIAN MATEMATIKA MAHASISWA Desi Rahmatina	641
TEACHER ACTIVITIES ON DEVELOPMENT STUDENT’S CRITICAL THINKING CAPABILITY IN LEARNING Khalida Yunas, Sehatta Saragih	651
PENERAPAN STRATEGI PEMBELAJARAN OTENTIK UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR MATEMATIKA SISWA Nahor Murani Hutapea	659
USING MEDIA LEARNING DESIGN COASTAL AREA IN LEARNING NUMBER FOR 1st GRADE ELEMENTARY SCHOOL COASTAL AREA Zuhri D, Sehatta S	669
PENGEMBANGAN LKM BERBASIS PENDEKATAN MATEMATIKA REALISTIK DAN PENDIDIKAN KARAKTER PADA SMP MATERI ARITMATIKA SOSIAL DI MAHASISWA PPG SM3T FKIP UNIB 2017 M. Fachruddin. S	678
PROBLEM BASED INSTRUCTION AND MAKE A MATCH : AN EFFORT TO INCREASE STUDENTS MATHEMATIC ACHIEVMENT Fajar Sukma Harsa , Tanti Jumai Syaroh	684
EVALUATION OF LEARNING USING MATH PROBLEMS Uus Kusdinar	695
PENGEMBANGAN SOAL MATEMATIKA BERBASIS HIGHER ORDER THINKING SKILL (HOTS)DENGAN KONTEKS BOWLING UNTUK SISWA KELAS VII SMP Tuti Rahmawati, Zulkardi, Somakim	700

PENGARUHPENERAPANMETODE PENGAJARAN TERBALIK TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIKA SISWA KELAS VII SMP NEGERI 04 KAMPARKECAMATAN KAMPAR KABUPATEN KAMPAR Dessy Andriani dan Hassanuddin	709
LITERASI MATEMATIS SISWA SMP NEGERI DI KECAMATAN TAMPAN KOTA PEKANBARU DALAM BIDANG GEOMETRI Syarifah Nur Siregar, Titi Solfitri	713
KEPRAKTISAN LEMBAR KERJA BEBASIS MODEL PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERDASARKAN TEORI APOS (MODEL APOS) OLEH MAHASISWA TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNIK UNIB TA 2015/2016 (Studi Kasus Pada Pembelajaran Kalkulus) Hanifah	723
BUKU 2 (FISIKA)	
KARAKTERISASI BATU PIRUS, BATU SATAM DENGAN XRD, SEM-EDS DAN VICKERS HARDNESS TESTER Perdinan Sinuhaji, Timbangan Sembiring, Awan Maghfirah, Fitriyani Sirait	731
MANAJEMEN PEMBELAJARAN BERBASIS MODEL CREATIVE PROBLEM SOLVING UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH SISWA SMPN 7 KOTA BENGKULU Nirwana	738
PENYELIDIKAN AKUIFER BAWAH PERMUKAAN DAERAH UNIVERSITAS JAMBI MENDALO SEBAGAI UPAYA KONSERVASI DAN KETERSEDIAAN AIR BERSIH Rizka, Soni Satiawan, Nasri MZ, Ichy Lucya Resta	749
ANALISIS FENOMENA INDIA OCEAN DIPOLE (IOD) POSITIF TAHUN 2012 DAN IOD NEGATIF TAHUN 2010 MENGGUNAKAN DATA SATELIT Lesi Mareta, Wijaya Mardiansyah, Iskhaq Iskandar	757
DESIGN OF LOW COST SPIN COATER AS THIN LAYER GROWING DEVICE USING MICROCONTROLLER Muhammad Rido, Oky Lidya Kumala, Aris Irvan, Bella Aprimanti Utami, Inten Rafika Duri, Kania Nur Sawitri, Rady Purbakawaca	767
INSTRUMENTASI SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR SECARA JARAK JAUH BERBASIS MIKROKONTROLER Bisman Perangin-angin, Takdir Tamba	775
STUDI POTENSI DAERAH RAWAN LONGSOR (LANDSLIDE) BERDASARKAN FREKWENSI DOMINAN (FO) DENGAN METODE HVSR Suhendra, Refrizon, Nanang Sugianto	783
PENGARUH WAKTU MILLING TERHADAP STRUKTUR DAN UKURAN KRISTAL DARI NANOQUARTZ Ratnawulan	787
VALIDITAS ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG MENGGUNAKAN SENSOR EFEK HALL YANG DILENGKAPI LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK	793

ANALISIS FENOMENA EL NIÑO 2015/2016 DAN LA NIÑA 2010/2011 DENGAN MENGGUNAKAN DATA SATELIT Willy Antakusuma, Wijaya Mardiansyah , Iskhaq Iskandar	808
UPAYA PENINGKATAN KOMPETENSI PESERTA DIDIK MENGGUNAKAN PROBLEM BASED LEARNING BERBANTUAN LKPD BERPRAKTIKUM Asrul, Yulkifli dan Ayyuda Hamida	817
APPLICATION OF FIBER OPTIC SENSOR SYSTEM FOR THE MEASUREMENT OF VIBRATION FREQUENCY ACOUSTIC Bayu Hadi Saputro , Harmadi , Wildian	829
RANCANG BANGUN PENGATURAN SUHU RUANGAN DI APLIKASIKAN PADA RUANGAN PENETAS TELUR BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51 Bisman Perangin-angin	836
EFEKTIVITAS MODUL PEMBELAJARAN DENGAN PENDEKATAN KONSEPTUAL INTERAKTIF BERBASIS PERALATAN BUDAYA TRADISIONAL TERHADAP PEMAHAMAN KONSEP SISWA Fakhruddin Z., Lilia Halim	846
CHITOSAN FILM BASED SOIL MOISTURE SENSOR Tulus Ikhsan Nasution , Irwana Nainggolan , Darmansyah Dalimunthe , Muhammad Balyan, Ilham Sutra Pradana ,	857
PENYERAPAN LOGAM BERAT LIMBAH CAIR MENGGUNAKAN KARBON AKTIF BERBAHAN ARANG TEMPURUNG KELAPA MELALUI AKTIVASI GELOMBANG MIKRO Esmar Budi, Widyaningrum Indrasari , Galih Dwi Prasetyo , Nanda Triyoko	863
TEKNOLOGI MONITORING GEOLISTRIK TIME-LAPSE UNTUK MEMANTAU DAERAH RAWAN LONGSOR DI KOTA PADANG Mahrizal, Ahmad Fauzi, Akmam	869
ANALISIS DAN KARAKTERISASI PADA PEMBUATAN GENTENG POLIMER BERBAHAN BAKU LIMBAH PULP DREGS SEBAGAI AGREGAT DAN RESIN EPOKSI SEBAGAI PEREKAT Kurnia Sembiring	879
STRATEGI PEMBELAJARAN FISIKA BERKARAKTER Hendar Sudrajad	886
ANALISA TINGKAT RESISTIVITAS DAN PERMEABILITAS TANAH DI KECAMATAN TAMPAN KOTA PEKANBARU Juandi Riad Syech	892
DESIGN OF LOW COST PM10 MEASUREMENT DEVICE USING DUST SENSOR GP2Y1010AU0F Rady Purbakawaca*, Kania Nur Sawitri, Muhammad Ridho, Aris Irvan, Oky Lidya Kumala,	900

Jajang Nurjaman, Helni Kurniawati Zebua, Eka Fitriandini

STUDI PENDETEKSIAN SITUS PURBAKALAMENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DI LOBU TUA TAPANULI TENGAH Jamaludin Hasibuan1), Asdiati Berutu 1), Halimahtun Sakdiah 2), Rahmatsyah 1)	912
IDENTIFIKASI STRUKTUR BERPOTENSI LONGSOR BERDASARKAN MODEL RESISTIVITAS LISTRIK 2D Bukhari1), Andi Dian Saputra1), Agus Hari Pratama1), Faisal Abdullah1), Muhammad Yanis2), Nazli Ismail1).	922
ESTIMASI SUHU PLASMA YANG DIINDUKSI DENGAN SEBUAH LASER KARBON DIOKSIDA (CO ₂) PADA SAMPEL DALAM SILICONE GREASE DI ATAS SUBTARGET LOGAM DENGAN MENGGUNAKAN BUBUK Nasrullah Idris, Tjoet Nia Usdawanda, Kurnia Lahna, Muliadi Ramli dan Kazuyoshi Kurihara	934
ANALISIS SEISMIC QUIESCENCE WILAYAH SUMATERA BARAT Syafriani, Wela Yulianda, Andiyansyah Z. Sabarani	946
APLIKASI TEKNIK OVERLAY UNTUK PENENTUAN POTENSI PANAS BUMI BERDASARKAN DATA GEOSAINS DAN REMOTE SENSING Muhammad Isa 1), Muhammad Syukri S 2) Muhammad Rusdi 3)	952
VARIASI TEMPERATUR, KECEPATAN ANGIN DAN TINGGI EFEKTIF PADA KAJIAN MIXING HEIGHT SW Suciyati1)	960
STUDI KESTABILAN THERMAL BERDASARKAN PERUBAHAN CARBONIL INDEX POLIMER NANOKOMPOSIT Diana Alemin Barus1, Basuki W2	968
VISUALISASI DISTRIBUSI SUHU PADA BAHAN HOMOGEN DAN MULTILAYER MENGGUNAKAN METODE BEDA HINGGA SW Suciyati, Warsito*, dan Fahad Almafakir	974
ANALISIS VS30 BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR, MASW DAN DATA USGS Refrizon*, Suhendra, Budi Harlianto, dan Nanang Sugianto	987
VALIDASI ANGKET KECERDASAN SPRITUAL MELALUI EXPLORATORY FACTOR ANALYSIS: PENERAPAN PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS Irwan Koto*, Gozi Abdul Jabbar	995
RANCANGAN SWITCHING NANO DETIK DENGAN SALURAN TUNDA INDUKTOR BERBASIS TRANSISTOR AVALANCHE Kerista Tarigan	1005
DESIGN AWAL TEORI KEMAGNETAN SOLENOIDA BERPENAMPANG SEGITIGA Haerul Pathoni	1010
PEMODELAN ARUS MUSIMAN DI PERAIRAN LEMUKUTAN KALIMANTAN BARAT Arie Antasari Kushadiwijayanto*, Apriansyah, Nora Idiawati	1016
STUDI PARAMETER BURNUP SEL BAHAN BAKAR BERBASIS URANIUM METALIK (UZr) PADA REAKTOR CEPAT BERPENDINGIN HELIUM	1029

Heffi Naini¹, Fiber Monado^{2*}, Menik Ariani²

INVESTIGASI KETERAMPILAN PROSES SAINS GURU BERPRESTASI SEKOLAH DASAR DI RIAU Zulirfan ¹), Zanaton Haji Iksan ²)	1037
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR IPA TERPADU GERAK BENDA DAN MAKHLUK HIDUP BERMUATAN LITERASI SAINTIFIK UNTUK SISWA SMP KELAS VIII Asrizal, Liza R, Festiyed	1044
A COMPARATIVE STUDY OF SMALL LONG-LIFE GAS COOLED FAST REACTOR Rio Anshari	1057
PENGARUH VARIASI % WT EPOXY RESIN PADA SIFAT MAGNET BONDED NDFEB Nasruddin M.Noer ¹ ; Devy Permatasari ¹ ; Krista Sebayang ¹ ; Nenen Rusnaeni ² ; Muljadi ² ; Eko Arif ² ;	1064
STRUKTUR NANO PARTIKEL OKSIDA BESI DARI PASIR BESI PANTAI TIRAM SUMATERA BARAT Yenni Darvina*, Debi Rianto , Fitria Murti, Nidya Yulfriska, Ramli	1068
PENERAPAN BAHAN AJAR ICT DALAM MODEL DIRECT INSTRUCTIONAL TERHADAP KOMPETENSI FISIKA SISWA Hidayati ¹ , Masril ¹ , Lailatul Khairiah ¹	1077
SISTEMATIKA KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH DENGAN MENERAPKAN METODE PROBLEM SOLVING DI SMA NEGERI 9 KOTA BENGKULU Andik Purwanto, Putri Anggraini	1086
PENINGKATAN KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF MAHASISWA MELALUI PEMBELAJARAN PROBLEM SOLVING PADA MATERI HUKUM-HUKUM NEWTON Eko Swistoro Warimun	1095
MENINGKATKAN KEMAMPUAN MEMECAHKAN MASALAH DAN MENGELOLA DIRI SENDIRI MELALUI SELF ASSESSMENT MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA PPS UNIVERSITAS NEGERI PADANG Festiyed, Djusmaini Djamas,	1103
TINGKAT KETERLAKSANAAN PENDEKATAN CONTEXTUAL TEACHING AND LEARNING DALAM PEMBELAJARAN FISIKA DI KELAS X SMAN PEKANBARU Zulhelmi, Mitri Irianti, Eka Lestari	1117
PENGEMBANGAN KECERDASAN KOMPREHENSIF DALAM MATERI PEMBELAJARAN HAKIKAT FISIKA DAN PROSEDUR ILMIAH Zulhendri Kamus, Gusnedi, Faradillah, Junaidy Syam, Fitri Indah Sari, Eurumi Farania	1127
EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN FISIKA BERBASIS RISET UNTUK MENINGKATKAN KREATIVITAS SISWA Usmeldi	1133
PENERAPAN PEMBELAJARAN BERBASIS WEB UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS BELAJAR ELEKTRONIKA DASAR MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA M. Rahmad	1144

SIKAP MAHASISWA TERHADAP MATAKULIAH FISIKA DASAR DI PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN UNIVERSITAS JAMBI Titi Nurjanah , Astalini , Wawan Kurniawan	1156
EFFECTIVENESS OF PHYSICS LEARNING BASED ON MULTI REPRESENTATION TO GAIN THE STUDENTS PHYSICS EDUCATION REPRESENTATION ABILITY Yennita	1166
EFEKTIVITAS LKPD BERORIENTASI KOMPLEKSITAS KONTEN DAN PROSES KOGNITIF UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA SMA/MA Harman Amir, Amali Putra, Vera Yunita	1180
ANALISIS POLA PIKIR DAN PERILAKU LINGKUNGAN MAHASISWA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA FKIP UNRI TERHADAP LINGKUNGAN HIDUP DI KAMPUS FKIP UNRI Muhammad Syafi'I, M. Nor	1194
ANALISIS PERSEPSI MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA TERKAIT PENTINGNYA PEMBELAJARAN FISIKA BERMAKNA YANG MENERAPKAN UNSUR KEARIFAN LOKAL SUMATERA BARAT Renol Afrizon, Hidayati, Rio Anshari	1214
UPAYA PENINGKATAN KETERAMPILAN KOMUNIKASI DAN BERPIKIR KRITIS MELALUI MODEL PROBLEM BASED LEARNING MAHASISWA PENDIDIKAN BIOLOGI PADA MATA KULIAH FISIKA DASAR 1 Muhammad Nor, Zuhdi Maaruf, M. Syafi'i	1223
PENINGKATAN KETERAMPILAN LITERASI INFORMASI, KOMUNIKASI, DAN HASIL BELAJAR MELALUI PENDEKATAN SAINTIFIK. PERKULIAHAN SEJARAH FISIKA MAHASISWA FKIP UNIVERSITAS RIAU Zuhdi M, Muh Nor	1244
DISAIN LABORATORUM VIRTUAL MELALUI ICT PADA MATA PELAJARAN FISIKA SMA Masril, Hidayati, Yenni Darvina	1255
KARAKTERISTIK BAHAN AJAR FISIKA BERORIENTASI PADA KOMPLEKSITAS KONTEN DAN PROSES KOGNITIF UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA SMA Amali Putra, Adree Octova	1265
PERAN MULTIMEDIA VIRTUAL LERNING TERHADAP PENINGKATAN KOMPETENSI PSIKOMOTOR FISIKA SISWA SMA PEKANBARU Muhammad Nasir	1278
IMPLEMENTATION DISCOVERY LEARNING MODLE IN PHYSICS CLASSROOM SMPN 2 KOTA BENGKULU Indra Sakti, Chendya TW	1287
PENGARUH PEMBELAJARAN GENERATIF BERBASIS STRATEGI KONFLIK	1301

KOGNITIF TERHADAP KOMPETENSI MAHASISWA DALAM MATA KULIAH
ALGORITMA DAN PEMOGRAMAN KOMPUTER

Akma, Harman Amir

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR FISIKA BERBASIS KONTAKSTUAL PADA
PEMBELAJARAN GUIDED INQUIRY UNTUK KELAS XI SMA/MA 1312
Hufri

EFFORTS TO IMPROVE ABILITY PROBLEM SOLVING THROUGH PROBLEM
SOLVING METHODS ASSISTED PROBLEM SHEET (PS) 1322

Desy Hanisa Putri dan Andik Purwanto

AN ASSESSMENT OF HIGHER ORDER THINKING SKILLS OF STUDENTS IN
PHYSICS LEARNING OF SMA CLASS XI 1331

Syaiful Rochman

UPAYA MENUMBUHKAN SIKAP RELIGIUS DENGAN MIND MAP BERNUANSA
HIKMAH GRAVITASI PADA MEKANIKA 1345

Letmi Dwiridal

HASIL BELAJAR MAHASISWA MELALUI IMPLEMENTASI COOPERATIVE
LEARNING PADA MATA KULIAH FISIKA KUANTUM 1357

Azizahwati

PENERAPAN PENDEKATAN STUDENT CENTERED LEARNING (SCL) PADA MATA
KULIAH STRATEGI PEMBELAJARAN FISIKA UNTUK MENINGKATKAN
AKTIVITAS, HASIL BELAJAR DAN SOFT SKILLS MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA
SEMESTER V FKIP UNIVERSITAS BENGKULU 1364

Rosane Medriati, Eko Risdianto

DIAGNOSIS MISKONSEPSI MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA PADA KONSEP
WARNA (COLOR VISION) 1376

Maison, Nurul Yani

BUKU 3(KIMIA)

GANGGUAN KESEHATAN PADA PENYEMPROT PESTISIDA NABATI DI
KABUPATEN SERDANG BEDAGAI TAHUN 2016 1381

Lina Tarigan, Adil Ginting

PEMBUATAN DAN UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN KRIM BERBAHAN AKTIF
NANOPARTIKEL ZnO YANG DISINTESIS DENGAN CAPPING AGENT EKSTRAK
DAUN Hibiscus rosa-sinensis 1385

Evi Maryanti , Arvina Beanitari , Eni Widiyati, Elmitra, Totok Eka Suharto

UJI AKTIVITAS DAN PENENTUAN KADAR PROTEIN ENZIM AMILASE HASIL
FRAKSINASI DARI UMBI SUWEG (Amorphophallus campanulatus) 1392

Dwita Oktarni , Septi Eka Putri , Sal Prima Yudha S

PENGARUH WAKTU KONTAK DAN UKURAN BUTIR PADA DAYA SERAP
KITOSAN DARI LIMBAH CANGKANG KEPITING TERHADAP AMONIAK DALAM
LARUTAN 1400

Teja Dwi Sutanto, Charles Banon, dan Santi Sarini

INTERESTERIFIKASI DAN BLENDING RBDPS DENGAN MINYAK KEMIRI UNTUK PEMBUATAN LEMAK MARGARIN Jamaran Kaban, Mimpin Ginting, Ebenezer Primsa Ginsu	1405
KOMPOSIT SELULOSA BAKTERIAL-RUMPUT LAUT (<i>Eucheuma cottoni</i>): SINTESIS DAN KARAKTERISASI Ananda Putra, Febbi Rahmayuni , Edi Nasra	1414
SINTESIS SENYAWA RUDDLESDEN-POPPER $\text{Ca}_2\text{Mn}_0.5\text{Nb}_0.5\text{O}_4$ (M = Mn dan Fe) DENGAN METODE LELEHAN GARAM Arif Kurnia, Emriadi, Zulhadjri	1425
KOMPOSIT INTERPENETRASI JARINGAN POLIMER ANTARA POLIURETAN ALAM-KARET SIR-10 DENGANPENAMBAHAN MONTMORILLONIT SEBAGAI BAHAN PENGISI Tamrin	1430
ISOLASI NANOSERAT SELULOSA DARI TANDAN KOSONG SAWIT (<i>Elaeis guinensis</i> Jack) DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA TEMPO SEBAGAI OKSIDATOR Saharman Gea, Rino Epriadi, Arie Genap Parhusip, Yugia Muis	1447
PENGARUH TEMPERATUR KALSINASI TERHADAP POROSITAS PADA EKSTRAKSI SILIKA DARI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT Andriayani, Echohadi S Simbolon, Saur Lumbanraja	1454
FLUORAL-P REAGENT FOR DETECTION OF FORMALIN BY UV-VIS SPECTROPHOTOMETRY Edi Nasra, Indang Dewata, Juli Mandasari, Department of Chemistry, University of Padang	1463
METODE ANALISIS KANDUNGAN ION TEMBAGA(II) DENGAN PENGOMPLEKS AMONIA (NH_3) DALAM AIR SECARA SPEKTROFOTOMETRI UV-Vis Indang Dewata, Budhi Oktavia, Aulya Ersa, Alizar Ulianas	1470
SENYAWA ISOFLAVONOID DARI DAUN TUMBUHAN BENALU NANGKA (<i>Macrosolen cochinchinensis</i> (Lour). Van Tiegh) Sovia Lenny, Lamek Marpaung, Jessy Medita Debora Sitompul	1480
PEMBUATAN SABUN CAIR AROMA JERUK KALAMANSI DARI MINYAK GORENG BEKAS Devi Silsia, Laili Susanti, Reko Apriantoned	1485
STUDI PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR (POC) DARI LIMBAH KULIT KAKAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) Merri Asiska, Sri Wahyun), Muhammad Iqbal, Muhammad Fikriansyah Ledyani Sipahutar	1493
PENGARUH PEMBERIAN KEFIR KEDELAI TERHADAP KADAR BLOOD UREA NITROGEN DAN KREATININ PADA <i>Rattus norvegicus</i> YANG DIPAPAR BORAKS Anna Roosdiana , Herlina Pratiwi , Dini Enggal Rizqi Lestari	1502
DEGRADASI METHYL GREEN SECARA FOTOLISIS DAN SONOLISIS MENGGUNAKAN KATALIS TiO_2 -PEG Hary Sanjaya , Hardeli , Dina Fitria Z	1509
PEMANFAATAN MICROFLUIDIK PDMS (POLIDIMETHILSILOKSAN) SEBAGAI	1520

PLATFORM PEMBERIAN STIMULASI BERKALA PADA SEL
Zubaidah Ningsih , James Chon , Andrew Clayton

MEKANISME REAKSI SUBSTITUSI NUKLEOFILIK SN1 DAN SN2 DENGAN SENYAWA HALOGEN ORGANIK Nina Adriani , Nuryanti dan Maimun	1528
STUDI DINAMIKA MOLEKULAR DAN KINETIKA REAKSI PADA PEMBELAHAN MOLEKUL AIR UNTUK PRODUKSI GAS HIDROGEN Rahadian Zainul, Budhi Oktavia, Jon Effendi dan Indang Dewata	1533
OPTIMASI PEMISAHAN EKSTRAK METANOL KULIT BATANG TUMBUHAN BINAHONG (<i>Anredera cordifolia</i>) SECARA MPLC DickySildianto,Noviany, dan Andi Setiawan	1545
IDENTIFIKASI ESTER DARI EKSTRAK NON POLAR KULIT BATANG MAHKOTA DEWA (<i>Phaleria macrocarpa</i> (Scheff.) Boerl.) DENGAN GC-MS Susilawati, Sabirin Matsjeh, Harno Dwi Pranowo and Chairil Anwar	1558
SINTESIS BASA SCHIFF DARI ASAM OLEAT DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI TERHADAP LOGAM SENG DALAM MEDIA LARUTAN HCl Mimpin Ginting, Darwis Surbakti, Sophia Febriani	1565
EKSTRAKSI DAN UJI STABILITAS ANTOSIANIN DARI DAUN JATI MUDA (<i>TECTONA GRANDIS</i> L. F) Rizqiani Abfidah, Yusbarina	1576
SINTESIS DAN KARAKTERISASI FILM GALAKTOMANAN IKAT SILANG GLUTARALDEHIDA MELALUI KONDENSASI GALAKTOMANAN BIJI AREN (<i>Arenga pinnata</i>) DAN GLUTARALDEHIDA Juliati Br Tarigan, Mimpin Ginting dan Imelda Oktaviana	1584
PENGARUH WAKTU HIDROLISIS TERHADAP KADAR GLUKOSA DARI SELULOSA AMPAS TEBU MENGGUNAKAN ENZIM SELULASE DARI PANKREAS KEONG MAS (<i>Pomacea caniculata</i>) Rumondang Bulan, Firman Sebayang, Dian Kurniasih Beruh	1594
SINTESIS O-[N,N-BIS(2-HIDROKSIETIL)ASETAMIDO]SELULOSA MELALUI REAKSI SELULOSA MEMBENTUK CMC DILANJUTKAN DENGAN AMIDASI MENGGUNAKAN DIETANOLAMINA Adil Ginting, Mimpin Ginting, Hotlan Heber Situmeang	1603
KARAKTERISASI GEOKIMIA DAN BIOMARKER DARI ANTAR SUMUR MINYAK BUMI:IMPLIKASINYA TERHADAP KORELASI, LINGKUNGAN PEWNGENDAPAN DAN KEMATANGAN MINYAK BUMI YANG BERASAL DARI KULIM KM 7, DURI-BENGKALIS, RIAU DENGAN MINYAK BUMI BANGKO-ROHIL, RIAU Emrizal Mahidin Tamboesai	1612
PENGARUH TEMPERATUR KALSINASI TERHADAP POROSITAS PADA EKSTRAKSI SILIKA DARI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT Andriayani, Echohadi S Simbolon, Saur Lumbanraja	1621
KARET ALAM SIKLIS TERMODIFIKASI ANHIDRIDA MALEAT DAN	1630

NANOKRISTAL SELULOSA SEBAGAI CAT EMULSI KAYU Basuki Wirjosentono, Tamrin, Hanafi Ismail , Amir Hamzah Siregar, M. Said Siregar , I Putu Mahendra , Muhammad Emir Aulia	
APU ROOTS WOOD ABILITY (Pistiastratiotes. L) AS BIOSORBENT TO REDUCE LEVELS OF LEAD METAL ION (Pb ²⁺) Elva Yasmi Amram, Anik Saputri Andrieani, Sri Wilda Albata	1636
ANALYSIS OF LEAD IN THE BLOOD USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY METHOD Suheryanto, Poedji Loekitowati Hariani, Bunga Rami	1642
OPTIMASI ADSORPSI CONGO RED MENGGUNAKAN TANAH NAPA SEBAGAI ADSORBEN DENGAN METODA BATCH Mawardi Mawardi, Bahrizal, Wayan Pratama	1648
ANALISIS BUTIR SOAL UJIAN SEMESTER GENAP PELAJARAN KIMIA KELAS XI IPA SMA Deta Marlia Rahmadeni , Susilawati, Armiyus Thaib	1662
PERFORMANCE DAN KARAKTERISASI ADSORBEN DARI JERAMI PADI PADA PROSES ADSORPSI ION LOGAM CADMIUM (II) Lince Muis	1670
ISOLASI DAN KARAKTERISASI FLAVONOID DARI DAUN TUMBUHAN KAPUK (Ceiba pentandra L.) Sri Benti Etika	1680
ANALISIS ION Fe(III) MELALUI PEMBENTUKAN KOMPLEKS Fe-OKSINAT DALAM ETANOL MENGGUNAKAN HPLC Budhi Oktavia , Ratih Comala Sary	1686
AKTIVITAS ANTIMIKROBA EDIBLE FILM DARI PATI SUKUN – ALGINAT YANG DI INKORPORASI DENGAN MINYAK ATSIRI DAUN ATTARASA (Litsea cubeba Lour. Pers) Cut Fatimah Zuhra, Jamaran Kaban, Erman Munir, Marpongahtun	1691
OPTIMALISASI JENIS INDIKER PRODUKSI ENZIM SELULASE OLEH STRAIN LOKAL <i>Aspergillus</i> Spp TERMOTOLERAN Jumrotus Sholeha, Silvera Devi	1696
PREPARASI POLISTIRENA DARI LIMBAH STYROFOAM SEBAGAI POLIMER ELEKTROLIT PEG-HAP-LiClO ₄ Ghufira, Irfan Gustian, Charles Banon	1706
PELAPISAN MAGNETIT DENGAN SILIKA TERMODIFIKASI AMIN MELALUI TEKNIK GRAFTING UNTUK ADSORPSI MULTI LOGAM Ngatijo, Faried, F., Nelson, Gusti , D. R., Prantika, R dan Susilo, S	1713
TITANIA PILLARED ACID ACTIVATED BENTONITE FOR REMOVAL OF INDIGO CARMINE IN WASTEWATER BENTONITE TERAKTIVASI ASAM TERPILAR TITANIA UNTUK PENGHILANGAN INDIGO CARMINE DALAM AIR LIMBAH Surya Lubis, Sheilatina Vicky Praja Putra and Syahrinta Sepia Nika	1720
KARAKTERISASI GEOKIMIA DAN BIOMARKER DARI ANTAR SUMUR MINYAK	1727

BUMI cekungan sumatera tengah: MINYAK BUMI YANG BERASAL DARI PENDALIAN DAN LANGGAK -ROHUL, RIAU

Emrizal Mahidin Tamboesai

CRUDE PALM OIL 'S (CPO) BOTTOM ASH AS A LOW-COST ADSORBEN FOR REMOVAL OF METHYLEN BLUE (MB) FROM AQUEOUS SOLUTIUON 1735
Deni Agus Triawan, Bambang Trihadi, Nesbah

PENGEMBANGAN SENSOR ELEKTROKIMIA UNTUK PENENTUAN UREA 1742
Kawan Sihombing, Manihar Situmorang dan Wesly Hutabarat

AKTIFITAS SITOTOKSIK EKSTRAK DAN SENYAWA HASIL ISOLASI DARI KULIT BATANG MATOA (POMETIA PINNATA FORST & FORST) 1749
Neni Trimedona, Hazli Nurdin, Djaswir Darwis, Mai Efdi

SINTESIS SENYAWA SIANOHIRIN DARI VANILIN 1755
Muhamad Agus Wibowo , Yeni Kristanti , Endah Sayekti

AKTIVITAS ANTIKANKER EKSTRAK KULIT BATANG TANAMAN PALA (Myristica fragrans Houitt) PROVINSI ACEH 1760
Binawati Ginting, Mustanir, Hira Helwati, Lydia Septa Desiyana, Rohmat Mujahid

MICROWAVE-ASSISTED DERIVATIZATION OF CITRONELLAL OF KAFFIR LIME OIL (Citrus hystrix DC.) TO SCHIFF BASE COMPOUNDS 1767
Warsito, Mohamad Farid Rahman, Suratmo

GLUKANASE DAN KHITINASE DARI BEBERAPA ISOLAT JAMUR ENDOFIT TRICHODERMA Sp. 1773
Sasangka Prasetyawan

AKTIVITAS ENZIM XILANASE FUNGI ASIDOFILIK TERPILIH DARI TANAH GAMBUT 1782
Puji Ardiningsih, Eka Tresna Widhiana, Lia Destiarti

MICROWAVE-ASSISTED DERIVATIZATION OF CITRONELLAL OF KAFFIR LIME OIL (Citrus hystrix DC.) TO SCHIFF BASE COMPOUNDS 1790
Warsito , Mohamad Farid Rahman, Suratmo

CONJUGATED LINOLEIC ACID PURIFICATION BY ARGENTONATED ALUMINA COLUMN CHROMATOGRAPHY 1796
Marham Sitorus and Wesly Hutabarat

EFEK TiO₂ SEBAGAI KATALIS PEMBUATAN HIDROGEN DARI AIR MENGGUNAKAN INISIASI UV 1803
Minto Supeno

PEMBUATAN COMPACT DISC (CD) INTERAKTIF DENGAN PENDEKATAN INKUIRI UNTUK POKOK BAHASAN TERMOKIMIA KELAS XI IPA SEKOLAH MENENGAH ATAS 1815
Inelda Yulita

INOVASI PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS KONTEKSTUAL UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR MAHASISWA PADA PENGAJARAN KIMIA UMUM 1825

PENGEMBANGAN MODUL HIDROLISIS GARAM BERBASIS DISCOVERY LEARNING UNTUK KELAS XI SMA/MA Bayharti, Yerimadesi, Hafizatul Bahri	1834
ANALISIS PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN INTEGRATIF DAN PENGARUHNYA TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA PADA MATERI LARUTAN ELEKTROLIT DAN NONELEKTROLIT KELAS X SMKN 3 KOTA JAMBI Erik Tampubolon, Epinur, Haryanto	1842
INOVASI BAHAN AJAR INTERAKTIF BERBASIS MULTIMEDIA UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI MAHASISWA PADA PENGAJARAN KIMIA ANALITIK DASAR Manihar Situmorang, Marudut Sinaga, Marham Sitorus , dan Ajat Sudrajat	1846
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF KIMIA BERBASIS AUTOPLAY MEDIA STUDIO 8 PADA POKOK BAHASAN ASAM BASA DI KELAS XI SMA/MA Roza Linda, Sintari, Johni Azmi	1857
KARAKTERISASI SENYAWA SITOTOKSIK TERHADAP SEL MURINE LEUKEMIA P-388 DARI EKSTRAK BIJI HONJE (<i>Etilingera elatior</i>) Alfindah Rusanti, Dede Sukandar, Tarso Rudiana, Adawiah	1866
PENERAPAN PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK (PROJECT BASED LEARNING) DIPADU INKUIRI TERBIMBING UNTUK MENINGKATKAN KEAKTIFAN SISWA KELAS X SMKN 9 MUARO JAMBI PADA MATERI IKATAN KIMIA Merita	1886
PENGEMBANGAN MODUL SISTEM KOLOID BERBASIS PENDEKATAN SAINTIFIK UNTUK KELAS XI SMA Yerimadesi, Ellizar, Fitri Hayati, Uswatun Hasanah	1892
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PREZI PADA MATERI STRUKTUR ATOM UNTUK SISWA KELAS X SMA ISLAM AL FALAH KOTA JAMBI Yulia Citra	1903
MISKONSEPSI PESERTA PROGRAM PROFESI GURU UNIVERSITAS RIAU PADA STRUKTUR ATOM DAN IKATAN KIMIA MELALUI JUMPING TASK Maria Erna, Ittihadul Kemal, Marsidi dan Voni Oktavianda	1914
STRATEGI PEMBELAJARAN AKTIF SEPAKBOLA VERBAL UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR IKATAN KIMIA SMA Okma Rahmatya, Erviyenni, Armiyus Thaib	1923
PEMBELAJARAN TALKING STICK DENGAN PETA KONSEP TERHADAP HASIL BELAJAR KIMIA MADRASAH ALIYAH Rendra dan Lisa Utami	1929
ANALISA PELAKSANAAN PRAKTIKUM/ DEMONSTRASI KIMIA DI SMA NEGERI KABUPATEN SIAK	1941

MEDIA PEMBELAJARAN ALTERNATIF DALAM MEREDUKSI MISKONSEPSI SISWA PADA MATA PELAJARAN KIMIA Fitriah Khoirunnisa ¹⁾ , Rayandra Asyhar ¹ , Ardi Widhia Sabekti ²	1951
PEMBELAJARAN KIMIA DENGAN PENDEKATAN CHEMO-ENTREPRENEURSHIPUNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR DAN LIFE SKILL Reinna Elsha	1956
PEMBUATAN SEL VOLTA BUAH BELIMBING WULUH SEBAGAI ALTERNATIF PRAKTIKUM ELEKTROKIMIA DI SMA Nurul Auliya Nisa, Yusbarina	1962
PEMBUATAN PERMAINAN ULAR TANGGA KIMIA SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PADA MATERI SENYAWA HIDROKARBON UNTUK SMA/MA Iswendi ¹ , Bayharti ² , Dwivelia Aftika Sari ³	1969
PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA SISWA BERBASIS INKUIRI TERBIMBING UNTUK MATERI HALOALKANA, ALKANOL DAN ALKOKSI ALKANA Iryani, Iswendi, Robi Saputra	1979
PENGGUNAAN KARTU PADA PEMBELAJARAN KOOPERATIDALAM PENCAPAIAN BELAJAR TUNTAS MATERI SISTEM PERIODIK UNSUR(SPU) DI SMA Addinul Adli dan Maria Erna	1986
MENINGKATKAN DAYA INGAT PESERTA DIDIK MELALUILKS ELEKTRONIK BERBASIS PAGEFLIP 3D PADA MATERI IKATAN KIMIA YANTI	1999
THE DEVELOPMENT OF GUIDED INQUIRY-BASED MODULE INTEGRATED WITH EXPERIMENTS AND SCIENTIFIC PROCESS SKILLSIN TOPIC OF ACID AND BASE FOR SENIOR HIGH SCHOOL STUDENT Andromeda ¹⁾ Ellizar ²⁾ Widya Hasvini Putri ³⁾	2021
ANALISIS KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH SISWA KEPERIBADIAN TIPE THINKING DALAM MENYELESAIKAN SOAL LARUTAN ASAM BASA KELAS XI MULTIMEDIA 1 SMK NEGERI 9 MUARO JAMBI Kusmawati	2035
REVITALIZATION OF LEARNING CHEMISTRY BASE ON MALAY CULTURE TO ESTABLISHING THE CHARACTER EDUCATION IN KEPULAUAN RIAU PROVINCE Nancy Willian	2040
PEMBELAJARAN AKTIF SEPAKBOLA VERBALUNTUK MENINGKATKANPRESTASI BELAJARHIDROLISIS GARAM SMA Annisaul Khasanah Wulandari ¹⁾ , Elva Yasmi Amran ²⁾ , Jimmi Copriady ³⁾ .	2051
PENGEMBANGAN PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH PADA MATERI GAS UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS Ani Sutiani, Zainuddin Mukhtar, Nurmalis	2061

PENGEMBANGAN MODUL KONTEKSTUALMATERI ZAT ADITIF DAN ADIKTIF- PSIKOTROPIKAUNTUK SMP/MTS Suryelita1),Bayharti2), SusriHandayani3)	2070
PENINGKATAN PEMAHANAN KONSEP KIMIA PESERTA DIDIK MELALUI PENGEMBANGAN MEDIA AUDIO VISUAL Asmadi Muhammad Noer 1), Roza Linda 1), Novia Sellyna2)	2078
PENGEMBANGAN MODUL IKATAN KIMIABERORIENTASI KETERAMPILAN GENERIK SAINS Abdul Hadjranul Fatah, I Nyoman Sudyana, dan Deklin Frantius	2091
PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK BERBASIS PROYEK UNTUK PEMBELAJARAN KIMIA KELAS XI SMA KOTA JAMBI M. Dwi Wiwik Ernawati	2106
APLIKASI INSTRUMEN PENILAIAN TWO-TIER MULTIPLE CHOICE UNTUK MENGUKUR PEMAHAMAN KONSEP SISWA PADA MATERI KIMIA Indah Fahmiana	2114
PERMAINAN TEKA TEKI SILANG (TTS) UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS BELAJAR KIMIA UNSUR SMA Nurhafni dan Maria Erna	2121
“PEMBELAJARAN INDEX CARD MATCH UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR REAKSI REDUKSI OKSIDASI DI MAN” Ardianto, Herdini, Abdullah	2127
PEMBELAJARAN RTE UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR IKATAN KIMIA DI SMA Hasnah, Herdini, Miharty	2141
PENDEKATAN PEMBELAJARAN INKUIRI UNTUKMENCAPAI KETUNTASANBELAJAR LAJU REAKSI DI SM R.Okta Rise Armis, Johni Azmi, Betty Holiwarni	2152
STUDI EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN MODEL KOOPERATIF PADA MATERI KIMIA KONSEP MOL DI SMA Lenni Khotimah Harahap1, Albinus Silalahi2	2159
PENGEMBANGAN DAN UJI KELAYAKAN MEDIA PUZZLE KIMIA PADA MATERI TATANAMA SENYAWA KIMIA DI KELAS X Fajar Aidilisyah, Budhi Oktavia, Bayharti	2171
HUBUNGAN PERSEPSI SISWA TENTANG PELAJARAN KIMIA DENGAN HASIL BELAJAR KIMIA SISWA Siti Nazhifah , Jimmi Copriady, Herdini	2178
DEVELOPING PROBLEM BASED LEARNING INSTRUCTIONAL MODULE IN COLLOID SYSTEM Ellizar dan Veni Sofiani	2188
STRATEGI PEMBELAJARAN AKTIF PEER LESSONUNTUK MENINGKATKAN PRESTASI BELAJAR HIDROKARBONDISMA Ellya Adnan, Rajawali Usman Rery, Maria Erna	2197

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN KIMIA DALAM BENTUK COMPACT DISK (CD) BERBASIS MULTIMEDIA PADA MATERI SISTEM PERIODIK UNTUK KELAS X Rindang Kembar Sari, Misdar	2204
PENGEMBANGAN INSTRUMEN TES DIAGNOSTIK UNTUK MENGIDENTIFIKASI MISKONSEP SISISWA PADA MATERI IKATAN KIMIA Ebiati	2212
PENGARUH PENGGUNAAN MEDIA BERORIENTASI CHEMISTRY TRIANGLE PADA PEMBELAJARAN KOOPERATIF, INDIVIDUAL DAN KONVENSIONAL TERHADAP HASIL BELAJAR KIMIA SISWA KELAS X. Latisma Dj,	2218
PENGEMBANGAN LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK BERBASIS PROBLEM SOLVINGPADA MATA PELAJARAN KIMIA SMA POKOK BAHASAN TERMOKIMIA Elvira Lastri, Betty Holiwarni, Abdullah	2227
PENGUNAAN MULTIMEDIA UNTUK MENCAPAI KETUNTASAN BELAJAR KIMIA SMA Erni dan Rasmiwetti	2239
EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN DISCOVERY LEARNINGTERHADAP KEMANDIRIAN SISWA DALAM PEMAHAMAN KONSEP KIMIA DI SMA EL MUNDO JAMBI Syafriada Sari Nasution	2248
PEMBELAJARAN GIVING QUESTION AND GETTING ANSWER UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR KIMIA SMA Vicky Wahyudi dan Maria Erna	2257
PENGARUH PENGGUNAAN MODEL PEMBELAJARAN TERHADAP PRESTASI BELAJAR SISWA SMA PADA MATERI TERMOKIMIA Putri Mutiara Ishak	2267
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KIMIA INOVATIF BERBASIS PENDEKATAN SAINTIFIK UNTUK PENGAJARAN TITRASI ASAM BASA Nurlela Ramadani Marpaung dan Manihar Situmorang	2276
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR INOVATIF BERBASIS PROYEK DENGAN MULTIMEDIA UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI MAHASISWA PADA PENGAJARAN ALDEHIDA DAN KETON Jamalum Purba, Manihar Situmorang*, dan Ratu Evina Dibiyantini	2289
THE USE OF COOPERATIVE LEARNING TYPE PROBLEM POSING TO IMPROVE STUDENT'S ABILITY AND SCIENTIFIC ATTITUDE IN CHEMISTRY SUBJECT IN HIGH SCHOOL. Rini	2300

STRATEGI PEMBELAJARAN AKTIF TIPE TRUE OR FALSE UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI BELAJAR STUKTUR ATOM SMA Khairunnisa Elva Yasmi Amran Rajawali Usman Rery	2307
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR INOVATIF BERBASIS SAINTIFIK UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR MAHASISWA DALAM PENGAJARAN ANALISIS KATION Roy Siagian dan Manihar Situmorang	2313
PENGEMBANGAN PENUNTUN PRAKTIKUM INTERAKTIF PADA MATERI HIDROKARBON DAN MINYAK BUMI DI SMA/MA Bajoka Nainggolan, Wesly Hutabarat, Marham Sitorus	2325
THE DEVELOPMENT STUDENT WORKSHEET METAKOGNITIF APPROACH TO IMPROVE CRITICAL SKILLS STUDENTS THINK Roberto Putra Kusuma Hutagaol, Muhammad Rusdi	2336
THE DEVELOPMENT STUDENT WORKSHEET METAKOGNITIF APPROACH TO IMPROVE CRITICAL SKILLS STUDENTS THINK Roberto Putra Kusuma Hutagaol, Muhammad Rusdi	2344
EFEKTIFITAS MODEL PROBLEM BASED LEARNING UNTUK MENINGKATKAN KETRAMPILAN PROSES SAINS DAN KEMAMPUAN MEMECAHKAN MASALAH KIMIA SISWA SMA KELAS XI IPA SMAN 8 TANJUNG JABUNG TIMUR YULIA ADE PERMANAWATI	2352
BUKU 4 (BIOLOGI)	
PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) BERBASIS INKUIRI TERSTRUKTUR UNTUK SISWA SMP/MTs Helendra, Dwi Hilda Putri, dan Rany Vebriany	2363
ENHANCE CREATIVE THINKING SKILL STUDENTS LEARNING NATURAL SCIENCE JUNIOR Deswati	2377
ELECTRONIC PICTURE DICTIONARY DEVELOPMENT OF GENETIC BASED ADOBE FLASH PROFESSIONAL CS6 FOR BIOLOGY EDUCATION STUDENTS Evita Anggereini, Winda Dwi Kartika, dan Wendra Priatama	2386
HUBUNGAN KESADARAN METAKOGNITIF DENGAN PENGETAHUAN BIOLOGI SISWA SMA NEGERI DI KOTA PEKANBARU Giovanni Efrilla, Yuni Ahda, Dwi Hilda Putri	2397
PENGETAHUAN KONSERVASI PADA SISWA SMA DENGAN PEMBELAJARAN INDOOR-OUTDOOR MENGGUNAKAN MODUL PENDIDIKAN KONSERVASI KURA- KURA Alif Yanuar Zukmadini ¹⁾ , Wiryono ¹⁾ , Aceng Ruyani ¹⁾ , Catherine Matthews ²⁾	2406
PARADIGMA SISWA SEKOLAH DASAR KOTA BENGKULU TERHADAP KONSERVASI EKS-SITU KURA-KURA DI KAMPUS UNIVERSITAS BENGKULU Irwandi Ansori, Bhakti Karyadi, Feri Noperman, dan Aceng Ruyani	2412

PENERAPAN MODEL DISCOVERY LEARNING/DL UNTUK MENINGKATKAN PROSES DAN HASIL PERKULIAHAN BIOLOGI DASAR MAHASISWA SEMESTER III PRODI PENDIDIKAN KIMIA FKIP UNIVERSITAS BENGKULU Irdam Idrus, Sri Irawati	2417
KEGIATAN 5M DALAM PROSES BELAJAR MENGAJAR UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS BELAJAR BIOLOGI SISWA KELAS XI MIPA SMA NEGERI 3 DUMAI. Sukini	2423
PENGEMBANGAN MODUL BERNUANSA SPIRITUAL PADA MATERI SISTEM REPRODUKSI MANUSIA UNTUK SISWA SMA/MA Ardi, Lufri, Afif Alfarisi	2440
PEMANFAATAN LIMBAH NENAS (<i>Ananas comosus</i> L. Merr) SEBAGAI PENGEMBANGAN LKS PADA MATERI BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL DI SMA. Darmawati	2451
PENGEMBANGAN BUKU SUPLEMEN PEMBELAJARAN BERBASIS LITERASI LINGKUNGAN PADA MATERI PERUBAHAN LINGKUNGAN UNTUK SISWA SMA/MA KELAS X Fitri Arsih, Linda Advinda, Afrahman Sabri	2462
ANALISIS KESULITAN GURU BIOLOGI DALAM PELAKSANAAN PEMBELAJARAN KURIKULUM 2013 DI SMA NEGERI 1 MUAROJAMBI Ali Sadikin	2473
PENGEMBANGAN LKS BERDASARKAN STUDI KEANEKARAGAMAN TUMBUHAN PAKU DI KAWASAN WISATA BENGKULU TENGAH UNTUK MELATIH KETERAMPILAN PROSES SISWA SMA Ariefa Primair Yani, Siti Kurniawat, dan Bhakti Karyadi	2480
UJI BAKTERIOLOGIS PRODUK CINCAU HITAM DI BEBERAPA PASAR DI KOTA PADANG Siti Aisyah, Periadnadi, Nurmiati	2485
PENGARUH LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT(TKKS) SEBAGAI MEDIA TANAM TERHADAPPERTUMBUHAN JAMUR TIRAM PUTIH (<i>Pleurotus ostreatus</i>), Rini Hastuti, Retni S Budiarti1,Harlis	2492
BUDIDAYA IKAN LELE OLEH ISTERI PETANI UNTUK MENINGKATKAN PENDAPATAN KELUARGA DI NAGARI LIMAU GADANG Armen	2503
ASOSIASI Cerbera manghas DENGAN KOMUNITAS TUMBUHAN BAWAH DI AREAL HIJAU UNIVERSITAS JAMBI Fitri Wahyuni, Mahya Ihsan, Nanda Fahmuin Tary, Liyona Noviollla, Meisinta Yuvita	2508
ANALISIS SWOT KERUSAKAN HUTAN TAMAN NASIONAL GUNUNG LEUSER RESORT TENGGULUN	2513

Zulfan Arico¹⁾, Sri Jayanthi²⁾

PEMANFAATAN DAUN BUASBUAS (<i>Premna pubescens</i> Blume.) TERHADAP KADAR ERITROSIT PADATIKUS PUTIH (<i>Rattus novergicus</i> L.) Martina Restuati, Nanda Pratiwi, Rahmad H. Gultom	2521
DESTILASI SAMPAH PLASTIK MENJADI MINYAK Delismar	2528
KEANEKARAGAMAN PLANKTON SEBAGAI INDIKATOR KUALITAS PERAIRAN KUALA LANGSA PROVINSI ACEH Sri Jayanthi, Elfrida, Lia Harian Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP	2534
SEBARAN FITOPLANKTON SEBAGAI BIOINDIKATOR Mayang Sari Yeanny	2542
PENINGKATAN HASIL CABAI MERAH (<i>Capsicum annum</i> L.) DENGAN PENAMBAHAN PUPUK ORGANIK CAIR TUNICA Azwir Anha, Linda Advinda, dan Desi Hariati	2554
GLOBAL WARMING AND ECOLOGICAL DISASTER INPANGKALAN WEST SUMATERA WITH MARINE ECOLOGY VIEW Abdul Razak, Nurhasan Syah, Siti Fatimah, Indang Dewata, dan Eri Barlian	2561
AMOBILISASI <i>Rhizopus</i> sp. DARI RAGI TEMPE SEBAGAI BIOEKSTRAKSI KRIM SANTANKELAPAPADA PEMBUATAN VIRGIN COCONUT OIL (VCO) Irdawati Mades Fifendy, Nining SR	2568
JENIS-JENIS TUMBUHAN OBAT TRADISIONAL DI DAERAH MALALAK KABUPATEN AGAM PROVINSI SUMATERA BARAT Zelvi Wanti, Syamsuardi, dan Nurainas	2579
ANALISIS VEGETASI TUMBUHAN INVASIF PADA HABITAT RAWA DAN PERBUKITAN DI CAGAR ALAM RIMBO PANTI PASAMAN Wilda Sasra Yulita, Solfiyeni	2592
PENGARUH LAMA PELAPUKAN DAN DOSIS KALSIT TERHADAP PRODUKSI JAMUR MERANG Endah Murwandari, Nurmiati, Periadnadi	2602
PENGARUH PENAMBAHAN KALSIT (CaCO_3) DAN DOLOMIT ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) TERHADAP PRODUKTIVITAS JAMUR MERANG (<i>Volvariella volvacea</i> (Bull.) Singer) PADA MEDIA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT Rita Wahyusnita, Nurmiatidan Periadnadi	2610
CURAHAN HATI (CURHAT) PARA GURU SAINS YANG SUDAH DISERTIFIKASI DI SUMATERA BARAT DAN SEKITARNYA Lufri	2617
POTENSI BAKTERI LOKAL DALAM MENDEGRADASI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT Periadnadi, Nurmiatidan Monica Kharisma Swandi	2626

UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK AIR UMBI BENGKOANG (<i>Pachyrhizus erosus</i> (L.) Urb.) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI <i>Staphylococcus epidermidis</i> PENYEBAB JERAWAT Dwi Hilda Putri, Siskalil Fahma, Mades Fifendy	2640
KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL DAN KADMIUM PADA <i>Anadara granosa</i> DI PANTAI BATAM Elya Febrita, Nursal, Melisa Suryani	2646
PERANAN EPIFIT VASKULAR TERHADAP KEANEKARAGAMAN SERANGGA KANOPI DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT AJAMU (PTP-N IV) LABUHAN BATU, SUMATERA UTARA Fitra Suzanti ¹ , Agus Susanto ²	2655
ANALISIS KEBUTUHAN RUANG TERBUKA HIJAU BERDASARKAN Sri Wulandari ¹ , Rifardi ² , Aslim Rasyad ³ dan Yusmarini ³	2663
ISOLASI DAN SELEKSI AKTIVITAS ANTIMIKROBA AKTINOMISETES DARI ARBORETUM UNIVERSITAS RIAU Rodesia Mustika Roza, Nova Wahyu Pratiwi dan Fatimah Rahayu	2672
MIKROPROPAGASI IN VITRO BUAH NAGA (<i>Hylocereus costaricensis</i>) DENGAN PEMBERIAN HORMON NAA DAN KINETIN Imam Mahadi	2680
INDUKSI AKAR DAN PERTUMBUHAN STEK PUCUK <i>Anthocephalus macrophyllus</i> PADA BERBAGAI MEDIA TANAM Sisca Dwi Yarni, Suwirmen dan Zozy Aneloi Noli	2685
THE EFFECT OF GINGER (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe) ON THE ORGANOLEPTIC SALTED EGG Fitratul Aini ¹ , Ardiansyah, dan Irham Falahudin	2695
LOCAL WISDOM OF LUBUK LARANGAN IN PRESERVING BIODIVERSITY OF FISH IN SUBAYANG RIVER Darmadi	2701
SKRINING BAKTERI ENDOFITIK DARI <i>Sonneratia Alba</i> (Sonneratiaceae) SEBAGAI PENGHASIL ANTIBIOTIKA Anisa Lutfia ¹ , Anthoni Agustien ¹ , Yetria Rilda ¹ , Feskaharny Alamsjah ¹ , Fuji Astuti Febria Fathya Annisa ¹ , Selfela Restu Adina ¹ , Akmal Djamaan ²	2708
KAJIAN PRODUKTIVITAS JAMUR TIRAM PUTIH (<i>Pleurotus ostreatus</i> L.) DI DATARAN TINGGI NAGARI SUNGAI NANAM, ALAHAN PANJANG, KAB. SOLOK, SUMATERA BARAT Liza Marianti, Nurmiati, Periadnadi, Kasmawati	2714
PROFIL KEARIFAN LOKAL KEPRI (KEPULAUAN RIAU) BERBASIS LINGKUNGAN SEBAGAI PENDEKATAN PEMBELAJARAN SAINS Nur Eka Kusuma Hindrasti, Ardi Widhia Sabekti	2722

PERTUMBUHAN <i>Saccharum spontaneum</i> L. DENGAN PEMBERIAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA (FMA) PADA TANAH ULTISOL Bambang Nurwanto Saputra, Suwirman, Zozy Aneloi Noli	2738
MODEL INQUIRY DALAM PERKULIAHAN KAPITA SELEKTA 1 MAHASISWA SEMESTER IV PRODI PENDIDIKAN BIOLOGI FKIP UNIVERSITAS BENGKULU Sri Irawati, Irdam Idrus	2745
STRUKTUR POPULASI DAN POTENSI <i>Anthocephalus cadamba</i> Miq. Vauzia, Syamsuardi, Chairul, Auzar Syarif	2751
MORFOLOGI ORGAN GENERATIF <i>Hylocereus costaricensis</i> Britton & Rosedan <i>Hylocereus polyrhizus</i> Britton & Rose Des M, Moralita Chatri, Ilham Saddam Al Aziz	2758
ANGGREKTERESTERIAL DI KAWASAN HUTAN BATANG TORU BLOK BARAT KABUPATEN TAPANULI UTARA Nursahara Pasaribu, T. Alief Aththorick, Dewi Kurnia Arianda	2767
JENIS-JENIS EKTOPARASIT PADA IKAN NILA (<i>Oreochromis niloticus</i> L.) DI BALAI BENIH IKAN (BBI) BUNGUS KEC. TELUK KABUNG PADANG, PROVINSI SUMATERA BARAT Jebrida, Mairawita, Indra Junaidi Zakaria	2773
DAYA AKTIVITAS ANTIOKSIDAN BEBERAPA EKSTRAK SEGAR HERBA KROKOT (<i>Portulaca oleracea</i> Linn.) Fadilah Malasari, Periadnadi, Nurmiati	2780
UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI BEBERAPA FRAKSI EKSTRAKDAUN BAYAM DURI (<i>Amaranthus spinosus</i> L.) TERHADAPPERTUMBUHAN BAKTERI <i>Staphylococcus aureus</i> Nopitasari, Harlis, Retni S Budiarti	2785
INDUKSI AKAR DAN PERTUMBUHAN STEK PUCUK JABON MERAH MENGGUNAKAN BEBERAPA JENIS AUKSIN Widiawati, Suwirmandan Zozy Aneloi Noli	2794
UJI BEBERAPA GALUR <i>Agrobacterium rhizogenes</i> TERHADAP INDUKSI AKAR RAMBUT <i>Centella asiatica</i> (L.) Urban Zahanis	2803
ENDOPARASIT PADA AYAM RAS PEDAGING (<i>Gallus gallus domesticus</i> StrainRoss) DI PETERNAKAN SOC DAN AYAM RAS PETELUR (<i>Gallus gallus domesticus</i> Strain Isa brown) DI PETERNAKAN AGROTECHNOPARK KABUPATEN OGAN ILIR SUMATERA SELATAN Putri Sakinah Harahap, Erwin Nofyan, Syafrina Lamin	2811
KEPADATAN LARVA <i>Aedes</i> spp. DAN MAYA INDEX DI DAERAH ENDEMIS DBD, DHARMASRAYA Ranti Devita, Resti Rahayu, Hasmiwati	2818
KARAKTERISTIK ISOLAT BAKTERI INDIGEN DARI LIMBAH BATIK DI NAGARI PANYAKALAN KABUPATEN SOLOK, SUMATERA BARAT Muhamad Irhas, Fuji Astuti Febria dan Antoni Agustien	2827

ETHNOZOOLOGY OF COMMUNITIES LIVING IN SERUWAY COASTAL AREA OF ACEH TAMIANG ON THE CONSERVATION OF PAINTED TERRAPIN (<i>Batagur borneoensis</i>) Setyoko, Ekariana S.Pandia, Ruhama Desi	2831
UJI BEBERAPA JENIS REMPAH Linda Advinda	2840
KAJIAN BAKTERI PENDEGRADASI NAFTOL DARI LIMBAH INDUSTRI TENUN IKAT DI KUPANG DAN KEMAMPUANNYA DALAM DEKOLORISASI PEWARNA TEKSTIL Yulita I. Mamulak, Erni Martani	2845
UJI IN VITRO DIKOFOL TERHADAP PRODUKSI DAN VIABILITAS KOKON CACING TANAH <i>PONTOSCOLEX CORETHRURUS</i> FR. MULL Ramadhan Sumarmin	2855
DESKRIPSI JENISSEMUT (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) PADA RUMAH TANGGA DI KOTA PAYAKUMBUH, SUMATERA BARAT Kareri Ivo Ayrin, Henny Herwina, Mairawita	2861
SKRINING BAKTERI ENDOFITIK BERPOTENSI MENGHASILKAN ANTIBIOTIKA DARI TUMBUHAN KUNYIT (<i>Curcuma domestica</i>) Dewi Intan Sari, Anthoni Agustien	2869
UNDERSTORY PLANT PADA TEGAKAN KARET PASCA REVEGETASI LAHAN BEKAS TAMBANG BAUKSIT Nursal, Sri Wulandari dan L.N. Firdaus	2877
ANALISIS PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE (PCK) GURU IPA SMP KOTA PEKANBARU Mariani Natalina, Evi Suryawati	2885
JENIS-JENIS ENDOPARASIT PADA PETERNAKAN KELINCI DI JORONG TARATAK BARU, KENAGARIAN SALIMPAT, KECAMATAN LEMBAH GUMANTI KABUPATEN SOLOK Yuyun Tusiyah, Mairawita	2892
POTENSI ANTIOKSIDAN EKSTRAKSEGAR BEBERAPA BAGIAN TANAMANSELEDRI (<i>Apium graveolens</i> L.) Oriza Satifa, Periadnadi, dan Nurmiati	2900
PERTUMBUHAN STEK PUCUK <i>Schima walichii</i> (DC.) KORTH YANG DIINOKULASI BEBERAPA JENIS FMA Mikel Yulia, Zozy Aneloi Noli dan Suwirmen	2905
DAYA HAMBAT DAN BUNUH MIKROBA EKSTRAK SEGAR TUMBUHAN SURUHAN (<i>Peperomia pellucida</i> [L.] Kunth) TERHADAP <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Candida albicans</i> Meyllisa Eka Putri, Periadnadi, Nurmiati	2913
KEPADATAN DAN STRUKTUR POPULASI KEONG BAKAU (<i>Telescopium telescopium</i> ,Linnaeus 1758) DI EKOSISTEM MANGROVE PANTAI MAILEPPET, SIBERUT SELATAN, KEPULAUAN MENTAWAI Clara Sinar Mauli Siboro, Dr. Jabang Nurdin	2921

SKRINING BAKTERI ENDOFITIK DARI MANGROVE <i>Lumnitzera littorea</i> (COMBRETACEAE) SEBAGAI PENGHASIL ANTIBIOTIKA (Fathya Annisa ¹), Anthoni Agustien ¹), , Feskaharny Alamsjah ¹), Nurainas, Selfela Restu Adina, Anisa Lutfia	2930
ANALISIS KOMPOSISI DIET BERANG-BERANG CAKAR KECIL (<i>Aonyx cinereus</i> (Illiger, 1815)) BERDASARKAN PERBEDAAN MUSIM TANAM PADI (Ferdinand Andeska, Jabang Nurdin, Wilson Novarino)	2937
PENGARUH KOLKISIN TERHADAP UKURAN SEL DAN MORFOLOGI TANAMAN KACANG HIJAU (<i>Vigna radiata</i> L) (Weni Suryani)	2944
ANALISIS KEBERADAAN BAKTERI INDIGENOUS REBUNG BAMBUS BETUNG (<i>Dendrocalamus asper</i> Schult-f Backer. ex Heyne) (Gustina Ayu, Nurmiati, Periadnadi)	2948
PREVALENSI ULAT API (LEPIDOPTERA: LIMACODIDAE) TERHADAP BIOPESTISID <i>A. elettariopsis</i> slahmong C.K Lim PADA PERTANAMAN KELAPA SAWIT DI SUMATERA SELATAN (Irham Falahudin ¹ , Nasril Nasir ²)	2953
KOMPOSISI DAN STRUKTUR KOMUNITAS IKAN DI SUNGAI BATANG ANAI KECAMATAN 2X11 KAYUTANAM KABUPATEN PADANG PARIAMAN (Rahyu Afsari, Bayu Afnovandra Perdana, Indra Junaidi Zakaria, Nofrita)	2960
PRIMER SPESIFIK SNP Prs7903146TCF7L2 UNTUK DETEKSI DIABETES MELITUS TIPE-2 ETNIS ACEH, MEDAN DAN RIAU (Syamsurizal, Husnil Kadri)	2968
INVENTARISATION INSECT PEST ON TOMATO PLANTS (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) IN AGRICULTURAL LAND KERINJING VILLAGE, SUB-DISTRICT NORTH DEMPO, PAGARALAM, SOUTH SUMATERA (Mustafa Kamal, Syafrina Lamin dan Dwi Putri Handayani)	2977
TUMBUHAN PAKU EPIFIT FAMILI ASPLENIACEAE PADA HUTAN KONSERVASI SOEMITRO DJOJHADIKUSUMO PT. TIDAR KERINCI AGUNG (TKA), SUMATERA BARAT (Mildawati Khairani Harva Dita, Ardinis Arbain)	2983
KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SUNGAI DALAM GUA BATU ASAHAN DI SIJUNJUNG SUMATERA BARAT (Izmiarti, Nofrita, Jabang dan Husnul Mar'i)	2989
STRUKTUR POPULASI KERANG REMIH (<i>Donacidae: Donax faba</i>) DAN PREFERENSI HABITATNYA DALAM MENUNJANG POTENSI EKOWISATA BAHARI DI PERAIRAN PANTAI PULAU ANGSO DUO KOTA PARIAMAN (Jabang Nurdin, M. Anugrah Saputra)	2997
The Utilization of Plants as the Raw Materials of Mandi Tangas by Ethnic of Malay Jambi in the Village of Maro Sebo Muara Jambi Regency Jambi Province (Try Susanti, Tanti, Suci Rizki Utami)	3005

PRODUKSI SIDEROFOR DENGAN TEKNIK MUTASI PADA ISOLAT LOKAL BPC 01 SUMATERA BARAT Tisa Armalina syarif1), Anthoni Agustien	3010
KARAKTERISTIK EKOLOGI DAN STRATEGI PENGELOLAAN KESATUAN HIDROLOGIS GAMBUT DI KABUPATEN BENGKALIS PROVINSI RIAU Suwondo	3018
STRUKTUR KOMUNITAS FITOPLANKTON DI EKOSISTEM TERUMBU KARANG PANTAI NIRWANA Bayu Afnovandra Perdana Indra Junaidi Zakaria, Izmiarti	3027
PRELIMINARY INVENTORY ON AVIFAUNA DIVERSITY IN LAUT TINGGAL LAKE, WEST PASAMAN WEST SUMATERA, INDONESIA Muhammad Nazri Janra, Elfira Septiansyah, Ratna Suleka, Erysha Dwi Sukma, Nova Muryani	3039
IN VITRO PERBANYAKAN MELALUI TEKNIK SUBKULTUR UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS BIBIT JERUK KEPROK BRASTAGI (<i>Citrus nobilis</i> BRASTEPU) BEBAS PENYAKIT CVPD Isnaini Nurwahyuni	3048
AKTIVITAS ANTIMIKROBA EKSTRAK SEGAR TANAMAN BELIMBING WULUH (<i>Averrhoa bilimbi</i> L.) TERHADAP <i>Candida albicans</i> (R.) Berkhout, <i>Staphylococcus aureus</i> Rosenbach dan <i>Escherichia coli</i> Castellani and Chalmers (Migula) Intan Rieza Satiova, Periadnadi, Nurmiati	3057
EFEKTIVITAS JAMUR <i>Penicillium</i> sp. PNE4 INDIGENUS RIAU PENGHASIL GIBERELIN TERHADAP PERKECAMBAHAN BIJI SIRSAK Wahyu Lestari, Atria Martina, Rodesia Mustika Roza, Imelda Wardani	3065
POTENSI ISOLAT LIGNOSELULOLITIK JERAMI PADI DALAM PENEKANAN BOBOT SAMPAH ORGANIK Nurmiati, Periadnadi, Elisa Febriyanti, Kasmawati	3072
JENIS-JENIS ENDOPARASIT PADA MACAN DAHAN (<i>NEOFELIS NEBULOSA</i> G.) DI TAMAN MARGA SATWA BUDAYA KINANTAN (TMBSK), BUKITTINGGI, SUMATERA BARAT Sefnita Irsyah, Dahelmi M.S.	3079
SKRINING BAKTERI ENDOFITIK MANGROVE <i>Rhizophora apiculata</i> (RHIZOPHORACEAE) SEBAGAI PENGHASIL ANTIBIOTIKA Selfela Restu Adina1), Anthoni Agustien1), Tesri Maideliza1), Feskaharny Alamsjah, Fathya Annisa, dan Anisa Lutfia, Akmal Djamaan	3087
PERTUMBUHAN BAYUR (<i>Pterospermum javanicum</i> Jungh.) HASIL PERBANYAKAN STEK PUCUK PADA MEDIA BEKAS TAMBANG BATU KAPUR DENGAN PEMBERIAN SOIL CONDITIONER UBUR-UBUR (<i>Aurelia</i> sp.) Lisa Anggraini Putri, Suwirmen dan Zozy Aneloi Noli	3093
ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI FOTOSINTETIK ANOKSIGENIK DARI LIMBAH CAIR SAWIT DAN KARET Nuraisah, Manta Mentari Manurung, Ummi Mardhiah Batubara	3101

TEKNIK-TEKNIK SEMI-STERIL DALAM PROSES PERKECAMBAHAN BENIH ANGGREK SEMI-STERILE TECHNIQUES FOR ORCHID GERMINATION Betty Mauliya Bustam	3106
INVENTARISASI JENIS POHON DI HUTAN BUKIT TUING KABUPATEN BANGKA, BANGKA BELITUNG Singgih Tri Waradana	3118
PROSPEK KULTUR <i>Sclerodermasinnamariense</i> PADA MEDIA SINTETIK UNTUK PENGEMBANGAN INOKULUM YANG BERKUALITAS Feskaharny Alamsjah ¹ , Syamsuardi, Nurmiati ¹ , Eti Farda Husin ² , Erdi Santoso, Deddi Prima Putra	3122
RESPON METABOLIK KLON KELAPA SAWIT TERHADAP JAMUR ENDOFIT DAN PATOGEN <i>Ganoderma boninense</i> Yurnaliza	3129
SURVEY MAKROZOOBENTOS DI CURUG BAYAN DAN CURUG TELU, BATURADEN, JAWA TENGAH Hanifa Marisa dan Zazili Hanafiah	3135
PRODUKSI PROTEASE AIKALI DAN KARAKTERISASI <i>Bacillus</i> spp. ISOLAT ASAL SUMBER AIR PANAS SUNGAI TUTUNG KERINCI JAMBI Arzita, Syamsuardi, Anthoni Agustien, Yetria Rilda	3139
KANDUNGAN DAN PENGARUH SENYAWA KIMIA EKSTRAK DAUN KEMANGI (<i>Ocimum basilicum</i> L.) TERHADAP MORTALITAS LARVA <i>Aedes aegypti</i> L. Nursal	3144
KARAKTERISASIBAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK ASAL WAST TANK PT.CHEVRON PETAPAHAN, RIAU Irda sayuti, Yusni Ikhwan Siregar, Bintal Amin ¹ , Anthoni Agustien	3151
KOMPOSISI FESES BERANG-BERANG CAKAR KECIL (<i>Aonyx</i> <i>cinereus</i>)BERDASARKAN FITUR LINGKUNGAN DI KECAMATAN LUBUK ALUNG KABUPATEN PADANG PARIAMAN SM Evan Ananta, Jabang Nurdin	3159
IMPLEMENTASI MODUL PENDIDIKAN KONSERVASI KURA-KURA TERHADAP PENGUASAAN PENGETAHUAN KONSERVASI PESERTA DIDIK SEKOLAH DASAR Rendi Zulni Ekaputri, Agus Sundaryono, Aceng Ruyani	3163

KARAKTERISASI BATU PIRUS, BATU SATAM DENGAN XRD, SEM-EDS DAN VICKERS HARDNESS TESTER

Perdinan Sinuhaji, Timbangan Sembiring, Awan Maghfirah, Fitriyani Sirait

Departemen Fisika FMIPA, USU

perdinansinuhaji@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang karakterisasi Batu Pirus, Batu Satam dengan XRD, SEM-EDS dan Vickers Hardness tester. Batu Pirus memiliki sistem kristal Hexagonal dengan konstanta kisi $a = b = 5.3205 \text{ \AA}$, $c = 7.279 \text{ \AA}$, fasa Lizardite $\text{Al}_{0.15}\text{Fe}_{0.06}\text{H}_{4}\text{Mg}_{2.82}\text{O}_{9}\text{Si}_{1.94}$ dengan fraksi massa 24.51% dan kristal Monoclinic dengan parameter kisi $a = b = 5.357 \text{ \AA}$ dan $c = 28.835 \text{ \AA}$, fasa Chlorite $\text{Al}_{0.865}\text{Fe}_{0.255}\text{H}_{4}\text{Mg}_{2.292}\text{O}_{9}\text{Si}_{1.588}$, dengan fraksi massa 75.49%. Unsur C = 3.95 wt%, O = 49.37 wt%, Mg = 22.69 wt%, Al = 1.47 wt%, Si = 17.14 wt%, Fe = 2.91 wt% dan Cu = 2.52 wt%, hardness 98, 296 HVN. Batu Satam memiliki sistem kristal Hexagonal dengan konstanta kisi $a = b = 4.9086 \text{ \AA}$ dan $c = 5.3969 \text{ \AA}$, fasa Quartz SiO_2 dengan fraksi massa 86.27% dan sistem kristal Hexagonal dengan parameter kisi $a = b = 4.7098 \text{ \AA}$ dan $c = 16.224 \text{ \AA}$, fasa Dolomite $\text{Ca}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}\text{CO}_3$, dengan fraksi massa 13.73% dan mineral silica dengan fraksi massa 86,27%. Unsur C = 46.87 wt%, O = 26.38 wt%, Mg = 6.13 wt%, Si = 12.64 wt%, Ca = 6.28 wt% dan Fe = 1.69 wt%, kekerasan 324, 829 HV.

Kata kunci : Batu Pirus, Batu Satam, Sistem Kristal, Kekerasan dan Unsur.

PENDAHULUAN

Batuan sedimen adalah batuan yang terbentuk dari akumulasi material hasil perombakan batuan yang sudah ada sebelumnya atau hasil aktivitas kimia ataupun organism yang diendapkan lapis demi lapis permukaan bumi yang kemudian mengalami pembatuan. Batuan sedimen terdiri atas batu pasir, batu serpihan (batu akik) dan batu gamping [1,2]. Salah satu contoh yang paling penting banyak diamati pada saat sekarang ini adalah batu akik. Kisaran tahun 2014 sampai tahun 2016 batua akik sangatlah fenomena dikalangan masyarakat. Dibanyak tempat bisa ditemui penjual-penjual batu cincin yang menyediakan berbagai jenis batu akik seperti batu opal (kalimaya), batu pirus dan batu satam (tektite) [3,4]. Banyak jenis batuan ini memilik komposisi kimia yang berbeda-beda. Komposisi yang dikandungnya ini mempengaruhi struktur Kristal didalamnya, sehingga mempengaruhi tingkat kepadatan masing-masing batu. Keindahan batu akik dapat dilihat komposisi dan jenis-jenisnya. Rumusan masalah adalah untuk mengetahui sifat-sifat batu akik tersebut untuk pengujian antara struktur, unsur dan kekerasan. Tujuanp penelitian adalah untuk mengetahui unsur batu pirus dan batu satam, untuk mengetahui struktur kristal dari batu pirus dan batu satam dan untuk mengetahui mikrostruktur dari batu pirus dan batu satam [5,6]. Batasan masalah adalah agar permasalahan yang akan dibahas dapat menjadi lebih jelas, maka penulis membatasi ruang lingkup yaitu difokuskan pada 2 jenis batu pirus dan batu

satam. Manfaat Penelitian adalah hasil penelitian ini akan diketahui dan sifat-sifat fisis serta mekanik serta struktur batu pirus dan batu satam.

KAJIAN TEORITIS

a. X-Ray Diffraction (XRD)

Sinar-X adalah radiasi elektromagnet dengan panjang gelombang yang ordenya sebesar 0,1 nm atau 1 Amstrong (Halliday dan Resnick, 1978). Withelm Roentgen (1895) menemukan radiasi berdaya tembus besar yang tidak diketahui dan dihasilkan jika elektron cepat menabrak suatu sasaran. Radiasi tersebut disebut sinar-X, kemudian sinar-X bergerak atau menjalar pada lintasan lurus menembus benda tak bening menyebabkan bahan fosfor berpendar dan menghitamkan film. Prinsip kerja XRD dapat dijelaskan bahwa sinar-X dihasilkan oleh tabung sinar-X yang berisi filamen dan katoda untuk menghasilkan berkas elektron.

Perbedaan tegangan menyebabkan percepatan elektron untuk menembaki objek. Ketika elektron yang mempunyai tingkat energi yang tinggi menabrak elektron dalam objek, maka dihasilkan pancaran sinar-X. Objek dan detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi sinar-X. Detektor merekam dan memproses sinyal sinar-X dan mengolahnya dalam bentuk grafik sehingga diperoleh spektrum difraksi. Semakin cepat elektron yang menabrak sasaran, semakin kuat daya tembus sinar-X yang dihasilkan, lalu semakin banyak elektron yang menabrak sehingga semakin besar intensitas sinar-X. Sinar tersebut dapat dipantulkan dari bidang atas ataupun bidang bawah. Akan tetapi, sinar yang dipantulkan dari bidang bawah akan menempuh jarak lebih jauh daripada sinar yang dipantulkan dari bidang atas. Beda lintasan efektifnya adalah $2d \sin \theta$. Kedua sinar akan saling menguatkan satu sama lain (interferensi konstruktif) ketika beda lintasan tersebut sama dengan suatu kelipatan bilangan bulat dari λ . Hal yang sama juga berlaku untuk pemantulan dari seluruh kelompok bidang-bidang yang sejajar. Oleh karena itu, kondisi untuk interferensi konstruktif adalah $2d \sin \theta = n \lambda$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) Dimana d adalah jarak antar atom, θ adalah sudut pengukuran, n adalah bilangan bulat yang menyatakan orde difraksi ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$) dan $\lambda =$ panjang gelombang sinar-X. Kondisi ini dikenal sebagai hukum Bragg, yang diberi nama sesuai orang pertama yang menurunkan hubungan tersebut yaitu W.L. Bragg. Jika panjang gelombang dan sudut difraksinya diukur, untuk menghitung jarak antara bidang atomnya. XRD Merk Pan Analytical Type Emphyrea [8].

b. Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)

SEM adalah mikroskop elektron yang dapat digunakan untuk melihat unsur renik yang tidak dapat dilihat dengan mikroskop optik, karena pembesaran yang dihasilkan jauh lebih tinggi, yakni bisa mencapai 100.000x. Prinsip kerja SEM adalah menembak permukaan sampel dengan berkas elektron yang dihasilkan oleh electron gun. Ketika sampai pada permukaan spesimen, berkas elektron bekerja memindai permukaan seperti gerakan menyapu atau menscan permukaan spesimen tersebut. Tembakan berkas elektron menimbulkan reaksi berupa refleksi elektron sekunder (Secondary Electron, SE) dan Back Scatter Electron (BSE). Pantulan berkas elektron SE atau BSE ini ditangkap oleh detektor sehingga struktur mikro daerah permukaan sampel akan muncul. Selain untuk mendapatkan gambar struktur mikro. SEM bisa juga digunakan untuk menentukan komposisi kimia daerah yang dipindai. Hal ini bisa dilakukan bila SEM dilengkapi dengan detektor penangkap sinar-X yakni EDS. Penentuan komposisi dilakukan dengan menggunakan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS). Sistem analisis EDS bekerja sebagai fitur yang terintegrasi dengan SEM dan tidak dapat bekerja tanpa SEM. Prinsip kerja dari teknik ini

adalah menangkap dan mengolah sinyal fluoresensi sinar-X yang keluar apabila berkas elektron mengenai daerah tertentu pada bahan. Sinar-X tersebut dideteksi oleh detektor zat padat, yang dapat menghasilkan intensitas sebanding dengan panjang gelombang sinar-X. EDS dihasilkan yaitu dengan menembakan sinar-X pada posisi yang ingin diketahui komposisinya. Sinar-X ditembakkan pada posisi yang diinginkan maka akan muncul puncak-puncak tertentu yang mewakili suatu unsur Semeds Jeol Merek Jed 230 [7].

c. Kekerasan

Hasil pengukuran Vickers hardness tester dengan menggunakan indenter 500 gram dengan waktu penekanan selama 10 detik. Dimana d adalah panjang rata-rata diagonal dari jejak indenter. Formula HV didefinisikan sebagai : $HV = 1,8544F/d^2$, dengan F dalam kgf dan d dalam millimeter.

METODOLOGI PENELITIAN

Karakterisasi batu pirus dan batu satam dilakukan di PSTBM (Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju), Serpong, Tangerang Selatan Banten.

a. Persiapan Pengukuran

Menyiapkan bahan yang akan diambil datanya dengan menggunakan sampel holder. Karena sampel berbentuk padatan maka harus memperhatikan tebal dan diameter sampel agar tidak melebihi batas ruang sampel holder dan apabila tidak memungkinkan maka sampel padatan tersebut diserbukkan terlebih dahulu. selanjutnya dengan menggunakan double tip untuk mengikat sampel. Bila sampel tersebut sedikit maka dapat menggunakan kaca sebagai sample holder selanjutnya membuka ruang sampel, kemudian memasukkan sampel yang akan diambil datanya setelah itu menutup ruang sampel, pengambilan data. Mengulangi prosedur a. sampai g untuk memperlakukan sampel berikutnya, setelah selesai melakukan pengukuran, langkah selanjutnya adalah mengambil data dari komputer berupa hardcopy maupun soft copy yang dapat dibuka melalui software EXCEL, IGOR dan lain-lain dalam bentuk ASCII file.

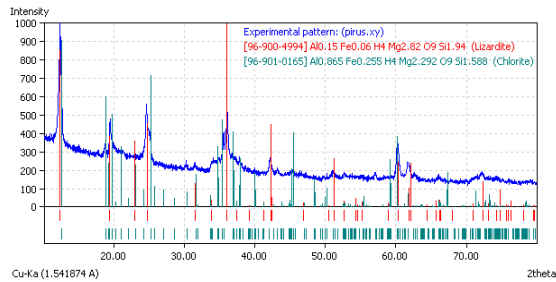
b. Prosedur Penelitian

Setelah alat SEM menyala, masukkan sample ke dalam alat tersebut. Banyaknya sample yang dapat dianalisa maksimum adalah empat sample., tunggu sampai alat menunjukkan Ready, sambil melihat monitor, atur lensa sehingga sample dapat terfokus. Untuk memperbesar dan memperjelas gambar sample dapat dilakukan dengan memutar magnifier dan brightnes kemudian cetak gambar sample yang diharapkan dengan bantuan personal computer. Untuk analisis kualitatif dan kuantitatif sample dapat dilakukan dengan bantuan komputer, sehingga dapat diketahui jenis unsur, dan persentase unsur tersebut dalam sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sistem Kristal Batu Pirus.

Struktur kristal jenis batu pirus diteliti dengan alat XRD jenis Merk Pan Analytical Type Empyrean. Pola difraksi sinar-x batu pirus ditampilkan seperti pada Gambar1. Berikut ini.



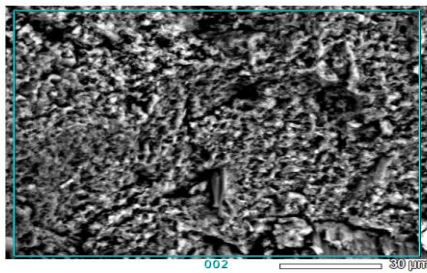
Gambar 1. Pola difraksi batu pirus

Hasil penentuan konstanta kisi dan fraksi massa yang diperoleh dari batu pirus memiliki dua sistem kristal yaitu hexagonal dan memiliki konstanta kisi $a = b = 5.3205 \text{ \AA}$ dan $c = 7.279 \text{ \AA}$ dengan besar antara a dan $b = 90^\circ$ dan $c = 120^\circ$ dengan fasa Lizardite $\text{Al}_{0.15}\text{Fe}_{0.06}\text{H}_4\text{Mg}_{2.82}\text{O}_9\text{Si}_{1.94}$ [9,10] sebesar 24.51% dan sistem kristal monoclinic dengan parameter kisi a dan $b = 5.357 \text{ \AA}$ dan $c = 28.835 \text{ \AA}$ dengan sudut antara a dengan $b = 90^\circ$ dan $c = 90.45^\circ$ dengan fasa Chlorite $\text{Al}_{0.865}\text{Fe}_{0.255}\text{H}_4\text{Mg}_{2.292}\text{O}_9\text{Si}_{1.588}$ [9,10] sebesar 75.49%.

b. Analisis Unsur dan Mikrostruktur Batu Pirus.

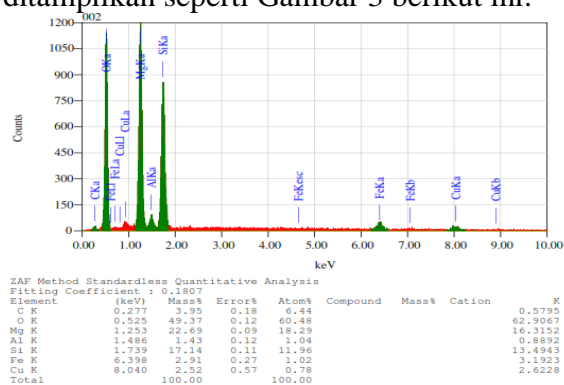
Mikrostruktur batu pirus ditampilkan seperti pada Gambar 2 berikut ini.

Pirus-02



Gambar 2. Mikrostruktur batu pirus

Spektrum EDS batu pirus ditampilkan seperti Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Spektrum EDS batu pirus

c. Kekerasan Batu Pirus

Pengujian kekerasan batu pirus telah dilakukan dengan Vickers Hardness Tester Diperoleh data seperti pada Tabel 1. Berikut Ini.

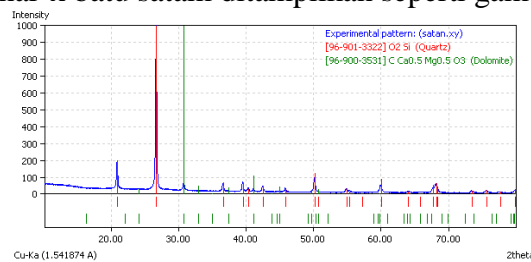
Tabel 1. Data pengukuran kekerasan batu pirus

Sampel	Diagonal (d1 mm)	Diagonal (d2mm)	dr	dr2	HVN
Batu Pirus	4,08	4,08	0,102	0,010404	89,119
	4,08	4,08	0,102	0,010404	89,119
	3,70	3,7	0,0925	0,008556	108,365
	3,68	3,68	0,092	0,008464	109,546
	3,95	3,95	0,09875	0,009752	95,082
	3,88	3,88	0,097	0,009409	98,543
Kekerasan		Rata-rata		98,296	

2. Sistem Kristal Batu Satam

a. Sistem Kristal Batu Satam.

Struktur kristal jenis batu satam telah diteliti dengan alat XRD jenis Merk Pan Analytical Tpye Empyrean. Pola difraksi sinar-x batu satam ditampilkan seperti gambar 4 berikut ini.

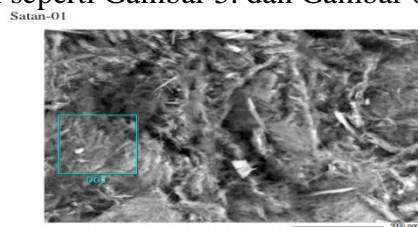


Gambar 4. Pola difraksi Batu Satam

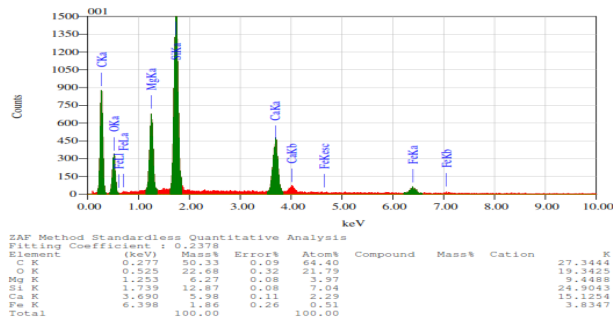
Hasil penentuan konstanta kisi dan fraksi massa yang diperoleh untuk batu satam memiliki dua sistem kristal yaitu kristal hexagonal dengan konstanta kisi a dan $b = 4.9086 \text{ \AA}$ dan $c = 5.3969 \text{ \AA}$ dengan sudut antara a dan $b = 90^\circ$ dan $c = 120^\circ$ memiliki fasa Quartz SiO_2 [9,10] sebesar 86.27% dan sistem kristal Hexagonal dengan konstanta kisi a dan $b = 4.7098 \text{ \AA}$ dan $c = 16.224 \text{ \AA}$ dengan sudut antara a dan $b = 90^\circ$ dan $c = 120^\circ$ memiliki fasa Dolomite $\text{Ca}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}\text{CO}_3$ [9,10] sebesar 13.73%.

b. Analisis Unsur dan Mikrostruktur Batu Satam.

Pengamatan mikrostruktur dan unsur diperiksa dengan alat SEM-EDS. Mikrostruktur batu satam dan spektrum EDS ditampilkan seperti Gambar 5. dan Gambar 6 berikut ini.



Gambar 5. Mikrostruktur Batu Satam



Gambar 6. Spektrum EDS Batu Satam

c. Kekerasan Batu Satam

Pengujian kekerasan batu satam telah dilakukan dengan Vickers Hardness Tester, Diperoleh data seperti pada Tabel 2. Berikut ini.

Tabel 2. Data pengukuran kekerasan batu satam

Sampel	Diagonal (d ₁)	Diagonal (d ₂)	dr	dr ²	HVN
	2,22	2,22	0,0555	0,00308	301,014
Batu Satam	2,19	2,19	0,05475	0,002998	309,318
	2,10	2,10	0,0525	0,002756	336,399
	2,12	2,12	0,053	0,002809	330,081
	2,18	2,18	0,0545	0,00297	312,162
	2,03	2,03	0,05075	0,002576	359,999
Kekerasan rata-rata					324,829

KESIMPULAN

Dari data hasil karakterisasi batu pirus dan batu satam dapat disimpulkan bahwa :

1. Batu Pirus memiliki sistem kristal Hexagonal dengan konstanta kisi $a = b = 5.3205 \text{ \AA}$, $c = 7.279 \text{ \AA}$, fasa Lizardite $\text{Al}_{0.15}\text{Fe}_{0.06}\text{H}_4\text{Mg}_{2.82}\text{O}_9\text{Si}_{1.94}$ dengan fraksi massa 24.51% dan kristal Monoclinic dengan parameter kisi $a = b = 5.357 \text{ \AA}$ dan $c = 28.835 \text{ \AA}$, fasa Chlorite $\text{Al}_{0.865}\text{Fe}_{0.255}\text{H}_4\text{Mg}_{2.292}\text{O}_9\text{Si}_{1.588}$, dengan fraksi massa 75.49%. Unsur C = 3.95 wt%, O = 49.37 wt%, Mg = 22.69 wt% , Al = 1.47 wt%, Si = 17.14 wt%, Fe = 2.91 wt% dan Cu = 2.52 wt%, hardness 98, 296 HVN.
2. Batu Satam memiliki sistem kristal Hexagonal dengan konstanta kisi $a = b = 4.9086 \text{ \AA}$ dan $c = 5.3969 \text{ \AA}$, fasa Quartz SiO_2 dengan fraksi massa 86.27% dan sistem kristal Hexagonal dengan parameter kisi $a = b = 4.7098 \text{ \AA}$ dan $c = 16.224 \text{ \AA}$, fasa Dolomite $\text{Ca}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}\text{CO}_3$, dengan fraksi massa 13.73% dan mineral silica dengan fraksi massa 86,27%. Unsur C = 46.87 wt%, O = 26.38 wt%, Mg = 6.13 wt%, Si = 12.64 wt%, Ca = 6.28 wt% dan Fe = 1.69 wt%, dengan kekerasan 324, 829 HV.
3. Batu pirus memiliki atom-atom permukaan bulat, halus dan seragam sedangkan batu satam memiliki atom-atom memanjang seperti serat dan seragam sehingga di tinjau dari struktur atom maka batu satam memiliki kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan kekerasan batu pirus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Googleweblight.com/?liteurl=http://batu-akik.co/pengertian-batu-akik/
Diakses pada 20 Januari 2017, Pukul. 16:34 Wib
- [2]. Suratje, A. 2015. *Kemilau Batu Mulia*. Jakarta Barat: Prima.
- [3]. Mulyo, Agung. 2004. *Pengantar Ilmu Kebumihan*. Bandung: Pustaka Setia
- [4]. Munir, Moch, H. Ir. Dr, MS. 1996. *Geologi dan Mineralogi Tanah*. Jakarta:PustakJaya
- [5]. <http://hargabatu.com/batu-opal-kalimaya>. Diakses pada 20 Januari 2017, Pukul. 16:44.
- [6]. <http://www.batuakiktermahal.com/sejarah-batu-akik-proses-alamiah-terbentuknya-batu-akik-yang-indah.html>. Diakses pada 23 Januari 2017, Pukul. 17:01 Wib
- [7]. <https://yudiprasetyo53.wordpress.com/2011/11/07/scanning-electron-microscope-sem-dan-optical-emission-spectroscopy-oes/> . Diakses pada 23 Januari 2017.
- [8]. <https://www.google.com/search?q=prinsip+kerja+xrd&ie=utf-8&oe=utf-8> Diakses pada 27 Januari 2017, Pukul. 17:27 Wib
- [9]. Antao S. M., Hassan I., Wang J., Lee P. L., Toby B. H., "State-of-the-art high-resolution powder x-ray diffraction (HRPXRD) illustrated with Rietveld structure refinement of quartz, sodalite, tremolite, and meionite Locality: not specified", *The Canadian Mineralogist* 46, 1501-1509 (2008)
- [10]. Antao S. M., Mulder W. H., Hassan I., Crichton W. A., Parise J. B., "Cation disorder in dolomite, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, and its influence on the aragonite+magnesite - dolomite reaction boundary Sample: P = 3 GPa, T = 1466 K", *American Mineralogist* 89, 1142-1147 (2004)

MANAJEMEN PEMBELAJARAN BERBASIS MODEL CREATIVE PROBLEM SOLVING UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH SISWA SMPN 7 KOTA BENGKULU

Nirwana

JPMIPA FKIP Universitas Bengkulu
Email: ananirwana.adlan @ gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan peningkatan aktivitas belajar dan kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep getaran dan gelombang. Jenis penelitian ini adalah penelitian tindakan kelas. Instrumen yang digunakan adalah lembar observasi aktivitas siswa untuk mengetahui aktivitas belajar dan lembar tes untuk mengetahui kemampuan pemecahan masalah siswa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aktivitas siswa pada siklus I dengan rata-rata skor sebesar 15 dalam kategori cukup, siklus II sebesar 20 dalam kategori baik, dan siklus III sebesar 21 dalam kategori baik. Kemampuan pemecahan masalah pada siklus I sebesar 66,28% belum tuntas, siklus II sebesar 73,07% belum tuntas, dan siklus III sebesar 88,06% tuntas dengan skor rata-rata siklus I, II dan III mencapai ≥ 72 . Nilai dalam menerapkan tahapan dan indikator kemampuan pemecahan masalah siswa, yaitu: tahapan mengenali masalah pada siklus I sebesar 76,1, siklus II sebesar 82,9 dan siklus III sebesar 88,46 dengan kategori akhir tinggi, tahapan merencanakan strategi pada siklus I sebesar 66,3, siklus II sebesar 62,8, dan siklus III sebesar 63,46 dengan kategori akhir sedang, tahapan menerapkan strategi pada siklus I sebesar 75, siklus II sebesar 83,9 dan siklus III sebesar 92,3 dengan kategori akhir tinggi, tahapan mengevaluasi solusi pada siklus I sebesar 73,1 siklus II sebesar 80,1 dan siklus III sebesar 88,46 dengan kategori akhir tinggi. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penerapan model creative problem solving dapat meningkatkan aktivitas belajar dan kemampuan pemecahan masalah siswa.

keyword: *Model creative problem solving, aktivitas belajar, kemampuan pemecahan masalah.*

PENDAHULUAN

Pembelajaran yang dilakukan oleh guru menyangkut Perencanaan, Organisasi, Action, dan Control selanjutnya disingkat POAC. Perencanaan dalam proses pembelajaran adalah menyangkut tentang persiapan pembelajaran yang akan dilakukan oleh guru yaitu pembuatan

RPP. Sedangkan organisasi adalah bagaimana guru dapat menyiapkan siswanya untuk siap menerima pelajaran. Action disini adalah menyangkut tentang pelaksanaan pembelajaran dan control adalah evaluasi dalam pembelajaran setelah pelaksanaan pembelajaran telah dilaksanakan. Proses pembelajaran merupakan suatu kegiatan yang dilaksanakan secara terencana dan terorganisir. Diharapkan dari proses pembelajaran ini adalah terjadinya perubahan sikap, kebiasaan, pengetahuan, pemahaman, dan apresiasi pada diri siswa.

Proses pembelajaran IPA menuntut siswa untuk dapat mengembangkan daya kreativitasnya dalam melakukan penemuan-penemuan yang dapat menunjang pemahamannya. Fisika sebagai bagian dari ilmu pengetahuan alam (IPA) merupakan mata pelajaran yang menekankan siswa mengkonstruksi dan menemukan pengetahuannya lewat percobaan. Fisika juga merupakan mata pelajaran yang dapat menumbuhkan kemampuan pemecahan masalah karena siswa didorong untuk bekerja memecahkan masalah, menemukan segala sesuatu untuk dirinya, dan berupaya keras mewujudkan ide-idenya.

Menurut Riyanto (2009: 285) Pembelajaran berdasarkan masalah adalah suatu model pembelajaran yang dirancang dan dikembangkan untuk mengembangkan kemampuan peserta didik memecahkan masalah. Proses pembelajaran berdasarkan kemampuan pemecahan masalah harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu merangsang siswa untuk berfikir dan mendorong menggunakan pikirannya secara sadar untuk memecahkan masalah.

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan di sekolah SMP Negeri di Kota Bengkulu bahwa pembelajaran IPA sudah berjalan dengan baik tetapi terdapat identifikasi masalah yang timbul, seperti rendahnya keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Hal ini terlihat saat guru menjelaskan materi ada beberapa siswa yang asyik sendiri berdiskusi dengan teman sebangkunya. Proses pembelajaran yang dilakukan juga masih berpusat pada guru (*teacher centered*). Proses pembelajaran lebih mengutamakan ketuntasan materi dan cenderung dimulai dengan penyajian informasi yang berkaitan dengan konsep yang akan dipelajari siswa, pemberian contoh soal, dilanjutkan dengan memberikan tes. Siswa hanya menerima informasi dari guru, mengingat dan menghafal materi sehingga tidak terjadi interaksi di dalam kelas baik antara guru dan siswa maupun antar siswa sehingga menyebabkan rendahnya aktivitas belajar siswa.

Permasalahan lain yaitu kemampuan pemecahan masalah siswa juga kurang maksimal dilakukan, hal ini terlihat dari jenis soal evaluasi yang cenderung digunakan adalah soal pilihan ganda. Soal diberikan dengan jumlah yang banyak, sehingga hanya beberapa siswa saja yang mencari jawaban dan mengerjakan soal sedangkan yang lainnya hanya mencontek jawaban dengan temannya dan menyilang jawaban yang menurut mereka benar tanpa mencari solusi pemecahan masalah soal tersebut. Melatih kemampuan pemecahan masalah siswa lebih cocok menggunakan jenis soal essay, karena langkah-langkah dalam pemecahan masalah akan lebih terlihat jika menggunakan soal essay.

Berdasarkan permasalahan diatas, salah satu solusi yang diperlukan yaitu dengan mengubah model pembelajaran dari yang berpusat pada guru (*teacher centered*) ke model pembelajaran yang berpusat pada siswa (*student centered*). Model yang cocok diterapkan yaitu model

pembelajaran *Creative Problem Solving*. Menurut Pepkin dalam Supardi dan putri (2010) menyatakan bahwa:

“Model Creative Problem Solving adalah suatu model pembelajaran yang melakukan pemusatan pada pengajaran dan keterampilan pemecahan masalah yang diikuti dengan penguatan keterampilan. Ketika dihadapkan dengan suatu pertanyaan, siswa dapat melakukan keterampilan memecahkan suatu masalah untuk memilih dan mengembangkan ide dan pemikirannya. Model pembelajaran ini bertujuan untuk membantu siswa menyelesaikan suatu permasalahan secara kreatif. Keterlibatan langsung siswa dalam proses pembelajaran diharapkan dapat meningkatkan hasil belajar dan dapat meningkatkan keterampilan berpikir dalam memecahkan masalah” (Supardi dan putri, 2010: 575).

Keaktifan dan kekreatifan guru dalam proses pembelajaran sangat dibutuhkan, seperti dengan membawa fenomena alam sehari-hari kedalam kelas dapat menggali kemampuan yang dimilikinya dan menghasilkan ide-ide kreatif dalam memecahkan masalah siswa, maka dari itu peneliti menggunakan model *Creative Problem Solving* dalam konsep getaran dan gelombang. Getaran dan gelombang merupakan salah satu materi yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari, sehingga banyak pengalaman yang diperoleh siswa sebelum melaksanakan pembelajaran. Hal ini akan memudahkan siswa memahami konsep tersebut .

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti tertarik untuk mengadakan penelitian dengan judul “Penerapan Model *Creative Problem Solving* Untuk Meningkatkan Aktivitas Belajar dan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Pada Konsep Getaran dan Gelombang di Kelas VIII_B SMP Negeri 7 Kota Bengkulu”.

Parmes dalam Suryosobroto (2009: 200) mengemukakan adanya lima langkah yang melibatkan imajinasi dan pembenaran dalam menangani situasi dalam pembahasan suatu masalah. Langkah-langkah *Creative Problem Solving* tersebut bila diterapkan dalam pembelajaran adalah: 1) Penemuan fakta, 2) Penemuan masalah, berdasarkan fakta-fakta yang telah dihimpun, ditentukan masalah/pertanyaan kreatif untuk dipecahkan, 3) Penemuan gagasan, menjaring sebanyak mungkin alternatif jawaban untuk memecahkan masalah, 4) Penemuan jawaban, penentuan tolak ukur atas kriteria pengujian jawaban, sehingga ditemukan jawaban yang diharapkan, 5) Penentuan penerimaan, diketemukan kebaikan dan kelemahan gagasan, kemudian menyimpulkan dari masing-masing masalah yang dibahas.

Asikin dan Pujiadi (2008: 40) menyebutkan keunggulan-keunggulan *Creative Problem Solving* antara lain: dapat membantu siswa bagaimana mentransfer pengetahuan mereka untuk memahami masalah dalam kehidupan nyata; dapat membantu siswa untuk mengembangkan pengetahuan barunya dan bertanggung jawab dalam pembelajaran yang mereka lakukan, kesempatan pada siswa untuk mengaplikasikan pengetahuan yang mereka miliki dalam dunia nyata; dan dapat mengembangkan minat untuk secara terus menerus belajar sekalipun belajar pada pendidikan formal telah berakhir.

Dalam proses belajar mengajar, guru perlu menimbulkan aktivitas siswa dalam berfikir maupun berbuat. Penerimaan pelajaran jika dengan aktivitas siswa sendiri, kesan itu tidak akan berlaku begitu saja tetapi dipikirkan, diolah kemudian dikeluarkan lagi dalam bentuk yang berbeda.

Siswa akan bertanya, mengajukan pendapat, menimbulkan diskusi dengan guru. Dalam berbuat siswa dapat menjalankan perintah, melaksanakan tugas, membuat grafik, diagram, inti sari dari pelajaran yang disajikan oleh guru (Slameto, 2013: 36).

Di samping aktivitas dan kreativitas yang diharapkan dalam sebuah proses pembelajaran dituntut interaksi yang seimbang, interaksi yang dimaksud adalah adanya interaksi antara guru dengan siswa, siswa dengan siswa dan siswa dengan guru (Rusman, 2013: 202).

Rusman (2013: 232) pembelajaran berbasis masalah merupakan penggunaan berbagai macam kecerdasan yang diperlukan untuk melakukan konfrontasi terhadap tantangan dunia nyata, kemampuan untuk menghadapi segala sesuatu yang baru dan kompleksitas yang ada.

Seseorang menghadapi masalah bila ia menghadapi situasi yang harus memberi respons tetapi tidak mempunyai informasi. Konsep-konsep, prinsip-prinsip dan cara-cara yang dapat dipergunakan dengan segera untuk memperoleh pemecahan (Slameto, 2013: 144-145).

Menurut Sujarwanto, A. Hidayat dan Wartono (2014: 67-68) Berdasarkan langkah-langkah pemecahan masalah dari Young dan Freedman serta Heller dkk., secara garis besar pemecahan masalah fisika terdiri dari mengenali masalah, menerapkan strategi, merencanakan strategi dan mengevaluasi solusi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian tindakan kelas (*Classroom Action Research*) yang dilaksanakan di kelas VIII_B SMP Negeri 16 Kota Bengkulu. Penelitian ini dilaksanakan dalam tiga siklus. Setiap siklus pada penelitian tindakan kelas terdiri dari empat tahap, yaitu 1) Tahap perencanaan (*planing*), 2) Tahap pelaksanaan tindakan (*Acting*), 3) Tahap pengamatan (*Observating*), 4) Tahap refleksi (*Reflection*).

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah lembar observasi aktivitas guru, siswa dan lembar tes kemampuan pemecahan masalah. Lembar observasi aktivitas guru dan siswa digunakan untuk melihat aktivitas pembelajaran berlangsung. Sedangkan, tes kemampuan pemecahan masalah digunakan untuk melihat ketuntasan siswa secara individu dan melihat proses siswa dalam menerapkan indikator kemampuan pemecahan masalah pada soal essay tes akhir.

Sebelum instrumen digunakan dalam penelitian, instrumen tes *dijudgment* ahli terlebih dahulu oleh 3 ahli. *Judgment* ahli digunakan untuk menentukan validitas isi. Setelah *dijudgment* ahli soal tes diperbaiki dan kemudian diuji coba lapangan. Setelah uji coba dilakukan perhitungan untuk menentukan validitas, reliabilitas, daya pembeda dan tingkat kesukaran soal.

Teknik analisis data pada penelitian ini meliputi data observasi guru dan siswa. Aktivitas guru dan siswa diamati oleh dua orang pengamat. aktivitas guru dan siswa dikatakan berhasil apabila kategori akhir dari pengamatan berada dikategori baik. Adapun interval penilaian guru dan siswa, antara lain:

Tabel 1. Interval Kategori Penilaian Guru dan Siswa

No	Nilai Rentang	Persentasi Nilai
1	8 – 12	Kurang
2	13 – 17	Cukup
3	18 – 22	Baik

Analisis kemampuan pemecahan masalah. Analisis proses kemampuan pemecahan masalah merupakan analisis nilai siswa dalam menerapkan indikator kemampuan pemecahan masalah, nilai ini diperoleh dari 100% tes akhir. Analisis nilai kemampuan pemecahan masalah siswa diperoleh dari nilai total yang diperoleh siswa dalam menerapkan seluruh indikator kemampuan pemecahan masalah.

Kemampuan pemecahan masalah siswa digunakan untuk melihat ketuntasan belajar siswa secara klasikal. Pembelajaran dikatakan berhasil jika jika 80% siswa mendapat nilai ≥ 72 . Analisis Kemampuan pemecahan masalah menggunakan:

a. Nilai rata-rata

$$X = \frac{\sum X}{N}$$

Keterangan :

X = Rata-rata (mean)

$\sum X$ = Jumlah seluruh skor

N = Banyaknya subjek

b. Standar deviasi (S)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N} - \left(\frac{\sum X}{N}\right)^2}$$

Keterangan:

SD = Standar Deviasi.

$\frac{\sum X^2}{N}$ = Tiap skor dikuadratkan lalu dijumlahkan kemudian dibagi N.

$\left(\frac{\sum X}{N}\right)^2$ = Semua skor dijumlahkan, dibagi N lalu dikuadratkan.

(Arikunto, 2009: 264)

c. Ketuntasan belajar secara klasikal

$$KB = \frac{N'}{N} \times 100\%$$

(Trianto, 2010: 241)

Keterangan :

KB = ketuntasan belajar secara klasikal

N' = jumlah siswa yang skornya ≥ 72

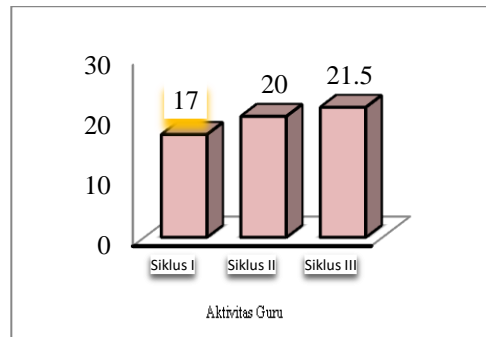
N = jumlah siswa keseluruhan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara keseluruhan hasil dari penelitian ini terjadi peningkatan aktivitas belajar dan kemampuan pemecahan masalah siswa, yaitu siklus III lebih baik dari siklus II dan lebih baik dari siklus I.

Aktivitas Guru

Berdasarkan data hasil penelitian dengan menerapkan manajemen pembelajaran berbasis model *Creative Problem Solving* dari ke tiga siklus yang telah dilaksanakan terdapat peningkatan aktivitas guru, seperti terlihat pada grafik 1.

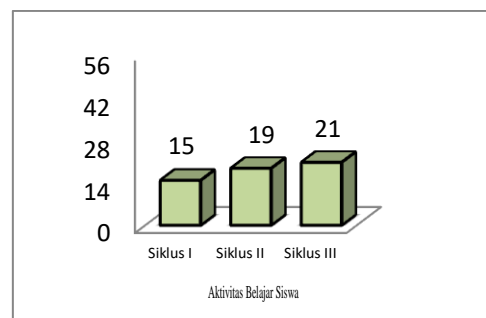


Grafik 1. Peningkatan Aktivitas Guru

Berdasarkan grafik 1. terlihat bahwa aktivitas guru selama pembelajaran menggunakan manajemen pembelajaran berbasis model *creative problem solving* mengalami peningkatan dari siklus I, II, hingga III. Interval penilaian aktivitas guru dapat dilihat pada tabel 3.7. Pada siklus I skor rata-rata aktivitas guru sebesar 17 termasuk kategori cukup, pada siklus II mengalami peningkatan menjadi 20 termasuk kategori baik dan pada siklus III mengalami peningkatan menjadi 21,5 termasuk kategori baik. Peningkatan aktivitas guru ini dikarenakan adanya kegiatan refleksi/evaluasi dalam pembelajaran setiap siklusnya. Refleksi aktivitas guru ini sangat penting dalam meningkatkan proses pembelajaran, karena melalui refleksi guru dapat mengetahui kelemahan pada setiap kegiatan pembelajaran yang telah dilakukan.

Aktivitas Siswa

Berdasarkan data hasil penelitian dengan menerapkan manajemen pembelajaran berbasis model *creatif problem solving* dari ke tiga siklus yang telah dilaksanakan terdapat peningkatan aktivitas siswa, seperti terlihat pada grafik 2.

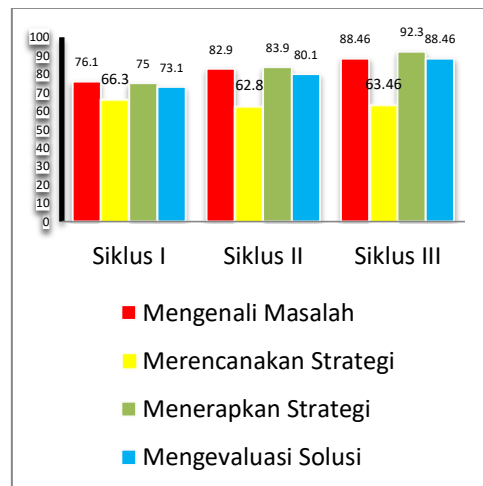


Grafik 2. Peningkatan Aktivitas Siswa

Berdasarkan grafik 2. terlihat bahwa aktivitas siswa selama pembelajaran menggunakan model *creative problem solving* mengalami peningkatan dari siklus I, II, hingga III. Interval penilaian aktivitas siswa dapat dilihat pada tabel 3.7. Pada siklus I skor rata-rata aktivitas siswa sebesar 15 termasuk kategori cukup, pada siklus II mengalami peningkatan menjadi 20 termasuk kategori baik dan pada siklus III mengalami peningkatan menjadi 21 termasuk kategori baik. Peningkatan aktivitas siswa ini dikarenakan adanya kegiatan refleksi/ perbaikan dalam pembelajaran setiap siklusnya. Refleksi aktivitas siswa ini sangat penting dalam meningkatkan proses pembelajaran. Proses pembelajaran dari ketiga siklus yang dilakukan, terjadi peningkatan aktivitas belajar siswa setiap siklusnya. Hal ini menunjukkan minat siswa terhadap pembelajaran menumbuhkan kemampuan pemecahan masalah.

Kemampuan Pemecahan Masalah

Kemampuan pemecahan masalah siswa diperoleh dari nilai tes kemampuan pemecahan masalah (100%). Kemudian hasil nilai dikategorikan sesuai dengan skala penilaian kemampuan pemecahan masalah. Hasil yang harus dicapai pada penelitian ini sesuai dengan indikator keberhasilan yaitu nilai akhir siswa diatas KKM atau ≥ 72 sebanyak 80%. Berdasarkan data hasil penelitian dengan menerapkan manajemen pembelajaran berbasis model *creative problem solving* pada konsep getaran dan gelombang terjadi peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa yang dapat dilihat pada grafik 3.



Grafik 3. Nilai kemampuan pemecahan masalah tiga siklus

Berdasarkan grafik 3. menunjukkan hasil peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa dari ketiga siklus. Kemampuan pemecahan masalah diperoleh dengan menerapkan tahapan-tahapan kemampuan pemecahan masalah pada tes akhir kemampuan pemecahan masalah. Adapun tahapan kemampuan pemecahan masalah yang digunakan, yaitu: mengenali masalah, merencanakan strategi, menerapkan strategi, dan mengevaluasi solusi.

Pada tahapan mengenali masalah pada siklus I sebesar 76,1, siklus II sebesar 82,9 dan siklus III sebesar 88,4. Hasil menunjukkan terjadi peningkatan persiklusnya. Siswa mampu menerapkan tahapan kemampuan pemecahan masalah yaitu mengenali masalah sudah baik. pada siklus tahapan ini siswa sudah cukup terbiasa dengan tahapan mengenali masalah karena tahapan ini sama dengan penyelesaian soal biasa yaitu menuliskan konsep yang digunakan, menuliskan yang

diketahui dari soal dan menuliskan apa yang ditanya pada soal. Sehingga, dari hasil ini didapat rata-rata tahapan mengenali masalah yaitu sebesar 82,46 dan dikatakan bahwa siswa mempunyai kemampuan pemecahan masalah yang “tinggi” dalam menanggapi pertanyaan yang diberikan pada setiap siklusnya.

Pada tahapan merencanakan strategi pada siklus I sebesar 66,3, siklus II sebesar 62,8, dan siklus III sebesar 63,46. Hasil menunjukkan terjadi penurunan terhadap pemahaman merencanakan strategi dari siklus I ke siklus II. Namun terjadi sedikit peningkatan dari siklus II ke siklus III. Penurunan dan peningkatan yang diperoleh siswa tidak terlalu besar, hal ini dikarenakan siswa masih sulit saat membuat sketsa yang sesuai dengan permasalahan. Namun, siswa sudah baik membuat persamaan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan. Peningkatan yang diperoleh siswa secara berkala, hal ini membuktikan siswa perlahan memahami tahapan merencanakan strategi. Skor rata-rata kemampuan siswa dalam menyelesaikan tahapan merencanakan strategi sebesar 64,18 dan termasuk ke dalam kategori “sedang”. Selaras dengan yang dijelaskan Sujarwanto (2014) menyatakan bahwa “Siswa merasa kesulitan dalam pembuatan representasi gambar, siswa merasa demikian karena mereka harus benar-benar mengenali keadaan sistem yang ditinjau. Selain itu siswa membuat representasi gambar hanya jika dirasa perlu dalam memecahkan masalah. Jika masalah sederhana (substitusi ke rumus) atau soal telah dilengkapi gambar, siswa tidak akan membuat representasi gambar”. Meskipun siswa menganggap sulit tapi ada beberapa soal yang memudahkan siswa menyelesaikan soal dengan menggambar permasalahan pada soal.

Pada tahapan menerapkan strategi pada siklus I sebesar 75, siklus II sebesar 83,9, dan siklus III sebesar 92,30. Hasil menunjukkan terjadi peningkatan pemahaman yang besar pada tahapan menerapkan strategi. Hal ini dikarenakan siswa sudah terbiasa menyelesaikan soal sesuai dengan persamaan yang digunakan. Hasil rata-rata peningkatan kemampuan pemecahan masalah dari siklus I, II, dan III dalam menyelesaikan tahapan menerapkan strategi adalah sebesar 83,73 termasuk ke dalam kategori “tinggi”.

Pada tahapan mengevaluasi solusi pada siklus I sebesar 73,1, siklus II sebesar 80,1, dan siklus III sebesar 88,46. Hasil menunjukkan terjadi peningkatan yang cukup besar pada penyelesaian tahapan mengevaluasi solusi, karena kemampuan mengevaluasi solusi telah dimiliki oleh siswa. Namun, pada tahapan ini siswa sering tidak menuliskan satuan yang digunakan. Rata-rata skor yang diperoleh pada tahapan mengevaluasi solusi sebesar 80,55 dan termasuk kedalam kategori “tinggi”.

Perbandingan nilai kemampuan pemecahan masalah dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 42. Perbandingan Nilai Tahapan Kemampuan Pemecahan Masalah

No	Tahapan Kemampuan Pemecahan Masalah	Siklus I	Siklus II	Siklus III
1.	Mengenali Masalah	76,1	82,9	88,46
2.	Merencanakan Strategi	66,3	62,8	63,46
3.	Menerapkan Strategi	75	83,9	92,30
4.	Mengevaluasi Solusi	73,1	80,1	88,46

Nilai dalam menerapkan tahapan dan indikator kemampuan pemecahan masalah siklus I, II dan siklus III, secara keseluruhan terjadi peningkatan nilai tahapan kemampuan pemecahan masalah dari siklus I. Hal ini dikarenakan siswa terbiasa mengerjakan soal tes akhir kemampuan pemecahan masalah. Peningkatan rata-rata kemampuan pemecahan masalah siswa tidak mencapai nilai tertinggi dari kategori sangat tinggi, karena tingkat pemahaman siswa terhadap tahapan dan indikator kemampuan pemecahan masalah perlu dilatih lagi. Sehingga, siswa lebih terbiasa terhadap soal yang menerapkan tahapan dan indikator kemampuan pemecahan masalah.

Hasil dari seluruh nilai siswa dalam menerapkan tahapan dan indikator kemampuan pemecahan masalah merupakan nilai kemampuan pemecahan masalah. Sehingga, dapat dilihat ketuntasan belajar siswa dalam menerapkan tahapan dan indikator kemampuan pemecahan masalah. Berdasarkan tabel 3. terlihat bahwa terjadi peningkatan hasil kemampuan pemecahan masalah yang diperoleh siswa dari siklus I, II, dan III. Hal ini dikarenakan keseluruhan siswa cukup terbiasa dalam mengerjakan soal kemampuan pemecahan masalah mengakibatkan meningkatnya kemampuan pemecahan masalah siswa. Adapun hasil kemampuan pemecahan masalah yang diperoleh siswa dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Siklus I, II dan III

No.	Deskripsi Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa	Nilai		
		Siklus I	Siklus II	Siklus III
1	Skor terendah	53,33	55	68,33
2	Skor tertinggi	86,67	95	90
3	Skor rata-rata	72,51	76,92	82,11
4	Ketuntasan belajar	65,38 %	73,03 %	88,46 %
5	Standar deviasi	9,06	8,26	6,52
Kesimpulan		Belum Tuntas Secara Klasikal	Belum Tuntas Secara Klasikal	Tuntas Secara Klasikal

Pada siklus I skor rata-rata siswa sebesar 72,51 dengan kategori sedang, ketuntasan belajar 65,38% dan standar deviasi sebesar 9,06. Hasil rata-rata siswa telah mencapai ≥ 72 dengan ketuntasan belajar 65,38% dari keluruhan siswa dan 17 siswa yang tuntas dari 26 siswa. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran pada siklus I belum tuntas secara klasikal. Karena syarat ketuntasan belajar apabila skor rata-rata siswa minimal ≥ 72 sebanyak 80%. Berdasarkan standar deviasi, skor yang diperoleh siswa memiliki kesenjangan yang besar antara siswa. karena nilai yang diperoleh sebesar 9,06. Karena Standar deviasi digunakan untuk melihat kesenjangan nilai antara siswa pada setiap siklus. Jika hasil yang diperoleh besar, maka nilai terjadi kesenjangan yang sangat besar dan jika mendekati nilai 0, maka nilai terjadi kesenjangan yang kecil atau skor yang diperoleh siswa hampir sama. Ketidaktuntasan hasil kemampuan pemecahan masalah siswa pada siklus I dikarenakan siswa kesulitan dalam mengerjakan soal yang berkaitan dengan tahapan kemampuan pemecahan masalah dan belum dapat memahami langkah-langkah menjawab soal kemampuan pemecahan masalah. Sehingga, banyak siswa yang memperoleh nilai kecil dan banyak yang tidak tuntas.

Pada siklus II skor rata-rata siswa sebesar 76,92 dengan kategori sedang, ketuntasan belajar 76,92% dan standar deviasi sebesar 8,26. Hasil belajar siswa pada siklus II meningkat dari siklus I, skor rata-rata siswa telah mencapai ≥ 72 dengan ketuntasan belajar sebanyak 73,07% dari keluruhan siswa dan 19 siswa yang tuntas dari 26 siswa. Hasil ini menunjukkan bahwa

pembelajaran pada siklus II belum tuntas secara klasikal. Karena syarat ketuntasan belajar apabila skor rata-rata siswa minimal ≥ 72 sebanyak 80%. Berdasarkan standar deviasi, nilai yang diperoleh siswa mempunyai kesenjangan yang sangat besar karena standar deviasi yang diperoleh sebesar 8,26. Ketidaktuntasan hasil kemampuan pemecahan masalah siswa pada siklus II dikarenakan siswa masih belum terbiasa dalam mengerjakan soal yang berkaitan dengan tahapan kemampuan pemecahan masalah dan masih kurang memahami langkah-langkah menjawab soal kemampuan pemecahan masalah. Sehingga, beberapa siswa yang memperoleh nilai kecil dan beberapa siswa tidak tuntas.

Pada siklus III skor rata-rata siswa sebesar 82,11, ketuntasan belajar sebesar 88,46% dan standar deviasi sebesar 6,52. Hasil ini menunjukkan terjadi peningkatan hasil kemampuan pemecahan masalah dengan skor rata-rata siswa telah mencapai ≥ 72 dan mencapai ketuntasan belajar sebesar 88,46% dari keluruhan siswa dan 23 siswa yang tuntas dari 26 siswa. Hasil ini dapat dikatakan tuntas, karena hasil kemampuan pemecahan masalah pada siklus III telah mencapai syarat ketuntasan belajar skor rata-rata siswa minimal ≥ 72 sebanyak 80%. Berdasarkan standar deviasi, skor yang diperoleh siswa memiliki kesenjangan yang besar antara siswa, standar deviasi yang diperoleh sebesar 6,52. Namun demikian, hasil kemampuan pemecahan masalah pada siklus III tuntas secara klasikal dan mengalami peningkatan hasil kemampuan pemecahan masalah yang baik.

Kemampuan pemecahan masalah siswa secara keseluruhan menggunakan manajemen pembelajaran berbasis model *creative problem solving* terjadi peningkatan dari siklus I, II dan III. Dengan demikian, pembelajaran dengan menerapkan manajemen pembelajaran berbasis model *creative problem solving* dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.

KESIMPULAN

- Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:
1. Penerapan manajemen pembelajaran berbasis model *creative problem solving* dapat meningkatkan aktivitas guru dan siswa pada konsep getaran dan gelombang. Aktivitas guru pada siklus I sebesar 17, siklus II sebesar 20, dan siklus III sebesar 21,5 dengan kategori akhir “Baik”. Sedangkan, Aktivitas siswa siklus I sebesar 15, siklus II sebesar 19, dan siklus III sebesar 21 dengan kategori akhir “Baik”.
 2. Penerapan manajemen pembelajaran berbasis model *creative problem solving* dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa, yaitu: tahapan mengenali masalah pada siklus I sebesar 76,1, siklus II sebesar 82,9 dan siklus III sebesar 88,46 dengan kategori akhir “tinggi”, tahapan merencanakan strategi pada siklus I sebesar 66,3, siklus II sebesar 62,8, dan siklus III sebesar 63,46, dengan kategori akhir “sedang”, tahapan menerapkan strategi pada siklus I sebesar 75, siklus II sebesar 83,9, dan siklus III sebesar 92,30 dengan kategori akhir “tinggi”, tahapan mengevaluasi solusi pada siklus I sebesar 73,1, siklus II sebesar 80,1, dan siklus III sebesar 88,46, dengan kategori akhir “tinggi”. Nilai dari seluruh tahapan dan indikator kemampuan pemecahan masalah merupakan hasil kemampuan pemecahan masalah siswa. Secara keseluruhan terjadi peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa secara klasikal, yaitu pada siklus I sebesar 65,38% belum tuntas, siklus II sebesar 75,12% belum tuntas, dan siklus III sebesar 88,46% tuntas dengan skor rata-rata siklus I, II dan III mencapai ≥ 72 . Standar Deviasi pada siklus I sebesar 9,06, siklus II sebesar 8,26 dan siklus III sebesar 6,52.

REFERENSI

- Arikunto, Suharsimi. 2009. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta : PT Bumi Aksara.
- Asikin dan Pujiadi. 2008. “Pengaruh Model Pembelajaran Matematika Creative Problem Solving (CPS) Berbantuan CD Interaktif Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Pada Siswa SMA Kelas X”. *Jurnal*. FMIPA Unnes.
- Riyanto, Y. 2009. *Paradigma Baru Pembelajaran*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Rusman. 2013. *Model – Model Pembelajaran*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada.
- Slameto. 2013. *Belajar dan Faktor – Faktor yang Mempengaruhinya*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Sujarwanto, E., Hidayat A., Wartono. 2014. “Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika pada Modeling Instruction Pada Siswa SMA Kelas XI”. *Jurnal Ilmiah Nasional*. Vol 3 (1), 65-78.
- Supardi, K. I., Dan Putri, I.R. 2010. “Pengaruh Penggunaan Artikel Kimia Dari Internet Pada Model Pembelajaran *Creative Problem Solving* Terhadap Hasil Belajar Kimia Siswa SMA”. *Journal*. Vol. 4 (1), 574-581.
- Suryosubroto. 2009. *Proses Belajar Mengajar di Sekolah*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Trianto. 2010. *Model Pembelajaran Terpadu*. Jakarta : PT. Bumi Askara.

PENYELIDIKAN AKUIFER BAWAH PERMUKAAN DAERAH UNIVERSITAS JAMBI MENDALO SEBAGAI UPAYA KONSERVASI DAN KETERSEDIAAN AIR BERSIH

Rizka, Soni Satiawan, Nasri MZ, Ichy Lucya Resta
Teknik Geofisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

Abstrak

*Penelitian dilakukan dalam kawasan Universitas Jambi, kampus Mendalo, Jambi. Ketersediaan air pada daerah penelitian tidak cukup untuk mendukung kegiatan yang ada karena tidak sebandingnya ketersediaan air dengan meningkatnya jumlah mahasiswa dan pembangunan fisik berupa gedung. Untuk memenuhi kebutuhan daerah penelitian, dilakukan pemetaan terhadap potensi akuifer dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas DC. Pengukuran geolistrik resistivitas DC dilakukan pada lintasan berarah selatan-utara dengan panjang lintasan 750 meter dan spasi pengukuran 50 meter, menggunakan alat multichannel Geocis 16 elektroda dengan konfigurasi 2D Schlumberger. Hasil penelitian menemukan adanya akuifer dengan ketebalan lapisan 120 m yang diduga berasal dari daerah resapan danau yang terletak di sisi barat lintasan pengukuran. Jenis akuifer pada penelitian adalah akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*) dengan satu lapisan pembatas kedap air yang terletak pada bagian bawahnya. Sedangkan batuan pada akuifer adalah batu pasir dengan nilai resistivitas berkisar antara 60 sampai 500 ohm.m. Hal ini sesuai dengan informasi geologi daerah penelitian yang terletak pada satuan batuan formasi muara enim berumur tersier (*miosen akhir hingga pliocen*) dengan batuan tersusun dari perselingan batu pasir tufaan dan batu lempung tufaan, perselingan batu pasir kuarsa dan batu lempung kuarsa, serta sisipan batubara dan oksida besi.*

Kata kunci: geolistrik, resistivitas DC, akuifer

PENDAHULUAN

Ketersedian air bersih merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan di suatu daerah. Sejak zaman pra sejarah manusia telah berupaya untuk memenuhi kebutuhan akan sumber daya air tidak hanya dari air permukaan (air sungai, danau, atau kolam) namun juga dari air tanah. Pemanfaatan air tanah oleh manusia sejak zaman pra sejarah dapat dibuktikan dengan ditemukannya Kanat atau Qanat di Iran, Mesir dan Armenia serta sumur-sumur tua di Athena dan Roma (Irawan & Puradimaja, 2012).

Pemanfaatan air tanah bagi kelangsungan hidup manusia terus dilakukan di seluruh dunia hingga saat ini. Salah satunya adalah air tanah dijadikan sumber utama sebagai air minum (Brassington, 2007). Penggunaan air tanah untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia pastinya akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia, penggunaan air tanah juga telah dilakukan pada sektor-sektor lain

seperti sektor pertanian, perkebunan, maupun industri. Oleh karena itu, menemukan sumber-sumber air yang baru mutlak dilakukan untuk memecahkan masalah tersebut.

Universitas Jambi (Unja, untuk seterusnya menggunakan singkatan ini), merupakan salah satu universitas negeri di Provinsi Jambi yang berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini ditandai dengan bertambahnya tujuh Fakultas baru dengan berbagai macam program studi di lingkungan Unja (keputusan dikti, 2014). Dengan bertambahnya tujuh fakultas baru di lingkungan Unja, maka penggunaan air di lingkungan Unja pun akan meningkat. Hal ini dikarenakan peningkatan secara signifikan total penerimaan mahasiswa baru setiap tahunnya akan berpengaruh kepada peningkatan penggunaan air di lingkungan Unja selama kegiatan di kampus. Untuk memenuhi kebutuhan air yang meningkat dalam beberapa tahun ke depan, maka pencarian dan penambahan sumber air baru di lingkungan Unja mutlak harus dilakukan dan salah satunya adalah dengan memanfaatkan potensi air tanah yang terdapat di daerah ini.

Selain peningkatan jumlah mahasiswa, pembangunan fisik berupa gedung fakultas atau perkuliahan yang baru juga akan dilakukan di lingkungan Unja. Agar pembangunan dapat dikerjakan secara optimal, maka pembangunan harus dilakukan berdasarkan optimasi pemanfaatan sumberdaya geologi (Legget, 1984). Salah satu parameter yang harus dipertimbangkan adalah sumberdaya air (air permukaan dan air tanah) (Legget, 1984).

Dalam menemukan sumber air baru dan juga agar pembangunan yang akan dilakukan di lingkungan Unja berjalan secara baik, berkelanjutan, serta bersifat ramah lingkungan, maka informasi dan data geologi (untuk kasus ini data hidrogeologi) di lingkungan Unja dan sekitarnya harus dimiliki, dikenali, dan dikendalikan dengan baik. Agar informasi tersebut dimiliki dan dapat dikendalikan dengan baik, maka pemetaan terhadap potensi air tanah di lingkungan Unja dan sekitarnya perlu dilakukan.

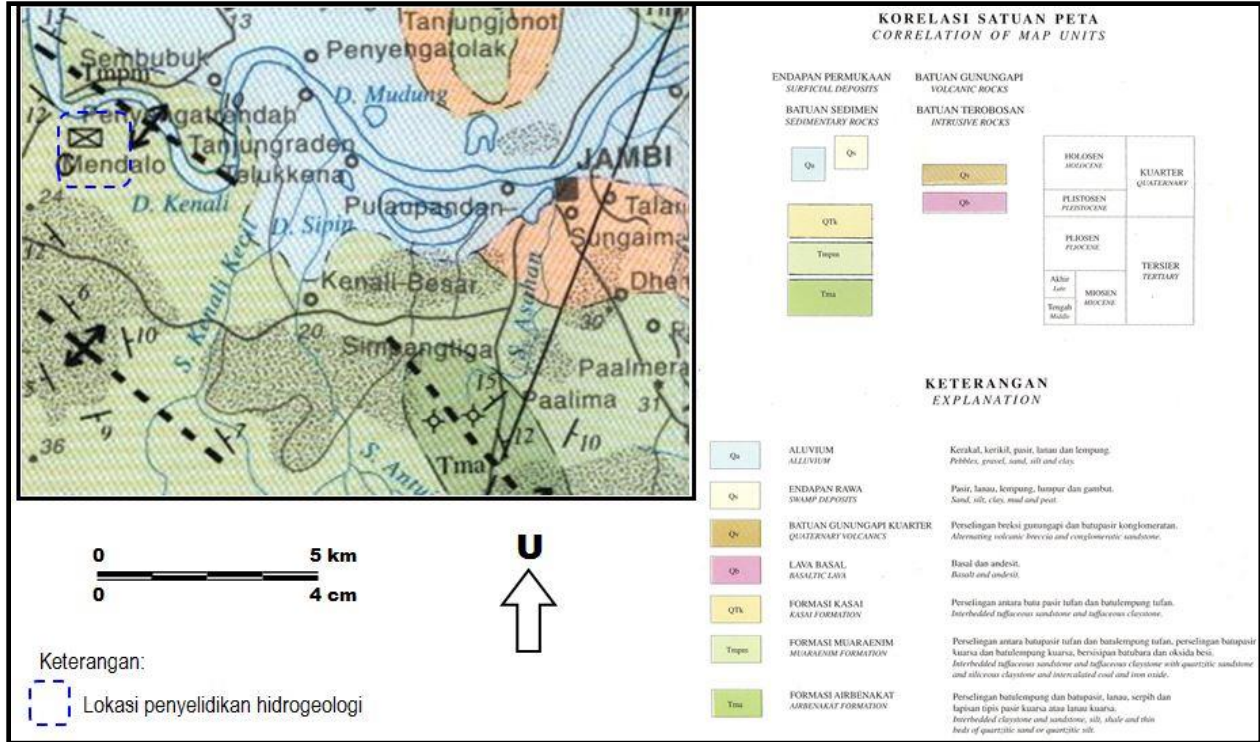
Oleh karena itu untuk mengatasi masalah ini dimana kondisi bawah permukaan (air tanah) dapat dipetakan dengan baik dan juga informasi-informasi hidrogeologi pada daerah Unja dan sekitar dapat dimiliki, maka informasi permukaan akan dikumpulkan dan juga akan dilakukan investigasi geofisika yang terdiri dari penyelidikan geolistrik resistivitas DC di lingkungan Unja.

GEOLOGI REGIONAL DAERAH PENELITIAN

Berdasarkan peta geologi lembar Jambi (Mangga et al., 1993), batuan yang ada di daerah penelitian terdiri dari satu satuan batuan yaitu satuan batuan formasi Muara Enim (*Tmpm*) (Gambar 1). Formasi batuan Muara Enim merupakan formasi batuan berumur tersier (miosen akhir hingga pliocen) dan dapat dikatakan satuan batuan tertua di lembar geologi Jambi setelah formasi Air Benakat (*Tma*). Formasi Muara Enim (*Tmpm*) tersusun dari perselingan batu pasir tufaan dan batu lempung tufaan, perselingan batu pasir kuarsa dan batu lempung kuarsa, serta sisipan batubara dan oksida besi.

Formasi batuan yang terdapat di sekitar daerah penelitian terdiri dari formasi kasai (*Qtk*) yang terdapat di bagian timur daerah penelitian. Dilihat dari jarak di permukaan, daerah penelitian terpisah sejauh ± 10 km dengan formasi kasai. Formasi kasai (*Qtk*) terdiri dari perselingan batu pasir tufaan dan batu lempung tufaan. Formasi ini berumur plio-plistosen.

Aluvium (Qa) terdiri dari lempung, lanau, pasir, kerikil, dan kerakal juga terdapat di sekitaran daerah penelitian tepatnya di sekitaran badan sungai Batang Hari. Proses pengendapan dari endapan permukaan masih terus berlangsung hingga sekarang. Aluvium satuan yang berumur holosen (termuda).



Gambar 1 Kondisi geologi regional daerah penelitian daerah Universitas Jambi (Mangga et al., 1993)

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Kampus Unja Pinang Masak Mendalo dengan mengintegrasikan antara ilmu geologi dan geofisika untuk memetakan potensi air tanah pada daerah Unja dan sekitarnya. Selain itu dari data ini juga diharapkan dapat mengetahui jumlah akuifer yang terdapat di bawah permukaan beserta dengan geometri (lebar, tebal, dan kedalamannya), jenis lithologi akuifer dan lapisan di bawahnya, dan juga sifat fisis dari akuifer tersebut (*porosity*).

Pemetaan Geologi

Pemetaan geologi merupakan kegiatan awal yang dilakukan dalam memulai kegiatan penelitian ini. Pemetaan geologi berupa mengumpulkan data-data geologi permukaan seperti satuan batuan, struktur, topografi, dan informasi-informasi air permukaan seperti mata air, danau, rawa, dan lainnya. Informasi-informasi yang didapatkan dari pemetaan geologi ini nantinya akan diolah untuk mengestimasi tipologi dan jenis akuifer serta batas-batas akuifer yang terdapat di lingkungan Unja.

Selain memetakan satuan batuan dan informasi geologi permukaan, pemetaan muka air tanah juga akan dilakukan secara paralel. Data dari pemetaan muka air tanah bertujuan untuk

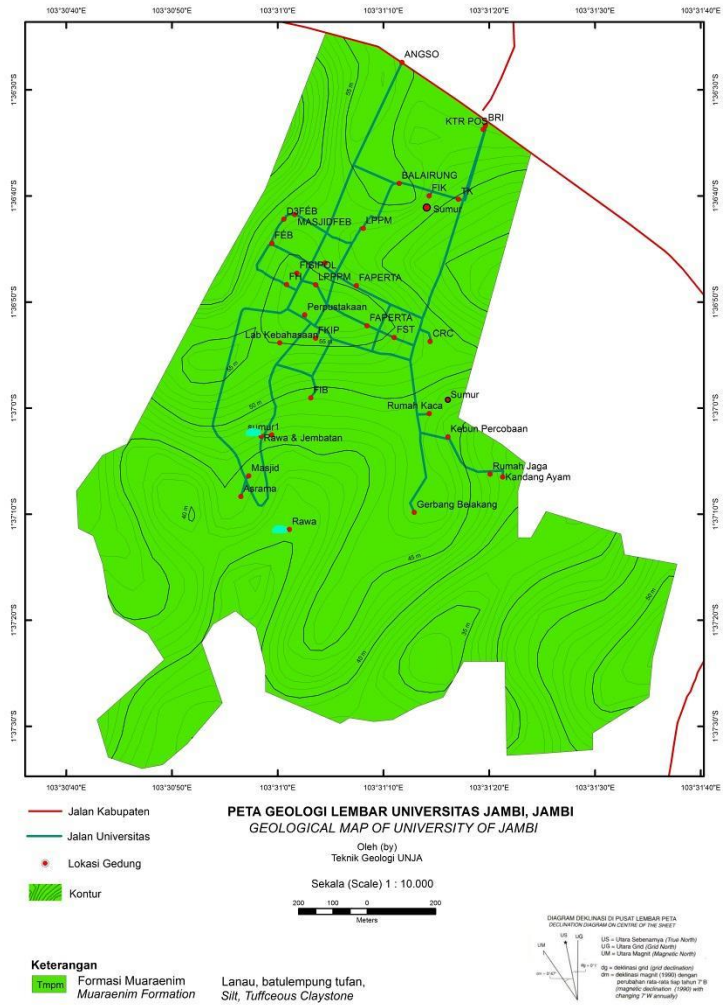
memetakan akuifer yang terdapat pada kedalaman yang dangkal. Selain itu, dengan data ini juga dapat diketahui kondisi dari akuifer tersebut (apakah akuifer baik atau buruk). Hasil dari pemetaan geologi nantinya akan digunakan sebagai landasan untuk melanjutkan kegiatan ke tahapan pemetaan geofisika.

Pemetaan Geofisika

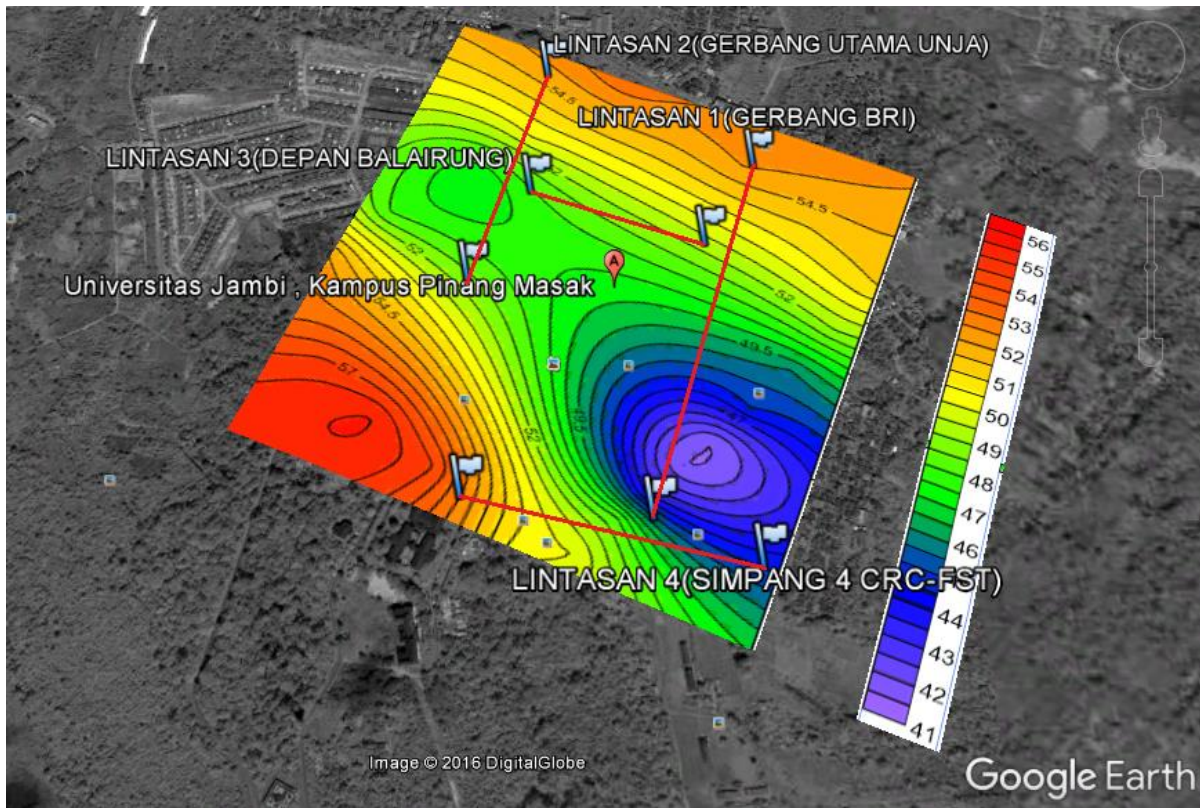
Ketidakmungkinan (*uncertainty*) bawah permukaan yang dijumpai pada pemetaan geologi khususnya pada lokasi tidak terdapatnya singkapan batuan akan dapat ditutupi dengan pemetaan geofisika. Pemetaan geofisika merupakan satu-satunya cara dalam mengestimasi kondisi bawah permukaan sebelum dilakukannya pemboran. Salah satu alasan dilakukan pemetaan geofisika adalah biaya pada kegiatan ini jauh lebih murah jika dibanding dengan melakukan pemboran secara langsung.

Metode yang dilakukan untuk mengumpulkan data-data bawah permukaan yaitu metode geolistrik resistivitas DC. Metode geolistrik resistivitas DC merupakan salah satu metode dalam ilmu geofisika yang digunakan dalam mengestimasi harga tahanan jenis dari material bawah permukaan. Secara sederhana, metode geolistrik resistivitas DC dilakukan dengan mengirimkan arus listrik dari permukaan melalui sebuah elektroda dan menangkap atau merekam respon dari bumi (bawah permukaan) berupa harga beda potensial dengan sebuah elektroda juga. Respon yang tercatat dari bawah permukaan tersebut akan merepresentasikan sifat kelistrikan dari kondisi bawah permukaan.

Pengukuran geolistrik resistivitas DC dilakukan pada lintasan berarah selatan-utara dengan panjang lintasan 750 meter dan spasi pengukuran 50 meter, menggunakan alat multichannel Geocis 16 elektroda dengan konfigurasi 2D Schlumberger. Adapun lokasi penelitian, lintasan dan titik pengukuran geolistrik resistivitas DC pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2 Peta Universitas Jambi



Gambar 3 Peta lokasi pengukuran geolistrik resistivitas DC yang di-overly dengan peta elevasi Unja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara geologi daerah penelitian Unja terletak pada satuan batuan formasi muara enim berumur tersier (miosen akhir hingga pliocen) dengan batuan tersusun dari perselingan batu pasir tufaan dan batu lempung tufaan, perselingan batu pasir kuarsa dan batu lempung kuarsa, serta sisipan batubara dan oksida besi.

Kelulusan air batuan rendah hingga sedang. Kelulusan rendah pada endapan lempung sedangkan kelulusan sedang pada batuan pasir tufaan dan pasir kuarsa. Sedangkan nilai porositas dan permeabilitas pada penelitian adalah 40% dan koefisien permeabilitas $10^{-3} \text{ m}^2/\text{det}$.

Secara hidrogeologi, akuifer pada penelitian adalah akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*) dengan satu lapisan pembatas kedap air yang terletak pada bagian bawahnya. Adapun akuifer merupakan pasir tufaan dan perselingan batu pasir kuarsa karena memiliki pembawa air dan permeabel. Sedangkan lapisan kedap air yang terlatak di bawah akuifer adalah batu lempung. Akuifer pada penelitian merupakan akuifer yang memiliki aliran melalui celah dan ruang antar butir. Akuifer ini bersifat sedang dengan penyebaran luas.

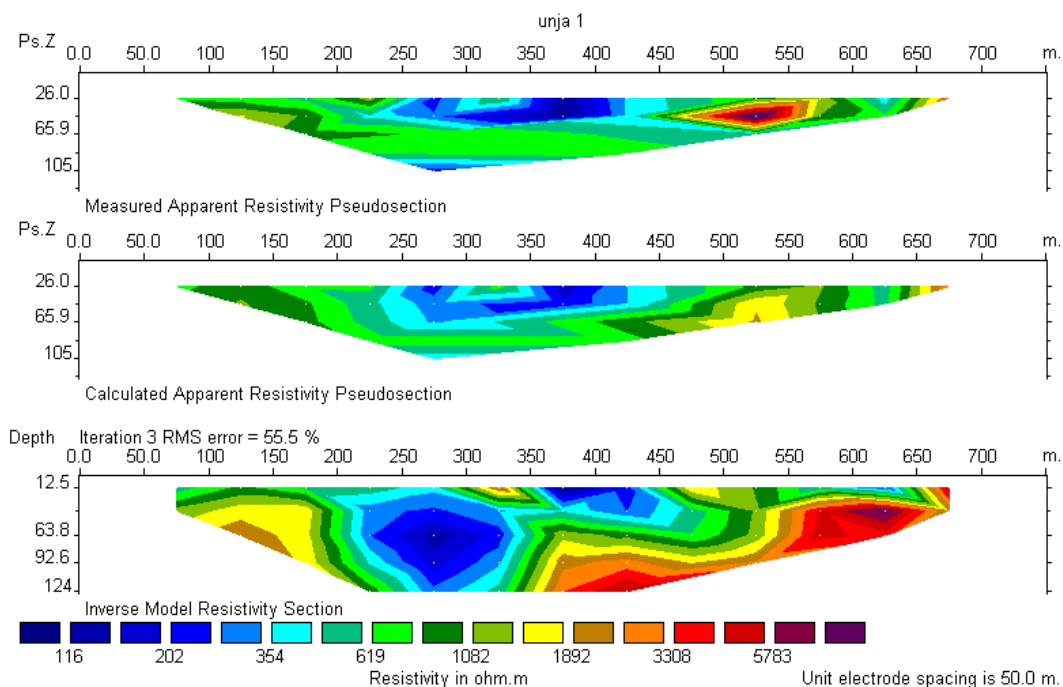
Akuifer yang memiliki batuan yang pori-porinya mengandung air memiliki nilai resistivitas rendah. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan data geolistrik resistivitas DC didapatkan nilai resistivitas dari hasil inversi kuadrat terkecil (*least square*) berkisar antara 60 – 500 $\Omega \cdot \text{m}$. Hasil pengolahan data resistivitas memperlihatkan terdapat zona akuifer yang cukup tebal di setiap lintasan pada kedalaman 40 meter hingga kedalaman 90 meter. Sementara dari bentuk

struktur yang didapatkan dari model inversi dapat dianalisis bahwa daerah Unja memiliki struktur sesar. Hal ini dibuktikan dengan adanya perubahan yang signifikan antara perubahan anomali tinggi dan anomali rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian akuifer di lokasi Universitas Jambi dapat disimpulkan bahwa lokasi penelitian terletak pada formasi Muara Enim dengan batuan yang tersusun dari perselingan batu pasir tufaan dan batu lempung tufaan, perselingan batu pasir kuarsa dan batu lempung kuarsa, serta sisipan batubara dan oksida besi. Secara hidrogeologi, akuifer pada penelitian adalah akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*) dengan satu lapisan pembatas kedap air yang terletak pada bagian bawahnya. Adapun akuifer merupakan pasir tufaan dan perselingan batu pasir kuarsa karena memiliki pembawa air dan permeabel. Sedangkan lapisan kedap air yang terletak di bawah akuifer adalah batu lempung.

Hasil pengolahan data geolistrik resistivitas DC konfigurasi 2D Schlumberger memperlihatkan terdapat zona akuifer yang cukup tebal di setiap lintasan pada kedalaman 40 meter hingga kedalaman 90 meter.



Gambar 4 Hasil pemodelan resistivitas lintasan 1

REFERENSI

- Brassington, R. (2007). *Field Hydrogeology* (third.). Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Irawan, D. E., & Puradimaja, D. J. (2012). *Hidrogeologi Umum*. Bandung: Kelompok Keahlian Geologi Terapan, Institut Teknologi Bandung.
- Legget, W.C., Frank, K.T., Carscadden, J.E. *Meteorological and hydrographic regulation of year-class strength in Capelin (*Mallotus villosus*)*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41:1193-1201
- Mangga, S. A., Santosa, S., & Hermanto, B. (1993). *Peta Geologi Lembar Jambi, Sumatera*. Bandung.
- Sanny, T. ., Puradimadja, D. J., Irawan, D. E., Hutasoit, L., & Sudarto, N. (2005). Aquifer modeling system imaging by using 2d and 3d resistivity inversion technology :case study of tangerang area. *Journal JTM*, XII(October 2015).

ANALISIS FENOMENA INDIA OCEAN DIPOLE (IOD) POSITIF TAHUN 2012 DAN IOD NEGATIF TAHUN 2010 MENGGUNAKAN DATA SATELIT

Lesi Mareta, Wijaya Mardiansyah, Iskhaq Iskandar

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

Email: koim.lesimareta@gmail.com

ABSTRACT

Indian Ocean Dipole (IOD) is an inherent coupled climate mode in the tropical Indian Ocean having impact on the distribution of rainfall over the surrounding continents. This research is designed to examine the dynamics of the evolution of the 2012 positive IOD and 2010 negative IOD events using data obtained from the satellite remote sensing. The climate parameters (e.g. Sea Surface Temperature – SST, rainfall, surface winds and sea level pressure) are analyzed to evaluate the detail evolution of the events. The results showed that the 2012 positive IOD event developed in July, peaked in August when the DMI reached its maximum value of 1.05 °C, and terminated in October 2012. It was noted that during the 2012 positive IOD event, negative SST anomalies were observed in the southeastern tropical Indian Ocean associated with the southeasterly winds along the southern coast of Sumatra and Java and the easterly winds along the equator. As a result, there was a westward shift of the convection zone leading to deficit rainfall over the Indonesian region. Meanwhile, the 2010 negative IOD event developed in July-August, peaked in September/October as the DMI reached its minimum value of -0.87, and terminated in November. During the 2010 negative IOD event, warm SST anomalies were observed in the southeastern tropical Indian Ocean. Strong westerly wind along the equator and northwesterly winds along the southern coast of Sumatra and Java forced downwelling Kelvin waves that induced warm SST to the eastern tropical Indian Ocean.

Keywords: Dipole Mode Index, Indian Ocean Dipole, rainfall, sea surface temperatur

PENDAHULUAN

Keunikan topografi Samudera India jika dibandingkan dengan Samudera Pasifik dan Samudera Atlantik adalah Sisi utara Samudera India dibatasi oleh daratan asia yang letaknya masih di lintang tropis. Karena keunikan inilah di Samudera India terjadi perbedaan temperatur antara daratan dan samudera yang bervariasi musiman (Iskandar, 2016). Perbedaan temperatur antara daratan dan samudera akan menyebabkan perbedaan tekanan yang akan mempengaruhi sistem sirkulasi angin monsun (Wijaya dan Iskandar, 2014).

Sirkulasi angin monsun akan mempengaruhi distribusi curah hujan di daratan yang mengelilingi Samudera India dalam skala musiman. dalam skalahunancurah hujan di daratan sekitar Samudera India di pengaruhi oleh fenomena *India Ocean Dipole* (IOD). IOD merupakan gejala penyimpangan cuaca yang disebabkan oleh interaksi antara laut dan atmosfer yang terjadi di kawasan Samudera India sekitar garis khatulistiwa (tropis) dan di sebelah selatan Jawa (Iskandar, 2016).

Intensitas IOD direpresentasikan oleh *Dipole Mode Index* (DMI). DMI adalah perbedaan anomali temperatur permukaan laut (TPL) di bagian barat Samudera India (daerah 50°-70° BT dan 10°LS-10°LU) dan TPL di bagian timur Samudera India (daerah 90°-110° BT dan 10°LS-0°LU) (Iskandar, 2016).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang evolusi IOD baik itu IOD positif maupun negatif menggunakan data angin permukaan dan TPL. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa, evolusi IOD positif (negatif) dimulai dengan mendinginnya (mehangatnya) wilayah timur Samudera India.

Fenomena IOD positif dan IOD negatif memiliki peran terhadap curah hujan di Indonesia. Fenomena IOD positif menyebabkan menurunnya intensitas curah hujan di wilayah India, sedangkan IOD negatif menyebabkan wilayah Indonesia menerima curah hujan di atas rerata (Hermawan dan Komalaningsih, 2008).

Saat ini diperlukan sebuah penelitian untuk menganalisis evolusi IOD positif dan IOD dan menganalisis dampak IOD positif dan IOD negatif terhadap curah hujan khususnya di wilayah Indonesia, serta untuk menganalisis sebaran TPL, pola angin, pola tekanan atmosfer dan pola sirkulasi Walker pada kejadian IOD positif dan IOD negatif. Dalam periode 2005 – 2015, IOD positif terjadi pada tahun 2006, 2008 dan 2012. Sedangkan IOD negatif terjadi pada tahun 2010. Inilah yang menjadi ide dasar untuk menganalisis fenomena IOD positif tahun 2012 dan IOD negatif tahun 2010 dengan menggunakan data satelit.

KAJIAN LITERATUR

Samudera India memiliki keunikan sendiri jika dibandingkan dengan dua samudera lainnya yang berada di wilayah tropis, yaitu Samudera Pasifik dan Samudera Atlantik. Tidak seperti kedua samudera tersebut, sisi utara Samudera India dibatasi oleh daratan Asia yang letaknya masih di lintang tropis (Iskandar, 2016).

Pola angin di Samudera India dipengaruhi oleh sistem angin monsun Asia-Australia. Angin monsun ini mengalami perubahan arah angin dua kali dalam satu tahun yaitu monsun barat dan monsun timur. (Johan, 2016).

Angin di atas Samudera India didominasi oleh pola sirkulasi tahunan (seasonal). Pada bulan Januari – Maret, angin di belahan utara Samudera India didominasi oleh angin Timur – Laut (northeasterly winds). Di kawasan Timur daerah ekuator antara garis ekuator dan garis lintang 10° LS, angin bergerak dari arah Barat menuju ke Timur sebagai respon dari aktivitas konveksi di bagian Timur Samudera India. Di daerah di bawah garis lintang 10° LS, sirkulasi angin didominasi oleh angin tenggara (southeasterly winds) sepanjang tahun. Selama periode April – Mei, dominasi angin tenggara ini melebar hingga kawasan Barat Laut Samudera India hingga ke daerah pesisir pantai Timur benua Afrika. sementara itu, selama periode Juni – September, angin di kawasan Utara Samudera India didominasi oleh angin Barat Daya (southwesterly winds) (Iskandar, 2016).

Sirkulasi angin monsun akan mempengaruhi distribusi curah hujan di daratn sekitar Samudera India dalam skala musiman, sedangkan dalam skala tahunan distribusi curah hujan di daratn sekitar Samudera India dipengaruhi oleh fenomena intraksi laut-atmosfer yaitu Indian Ocean Dipole. Indian Ocean Dipole (IOD) adalah interaksi antar laut-atmosfer yang terjadi di Samudera India dalam variasi musiman antar-tahunan. Peristiwa IOD ditandai oleh anomali Temperatur permukaan laut (TPL) yang terjadi di Samudera India (Lan, 2012).

Pada kondisi normal, variasi angin monsun menyebabkan pengumpulan massa air di wilayah barat khatulistiwa (dekat pantai barat Sumatra). Penumpukan massa air ini disebabkan oleh penjalaran gelombang Kelvin junaman (downwelling) yang dibangkitkan oleh angin baratan. Akibatnya, terbentuknya kolam air hangat (warm water pool) di sebelah barat pantai Sumatra. Lokasi kolam air hangat ini merupakan zona evaporasi dan konveksi pembentukan awan-awan yang berpotensi menimbulkan curah hujan. Jadi, pada kondisi

normal zona konveksi berada di wilayah timur Samudera India sehingga wilayah timur akan menerima curah hujan yang normal juga (Iskandar, 2016).

Sementara itu, Indian Ocean Dipole (IOD) merupakan gejala penyimpangan cuaca yang dihasilkan oleh interaksi antar permukaan samudera dan atmosfer di kawasan Samudera India sekitar garis khatulistiwa (tropis) dan di sebelah selatan Jawa. Interaksi itu menghasilkan tekanan tinggi di Samudera India bagian timur (bagian Selatan Jawa dan Barat Sumatra) yang menimbulkan aliran massa udara yang berhembus ke barat. Hembusan angin ini akan mendorong massa air didepannya dan mengangkat massa air dari bawah permukaan, mirip dengan “bajak” petani yang mengangkat lapisan bawah tanah/lumpur ke permukaan. Akibatnya, suhu permukaan laut di sekitar pantai Selatan Jawa dan pantai Barat Sumatera akan mengalami penurunan yang cukup drastis (anomali negatif rata-rata sebesar 2 derajat Celsius) (Iskandar, 2016). Intensitas IOD dapat direpresentasikan oleh *Dipole Mode Index (DMI)*.

Fenomena IOD mempunyai pengaruh signifikan terhadap pola curah hujan yang terjadi di suatu kawasan tertentu. Variasi curah hujan di wilayah Indonesia memiliki hubungan terbalik dengan wilayah sebelah timur Afrika. Apabila di wilayah Indonesia mengalami kekeringan, maka di wilayah timur Afrika akan mengalami curah hujan di atas normal (kebanjiran), dampak ini sebabkan oleh IOD positif. Begitupun sebaliknya, ketika wilayah Indonesia mengalami curah hujan di atas normal (kebanjiran), maka di wilayah timur Afrika akan mengalami kekeringan, dampak ini disebabkan oleh IOD negatif (Hermawan dan Komalaningsih, 2008).

Curah hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari awan yang terdapat di atmosfer. Agar dapat terjadi curah hujan diperlukan titik-titik kondensasi. Satuan curah hujan selalu dinyatakan dalam satuan milimeter atau inchi, khusus di Indonesia satuan curah hujan dinyatakan dalam milimeter (mm) (Nur, 2013).

Pada umumnya Indonesia memiliki dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Musim hujan terjadi antara bulan Oktober-Maret dengan puncak pada bulan Desember-Februari. Meskipun musim hujan dan kemarau terjadi secara periodik, tetapi panjang musim hujan dan curah hujan untuk setiap musim tidak selalu sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa musim di wilayah Indonesia tidak hanya dipengaruhi oleh monsun juga dipengaruhi oleh adanya fenomena global salah satunya adalah Indian Ocean Dipole (Fadholi, 2013).

METODE PENELITIAN

Daerah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah wilayah tropis Samudera India yang berada pada posisi 30°LU hingga 30°LS dan 10°BT hingga 130°BT. Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data Temperatur Permukaan Laut (TPL), angin, tekanan atmosfer dan curah hujan. Data TPL didapat dari *Asia Pasifik Data Research Center (APDRC)* pada situs <http://apdrc.soest.hawaii.edu/las/v6/constrain?var=11277>. Data curah hujan didapat dari *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*. Data tekanan angin didapat dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF)* pada situs (<http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interimfullmoda/levtype=sfc/requests/netcdf/58243fcc12b4381a7e91f207/>). Data angin horizontal, data Omega, data SLP didapat dari *National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR)* pada situs (<https://www.esrl.noaa.gov/ps/data/reanalysis/reanalysis.shtml>). Data DMI didapat dari *Japan Agency for Marine – Earth Science and Technology (JAMSTEC)* pada situs www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/DATA/dmi,weekly.txt.

Data yang digunakan pada penelitian ini memiliki panjang data 11 tahun (2005-2015). Penelitian ini difokuskan untuk menganalisa kejadian IOD positif tahun 2012 dan IOD

negatif tahun 2010. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software Grid Analysis and Display System (GRADS). GRADS merupakan software interaktif yang digunakan untuk menampilkan dan memvisualisasikan data sains kebumihan secara mudah. Software GRADS dapat didownload dari <http://grads.iges.org/grads/downloads.html>.

Untuk mengidentifikasi karekteristik intraksi antar laut dan atmosfer musiman dilakukan perhitungan nilai klimatologi. Klimatologi merupakan suatu keadaan iklim secara umum atau secara rata-rata yang terjadi pada satu daerah untuk jangka waktu tertentu. Dalam penelitian ini digunakan data bulanan, sehingga nilai klimatologi bulanan untuk satu parameter pada bulan tertentu dinyatakan dalam Persamaan 3.1:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij}}{N} \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana \bar{X}_i menyatakan nilai klimatologi untuk satu bulan tertentu, sedangkan N menyatakan jumlah data tahun pengamatan dan j adalah tahun pengamatan dan i adalah bulan.

Fenomena IOD merupakan fenomena penyimpangan iklim dari fenomena klimatologinya. Oleh karena itu untuk melihat kejadian IOD dilakukan perhitungan nilai anomali parameter iklim. Nilai anomali ini merupakan nilai simpangan terhadap nilai klimatologi, yang dinyatakan dengan Persamaan 3.2:

$$A_i = B_i - \bar{X}_{ij} \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana A_i merupakan nilai anomali pada bulan tertentu, B_i merupakan data mentah dan \bar{X}_{ij} merupakan nilai parameter klimatologi untuk bulan tertentu.

Kriteria nilai DMI dapat dikatakan sebuah fenomena IOD apabila telah melewati standar deviasi selama tiga bulan atau lebih secara berturut-turut (Lan, 2012). Standar deviasi dinyatakan dengan Persamaan 3.3.

$$S = \frac{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2}}{n-1} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana S adalah standar deviasi, x_i adalah data asli, \bar{x} adalah nilai rata – rata, dan n adalah jumlah data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sirkulasi Laut dan Atmosfer Pada Kondisi Normal (Klimatologi)

Keadaan normal (klimatologi) adalah suatu keadaan iklim secara umum atau secara rata – rata yang terjadi pada satu daerah untuk jangka waktu tertentu. Sirkulasi laut dan atmosfer di Samudera India adalah suatu pola sebaran Temperatur Permukaan Laut (TPL) di dalam laut serta pola gerakan angin dan tekanan di dalam atmosfer dalam skala besar yang relatif tetap sepanjang tahun atau bervariasi dalam skala waktu tertentu. Sirkulasi laut dan atmosfer di Samudera India memegang peran yang sangat penting dalam sistem iklim di Samudera India dan daratan yang mengelilingi Samudera India.

Distribusi curah hujan dalam skala musiman dipengaruhi oleh sirkulasi angin musun. Secara umum, di wilayah Indonesia dikenal empat jenis sirkulasi angin musun. Yaitu, musim monsun barat (Desember– Februari), musim peralihan I (Maret – Mei), musim monsun timur (Juni – Agustus) dan musim peralihan II (September– November).

Klimatologi Temperatur Permukaan Laut (TPL), Tekanan Angin dan Sea Level Pressure (SLP)

Keadaan normal TPL, tekanan angin dan tekanan permukaan pada musim monsun timur ditunjukkan oleh gambar 4.1a. Pada musim monsun timur, angin barat daya atau *southwesterly winds* yang bergerak ke arah timur laut menyebabkan arus permukaan yang membawa massa air akan bergerak ke arah timur laut Samudera India. Sehingga di bagian timur laut Samudera

India akan terjadi penumpukan massa air atau *downwelling* yang menyebabkan TPL meningkat.

Sedangkan di daerah ekuator bagian timur Samudera India di dominasi oleh angin tenggara. Angin tenggara yang bergerak ke arah barat laut Samudera India menyebabkan arus permukaan yang membawa massa air ke arah barat laut Samudera India. Sehingga di bagian barat laut Samudera India akan terjadi penumpukan massa air atau *downwelling* yang menyebabkan TPL meningkat, sehingga terjadi adveksi bahang ke arah barat laut Samudera India. Hal ini menyebabkan pergeseran kolom air hangat ke arah barat laut Samudera India.

Pada musim peralihan II, TPL di bagian timur Samudera India (bagian barat Sumatera) akan meningkat. Peningkatan TPL di bagian timur Samudera India diiringi oleh penurunan tekanan permukaan yang menyebabkan angin berhembus ke arah timur Samudera India (angin baratan atau *westerly winds*). Angin baratan di sepanjang ekuator menyebabkan terjadinya *downwelling*. Angin baratan di sepanjang ekuator juga menyebabkan arus permukaan bergerak ke arah timur Samudera India, sehingga akan terjadi adveksi bahang ke arah timur Samudera India. Hal ini menyebabkan pergeseran kolom air hangat ke arah timur Samudera India. pergeseran kolom air hangat disertai dengan pergeseran zona konveksi. Keadaan normal TPL, tekanan angin dan tekanan permukaan ditunjukkan oleh gambar 4.1b.

Klimatologi Pola Sirkulasi Walker

Gambar 4.2 menjelaskan pola sirkulasi walker di atas Samudera India dari tahun 2005-2015. Gambar 4.2a menjelaskan tentang pola sirkulasi walker di Samudera India pada musim monsun timur. Pada musim monsun timur, tidak terdapat angin baratan. Pada musim monsun timur di kawasan selatan bagian timur Samudera India didominasi oleh angin barat daya. Angin barat daya yang bergerak ke arah timur laut akan menyebabkan arus yang membawa massa air akan bergerak ke arah timur laut Samudera India. Sehingga, di timur laut Samudera India terjadi penumpukan massa (*downwelling*) yang menyebabkan TPL meningkat. Peningkatan TPL diiringi oleh penurunan tekanan permukaan, sehingga pada musim monsun timur sirkulasi walker akan melemah.

Gambar 4.2b menjelaskan pola sirkulasi walker di Samudera India pada musim peralihan II, pada musim peralihan II, angin baratan di atas ekuator akan meningkat. Sehingga sirkulasi walker akan meningkat pula.

Klimatologi Distribusi Curah Hujan

Pada musim monsun timur, angin barat daya atau *southwesterly winds* juga menyebabkan arus permukaan bergerak ke arah timur laut sehingga akan terjadi adveksi bahang ke arah timur laut. Hal ini menyebabkan pergeseran kolom air hangat ke arah timur laut Samudera India. pergeseran kolom air hangat ini disertai dengan pergeseran zona konveksi. Akibatnya, di bagian timur laut Samudera India akan menerima intensitas curah hujan tinggi. Sedangkan di bagian timur Samudera India akan mengalami defisit curah hujan. Keadaan normal distribusi curah hujan pada musim monsun timur ditunjukkan oleh Gambar 4.3a.

Pada musim peralihan II, terjadi adveksi bahang ke arah timur Samudera India menyebabkan pergeseran kolom air hangat ke arah timur Samudera India. pergeseran kolom air hangat ini disertai dengan pergeseran zona konveksi. Sehingga, di bagian timur Samudera India (bagian barat Sumatera) menerima intensitas curah hujan tinggi, sedangkan di bagian barat Samudera India mengalami defisit curah hujan. Keadaan normal curah hujan pada musim peralihan II ditunjukkan oleh Gambar 4.3

Gambar 4.1. Klimatologi temperatur permukaan laut (warna, °C), pola sirkulasi angin (vektor, $N m^{-2}$), dan *sea level pressure* (kontur, millibars (*mb*)) pada: (a) musim monsun timur (Juni – Agustus) dan (b) musim peralihan II (September– November).

Gambar 4.2. Klimatologi sirkulasi walker. warna adalah Kecepatan *upward* dan *downward* ($cm s^{-1}$) dan vektor adalah pergerakan vertikal yang terdiri dari komponen angin zonal dan kecepatan vertikal yang telah dikalikan 100 kali ($cm s^{-1}$) pada: (a) musim monsun timur (Juni – Agustus) dan (b) musim peralihan II (September– November).

Gambar 4.3. Klimatologi curah hujan (mm/jam) pada: (a) musim monsun timur (Juni – Agustus) dan (b) musim peralihan II (September– November).

1.2. Kejadian IOD Positif Tahun 2012

Pada tahun 2012, terjadi fenomena IOD positif, dimana terdapat anomali TPL negatif di bagian timur Samudera India. Anomali TPL negatif diiringi oleh kenaikan tekanan permukaan yang menyebabkan angin berhembus ke arah barat Samudera India (angin timuran atau *easterly winds*). Angin timuran di sepanjang ekuator dan angin tenggara di sepanjang pantai barat Sumatera dan pantai selatan Jawa menyebabkan terjadinya *upwelling* yang menyebabkan TPL menurun. Intensitas IOD positif tahun 2012 direpresentasikan oleh *Dipole Mode Index* (DMI).

Dipole Mode Index (DMI) Tahun 2012

Pada tahun 2012, DMI bernilai positif, artinya TPL di bagian barat Samudera India lebih besar daripada TPL di bagian timur Samudera India dan jenis IOD yang terjadi adalah IOD positif. Dari tahun 2005 – 2015 standar deviasi DMI adalah 0,5. *Dipole mode index* (DMI) pada tahun 2012 ditunjukkan oleh Gambar 4.4.

Daerah yang diarsir berwarna merah menunjukkan daerah yang melewati standar deviasi. Dari gambar 4.4 terlihat bahwa sepanjang tahun 2012 evolusi IOD pada tahun 2012 dimulai dari bulan Juli hingga bulan Oktober dengan puncak di bulan Agustus.

Anomali TPL, *Sea Level Pressure* dan Tekanan Angin

Anomali TPL, tekanan angin dan tekanan permukaan ditunjukkan oleh Gambar 4.5. Pada bulan Juli – Oktober di bagian timur Samudera India (bagian barat Sumatra) terdapat anomali TPL negatif. Anomali TPL negatif diiringi dengan kenaikan tekanan permukaan. Sehingga, bagian timur Samudera India menjadi pusat tekanan tinggi. Sehingga, angin akan bergerak ke arah barat Samudera India atau angin timuran (*easterly winds*). Sedangkan, di pantai barat Sumatera dan pantai selatan Jawa didominasi oleh angin tenggara. Angin timuran di sepanjang ekuator dan angin tenggara di pantai barat Sumatera dan pantai selatan Jawa menyebabkan terjadinya *upwelling*.

Angin timuran di sepanjang ekuator dan angin tenggara di pantai barat Sumatra dan pantai selatan Jawa menyebabkan arus permukaan yang membawa massa air akan bergerak ke arah barat Samudera India. Sehingga, akan terjadi adveksi bahang ke arah barat Samudera India. Hal ini menyebabkan pergeseran kolom air hangat ke arah barat Samudera India.

Pola Sirkulasi Walker di Samudera India

Pada tahun 2012, terdapat anomali TPL negatif di bagian timur Samudera India. Anomali TPL negatif di bagian timur Samudera India diiringi oleh kenaikan tekanan permukaan. Sehingga, sirkulasi walker akan melemah dan juga terjadi pelemahan angin baratan dan bahkan angin baratan akan berbalik arah menjadi angin timuran.

Angin timuran di sepanjang ekuator juga menyebabkan arus permukaan bergerak ke arah barat Samudera India sehingga akan terjadi adveksi bahang ke arah barat Samudera India. Adveksi bahang ke arah barat Samudera India menyebabkan pergeseran kolom air hangat ke

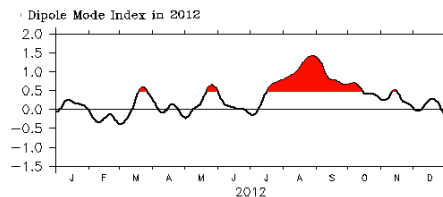
arah barat Samudera India. Pergeseran kolom air hangat ini disertai dengan pergeseran zona konveksi atau melemahnya zona konveksi. Anomali pola sirkulasi walker di Samudera India pada tahun 2012 ditunjukkan oleh Gambar 4.6.

Pola distribusi Curah Hujan

Pada bulan Juli – Oktober 2012, terjadi Adveksi bahang ke arah barat Samudera India yang menyebabkan pergeseran kolom air hangat ke arah barat Samudera India. Pergeseran kolom air hangat ini disertai dengan pergeseran zona konveksi. Sehingga, Pada bulan Juli – Oktober 2012 bagian timur Samudera India (bagian Barat Sumatera) terjadi defisit curah hujan. sedangkan di bagian tengah Samudera India mengalami peningkatan intensitas curah hujan. Anomali curah hujan pada tahun 2012 dapat dilihat pada Gambar 4.7 .

1.3.Kejadian IOD Negatif Tahun 2010

Pada tahun 2010, terjadi fenomena IOD negatif, dimana terdapat anomali TPL positif di bagian timur Samudera India. Intensitas IOD dapat direpresentasikan oleh suatu indeks yang dinamakan *dipole mode index* (DMI). DMI merupakan selisih anomali TPL di bagian barat Samudera India dengan bagian timur Samudera India. Semakin besar nilai DMI maka semakin besar intensitas IOD.



Gambar 4.4. *Dipole Mode Index* (DMI) tahun 2012. DMI dihitung menurut perbedaan anomali temperatur permukaan laut di bagian timur Samudera India (daerah 50°-70°BT dan 10°LS-10°LU) dan anomali permukaan air laut di bagian timur Samudera India (daerah 90°-110°BT dan 10°LS-0°LU). IOD positif ditandai dengan daerah diarsir merah dimana nilai DMI lebih besar dari satu kali nilai standar deviasi selama tiga bulan atau lebih secara berturut – turut.

Gambar 4.5. Anomali temperatur permukaan laut (warna, °C), pola sirkulasi angin (vektor, $N m^{-2}$), dan *sea level pressure* (kontur, millibar (mb)) pada kejadian IOD positif tahun 2012.

Gambar 4.6. Sirkulasi walker. Warna adalah kecepatan *upward* dan *downward* ($cm s^{-1}$), dan vektor adalah pergerakan vertikal yang terdiri dari komponen angin zonal dan kecepatan vertikal yang telah dikalikan 100 kali ($cm s^{-1}$) pada kejadian IOD positif tahun 2012.

Gambar 4.7. Anomali curah hujan (mm/jam) pada kejadian IOD positif tahun 2012.

Dipole Mode Index (DMI) Tahun 2010

Intensitas IOD negatif direpresentasikan oleh DMI yang bernilai negatif. Gambar 4.8 menunjukkan nilai DMI pada tahun. Daerah yang diarsir berwarna biru adalah nilai yang melewati nilai standar deviasi positif (0,5) sedangkan daerah yang diarsir berwarna merah adalah daerah yang melewati nilai standar deviasi negatif (-0,5). Terlihat dari gambar 4.8 bahwa daerah yang melewati nilai standar deviasi selama tiga bulan berturut-turut atau lebih

adalah daerah pada bulan Agustus – November. Jadi evolusi IOD negatif pada tahun 2010 dimulai pada bulan Agustus dan berakhir pada bulan November.

Anomali TPL, Tekanan dan Sea Level Pressure Angin 2010.

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa pada bulan Agustus – November 2010 terdapat anomali TPL positif di bagian timur Samudera India (bagian barat Sumatera dan bagian selatan Jawa). Anomali TPL positif di bagian timur Samudera India (bagian barat Sumatera dan bagian selatan Jawa) diiringi oleh penurunan tekanan permukaan. Sehingga, di bagian timur Samudera India (bagian barat Sumatera dan bagian selatan Jawa) menjadi pusat tekanan rendah. Penurunan tekanan permukaan di bagian timur Samudera India (bagian barat Sumatera dan bagian selatan Jawa) menyebabkan angin akan bergerak ke arah timur Samudera India (bagian barat Sumatera dan bagian selatan Jawa) (angin baratan atau *westerly winds*).

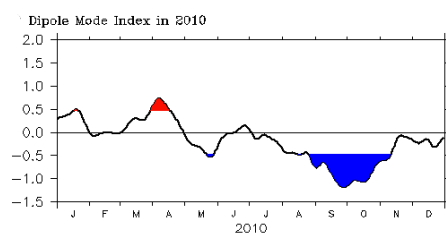
Angin baratan di sepanjang ekuator dan bagian barat Sumatera serta bagian selatan Jawa menyebabkan terjadinya *downwelling*. *Downwelling* menyebabkan TPL meningkat. Angin baratan yang bergerak ke arah timur Samudera India menyebabkan arus permukaan yang membawa massa air akan bergerak ke arah timur Samudera India sehingga bahang akan tertumpuk di timur Samudera India. akibatnya di bagian timur Samudera India akan terbentuk kolam air hangat.

Pola Sirkulasi Walker di Samudera India

Pada tahun 2010, terdapat anomali TPL positif di bagian timur Samudera India. Anomali TPL positif di bagian timur Samudera India akan diiringi oleh penurunan tekanan permukaan. Sehingga, ada pergerakan udara ke arah timur Samudera India yang menyebabkan sirkulasi walker akan menguat. Menguatnya sirkulasi walker akan diikuti dengan menguatnya angin baratan (*westerly winds*). Angin baratan yang bergerak ke arah timur Samudera India menyebabkan arus permukaan yang membawa massa air akan bergerak ke arah timur Samudera India sehingga bahang akan tertumpuk di timur Samudera India. akibatnya di bagian timur Samudera India akan terbentuk kolam air hangat. Kolam air hangat ini mengindikasikan zona konveksi yang merupakan pembentukan awan – awan berpotensi hujan. Anomali sirkulasi walker pada saat fenomena IOD negatif tahun 2010 ditunjukkan oleh Gambar 4.10.

Pola distribusi Curah Hujan

Gambar 4.11 menunjukkan anomali curah hujan pada tahun 2010. Pada bulan Agustus – November 2010 di bagian timur Samudera India terdapat kolam air hangat yang mengindikasikan zona konveksi. Sehingga, di bagian timur Samudera India akan menerima intensitas curah hujan diatas rata – rata. Sedangkan di bagian barat Samudera India akan mengalami defisit curah hujan.



Gambar 4.8. *Dipole Mode Index* (DMI) tahun 2010. DMI dihitung menurut perbedaan anomali temperatur permukaan laut di bagian timur Samudera India (daerah 50°-70°BT dan 10°LS-10°LU) dan anomali permukaan air laut di bagian timur Samudera India (daerah 90°-110°BT dan 10°LS-0°LU). IOD negatif ditandai dengan daerah diarsir biru dimana nilai DMI

lebih besar dari satu kali nilai standar deviasi selama tiga bulan atau lebih secara berturut – turut.

Gambar 4.9. Anomali temperatur permukaan laut (warna, °C), pola sirkulasi angin (vektor, $N m^{-2}$, dan *sea level pressure* (kontur, millibar (*mb*)) pada kejadian IOD negatif tahun 2010.

Gambar 4.10. Sirkulasi walker. Warna adalah kecepatan *upward* dan *downward* ($cm s^{-1}$), dan vektor adalah pergerakan vertikal yang terdiri dari komponen angin zonal dan kecepatan vertikal yang telah dikalikan 100 kali ($cm s^{-1}$) pada kejadian IOD negatif tahun 2010.

Gambar 4.11. Anomali curah hujan (*mm/jam*) pada kejadian IOD negatif tahun 2010

PEMBAHASAN

Pada tahun 2012, terjadi fenomena IOD positif, dimana terdapat anomali TPL negatif di bagian timur Samudera India. Anomali TPL negatif ini akan diiringi oleh kenaikan tekanan permukaan yang menyebabkan angin berhembus ke arah barat Samudera India (angin timuran atau easterly winds). Angin timuran di sepanjang ekuator dan angin tenggara di sepanjang pantai barat Sumatera dan pantai selatan Jawa menyebabkan terjadinya *upwelling* yang menyebabkan TPL menurun.

Angin timuran di sepanjang ekuator juga menyebabkan arus permukaan bergerak ke arah barat sehingga akan terjadi adveksi bahang ke arah barat. Hal ini menyebabkan pergeseran kolam air hangat ke arah barat Samudera India. Pergeseran kolam air hangat ini disertai dengan pergeseran zona konveksi, sehingga di bagian barat Samudera India akan menerima intensitas curah hujan yang relatif lebih tinggi, sementara di bagian timur Samudera India akan mengalami defisit curah hujan.

Pada tahun 2010, terjadi fenomena IOD negatif, dimana terdapat anomali TPL positif di bagian timur Samudera India. Anomali TPL positif ini akan diiringi oleh penurunan tekanan permukaan yang menyebabkan angin berhembus ke arah timur Samudera India (angin baratan atau westerly winds). Angin baratan di sepanjang ekuator dan pantai barat Sumatera serta di pantai selatan Jawa menyebabkan terjadinya *downwelling*. Angin baratan juga menyebabkan arus permukaan bergerak ke arah timur sehingga akan terjadi massa air di bagian timur Samudera India. Hal ini menyebabkan terbentuk kolam air hangat di bagian timur Samudera India. Kolam air hangat ini mengindikasikan zona konveksi, sehingga di bagian timur Samudera India (bagian barat Sumatera dan bagian selatan Jawa) akan menerima curah hujan diatas reratanya.

Evolusi IOD positif tahun 2012 dimulai dari bulan Juli hingga bulan Oktober dan puncaknya terdapat pada bulan Agustus sedangkan evolusi IOD negatif tahun 2010 dimulai dari bulan Agustus hingga bulan November dan puncaknya berada pada bulan September. Fenomena IOD positif tahun 2012 dan fenomena IOD negatif pada tahun 2010 memiliki durasi yang sama yaitu fenomena IOD terjadi selama 4 bulan.

KESIMPULAN

Pola sebaran TPL pada saat fenomena IOD positif tahun 2012 dipengaruhi oleh angin timuran di sepanjang ekuator dan angin tenggara di pantai barat Sumatera dan pantai timur selatan Jawa. Angin timuran di sepanjang ekuator dan angin tenggara di pantai barat Sumatera dan pantai selatan Jawa menyebabkan terjadinya *upwelling* yang menyebabkan

TPL di bagian timur Samudera India menurun. Penurunan TPL diiringi oleh kenaikan tekanan permukaan di bagian timur Samudera India. Sehingga, sirkulasi walker akan melemah.

Angin timuran (*easterly winds*) di sepanjang ekuator dan angin tenggara di pantai barat Sumatera dan pantai selatan Jawa, akan menyebabkan arus permukaan bergerak ke arah barat Samudera India. Sehingga, akan terjadi adveksi bahang ke arah barat Samudera India. Adveksi bahang ke arah barat Samudera India menyebabkan pergeseran kolom air hangat ke arah barat Samudera India. Pergeseran kolom air hangat disertai dengan pergeseran zona konveksi. Sehingga, Pada bulan Juli – Oktober 2012 bagian timur Samudera India (bagian Barat Sumatera) terjadi defisit curah hujan. Sedangkan di bagian barat Samudera India mengalami peningkatan intensitas curah hujan.

Pola sebaran TPL pada saat fenomena IOD negatif tahun 2010 dipengaruhi oleh angin baratan (*westerly winds*). angin baratan yang berhembus ke arah timur Samudera India akan menyebabkan *downwelling*. Sehingga TPL di bagian timur Samudera India akan meningkat. Peningkatan TPL akan diiringi oleh penurunan tekanan permukaan di bagian timur Samudera India. Sehingga, sirkulasi walker akan menguat. Dengan menguatnya sirkulasi walker, maka terjadi ekspansi kolom air hangat di bagian timur Samudera India. Akibatnya, di bagian timur Samudera India akan menerima intensitas curah hujan di atas rata – rata.

REFERENSI

- Fadholi, A, 2013: *Studi Dampak El Nino dan Indian Ocean Dipole (IOD) Terhadap Curah Hujan Di Pangkalpinang*. J. Ilmu Lingkungan, (11) 1, 43-50.
- Hermawan, E. Dan K. Komalaningsih, 2008: *Karakteristik Indian Ocean Dipole Mode Di Samudera Hindia Hubungannya Dengan Perilaku Curah Hujan Di Kawasan Sumatera Barat Berbasis Analisis Mother Wavelet*. J. SainsDirgantara, (5) 2, 109-129.
- Iskandar, I, 2016: *Interaksi Laut dan Atmosfer*. Palembang: Simetri.
- Johan, S., 2016: *Evolusi Indian Ocean Dipole (IOD) Positif Tahun 2006 di Lapisan Bawah Permukaan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Lan, M., 2012: *Analysis of 2012 Indian Ocean Dipole Behavior*. Singapore: Nation University of Singapore.
- Mardiansyah, W. dan I. Iskandar, 2014: *Variasi Temporal Arus Wyrti di Samudera India dan Hubungan Dengan Fenomena Indian Ocean Dipole*. J. Segara, (40) 2, 98-105.
- Makmur, E., 2008: *Panduan Penggunaan GrADS untuk Pemula*. Jakarta: Pusat Klimatologi dan Kualitas Udara Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Nur, M., 2015: *Perbandingan Curah Hujan Bulanan Dari Data Stasiun Pengukuran Dan Satelit TRMM Di Sumatera Selatan Dari Tahun 2003-2012*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Tomscak, M., dan Godfrey, 2006: *Regional Oceanography and Introduction*. England: Oxford.

DESIGN OF LOW COST SPIN COATER AS THIN LAYER GROWING DEVICE USING MICROCONTROLLER

Muhammad Rido, Oky Lidya Kumala, Aris Irvan, Bella Aprimanti Utami, Inten Rafika
Duri, Kania Nur Sawitri, Rady Purbakawaca

Faculty of Science and Technology, University of Jambi
email: muhammadrido19@gmail.com

ABSTRACT

The growth of thin layers recently made by the method of PVD, CVD, electrochemical deposition and coating techniques. Coating technique is a method that is easier and cheaper to apply than the other methods. The coating technique is spin coating method. Almost all the elements of thin layers desired can be achieved with this technique. This study was done to create a simple, easy to use, and low cost spin coater that can be used to grow a thin layer. Based on these issues, then spin coater was created using the TIP122 transistor, a DC motor which is controlled by a Pulse Width Modulation (PWM) to adjust the speed of slab rotation, and a photodiode as tachometer that read the speed of rotation. The output produced by the device in the form of digital values of spin coater rotating speed expressed by Rotation per Minute (RPM). Speed generated by the spin coater is 2000 RPM with applied voltage of 9 volts. The speed has proven stable so that variations in rotational speed can be set by using a tachometer. Spin coater which has been made to produce the stable speed so that it can be applied directly as a growing thin layers device.

Keywords: *Thin layer, Spin coating, Spin coater, Tachometer*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi selalu beriringan dengan meningkatnya kebutuhan manusia. Begitupun di negara Indonesia yang sedang mengalami perkembangan teknologi. Perkembangan teknologi material di Indonesia sangat berkembang, contohnya pada pembuatan sel surya. Sel surya dapat dibuat dengan teknik pelapisan, karena sel surya harus berbentuk lapisan tipis. Lapisan tipis menjadi aspek yang giat dikembangkan. Aplikasinya begitu luas mulai dari pelapis anti korosi, bahan-bahan elektronika, dekorasi rumah, aksesoris dan lain-lain. Dewasa ini, produk dari lapisan tipis sangat dibutuhkan hampir pada berbagai aspek.

Lapisan tipis merupakan suatu lapisan material yang memiliki ketebalan dengan ukuran kurang dari 100 nanometer. Bila dibandingkan dengan substratnya, ketebalan ini tergolong sangat tipis. Ciri-ciri lapisan tipis yaitu permukaannya yang sangat rata dengan kecacatan yang minim. Selain itu lapisan tipis juga harus memiliki suhu permukaan yang stabil, ketelitian permukaan yang tinggi, daya rekat yang kuat dan memiliki struktur kristal.

Banyak metode yang dapat digunakan dalam pembuatan lapisan tipis, seperti metode *Physical Vapor Deposition* (PVD), metode *Chemical Vapor Deposition* (CVD), metode deposisi elektrokimia dan metode teknik pelapisan. Dari semua metode tersebut, teknik pelapisan merupakan metode yang paling mudah dan murah untuk dapat diaplikasikan. Metode ini tidak memerlukan sistem yang kompleks dan hanya bergantung pada kecepatan putar dari lempengan. Teknik pelapisan dengan menggunakan metode *spin coating*

merupakan metode pelapisan yang paling cepat. Metode ini menggunakan alat yang memanfaatkan kecepatan konstan dalam pemutaran substrat hingga didapatkan permukaan lapisan yang homogen.

Teknologi *spin coater* merupakan teknologi yang sedang berkembang dan banyak digunakan dalam beberapa perusahaan *micro fabrication*. Fakta tersebut membuat metode ini sangat menarik untuk diamati dan dipelajari.

Pada penelitian ini telah dibuat alat pembuatan lapisan tipis dengan metode *spin coating* secara sederhana. *Spin coater* dibuat dengan menggunakan transistor TIP122, *Pulse Width Modulation* (PWM) yang menggerakkan motor DC sehingga dapat mengatur kecepatan pemutar lempengan, dan photodiode sebagai *tachometer* yang membaca kecepatan putarnya. Keluaran yang dihasilkan oleh rancang bangun ini berupa nilai digital dari kecepatan putar *spin coater* yang dinyatakan dengan *Rotation per Minute* (RPM). Sifat alat yang dihasilkan adalah portabel sehingga dapat dengan mudah dibawa kemanapun. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat dan merancang alat *spin coater* sederhana sebagai alat pembuatan lapisan tipis.

KAJIAN LITERATUR

Spin coating merupakan suatu metode untuk mendeposisikan lapisan tipis dengan memanfaatkan gaya sentripetal, substrat diputar dengan kecepatan konstan tertentu agar diperoleh endapan lapisan tipis di atas substrat (Purwanto, 2013, Atsaurry, 2016). Proses *spin coating* dilakukan dengan memutar *spin coater* dengan kecepatan tinggi dalam waktu tertentu. Semakin cepat putaran, akan diperoleh lapisan tipis yang semakin homogen dan tipis (Purwanto, 2013).

Metode *spin coating* memiliki tiga tahapan dasar yaitu tahap penetasan cairan (*dispense*), tahap percepatan *spin coating*, dan tahap pengeringan. Pada tahap *dispense*, cairan dideposisikan di atas permukaan substrat dengan kecepatan yang kecil ± 500 RPM. Pada tahap percepatan *spin coating*, kecepatan yang digunakan antara 1500-6000 RPM bergantung pada sifat cairan terhadap substrat yang digunakan. Pada tahap pengeringan terbentuk lapisan tipis dengan ketebalan tertentu. Adanya kelembaban yang kecil menyebabkan ketebalan lapisan tipis menjadi lebih besar (Purwanto, 2013).

Spin coater dapat dibuat menggunakan Arduino Uno. Arduino Uno merupakan *board* mikrokontroler berbasis Atmega328P. Arduino Uno memiliki 14 kaki digital *input/output*, dimana 6 kaki digital diantaranya dapat digunakan sebagai sinyal PWM. Arduino Uno memiliki 6 kaki analog *input*, kristal osilator dengan *clock speed* 16 MHz (Silvia, 2014).

Kecepatan putar Motor DC pada *spin coater* dapat diatur menggunakan sinyal PWM dari Arduino Uno. Metode pengaturan lebar pulsa dapat menggunakan teknik PWM sebagai sistem kendali (Arifin, 2014). Pengaturan lebar pulsa dilakukan dengan mengatur nilai tegangan referensi.

Gambar 1. Pembentukan Sinyal PWM (Rustami, 2008)

Jika *level* tegangan sinyal segitiga lebih besar dari tegangan referensi maka tegangan keluaran komparator bernilai positif (kondisi *on*), sedangkan jika *level* tegangan sinyal segitiga lebih kecil dari tegangan referensi maka keluaran komparator bernilai nol (kondisi *off*). Perbandingan lebar pulsa *on* dengan periode gelombang keluaran PWM disebut dengan istilah siklus kerja (*duty cycle*). Siklus kerja gelombang kotak sebanding dengan nilai tegangan rata-rata dc (*dc average voltage*) yang dikeluarkan (Rustami, 2008).

Pembacaan kecepatan putar dibaca menggunakan *tachometer*. *Tachometer* merupakan instrumen untuk mengukur revolusi suatu benda. *Tachometer* sederhana dapat dibuat menggunakan LED IR dan *photodiode*. Pembacaan kecepatan putar diproses pada Arduino menggunakan metode *interrupt* dengan menghitung jumlah *interrupt* dan waktu dalam waktu milisecond (Rana, 2016).

METODE PENELITIAN

Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Energi Rekayasa dan Material, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada alat ini adalah *Tachometer* yang dibuat menggunakan *Photodiode* dan LED *Infra Red* (IR), Keping CD sebagai lempeng putar, Motor DC RS385, LCD (*Liquid Crystal Display*), TIP122, Potensiometer, *Breadboard*, *Power Supply*, dan IdoDuino. *Hardware* yang digunakan adalah laptop, solder, timah solder, glue gun, dan lakban hitam. *Software* yang digunakan adalah Arduino IDE untuk memprogram IdoDuino, *Corel Draw* untuk visualisasi bentuk alat, dan *Eagle* sebagai visualisasi skematik rangkaian.

Rancangan Kegiatan

Rancangan kegiatan penelitian ini dimulai dari perancangan alat, pembuatan alat, pengambilan data, dan analisis data.

Perancangan Alat

Perancangan alat dilakukan untuk membuat skema *spin coater* secara umum. Tujuannya untuk memberikan gambaran dalam pembuatan *spin coater*. Rancangan *spin coater* dibuat menggunakan *Corel Draw* (Gambar 2a). Skematik rangkaian IdoDuino (Gambar 2b), motor DC (Gambar 2c), *tachometer* (Gambar 2d), dan LCD (Gambar 2e) dibuat menggunakan *Eagle 7.7.0*.

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

Gambar 2. Skema Umum *Spin Coater* (a), Skematik IdoDuino (b), Skematik Motor DC (c), Skematik *Tachometer* (d), Skematik LCD (e)

Pembuatan Alat

Spin coater dibuat menggunakan keping CD yang diputar oleh motor DC. *Tachometer* untuk pembacaan kecepatan putar dibuat menggunakan LED IR dan *Photodiode*. Kecepatan putar dikendalikan oleh PWM yang dikontrol oleh potensiometer dan TIP122. Alat tersebut dilengkapi LCD 16x2 untuk menampilkan kecepatan putar dari *spin coater*.

Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dilakukan selama 1 menit untuk tiap *duty cycle* yang berbeda-beda. Nilai *duty cycle* yang digunakan adalah 5.88%, 7.84%, 9.80%, 11.76%, 19.53%, 39.06%, 58.59%, 78.12%, dan 100%. Nilai *duty cycle* ini yang menghasilkan kecepatan dari *spin coater*.

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE). Kestabilan kecepatan putar dianalisis dengan perubahan *duty cycle* yang diberikan. Data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara kecepatan putar terhadap perubahan PWM. Grafik tersebut akan memperlihatkan kestabilan kecepatan putar setiap *duty cycle* yang diberikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang Bangun Spin Coater

Modul utama pada rancang bangun ini menggunakan IdoDuino yang merupakan *minimum system* dari Arduino Uno dengan menggunakan *chip* ATmega328P PU. Arduino ini yang akan memproses dan mengontrol *spin coater* (Gambar 3).

(a)

(b)

Gambar 3. Skematik Rangkaian *Spin Coater* (a), *Protoype Spin Coater* (b) Hasil Rancang Bangun *Spin Coater*

Spin coater yang dibuat terdiri dari 2 bagian, yaitu mekanikal dan elektrik. Bagian mekanikal terdiri dari motor DC, dan keping CD, sedangkan bagian elektrik terdiri dari *tachometer*, rangkaian TIP122, LCD, dan IdoDuino.

Motor DC yang digunakan merupakan motor DC bekas *printer* Canon IP2700 dengan seri RS385, yang berfungsi untuk memutar keping CD sebagai tempat meletakkan substrat. Motor DC diberi sumber tegangan yang berbeda dari IdoDuino, karena bebannya cukup besar sehingga dibutuhkan sumber tegangan yang lain. Sumber tegangan yang digunakan adalah 12 Volt yang merupakan tegangan maksimum dari motor DC. Kecepatan putarnya diatur dengan metode PWM dari IdoDuino melalui TIP122 sehingga kecepatannya berubah ketika *duty cycle*-nya berubah.

Kecepatan putar motor DC diukur menggunakan *tachometer*. *Tachometer* dibuat menggunakan *photodiode* dan LED IR. Cahaya yang mampu dideteksi oleh *photodiode* memiliki rentang 840nm – 1100nm, sedangkan LED IR yang dipancarkan memiliki panjang gelombang 940nm. Cahaya yang dideteksi *photodiode* merupakan hasil pantulan cahaya *infrared* yang dipancarkan oleh LED IR, karena pendeteksian cahaya *infrared* menggunakan metode reflektansi. Tanda berupa warna putih dan hitam diberikan pada keping CD sebagai penanda bahwa motor DC melakukan satu kali putaran, sehingga ketika cahaya *infrared* mengenai warna putih, maka cahaya yang dipantulkan lebih besar, sedangkan ketika mengenai warna hitam, maka cahaya akan lebih banyak diserap.

Tegangan *output* (V_s) dari *photodiode* menggunakan metode pembagi tegangan (Gambar 2d). Besarnya nilai V_s bergantung pada resistansi *photodiode* (R_p) yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya *infrared* yang diterima. V_s meningkat jika R_p besar, dan menurun jika R_p kecil. R_p yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya *infrared* akan meningkat ketika cahaya mengenai warna hitam dan menurun ketika mengenai warna putih.

V_s akan dibandingkan dengan tegangan referensi (V_{ref}) pada IC LM358 yang berfungsi sebagai komparator. Pemberian komparator berfungsi agar *output* dari *tachometer* berupa nilai digital. V_{ref} mampu diatur menggunakan potensiometer, sehingga sensitivitasnya dapat disesuaikan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran pada *Tachometer*

Warna Terdeteksi	R_p (Ω)	V_s (V)	V_{ref} (V)	V_o (V)	Logi c
Hitam	416,6 7	0,2 0	0,16	0	0
Putih	260,6 8	0,1 3	0,16	2,4 4	1

Logic 1 terjadi ketika $V_s < V_{ref}$, dan 0 ketika $V_s > V_{ref}$. Hal itu terjadi karena input V_s secara *inverting*, yang berarti nilai V_o akan bernilai (+) ketika $V_s < V_{ref}$, dan sebaliknya.

Kecepatan motor DC akan diproses menggunakan mode *interrupt*. Output dari *tachometer* masuk ke pin digital D2 yang digunakan sebagai *interrupt*, karena pin yang digunakan sebagai *external interrupt 0* pada Arduino Uno adalah pin digital D2 (Ibrahim, 2015).

Pengujian PWM

Sinyal PWM untuk mengendalikan kecepatan putar menggunakan pin digital D11. Pengujian PWM dilakukan untuk melihat pin D11 dapat digunakan dengan baik.

Gelombang yang dihasilkan dari PWM berupa gelombang kotak, di mana untuk setiap gelombang memiliki perioda dan frekuensi yang sama. Secara umum frekuensi sinyal PWM yang dihasilkan pada pin D3 dan D11 Arduino Uno adalah 980 Hz. Frekuensi tersebut dihasilkan dengan memberikan fungsi *analogWrite()*. Jika melihat perbandingan frekuensi sinyal dari IdoDuino yang didapat dari hasil pengukuran menggunakan osiloskop, maka terdapat *gap* sebesar 270 Hz. Interval nilai yang dihasilkan akan memberikan persen *error* antara nilai frekuensi hasil pengukuran pada osiloskop dengan frekuensi umum Arduino Uno sebesar 27,6 % untuk semua *duty cycle*.

Lebar PWM yang dihasilkan dikendalikan oleh sistem *timer* pada IdoDuino. Pada *timer 2* yang mengontrol pin D3 dan D11 faktor pembagiya adalah 1, 8, 32, 64, 128, 256, atau 1024. Dengan membagi sistem *clock* IdoDuino dengan salah satu faktor pembagiya, maka frekuensi yang paling mendekati dengan hasil pengukuran osiloskop adalah sebesar 976,56 Hz. Frekuensi tersebut hampir mendekati dengan frekuensi umum pada pin D11.

Tabel 2. Hasil Pengujian PWM

PWM	<i>Duty cycle</i> (%)	Frekuensi (Hz)
0	0	1250

50	19,53	1250
100	39,06	1250
150	58,59	1250
200	78,12	1250
255	100	1250

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengujiannya menunjukkan bahwa frekuensi dari setiap PWM yang diuji sama untuk setiap PWM yang digunakan. *Duty cycle*-nya meningkat dari PWM 0-255. Pada Gambar 4, terlihat bahwa pada pin D11 memiliki linearitas yang sangat baik dengan koefisien determinasinya adalah 1 (). Hal ini menunjukkan bahwa D11 dapat bekerja dengan baik karena *analogWrite(pin,value)* yang ditulis dalam program menghasilkan frekuensi sebesar $\pm 1\text{KHz}$.

Gambar 4. Grafik Perbandingan antara *Duty Cycle* terhadap PWM

Kestabilan RPM

Kecepatan putar motor DC dikontrol oleh PWM dari arduino dengan *duty cycle* yang berbeda-beda. *Duty cycle* yang diberikan adalah 5.88%, 7.84%, 9.80%, 11.76%, 19.53%, 39.06%, 58.59%, 78.12%, dan 100%. Variasi tersebut diberikan untuk melihat kestabilan dari kecepatan putar motor DC. Kestabilan dilihat selama satu menit dengan *delay* satu detik sehingga didapatkan 60 data kecepatan putar dalam satuan RPM. Pada setiap data PWM akan ditunjukkan dalam sebuah grafik untuk menunjukkan kestabilan nilai putar yang dihasilkan. Hasil uji kestabilan dari kecepatan putar *spin coater* pada setiap nilai PWM ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 5. Grafik Hasil Uji Kestabilan pada Setiap Nilai PWM Selama Satu Menit.

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa pada waktu 0–5 detik terjadi masa transisi. Di mana pada waktu tersebut motor DC memulai putarannya hingga kecepatannya stabil di detik kelima. Masa transisi pada grafik ini memenuhi persamaan logaritmik. Besarnya tegangan stabil yang dihasilkan bergantung pada berat keping CD yang diberikan sehingga motor DC membutuhkan waktu untuk proses penstabilan kecepatan.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Root Mean Square Error*

<i>Duty Cycle</i> (%)	RMSE
100	40.28333
78.12	10.55
58.59	17.38333
39.06	22.83333
19.53	0.216667
11.76	19.46667
9.80	11.36667
7.84	13.38333
5.88	27.33333

Kestabilan kecepatan pada alat ini terjadi setelah melewati masa transisi, yaitu pada waktu 6–60 detik. Besar *error* pada masa ini ditampilkan pada Tabel 3. Tabel 3 tersebut menunjukkan bahwa *error* terbesar terjadi pada nilai *Duty Cycle* 100%. Hal itu juga tampak pada Gambar 5 yang menunjukkan bahwa terjadi fluktuasi yang cukup besar.

Spin coater yang dibuat berpotensi cukup baik untuk membuat lapisan tipis. Pada nilai *duty cycle* 7.84% - 11.76% mampu untuk membuat lapisan tipis pada tahap *dispense* dengan nilai kecepatan putar ± 500 RPM. Nilai *duty cycle* 19.53% - 100% berpotensi untuk membuat lapisan tipis pada tahap percepatan *spin coating* dengan nilai 1500-6000 RPM.

Kestabilan kecepatan putar dari alat ini dapat dilihat secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif, dengan nilai *duty cycle* 58.59%, 39.06%, dan 78.12% memiliki kestabilan yang lebih baik di antara nilai *duty cycle* yang lainnya. Secara kuantitatif, alat ini memiliki stabilitas yang paling baik pada *duty cycle* 19.53% dengan kesalahannya sebesar 0,22 dan stabilitas yang paling buruk berada di 100% dengan kesalahan sebesar 40,28.

KESIMPULAN

Spin coater yang dibuat berpotensi untuk membuat lapisan tipis, karena memiliki stabilitas yang cukup baik dan mampu untuk memenuhi tahap-tahap pembuatan lapisan tipis dengan kecepatan putar maksimal ± 4200 RPM. Kecepatan putar yang paling stabil berada di ± 1400 RPM pada *duty cycle* 19.53%.

REFERENSI

- Arifin, S., Fathoni, A. 2014. *Pemanfaatan Pulse Width Modulation untuk Mengontrol Motor (Studi Kasus Robot Otomatis Dua Deviana)*. Jurnal Ilmu Teknologi dan Informatika Asia Volume 8.
- Ibrahim, Mohammad Mahmud., Hariyanto, Madha Christian Wibowo. 2015. *Rancang Bangun Alat Monitoring Tanah Longsor pada Daerah Rawan Longsor dengan Menggunakan Sensor Wire Extensometer dan Sensor Tipping Bucket*. JCONES Vol. 4 No. 2
- Purwanto, R., Prajitno, G. 2013. *Variasi Kecepatan dan Waktu Pemutaran Spin Coating dalam Pelapisan TiO₂ untuk Pembuatan dan Karakterisasi Prototipe DSSC dengan Ekstraksi Kulit Manggis (Gracinia Mangostana) sebagai Dye Sensitizer*.

- Rana, Masud., Sahabudin, Shourov Mondol. 2016. *Design and Implementation of a Digital Tachometer*. International Journal of Scientific Engineering and Technology, Volume No.5 Issue No.1, pp: 85-88, ISSN:2277-1581
- Rustami, E. 2008. Sistem Kontrol Kecepatan Spin Coating Berbasis Mikrokontroler ATmega8535.
- Silvia, A.F., Haritman, E., Mulyadi, Y. 2014. Rancang Bangun Akses Kontrol Pintu Gerbang Berbasis Arduino dan Android . Electrans 13, 1-10.

INSTRUMENTASI SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR SECARA JARAK JAUH BERBASIS MIKROKONTROLER

Bisman Perangin-angin, Takdir Tamba
Departemen Fisika FMIPA-USU Medan

ABSTRAK

LATAR BELAKANG

Bencana banjir sudah menjadi masalah nasional. Kiranya diperlukan peringatan dini untuk mencegah banyak korban akibat bencana banjir. Dengan kemajuan teknologi di bidang sensor, komunikasi, mikrokontroler dan teknologi pendukung lainnya dimungkinkan untuk merancang dan merealisasikan suatu perangkat instrumentasi cerdas berbasis mikrokontroler yang dapat digunakan untuk memberikan informasi dini banjir. Dengan kemajuan teknologi komunikasi, peralatan dapat dipasang pada lokasi penyebab banjir, misalnya di hulu sungai. Jika debit air bertambah secara drastis, maka instrumentasi cerdas yang dipasang di lokasi akan mengirimkan informasi melalui komunikasi jarak jauh, sehingga penduduk dapat mengantififikasi dan dapat mengungsi ke tempat yang lebih aman.

LANDASAN TIORI

Sensor Ultrasonik HC-SR04

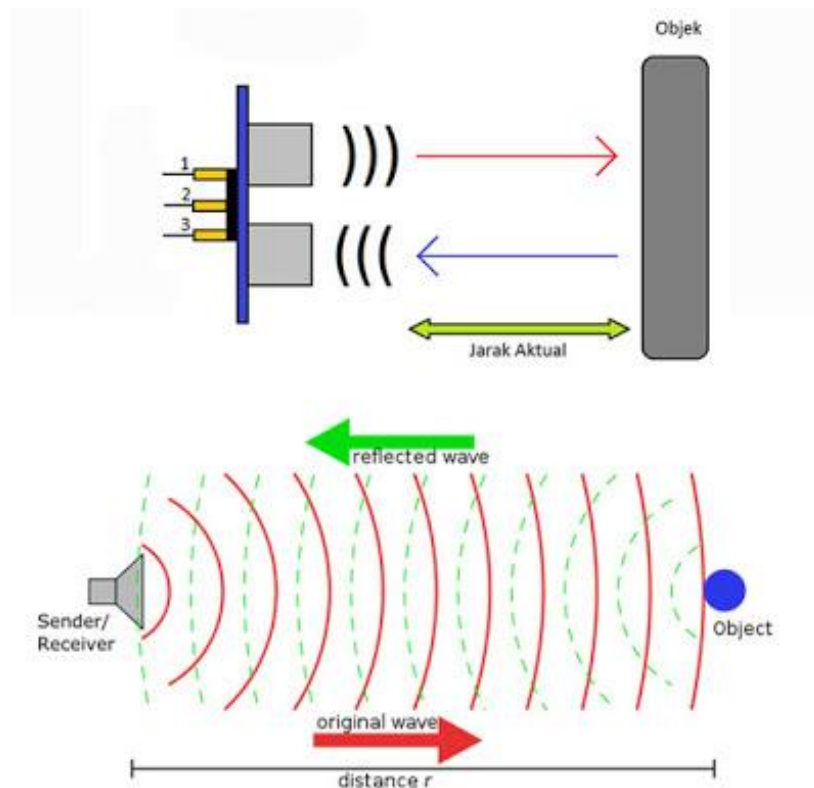
Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang dimana sensor menghasilkan gelombang pantulan ke benda yang kemudian menangkapnya kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar perhitungannya. Perbedaan waktu antara gelombang pantulan yang di kembalikan dan yang diterima kembali adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya. Jenis objek yang dapat di indranya adalah padat, cair dan butiran. Tanpa kontak jarak 2 cm sampai 4 meter dengan akurasi 3 mm dan dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler melalui satu pin I/O saja. Bentuk fisik sensor ultrasonik dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Bentuk Fisik Sensor Ultrasonik HC-SR04

Cara menggunakan sensor ultrasonik yaitu: ketika kita memberikan tegangan positif pada pin Trigger selama 10 μ S, maka sensor akan mengirimkan 8 step sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40kHz. Selanjutnya, sinyal akan diterima pada pin Echo. Untuk mengukur jarak benda yang memantulkan sinyal tersebut, maka selisih waktu ketika mengirim dan menerima sinyal digunakan untuk menentukan jarak benda tersebut.

Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima. Cara kerja sensor ultrasonik dengan transmitter dan receiver dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Cara kerja sensor ultrasonik dengan transmitter dan receiver (atas), sensor ultrasonik dengan single sensor yang berfungsi sebagai transmitter dan receiver sekaligus

Secara detail, cara kerja sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

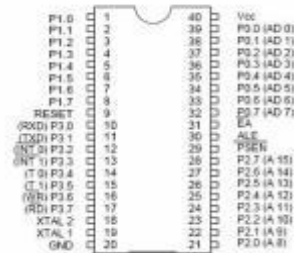
- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz. Untuk mengukur jarak benda (sensor jarak), frekuensi yang umum digunakan adalah 40kHz.
- Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut.
- Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut. Jarak benda dihitung berdasarkan rumus :

$$S = 340.t/2$$

dimana S merupakan jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul), dan t adalah selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang pantul diterima receiver.

Konfigurasi Pin AT89S52

Setiap pin (kaki) dari mikrokontroler AT89S51 mempunyai fungsi masing-masing fungsi. Arsitektur hardware mikrokontroler AT89S52 dari perspektif luar atau biasa disebut *pin out* digambarkan pada gambar 2.1 di bawah ini



Gambar 2.3. Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S52

Berikut adalah penjelasan mengenai fungsi dari tiap-tiap pin (kaki) yang ada pada mikrokontroler AT89S52.

a. Port 0

Merupakan dual-purpose port (port yang memiliki dua kegunaan). Pada disain yang minimum (sederhana), port 0 digunakan sebagai port Input/Output (I/O).. Port 0 terdapat pada pin 32-39.

b. Port 1

Merupakan port yang hanya berfungsi sebagai port I/O (Input/Output). Port 1 terdapat pada pin 1-8.

c. Port 2

Merupakan *dual-purpose* port. Pada desain minimum digunakan sebagai port I/O (Input/Output). Sedangkan pada desain lebih lanjut digunakan sebagai *high byte* dari *address* (alamat). Port 2 terdapat pada pin 21-28.

d. Port 3

Merupakan *dual-purpose* port. Selain sebagai port I/O (Input/Output), port 3 juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus tersebut diperlihatkan

a. PSEN (Program Store Enable)

PSEN adalah sinyal kontrol yang mengizinkan untuk mengakses program (code) memori eksternal. Pin ini dihubungkan ke pin OE (Output Enable) dari EPROM. Sinyal PSEN akan "0" (LOW) pada tahap fetch (penjemputan) instruksi. PSEN akan selalu bernilai "1" (HIGH) pada pembacaan program memori internal. PSEN terdapat pada pin 29.

b. ALE (Address Latch Enable)

ALE digunakan untuk men-demultiplex address (alamat) dan data bus. ketika menggunakan program memori eksternal, port 0 akan berfungsi sebagai address (alamat) dan data bus. Pada setengah paruh pertama memori cycle ALE akan bernilai "1" (HIGH) sehingga mengizinkan penulisan address (alamat) pada register eksternal. Dan pada setengah paruh berikutnya akan bernilai "1" (HIGH) sehingga port 0 dapat digunakan sebagai data bus. ALE terdapat pada pin 30.

c. EA (External Access)

Jika EA diberi input "1" (HIGH), maka mikrokontroler menjalankan program memori internal saja. Jika EA diberi input "0" (LOW), maka AT89S52 menjalankan program memori eksternal (PSEN akan bernilai "0"). EA terdapat pada pin 31.

d. RST (Reset)

RST terdapat pada pin 9. Jika pada pin ini diberi input "1" (*HIGH*) selama minimal 2 *machine cycle*, maka sistem akan di-reset dan register internal AT89S52 akan berisi nilai *default* tertentu. Proses reset merupakan proses untuk mengembalikan sistem ke kondisi semula. Reset tidak mempengaruhi internal program memory. Reset terjadi jika pin RST bernilai high selama minimal dua siklus lalu kembali bernilai low. Power on reset merupakan proses reset yang berlangsung secara otomatis pada saat sistem pertama kali diberi suplai. Proses ini mempengaruhi semua register dan internal data memory. Untuk

SMS (Short Message Service)

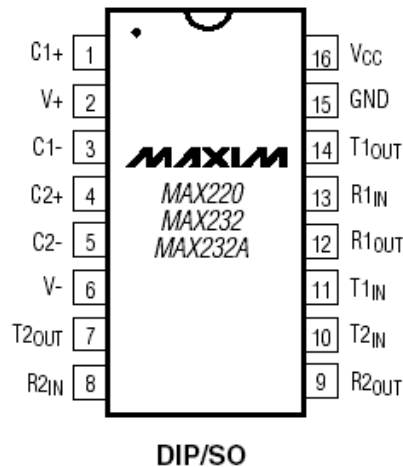
SMS (Short Message Service) adalah fasilitas yang dimiliki oleh jaringan GSM (Global Sistem for Mobile Communication) yang berfungsi untuk mengirim dan menerima pesan-pesan teks sepanjang 160 karakter. SMS ditangani oleh jaringan melalui suatu pusat layanan atau SMS Service Center (SMS SC) yang bertugas untuk menyimpan dan meneruskan pesan dari bagian pengirim.

Modem GSM sebagai media pengirim sms. Sebelum modem GSM dahulu dengan hiperteminal melalui kabel serial RS232 untuk mengatur serial port, baudrate, stop bit, data bit, dan flow control. Gambar modem GSM dapat dilihat pada gambar 2.6 dihubungkan ke perangkat mikrokontroler, modem harus dihubungkan terlebih dahulu.

IC MAX 232 dan Komunikasi Serial RS-232

Untuk dapat berkomunikasi antara mikrokontroler dengan PC, maka diperlukan suatu penyetaraan level tegangan. Besarnya level tegangan komunikasi serial (Level Tegangan RS-232) adalah -25 s.d -3 V untuk logika high (1) dan +3 s.d +25 V untuk logika low (0). Oleh karena itu diperlukan sebuah pengantar muka yang dapat menyamakan level tegangan dari komunikasi serial pada komputer dengan mikrokontroler, yaitu IC RS-232 yang disebut IC MAX 232 yang diproduksi oleh MAXIM. MAX 232 adalah saluran *driver/receiver* ganda yang termasuk pembangkit tegangan kapasitip yang menyediakan level tegangan RS-232 dari sebuah sumber tegangan 5 V.

RS-232 (adalah standar komunikasi serial yang didefinisikan sebagai antarmuka antara perangkat terminal data (bahasa Inggris: *data terminal equipment* atau DTE) dan perangkat komunikasi data (bahasa Inggris: *data communications equipment* atau DCE) menggunakan pertukaran data biner secara serial. Di dalam definisi tersebut, *DTE* adalah perangkat komputer dan *DCE* sebagai modem walaupun pada kenyataannya tidak semua produk antarmuka adalah *DCE* yang sesungguhnya. RS-232 biasanya merupakan saluran bebas yang dibuat untuk dua arah (full-duplex) komunikasi.

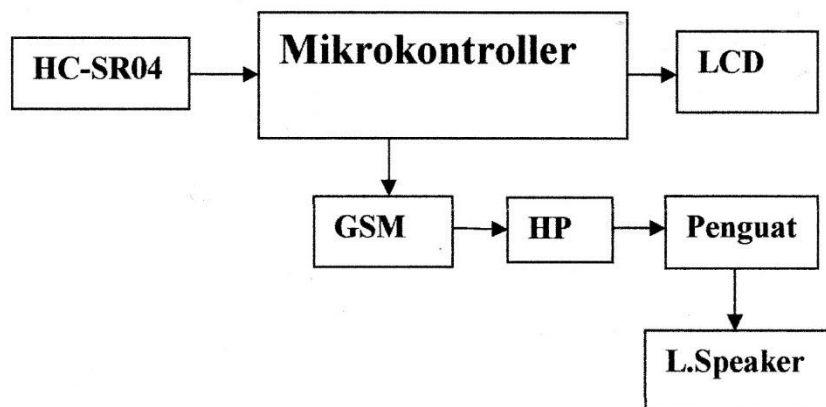


Gambar 2.4. Bentuk Fisik IC MAX 232

RS-232 memiliki garis atau jalur jalur yang banyak (terutama digunakan dengan modem), dan juga menetapkan protokol komunikasi. Interface RS-232 yang mengandaikan kesamaan antara DTE dan DCE, sebuah kabel pendek menghubungkan DTE ke DCE, tapi dengan garis-garis panjang dan koneksi antar perangkat yang mungkin pada bus listrik yang berbeda dengan alasan yang berbeda, ini tidak mungkin benar. UNTUK +12 volt menunjukkan "ON" sedangkan A -3 hingga -12 volt menunjukkan "OFF". Peralatan komputer modern mengabaikan tingkat negatif dan menerima tingkat tegangan nol

METODOLOGI PENELITIAN

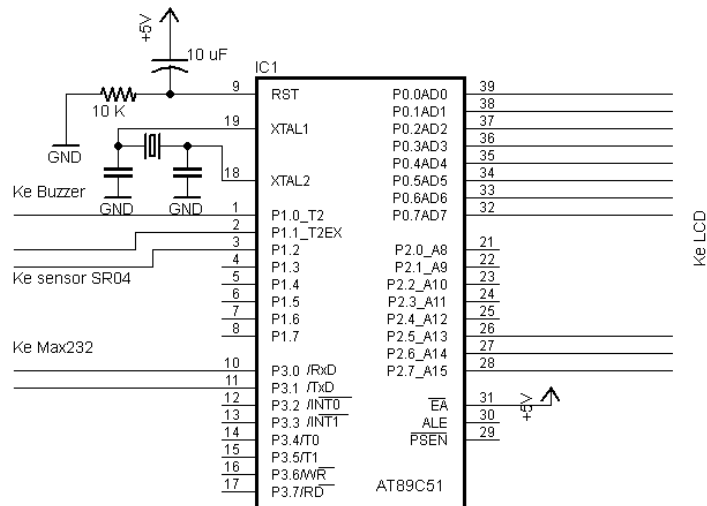
Skema peralatan dibuat seperti diagram blok yang dibuat diperlihatkan pada gambar 3.1 dibawah.



Gambar 3.1 Diagram blok penelitian

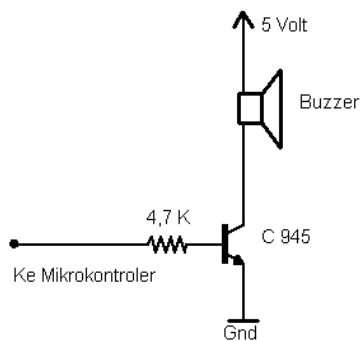
Ketinggian air dibaca oleh sensor ultrasonic HC-SR04 . Pada mikrokontroler di setting setpoint pada level ketinggian air tertentu. Jika ketinggian air mencapai titik setpoint maka mikrokontroler mengirim sms ke hp dan nada dering hp di perkuat dan diperdengarkan sebagai peringatan pada laudspeaker . Data setpoint disetting sebanyak dua keadaan yaitu ketinggian air sedang dan ketinggian air sangat tinggi dan ini di indikasikan banjir. Pada keadaan ketinggian air sangat tinggi ini maka HP dibuat berdering terus menerus.

Sistem minimum Mikrokontroler AT89S52



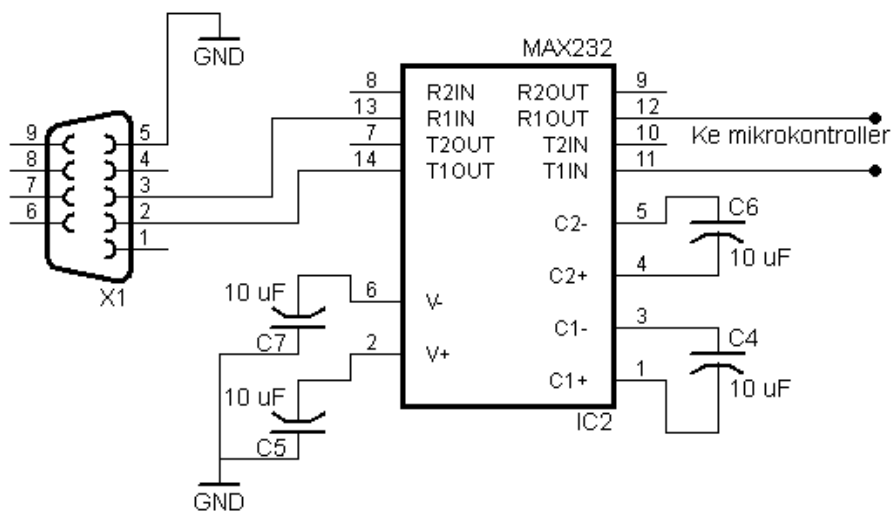
Gambar 3.2 Rangkaian mikrokontroler AT89S52

Rangkaian Buzzer



Gambar 3.3 Rangkaian Buzzer

Rangkaian Driver MAX232



Gambar 3.4 rangkaian MAX232

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan cara mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air dalam keadaan aktif. Berikut merupakan Tabel perbandingan antara pengukuran dengan manual dan pengukuran dengan menggunakan sensor.

Tabel 1

Perbandingan pengukuran mistar dengan pengukuran sensor

No	Pengukuran manual (cm)	Data Sensor (cm)
1	4	4
2	8	8
3	12	13
4	16	17
5	20	21
6	24	25
7	28	29
8	32	33
9	35	37
10	40	41

Pengujian Hubungan GSM dan HP

Tampilan Hp pada ujicoba registrasi dan pengiriman pesan setelah dikirim pesan dari mikrokontroler melalui GSM pada level ketinggian air berbahaya seperti pada gambar 4.3 berikut



Gambar 3.5. Tampilan HP

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil ujicoba maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Peralatan ini telah berfungsi dengan baik, dimana jika ketinggian air sedang maka hp berbunyi beberapa kali, dan jika ketinggian air tinggi (level berbahaya) maka hp berdering terus menerus menandakan banjir akan terjadi.
2. Komunikasi jarak jauh berhasil dibuat dengan data olahan mikrokontroler dihubungkan dengan GSM dan hp.

Saran

Untuk pengembangan agar hasil lebih akurat perlu kiranya dibuat multi sensor dan menambah sensor *Flowmeter*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi, Nalwan Paulus.2004.Panduan Praktis Penggunaan dan Antarmuka Modul LCD M1632.Jakarta:PT.Alex Media Komputindo.
- Elektur.1996.302 Rangkaian Elektronika.Penerjemahan P.Pratomo dkk.Jakarta: Percetakan PT Gramedia.
- M.Agus, 2005. *EKO-HIDRAULIK PEMBANGUNAN SUNGAI*. Yogyakarta: Magister Sistem Teknik Program Pascasarjana UGM.
- Mistra,dkk 2007.*ANTISIPASI RUMAH DI DAERAH RAWAN BANJIR*. Depok: PT Penebar Swadaya.
- C.Tintin, 2008. *THE ART OF ASSEMBLY LANGUAGE*. Yogyakarta: Andi
- F. Edward, 1984. *PROGRAMMING IN ASSEMBLY LANGUAGE MACRO-11*. London:Addison Wesley Publishing Company

STUDI POTENSI DAERAH RAWAN LONGSOR (LANDSLIDE) BERDASARKAN FREKWENSI DOMINAN (FO) DENGAN METODE HVSR

Suhendra, Refrizon, Nanang Sugianto

Program Studi Fisika FMIPA, Universitas Bengkulu

email: suhendra@unib.ac.id

ABSTRACT

Abstract Telah dilakukan penelitian potensi daerah rawan gerakan tanah (landslide) berdasarkan frekuensi dominan (f_o) dengan menggunakan metode HVSR (Horizontal to Vertikal Spectral Ratio) di 10 titik pengukuran di jalur lintas Bengkulu-Kepahiang untuk mendeteksi potensi gerakan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui frekuensi dominan (f_o) di daerah rawan longsor yang nantinya dapat dijadikan mitigasi bencana alam. Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat Seismometer portable short period PASI Mod Gemini 2 Sn-1405, laptop digitizer. Panjang waktu rekaman 30 menit dengan frekuensi sampling 100 Hz. Pengolahan data dilakukan dengan menganalisis kurva H/V untuk memperoleh frekuensi dominan. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa nilai frekuensi dominan (f_o) di jalur lintas Bengkulu-Kepahiang berkisar 2,042 sampai 5,554

Keywords: Gerakan Tanah, Jalur Lintas Bengkulu-Kepahiang, frekuensi dominan

PENDAHULUAN

Bengkulu merupakan salah satu propinsi yang memiliki risiko bahaya longsor tinggi di Indonesia [1], terutama pada jalur lintas Kabupaten Bengkulu tengah-Kepahyang (wilayah pegunungan). Jalur lintas Kabupaten Bengkulu Tengah-Kepahyang merupakan salah satu jalur lintas penting yang menghubungkan propinsi Bengkulu dengan propinsi lain dari arah timur. Jalur lintas dua kabupaten ini memiliki bentuk topografi yang berbukit dan berlereng dengan kecuraman yang tinggi. Curah hujan propinsi Bengkulu pada daerah ini relatif tinggi yaitu rata-rata 235-280 mm/th [2]. Dua kondisi ini menyebabkan jalur lintas Kabupaten Bengkulu Tengah hingga Kepahyang rentan terhadap terjadinya gerakan tanah atau yang sering disebut longsor.

Selain curah hujan dan tebing yang curam, penyebab terjadinya gerakan tanah (longsor) lainnya adalah gempa bumi (getaran). Jalur lintas Bengkulu Tengah- Kepahyang merupakan jalur transportasi yang sangat aktif dan ramai oleh transportasi darat. Getaran yang ditimbulkan oleh transportasi darat ini dapat menjadi salah satu pemicu terjadinya gerakan tanah dengan mengubah sifat fisis tanah permukaan.

Bencana Longsor memiliki dampak sangat serius apabila tidak diperhatikan dengan baik. Salah satu contohnya adalah kejadian longsor pada tahun 2013. Dampak yang dirasakan masyarakat pada longsor tahun 2013 adalah tertanggunya sistem transportasi darat pada jalur ini akibat badan jalan yang tertutup total oleh material longsor. Berdasarkan dampak tersebut, perlu suatu langkah awal untuk meminimalisir dampak yang mungkin akan ditimbulkan atau sering disebut sebagai mitigasi dan penanggulangan bencana longsor. Salah satu bentuk upaya mitigasi bencana longsor sebelum kejadian adalah melakukan survei untuk mengidentifikasi lokasi yang rentan terjadinya longsor baru dan longsor ulangan.

Salah salah satu parameter yang dapat menggambarkan kondisi fisis suatu batuan yang rentan terjadi gerakan tanah (longsor) adalah nilai frekuensi dominan getaran tanah (f_0). Nilai frekuensi resonansi (f_0) diperoleh dari spektrum mikrotremor atau sering disebut kurva HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

Mikrotremor merupakan getaran tanah selain gempa bumi, bisa merupakan getaran akibat aktivitas manusia maupun aktivitas alam. Mikrotremor biasa disebut dengan *ambient noise*. *Ambient noise* adalah getaran tanah dengan amplitudo mikro yang dapat ditimbulkan oleh peristiwa alam ataupun buatan, seperti angin, gelombang laut dan getaran kendaraan yang bisa menggambarkan kondisi geologi suatu wilayah dekat permukaan. Mikrotremor didasarkan pada perekaman *ambient noise* untuk menentukan parameter karakteristik dinamika tanah (amplifikasi dan frekuensi natural) [3].

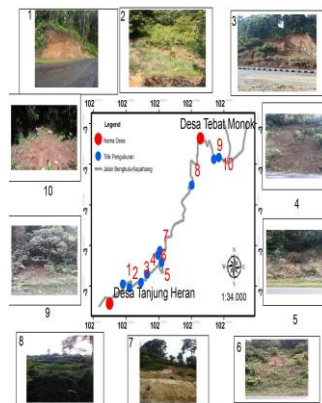
Metode *Horizontal to Vertikal Spectral Ratio* (HVSR)

Tahun 1989 Nakamura mengusulkan metode *Horizontal to Vertikal Spectral Ratio* (HVSR) untuk mengestimasi frekuensi dominan dan amplifikasi geologi setempat dari data mikrotremor. Metode HVSR merupakan salah satu cara yang paling mudah untuk memahami sifat struktur lapisan bawah permukaan tanpa penyebab gangguan pada struktur tersebut. Metode HVSR merupakan gabungan antara gelombang badan dan gelombang permukaan.

Frekuensi dominan pada HVSR lebih mendekati gelombang badan [6]. Sedangkan untuk frekuensi yang lebih tinggi, gelombang badan dipengaruhi oleh gelombang permukaan. Dengan demikian, HVSR lebih dekat dengan gelombang badan, yaitu gelombang geser dari pada gelombang permukaan [5].

METODE PENELITIAN

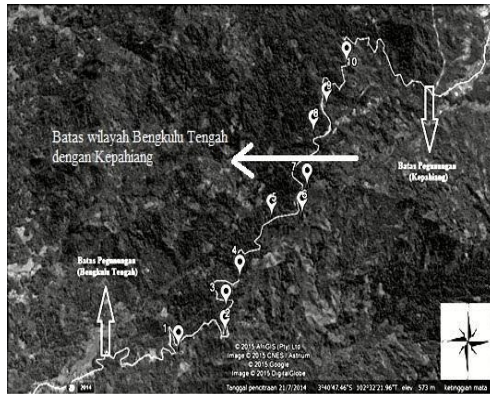
Data mikrotremor dengan metode HVSR direkam menggunakan seismometer digital yang di letakan dilokasi yang telah ditentukan seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Titik lokasi pengukuran

Penelitian ini telah dilakukan di jalur lintas Bengkulu-Kepahiang pada koordinat -3,66292 LS sampai -3,70002 LS dan 102,46149 BT sampai 102,51556 BT. Alat utama yang digunakan Satu unit Seismometer *portable short period* untuk merekam data mikrotremor. Seismometer terdiri dari Seismometer PASI Mod Gemini 2 Sn-1405, laptop *digitizer*. Pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak Geopsy digunakan sebagai analisis spektra kurva H/V untuk mendapatkan kurva frekuensi dominan (f_0).

Pengambilan data dilakukan pada 10 titik pengukuran berdasarkan kondisi geologi dan kemiringan lereng yang berpotensi terjadi gerakan tanah di jalur lintas Bengkulu-Kepahiang dan titik lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 2.

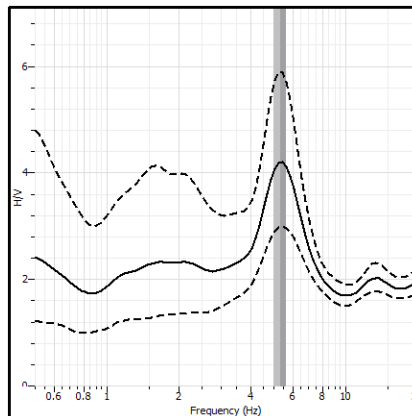


Gambar 2 Lokasi Penelitian

Rekaman data mikrotremor dilakukan selama 30 menit dengan frekuensi sampling 100 Hz dan disimpan dengan format SAF (*Sesame ASCII Format*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kurva H/V dapat dilihat pada gambar 4.3 dimana sumbu horizontal merupakan nilai frekuensi dominan (f_0) dan sumbu vertikal merupakan amplifikasi (A_0). Garis putus-putus menunjukkan deviasi, sedangkan garis tebal hitam merupakan kurva H/V seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva H/V yang terdiri dari A_0 dan f_0

Sumbu horizontal merupakan nilai frekuensi dominan (f_0) dan sumbu vertikal merupakan amplifikasi (A_0). Garis putus-putus menunjukkan deviasi, sedangkan garis tebal hitam merupakan kurva H/V

Nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi yang didapatkan dari hasil pengolahan data dengan *software* Geopsy seperti pada tabel berikut ini

Tabel 1 Nilai Amplifikasi (A_0)

No	Titik Pengukuran	Amplifikasi (A_0)	Frekuensi Dominan (f_0)
1	R1	3,482	4,920
2	R2	5,552	2,042
3	R3	4,783	0,848
4	R4	3,613	3,638
5	R5	3,668	3,844
6	R6	4,193	5,326
7	R7	7,773	4,861
8	R8	2,181	4,486
9	R9	3,089	5,554
10	R10	3,217	4,378

Berdasarkan nilai A_0 yang diperoleh dapat dikatakan bahwa titik R2, R3, R6 dan R7 daerah rawan terhadap bahaya longsor, hal ini ditunjang juga dengan kondisi tumbuhan yang ada di lokasi tersebut dan kondisi geologi secara umum yang merupakan terdiri dari batuan lempung yang ketebalannya tidak terlalu dalam sehingga dapat berfungsi sebagai bidang gelincir.

KESIMPULAN

Berdasarkan Nilai Amplifikasi A_0 dapat digunakan untuk informasi awal tentang daerah rawan gerakan tanah yang berhubungan dengan ketebalan lapisan sedimen dan dari lokasi ini dapat diketahui daerah yang rawan gerakan tanah terdapat pada titik pengukuran R2, R3, R6 dan R7

REFERENSI

- BPBD, 2013. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Bengkulu. Bengkulu.
- BMKG, 2012. Data Curah Hujan Bulanan Daerah Kepahyang dan Sekitarnya. Bengkulu.
- Mufida, A., Santosa, B.J., dan Warnana, D.D., 2013. *Profiling Kecepatan Gelombang Geser (V_s) Berdasarkan Pengolahan Data Mikrotremor*. Jurnal Sains dan Seni Pomits. Surabaya
- Nakamura, Y., 1989. *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremor on the Ground Surface*. Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No. 1.
- Sugianto, N., Farid, M., dan suhendra. Kondisi Geologi Lokal Kota Bengkulu Berdasarkan *Ground Shear Strain (GSS)* Jurnal Fisika dan Aplikasinya Volume 2 No 1 2017, doi.org/10.21009/ SPEKTRA.021.05
- Sungkono, B.J., Santosa, 2011. *Karakterisasi Kurva Horizontal-to-Vertikal Spectral Ratio Kajian Literatur dan Pemodelan*. Jurnal Neutrino. 4(1)

PENGARUH WAKTU MILLING TERHADAP STRUKTUR DAN UKURAN KRISTAL DARI NANOQUARTZ

Ratnawulan

FMIPA, Universitas Negeri Padang
email: ratnawulan320@gmail.com

ABSTRACT

To improve the quality of silica rocks from West Sumatra, synthesized using a High-Energy Milling (HEM) becomes nanoquartz. The research objective was to determine the influence of milling time on nanoquartz structure. quartz material is derived from local silica rocks West Sumatra. The crystal structure characterized using X-Ray Diffraction (XRD), then the crystal system and crystal size analysis. Variations milling time used is 6 hours, 12 hours, 24 hours and 30 hours. The results showed that for increase variations of milling time, the crystal system is Hexagonal and crystal size at around 164 nm, 123 nm, 79 nm, and 68 nm.

Keywords: nanoquartz, milling time, XRD, crystal structure, crystal size

PENDAHULUAN

Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat memiliki potensi alam yang melimpah, salah satunya adalah bahan tambang mineral silika dengan kadar 89,95%^[1]. Silika merupakan jenis logam oksida golongan IV yang memiliki ketahanan abrasi yang baik, isolator tinggi dan stabilitas termal tinggi. Ketika batuan silika dikalsinasi ditemukan senyawa seperti quartz, cristobalite, dan trydymite yang memiliki potensi untuk dikembangkan.

Ukuran butir quartz yang dihasilkan masih dalam ukuran mikro dan masih tercampur dengan senyawa lain. Quartz murni dalam bentuk nanopartikel sangat bermanfaat untuk aplikasi seperti bahan industri kontruksi pada bahan bangunan agar baja yang dilapisi lebih tahan dan anti korosi^[2]. Semakin kecil ukuran butir maka semakin kuat baja yang dilapisi dan ketahanan korosi akan semakin meningkat^[3].

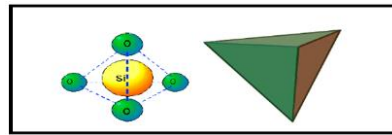
Untuk mendapatkan quartz murni dalam ukuran nanopartikel dapat digunakan beberapa metode diantaranya metode milling yaitu dengan menggunakan alat Ball Mill High Energy Milling Ellipse 3D Motion (HEM-E 3D). HEM-E 3D adalah teknik yang menggunakan energi tumbukkan antara bola-bola penghancur dan dinding chamber yang diputar dan digerakkan.

Untuk mendapatkan partikel nano yang berkualitas tergantung pada banyak faktor diantaranya waktu milling. Waktu milling yang tinggi tidak otomatis dapat merubah struktur dan ukuran material menjadi nano, karena ada faktor pengumpulan akibat temperatur yang tinggi yang dihasilkan oleh tumbukan antar partikel. Oleh karena itu penting melakukan pengujian pengaruh waktu waktu milling terhadap struktur dan ukuran kristal dari nanoquartz.

KAJIAN LITERATUR

Silika (SiO₂) adalah senyawa yang ditemui dalam bahan galian yang disebut pasir kuarsa, terdiri atas kristal-kristal silika dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Silika memiliki 2 struktur yaitu berupa silika amorf dan kristal. Struktur atomik dari kuarsa adalah tetrahidron yang satu atom silikon dikelilingi 4 atom oksigen.

Silika yang memiliki 4 atom oksigen terikat pada Si yang membentuk akan membentuk tetrahedral seperti terlihat pada Gambar 1.

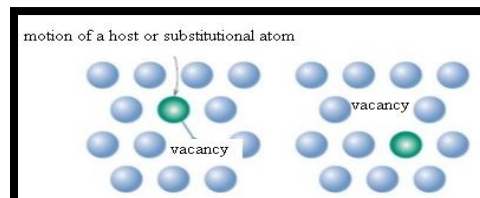


Gambar 1. Struktur Kristal Silikon Dioksida^[4]

temperatur kamar, satuan tetrahedral dari silika akan tersusun dalam suatu susunan heksagonal dengan kata lain memiliki sistem kristal berupa heksagonal^[5]. Silika memiliki nilai jual yang tinggi dalam dunia industri dengan merubah kualitas silika kedalam bentuk nanomaterial.

Nanomaterial adalah pembuatan partikel kedalam ukuran yang kurang dari 100 nm dan mengubah sifat atau fungsi dari material. Nanomaterial memiliki keuntungan diantaranya memiliki ukuran yang lebih kecil dari 100 nm, mudah menyerap, dan memiliki luas permukaan sentuh yang lebih besar^[6].

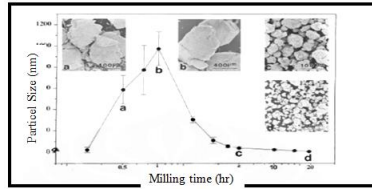
Secara teori laju dari pengabungan atom bergantung dari energi kinetik dari muatan bola giling yang bereaksi dan berdifusi. Proses ini melibatkan terjadinya difusi atom sehingga serbuk yang dihasilkan akan lebih homogen terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Difusi Atom^[7]

Gambar 2 menjelaskan kekosongan dalam struktur atom dapat terjadi pada suatu material saat dipanaskan sehingga atom dan daerah kosong akan berpindah posisi. Partikel serbuk akan mengalami gaya tekan dari benturan bola-bola milling yang diakibatkan oleh penghancuran yang secara berulang. Karena gaya tekan yang tinggi maka luas permukaan dari partikel serbuk menjadi lebih besar. Hal ini dikarenakan energi kinetik bola-bola milling yang diteruskan ke serbuk yang digerus sehingga energi kinetik yang diterima serbuk lebih tinggi pada kecepatan milling yang tinggi.

Kecepatan tinggi dengan temperatur jar yang tinggi akan menyebabkan terjadinya proses difusi dan mendorong terjadi serbuk yang homogen. Temperatur yang tinggi dapat merugikan karena akan mempercepat proses transformasi dan aglomerasi (penggumpalan) pada serbuk. Partikel yang mengalami penggumpalan akan memerlukan energi penghancuran yang lebih besar untuk memecah partikel dan membutuhkan energi yang besar juga dalam mengikat partikel. Saat terjadi kesetimbangan maka ukuran partikel akan menjadi semakin halus dan menghasilkan kesetimbangan energi dalam memecah partikel serbuk sehingga partikel akan bercampur secara homogen dan terjadi perubahan ukuran serbuk terhadap waktu milling seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan ukuran serbuk terhadap waktu milling^[8]

Gambar 3 menjelaskan perubahan ukuran serbuk terhadap waktu milling. Saat diberikan waktu milling yang kecil ukuran serbuk besar sampai mencapai waktu optimum untuk menghasilkan ukuran butir yang kecil. Semakin kecil ukuran butir maka semakin kuat baja yang dilapisi dan ketahanan korosi akan semakin meningkat^[3].

METODE PENELITIAN

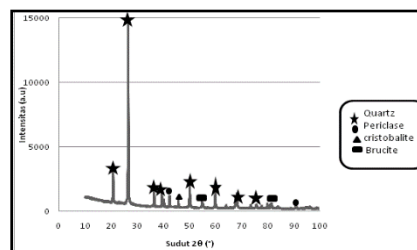
Batuan silika yang digunakan diambil dari daerah Saruaso Kabupaten Tanah Datar Sumatera Barat dengan kadar 89,95%. Sampel yang telah dipreparasi kemudian dimilling menggunakan HEM-E3D dengan variasi waktu milling 6 jam, 12 jam, 24 jam, dan 30 jam.

Hasil milling kemudian dikarakterisasi menggunakan alat X-ray powder diffractometer (XRD, PhillipX Pert Pro PW 3060/10 dengan sumber radiasi Cu-K α ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$) pada 40 kV dan 30 mA. Kemudian dianalisis struktur kristal dan ukuran kristalitnya menggunakan rumus Scherrer, $D = 0.9 \lambda / \beta \cos\theta$, dimana λ adalah panjang gelombang sinar-X, β adalah lebar penuh dari setengah maksimum (FWHM) puncak-puncak sudut difraksi θ ^[4].

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengaruh Waktu Milling Terhadap Struktur Quartz

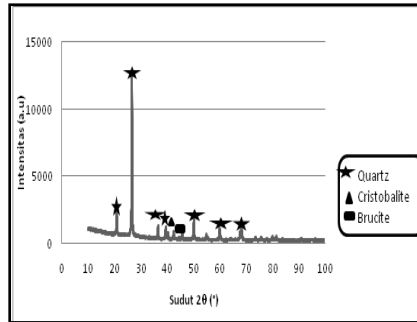
Gambar 4 menunjukkan pola difraksi sinar-X pada serbuk silika setelah dilakukan milling selama 6 jam.



Gambar 4. Pola difraksi sinar-X silika hasil milling 6 jam

Gambar 4 terlihat bahwa pada waktu milling 6 jam terdapat mineral quartz, periclase, cristobalite, dan brucite dengan struktur terdapat struktur Hexagonal, Cubic, Hexagonal, dan Tetragona dengan puncak tertinggi yaitu quartz sedangkan puncak yang rendah adalah brucite.

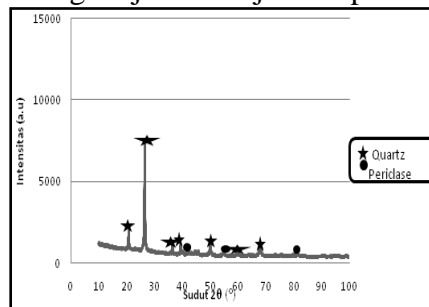
Pola difraksi sinar-X dari hasil milling 12 jam ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola difraksi sinar-X silika hasil milling 12 jam

Gambar 5 terlihat bahwa pada waktu milling 12 jam mineral periclase sudah hampir tidak ada lagi yang ada adalah quartz, cristobalite dan brucite dengan struktur masing-masing adalah hexagonal, cubic dan struktur hexagonal.

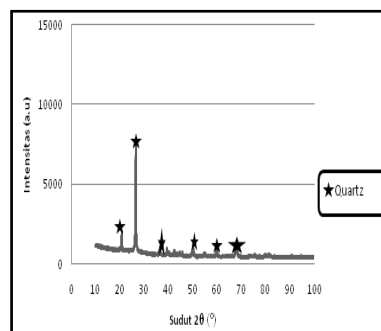
Pola difraksi sinar-X dari hasil milling 24 jam ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pola difraksi sinar-X silika hasil milling 24 jam

Gambar 6 terlihat bahwa mineral yang dominan adalah quartz dengan struktur heksagonal dan mineral lain seperti periclase hampir tidak kelihatan lagi keberadaannya.

Untuk pola difraksi hasil milling 30 jam dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pola difraksi sinar-X silika hasil milling 30 jam

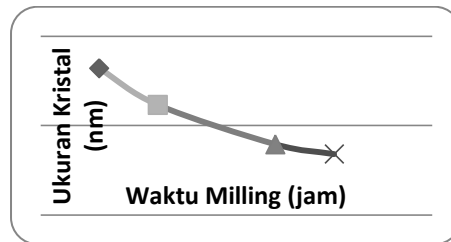
Gambar 7 terlihat pada waktu milling 30 jam, mineral yang ada adalah quartz dengan struktur Hexagonal dengan parameter kisi $a = 4,92 \text{ \AA}$; $b = 4,92 \text{ \AA}$ dan $c = 5,4 \text{ \AA}$. Sedangkan mineral lain tidak Nampak lagi keberadaannya dalam sampel.

Berhasilnya diperoleh mineral quartz murni tanpa kehadiran mineral lain disebabkan karena semakin lama waktu milling menyebabkan akan terbentuk fasa-fasa murni akibat pengaruh meningkatnya temperatur pada saat terjadi milling^[9]. Selain terjadi penurunan intensitas, pelebaran kurva juga terjadi pada setiap waktu milling yang dilakukan. Penurunan

intensitas dikarenakan adanya perubahan ukuran kristal, perubahan ini juga mengakibatkan struktur kristal dari unsur pembentuk berubah^[10].

b. Pengaruh Waktu Milling Terhadap Ukuran kristalit Quartz

Pengaruh waktu milling terhadap ukuran kristalit nanopartikel quartz diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengaruh waktu milling terhadap ukuran kristalit nano quartz

Gambar 8 diperlihatkan bahwa semakin lama waktu milling maka ukuran kristalit juga makin kecil. Ukuran kristal mengalami penurunan dengan variasi waktu milling 6 jam, 12 jam, 24 jam dan 30 jam. Ukuran kristalit berdasarkan variasi waktu milling adalah berturut-turut 164 nm; 123 nm; 79 nm; dan 68 nm.

Pengurangan ukuran kristalit akibat waktu milling yang besar dikarenakan selama proses milling, partikel serbuk akan mengalami proses penghancuran berulang-ulang. Ketika bola saling bertumbukan sejumlah serbuk akan terjebak diantara kedua bola tersebut dan akan mengakibatkan serbuk mengalami perubahan kemudian menjadi hancur.

Permukaan partikel serbuk yang baru terbentuk memungkinkan terjadinya proses pengelasan dingin kembali antara sesama partikel sehingga membentuk partikel baru yang ukurannya lebih besar dari ukuran semula. Kemudian partikel tersebut akan kembali mengalami tumbukan dan akhirnya kembali hancur, begitu seterusnya hingga mencapai ukuran nano^[10].

KESIMPULAN

Tidak terdapat pengaruh waktu milling terhadap struktur kristal nanoquartz yaitu tetap hexagonal. Namun waktu milling mempengaruhi kemurnian dari nanoquartz.

Pengaruh waktu milling 6 jam, 12 jam, 24 jam dan 30 jam terhadap ukuran kristalit dari nanoquartz menyebabkan ukuran kristal semakin mengecil. Ukuran kristal berturut-turut adalah 164 nm, 123 nm, 79 nm, dan 68 nm.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada KemenristekDikti melalui kontrak penelitian Hibah Masterplan Percepatan dan Perluasan Ekonomi Indonesia (MP3EI) dengan No: 295/UN35.2/PG.2016 yang telah mendanai penelitian ini.

REFERENSI

Ratnawulan, Gusnedi dan Yohandri. 2013. Karakterisasi Fisika Mineral Ekonomis Sumatera Barat Menggunakan Metode Difraksi Sinar-X. UNP Padang.

Anwar, Khitab dan Tausif, Arshad Muhammad. 2014. Nano Construction Materials. Mater. Sci 181-189.

- Radu Daniela, Yu lai-Cheng, Yu Hwang-Po, Pizzi Nicholas. 2011. Silica Nanomaterials (NSN) For Carbon Capture Application. Department of Chemistry, Delaware State University, Dover, DE, 19901
- Rahmawati,S risa.2008.Struktur Padatan Silicon Dioksida.ITB.Bandung.
- Horacio E. Bergna. 2006. Colloidal Silica Fundamentals And Applications.CRC Press.New York.
- RawatM, 2006.Nanocarriers: Promising Vehicle for Bioactive Drugs.Biol.Pharm. Bull.29(9) 1790-1798(2006). Vol.29, No.9
- Smallman R.E., R.J. Bishop. 2000. MetalurgiFisik Modern danrekayasa Material. Jakarta: Erlangga.
- Suryanarayana. 2001. Mechanical Alloying and Milling. Departemen Metallurgi dan Materials Engineering, Colorado School of Mines, golden Co 80401-1887. USA
- Dessy Putri, Zainun.2014. Pengaruh Variasi Waktu Penahanan Proses Kalsinasi Terhadap Precursor Bahan Katoda Lithium Ferrospate (LFP). Jurnal Sains dan Seni Pomits,Vol.3 No.2 Tahun 2014. 2337-3520.
- Sanskriti A. Parashar,Yogesh D. Kale, Yashesh H.Gandhi, and Dattu R. Joshi. 2015, Optical And Photoluminescence Studies Of Synthetic Quartz Nanoparticles Prepared By High Energy Planetary Ball Milling Technique. Vol.5 no.1.

VALIDITAS ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG MENGGUNAKAN SENSOR EFEK HALL YANG DILENGKAPI LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

Yulkifli, Ardanus, dan Ahmad Fauzi

Program Studi Magister Pendidikan Fisika Pascasarjana Universitas Negeri Padang
email : yulkifliamir@yahoo.com

Abstract

One of efforts to do educators to improve the competence of learners is developing quality Students Worksheet. A students worksheet is said good quality because has a valid criteria. The meaning of Valid is the products developing can be used to measure what should be measured. Students worksheet validity assessed by an expert or experts in the field. This article describes the validity students worksheet using guided inquiry model is helped temperature and heat practical tools with digital display. The research instrument is used the validation of a questionnaire assessment sheet. Analysis of the data is used descriptive analysis. students worksheet validation the development of worksheet integrated tawheed values using guided inquiry model helped by digital display practical work of expert validation are 89.76 and 93.15 of practitioners, while lab validation tool is 94.79. The meaning is all the results of the validation are very valid criteria.

KEYWORDS: *Validity, length expansion, sensor, students worksheet*

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat sekarang ini, tidak terlepas dari ilmu fisika. Dua hal yang tidak dapat dipisahkan yaitu eksperimen dan telaah teori. Jika teori yang ada di eksperimenkan dan hasilnya tidak sama dengan teori maka akan muncul teori baru, kemudian teori baru tersebut akan dibuktikan kembali dengan eksperimen. Eksperimen tersebut dilakukan dengan adanya bantuan set alat eksperimen. Set eksperimen adalah alat yang digunakan untuk membantu dalam proses penentuan parameter-parameter yang akan diukur dalam penelitian. Agar hasil penelitian lebih akurat maka dibutuhkan set eksperimen dengan tingkat ketepatan dan ketelitian yang tinggi, yang dapat diatasi dengan perancangan dan pembuatan set eksperimen secara digital. Salah satu set eksperimen yang akan dirancang dan dibuat adalah set eksperimen muai panjang.

Set eksperimen muai panjang yang ada di laboratorium masih analog, sehingga hasil eksperimen yang didapat memiliki kesalahan yang cukup besar dalam pengukuran, padahal kegiatan eksperimen diharapkan dapat menghasilkan data akurat dengan ketelitian yang tinggi, untuk itu diperlukan set alat eksperimen yang dapat menghasilkan data yang akurat dan memiliki ketelitian yang tinggi. Untuk mengurangi kesalahan dalam pengukuran, maka dibuatlah set eksperimen muai panjang secara digital. Penelitian tentang muai panjang telah dilakukan oleh Yulkifli. Melalui penelitian yang dilakukan peneliti sebelumnya didapatkan sensor magnetik fluxgate sebagai alat ukur muai panjang. Dimana sensor fluxgate akan mendeteksi perubahan panjang logam yang akan ditampilkan oleh mikrometer digital, suhu logam akan dibaca oleh termometer (Yulkifli, 2011)⁽¹⁾.

Pemuaian panjang adalah bertambahnya ukuran panjang suatu benda karena menerima kalor. Pada pemuaian panjang nilai lebar dan tebal sangat kecil dibandingkan

dengan nilai panjang benda tersebut, sehingga lebar dan tebal dianggap tidak ada. Ukuran besar benda akan bertambah apabila suhunya dinaikkan, dan besarnya pertambahan ukuran untuk kenaikan suhu tertentu berkaitan erat dengan jenis bendanya. Untuk benda satu dimensi (memanjang), pertambahan panjang benda dengan panjang awal dan kenaikan suhu tertentu, dipengaruhi oleh suatu harga atau nilai spesifik dari benda yang disebut dengan *koefisien muai panjang*. Apabila sejumlah kalor yang sama diberikan pada beberapa benda yang berbeda, maka makin besar nilai koefisien muai panjang benda makin besar pertambahan panjangnya.

Eksperimen muai panjang memiliki beberapa parameter fisika yang diukur yaitu panjang mula-mula bahan (l_i), perubahan temperatur (ΔT) dan muai panjang bahan (Δl). Untuk mengetahui panjang mula-mula bahan, perubahan temperatur, dan muai panjang bahan maka diperlukan pengukuran. Pengukuran perubahan temperatur dan muai panjang dapat menggunakan sensor. Salah satu sensor yang digunakan untuk mengukur muai panjang adalah sensor efek hall.

Sensor efek hall digunakan untuk mendeteksi berapa jauh Bergeraknya magnet pada saat bahan dipanaskan. Prinsip kerja dari efek hall terdiri dari sebuah lapisan silikon dan dua buah elektroda pada masing-masing sisi silikon. Hal ini akan menghasilkan perbedaan tegangan pada outputnya ketika lapisan silikon ini dialiri oleh arus listrik. Tanpa adanya pengaruh dari medan magnet maka arus yang mengalir pada silikon tersebut akan tepat di tengah-tengah silikon dan menghasilkan tegangan yang sama antara elektroda sebelah kiri dan elektroda sebelah kanan sehingga menghasilkan beda tegangan 0 volt pada outputnya. Ketika terdapat medan magnet yang mempengaruhi sensor ini maka arus yang mengalir akan berbelok mendekati atau menjauhi sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet. Ketika arus yang melalui lapisan silikon tersebut mendekati sisi silikon sebelah kiri maka terjadi ketidakseimbangan tegangan output dan hal ini akan menghasilkan sebuah beda tegangan pada outputnya.

Alat praktikum yang dikembangkan haruslah mempunyai penunjang dalam kegiatan pembelajarannya. Agar penguasaan teori dan kegiatan dapat terarah dengan jelas dan baik, maka dari itu dibutuhkan sebuah Lembar Kerja Peserta didik (LKPD). Pemilihan LKPD ini didasarkan pada pendapat Tim Instruktur Pemantapan Kerja Guru (PKG) dalam Sudiati (2013)⁽²⁾ yang menjelaskan bahwa “salah satu cara membuat peserta didik aktif dalam pembelajaran adalah dengan menggunakan LKPD.

LKPD adalah lembaran-lembaran berisi tugas yang harus dikerjakan peserta didik selama pembelajaran berlangsung (Majid, 2006)⁽³⁾, artinya LKPD merupakan sesuatu yang sengaja dirancang. LKPD memuat sekumpulan kegiatan mendasar yang harus dilakukan oleh peserta didik untuk memaksimalkan pemahaman dalam upaya pembentukan kemampuan dasar sesuai indikator pencapaian hasil belajar yang harus ditempuh”. LKPD adalah lembaran-lembaran yang berisikan tugas-tugas yang diberikan kepada peserta didik, dapat berupa teoritis, tugas-tugas praktis atau berupa panduan untuk latihan pengembangan aspek kognitif maupun panduan untuk eksperimen atau demonstrasi, serta kegiatan-kegiatan mendasar yang harus dilakukan peserta didik untuk memaksimalkan pemahaman terhadap suatu materi pembelajaran.

Bahan ajar berupa LKPD juga seharusnya dapat menanamkan karakter dalam setiap kegiatannya, agar tercipta peserta didik yang berkarakter, salah satunya karakter dalam mengesakan Allah SWT yaitu tauhid. Tauhid dalam kamus besar bahasa Indonesia kata merupakan kata benda yang berarti keesaan Allah. Sedangkan kata kerjanya adalah menauhidkan artinya mengakui ke-Esaan Allah atau mengesakan Allah SWT. Ketauhidan merupakan dasar yang harus diyakini oleh segenap umat Islam dan menolak syirik. Tauhidlah yang membedakan agama Islam dengan agama lainnya Bahri (2010)⁽⁴⁾.

Dalam pelaksanaannya, LKPD dapat dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu LKPD eksperimen dan LKPD non-eksperimen. LKPD eksperimen adalah LKPD yang digunakan untuk membimbing peserta didik dalam melakukan kegiatan praktikum dan menemukan konsep dalam kerja ilmiah. Sedangkan LKPD non eksperimen adalah LKPD yang digunakan untuk membimbing peserta didik dalam memahami dan mengomunikasikan suatu konsep dalam bentuk diskusi/tanya jawab (Depdiknas, 2008)⁽⁵⁾.

Berdasarkan pengelompokan LKPD tersebut, maka LKPD yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah LKPD eksperimen. Untuk meningkatkan keefektifan dan keefisienan pelaksanaan praktikum, maka LKPD yang dikembangkan berbantuan alat praktikum berbasis teknologi digital. Dalam hal ini, alat praktikum yang masih bersifat manual dimodifikasi menjadi alat praktikum berbasis sensor dan teknologi digital. Yulkifli (2015)⁽⁶⁾ menjelaskan bahwa, kemajuan teknologi sensor dan digital membuka peluang pembuatan alat-alat praktikum dan pengukuran yang lebih efektif dan efisien dalam penggunaannya sehingga tujuan dan hasil yang diharapkan dapat lebih optimal.

Berdasarkan hasil observasi LKPD di lapangan, didapatkan bahwa LKPD yang ada di lapangan tersebut tidak terdapat informasi, paparan isi materi yang jelas fakta, konsep, dan prinsip, penilaian dan tidak kontekstual, sehingga kurang meningkatkan kompetensi peserta didik yang seharusnya dapat ditingkatkan seoptimal mungkin. Di dalam LKPD yang dibagikan kepada peserta didik tidak ada ditemukan arahan yang terstruktur untuk memahami materi yang diberikan. Bahasa pada LKPD sudah benar namun masih belum interaktif dan penyajian materi yang dipaparkan dalam LKPD belum menunjukkan kejelasan tujuan yang akan dicapai oleh peserta didik serta belum adanya penanaman nilai-nilai karakter tertentu didalam LKPD terutama karakter tauhid yang sejalan dengan kompetensi inti dan kompetensi dasar.

Pendidik tidak mengintegrasikan model dalam kegiatan pembelajaran sehingga membuat pembelajaran monoton atau satu arah. Idealnya LKPD yang diberikan pada peserta didik harus dirancang dengan baik serta memperhatikan kebutuhan dari peserta didik, karena LKPD yang baik adalah LKPD yang memberi kesempatan seluas-luasnya kepada peserta didik untuk dapat mengembangkan kreativitas mereka dalam menemukan suatu konsep atau menyelesaikan sebuah problem selain itu juga terdapat nilai-nilai karakter yang mempengaruhi sikap peserta didik disamping memperoleh pengetahuan baru. LKPD seharusnya berisi stimulus berupa problem atau permasalahan yang sering dijumpai peserta didik dalam dunia nyata sehingga peserta didik ditantang untuk menyelesaikan permasalahan melalui kegiatan praktikum dengan sendiri, berfikir secara menyeluruh, berfikir secara sistematis, analitis dan logis yang mana hal ini dapat menumbuhkan nilai-nilai karakter pada peserta didik

Oleh karena itu, untuk meminimalisir beberapa permasalahan tersebut, maka upaya yang dapat dilakukan di antaranya adalah mengembangkan LKPD sesuai dengan struktur dan format yang telah ditentukan, mendesain LKPD semenarik mungkin serta memiliki tingkat kejelasan yang tinggi sehingga mudah dipahami oleh peserta didik.

Agar penggunaan LKPD dalam pembelajaran dapat meningkatkan kompetensi peserta didik, maka LKPD yang dikembangkan adalah LKPD yang berkualitas. Salah satu kriteria LKPD berkualitas adalah LKPD memiliki tingkat kevalidan atau validitas yang tinggi. Kata valid sering diartikan dengan tepat, benar, sah dan absah. Menurut Sugiyono (2010)⁽⁷⁾ valid berarti produk yang dikembangkan dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur. Untuk mengetahui tingkat kevalidan suatu produk yang dikembangkan, maka dilakukan validasi. Asyar (2011)⁽⁸⁾ menyatakan bahwa validasi adalah proses permintaan persetujuan atau pengesahan terhadap kesesuaian produk dengan kebutuhan sehingga produk dinyatakan cocok dan layak digunakan dalam pembelajaran.

Validasi (kesahihan) adalah kualitas yang menunjukkan hubungan antara suatu pengukuran (diagnosis) dengan arti atau tujuan kriteria belajar (purwanto: 2004)⁽⁹⁾. Uji validitas dilakukan oleh tenaga ahli. Menurut Sugiyono (2010)⁽⁷⁾ validitas produk dapat dilakukan oleh beberapa pakar atau tenaga ahli yang sudah berpengalaman untuk menilai kelemahan dan kekuatan produk yang dihasilkan. Depdiknas (2008)⁽¹⁰⁾ komponen yang dinilai ketika melakukan validasi mencakup beberapa komponen, yaitu:

- 1) Komponen kelayakan isi, mencakup kesesuaian SK dengan KD, kebutuhan, kebenaran substansi, manfaat, nilai moral dan nilai sosial
- 2) Komponen penyajian (*construct*), mencakup kejelasan tujuan yang ingin dicapai, urutan penyajian, pemberian motivasi, daya tarik, interaksi (pemberian stimulus dan respon) dan kelengkapan informasi, penggunaan font (jenis dan ukuran huruf), lay out (tata letak), ilustrasi gambar, foto, dan desain tampilan.
- 3) Komponen kebahasaan, mencakup keterbatasan, kejelasan informasi, kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia, penggunaan bahasa secara efektif dan efisien.

Terkait dengan validasi alat, tingkat kevalidan dapat dilihat dari beberapa karakteristik. Komponen untuk memvalidasi alat dapat dilihat berdasarkan 4 aspek (1) tujuan, (2) teknik pengoperasian, (3) ketepatan penggunaan dan (4) prinsip kerja. Menurut Samaun (1989)⁽¹²⁾ karakteristik yang perlu diperhatikan adalah :

- 1) Ketelitian (*accuracy*). Ketelitian sistem pengukuran dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sistem dengan perhitungan secara teoritis, kemudian dilakukan pengukuran berulang dan memasukkan data ke dalam tabel serta menyelidiki ketelitian dari sistem alat ukur.
- 2) Ketepatan. Ketepatan adalah nilai atau hasil pengukuran yang mendekati nilai hasil pengukuran alat standar atau perhitungan secara teoritis.
- 3) Kesalahan (Error). Error didefinisikan sebagai selisih dari harga pengukuran yang dihasilkan dengan harga sejatinya, dimana harga sejati adalah variable rata-rata dari sejumlah pengukuran yang tak terbatas dan akan selalu berubah tergantung pada semua aspek yang mempengaruhinya.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan (*research and development*), dengan metode yang digunakan adalah metode deskriptif karena disesuaikan dengan tujuan penelitian ini yaitu menganalisis yang menjadi dasar pengembangan LKPD terintegrasi nilai-nilai tauhid menggunakan model inkuiri terbimbing berbantuan alat praktikum suhu dan kalor dengan display digital. Adapun Model pengembangan yang digunakan didasarkan pada model pengembangan Plomb. Model ini terdiri dari 3 fase pengembangan, yaitu *preliminary research* (investigasi awal), *prototyping phase* (fase perancangan prototipe), dan *assessment phase* (fase penilaian)⁽¹²⁾. Lebih ringkas dapat dilihat Tabel berikut ini:

Tabel 1. Model Pengembangan Plomb

Fase	Kriteria	Deskripsi Aktifitas
Preliminary Research Phase	Penekanan terutama pada validasi isi, tidak banyak pada konsistensi dan kepraktisan.	Analisis masalah dan tinjauan literature (masa lalu dan atau sekarang). Hasilnya adalah sebuah kerangka kerja untuk produk.
Prototyping Phase	Awalnya: konsistensi (validitas konstruk) dan praktikalitas, kemudian mengutamakan praktikalitas dan secara bertahap menuju pada efektivitas	Prototipe yang akan diujicobakan dan direvisi berdasarkan evaluasi formatif. Prototipe awal hanya berbasis lembar evaluasi formatif yang dilakukan melalui penilaian ahli yang menghasilkan kepraktisan yang diharapkan.
Assessment Phase	Praktikalitas dan efektivitas	Menilai apakah pengguna dapat bekerja dengan produk ini dan akan menerapkannya dalam pembelajaran (relevan dan berkelanjutan), dan juga apakah produk ini efektif.

(Sumber : Plomp, 2013)

Validitas berada pada tahap *prototype (prototype I)* Pada *prototype I* dilakukan penilaian *self evaluation* dan validasi pakar. *Self evaluation* dilakukan oleh peneliti sendiri dan dibantu oleh dua rekan peneliti yang juga mengembangkan LKPD berbantuan alat praktikum dengan display digital. Sedangkan validasi pakar dilakukan oleh ahli dibidang pendidikan dan fisika. Pakar terdiri dari tiga orang dosen fisika dan dua orang pendidik fisika kelas X MIA MAN Salido.

Secara umum, instrumen pengumpulan data validitas pada penelitian ini terdiri dari lembar *self evaluation* dan lembar validasi oleh pakar, yang secara keseluruhan berupa angket yang digunakan untuk melihat kelayakan dari produk yang dihasilkan. Analisis validitas menggunakan skala Likert berdasarkan lembar validasi, dengan langkah-langkah: 1) Memberikan skor untuk setiap item dengan alternatif jawaban : (4= Sangat Setuju, 3= Setuju, 2= Tidak Setuju, 1= Sangat Tidak Setuju). 2) hasil validasi dianalisis dalam skala(0-100) menggunakan Persamaan 1.

$$V = \frac{X}{Y} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

V = nilai validitas

X = skor yang diperoleh

Y = skor maksimum

(Dimodifikasi dari Riduwan, 2009:89)

Untuk mengetahui tingkat validitas dari LKPD yang dikembangkan terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Validitas

Nilai	Kriteria
80% < x ≤ 100%	Sangat valid
60% < x ≤ 80 %	Valid
40% < x ≤ 60 %	Cukup valid
20% < x ≤ 40 %	Kurang valid
0% < x ≤ 20 %	Tidak valid

(Dimodifikasi dari Riduwan, 2009) ⁽¹³⁾

Terkait dengan alat praktikum digital yang dikembangkan, validasi juga dilakukan secara empiris. Hal ini bertujuan untuk melihat tingkat ketepatan dan ketelitian alat. Ketepatan diketahui dengan membandingkan hasil pengukuran dengan prinsip/teori. Sedangkan ketelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran secara berulang. Analisis data validitas alat terkait adalah sebagai berikut:

1) Ketepatan:

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \dots\dots\dots(2) \quad \text{Ketepatan relatif rata-rata dari}$$

sistem pengukuran dapat ditentukan melalui persamaan:

$$\% A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Pada persamaan di atas A merupakan akurasi relatif yang sering dikenal dengan ketepatan. Hasil pengukuran ketepatan relatif ini dapat dinyatakan dalam bentuk $X \pm \Delta X$.

2) Ketelitian

$$precision = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

X_n = nilai dari pengukuran ke-n

\bar{X}_n = rata-rata dari set n pengukuran

3) Persentase kesalahan

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

Y_n = Nilai sebenarnya

X_n = Nilai yang terbaca pada alat ukur standar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototype I

Prototype I adalah hasil rancangan awal LKPD. Pada *Prototype I* dilakukan *self evaluation* menggunakan lembar evaluasi diri. Selanjutnya mengkonsultasikan dan mendiskusikan LKPD yang telah dirancang dengan para ahli (*expert review*). validator diminta untuk menilai instrumen yang sudah dibuat. Penilaian mencakup validitas isi, konstruk, dan bahasa. Sebelum melakukan validasi LKPD, perlu dilakukan terlebih dahulu penilaian terhadap instrumen yang akan digunakan untuk memvalidasi LKPD tersebut. Ada dua langkah yang dilakukan dalam melakukan validasi LKPD, yaitu:

1. Penilaian Dari Para Ahli dan Praktisi

LKPD divalidasi oleh tiga orang dosen (validator ahli) dan dua orang pendidik mata pelajaran fisika (praktisi pendidikan). Pada proses validasi, peneliti melampirkan lembar validasi untuk setiap aspek penilaian. Aspek yang divalidasi dalam lembar validasi disesuaikan dengan indikator-indikator sebuah instrumen. Setelah pakar mengisi lembar validasi, peneliti berdiskusi langsung dengan pakar tentang validitas LKPD dan penilaian. Peneliti juga mencatat hal-hal yang disarankan pakar dan langsung direvisi. Hasil validasi menjadi bahan bagi peneliti untuk merevisi, sehingga dapat menghasilkan LKPD yang valid. Berikut diuraikan hasil validasi LKPD.

a) Hasil Validasi Lembar Kegiatan Peserta didik (LKPD)

Aspek yang diamati pada LKPD adalah validasi isi, konstruk dan, bahasa. Yang didapatkan dari hasil penilaian dari lima validator.

1) Penilaian Instrumen Validasi LKPD

Penilaian instrumen validasi menggunakan lembar validasi meliputi indikator sebagai berikut: kejelasan bahasa pada petunjuk lembar validasi, kesesuaian pernyataan dengan aspek yang dinilai, kesesuaian pernyataan dengan tujuan penelitian yang akan dicapai, tidak mengandung makna ganda, dapat mengarahkan validator dalam memvalidasi LKPD, menggunakan format penilaian yang sederhana dan mudah dipahami, dan bahasa sesuai dengan kaidah EYD. Instrumen yang divalidasi berupa instrumen *self evaluation* dan *one to one*. Hasil penilaian instrumen validasi dari lima validator dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Hasil Penilaian Instrumen Validasi LKPD

Aspek Yang Dinilai	Validator Ahli			Praktisi	
	AK	RM	YH	SC	TH
Jumlah	22,00	28,00	28,00	21,00	28,00
Jumlah Maksimum	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
Persentase	78.57	100,00	100,00	75,00	100,00
Rata-Rata	92,85			87,50	
Kategori	Sangat Valid			Sangat Valid	

Penilaian dari validator ahli dan praktisi berbeda dalam hasil validasi yaitu 92,85 dan 87,5. Hal ini terjadi dikarenakan keahlian dan pandangan dari masing-masing validator terhadap LKPD yang dikembangkan. Berdasarkan Tabel 3 dapat dinyatakan bahwa instrumen validasi yang digunakan sudah sangat valid, terlihat dari nilai penilaian masing-masing validator.

2) Hasil Validasi LKPD

Penilaian terhadap validasi LKPD yang dilakukan oleh para ahli dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penilaian Validasi LKPD

Aspek	Jenis	Rata-Rata Ahli	Kriteria	Rata-Rata Praktisi	Kriteria
Validasi Isi	Komponen LKPD	Ada	Lengkap	Ada	Lengkap
	Kelayakan Isi LKPD	88.33	Sangat Valid	85,00	Sangat Valid
Validasi Konstruk		91,66	Sangat Valid	94,44	Sangat Valid
Validasi		89,30	Sangat	100,00	Sangat

Bahasa			Valid		Valid
Rata-Rata		89,76		93,15	

Selama tahap validasi LKPD terdapat beberapa revisi yang dilakukan berdasarkan saran-saran dari validator. Adapun saran-saran validator dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rangkuman Saran Validator LKPD.

Saran dari Validator	
LKPD	
Sebelum	Sesudah
sebuah LKPD dilengkapi (cover, kata pengantar, dan daftar isi)	Sudah dibuatkan Cover kata pengantar dan daftar isi

Berdasarkan Tabel 4 di atas terlihat bahwa rata-rata validasi LKPD, berada pada kategori sangat valid menurut penilaian dari masing-masing validator. Hasil penilaian instrumen praktikalitas respon pendidik dari lima validator dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Penilaian Instrumen Praktikalitas (Angket Respon Pendidik)

Aspek	Jenis	Rata-Rata	Kriteria
Hasil Penilaian Instrumen Praktikalitas (Angket Respon Pendidik)		92,00	Sangat Praktis
Hasil Lembar Praktikalitas Angket Respon Pendidik	LKPD	87,50	Sangat Praktis
	Penilaian	90,63	Sangat Praktis

b) Penilaian

Aspek yang diamati pada penilaian adalah validasi isi, konstruk dan, bahasa terhadap penilaian pengetahuan, sikap dan keterampilan. Hasil penilaian dari empat validator terhadap tiga aspek terhadap penilaian dapat dilihat pada Tabel 7, Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 7. Penilaian Ranah Pengetahuan (Penilaian Tertulis)

Aspek	Jenis	Rata-Rata Ahli	Kriteria	Rata-Rata Praktisi	Kriteria
Validasi Isi	Komponen Penilaian Pengetahuan	Ada	Lengkap	Ada	Lengkap
	Kelayakan Isi Penilaian Pengetahuan	91,67	Sangat Valid	87,50	Sangat Valid
Validasi Konstruk		84,08	Sangat Valid	87,50	Sangat Valid
Validasi Bahasa		88,33	Sangat Valid	92,50	Sangat Valid
Rata-Rata		88,02		89,17	

Tabel 8. Penilaian Ranah Sikap

Aspek	Jenis	Rata-Rata Ahli	Kriteria	Rata-Rata Praktisi	Kriteria
Validasi Isi	Komponen Penilaian Sikap	Ada	Lengkap	Ada	Lengkap
	Kelayakan Isi Penilaian Sikap	93,33	Sangat Valid	87,50	Sangat Valid
Validasi Konstruk		93,05	Sangat Valid	87,50	Sangat Valid
Validasi Bahasa		87,50	Sangat Valid	75,00	Sangat Valid

Rata-Rata		91,29		83,33	
-----------	--	-------	--	-------	--

Tabel 9. Penilaian Ranah Keterampilan

Aspek	Rata-Rata Ahli	Kriteria	Rata-Rata Praktisi	Kriteria
Validasi Isi	Ada	Lengkap	Ada	Lengkap
	93,33	Sangat Valid	87,50	Sangat Valid
Validasi Konstruk	90,27	Sangat Valid	87,50	Sangat Valid
Validasi Bahasa	83,33	Sangat Valid	87,50	Sangat Valid
Rata-Rata	88,97		87,50	

Selama tahap validasi penilaian terdapat beberapa revisi yang dilakukan berdasarkan saran-saran dari validator. Adapun saran-saran validator dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Rangkuman Saran Validator

Saran dari Validator	
Penilaian	
Sebelum	Sesudah
1. Kata-kata dalam kalimat pada penilaian pengetahuan menyatu, silahkan dipisah-pisah kata perkata	Kata-kata yang menyatu sudah dipisahkan kata perkata
2. Indikator soal pengetahuan belum ada sehingga susah untuk menilai apakah soal-soal sesuai dengan indikator	Indikator soal pengetahuan sudah dilengkapi sesuai dengan soal yang ada
3. Kisi-kisi dan taksonomi bloom pada soal pengetahuan belum ada	Kisi-kisi soal pengetahuan telah dibuat
4. Supaya sesuai dengan judul penelitian sebaiknya dibuatkan pada penilaian untuk nilai-nilai tauhid.	

Pada Tabel 7, 8, dan 9 di atas terlihat bahwa rata-rata validasi penilaian secara keseluruhan berada pada kategori sangat valid.

c) Desain Alat Praktikum

Pengukuran muai panjang dari pemuai suatu bahan magnet dengan sensor muai cukup sederhana yaitu dengan mendeteksi bahan magnetik yang semakin memanjang mendekati atau menjauhi sensor. Pergerakan objek tersebut harus sejajar dengan sumbu untuk menghindari ketidakseragaman medan magnetik benda, system sensor akan memberikan nilai-nilai yang berbeda untuk setiap perubahan panjang atau perubahan jarak tertentu⁽¹⁾. Desain Alat Praktikumnya dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1: Desain Alat Praktikum



Gambar 2: Desain Komponen Alat dalam Box

d) Cara Kerja Alat

Cara Kerja Sensor

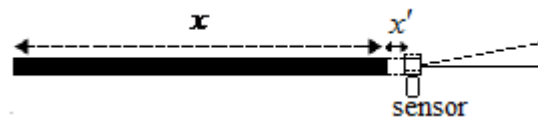
Nilai kuat medan magnet akan bergantung pada jarak antara magnet dengan sensor efek hall. Besaran kuat medan magnet ini akan dirubah menjadi besaran listrik oleh sensor efek hall berupa tegangan keluaran (V_0). Semakin jauh jarak magnet dengan sensor maka nilai kuat medan magnetnya akan semakin kecil, oleh karena itu, tegangan keluaran (V_0) sensor efek hall semakin kecil begitu juga sebaliknya. Data hasil sensor tersebut akan diproses dimikrokontroler arduino uno secara otomatis akan melakukan perhitungan hingga akhirnya diperoleh nilai muai panjang dan ditampilkan pada display LCD.

Cara Kerja Alat

1. Letakkan pembakar spiritus tepat dibawah batang logam.
2. Timbanglah massa bahan yang akan diujicobakan.
3. Letakkanlah beban ditempat yang akan dibakar.
4. Kalibrasikan pengukur alat (tepat pada angka 0).
5. Lihatlah suhu awal yang terukur pada box.
6. Letakkanlah kapas pada pembakar spiritus dan berilah spiritus.
7. Bakarlah kapas yang telah diberi spiritus

8. Hitunglah nilai suhu akhir dan pertambahan panjang yang terlihat pada box setelah waktu yang ditentukan

Proses pembakaran batangan akan mengakibatkan batang yang semula memiliki panjang normal x , namun karena ada suhu yang mempengaruhi maka batangan tersebut akan mengalami pertambahan panjang (pemuaian) x' , sehingga pertambahan panjang yang terjadi akan mendorong magnet yang diletakkan pada ujung jarum. Dorongan ini akan membuat magnet akan menjauhi sensor dan membentuk jarak antara magnet dan sensor, sehingga jarak inilah yang dihitung sebagai pertambahan panjang pada box sensor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3:



Gambar 3: Desain Mekanik Pengukuran Muai Panjang

e) Hasil Validasi Alat

Berdasarkan tahap perancangan yang dilakukan, selanjutnya dilakukan analisis terhadap hasil validasi dari validator. Namun LKPD yang dirancang berbantuan alat praktikum dengan display digital, maka dilakukan juga validasi terhadap alat yang dilakukan oleh validator YH. Hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 11.

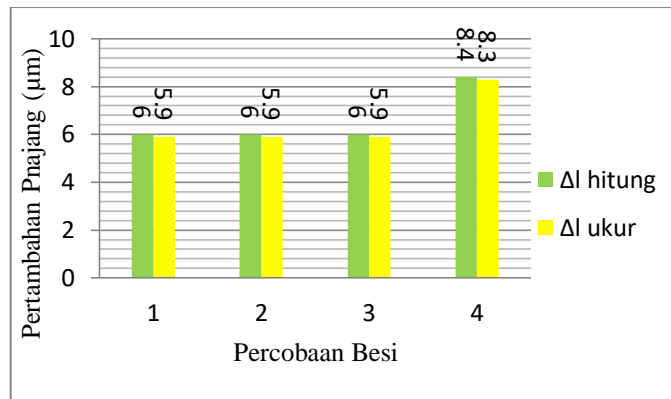
Tabel 11. Hasil validasi Alat

NO	Aspek Yang Divalidasi	Skor
1	Tujuan	100,00
2	Teknik Pengoperasian	100,00
3	Ketepatan Penggunaan	91,67
4	Prinsip Kerja	87,50
	Rata-Rata	94,79

Selain validasi alat melalui kuesioner/angket oleh validator YH, validasi alat juga dilakukan pengukuran secara empiris oleh rekan tim peneliti, yang juga mengembangkan alat praktikum muschenbroek dengan display digital ini. Validasi empiris ini terdiri atas:

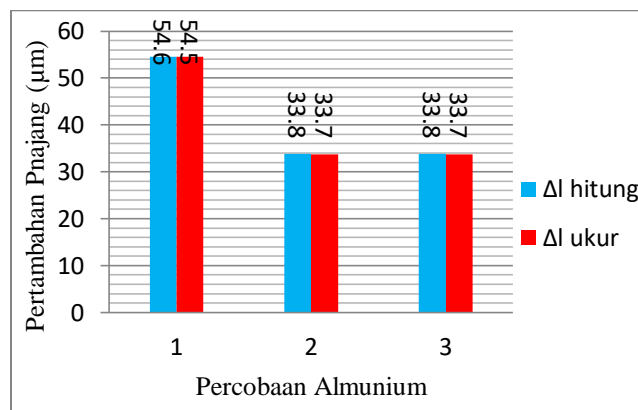
f) Ketepatan Pengukuran dan Tingkat Kesalahan (Error)

Ketepatan pengukuran ditentukan dengan membandingkan data hasil pengukuran sistem dengan perhitungan secara teori. Hasil ketepatan pengukuran sistem terlihat pada Gambar 4.



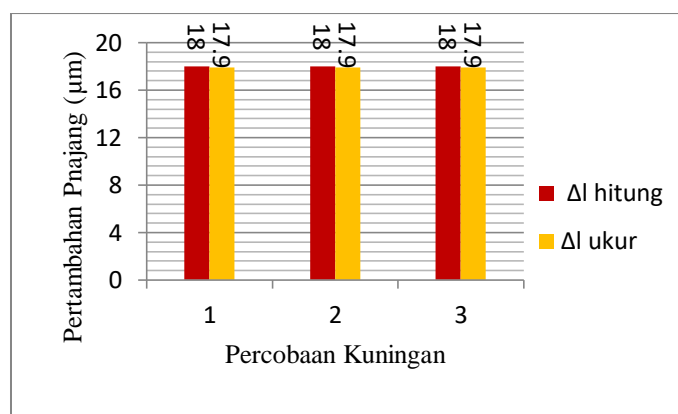
Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Perhitungan Manual Dan Digital Pada Batang Besi

Berdasarkan Gambar 4 dilakukan dengan empat kali percobaan. Percobaan pertama suhu awal 33,50°C dan suhu akhir 36°C dengan kesalahan 1,6 % dan ketelitian 0,96, percobaan kedua suhu awal 35°C dan suhu akhir 37,5°C dengan kesalahan 1,6 % dan ketelitian 0,96, percobaan ketiga suhu awal 31°C dan suhu akhir 33,5°C dengan kesalahan 1,6 % dan ketelitian 0,96, dan percobaan keempat suhu awal 3°C dan suhu akhir 37,5°C dengan kesalahan 1,1 % dan ketelitian 0,71. terlihat hasil pengukuran oleh sistem dan perhitungan manual tidak jauh berbeda. Perbedaan hasil antara hasil pengukuran dan teori dinamakan dengan tingkat kesalahan (*error*), sehingga nilai error dari suatu pengukuran dapat ditentukan. Selain pengukuran pada batang besi, ketepatan alat ini dilihat juga pada aluminium dan kuningan. Secara jelas terlihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Perhitungan Manual Dan Digital Pada Batang Aluminium

Gambar 5 dilakukan dengan 3 kali percobaan, Percobaan pertama suhu awal 29,5°C dan suhu akhir 40°C dengan kesalahan 0,18% dan ketelitian 0,83, percobaan kedua suhu awal 34°C dan suhu akhir 40°C dengan kesalahan 0,29% dan ketelitian 0,66, dan percobaan ketiga suhu awal 29,5°C dan suhu akhir 40°C dengan kesalahan 0,18% dan ketelitian 0,83, terlihat bahwa perhitungan manual dan digital tidaklah jauh berbeda.



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Perhitungan Manual Dan Digital Pada Batang Kuningan

Diketahui dari Gambar 6 dilakukan tiga kali percobaan, dimana percobaan pertama suhu awal 29,5°C dan suhu akhir 34,5°C dengan kesalahan 0,55 % dan ketelitian 1, percobaan kedua suhu awal 43°C dan suhu akhir 48°C dengan kesalahan 0,55% dan ketelitian 1, dan percobaan ketiga suhu awal 43°C dan suhu akhir 48°C dengan kesalahan 0,55% dan ketelitian 1, terlihat bahwa hasil perhitungan berbanding lurus dengan hasil pengukuran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa LKPD menggunakan model inkuiri terbimbing berbantuan alat praktikum suhu dan kalor dengan display digital memiliki kriteria sangat valid. Terkait dengan alat praktikum suhu dan kalor dengan display digital yang dikembangkan memiliki ketepatan dan ketelitian yang sangat baik. Hal ini dapat diartikan bahwa LKPD menggunakan model inkuiri terbimbing berbantuan alat praktikum suhu dan kalor dengan display digital sangat valid dan dapat digunakan dalam pembelajaran.

UCAPAN TERIMA KASIH.

Kemenristek Dikti telah memberikan bantuan berupa Hibah Dosen Pascasarjana, dengan No. Kontrak: 446/UN 35.2/PG/2017.

DAFTAR RUJUKAN

- Yulkifli dan Wahyudi, Ismu. 2011. *Sensor Magnetik Fluxgate Sebagai Alat Ukur Muai Panjang*. Padang: Prosiding Seminar Nasional ISBN 978-602-19069-0-3 Universitas Negeri Padang
- Abidin, Yunus. 2014. *Desain Sistem Pembelajaran Dalam Konteks Kurikulum 2013*. Bandung: PT Redika Aditama.
- Sudiati dan Asra. 2007. *Metode Pembelajaran*. Bandung: Wacana Prima.
- Majid. 2006. *Perencanaan Pembelajaran Mengembangkan Standar Kompetensi Guru*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Bahri, Syamsul. 2010. *Ilmu Tauhid Perspektif Nash Alqur'an*. Padang: IAIN imam Bonjol Padang
- Depdiknas. 2008. *Undang-undang Sisdiknas*. Jakarta: Grafika
- Yulkifli. 2015. *Rancang Bangun Alat-Alat Praktikum Berbasis Sensor dan Teknologi Digital*. Padang: Universitas Negeri Padang. Jurnal (ISBN: 978-602-14657-1-4)
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Asyhar, Rayandra. 2011. *Kreatif Mengembangkan Media Pembelajaran*. Jakarta: Gaung Persada Press.

- Purwanto, Ngalim. (2004). *Psikologi Pendidikan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya
- Departemen Pendidikan Nasional. 2008. *Panduan pengembangan materi pembelajaran*. Jakarta: Direktorat Jendral Manajemen Dikdasmen Direktorat Pembinaan SMA.
- Samadikun Samaun, DR, Prof,dkk. 1989. *Sistem Instrumentasi Eektronika*. Institut Teknologi Bandung
- Plomb, T. 2013, *Educational And Training System Design*, Enschede, Univercity Of Twente: Netherlands
- Riduwan, 2009, *Belajar Mudah Penelitian Untuk Guru, Karyawan, dan Peneliti Pemula*, Bandung: Alfabeta
- Yulkifli,2016. *Desain Pembuatan Alat-Alat Praktikum Dengan Display Digital sebagai Pendukung Perangkat Mata kuliah Pengembangan Alat Laboratorium Fisika Berbasis KKNi untuk Mahasiswa Pendidikan Fisika PPS UNP*. Universitas Negeri Padang.

ANALISIS FENOMENA EL NIÑO 2015/2016 DAN LA NIÑA 2010/2011 DENGAN MENGGUNAKAN DATA SATELIT

Willy Antakusuma, Wijaya Mardiansyah, Iskhaq Iskandar

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

email: willy_antakusuma@yahoo.com

ABSTRACT

The El Niño and La Niña is one the coupled air-sea phenomenon originated from the tropical Pacific Ocean. The impact of El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is very influential on climatic conditions and rainfall in Indonesia. This research is designed to evaluate the variations of climate parameters (e.g. sea surface temperature, sea level pressure, wind and precipitation) during the 2015/2016 El Niño and the 2010/2011 La Niña events. The results showed that the four climatic parameters have a link between one and the other. When the El Niño phenomenon takes place, there is eastward movement of convection zone of cloud formation towards the central equatorial Pacific Ocean. As a result, the Indonesian region will experience a decrease in rainfall. When compared to the 1997/1998 El Niño, the 2015/2016 El Niño event has a stronger intensity and longer duration. Meanwhile, when the La Niña occurs, there is a cooling (warming) sea surface temperature in the eastern (western) tropical Pacific Ocean. The warming sea surface temperature in the western part, enhances the convection activities leading to enhanced rainfall over the Indonesian region and surrounding area. When compared to the 1998/1999 La Niña, 2010/2011 La Niña event has a weaker intensity and shorter duration.

Keywords: *El Niño Southern Oscillation, Indonesia Precipitation, Sea Surface Temperature Anomalies, Tropical Pacific Ocean Precipitation.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Fenomena El Niño dan La Niña merupakan fenomena interaksi laut - atmosfer dalam skala antar tahunan yang terjadi di wilayah tropis Samudera Pasifik. Kemunculan El Niño dicirikan dengan meningkatnya temperatur permukaan laut (TPL) Samudera Pasifik bagian Timur dekat ekuator yang diiringi dengan pergeseran Sirkulasi Walker akibat adanya perbedaan tekanan atmosfer. Perbedaan tekanan atmosfer ini biasa disebut sebagai Osilasi Selatan (Southern Oscillation). Para ahli klimatologi menyebutkan adanya keterkaitan antara El Niño dan Osilasi Selatan sebagai satu fenomena yang selanjutnya diberi nama El Niño – Southern Oscillation.

Fenomena El Niño akan menyebabkan pergeseran distribusi curah hujan dari sisi Barat ke Tengah Samudera Pasifik yang terkadang akan diteruskan ke arah Timur Samudera Pasifik (Peru). Akibatnya, wilayah Indonesia dan Australia akan mengalami penurunan curah hujan, sedangkan bagian Timur Samudera Pasifik akan mengalami peningkatan curah hujan.

Sementara itu fenomena La Niña merupakan kebalikan dari fenomena El Niño. La Niña dicirikan dengan menguatnya tiupan angin pasat sehingga semakin meningkatkan intensitas *upwelling* di sisi Timur Samudera Pasifik yang menyebabkan TPL di wilayah

Timur Samudera Pasifik semakin menurun. Menguatnya aktivitas *upwelling* akan meningkatkan *supply* nutrien ke permukaan di bagian Timur Samudera Pasifik. Sementara itu, meningkatnya tiupan angin pasat akan menyebabkan peningkatan kecepatan arus permukaan yang bergerak ke arah Barat yang menyebabkan adveksi bahang ke arah Barat. Hal ini menyebabkan peningkatan TPL di wilayah Barat Samudera Pasifik, sehingga aktivitas konveksi pembentukan awan-awan berpotensi hujan di atas wilayah ini semakin meningkat. Dampak fenomena La Niña merupakan kebalikan dari semua dampak yang ditimbulkan oleh fenomena El Niño.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dinamika interaksi laut atmosfer yang diwakili oleh parameter-parameter iklim diantaranya TPL, angin, curah hujan dan tekanan atmosfer di wilayah tropis samudera pasifik khususnya pada saat terjadi fenomena El Niño dan La Niña.

Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada kejadian El Niño di tahun 2015/2016 dan kejadian La Niña di tahun 2010/2011. Adapun parameter-parameter yang dianalisa dibatasi pada parameter angin, TPL, tekanan atmosfer dan curah hujan.

KAJIAN LITERATUR

Fenomena El Niño dan La Niña

Kata El Niño dan La Niña berasal dari bahasa Spanyol yang berarti bayi laki-laki (El Niño) dan bayi perempuan (La Niña). Kata El Niño dan La Niña sendiri merupakan perumpamaan dari nelayan pantai Peru sejak abad ke-19 sebagai nama arus yang hangat (El Niño) dan arus yang dingin (La Niña).

Fenomena El Niño dan La Niña merupakan gejala penyimpangan keadaan alam dari suatu keadaan alam yang biasa terjadi (keadaan normal), pada wilayah tropis Samudera Pasifik. Perubahan keadaan alam ini akan mengakibatkan perubahan iklim bagi daerah-daerah sekitar Samudera Pasifik dan belahan dunia lainnya. Fenomena El Niño merupakan fasa panas dari suatu osilasi raksasa, sedangkan fenomena La Niña merupakan fasa dingin dari suatu osilasi raksasa. Kedua Fenomena tersebut biasa dicirikan dengan anomali suhu muka laut di daerah tropis Samudera Pasifik (Irkhos, 2006).

METODE PENELITIAN

Data dan Daerah Penelitian

Daerah kajian difokuskan pada wilayah tropis Samudera Pasifik, yang dibatasi oleh garis bujur 130°BT - 70°BB dan garis lintang 30°LS - 30°LU. Dengan menggunakan data-data antara lain, 1. Data Temperatur Permukaan Laut (TPL), sumber: windsat, resolusi 0.25° x 0.25°. 2. Data curah hujan, sumber: ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*), resolusi 0.25° x 0.25°. 3. Data tegangan angin sumber: ECMWF, resolusi 0.25° x 0.25°. 4. Data tekanan atmosfer sumber: NCEP/NCAR (*National Centers for Environmental Prediction and National Center for Atmospheric Research*), resolusi 2.5° x 2.5°. 5. Data angin vertikal, sumber: NCEP/NCAR resolusi 2.5° x 2.5°. Kelima data tersebut memiliki resolusi temporal sebesar 1 bulan dengan panjang periode dari Januari 2005 hingga Juli 2016.

Metode

Untuk mempelajari karakteristik ENSO yang merupakan kondisi anomali (penyimpangan dari kondisi normal), maka hal pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai klimatologi

dari parameter-parameter iklim tersebut. Nilai klimatologi ini merepresentasikan kondisi normal Selanjutnya, karakteristik ENSO direprestasikan dari nilai anomali dari parameter-parameter iklim tersebut. Untuk mencari nilai klimatologi dari satu parameter dapat dilakukan dengan mencari nilai rata-rata untuk jangka waktu tertentu. Dalam penelitian ini digunakan data bulanan, sehingga nilai klimatologi bulanan untuk satu parameter pada bulan tertentu dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij}}{N},$$

dimana \bar{X}_i menyatakan nilai klimatologi untuk satu bulan tertentu, i menyatakan periode tahun tertentu, j menyatakan periode bulan tertentu, dan N menyatakan jumlah data. Sementara untuk mencari nilai anomali dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

$$A_i = B_i - \bar{X}_i,$$

dimana A_i merupakan nilai anomali pada bulan tertentu, B_i merupakan data mentah untuk bulan tertentu dan \bar{X}_i merupakan nilai parameter klimatologi untuk bulan tertentu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sirkulasi Laut dan Atmosfer Dalam Kondisi Normal (Klimatologi)

Berdasarkan data yang diperoleh pada Gambar 4.1 diketahui bahwa rata-rata keadaan TPL wilayah Barat Samudera Pasifik lebih hangat dibandingkan dengan rata-rata keadaan TPL wilayah timur Samudera Pasifik. TPL tertinggi wilayah Barat Samudera Pasifik mencapai 32°C.

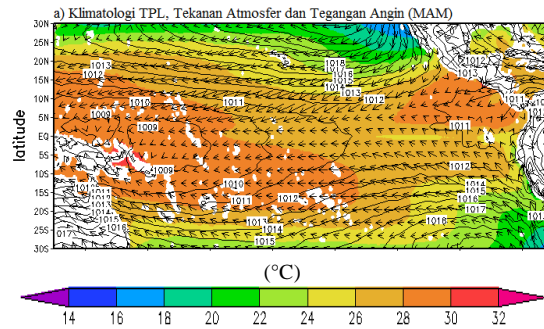
Keadaan tekanan di Samudera Pasifik memiliki hubungan berbanding terbalik dengan peningkatan TPL yang terjadi. Secara umum, tekanan di sisi barat Samudera Pasifik lebih rendah dibandingkan dengan tekanan di sisi Timur Samudera Pasifik. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa perbedaan tekanan ini disebabkan oleh adanya pemanasan yang intensif di permukaan sehingga proses penguapan atau perpindahan massa uap air ke atas (konveksi) lebih besar dibandingkan gaya tekan ke bawah (gravitasi) (Nur'utami, 2014). Hal tersebut menyebabkan terjadinya perpindahan kolom udara secara horizontal (angin horizontal) dari daerah bertekanan tinggi (divergen) menuju daerah bertekanan rendah (konvergen). Berhubungan dengan kondisi tersebut terlihat angin pasat bertiup dari sisi Timur Samudera Pasifik (tekanan tinggi) menuju sisi Barat Samudera Pasifik (tekanan rendah). Pergerakan angin pasat dari timur Samudera Pasifik didominasi oleh kedua angin dari kutub utara dan kutub selatan (Gambar 4.1).

Analisis Sirkulasi Walker dilakukan dengan cara menggabungkan dua komponen vektor, angin zonal dan angin vertikal (Ω). Komponen angin zonal didapatkan dengan cara merata-ratakan nilai angin zonal pada rentang lintang 5°LS - 5° LU . Sementara itu, komponen angin vertikal didapatkan dengan melihat pergerakan angin secara vertikal dari elevasi tekanan antara 1000 hPa sampai dengan 100 hPa.

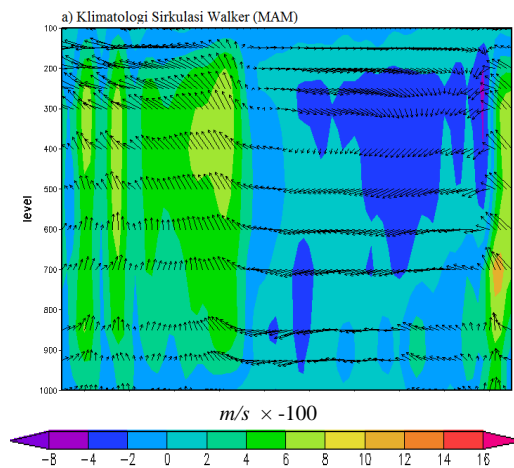
Pada Gambar 4.2 Samudera Pasifik dengan bujur 90°BT - 180°BT kondisi masa udaranya bergerak keatas (konveksi). Hal ini selaras dengan peningkatan TPL di sisi Barat Samudera Pasifik. Kondisi sebaliknya ditunjukkan pada daerah dengan bujur 180°BT – 80°BB (Pasifik Timur) pada daerah ini kondisi masa udaranya cenderung bergerak kebawah (subsudensi).

Pada Musim ini (Gambar 4.3) wilayah Indonesia, seperti pulau Jawa dan pulau Sumatera menerima curah hujan dengan kisaran nilai 200 mm/bln – 250 mm/bln. Sementara,

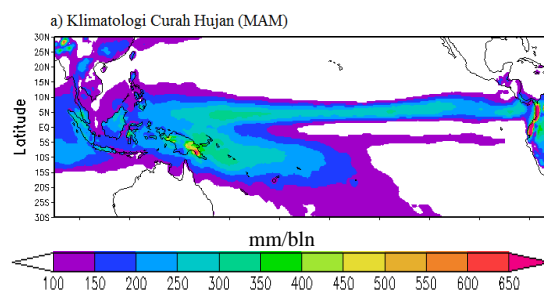
untuk pulau Kalimantan menerima curah hujan yang lebih sedikit dengan kisaran nilai 150 mm/bln – 200 mm/bln. Wilayah Indonesia dengan curah hujan tertinggi diterima pulau Papua dengan kisaran nilai 300 mm/bln – 400 mm/bln.



Gambar 4.1 Klimatologi TPL (indeks warna), Tekanan Atmosfer (indeks kontur), dan Tegangan Angin (indeks vektor) pada peralihan musim MAM (Maret-Aapril-Mei), tahun 2005 – 2015

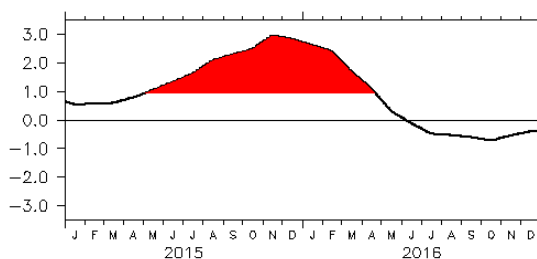


Gambar 4.2 Klimatologi Sirkulasi Walker, pada peralihan musim MAM tahun 2005 – 2015.



Gambar 4.3 Klimatologi Curah Hujan, pada peralihan musim MAM tahun 2005 – 2015

Fenomena El Niño 2015/2016

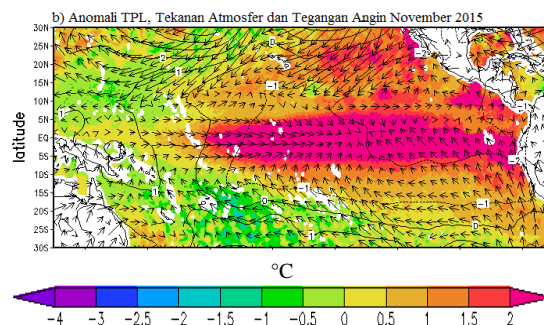


Gambar 4.4 Anomali Index Niño 3.4 (Januari 2015 – Desember 2016) sumber; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>

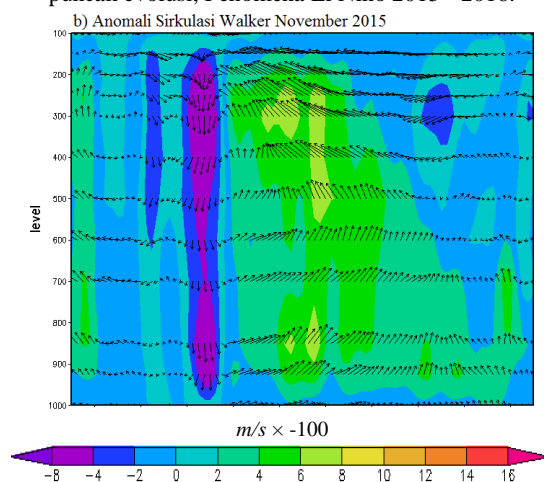
Berdasarkan indeks anomali Niño 3.4 bulan Mei 2015 merupakan awal mula fenomena El Niño tahun 2015/2016. Hal ini dapat dilihat dari naiknya indeks anomali Niño 3.4 yang melebihi rata-rata nilai simpangan baku dari data tahun 1990 – tahun 2015. Indeks anomali Niño 3.4 sendiri merupakan tolak ukur dalam memperkirakan fenomena El Niño dan La Niña. Indeks anomali Niño 3.4 didapatkan dengan cara merata-ratakan kenaikan atau penurunan TPL di sepanjang ekuator Samudera Pasifik (Gambar 4.4).

Puncak evolusi fenomena El Niño 2015 – 2016 terjadi pada bulan November 2015. Hal ini dapat dilihat dengan meratanya anomali positif +2 dari Tengah menuju Timur Samudera Pasifik. Menghangatnya TPL di sisi timur Samudera Pasifik menyebabkan tekanan di sisi Timur Samudera Pasifik turun secara drastis, dengan anomali tekanan terendah mencapai -2. Bersamaan dengan hal itu terlihat penguatan aktivitas angin baratan (westernlies) yang bertiup dari timur menuju barat (Gambar 4.5). Konsisten dengan Gambar 4.5, terlihat adanya peningkatan aktivitas konveksi yang cukup kuat di wilayah Tengah Samudera Pasifik (Gambar 4.6), sehingga berdampak pada tingginya aktivitas curah hujan yang terjadi pada wilayah tersebut (Gambar 4.7). Menguatnya aktivitas konveksi di sisi Tengah Samudera Pasifik juga diikuti dengan menguatnya aktivitas subsidensi di sisi Barat Samudera Pasifik, sehingga Indonesia bagian timur (Sulawesi dan Papua), menerima dampak penurunan curah hujan yang cukup tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan anomali negatif curah hujan pada pulau Sulawesi dan Papua yang mencapai -200 mm/bln (Gambar 4.7b).

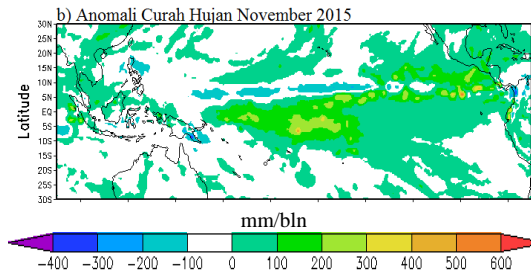
Fenomena El Niño 2015/2016 sendiri mulai melemah dan berakhir pada bulan Mei 2016.



Gambar 4.5 Anomali TPL (indeks warna), Tekanan Atmosfer (indeks kontur) dan Tegangan Angin (indeks vektor), pada puncak evolusi, Fenomena El Niño 2015 - 2016.

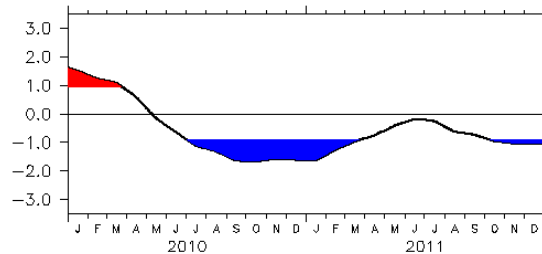


Gambar 4.6 Anomali Sirkulasi Walker pada puncak evolusi fenomena El Niño 2015 - 2016.



Gambar 4.7 Anomali Curah Hujan pada puncak evolusi, Fenomena El Niño 2015 - 2016.

c. Fenomena La Niña 2010/2011

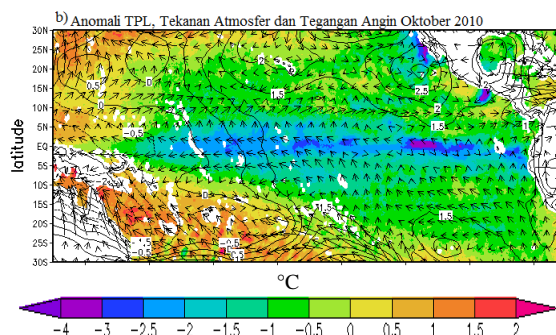


Gambar 4.8 Anomali Index Niño 3.4 (Januari 2010 – Desember 2011)

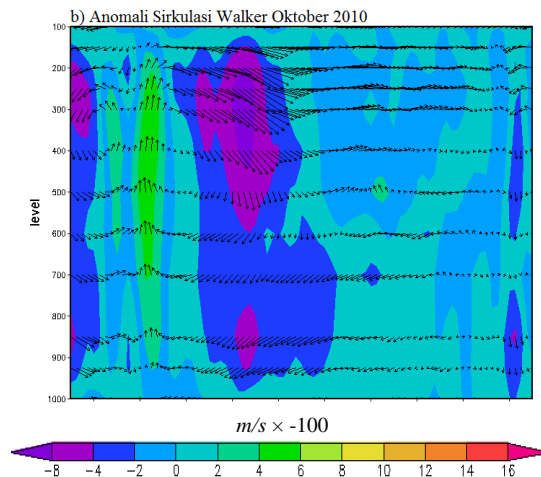
Jika ditinjau berdasarkan indeks anomali Niño 3.4 evolusi awal fenomena La Niña 2010/2011 dimulai pada bulan Juli 2010. Pada bulan Juli indeks anomali Niño 3.4 mengalami penurunan mencapai -1.0°C (Gambar 4.8).

Puncak fenomena La Niña tahun 2010/2011 sendiri berada pada bulan Oktober 2010 (Gambar 4.8). Pada bulan ini sebaran anomali TPL negatif semakin melebar ke arah Barat Samudera Pasifik, dengan anomali terendah mencapai -3.5°C . Semakin menurunnya TPL di sisi Timur dan Tengah Samudera Pasifik menyebabkan semakin meningkatnya tekanan atmosfer pada daerah tersebut, sehingga akan semakin menguatkan tiupan angin pasat menuju Barat Samudera Pasifik (Gambar 4.8). Konsisten dengan hal tersebut aktivitas subsidensi semakin bergeser ke arah Barat Samudera Pasifik. Bergesernya aktivitas subsidensi juga diikuti dengan bergesernya aktivitas konveksi menuju daerah Indonesia (Gambar 4.10), sehingga hampir seluruh wilayah Indonesia akan menerima kenaikan curah hujan. Pulau Jawa dan Sulawesi menerima curah hujan sebesar 300 mm/bln – 400 mm/bln, lebih tinggi bila dibandingkan dengan daerah Indonesia lain yang hanya menerima rata-rata curah hujan sebesar 200 – 300 mm/bln (Gambar 4.11b).

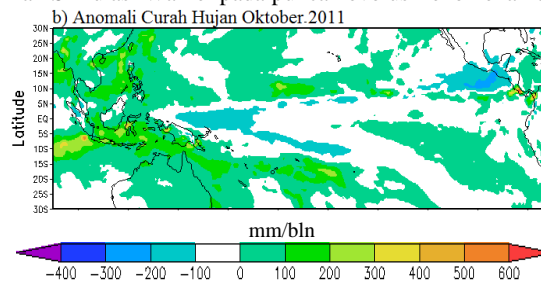
Evolusi Fenomena La Niña 2010/2011 sendiri mulai menunjukkan pelemahan dan berakhir pada bulan April 2011.



Gambar 4.9 Anomali TPL (indeks warna), Tekanan Atmosfer (indeks kontur) dan Tegangan Angin (indeks vektor), pada puncak evolusi fenomena La Niña 2015 - 2016.

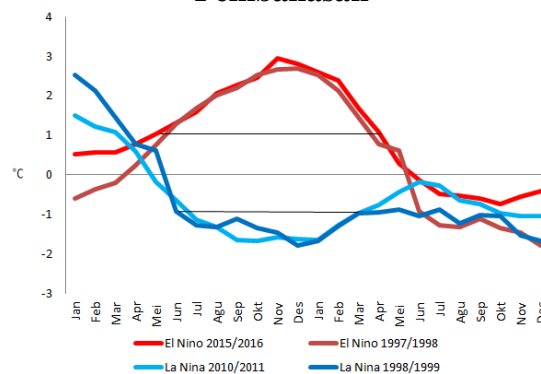


Gambar 4.10 Anomali Sirkulasi Walker pada puncak evolusi fenomena La Niña 2015 - 2016.



Gambar 4.11 Anomali Curah Hujan pada puncak evolusi, Fenomena El La Niña 2015 - 2016.

Pembahasan



Gambar 4.12 Anomali Index Niño 3.4 pada El Niño 2015/2016, El Niño 1997/1998, La Niña 2010/2011 dan La Niña 1998/1999 sumber; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>

Berdasarkan index Niño 3.4 (Gambar 4.12), tahun 2015/2016 merupakan evolusi fenomena El Niño terkuat dalam kurun waktu 20 tahun terakhir, dengan kenaikan indeks anomali Niño 3.4 yang mencapai 2.95°C. Sebelumnya El Niño dengan intensitas kuat juga pernah terjadi pada tahun 1997/1998. Pada tahun 1997/1998 kenaikan indeks anomali Niño 3.4 mencapai 2.8°C.

Pada fenomena El Niño tahun 2015/2016, evolusi awal dimulai pada bulan Mei 2015, yang seterusnya diikuti dengan puncak evolusi pada bulan November 2015. Evolusi fenomena El Niño 2015/2016 sendiri berakhir pada bulan Mei 2016. Dari awal evolusi

hingga berakhirnya evolusi, fenomena El Niño 2015/2016 kurang lebih berlangsung selama satu tahun. Jika dibandingkan dengan fenomena El Niño 1997/1998, terdapat beberapa perbedaan diantara kedua fenomena El Niño tersebut. Evolusi awal fenomena El Niño 1997/1998 dimulai pada bulan Juni 1997, lebih lama satu bulan bila dibanding El Niño 2015/2016. Selanjutnya, puncak fenomena El Niño 1997/1998 terjadi pada bulan Desember 1997. Fenomena El Niño 1997/1998 sendiri mulai melemah pada bulan April 1998. Panjang durasi waktu evolusi pada saat fenomena El Niño 1997/1998 dari awal hingga berakhir kurang lebih berlangsung selama 10 bulan.

Fenomena La Niña pada tahun 2010/2011 merupakan fenomena La Niña dengan intensitas cukup kuat yang pernah terjadi (Gambar 4.12). Penurunan indeks anomali Niño 3.4 pada saat fenomena La Niña 2010/2011 mencapai -1.68°C . Sebelumnya fenomena La Niña dengan intensitas kuat juga pernah terjadi pada tahun 1998/1999, dengan penurunan indeks anomali Niño 3.4 mencapai -1.78°C .

Pada fenomena La Niña 2010/2011, awal evolusi terjadi pada bulan Juli 2010. Hal ini ditunjukkan dengan mulai menurunnya indeks anomali Niño 3.4 yang melebihi simpangan bakunya. Puncak fenomena La Niña 2010/2011 terjadi pada bulan Oktober 2010 dan berakhir pada bulan April 2011. Dari awal evolusi hingga berakhirnya La Niña, durasi fenomena La Niña 2010/2011 kurang lebih berlangsung selama 10 bln.

Berbeda dengan fenomena La Niña 2010/2011, evolusi awal fenomena La Niña 1998/1999 sudah dimulai pada bulan Juni 1998, dengan puncak evolusi yang terjadi pada bulan Desember 1999. Durasi waktu kedua fenomena La Niña tersebut juga menunjukkan perbedaan, jika fenomena La Niña 2010/2011 hanya berlangsung selama 10 bulan, durasi fenomena La Niña 1998/1999 berlangsung sekitar 11 bulan, terhitung dari awal evolusi hingga berakhir pada bulan Mei tahun 1999.

KESIMPULAN

Dari keempat parameter yang dianalisa, masing-masing parameter menunjukkan adanya keterkaitan antara satu dan lainnya. Pada saat fenomena El Niño 2015/2016, Bergeraknya TPL hangat ke arah Tengah dan Timur Samudera Pasifik akan semakin menurunkan keadaan tekanan pada daerah tersebut. Bersamaan dengan itu terlihat aktivitas angin pasat semakin mengalami pelemahan. Dampak fenomena El Niño 2015/2016 berdampak pada kekeringan di Indonesia. Hal ini dikarenakan pergeseran zona konveksi pembentukan awan-awan potensi hujan yang semula berada di sisi Barat Samudera Pasifik mulai bergeser ke sisi Tengah dan Timur Samudera Pasifik, sehingga wilayah Indonesia akan mengalami penurunan curah hujan. Bila dibandingkan dengan fenomena El Niño 1997/1998, fenomena El Niño 2015/2016 memiliki intensitas yang lebih kuat serta memiliki durasi evolusi yang lebih lama.

Pada saat fenomena La Niña, munculnya anomali negatif di sisi Timur Samudera Pasifik menyebabkan pola sebaran TPL hangat yang semula berada di Samudera Pasifik Bagian Barat, bergerak ke arah barat menuju Indonesia. Konsisten dengan hal itu terlihat angin pasat mulai mengalami penguatan. Bergeraknya TPL hangat ke arah Barat menyebabkan aktivitas konveksi pembentukan awan-awan potensi hujan semakin meningkat di wilayah Indonesia. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya curah hujan di beberapa daerah di Indonesia seperti pulau Sumatera, Jawa, Sulawesi dan Papua. Bila dibandingkan dengan fenomena La Niña 1998/1999, fenomena La Niña 2010/2011 memiliki intensitas yang lebih lemah serta memiliki durasi evolusi yang lebih pendek.

REFERENSI

- Ilahude dan Nontji. 1999. *Oceanografi Indonesia dan Perubahan Iklim Global (El Nino dan La Nina)*. Jakarta: Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Irkhos.2007. *Pengaruh Suhu Muka Laut Samudera Pasifik Zona Nino-3 Terhadap Curah Hujan Wilayah Sumatera*.Bengkulu:UniversitasBengkulu.
- Iskandar, Iskhaq.2016.*Interaksi Atmosfer dan Laut*. Palembang: Simetri.
- Nur'utami, Murni Ngestu. 2014 *Keragaman Curah Hujan Indonesia Saat Fenomena Indian Ocean Dipole (Iod) Dan El Niño Southern-Oscillation (Enso)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Pramuwardani, Ida. 2012. *Kajian El Nino Modoki Terhadap Kejadian Siklon Tropis di Samudera Pasifik Barat Laut (120° - 160° BT, Ekuator - 20°LU)*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Sembiring, Erza. 2016. *Deteksi Sensitifitas Curah Hujan Bulanan Terhadap El Niño Provinsi Sumatera Selatan*. Lampung: Universitas Lampung.
- Sharacik, ES dan M.A. Cane. 2010. *The El Nino Southern Phenomenon Oscillation*. USA: Cambrige University Press
- Shelton, M.L 2009. *Hydroclimatology: Perspectives dan Aplications*. United Kingdom: Cambrige University.
- Tongkutut, Seni. 2011. *El Nino dan Pengaruhnya Terhadap Curah Hujan di Manado Sulawesi Utara*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Zakir, A., dkk. 2010. *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

UPAYA PENINGKATAN KOMPETENSI PESERTA DIDIK MENGGUNAKAN PROBLEM BASED LEARNING BERBANTUAN LKPD BERPRAKTIKUM

Asrul, Yulkifli dan Ayyuda Hamida

Prodi Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Padang.
email :asrulfisika@gmail.com

Abstract

Contributing factor was less-active learners during a learning process because the learning model used by the teacher has not varied. Learning physics requires learning resources that suitable to the needs of learners, including learning materials. Learning materials which is able to increase the competence of learners are Students Worksheet (LKPD)-based of model Problem Based Learning. This research aims to know the influence of the use of LKPD based of model Problem Based Learning towards the attainment of competences the physics students of class X SMAN 5 Padang. This type of research is Quasi Experiment Design with a Randomized Group Only Design. The population of the research was the students of class X MIPA SMAN 5 year 2016/2017 with the sampling technique used was purposive sampling. Two sample classes, namely X MIPA 2 who use LKPD based of model Problem Based Learning as experimental class and X MIPA 3 using regular LKPD as the control class. The instruments used in this study on the competency of knowledge is a writing test, attitude with the observation sheets, and skill with the performance assessment. The data obtained are statistically tested using test equality of two average. Research results for these three aspects of competence shows that experiemnt class has on average a higher value compared to control classes.

KEYWORDS: *Competence, problembased learning, students worksheet, experiment*

PENDAHULUAN

Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan Negara^[1].

Fisika merupakan bagian dari ilmu pengetahuan Alam (IPA) yang berperan penting terhadap pendidikan dan kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK). Fisika lahir dan berkembang dari rasa ingin tahu tentang berbagai gejala atau fenomena yang dijumpai di alam melalui langkah-langkah metode ilmiah. Ilmu Fisika merupakan (1) proses memperoleh informasi melalui metode empiris (*empirical method*); (2) informasi yang diperoleh melalui penyelidikan yang telah ditata secara logis dan sistematis; dan (3)

suatu kombinasi proses berpikir kritis yang menghasilkan informasi yang dapat dipercaya dan valid^[2].

Proses pembelajaran dalam kurikulum 2013 dilaksanakan dengan pendekatan ilmiah atau saintifik. Kemendikbud (2013) menyatakan bahwa proses pembelajaran dikatakan ilmiah jika memenuhi beberapa kriteria berikut: 1) Materi pembelajaran berbasis pada fakta atau fenomena yang dapat dijelaskan dengan logis atau penalaran; 2) Interaksi yang terjadi antara guru dan peserta didik terbebas dari unsur subjektif; 3) Mendorong peserta didik berpikir kritis, analitis, dan tepat terhadap materi pembelajaran.; 4) Mendorong peserta didik mampu berpikir hipotetik; 5) Mendorong peserta didik mengembangkan pola berpikir yang rasional dan objektif terhadap mata pembelajaran; 6) Berbasis konsep, teori, dan fakta empiris yang dapat dipertanggungjawabkan; 7) Tujuan pembelajaran dirumuskan secara sederhana dan jelas.

Upaya pemerintah untuk meningkatkan kualitas pendidikan belum memperoleh hasil yang memuaskan, salah satunya terlihat dari rata-rata nilai ujian tengah semester I fisika peserta didik kelas X MIPA SMAN 5 Padang tahun pelajaran 2016/2017 yakni 66,89 yang masih di bawah Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM) yang ditetapkan oleh sekolah yaitu 78. Hasil belajar ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu sikap peserta didik yang kurang aktif selama pembelajaran. Kurangnya keaktifan peserta didik disebabkan oleh metode pembelajaran yang digunakan masih didominasi oleh ceramah dan belum bervariasi.

Berdasarkan angket yang diberikan pada peserta didik di SMAN 5 Padang ditemukan beberapa masalah selama proses pembelajaran fisika, yaitu: 1) Peserta didik merasakan bahwa mata pelajaran fisika sulit; 2) Cara peserta didik untuk memahami materi fisika cenderung menghafal rumus akibatnya peserta didik tidak paham dengan makna konsep fisika; 3) Metode pembelajaran yang digunakan pendidik adalah metode ceramah dan tanya jawab serta belum bervariasi; 4) Kegiatan praktikum belum dilaksanakan secara optimal bahkan praktikum tidak dilaksanakan jika alat praktikum yang tersedia kurang lengkap dan sebagai gantinya kegiatan demonstrasi di depan kelas oleh guru juga jarang dilakukan; 5) Selama proses pembelajaran berlangsung, peserta didik belum menggunakan lembar kerja yang dapat membantu peserta didik untuk aktif belajar baik secara individu maupun berkelompok; 6) Lembar kerja hanya digunakan pada saat praktikum dan belum berdasarkan pendekatan saintifik.

Berdasarkan hasil analisis angket, respon peserta didik dalam pembelajaran fisika yang terdiri dari 4 indikator dengan 18 butir pernyataan. Indikator pertama menyatakan minat peserta didik dalam mempelajari fisika dengan tiga butir pernyataan persentasenya 68%. Artinya secara umum peserta didik menyukai fisika namun mereka menganggap fisika merupakan mata pelajaran yang susah dipahami karena sebagian besar peserta didik masih menghafal rumus untuk memahami materi fisika. Indikator kedua adalah metode dalam pembelajaran yang digunakan guru dengan enam butir pernyataan persentasenya 71%, persentase ini menunjukkan bahwa guru sudah memvariasikan metode mengajar agar peserta didik mudah memahami materi fisika namun metode ceramah masih mendominasi selama pembelajaran. Indikator ketiga keterlaksanaan praktikum dengan lima butir pernyataan rata-rata persentasenya 35%, persentase ini menunjukkan bahwa keterlaksanaan praktikum belum optimal dilakukan. Indikator keempat menggunakan bahan ajar berupa LKPD dengan empat butir pertanyaan persentasenya 43%, artinya dalam proses pembelajaran peserta didik belum sepenuhnya menggunakan bahan ajar berupa LKPD yang dikembangkan oleh guru. Dari persentase ini dapat dikatakan bahwa pelaksanaan praktikum dalam pembelajaran belum terlaksana dengan baik serta penggunaan sumber belajar berupa bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik belum optimal.

Sumber belajar yang dapat digunakan dalam pembelajaran salah satunya adalah bahan ajar. Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu pendidik dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran^[3]. Bahan ajar adalah sekumpulan materi pembelajaran yang disusun secara sistematis dan memungkinkan bagi peserta didik untuk belajar. Bahan ajar yang baik dapat mengkomunikasikan pesan, gagasan, atau ide yang disampaikan kepada pembaca dengan baik. Guru sebagai pendidik harus membuat bahan ajar untuk digunakan dalam melaksanakan pembelajaran agar peserta didik dapat aktif dan terarah, selain itu guru juga lebih mempersiapkan pembelajaran sehingga materi yang disampaikan lebih terkontrol.

Bahan ajar yang disusun guru hendaknya dapat meningkatkan kompetensi yang dimiliki peserta didik. Salah satu bahan ajar yang dapat meningkatkan kompetensi peserta didik adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Lembar Kerja Peserta Didik adalah kumpulan lembaran yang berisi tugas-tugas tertentu yang harus dikerjakan peserta didik^[4]. Tugas-tugas yang diberikan pada peserta didik pada LKPD dapat berupa teori maupun praktik. Fisika membutuhkan praktikum dalam pembelajaran sehingga LKPD cocok digunakan pada mata pelajaran fisika. Keuntungan adanya LKPD bagi guru adalah memudahkan guru dalam melaksanakan pembelajaran, sedangkan bagi peserta didik dapat belajar memahami dan menjalankan tugas tertulis secara mandiri.

Penggunaan LKPD dalam pembelajaran memberikan beberapa manfaat, antara lain:

- a. Membantu peserta didik untuk menentukan suatu konsep.
- b. Membantu peserta didik menerapkan dan mengintegrasikan berbagai konsep yang telah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.
- c. Membantu peserta didik memahami materi yang ada dalam buku teks pelajaran.
- d. Membantu peserta didik dalam melaksanakan kegiatan praktikum^[5].

Kenyataan yang ditemui di lapangan LKPD hanya digunakan selama kegiatan praktikum saja, sedangkan kegiatan praktikum jarang dilaksanakan. Pembelajaran fisika akan lebih bermakna jika diperoleh dari kegiatan praktikum menggunakan alat-alat praktikum LKPD dan alat praktikum yang ada belum bisa memotivasi peserta didik untuk aktif dalam pembelajaran, membangun pikiran sendiri dan menemukan konsep fisika melalui model pembelajaran^[6]. Yulkifli dan Yohandri (2016) berhasil mengembangkan alat-alat praktikum menggunakan sensor sebagai penunjang dalam proses pembelajaran fisika^[7]. Alat-alat praktikum fisika menggunakan sensor diyakini lebih efektif dan efisien dalam penggunaannya sehingga tujuan pembelajaran dapat terlaksana sesuai yang diharapkan. Hasil penelitian Yulkifli (2016), terkait alat-alat praktikum berbasis sensor dan teknologi digital dapat mengefisienkan dan mengefektifkan tercapainya tujuan pembelajaran^[8].

Temuan lain adalah LKPD yang digunakan di sekolah berupa lembar kerja yang dikembangkan oleh MGMP dan penyusunan LKPD tersebut belum sepenuhnya berdasarkan pendekatan saintifik yang terdiri dari kegiatan mengamati, menanya, mencoba, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan. LKPD yang digunakan sebaiknya dapat memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk mengembangkan kreatifitas dan meningkatkan kompetensi pada aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Oleh karena itu dalam pembelajaran fisika membutuhkan praktikum serta LKPD sebagai penuntun yang disusun berdasarkan pendekatan saintifik.

Sesuai permasalahan yang telah dikemukakan diperlukan pembelajaran yang dapat meningkatkan motivasi, kemandirian, keaktifan, dan kompetensi peserta didik, salah satunya adalah menggunakan LKPD berbasis model pembelajaran yang mendorong peserta didik belajar aktif. Model pembelajaran yang dapat membuat peserta didik aktif dalam proses pembelajaran yang dipilih adalah model *Problem Based Learning*. Dengan menggunakan

LKPD berbasis model *Problem Based Learning* diharapkan dapat memandu peserta didik untuk belajar aktif sehingga kompetensinya dapat meningkat.

KAJIAN LITERATUR

Problem Based Learning adalah sebuah pembelajaran dengan fokus pemecahan masalah yang nyata. Permasalahan dapat diajukan atau diberikan dari peserta didik bersama pendidik, atau dari peserta didik sendiri, yang kemudian dijadikan pembahasan dan dicari pemecahannya sebagai bentuk pembelajaran bagi peserta didik. *Problem Based Learning* juga berguna dalam merangsang rasa ingin tahu peserta didik. Model *Problem Based Learning* bertujuan untuk membantu peserta didik agar memperoleh berbagai pengalaman dan mengubah tingkah laku peserta didik, baik dari segi kualitas maupun kuantitas.

Problem Based Learning dalam bahasa Indonesia disebut Pembelajaran Berbasis Masalah (PBM). Model pembelajaran berdasarkan masalah merupakan suatu model pembelajaran yang didasarkan pada banyaknya permasalahan yang membutuhkan penyelidikan *autentik* yakni penyelidikan yang membutuhkan penyelesaian nyata dari permasalahan yang nyata^[9]. Permasalahan nyata jika diselesaikan secara nyata, memungkinkan peserta didik memahami konsep bukan hanya sekedar menghafal.

Proses pembelajaran menggunakan model *Problem Based Learning* dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. *Clarify*, peserta didik telah dibagi ke dalam kelompok kecil. Tahap pertama ini peserta didik diajak memahami istilah, konsep yang tidak mereka pahami dari masalah yang diajukan.
- b. *Define*, pada tahap ini peserta didik bekerja bersama dalam kelompok untuk merumuskan masalah.
- c. *Analysis*, peserta didik mengajukan pendapat berupa ide dan gagasan dari semua anggota kelompok untuk didiskusikan secara bersama.
- d. *Review*, peserta didik menyusun ide maupun gagasan yang telah dikemukakan untuk menemukan solusi sementara dari permasalahan.
- e. *Identify learning objective*, peserta didik menyepakati tujuan pembelajaran yang akan dibahas. Pendidik sebagai fasilitator dalam hal ini membantu peserta didik jika menemukan kesulitan.
- f. *Self study*, masing-masing peserta didik mencari informasi yang berhubungan dengan pembahasan yang dipelajari dan membagikannya dalam kelompok.
- g. *Report and synthesis*, pada tahap ini peserta didik melaporkan solusi dari permasalahan yang telah dibahas dalam kelompok. Guru sebagai fasilitator dapat memeriksa pemecahan masalah sudah terselesaikan atau belum^[10].

Problem Based Learning atau Pembelajaran berbasis masalah berkaitan dengan penggunaan intelegensi dari dalam diri individu yang berada dalam sebuah kelompok orang, atau lingkungan untuk memecahkan masalah yang bermakna, relevan, dan kontekstual^[11]. *Problem Based Learning* menantang peserta didik untuk belajar, bekerja secara berkelompok untuk mencari solusi dari permasalahan dunia nyata. Masalah yang diberikan ini digunakan untuk mengikat peserta didik pada rasa ingin tahu pada pembelajaran yang dimaksud. Masalah diberikan kepada peserta didik, sebelum peserta didik mempelajari konsep atau materi yang berkenaan dengan masalah yang harus dipecahkan.

Karakteristik *Problem Based Learning* adalah pembelajaran yang berfokus pada masalah melalui pemberian simulasi autentik agar peserta didik dapat mengorganisasikan permasalahan. Pembelajaran berpusat pada peserta didik, dengan demikian pembelajaran menuntut peserta didik untuk belajar mandiri, peserta didik dapat menemukan sendiri konsep dan pemahaman terhadap materi pembelajaran, sehingga peserta didik dapat secara langsung merefleksikan pengetahuan yang diterimanya. Guru sebagai fasilitator tidak serta merta

memberikan jawaban langsung atas pertanyaan yang ditanyakan tetapi memfasilitasi peserta didik untuk mengeksplorasi pengetahuan mereka^[12].

Penggunaan LKPD dengan model pembelajaran dimaksudkan untuk meningkatkan keaktifan dan kompetensi peserta didik. Kompetensi adalah kemampuan seseorang untuk bersikap, menggunakan pengetahuan dan keterampilan untuk melaksanakan suatu tugas di sekolah, masyarakat, dan lingkungan dimana yang bersangkutan berinteraksi. Kompetensi adalah seperangkat sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang harus dimiliki, dihayati, dan dikuasai oleh peserta didik setelah mempelajari suatu muatan pembelajaran, menamatkan suatu program, atau menyelesaikan satuan pendidikan tertentu^[13]. Kompetensi adalah kemampuan bersikap, berpikir, dan bertindak secara konsisten sebagai perwujudan dari pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang dimiliki peserta didik. Jadi kompetensi merupakan kemampuan yang dimiliki peserta didik dalam pembelajaran baik selama proses pembelajaran maupun setelah proses pembelajaran.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan berupa penelitian *Quasi Experiment Design*. Jenis ini dipilih karena dalam pelaksanaan penelitian digunakan dua kelas sampel yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol, tetapi tidak sepenuhnya dapat mengontrol variabel luar yang mempengaruhi pelaksanaan eksperimen. Rancangan penelitian *Randomized Control Group Only Design*. Dalam rancangan ini sekelompok subjek yang diambil dari populasi tertentu dikelompokkan secara rambang menjadi dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kontrol^[14]. Kelompok eksperimen dikenai variabel perlakuan tertentu dalam jangka waktu tertentu berupa penggunaan LKPD berbasis model *Problem Based Learning* dan kelompok kontrol tidak diberi perlakuan, lalu kedua kelompok itu dikenai pengukuran yang sama.

Populasi dalam penelitian ini adalah semua peserta didik kelas X MIPA SMAN 5 Padang Tahun Pelajaran 2016/2017 sebanyak 177 orang dengan teknik pengambilan sampel menggunakan *Purposive Sampling*. Penggunaan teknik pengambilan sampel ini didasarkan pada pertimbangan tertentu. Peneliti mengambil sampel berdasarkan kelas yang diajar oleh guru yang sama. Kemudian secara *Cluster* dipilih dua kelas sampel dengan rata-rata nilai yang berdekatan yaitu kelas X MIPA 2 dan X MIPA 3. Setelah didapat dua kelas sampel, lalu untuk melihat apakah kedua kelas sampel memiliki kemampuan awal yang sama maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut: 1) Mengumpulkan data nilai fisika kedua kelas sampel, 2) Melakukan uji kesamaan dua rata-rata untuk melihat kesamaan kemampuan kedua kelas sampel secara statistik. Sebelum melakukan uji kesamaan rata-rata terlebih dulu dilakukan uji normalitas dan homogenitas variansi.

Dari analisis data awal yang dilakukan, kedua kelas sampel terdistribusi normal dan homogen. Kemudian kedua sampel diuji secara statistik menggunakan uji t, diperoleh harga t berada dalam daerah penerimaan H_0 maka antara kelas X_{MIPA2} dan X_{MIPA3} memiliki rata-rata kemampuan awal yang sama sebelum diberikan perlakuan. Setelah itu untuk menentukan kelas eksperimen dan kelas kontrol ditentukan dengan teknik pengundian mata uang. Kelas X_{MIPA2} sebagai kelas eksperimen dan kelas X_{MIPA3} sebagai kelas kontrol.

Variabel bebas dalam penelitian ini LKPD, sedangkan variabel terikat adalah kompetensi peserta didik, dan variabel lain yang dibuat konstan yaitu materi pelajaran, suasana belajar, buku sumber, jumlah jam dan model pembelajaran yang digunakan. Untuk mendapatkan data dari penelitian ini, diperoleh melalui dua cara, yaitu data primer dan data sekunder dengan mengikuti prosedur penelitian dari tahap persiapan, pelaksanaan sampai penyelesaian. Pada tahap persiapan, peneliti menentukan tempat penelitian hingga mempersiapkan perangkat pembelajaran yang akan dilakukan. Tahap pelaksanaan, pada kelas eksperimen menggunakan LKPD Berbasis model *Problem Based Learning* sedangkan kelas

kontrol menggunakan LKPD yang biasa digunakan pendidik dalam pembelajaran. Kemudian setelah mengumpulkan data kompetensi peserta didik, maka peneliti mengolah data hingga didapatkan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Data kompetensi fisika peserta didik pada aspek pengetahuan diperoleh melalui tes tulis setelah akhir pembelajaran. Kompetensi sikap dan keterampilan diperoleh melalui lembar observasi dan penilaian unjuk kerja menggunakan rubrik penskoran. Untuk melihat perbedaan hasil belajar pada ketiga aspek kompetensi peserta didik dilakukan uji kesamaan dua rata-rata, dengan syarat terlebih dahulu melakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Uji Normalitas yang digunakan adalah uji Liliefors, karena data yang didapatkan berupa data tunggal. Uji homogenitas yang digunakan adalah uji F.

a. Kompetensi Sikap

Data kompetensi peserta didik pada aspek sikap diperoleh selama pembelajaran berlangsung. Data ini diambil dengan menggunakan lembar observasi penilaian kompetensi sikap. Penilaian kompetensi sikap dibagi atas tujuh aspek yaitu sikap spiritual, disiplin, kerja sama, tanggung jawab, rasa ingin tahu, komunikatif, dan toleransi. Deskripsi data kompetensi sikap ini ditunjukkan oleh rata-rata nilai yang diperoleh peserta didik setelah enam kali pertemuan tatap muka dikelas.

Hasil penelitian diperoleh bahwa kompetensi pengetahuan peserta didik kelas eksperimen lebih baik dibandingkan dengan kelas kontrol. Rata-rata nilai kelas eksperimen adalah 87,50, simpangan baku 3,45, dan varians 11,91. Sedangkan kelas kontrol dengan rata-rata 83,72, simpangan baku 2,64, dan varians 6,99. Nilai rata-rata kompetensi sikap peserta didik kelas eksperimen lebih tinggi dibanding kelas kontrol. Nilai simpangan baku kelas eksperimen lebih besar jika dibandingkan dengan nilai simpangan baku kelas kontrol, artinya kompetensi sikap peserta didik kelas eksperimen kurang merata dibandingkan kelas kontrol. Sedangkan nilai varians kelas eksperimen lebih besar dibandingkan nilai varians kelas kontrol, artinya kompetensi sikap kelas eksperimen lebih beragam dibandingkan kelas kontrol.

Nilai yang didapat kelas eksperimen mempunyai harga $L_o = 0,111$ dan kelas kontrol $L_o = 0,147$ dengan $L_t = 0,161$ pada taraf nyata 0,05. Harga $L_o < L_t$ berarti data kompetensi sikap kedua kelas sampel terdistribusi normal. Hasil uji homogenitas kedua kelas sampel diperoleh $F_{hitung} = 1,70$ dan $F_{tabel} = 1,87$ dengan taraf nyata 0,05 $dk_{pembilang} = 29$ dan $dk_{penyebut} = 28$. Hasil ini menunjukkan bahwa $F_{hitung} < F_{(0,05),(29,28)}$, artinya kedua kelas sampel memiliki varians yang homogen.

Kedua kelas sampel terdistribusi normal dan homogen, maka dilakukan uji kesamaan dua rata-rata menggunakan statistik uji t. Uji kesamaan dua rata-rata kelas sampel dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Kompetensi Sikap

Kelas	N	\bar{X}	S^2	t_{hitung}	t_{tabel}
Eksperimen	30	87,50	11,91	4,71	2,00
Kontrol	29	83,72	6,99		

Tabel 1 menunjukkan bahwa $t_{hitung}=4,71$ sedangkan $t_{tabel}=2,00$ dengan kriteria pengujian, terima H_0 jika $t_{(1-1/2\alpha)} < t_h < t_{(1-1/2\alpha)}$. Data ini menunjukkan bahwa t_{hitung} berada pada daerah penolakan H_0 maka dapat disimpulkan adanya keberartian perbedaan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kontrol pada kompetensi sikap.

b. Kompetensi Pengetahuan

Data kompetensi peserta didik pada aspek pengetahuan diperoleh dari tes akhir berbentuk pilihan ganda sebanyak 30 butir. Tes akhir diberikan kepada kelas eksperimen dengan jumlah peserta didik sebanyak 30 orang dan kelas kontrol dengan jumlah peserta didik sebanyak 29 orang.

Hasil penelitian diperoleh bahwa kompetensi sikap peserta didik kelas eksperimen lebih baik dibandingkan dengan kelas kontrol. Rata-rata nilai kelas eksperimen adalah 79,93, simpangan baku 10,43, dan varians 108,89. Sedangkan kelas kontrol dengan rata-rata 73,21, simpangan baku 13,39, dan varians 179,53. Dari perolehan ini terlihat bahwa rata-rata nilai kelas eksperimen lebih tinggi dibanding kelas kontrol. Simpangan baku kelas eksperimen lebih kecil dari kelas kontrol, artinya kompetensi pengetahuan kelas eksperimen lebih merata dibandingkan kelas kontrol. Sedangkan simpangan baku kelas eksperimen lebih kecil dari kelas kontrol, artinya kelas kontrol mempunyai kemampuan yang lebih beragam dibanding kelas eksperimen.

Nilai yang didapat kelas eksperimen mempunyai harga $L_o=0,143$ dan kelas kontrol $L_o=0,057$ dengan $L_t=1,61$ padatarafnyata 0,05, Harga $L_o < L_t$ berarti data hasil tes akhir kedua kelas sampel terdistribusi normal. Hasil uji homogenitas kedua kelas sampel diperoleh $F_{hitung} = 1,65$ dan $F_{tabel} = 1,85$ dengan taraf nyata 0,05 dk_{pembilang} 28 dan dk_{penyebut} 29. Hasil menunjukkan bahwa $F_h < F_{(0,05),(28;29)}$, artinya kedua kelas sampel memiliki varian yang homogen. Selanjutnya dilakukan uji kesamaan dua rata-rata menggunakan statistik uji t. Hasil uji kesamaan dua rata-rata dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Aspek Pengetahuan

Kelas	N	\bar{X}	S^2	t_{hitung}	t_{tabel}
Eksperimen	30	79,93	108,89	2,18	2,00
Kontrol	29	73,21	179,53		

Tabel 2 menunjukkan bahwa $t_{hitung}=2,18$ sedangkan $t_{tabel}=2,00$ dengan kriteria pengujian, terima H_0 jika $-t_{(1-1/2\alpha)} < t_h < t_{(1-1/2\alpha)}$. Data ini menunjukkan bahwa t_{hitung} berada pada daerah penolakan H_0 maka dapat disimpulkan adanya keberartian perbedaan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kontrol pada kompetensi pengetahuan.

c. Kompetensi Keterampilan

Data hasil belajar pada ranah keterampilan diperoleh melalui selama proses praktikum berlangsung, aspek penilaian meliputi kegiatan persiapan, pelaksanaan, hasil pengamatan, dan pelaporan. Nilai kompetensi keterampilan ini diperoleh dari rata-rata nilai keterampilan yang dilakukan setiap pertemuan dalam proses pembelajaran di laboratorium.

Hasil penelitian diperoleh bahwa kompetensi keterampilan peserta didik kelas eksperimen lebih baik dibandingkan dengan kelas kontrol. Rata-rata nilai kelas eksperimen adalah 90,33, simpangan baku 1,95, dan varians 3,82. Sedangkan kelas kontrol dengan rata-rata 86,89, simpangan baku 2,47, dan varians 6,09. Nilai simpangan baku kelas eksperimen lebih kecil dibandingkan dengan nilai simpangan baku kelas kontrol, artinya kompetensi

keterampilan kelas eksperimen lebih merata dibandingkan kelas kontrol, sedangkan nilai varians kelas eksperimen lebih kecil dibandingkan nilai varians kelas kontrol, artinya kompetensi keterampilan kelas eksperimen kurang beragam dibandingkan kelas kontrol.

Nilai yang didapat kelas eksperimen mempunyai harga $L_o = 0,152$ dan kelas kontrol $L_o = 0,154$ dengan $L_t = 0,161$ pada taraf nyata $0,05$. Harga $L_o < L_t$ berarti data kompetensi sikap kedua kelas sampel terdistribusi normal. Hasil uji homogenitas kedua kelas sampel diperoleh $F_{hitung} = 1,60$ dan $F_{tabel} = 1,85$ dengan taraf nyata $0,05$ dk pembilang 29 dan dk penyebut 28. Hasil ini menunjukkan bahwa $F_{hitung} < F_{(0,05),(28,29)}$, artinya kedua kelas sampel memiliki varians yang homogen. Selanjutnya dilakukan uji kesamaan dua rata-rata menggunakan statistik uji t. Uji kesamaan dua rata-rata kelas sampel dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Kompetensi Keterampilan

Kelas	N	\bar{X}	S^2	t_{hitung}	t_{tabel}
Eksperimen	30	90,33	1,95	5,94	2,00
Kontrol	29	86,89	2,47		

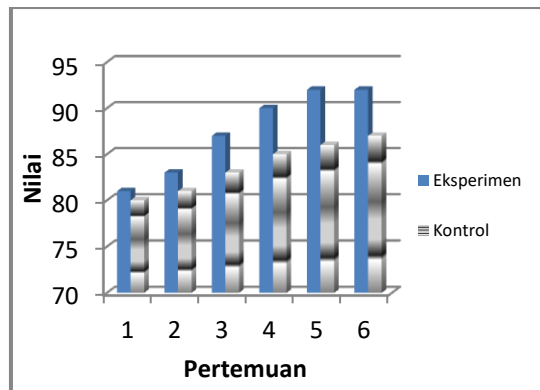
Tabel 3 menunjukkan bahwa $t_{hitung} = 5,94$ sedangkan $t_{tabel} = 2,00$ dengan kriteria pengujian, terima H_o jika $t_{(1-1/2\alpha)} < t_h < t_{(1-1/2\alpha)}$. Data ini menunjukkan bahwa t_{hitung} berada pada daerah penolakan H_o maka dapat disimpulkan adanya keberartian perbedaan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kontrol pada kompetensi pengetahuan.

Pembahasan

Hasil analisis data dari ketiga aspek kompetensi pengetahuan, sikap dan keterampilan pada kelas eksperimen yang menggunakan LKPD berbasis model *Problem Based Learning* lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang menerapkan model *Problem Based Learning*. Hasil uji hipotesis didapatkan bahwa adanya perbedaan nilai rata-rata kedua kelas sampel ini menunjukkan bahwa penggunaan LKPD berbasis model *Problem Based Learning* memiliki pengaruh yang berarti terhadap kompetensi peserta didik.

Penilaian kompetensi sikap menggunakan lembar observasi yang dirancang untuk melihat sikap peserta didik selama berlangsungnya kegiatan praktikum di laboratorium. Nilai rata-rata kompetensi sikap pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Nilai rata-rata kompetensi sikap kelas eksperimen adalah 87,50 dan kelas kontrol 83,72. Hal ini disebabkan penggunaan LKPD berbasis model *Problem Based Learning* yang membuat peserta didik tertarik untuk memahami materi pembelajaran karena di dalam LKPD disajikan masalah atau fenomena dalam kehidupan sehari-hari yang bisa diamati peserta didik. Masalah yang disajikan dalam LKPD berbasis model *Problem Based Learning* mendorong peserta didik untuk menemukan solusinya.

Rata-rata pencapaian kompetensi sikap kelas sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rata-rata Pencapaian Kompetensi Sikap

Berdasarkan Gambar 1, rata-rata pencapaian kompetensi sikap kelas sampel mengalami peningkatan tiap pertemuannya. Berdasarkan pengamatan dan analisis data, diketahui bahwa sikap peserta didik pada pertemuan 1 tergolong rendah. Hal ini dikarenakan pada pertemuan pertama peserta didik masih merasa canggung. Meskipun demikian, tetap dipilih satu kelompok yang terbaik, kemudian diberi *reward* berupa pujian supaya meningkatkan motivasi belajar peserta didik.

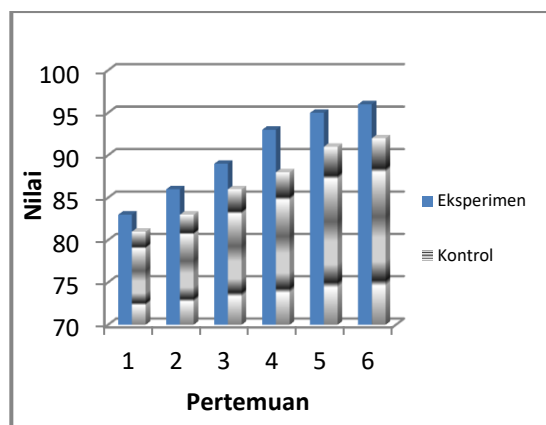
Analisis data yang dilakukan pada kedua kelas sampel menyatakan bahwa terdapat pengaruh yang berarti penerapan LKPD berbasis model *Problem Based Learning* terhadap kompetensi fisika peserta didik kelas X SMAN 5 Padang pada aspek sikap. Hal ini berarti nilai-nilai sikap yang diharapkan melalui LKPD dapat meningkatkan motivasi dan membuat peserta didik aktif selama proses pembelajaran. Selama proses pembelajaran di kelas eksperimen, peserta didik cenderung lebih aktif dalam memberikan pertanyaan, maupun pendapat dalam memecahkan suatu permasalahan.

Nilai rata-rata kompetensi pengetahuan pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata pada kelas kontrol. Hal ini berarti nilai-nilai sikap yang diharapkan melalui LKPD dapat meningkatkan motivasi dan membuat peserta didik aktif selama proses pembelajaran. Selama proses pembelajaran di kelas eksperimen, peserta didik cenderung lebih aktif dalam memberikan pertanyaan, maupun pendapat dalam memecahkan suatu permasalahan.

Pembelajaran untuk kedua kelas sampel sama-sama menggunakan model *Problem Based Learning* dan penerapannya sudah diusahakan sama untuk kedua kelas, tetapi susah diterapkan pada kelas kontrol karena kurangnya ketertarikan peserta didik ketika diberikan suatu masalah. Berbeda dengan kelas eksperimen, peserta didik lebih tertarik untuk menemukan solusi dari permasalahan yang diberikan karena sudah dituntun di dalam LKPD.

Kelas eksperimen menggunakan LKPD berbasis model *Problem Based Learning* dimana setiap tahapan model *Problem Based Learning* tertera di dalam LKPD yang sudah tersusun secara sistematis. Sedangkan kelas kontrol menggunakan LKPD biasa yang mana di dalam LKPD tidak dicantumkan tahap-tahap model *Problem Based Learning*. Masalah yang diberikan pada LKPD berbasis *Problem Based Learning* sudah tertera di dalam LKPD berupa ilustrasi, peserta didik merumuskan masalah dan mencari alternatif penyelesaiannya, sehingga peserta didik dapat menggali pengetahuannya bersama-sama dengan anggota kelompoknya. Berbeda dengan kelas kontrol, masalah disampaikan oleh guru secara lisan sehingga peserta didik kurang tertarik untuk menemukan penyelesaian masalah.

Nilai kompetensi keterampilan diperoleh dari rata-rata nilai keterampilan yang dilakukan setiap pertemuan dalam proses pembelajaran di laboratorium., hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rata-rata Pencapaian Kompetensi Keterampilan

Nilai rata-rata kompetensi keterampilan berdasarkan Gambar 2, menunjukkan bahwa nilai kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol pada setiap pertemuannya. Nilai rata-rata kompetensi sikap kelas eksperimen adalah 90,33 dan kelas kontrol 86,89. Hal ini dikarenakan pada kelas eksperimen selama pembelajaran menggunakan LKPD berbasis model *Problem Based Learning*. Penggunaan LKPD Berbasis model *Problem Based Learning* bertujuan untuk memudahkan peserta didik melakukan kegiatan praktikum secara mandiri. LKPD berbasis model *Problem Based Learning* berisi suatu masalah yang akan dicarikan solusinya oleh peserta didik berbeda dengan kelas kontrol yang hanya disampaikan secara langsung saja. Hal ini menyebabkan kompetensi keterampilan kelas eksperimen meningkat dibandingkan kelas kontrol. Peningkatan ini dikarenakan peserta didik dapat melihat setiap petunjuk praktikum yang ada pada LKPD.

Penggunaan LKPD Berbasis model *Problem Based Learning* bertujuan untuk memudahkan peserta didik melakukan kegiatan praktikum secara mandiri. LKPD berbasis model *Problem Based Learning* berisi suatu masalah yang akan dicarikan solusinya oleh peserta didik berbeda dengan kelas kontrol yang hanya disampaikan secara langsung saja. Hal ini menyebabkan kompetensi keterampilan kelas eksperimen meningkat dibandingkan kelas kontrol. Peningkatan ini dikarenakan peserta didik dapat melihat setiap petunjuk praktikum yang ada pada LKPD. Perbedaan ini disebabkan karena semua variabel dikontrol kecuali variabel bebasnya yaitu penggunaan LKPD berbasis model *Problem Based Learning*.

Peningkatan kompetensi peserta didik pada ketiga aspek dapat disimpulkan mengalami peningkatan, sehingga penggunaan LKPD berbasis model *Problem Based Learning* memberikan pengaruh yang berarti terhadap kompetensi peserta didik. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa pembelajaran menggunakan model *Problem Based Learning* dapat meningkatkan kompetensi fisika peserta didik. Adanya LKPD berbasis model *Problem Based Learning* membuat peserta didik lebih terarah dan cenderung lebih aktif dalam proses pembelajaran^[10].

Selama penelitian peneliti mendapat beberapa kendala sehingga hasil penelitian kurang maksimal. Kendala yang dihadapi adalah keterbatasan alat praktikum digital pada materi gerak lurus. Alat yang digunakan adalah pesawat atwood digital yang menggunakan beberapa komponen elektronika diantaranya sensor *infrared* dan alat pengukur waktu digital. Pesawat atwood digital digunakan terbatas pada sub materi gerak lurus berubah beraturan saja, sehingga praktikum harus dilakukan secara bergiliran agar semua peserta didik dapat menggunakan alat praktikum. Kendala lain yang dihadapi yaitu kurangnya ketersediaan alat praktikum yang ada di laboratorium pada materi gerak parabola. Untuk mengatasi hal ini, peneliti menggunakan alat-alat praktikum sederhana sebagai penggantinya sehingga praktikum tetap dapat dilakukan dan sehingga tujuan pembelajaran dapat terlaksana. Selain

itu peneliti tidak bisa mengamati seluruh aktivitas peserta didik selama proses pembelajaran, hal ini dikarenakan kurangnya observer selama proses pembelajaran.

KESIMPULAN

Hasil penelitian penggunaan LKPD berbasis model *Problem Based Learning* terhadap kompetensi peserta didik kelas X di SMAN 5 Padang, menunjukkan adanya perbedaan yang berarti penggunaan LKPD berbasis model *Problem Based Learning* pencapaian terhadap kompetensi fisika peserta didik kelas X SMAN 5 Padang pada tiga aspek penilaian yaitu aspek pengetahuan, aspek sikap, dan aspek keterampilan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kemenristek Dikti melalui Hibah Dosen Pascasarjana Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA UNP 2017. Dr. Yulkifli, M.Si (Ketua Tim) Nomor Kontrak: 446/UN 35.2/PG/2017

REFERENSI

- [1] Undang-Undang Republik Indonesia No. 20 Tahun 2003 tentang Standar Pendidikan Nasional. Jakarta: Kemendikbud.
- [2] Permendikbud No. 59 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah. Jakarta : Kemendikbud.
- [3] Depdiknas. 2008. *Pedoman Pengembangan Perangkat Pembelajaran KTSP*. Jakarta: BSNP.
- [4] Majid, A. 2006. *Perencanaan Pembelajaran Mengembangkan Standar Kompetensi Pendidik*. Bandung: Remaja Rosdakarya
- [5] Depdiknas. 2008. *Pedoman Pengembangan Materi Pembelajaran KTSP*. Jakarta: BSNP.
- [6] Yulkifli, dan Yohandri. 2016. Pengembangan Teknologi Sensor Menjadi Alat-Alat Praktikum Fisika dalam Mendukung Implementasi Kurikulum 2013. *Prosiding Semirata*. Wilayah Barat 22-23 Mei 2016. ISBN: 978-60271798-1-3
- [7] Yulkifli, Yohandri, dan Virmani, Novita. 2016. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Model Discovery Learning dan Alat Praktikum Gerak Melingkar Berbasis Teknologi Digital. *Prosiding Konaspi UNJ* 12-15 Oktober 2016. ISBN: 978-602-60240-0-8
- [8] Yulkifli. 2016. Desain Pembuatan Alat-Alat Praktikum Berbasis Teknologi Digital sebagai Pendukung Perangkat Mata Kuliah Pengembangan Alat Laboratorium Fisika Berbasis KKNI untuk Mahasiswa Pendidikan Fisika PPS UNP. *Laporan Penelitian Hibah Dosen Pascasarjana* 2016. 275/UN 35.2/PG/2016
- [9] Trianto. 2009. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- [10] Yenti, Neli Fitri. 2016. Pengembangan LKPD Berbasis Model *Problem Based Learning* Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta Didik Pada Materi Kinematika Gerak Lurus. *Tesis*. UNP.
- [11] Rusman. 2012. *Model-model pembelajaran; Mengembangkan Profesionalisme Pendidik*. Jakarta: Rajawali Pers.

- [12] Hung, Woie, Jonasser, David H. , and Rude Liu. 2008.*Handbook Of Research On Educational Communications And Technology Third Edition*. Research of Association for Educational Communications and Technology.
- [13] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 32 tahun 2013
- [14] Djamas, Djusmaini. 2015. *Modul Metodologi Penelitian Pendidikan Fisika*. Padang : UNP.

APPLICATION OF FIBER OPTIC SENSOR SYSTEM FOR THE MEASUREMENT OF VIBRATION FREQUENCY ACOUSTIC

Bayu Hadi Saputro , Harmadi , Wildian.

¹Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

email: bayuhadisaputro@unja.ac.id

²Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Andalas

email: harmadimsi@yahoo.com

ABSTRACT

A system of optical fiber sensor for measuring the frequencies of acoustic vibration has been designed. This sensor system consists of a fiber-optic cable with 18 cm length, a red laser LED ($\lambda= 650$ nm) as a light source/transmitter, and a photodetector OPT 101 as a receiver of light reflected by a vibrating object. The test object used in this research is an electromagnet speaker which is vibrated by a periodic signal from a signal generator. The change of the vibration magnitude of the speaker's membrane causes the change of light intensity received by photodetector. Consequently, the potential different between the two leads of photodetector also changes by the changes of light intensity it received. Refers to the values of the frequencies showed on the signal generator, the changes of the voltage is processed by a microcontroller module and displayed on a PC monitor screen in the form of the values of the object's vibration frequencies. According to the test performance of the system, it can be concluded that the system can be used to measure acoustic vibration of an object in the range of 60 Hz to 360 Hz, with the average accuracy of 93,58%.

Keywords: optical fiber sensor, frequency measurement, acoustic vibration

PENDAHULUAN

Getaran merupakan fenomena yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan. Getaran bisa terjadi dimana dan kapan saja seperti senar gitar, lonceng yang berbunyi serta gempa bumi. Jika sebuah obyek dalam gerak periodik bergerak bolak-balik melalui lintasan yang sama, maka geraknya disebut getaran [1]. Setiap obyek yang bergetar akan memberikan informasi tertentu sesuai dengan getaran yang dihasilkan.

Getaran dalam bidang industri merupakan sifat fisis yang harus terukur dan terpantau. Sebagai contoh adalah *rotating machinery* perlu diperhatikan kondisi getaran yang dihasilkan karena akan menunjukkan keadaan mesin. Pengukuran getaran juga dilakukan melakukan penelitian untuk mendeteksi kerusakan motor bakar dengan cara mengukur tingkat getaran yang dihasilkan oleh mesin motor tersebut [2].

Getaran dapat diinterpretasikan melalui frekuensi. Pengukuran frekuensi getaran menggunakan serat optik telah dikembangkan antara lain oleh [3] menggunakan metode berbasis directional coupler, [4] menggunakan metode misalignment, [5] memanfaatkan rugi daya akibat pergeseran mikro, [6] melihat efek dari posisi serat optik pada pengukuran

pergeseran mikro, dan [7] menggunakan pergeseran mikro sebagai awal untuk mengukur frekuensi.

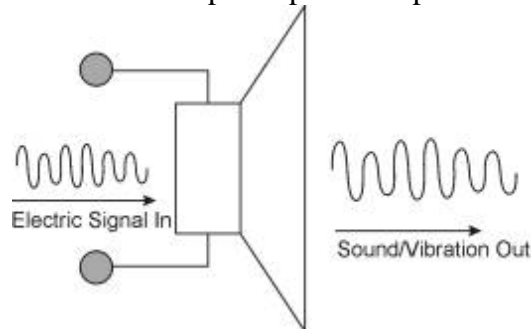
Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengukuran frekuensi getaran akustik menggunakan serat optik. Getaran akustik dapat diamati karena getaran akustik merupakan getaran mekanik. Getaran akustik merambat melalui medium sehingga penelitian dapat dilakukan dengan cara membuat obyek yang bergetar melalui sumber getaran yang ideal.

KAJIAN LITERATUR

Getaran akustik

Getaran merupakan gerak periodik yang dilakukan sebuah obyek melalui lintasan yang sama. Waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali getaran disebut dengan perioda getar τ , sedangkan banyaknya getaran yang terjadi tiap detik disebut dengan frekuensi getar f .

Getaran akustik adalah getaran mekanis yang merambat dari sumber getar atau sinyal. Getaran akustik memerlukan medium (padat, cair, gas) untuk perambatannya [8]. Sebagai contoh getaran akustik adalah getaran pada membran speaker yang dibangkitkan gelombang oleh frekuensi generator. Getaran akustik pada speaker dapat dilihat pada Gambar 1.



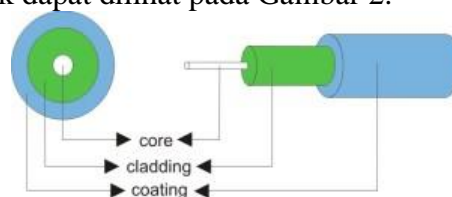
Gambar 1. Getaran akustik pada speaker

Getaran akustik dapat menimbulkan bunyi jika frekuensi akustik berada pada range 20 Hz sampai 20 kHz. Getaran akustik dapat terbagi atas 3 bagian berdasarkan frekuensinya yakni: infrasonik jika frekuensi getaran kurang dari 20 Hz, sonik jika frekuensi getaran berada pada range 20 Hz sampai 20 kHz dan ultrasonik jika frekuensi getaran besar dari 20 kHz.

Serat optik

Serat optik adalah saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal optik dari suatu tempat ke tempat lain. Proses transmisi sinyal pada serat optik dinamakan dengan pandu gelombang.

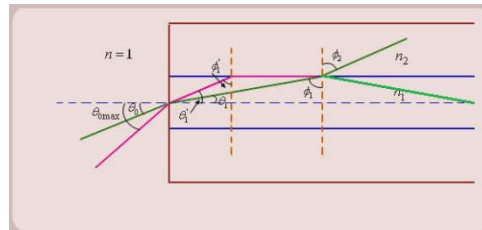
Sifat-sifat transmisi pandu gelombang optik ditentukan oleh karakteristik struktur bahan penyusunnya. Struktur bahan ini yang akan mempengaruhi sinyal optik yang merambat di sepanjang serat optik. Struktur serat optik terdiri atas 3 bagian utama yaitu *core*, *cladding*, dan *coating*. Stuktur serat optik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur serat optik

Prinsip kerja sistem serat optik

Sistem serat optik memiliki prinsip kerja yaitu pemantulan dan pembiasan cahaya. Pemantulan dan pembiasan terjadi pada bidang batas antara core dan cladding dikarenakan memiliki indeks bias yang berbeda. Sinar yang masuk melalui penampang serat optik akan diteruskan dan berubah arah ketika memasuki bahan dari serat optik.

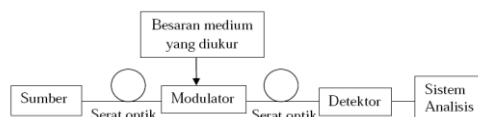


Gambar 3. Perambatan cahaya pada serat optik

Perambatan sinar cahaya pada serat optik dioptimalkan agar terjadi pemantulan internal total (*total internal reflection*). Sinar yang merambat di dalam inti sepanjang serat optik akan mengalami pemantulan internal total berulang-ulang. Pemantulan internal total akan terjadi jika θ_0 lebih kecil dari $\theta_{0\ max}$ atau biasa disebut dengan sudut kritis $\theta_{0\ max}$.

Sensor serat optik

Sensor merupakan jenis transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sistem sensor serat optik merupakan kumpulan sistem yang menggunakan kabel serat optik dirangkai untuk memperoleh keluaran yang diinginkan. Sensor serat optik didasarkan pada mekanisme modulasi gelombang cahaya dari suatu sumber seperti LED, diode laser, atau yang lainnya. Skema sistem sensor serat optik menurut [9] seperti Gambar 4.

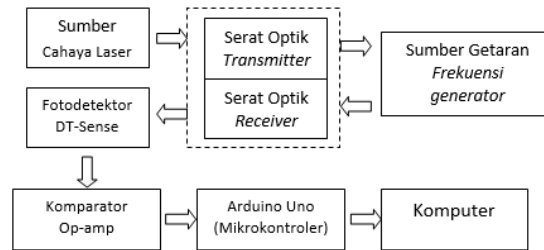


Gambar 4. Sistem sensor serat optik

METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari multimeter digital, laser LED $\lambda=650\text{ nm}$, komparator op-amp, frekuensi generator, speaker elektromagnet, modul mikrokontroler Arduino dan PC. Serat optik plastik FD 620-10 bertipe step-index multimode dengan indeks bias inti $n_1=1,44$ dan indeks bias cladding $n_2=1,426$, speaker magnet sebagai sumber getaran dan komponen elektronika meliputi kapasitor, resistor, dan fotodetektor.

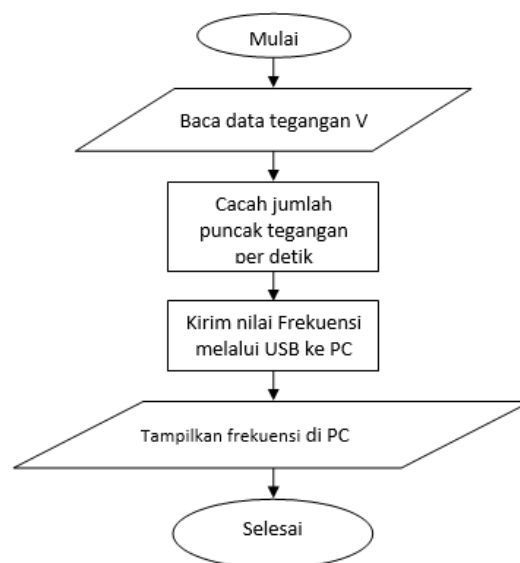
Perancangan perangkat keras sistem serat optik untuk mengukur frekuensi getaran dibentuk secara terpadu. Sumber getaran dan sistem serat optik dibuat dalam satu tempat. Penampilan data frekuensi getaran dapat digunakan sambungan USB dari sistem sensor serat optik menuju komputer. Perangkat keras sistem serat optik terdiri atas serat optik FD 620-10, modul mikrokontroler Anduino Uno, speaker, laser, dan catu daya.



Gambar 5. Skema perangkat

Sinyal cahaya yang ditransmisikan melalui serat optik transmitter akan dipantulkan oleh sumber getaran dan ditransmisikan kembali oleh serat optik receiver kepada fotodetektor. Fotodetektor akan mengubah Intensitas cahaya yang diterimanya menjadi besaran listrik berupa tegangan analog. Tegangan analog dari fotodetektor terlebih dahulu dikondisikan dengan komparator Op-Amp sebelum diproses oleh arduino.

Proses pengolahan informasi tegangan dari fotodetektor akan dilakukan oleh modul mikrokontroler Arduino. Proses ini berupa mode counter yang akan menghitung jumlah tegangan yang masuk dari sensor persatuan waktu. Data yang didapatkan dari modul mikrokontroler Arduino akan ditampilkan dalam bentuk nilai frekuensi pada komputer. Proses penghitungan frekuensi ditampilkan pada diagram alir Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir program

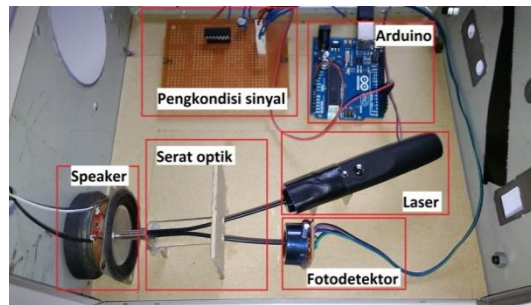
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat keras sistem sensor serat optik

Perangkat keras dari sistem sensor serat optik secara keseluruhan terdiri atas beberapa bagian yaitu, serat optik FD 620-10, Laser LED merah dan fotodetektor. Selain itu ditambahkan beberapa rangkaian yaitu pengkondisi sinyal dan pemroses sinyal modul mikrokontroler Arduino.

Sumber getaran berasal dari speaker elektromagnet yang digetarkan melalui frekuensi generator. Ketika speaker diberikan sebuah sinyal frekuensi perubahan magnitudo getaran

pada selaput (membran) speaker menyebabkan perubahan intensitas cahaya yang diterima fotodetektor. Akibatnya, beda potensial di antara kedua kaki fotodetektor juga berubah dengan berubahnya intensitas cahaya yang diterimanya.

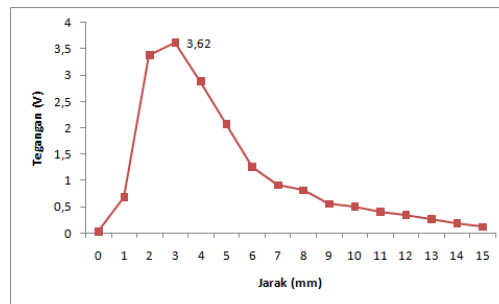


Gambar 7. Rancangan sistem sensor serat optik

Karakteristik sensor serat optik untuk mengukur frekuensi

Karakterisasi sensor serat optik dilakukan dengan cara mengukur besarnya perubahan tegangan keluaran fotodetektor dari sistem sensor serat optik terhadap perubahan jarak sensor serat optik dengan membran speaker.

Karakterisasi dilakukan dengan melakukan variasi jarak antara ujung sensor serat optik dengan membran speaker. variasi jarak antara ujung sensor serat optik dengan membran speaker diberikan sebesar 1 mm.



Gambar 8. Karakterisasi sensitivitas sensor serat optik

Tegangan keluaran berubah seiring perubahan jarak antara ujung sensor serat optik dengan membran speaker. Pada jarak 0 mm sampai 3 mm menunjukkan kecenderungan (*trend*) grafik meningkat, sedangkan pada jarak 3 mm sampai 15 mm menunjukkan *trend* grafik menurun.

kurva memiliki kecenderungan naik pada jarak 0 mm sampai dengan 3 mm. Sensitivitas tertinggi hubungan jarak antara membran speaker dan ujung serat optik terdapat pada jarak 1 mm – 2 mm. Hasil ini disebabkan karena sudut pantulan cahaya dari membran speaker dianggap masih dalam range sudut yang masih bisa diterima oleh serat optik. Keadaan ini berkaitan dengan teori yang telah disampaikan pada bagian *numerical aperture* (NA). Secara perhitungan, sudut NA yang dimiliki oleh serat optik FD-620-10 sebesar $11,55^\circ$

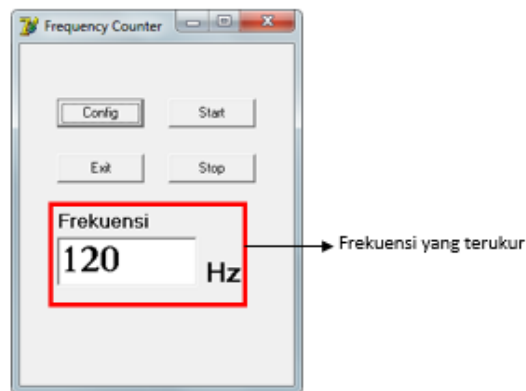
Perangkat lunak sistem sensor serat optik

Perangkat lunak sistem sensor serat optik untuk mengukur frekuensi menggunakan prinsip *counter*. Prinsip kerja *counter* yaitu mencacah maksimum dan minimum tegangan yang masuk persatuan detik. Tegangan maksimum dan minimum yang akan dicacah harus berbentuk digital yakni keadaan 5 V (*high*) dan 0 V (*low*). Jumlah semua tegangan

maksimum dan minimum yang tercacah akan menjadi nilai frekuensi dari keluaran counter (Gambar 6). Proses pencacahan ini dilakukan menggunakan Arduino.

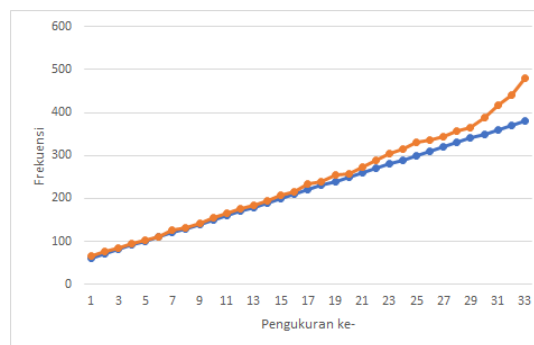
Hasil pengukuran frekuensi

Perubahan tegangan maksimum dan minimum dari fotodetektor akan dicacah dengan arduino. Arduino akan mengirimkan nilai frekuensi ke PC menggunakan antarmuka USB untuk ditampilkan. Frekuensi yang terukur ditampilkan secara visual melalui program Delphi seperti yang ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Frekuensi terukur

Pengujian dilakukan dengan memberikan sinyal input ke speaker menggunakan sinyal generator. Selama pengujian diberikan variasi frekuensi dari sinyal generator sebanyak 33 kali. Dengan rentang frekuensi mulai dari 60 Hz sampai dengan 480 Hz. Perbandingan nilai input sinyal generator dengan pembacaan alat ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan nilai frekuensi sinyal generator dengan pembacaan alat

Kemampuan sistem sensor serat optik dalam mengukur besaran frekuensi pada penelitian ini maksimal sebesar 360 Hz. Jika pengukuran dilakukan untuk frekuensi besar dari 360 Hz maka hasilnya tidak linier. batas kemampuan pengukuran ini juga diduga karena membran speaker yang bergetar sangat cepat tidak dapat menunjukkan perubahan intensitas secara signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil dan analisis penelitian dapat diambil kesimpulan yaitu Pengukuran frekuensi efektif pada jarak 1mm sampai 2 mm antara sumber getar dengan sistem sensor serat optik. Frekuensi yang terukur mendekati nilai yang sebenarnya melalui sinyal generator.

Kesalahan pengukuran kurang dari 10% pada *range* frekuensi 60 Hz - 360 Hz dengan tingkat akurasi sebesar 93,8%.

REFERENSI

- [1] Halliday, D dan Resnick, R.1978. Fisika Jilid 1 dan 2. Terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto.1992, Jakarta: Erlangga. Haumont,R dkk.2009.
- [2] Wicaksono, H. 2003. *Pendeteksi Kerusakan Pada Mesin Motor Bakar Dengan Metode Getaran Menggunakan Teknologi Fuzzi Yang Diimplementasikan Pada FPGA*. ITS , Surabaya.
- [3] Hariyanto, E. *Aplikasi Directional Coupler Serat Optik Mode Jamak Sebagai Sensor Getaran Berbasis Modulasi Intensitas*. Prosiding Seminar Nasional UNY, 14 Mei 2011.
- [4] Zulaichah, S. 2004. *Pengukuran Frekuensi Getaran Menggunakan Serat Optik*. ITB : Bandung.
- [5] Wang, P., et al. 2011. *A Fiber-Optic Voltage Sensor Based On Macrobending Structure*. Optics & Laser Technology (Elsevier) Volume 43, Issue 5, Pages 922–925
- [6] Jafari, R and H, Golnabi. 2011. *Fibre position effects on the operation of opto-pair fibre displacement sensors*. Optics & Laser Technology (Elsevier) Volume 43, Issue 4, Pages 814–819
- [7] Binua, S., V.P. Pillaia., N. Chandrasekaran. 2007. *Fiber Optic Displacement Sensor For The Measurement Of Amplitude And Frequency Of Vibration*. Optics & Laser Technology (Elsevier) Volume 39, Issue 8, Pages 1537–1543
- [8] Filippi, P., et al. 1999. *Acoustics Basic Physics Theory & Methods*. Academic Press, 1st Edition ISBN 0122561902

RANCANG BANGUN PENGATURAN SUHU RUANGAN DI APLIKASIKAN PADA RUANGAN PENETAS TELUR BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51

Bisman Perangin-angin

Jurusan Fisika FMIPA –USU Medan

bisman@usu.ac.id

ABSTRAK

Telah dirancang dan direalisasikan suatu sistem pengaturan suhu ruangan yang diaplikasikan pada perangkat penetas telur. Pada pembuatan perangkat lunak sistem ini, diprogramkan untuk 3 jenis telur yaitu telur ayam, telur walet atau telur itik. Pemilihan jenis telur dilakukan dengan memasukkan data melalui sebuah keypad. Adapun kronologi pengaturan suhu, untuk telur ayam misalnya, pada suhu 38°C dipertahankan selama 7 hari, kemudian suhu dinaikkan menjadi 39°C dan dipertahankan selama 5 hari, selanjutnya suhu 40°C selama 5 hari dan suhu 41°C selama 5 hari. Pemanasan ruangan dilakukan dengan menghidupkan dan mematikan lampu pijar melalui relay yang diatur oleh mikrokontroler. Suhu ruangan terus menerus dibaca mikrokontroler dengan menempatkan sensor suhu pada ruangan..Pada program pengendali ditentukan 4 setpoint suhu tertentu, sesuai dengan jenis telur. Pengaturan waktu tunda di dibuat dengan program dan memanfaatkan siklus mesin mikrokontroler AT89S51. Alat ini telah diujicoba unjuk kerjanya dan diperoleh hasil yang cukup akurat.

Kata Kunci : *Penetas telur, telur ayam, pengaturan suhu, mikrokontroler AT89S51*

PENDAHULUAN.

Dengan kemajuan teknologi dalam bidang Elektronika Analog dan Digital, membuat perubahan besar pada instrumentasi elektronika. Instrumentasi saat ini adalah instrumentasi cerdas dimana telah dilibatkan mikroprosesor sebagai pengolah data. Saat ini system mikroprosesor telah dibuat dalam satu chip yang sering juga disebut mikrokontroler. Dengan melibatkan mikrokontroler pada instrumentasi, maka system lebih fleksibel karena unjuk kerja dapat dirubah sesuai dengan keperluan dengan merubah perangkat lunaknya. Dalam penelitian ini didesain suatu sistem pengaturan suhu ruangan melibatkan mikrokontroler AT89S51 sebagai otak pengendalian sistem.

Pengaturan suhu ruangan ini diterapkan untuk ruangan penetasan telur.

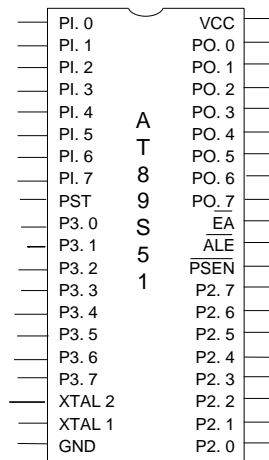
Penetasan telur ayam membutuhkan waktu selama lebih kurang 21 hari dengan suhu yang berbeda tiap minggunya. Pada mesin penetasan telur yang dipasarkan di pasaran sekarang ini biasanya hanya dilengkapi dengan termostat. Namun dengan hanya menggunakan termostat masih di temui kesulitan-kesulitan, seperti kita harus terus memantau suhunya karena termostat tidak bekerja secara otomatis untuk menurunkan atau menaikkan suhu. Untuk mengubah suhu tersebut kita harus mengubah masukan sistem tersebut.

TEORI DASAR

Mikrokontroler AT89S51 Single Chip

Fungsi Pin Mikrokontroler AT89S51

Konfigurasi pin mikrokontroler AT89S51 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.2.2 Konfigurasi mikrokontroler AT89S51

Register

Mikrokontroler AT89S51 mempunyai beberapa register untuk kegunaan umum dan kegunaan khusus. Register tersebut diperlukan dalam pengolahan dan manipulasi data, register-register tersebut adalah sebagai berikut :

1. Accumulator (Register A)

Accumulator ialah sebuah register 8 bit yang merupakan pusat dari semua operasi akumulator, termasuk dalam operasi aritmatika dan operasi logika. Register ini terletak pada alamat E0H dan juga sebagai pengirim dan pengambilan data ke memori eksternal.

2. Register B

Register ini digunakan bersama-sama akumulator untuk proses aritmatik selain dapat juga difungsikan sebagai register biasa. Register ini dapat juga bersifat bit addressable.

3. Stack Pointer

Merupakan sebuah register 8 bit yang mempunyai fungsi khusus sebagai penunjuk alamat atau data paling atas pada operasi penumpukan di RAM. Stack Pointer terletak di alamat 81H. Isi dari Stack Pointer merupakan alamat dari data yang disimpan di stack. Stack Pointer dapat diedit atau dibiarkan saja jika sudah direset. Penunjuk penumpukan selalu berkurang dua tiap kali data didorong masuk kedalam lokasi penumpukan dan selalu bertambah dua tiap kali data ditarik keluar dari lokasi penumpukan.

4. Data Pointer

Data pointer atau DPTR merupakan register 16 bit yang terletak di alamat 82H untuk DPL dan 83H untuk DPH. Biasanya Data Pointer digunakan untuk mengakses data atau *source code* yang terletak di memori eksternal.

5. Register Timer

Mempunyai dua buah 16 bit Timer/Counter, yaitu Timer 0 dan Timer 1. Timer 0 terletak pada alamat 8AH untuk TL0 dan 8CH untuk TH0 dan Timer 1 terletak di alamat 8BH untuk TL 1 dan 8CH untuk TH1.

6. Register Interupsi

AT89S51 mempunyai lima buah interupsi dengan dua level prioritas interupsi. Interupsi akan selalu non-aktif setiap kali sistem di-reset. Register yang berhubungan dengan interupt adalah *Interrupt Enable Register (IE)* atau Register Pengaktif Interupsi pada alamat A8H untuk mengatur keaktifan tiap-tiap interup dan *Interrupt Priority Register (IP)* atau Register Prioritas Interupsi pada alamat B8H.

7. Register Kontrol Power

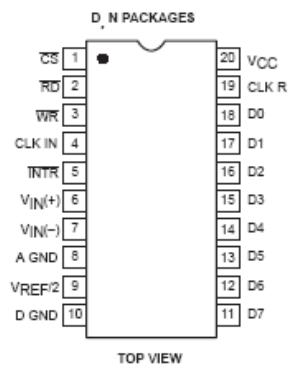
Register ini terdiri atas SMOD yang digunakan untuk melipat dua baut rate dari port serial, dua buah bit untuk flag fungsi umum pada bit ketiga dan bit kedua *Power Down (PD)* bit dan *Idle (IDL)* bit. Pada Mode Idle hubungan antara CPU dengan internal clock terputus, namun kondisi port tetap pada kondisi terakhir yakni high, timer masih tetap bekerja. Mode Idle berakhir pada saat terjadi interupt, reset atau kondisi-kondisi lain yang mereset IDL bit.

8. Register Port Serial

Mikrokontrol AT89C51 mempunyai sebuah *chip serial port* (port serial) didalam sebuah keping yang dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan perantara lain yang menggunakan serial port juga seperti modem dan shift register. Buffer (penyangga) untuk proses pengiriman maupun pengambilan dan terletak pada register SBUF, yakni pada alamat 99H. Sedangkan untuk mengatur mode dapat dilakukan dengan mengubah isi dari SCON yang terletak pada alamat 98H.

Analog Digital Converter (ADC)

Analog to Digital Converter (ADC) adalah rangkaian untuk mengubah tegangan analog pada masukan menjadi data bit paralel pada keluaran. ADC ini merupakan jenis khusus dari pengkode. Dalam hal ini, ADC yang dipakai adalah pengubah ADC 0804 8 bit.



Gambar 2.3. IC ADC 0804

Sensor Temperatur

Pengukuran temperatur dengan mengubah besaran fisis temperatur menjadi besaran listrik seperti arus atau tegangan listrik. Perubahan ini dapat terjadi karena adanya perubahan resistansi sensor akibat adanya perubahan temperatur.

Dalam perancangan ini yang dipergunakan adalah sensor suhu LM 35. Sensor suhu LM 35 khusus dirancang guna pengukuran temperatur dengan karakteristik sebagai berikut :

1. drop tegangan pada sensor LM 35 sebanding dengan perubahan temperatur sebesar $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.
2. batas arus pengoperasian dari $400\ \mu\text{A}$ samapi $5\ \text{mA}$
3. range pengukuran temperatur -40°C t sampai $+100\ ^{\circ}\text{C}$.
4. impedansi keluaran rendah, $0,1\ \Omega$ untuk beban $1\ \text{mA}$.

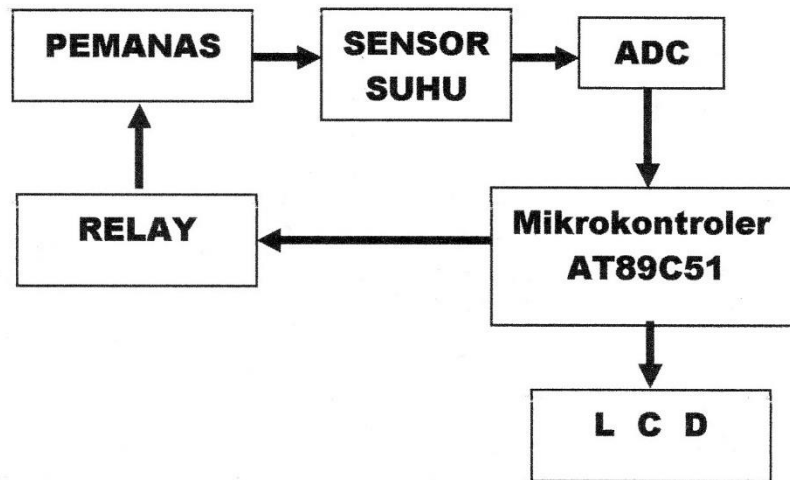
Tegangan keluaran pada LM 335 memenuhi persamaan :

$$V_{\text{out}} = (t^{\circ}\text{C}) \times 10 \text{ mV}$$

Karena pembacaan dari sensor sudah dalam derajat Celcius, maka kenaikan nilai tegangan keluarannya sebanding dengan kenaikan suhunya sehingga alat ini tidak perlu lagi dikalibrasi.

METODOLOGI PENELITIAN.

Desain penelitian dibuat berdasarkan diagram blok pada gambar 3.1 dibawah.

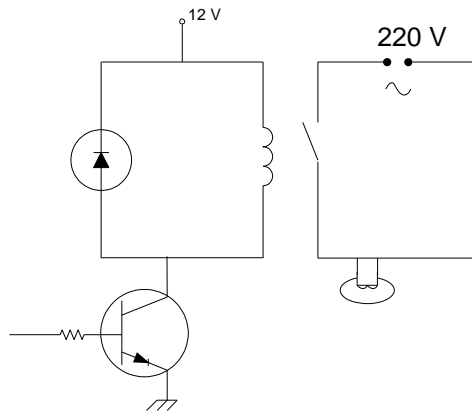


Gambar 3.1. Diagram blok disain penelitian

Mikrokontroler membaca suhu ruangan dari sensor suhu dan membandingkan dengan suhu setting yang dimasukkan di program pengendali. Jika suhu dibawah suhu setting, maka mikrokontroler menghidupkan pemanas berupa lampu pijar. Jika suhu diatas suhu setting maka pemanas dimatikan. Begitu seterusnya ditahan pada waktu tertentu. Setelah melampaui waktu yang diprogramkan, maka suhu dinaikkan sampai suhu setting berikutnya, dan dilakukan lagi proses seperti sebelumnya.

Rangkaian Pemanas

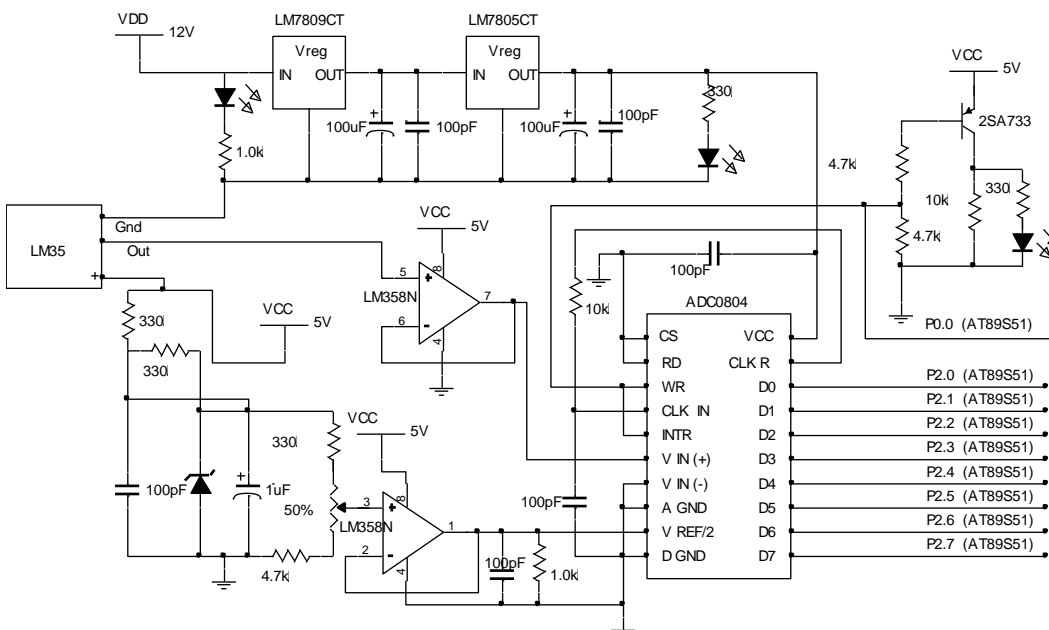
Sebagai pemanas digunakan 2 buah lampu pijar berdaya 40 Watt, dikontrol melalui relay. Adapun skema rangkaian diperlihatkan seperti Gambar 3.2 dibawah.



Gambar 3.2 Rangkaian Pemanas

Rangkaian Sensor Temperatur dan ADC (Analog to Digital Converter)

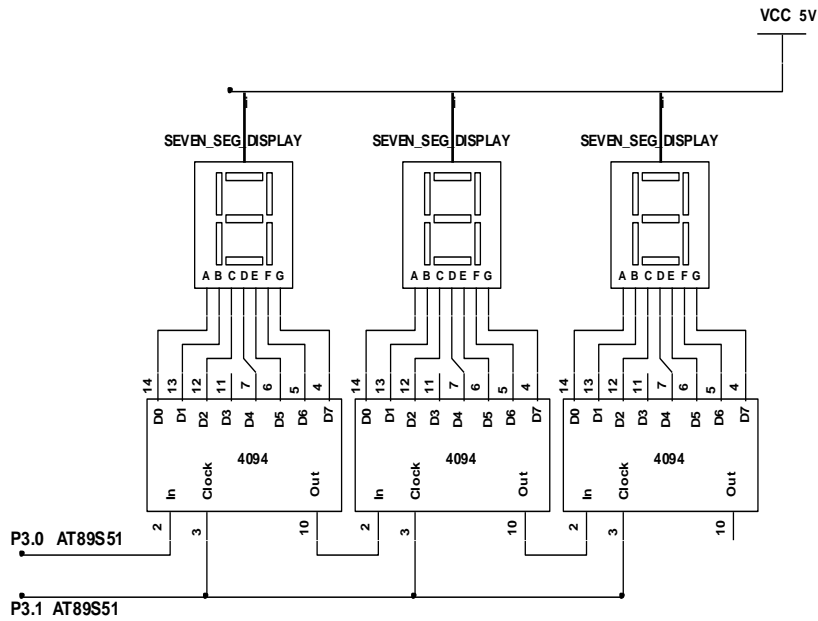
Untuk mengetahui temperatur dalam ruangan, digunakan LM35 yang merupakan sensor temperatur. Output dari LM35 ini dimasukkan sebagai input ke Op-Amp kemudian dimasukkan sebagai input ADC. Rangkaianannya seperti dibawah ini.



Gambar 3.3. Rangkaian Sensor Temperatur dan ADC

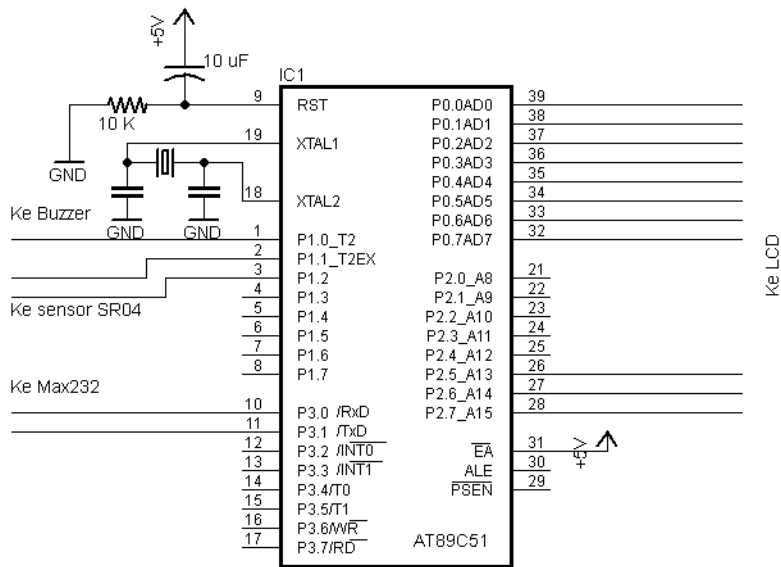
Rangkaian Display Seven Segmen

Nilai temperatur yang terdeteksi oleh sensor temperatur (LM35) diubah menjadi 8-bit data biner oleh ADC kemudian diolah oleh mikrokontroler AT89S51 untuk selanjutnya ditampilkan pada 3-digit seven segmen. Rangkaian display seven segmen tampak seperti gambar di bawah ini :



Gambar 3.4. Rangkaian Display Seven Segment

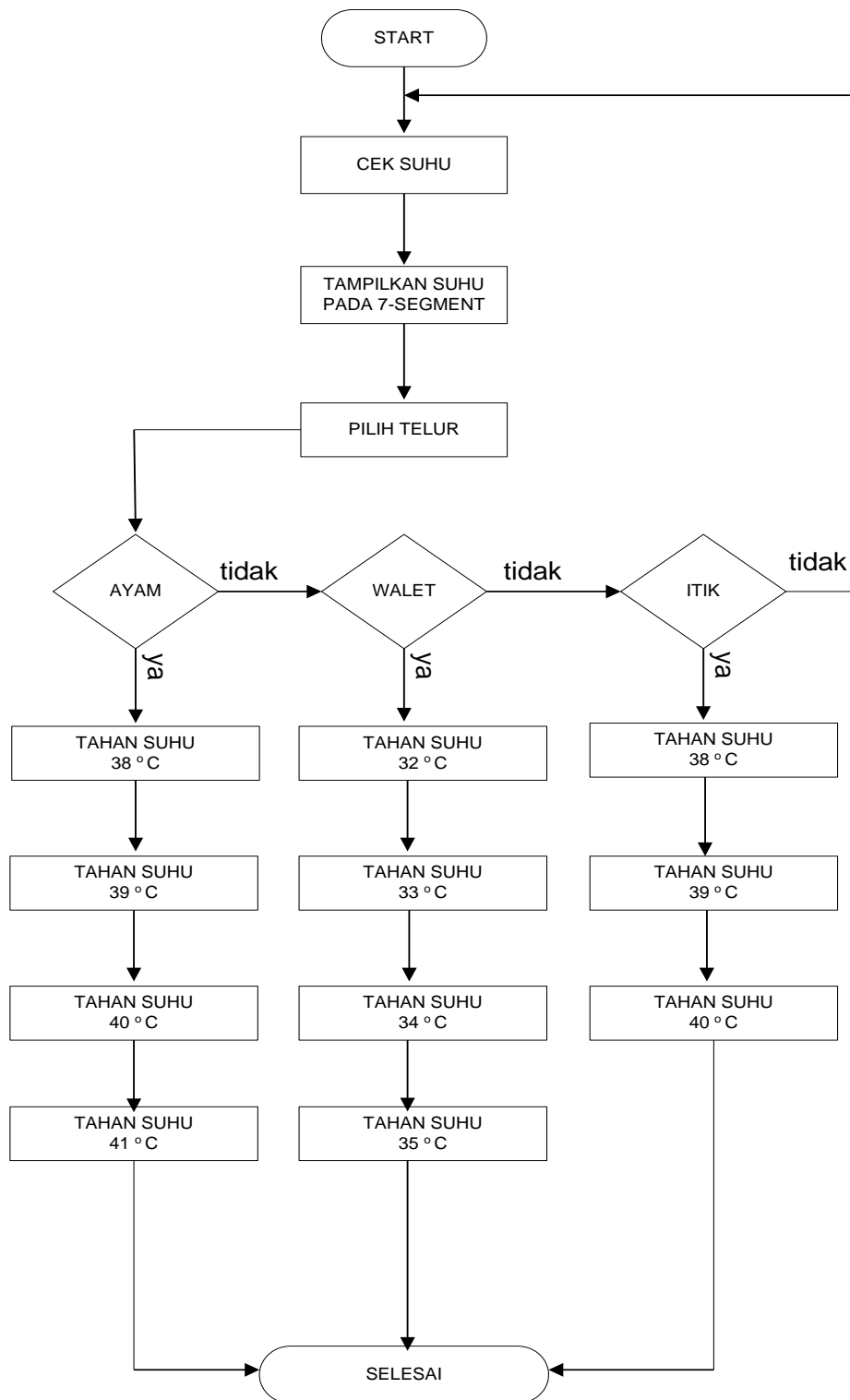
. Rangkaian Minimum Mikrokontroler AT89S51



Gambar 3.5. Rangkaian mikrokontroler AT89S52

Diagram alir sistem.

Untuk membuat program pengendali maka dibuat diagram alir seperti Gambar 3.5 dibawah



Gambar 3.5. Diagram Alir (*flowchart*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor Suhu

Adapun data pengujian sensor suhu ,seperti terlihat pada tabel dibawah.

Tabel 4..1 Tabel Hasil Pengujian Sensor Suhu

Suhu Tampilan alat	Suhu praktek pada termometer digital (°C)				
	I	II	III	IV	V
32	32,2	32,1	32,3	32,1	32,3
33	33,2	33,1	32,3	33,1	33,5
34	34,2	33,9	34,1	33,8	34,3
35	35,2	34,3	35,1	34,9	35,4
36	36,2	35,4	36,2	35,7	36,2
37	37,3	36,9	37,0	36,9	38,1
38	38,2	38,3	38,1	37,9	39,1
39	40,0	39,0	39,1	39,1	39,5
40	41,	40,5	40,2	40,3	40,2
41	41,0	41,1	41,0	41,1	41,2

Dari tabel diatas diperoleh hasil yang mendekati antara suhu tampilan alat dan pengukuran manual, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor suhu berfungsi dengan baik.

Pengujian Waktu tunda.

Untuk melihat ketelitian alat ini untuk digunakan sebagai pengendali suhu diperlukan pengujian. Pada pengujian ini dilakukan 7 kali percobaan pada setiap telur. Untuk menghemat waktu, digunakan waktu penahanannya dengan skala 1hari:10 detik. Hasil dari pengujiannya ditunjukkan pada tabel 4.3

Tabel 4.3.. Tabel waktu tunda

Suhu setting (°C)	Waktu setting (s)	Waktu diukur (s)						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
1.AYAM								
38	70	69	70	71	70	70	71	70
39	50	49	53	52	52	52	51	53
40	50	50	52	51	52	52	51	52
41	50	50	52	51	51	52	51	52
2.WALET								
32	10	8	9	7	8	8	10	8
33	10	9	9	10	10	10	8	10
34	40	41	41	42	41	41	40	41
35	70	72	70	71	71	71	71	70
3. ITIK								
38	150	150	151	152	152	152	153	152
39	70	72	70	70	71	71	70	71
40	60	61	62	61	61	61	61	62

Berdasarkan tabel diatas, maka penyettingan suhu dan waktu tunda telah berfungsi dengan baik, dimana waktu setting dengan waktu terukur hampir mendekati sama. Berdasarkan fakta ini dapat disimpulkan bahwa penundaan waktu telah berfungsi dengan baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa dari uji coba alat ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengontrolan suhu ruangan berbasis mikrokontroler telah berhasil direalisasikan
2. Dalam pemakaian pengontrolan suhu ruangan penetas telur ,telah berhasil dibuat penundaan suhu pada suhu-suhu tertentu sesuai dengan telur yang akan ditetaskan.

Saran

Sebagai saran untuk penelitian berikutnya adalah

1. Untuk hasil yang maksimal untuk memperbesar ruangan perlu dibuat multi sensor suhu dan multi pemanas dan pemanas dikendalikan dengan pwm.
2. Juga disarankan untuk menambah variasi rancangan macam-macam telur.

DARTAR PUSTAKA

- Agfianto.2002. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55*. Yogyakarta: Gava Medan.
- Budiharto, Widodo.2005.*Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler*.
Jakarta:Gramedia.
- C.Tintin, 2008. *THE ART OF ASSEMBLY LANGUAGE*. Yogyakarta: Andi
- F. Edward, 1984. *PROGRAMMING IN ASSEMBLY LANGUAGE MACRO-11*.
- Retna Prasetia dan Catur Edi Widodo.Teori dan Praktek Interfacing Port Parallel & Port
Serial Komputer dengan VB 6.0.Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Riyanto Sigit.2007.Robotika, Sensor dan Aktuator.Yogyakarta : Graha Ilmu

EFEKTIVITAS MODUL PEMBELAJARAN DENGAN PENDEKATAN KONSEPTUAL INTERAKTIF BERBASIS PERALATAN BUDAYA TRADISIONAL TERHADAP PEMAHAMAN KONSEP SISWA

Fakhruddin Z, Lilia Halim

- 1) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau
Email :faruqfisika@yahoo.com
- 2) Fakulti Pendidikan Universiti Kebangsaan Malaysia

ABSTRACT

This study aims to measure the effectiveness in improving conceptual understanding students using conceptual of Interactive modulapproachbased on traditional cultural equipment (PEKONSI BPBT). This research was conducted at SMPN 03 Pulau Jambu village in Bangkinang Barat, Riau Indonesia. This quasi-experimental study used a pretest and posttest design involving as many as 30 eighth grade students. Throughout the intervention process, students use the PEKONSI BPBT module. The effectiveness of modules is measured using quantitative measurements in the form of students' conceptions of physics on the topic of force and its application. Data analysis was descriptive analysis which then analyzed by inference test with ANOVA test. From the derivative analysis it is found that the mean of concept comprehension before learning is 2.61, whereas after learning with average 2,87, from the inferential analysis there is found significant difference between understanding of conceptsbefore learning and after learning. So it can be said that the effectiveness of the learning module generated has been able to improve the understanding of student concepts, so that the results of this study can prove the functioning of PEKONSI BPBT in teaching and learning physics can improve concept understanding or reduce student misconception

Keyword. *Interactive conceptual approach, Traditional cultural tools, Understanding students*

PENDAHULUAN

Fisika adalah bagian sains yang mempelajari cara mencari tahu tentang alam secara sistematis, sehingga sains bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta- fakta, konsep-konsep, atau prinsip-prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan. Oleh karena itu pendidikan sains harus menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar siswa mampu menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah. Pendidikan Sains diarahkan untuk “mencari tahu ” dan “ berbuat” sehingga dapat membantu siswa untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam

tentang alam sekitar (Permendiknas, 2006) sudah menjadi pendapat umum bahwa fisika merupakan salah satu pelajaran yang kurang diminati (Afrizal Mayub, 2005). Salah satu penyebabnya adalah fisika banyak mempunyai konsep yang bersifat abstrak sehingga sukar membayangkannya. Oleh sebab itu, banyak siswa yang langsung saja bekerja dengan rumus-rumus fisika, tanpa mencoba berusaha untuk mempelajari latar belakang falsafah yang mendasarinya. Bila saja konsep-konsep yang bersifat abstrak itu dapat dibuat menjadi nyata sehingga mudah ditangkap oleh pancaindra, maka masalahnya akan sangat berbeda, untuk itu diperlukan media pembelajaran.

Menurut Gusti Ayu (2014) terkait dengan proses dan produk sains, pembelajaran sains harus menghantarkan siswa menguasai konsep-konsep sains dan keterkaitannya untuk dapat memecahkan masalah terkait dalam kehidupan sehari-hari. Siswa tidak hanya sekedar tahu (*knowing*) dan hafal (*memorizing*) tentang konsep-konsep sains, melainkan harus menjadikan siswa mengerti dan paham (*to understand*) konsep-konsep tersebut dan menghubungkan keterkaitan suatu konsep dengan konsep lain.

Salah satu masalah pokok dalam pembelajaran pada pendidikan formal dewasa ini adalah masih rendahnya daya serap peserta didik, lemahnya pemahaman konsep peserta didik. Hal ini menyebabkan rendahnya prestasi peserta didik. Ini tercermin dari prestasi siswa di dunia Internasional. Menurut *Trends in Mathematics and Science Study* (TIMSS) pada keikutsertaan dalam bidang sains pertamakali tahun 1999 Indonesia berada pada peringkat 32 dari 38 negara. Pada tahun 2003 Indonesia berada pada peringkat 37 dari 46 negara, tahun 2007 turun menjadi ranking 35 dari 49 negara, kemudian siswa Indonesia hanya menempati peringkat 37 dari 44 negara. Hal tersebut terjadi karena hanya sekitar 30% penguasaan materi bacaan yang mampu dikuasai oleh anak-anak Indonesia. Siswa juga mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal yang memerlukan penalaran dan analisis. Skor rata-rata perolehan anak Indonesia untuk IPA berada dalam kategori *low benchmark* artinya siswa baru mengenal beberapa konsep mendasar dalam fisika dan biologi. Kondisi ini sering sekali didominasi oleh sistem pengajaran yang bersifat konvensional yang berpusat pada metode ceramah dan *teacher center* (Kemdikbud, 2011).

Kesalahpahaman konsep pada pelajar yang *wujud* secara *berterusan* dapat mengganggu pembentukan konsepsi ilmiah. Menurut Luchembe et al (2014) pemahaman yang tepat *daripada* konsep yang dipahami oleh pelajar sangat penting untuk pembelajaran konsep-konsep ilmiah lainnya. Pembelajaran yang tidak memperhatikan kesalahpahaman konsep menyebabkan kesulitan belajar dan akhirnya akan *menyebabkan* rendahnya *pencapaian pelajar*. Menurut Ephias & Tawanda (2014) kesalahpahaman pelajar terhadap konsep sains mengungkapkan *bahawa* kesalahpahaman ini memiliki fitur-fitur *am* seperti pelajar sering sangat tahan terhadap *pembelajaran* tradisional. Pembelajaran tradisional yang menganggap *bahawa* pengetahuan boleh dipindahkan secara menyeluruh *daripada* pikiran guru *kepada* pikiran pelajar perlu *diubah* menuju pandangan konstruktivisme yang beranggapan *bahawa* pengetahuan *dibina* di dalam diri pelajar (Kablan & Kaya, 2014).

Peneliti pendidikan fisika telah menunjukkan bahwa siswa memiliki beberapa kesulitan dan miskonsepsi pada konsep fisika dalam mekanika diantaranya pada materi Gaya. Semih (2015). Kajian yang lain tentang pemahaman siswa tentang konsep fisika menunjukkan *bahawa* banyak pelajar memiliki miskonsepsi pada berbagai konsep yang merupakan dasar bagi pengetahuan mendalam tentang fisika; seperti waktu sekarang ini diakui secara luas *bahawa* miskonsepsi pelajar dalam fisika menghambat pemahaman pelajar (Chee,

2010;Simanek, 2008). Kesalahpahaman yang sama terjadi, mulai dari tingkatan rendah sampai pada tingkatan universitas. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengajaran dan pembelajaran konvensional atau tradisional tidak dapat mengatasi miskonsepsi jika fokus pengajaran adalah tidak ditargetkan pada miskonsepsi. (Erol et al, 2015).

Media pembelajaran sangat membantu dalam proses pembelajaran fisika dengan fungsi memperjelas bahan pelajaran yang sedang diajarkan (Yuliandari, 2012; Sukarno & Sutarman, 2014). Anita (2009).menyatakan bahwa, “Media Pembelajaran memiliki banyak jenis dan tidak ada satupun media yang paling baik dibandingkan dengan media yang lain. Setiap media memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing” Guru dapat memilih dan menggunakan media yang sesuai dengan kompetensi dasar, karakteristik siswa serta materi yang akan disampaikan. Keberhasilan menggunakan media pembelajaran yang dikemukakan oleh Sutjiono pada jurnal pendidikan sebagai berikut: Keberhasilan menggunakan media dalam proses pembelajaran untuk meningkatkan hasil belajar tergantung pada (1) isi pesan, (2) cara menjelaskan pesan dan (3) karakteristik penerima pesan. Tidak berarti bahwa semakin canggih media yang digunakan akan semakin tinggi hasil belajar atau sebaliknya. Media pembelajaran yang sederhana lebih efektif dan lebih efisien jika dikemas dengan tepat serta disajikan kepada siswa yang tepat pula. Arsyad (2007) mengatakan bahwa media pendidikan alat bantu pada proses belajar baik didalam maupun diluar kelas dalam rangkai komunikasi antara guru dan siswa dalam proses pembelajaran.

Media pendidikan adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menyampaikan pesan pembelajaran. Pembelajaran adalah sebuah proses komunikasi antara pembelajar, pengajar dan bahan ajar. Komunikasi tidak akan berjalan tanpa bantuan sarana penyampai pesan atau media Rusman (2012). Ashyar, (2012), menyampaikan bahawa: 1. media pembelajaran dapat memberikan maklumat yang tepat. 2. Media Pembelajaran dapat menambah daya tarik materi, sehingga dapat meningkatkan motivasi dan kecenderungan tersebut. kemudian dapat mengambil perhatian pelajar untuk fokus pada mengikuti materi yang disampaikan, sehingga juga diharapkan belajar secara berkesan akan mengalami peningkatan. 3. Media boleh merangsang pelajar untuk berfikir kritis, menggunakan imaginasi mereka, mempunyai sikap dan lebih jauh dibangunkan, sehingga akan mengucapkan kreativiti dan karya inovatif. Sitanggang (2013) menyebutkan bahawa media atau alat peraga adalah sebahagian dari media pembelajaran yang ditakrifkan sebagai semua objek (boleh berupa benda manusia atau mati, objek) sebagai perantara yang digunakan dalam proses pembelajaran.

Salah satu media pembelajaran bersifat kontekstual adalah pembelajaran berbasis budaya, Pembelajaran Berasas Budaya merupakan strategi penciptaan lingkungan belajar dan perancangan pengalaman belajar yang mengintegrasikan budaya sebagai bagian dari proses pembelajaran (Dirjen Dikti, 2004). Pembelajaran Berbasis Budaya dilandaskan pada pengakuan terhadap budaya sebagai bahagian yang fundamental bagi pendidikan, ekspresi dan komunikasi suatu gagasan, serta perkembangan pengetahuan. pembelajaran mengintegrasikan budaya tempatan dalam proses pembelajaran bukan saja dapat meningkatkan hasil belajar namun bisa juga meningkatkan apresiasi terhadap budaya Tradisional / local (Morales, 2014; Malaluan & Masangcay, 2015)

Jonhson (2012) menerangkan bahwa pendekatan kontekstual adalah pendekatan yang membolehkan pelajar mampu menghubungkan isi dari subjek-subjek akademik dengan konteks kehidupan seharian mereka dalam mencari makna. Sebagai sebuah pendekatan pembelajaran, pendekatan kontekstual mempunyai tujuh komponen yang perlu dibangunkan

oleh guru diantaranya, (1) konstruktivisme, (2) mencari (inquiry), (3) bertanya (questioning), (4) masyarakat belajar (learning community), (5) pemodelan (modelling), (6) refleksi (reflection), dan (7) penilaian sebenarnya (authentic assessment) (Rusman, 2012).

Istiqomah, Lailatul (2009) menyampaikan pembelajaran kontekstual merupakan konsep belajar yang membantu guru mengaitkan antara materi pembelajaran dengan situasi dunia nyata siswa, dan mendorong siswa membuat hubungan antara pengetahuan yang dimilikinya dengan penerapannya dalam kehidupan mereka sehari-hari. Pendekatan berasaskan konteks bertujuan untuk mengembangkan dan mempertahankan rasa kagum dan ingin tahu pada pelajar tentang dunia alam, pendekatan berasaskan kontekstual bertujuan untuk mengembangkan dan mempertahankan rasa kagum dan ingin tahu tentang alam (Eser & Neslihan, 2014). Pada masa yang sama, konteks boleh membantu pelajar untuk menghubungkan pengetahuan saintifik dengan kehidupan nyata (Laguador, 2014; Korganci et al, 2015; Hasruddin et al, 2015). Para pelajar diperlukan untuk mendorong makna dengan menggunakan konteks, sehingga membenarkan "keperluan untuk tahu" pendekatan kandungan (Yigit, 2010). Dengan demikian, minat dan sikap positif pelajar terhadap fizik telah meningkat (Eser ÜLTAY. 2014).

Pembelajaran Berbasis Budaya merupakan strategi penciptaan lingkungan belajar dan perancangan pengalaman belajar yang mengintegrasikan budaya sebagai bagian dari proses pembelajaran. (Dirjen Dikti, 2004). Pembelajaran Berbasis Budaya dilandaskan pada pengakuan terhadap budaya sebagai bagian yang fundamental bagi pendidikan, ekspresi dan komunikasi suatu gagasan, serta perkembangan pengetahuan.

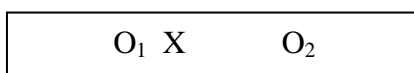
Belajar melalui budaya merupakan strategi yang memberikan kesempatan siswa untuk menunjukkan pencapaian pemahaman atau makna yang diciptakannya dalam suatu mata pelajaran melalui ragam perwujudan budaya. Belajar melalui budaya merupakan salah satu bentuk *multiple representation of learning* (Dirjen Dikti, 2004), atau bentuk penilaian pemahaman dalam beragam bentuk. Belajar dengan budaya meliputi pemanfaatan beragam bentuk perwujudan budaya. Menurut Adhitama et al (2015) Dalam belajar dengan budaya, budaya dan perwujudannya menjadi media pembelajaran dalam proses belajar, menjadi konteks dari contoh-contoh tentang konsep atau prinsip dalam suatu mata pelajaran, serta menjadi konteks penerapan prinsip atau prosedur dalam suatu mata pelajaran. Tentunya pembelajaran dengan menggunakan budaya sebagai perwujudan media sangat berkesan untuk membuat pelajar faham akan pelajarannya (Jasni dan Zulikha, 2013)

Dalam upaya meningkatkan aktivitas siswa akan lebih efektif dengan menggunakan modul pembelajaran, hal ini sesuai dengan pendapat Jamaluddin Ahmad (2002), pengajaran dan pembelajaran bermodul meningkatkan aktivitas pelajar secara individu atau kelompok kecil, berdiskusi dan menyiapkan tugas yang diberi waktu yang ditetapkan. interaksi pelajar dalam diskusi dapat membangun pengetahuan mereka dalam ilmu (Dewitt, 2014). Penggunaan modul meningkatkan motivasi pelajar sehingga pelajar-pelajar secara lebih terkesan dan produktif dan dapat menerima secara cepat dan tepat (Mc Clelland (1985) Halim 2009). Dari hasil kajian Naval (2014) mengatakan bahwa penggunaan modul efektif digunakan dalam pengambilalihan pengetahuan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di SMP Negeri 03 desa Pulau jambu kecamatan Kuok Kabupaten Kampar dengan subjek penelitian kelas eksperimen adalah siswi kelas VIII semester genap tahun ajaran 2016/2017 yang berjumlah 30 orang.

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian *Pre Experimental*. Jenis penelitian ini dikatakan *pre-experimental* karena belum merupakan eksperimen sungguh-sungguh masih terdapat variabel luar yang ikut berpengaruh terhadap terbentuknya variabel dependen. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentuk *One-Group Pretest-Posttest Design* (Sugiyono, 2014). Penelitian ini dilakukan pada satu kelas yaitu kelas eksperimen.



Gambar 1 Desain Penelitian *One-Group-Pretest-Posttest*

Dimana :

O_1 = Tes awal (*pretest*) sebelum perlakuan diberikan

X = Perlakuan (*treatment*) dengan menggunakan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT)

O_2 = tes akhir (*Posttest*) Pemahaman Konsep

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data pada penelitian ini adalah tes pemahaman konsep berjumlah 30 butir soal pilihan ganda beralasan yang telah divalidasi oleh dosen pembimbing. Tes pemahaman konsep ini disusun berdasarkan sub materi pada materi pokok gaya dan penerapannya, terdiri dari materi gaya sebanyak 12 soal, hukum Newton sebanyak 6 soal, usaha dan energy 7 soal dan pesawat sederhana sebanyak 5 soal. Oleh karena itu total soal sebanyak 30 soal. Instrumen pengumpulan data ini digunakan untuk mengetahui pengaruh penggunaan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) terhadap pemahaman konsep siswa pada materi pembelajaran gaya dan penerapannya.

Teknik pengumpulan data dari penelitian ini berupa skor hasil pemahaman konsep IPA siswa melalui pemberian *pretest dan posttest* pemahaman konsep siswa tentang gaya dan penerapannya.

Adapun urutan pengumpulan data dilakukan sebagai berikut:

- a. Memberikan *pretest* kepada kelas eksperimen untuk mengetahui tingkat pemahaman konsep siswa terkait materi pembelajaran gaya dan penerapannya
- b. Memberikan *treatment* (perlakuan) kepada kelas eksperimen pada pembahasan materi gaya dan penerapannya dengan perlakuan pembelajaran melalui penerapan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT)
- c. Memberikan *posttest* (tes pemahaman konsep) kepada kelas eksperimen.
- d. Menilai hasil tes yang diperoleh oleh kelas eksperimen yang telah mendapatkan perlakuan, untuk selanjutnya data yang diperoleh dianalisis dan dipersiapkan untuk membuat laporan hasil penelitian.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan analisis deskriptif. Analisis deskriptif merupakan cara menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpulkan sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi (Sugiyono, 2014).

Analisis deskriptif digunakan dalam penelitian ini untuk memberikan gambaran tentang peningkatan pemahaman konsep fisika siswa setelah menerapkan menggunakan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT)

1. Pemahaman Konsep tiap sub materi

Untuk mengetahui pemahaman konsep fisika siswa maka digunakan tes pilihan ganda beralasan yang masing-masing soal disediakan 4 alternatif jawaban dengan jumlah soal sebanyak 30 soal. Adapun ketentuan penskoran butir soal tes pilihan ganda beralasan yang diberikan saat *pretest* dan *posttest* adalah sebagai berikut:

- a) Jika jawaban benar dan alasan tepat memperoleh skor 4
- b) Jika jawaban benar dan alasan kurang tepat memperoleh skor 3
- c) Jika jawaban benar alasan salah atau sebaliknya memperoleh skor 2
- d) Jika jawaban salah alasan salah memperoleh skor 1

Kemudian masing-masing skor perolehan tiap indikator pada *pre-test* dan *post-test* di analisis. Untuk menghitung skor masing-masing sub materi gaya dan penerapannya, didapatkan menggunakan rumus:

Skor Pemahaman Konsep Tiap sub materi

$$= \frac{\text{Skor Perolehan}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100\%$$

Pengkategorian pemahaman konsep yang diperoleh siswa dari hasil proses pembelajaran dapat digunakan kriteria sebagai berikut:

Tabel 1 Kategori Pemahaman Konsep siswa

Interval (%)	Kategori
90% - 100%	Sangat Tinggi
80% - 89%	Tinggi
65% - 79%	Sedang
55% - 64%	Rendah
0% - 54%	Sangat Rendah

(Didik Juliawan, 2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tes pemahaman konsep yang diberikan pada siswa saat *pre-test* dan *post-test* bertujuan untuk mengetahui tingkat pemahaman konsep siswa, setelah diterapkan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT), masing-masing skor *pre-test* dan *post-test* tersebut kemudian dianalisis secara deskriptif. Hasil analisis deskriptif pemahaman konsep siswa pada saat diberikan *pre-test* dan *post-test* dapat dilihat pada pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Analisis Deskriptif Pemahaman Konsep siswa

Tahapan	Rata-rata Pemaham	Persentase Pemahaman
---------	-------------------	----------------------

	an konsep	Konsep
Pre-test	2,61	65,22
Post-test	2,87	71,72

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa rata-rata skor pemahaman konsep siswa saat diberikan *pre-test* sebesar 65,22%. Sedangkan rata-rata skor pemahaman konsep siswa saat *post-test* 71,72%. Dapat diketahui bahwa rata-rata pemahaman konsep siswa saat *post-test* mengalami peningkatan.

Kemudian pada masing-masing indikator juga telah diketahui hasil analisis deskriptif saat *pretest* dan *posttest*. Adapun hasil analisis rata-rata skor pemahaman konsep tiap sub materi dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

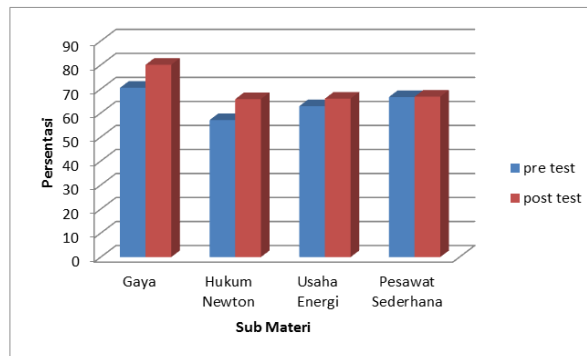
Tabel 3. Hasil Skor *Pretest* dan *Posttest* Pemahaman Konsep tiap sub materi

Sub Materi	<i>Pretest</i>		Kategori	<i>Posttest</i>		Kategori
	Rata-rata	(%)		Rata-rata	(%)	
<i>Gaya</i>	2,82	70,49	S	3,20	80,10	T
<i>Hukum Newton</i>	2,28	57,08	R	3,63	65,80	S
<i>Usaha</i>	2,51	62,86	R	2,64	66,00	S
<i>Energi Pesawat sederhana</i>	2,63	66,67	S	2,67	66,80	S

Berdasarkan data Tabel 3 terdapat perbedaan persentase skor dan kategori pemahaman konsep tiap indikator pada saat sebelum diterapkan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) (*pre-test*) ataupun setelah diterapkan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) (*post-test*). Secara umum selalu terjadi peningkatan pada setiap indikator pemahaman konsep setelah diberikan *post-test*, dimana pemahaman konsep setelah diterapkan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) berada dalam kategori sedang, lebih tinggi daripada sebelum diterapkan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) yang berada pada kategori sangat rendah. Sehingga pemahaman konsep fisika siswa setelah diberikan *post-test* lebih baik daripada saat diberikan *pre-test*.

Pembahasan

Melalui data skor *pretest* dan *posttest* yang telah dianalisis berdasarkan masing-masing sub materi yaitu *gaya*, *hukum newton*, *usaha* dan *energy* dan *pesawat sederhana* menggunakan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) diperoleh gambar 1. Gambar 2 menunjukkan data dari setiap peningkatan pemahaman konsep pada keempat sub materi ketika diberikan *pre-test* dan setelah diberikan *post-test*.



Gambar 2 Grafik Pemahaman Konsep Fisika Tiap Sub materi

Pada Gambar 2 terlihat hasil pemahaman konsep dari setiap sub materi yang diperoleh siswa saat *pre-test* dan setelah diberikan *post-test*. Pada setiap pemahaman konsep pada sub materi gaya dan penerapannya, grafik selalu mengalami peningkatan. Penjelasan peningkatan setiap indikator pemahaman konsep tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. *Gaya*

Setelah diberikan *treatment dengan menggunakan* modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) diperoleh bahwa skor pemahaman konsep pada sub materi ini mengalami peningkatan dari 70,49% yang tergolong kategori sedang menjadi 80,10% dengan kategori tinggi dan selisih kenaikan sebesar 9,61%.

b. *Hukum Newton*

Setelah diberikan *treatment dengan menggunakan* modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) diperoleh bahwa skor pemahaman konsep pada sub materi ini mengalami peningkatan dari 57,08% yang tergolong kategori rendah menjadi 65,80% dengan kategori sedang dan selisih kenaikan sebesar 8,72%.

c. *Usaha dan Energi*

Setelah diberikan *treatment dengan menggunakan* modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) diperoleh bahwa skor pemahaman konsep pada sub materi ini mengalami peningkatan dari 62,86% yang tergolong kategori rendah menjadi 66,00% dengan kategori sedang dan selisih kenaikan sebesar 3,14%.

d. *Pesawat Sederhana*

Setelah diberikan *treatment dengan menggunakan* modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) diperoleh bahwa skor pemahaman konsep pada sub materi ini mengalami peningkatan dari 66,67% yang tergolong kategori sedang menjadi 66,80% dengan kategori sedang dan selisih kenaikan sebesar 0,13%.

Dari analisis inferensial diperoleh terdapat perbedaan yang signifikan antara pemahaman konsep sebelum dan setelah diterapkan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional dengan signifikansi kecil dari 0,05, ($P < 0.05$).

Peningkatan pemahaman konsep ini disebabkan oleh penggunaan modul pembelajaran konseptual interaktif, dengan menggunakan modul ini siswa belajar lebih aktif dalam proses pembelajaran, peningkatan pemahaman konsep juga ditunjang oleh media yang digunakan

yaitu peralatan berbasis budaya tradisional, dengan menggunakan alat-alat budaya maka akan terjadi pembelajaran kontekstual.

KESIMPULAN

Terdapat peningkatan pemahaman konsep fisika siswa setelah diterapkan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) yang didapat dari hasil analisis skor *pretest* dan *posttest* pada materi gaya dan penerapannya. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya peningkatan pemahaman konsep siswa pada setiap sub materi, peningkatan pada sub materi gaya sebesar 9,16% berada pada kategori tinggi, sub materi hukum newton sebesar 8,72% pada kategori sedang, sub materi usaha dan energy sebesar 3,14 % pada kategori sedang dan pada sub materi pesawat sederhana sebesar 0,13% pada kategori sedang.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penerapan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika siswa pada materi gaya dan penerapannya di kelas VIISMP Negeri 03 desa Pulau Jambu kecamatan Bangkinang Barat kabupaten Kampar

Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada penerapan modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika siswa tersebut, maka peneliti merekomendasikan kepada peneliti selanjutnya melakukan penelitian pada modul pendekatan Konseptual Interaktif berbasis peralatan budaya tradisional (PEKONSI BPBT) untuk meningkatkan kemampuan pemahaman konsep pada materi materi yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

Kemdikbud.2011. *Survei International TIMSS*.<http://litbang.kemdikbud.go.id/index.php/timss>. Akses 15 Maret 2016

Gusti Ayu Kadek Rara Andriani. 2014. Pengaruh Model Pembelajaran Novick Terhadap Aktivitas Belajar IPA Siswa Kelas Vdi Gugus I Kecamatan Buleleng. *Jurnal Mimbar PGSD* 2(1). Universitas Pendidikan Ganesha Jurusan PGSD

Adhitama, E., Nur Aini, A& Widarwati, G. 2015.. "*Wayang Saintis*" *The Learning Media Based On Culture As An Illustration Of Scientist For Physics Teaching. 15th Indonesian Scholars International Convention*. London.

Anita, S.(2009). *Media Pembelajaran*. Surakarta : UNS Press.

Arsyad, A.(2007). *Media Pembelajaran*. Jakarta : Raja Grafindo Persada.

Ashyar, R. 2012. *Kreatif Mengembangkan Media Pembelajaran*. Jakarta: Referensi Jakarta

Chee, T. C. 2010. Common Misconceptions in Frictional Force among University

Creswell, John., 2010, *Research Design Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan Mixed*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta

- Dirjen Dikti. 2004. *Pedoman Pengintegrasian Pembelajaran Berbasis Budaya dalam Pembelajaran*
- Ephias, G & Tawanda, M. 2014. *Pedagogics of chemical bonding in Chemistry; perspectives and potential for progress: The case of Zimbabwe secondary education. International Journal of Secondary Education* 2(1): 11-19. Zimbabwe.
- Erol, T., et al. 2015. *The effects of classic and web-designed conceptual change texts on the subject of water chemistry. International Electronic Journal of Elementary Education* 7(2) : 263-280. Turkey.
- Eser ÜLTAY. 2014, *Context-Based Physics Studies: A Thematic Review of the Literature. Journal of Education. Giresun, Turkey,*
- Eser, U & Neslihan, U. 2014. *Context-Based Physics Studies: A Thematic Review of the Literature. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H. U. Journal of Education)* 29(3): 197-219.
- Jasni, A & Zulikha, J. 2013. *Utilising Wayang Kulit for Deep-Learning in Mathematics. Proceedings of the World Congress on Engineering 2013 Vol II : London*
- Jonhson, Elaine B. 2012. *Contextual Teaching and Learning: Menjadikan Kegiatan Belajar Mengajar Mengasyikan dan Bermakna. Bandung: Kaifa*
- Kablan, Z & kaya, S. 2014. *Preservice Teachers' Constructivist Teaching Scores Based on Their Learning Styles. Australian Journal of Teacher Education* 3(12) : 66-76. Kocaeli University.
- Lagaudor, J., M. 2014. *Cooperative Learning Approach In An Outcomes-Based Environment. International Journal of Social Sciences, Arts and Humanities* 2(2): 46-55. Philippines.
- Luchembe, D. et al. 2014. *The Effect of Using Concept Mapping on Student's Attitude and Achievement When Learning the Physics Topic of Circular and Rotational Motion. European J of Physics Education* 5(4): 10 – 29. Zambia.
- Malauluan, N., E & Masancay, D., B. 2015. *Physics Instruction Utilizing Culture-Based Pedagogy. Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research* 3(4) : 50-58. Batangas State University.
- Mayub, Afrizal. 2005. *e-Learning Fisika Berbasis Macromedia Flash MX. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.*
- Morales, M., P., E. 2014. *The Impact of Culture and Language Sensitive Physics on Concept Attainment. International Journal of Learning, Teaching and Educational Research* 2(1): 1-29. Philippine Normal University
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2006, tentang standar isi
- Nana Sudjana. 2007, *Dasar-dasar Proses Belajar Mengajar*, Sinar Baru, Bandung

- Rusman. 2012. Model-Model Pembelajaran Mengembangkan Profesionalisme Guru. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada
- Salisa Nun Shiha. 2014. Pengembangan Alat Peraga Percepatan Benda Untuk Menunjang Pembelajaran Fisika Pada Materi Hukum Newton Tentang Gerak. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika (JIPF)*. ISSN: 2302-4496 Vol. 3 (2) : 180-184.
- Semih DALAKLIOĞLU. Neşet DEMİRCİ. AyşeGül ŞEKERCİOĞLU. 2015 *Eleventh Grade Students' Difficulties and Misconception about Energy and Momentum Concepts International Journal on New Trends in Education and International Journal on New Trends in Education and Their Implications*. January 2015 Volume: 6 Issue: 1 Article: 02 ISSN 1309-6249
- Simanek, D. E. 2008. Student Misconceptions Induced By Teachers and Textbook.
- Sitanggang, ahmadi, 2013. Alat Peraga Matematika Sederhana untuk Sekolah Dasar, Sumatera Utara : Lembaga Penjaminan Mutu Pendidikan
- Sugiyono., 2014, *Metode Penelitian Pendidikan*, pendekatan kuantitatif kualitatif dan R & D, Alfabeta, Bandung
- Sukarno & Sutarman. 2014. *The Development Of Light Reflection Props As A Physics Learning Media In Vocational High School Number 6 Tanjung Jabung Timur. International Journal of Innovation and Scientific Research* 12(2): 346-355. Indonesia
- Syaiful Bahri Djamarah dan Aswan Zain. 2006. *Strategi Belajar Mengajar*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Yigit, N. 2010. Developing presentation skills of student teachers through micro-teaching method. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 2, 55-74.
- Yuliandari, Karina., 2012, Media sebagai Alat bantu Pengajaran Fisika, Universitas Ahmad Dahlan
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta

CHITOSAN FILM BASED SOIL MOISTURE SENSOR

Tulus Ikhsan Nasution , Irwana Nainggolan , Darmansyah Dalimunthe , Muhammad Balyan, Ilham Sutra Pradana ,

¹Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara

email : ikhsan_05@yahoo.com/ darmansyah140801028@gmail.com

²Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara

Abstract

A soil moisture sensor of the natural polymer chitosan has been successfully made into film form and used to detect soil moisture in honey guava plants in pots. The soil moisture testing was done by placing the sensor in an insulated test chamber that was at ground level. Both chitosan film side was contacted to two electrodes (positive and negative) that equipped the test chamber. In order to the moisture of the soil could enter the test chamber, the bottom of the test chamber was connected to one end of the pipe where the other end of the pipe was implanted into the ground. This method has created a new detection method in which the soil moisture sensor and soil media did not need to contact directly. From the test results showed that chitosan film sensor with this method was able to detect soil moisture very well, indicated by almost similar electrical characteristics between commercial soil moisture sensor and chitosan film based sensor. The characteristics include response time, repeatability and selectivity. Therefore, chitosan has a great potential to be used as new sensing material for the soil moisture detection of which was cheaper and more environmentally friendly.

Keywords: Soil Moisture Sensor, Chitosan Film, Response Time, Repeatability, Selectivity

PENDAHULUAN

Kelembaban tanah berhubungan erat dengan produktivitas tanaman (Deng, Wang, Li, Zhao, & Shangguan, 2016) karena pada tingkat kelembaban tanah tertentu, unsur hara di dalam tanah lebih mudah larut dan diserap oleh tanaman (Novizan, 2002). Pengaturan tingkat kelembaban tanah dapat dilakukan dengan akurat menggunakan sensor dimana informasi dari sinyal keluaran sensor digunakan untuk mengendalikan sistem penyiraman secara otomatis. (Potts et al., 2006; Heisler-White et al., 2008; Yang et al., 2014).

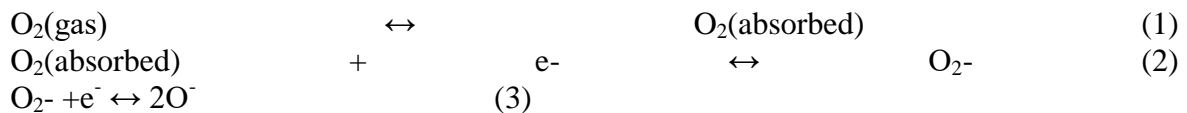
Sebenarnya telah banyak sensor kelembaban tanah yang dijual dipasaran. Namun sensor kelembaban tanah pada umumnya relatif mahal. Selain itu, sensor-sensor kelembaban tanah komersil kebanyakan digunakan dengan menancapkan sensor tersebut ke dalam tanah sehingga mudah rusak akibat korosi pada badan sensor. Hal ini karena terjadi reaksi antara sensor yang umumnya terbuat dari logam dengan unsur-unsur kimia di dalam tanah. Selain itu, kontak langsung antara sensor dengan media tanah juga mengakibatkan pengukuran

kelembaban tanah menjadi kurang akurat karena sangat rentan terhadap interferensi unsur-unsur kimia di dalam tanah.

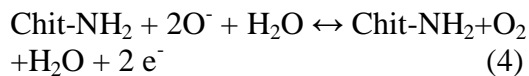
Dengan demikian dibutuhkan sebuah metode baru untuk pendeteksian kelembaban tanah yang lebih murah, akurat dan tahan lama. Kitosan yang merupakan bahan polimer alami memiliki gugus amino yang bertindak sebagai sisi aktif yang dapat berinteraksi dengan uap air (Koev et al., 2010). Kitosan juga dapat dibentuk menjadi film (Hassan et al., 2014). Karakteristik khas ini menjadikan kitosan dapat dimanfaatkan sebagai sensor kelembaban tanah yang didesain bekerja tanpa memerlukan kontak langsung dengan media tanah.

KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBANGAN HIPOTESIS

Menurut Ikhsan et al. di udara terbuka film kitosan akan menyerap oksigen (O_2). Oksigen yang diserap tersebut memerangkap elektron-elektron yang terdapat dalam kitosan dan kemudian membentuk sepsis oksigen O^- dan O_2^- seperti ditunjukkan pada reaksi berikut :



Dan ketika molekul air (H_2O) mengenai permukaan film kitosan, molekul air tersebut bereaksi dengan O^- dan melepaskan elektron sehingga menghasilkan gas O_2 seperti yang dijelaskan oleh persamaan:



Reaksi ini menimbulkan tegangan permukaan pada film kitosan yang membantu gerakan elektron dalam melepaskan diri dari spesies oksigen. Elektron yang lolos menjadi elektron bebas pada pita konduksi dan meningkatkan konduktivitas listrik dari film kitosan. (Nasution, Nainggolan, Hutagalung, Ahmad, & Ahmad, 2013).

METODE PENELITIAN

Serbuk kitosan dengan berat molekul menengah (tingkat destilasi 85%) dibeli dari Sigma-Aldrich Chemical. Serbuk kitosan kemudian difabrikasi menjadi bentuk film dengan metode *solution casting*. Sebelum dibentuk menjadi film, larutan kitosan diuji terlebih dahulu menggunakan alat *particle size analyzer* (PSA). Hal ini dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel dan kehomogenan dari larutan kitosan yang dibuat. Selanjutnya kitosan dibentuk menjadi film dengan cara pengeringan. Setelah menjadi bentuk film, kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM). Hal ini dilakukan untuk mengetahui bentuk permukaan film kitosan.

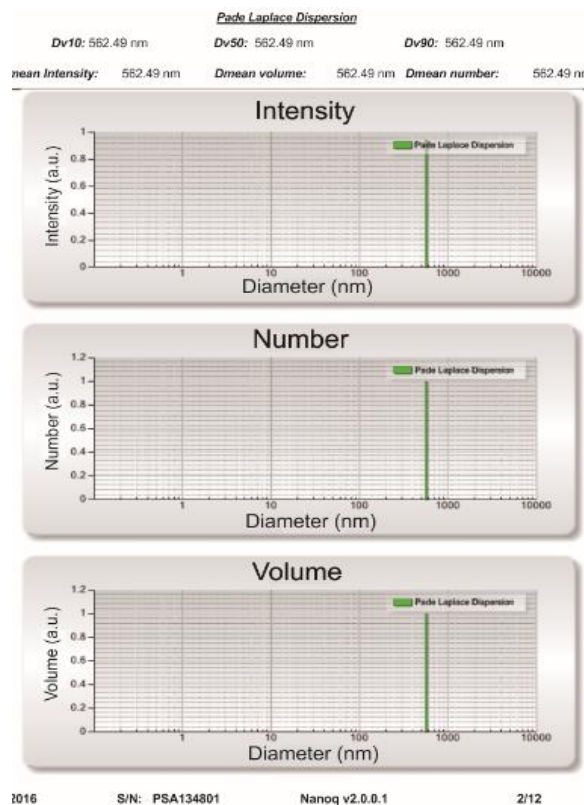
Untuk menguji sifat-sifat listrik film kitosan sebagai sensor kelembaban tanah, maka film tersebut ditempatkan di dalam sebuah ruang uji terisolasi yang dilengkapi dengan dua buah elektroda (positif dan negatif). Kedua elektroda tersebut dikontakkan ke kedua sisi permukaan film kitosan. dimana kedua elektroda tersebut juga dihubungkan ke sistem pembacaan elektronik berbasis Arduino yang di *interface* ke komputer melalui USB TTL dan software PLX-DAQ.

Agar kelembaban dari dalam tanah dapat mengalir ke dalam ruang uji, bagian bawah ruang uji tersebut dihubungkan dengan pipa akses dimana ujung pipa akses lainnya ditancapkan kedalam tanah. Dalam hal ini posisi ruang uji diletakkan di atas permukaan tanah.

Penelitian awal untuk menguji sifat-sifat listrik sensor film kitosan dilakukan secara *realtime* selama empat hari berturut-turut menggunakan media tanah tanaman jambu madu dalam pot. Untuk mengetahui performa film kitosan sebagai sensor kelembaban, di dalam ruang uji diletakkan sensor kelembaban komersial sebagai sensor pembanding. Dan untuk mengetahui sensor film kitosan benar-benar mendeteksi kelembaban dari dalam tanah maka di luar ruang uji diletakkan juga sensor komersial sebagai pembanding.

HASIL DAN PEMBAHASAN

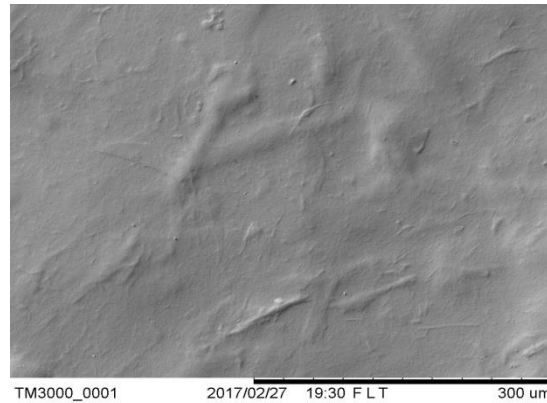
Gambar 1 memperlihatkan distribusi ukuran partikel pada larutan kitosan sebelum dikeringkan menjadi film yang diukur menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA).



Gambar 1: Distribusi ukuran partikel larutan kitosan menggunakan particle size analyzer (PSA)

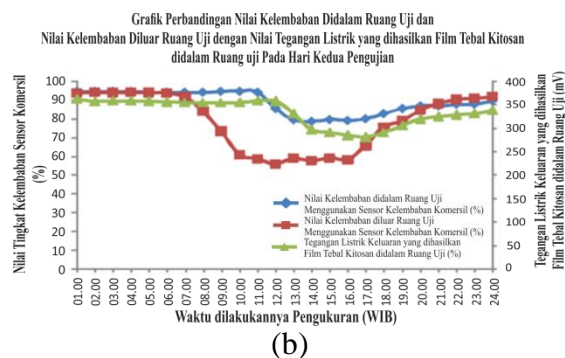
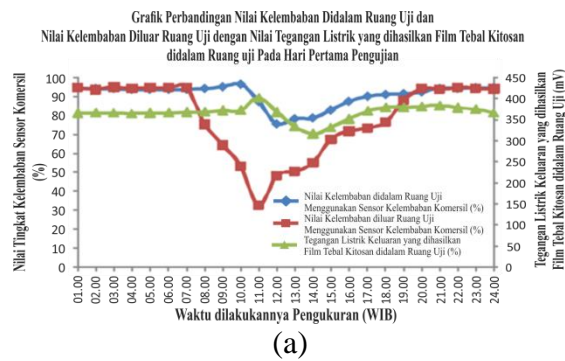
Pada gambar 1 terlihat bahwa ukuran partikel larutan kitosan terdistribusi secara merata. Hal ini ditunjukkan dengan nilai diameter yang sama yaitu 562.49 nm. Nilai ini juga menunjukkan kehomogenan larutan kitosan yang dibuat telah sangat baik. Selain itu, ukuran partikel yang diperoleh yaitu 562 nm merupakan ukuran partikel yang cukup kecil dimana ukuran partikel yang kecil menentukan kestabilan larutan kitosan dan kehalusan bentuk permukaan film kitosan yang dihasilkan pada proses pengeringan.

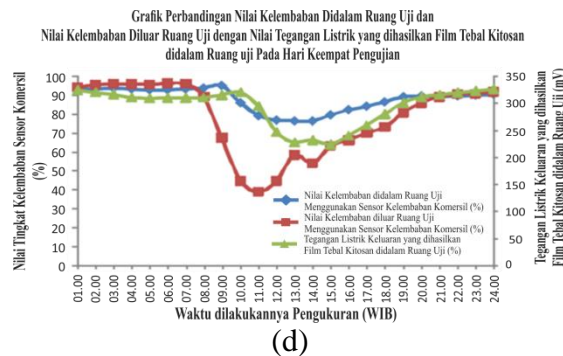
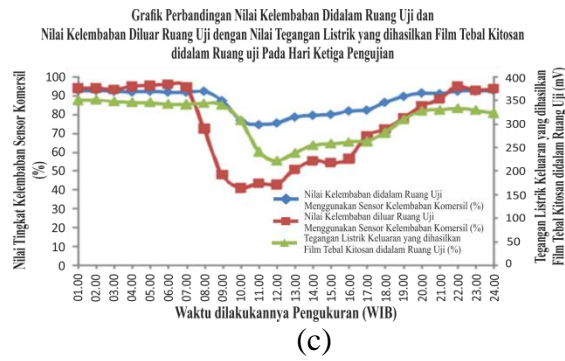
Bentuk permukaan film kitosan diuji menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Gambar 2 menunjukkan bentuk permukaan film kitosan. Bentuk permukaan film kitosan yang halus menunjukkan jarak antar partikel kitosan yang tersusun rapat. Permukaan film kitosan yang halus memungkinkan film kitosan untuk terikat kuat ke permukaan elektroda selama proses pendeteksian kelembaban tanah berlangsung. Ikatan yang kuat antara lapisan kitosan dan elektroda ini penting untuk menghindari pembengkakan lapisan pada film kitosan dari penyerapan molekul air setelah terkena udara basah.



Gambar 2: Bentuk permukaan film kitosan menggunakan SEM

Kemampuan sensor film kitosan dalam mendeteksi kelembaban tanah dapat diperlihatkan pada gambar 3(a), 3(b), 3(c), dan 3(d).





Gambar 3. Grafik perbandingan nilai keluaran sensor film kitosan dengan nilai keluaran sensor komersil pada hari (a) pertama (b) kedua (c) ketiga dan (d) keempat.

Dari grafik 3(a), 3(b), 3(c), dan 3(d) memperlihatkan bahwa nilai keluaran sensor film kitosan linear dengan nilai keluaran sensor kelembaban komersil. Hal ini menunjukkan bahwa film kitosan telah mampu mendeteksi kelembaban tanah didalam ruang uji. Dari grafik juga diketahui bahwa ruang uji benar-benar telah terisolasi dengan berbeda nya nilai baca sensor kelembaban yang diletakkan diluar dan didalam ruang uji terisolasi. sehingga kedua sensor yaitu sensor film kitosan dan sensor komersil mendeteksi kelembaban dari dalam tanah bukan kelembaban diluar ruangan.

Grafik 3(a), 3(b), 3(c), dan 3(d) juga memperlihatkan kitosan telah mampu mengimbangi performa sensor komersil yang meliputi waktu respon yang cepat, sensitivitas yang tinggi terhadap kelembaban, bahkan dari segi rentang nilai keluaran, film kitosan memiliki rentang nilai pembacaan yang lebih luas, sehingga film kitosan lebih unggul dari segi resolusi pembacaan.

KESIMPULAN

Pada penelitian awal ini, film kitosan telah menunjukkan kemampuannya untuk mendeteksi kelembaban tanah tanpa harus bersentuhan langsung dengan media tanah. Pendeteksian kelembaban menggunakan film kitosan dengan metode ini bahkan telah mampu mengimbangi performa sensor komersil yang umumnya harganya relatif mahal. Dengan demikian, film kitosan berpotensi digunakan sebagai sensor pendeteksi kelembaban tanah yang lebih akurat, murah, tahan lama serta ramah lingkungan.

REFERENSI

Deng, L., Wang, K., Li, J., Zhao, G., & Shangguan, Z. (2016). Effect of soil moisture and

atmospheric humidity on both plant productivity and diversity of native grasslands across the Loess Plateau, China. *Ecological Engineering*, 94, 525–531.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.048>

Hassan S., Suzuki M. & El-Moneim A.A. 2014. Synthesis of MnO₂–chitosan nanocomposite by one-step electrodeposition for electrochemical energy storage application. *Journal of Power Sources* 246: 68-73.

Nasution, T. I., Nainggolan, I., Hutagalung, S. D., Ahmad, K. R., & Ahmad, Z. A. (2013). The sensing mechanism and detection of low concentration acetone using chitosan-based sensors. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 177, 522–528.

Novizan, (2002) Petunjuk Pemupukan yang

Efektif. AgroMedia Pustaka. Jakarta

Koev S.T., Dykstra P.H., Luo X., Rubloff G.W., Bentley W.E., Payne G.F., et al. 2010. Chitosan: an integrative Biomaterial for lab-on-a-chip devices. *Lab on a Chip* 10: 3026-3042.

PENYERAPAN LOGAM BERAT LIMBAH CAIR MENGGUNAKAN KARBON AKTIF BERBAHAN ARANG TEMPURUNG KELAPA MELALUI AKTIVASI GELOMBANG MIKRO

Esmar Budi ^{1,*}, Widyaningrum Indrasari ¹⁾, Galih Dwi Prasetyo ¹⁾, Nanda Triyoko ¹⁾

¹ Prodi Fisika dan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Jakarta

*email: esmarbudi@unj.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengkaji penyerapan logam berat (Fe) dari limbah cair menggunakan karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan gelombang mikro. Pembentukan arang tempurung kelapa dilakukan melalui proses pirolisis di didalam tungku (furnace) pada suhu 250-300 C⁰ selama 2 jam. Proses aktivasi dilakukan pada variasi daya aktivasi gelombang mikro sebesar 450, 600 dan 800 W serta variasi periode aktivasi gelombang mikro selama 10, 15 dan 20 menit. Limbah cair yang digunakan dalam pengujian adalah laurtan 0.025 mg/lit FeSO₄.7H₂O. Karakterisasi karbon aktif meliputi uji redemen, kadar air dan daya serap (absorpsi). Daya serap karbon aktif terhadap logam Fe diuji menggunakan pengujian AAS (Atomic Adsoption Spectroscopy). Hasil pengujian menunjukkan bahwa presentasi redemen dan kadar air karbon aktif menurun seiring dengan peningkatan daya aktivasi gelombang mikro pada periode aktivasi tetap (10 menit). Sementara itu peningkatan presentasi redemen dan penurunan kadar air karbon aktif terjadi seiring dengan peningkatan periode aktivasi dengan daya aktivasi gelombang mikro tetap sebesar (800 W). Namun demikian secara keseluruhan daya serap logam Fe kedua sampel dari kedua perlakuan meningkat seiring peningkatan daya dan periode aktivasi gelombang mikro.

Keywords: Karbon aktif arang tempurung kelapa, aktivasi, gelombang mikro, daya serap, logam bera

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan khususnya air dan tanah yang disebabkan oleh air limbah industri yang mengandung logam berat telah menjadi perhatian. Logam berat dengan rapat massa tinggi, bersifat racun dan sulit terurai secara alamiah oleh lingkungan dan jika terakumulasi menyebabkan penyakit dan polusi (Borhan et al., 2016; El-Sadaawy & Wahab, 2014, Barakat, 2011). Logam berat seperti Fe merupakan sumber polutan utama pada limbah cair dan dapat dihilangkan dengan menggunakan karbon aktif (Hegazi, 2013).

Salah satu kaidah mudah, efektif dan murah dalam penyerapan logam berat limbah cair adalah dengan menggunakan absorban berbahan alamiah hasil pertanian yaitu arang tempurung kelapa melalui pembentukan karbon aktif (Arena et al., 2016). Selain mampu mengurangi pencemaran lingkungan, proses produksi karbon aktif itu sendiri juga merupakan proses yang ramah lingkungan.

Tempurung kelapa secara alamiah memiliki komposisi kimia utama lignin, selulosa, hemiselulosa, *moisture* dan abu (mozamel et al., 2002). Setelah dilakukan proses pirolisis

melalui pemanasan, unsur utama yang tersisa adalah Karbon. Dengan struktur berpori dan luas permukaan yang tinggi, arang tempurung kelapa mampu berperan sebagai penyerap.

Untuk mengoptimalkan kemampuan kerja karbon melalui pengaturan sifat karbon khususnya pori maka dilakukan proses aktivasi. Seperti diketahui bahwa selama proses pirolisis, masih terdapat sisa senyawa organik hidrokarbon seperti tar yang terjebak didalam pori sehingga menutupi pori karbon. Lebih lanjut, proses aktivasi selain mencegah pembentukan tar juga mengatur distribusi dan ukuran pori (A. Kumar, H.M. Jena, 2016, Prauchner & Reinoso, 2012).

Secara umum aktivasi terbagi menjadi dua yaitu aktivasi fisika dan kimia (Hidayat & Sutrisno, 2017). Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam karbon didalam larutan kimia asam atau basa. Sedangkan aktivasi fisika dilakukan melalui pemanasan karbon pada suasana uap. Pemanasan dapat dilakukan melalui pemanasan biasa menggunakan tungku (furnace) listrik ataupun menggunakan pemanasan gelombang mikro. Penggunaan gelombang mikro memberikan waktu aktivasi yang relatif lebih singkat dibandingkan pemanasan biasa (Dejang et al., 2015). Pemanasan gelombang mikro bersifat pemanasan volumetrik dimana pemanasan sampel terjadi dari bagian dalam terlebih dahulu, kemudian bagian luar sampel (Foo & Hameed, 2012; Pozar, 2012). Pemanasan gelombang mikro mampu meningkatkan daya serap karbon aktif dibandingkan pemanasan konvensional (Chronopoulos, et al., 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan penyerapan logam berat khususnya Fe oleh karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa yang diaktivasi dengan gelombang mikro.

KAJIAN LITERATUR

Arang tempurung kelapa diperoleh melalui proses pirolisis tempurung kelapa. Komposisi massa utama tempurung kelapa lignin (33.3%), selulosa (30.58%), hemiselulosa (26.7%), air (8.86%) dan abu (0.56%) (Arena et al., 2016). Sementara itu unsur elemen utama pada arang tempurung kelapa adalah karbon (45.03%), hidrogen (6.94%), oksigen (47.47%) serta abu (5.56%). Saat tempurung kelapa diubah menjadi arang melalui proses pirolisis, kandungan karbon meningkat hingga 76.32% (Mozammel et al., 2002). Struktur karbon yang berpori menjadikan arang tempurung kelapa efektif sebagai bahan penyerap.

Gelombang mikro merupakan gelombang elektromagnetik dengan rentang frekuensi antara 3×10^8 Hz hingga 3×10^{11} Hz dengan panjang gelombang antara 30 cm hingga 1.0 mm (Hecht, 1998). Gelombang mikro dihasilkan dari gerak vibrasi dan rotasi atom-atom di dalam molekul secara berganting sehingga molekul dapat menyerap dan memancarkan energi.

Salah satu aplikasi gelombang mikro adalah sebagai pemanas yang kita kenal dengan tungku pemanas gelombang mikro (*microwave oven*). Jika dibandingkan dengan sistem tungku pemanas listrik dimana elemen pemanas akan membangkitkan panas (kalor) luar untuk memanaskan objek benda atau sampel. Panas akan merambat secara konveksi kemudian mulai memanaskan bagian permukaan luar sampel. Selanjutnya panas masuk kedalam sampel secara konduksi. Sebaliknya, sistem pemanas gelombang mikro akan memanaskan sampel dari bagian dalam terlebih dahulu, kemudian bagian luar sampel (Pozar, 2012). Namun demikian pemanasan gelombang mikro akan banyak menghilangkan unsur sampel selama proses konduksi berlangsung.

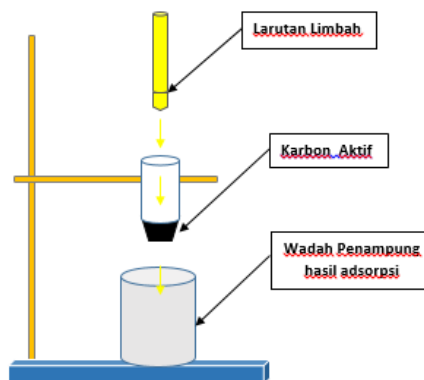
Secara umum proses penyerapan polutan limbah cair melibatkan tiga tahapan yaitu pertama proses transport polutan dari larutan limbah cair ke permukaan adsorban. Kedua adalah proses penyerapan polutan pada permukaan adsorban dan ketiga adalah proses transport polutan didalam adsorban (Barakat, 2011).

METODE PENELITIAN

Tempurung kelapa di ekstraksi secara manual dengan membersihkan sisa-sisa serabut kelapa yang masih menempel. Selanjutnya tempurung disikat untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel. Jika basah, tempurung dijemur hingga kering selama kurang lebih 2 – 3 hari. Kemudian dilakukan proses pirolisis selama 2 jam dengan suhu sekitar 250-300° C didalam tungku pemanas sehingga menghasilkan arang tempurung kelapa. Arang tempurung kelapa yang telah terbentuk kemudian di tumbuk menggunakan mortar hingga berukuran granul (3-4 mm) kemudian dicuci dan dibersihkan menggunakan aquades dan di keringkan menggunakan *hotplate*.

Proses selanjutnya adalah aktivasi fisika gelombang mikro menggunakan ME733K *microwave oven*, 20L Samsung Triple Distribution System. Percobaan dilakukan dengan melakukan variasi daya gelombang mikro sebesar 450, 600 dan 800 Watt selama 10 menit dan variasi periode aktivasi selama 10, 15 dan 20 menit dengan daya tetap sebesar 800 Watt. Kemampuan penyerapan karbon aktif terhadap logam berat Fe dianalisis menggunakan Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS). Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah yang dibuat dengan melarutkan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kedalam aquades.

Pengujian adsorpsi menggunakan metode adsorpsi dinamis (Kolom) yaitu ke dalam wadah penyaring yang telah diisi dengan adsorben karbon aktif dilewatkan larutan limbah buatan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang berperan sebagai adsorbat. Karbon aktif sebanyak 6 gr di letakan pada wadah penyaring, lalu 20 mL larutan limbah buatan Fe ditetesi melewati karbon aktif. Limbah Fe hasil adsorpsi di tampung dalam wadah.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kandungan logam Fe dalam limbah sebelum dan sesudah difiltrasi menggunakan karbon aktif yang diaktivasi gelombang mikro dengan variasi daya 450, 600 dan 800 W dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini

Tabel 1. Hasil Pengujian Kandungan Logam Fe menggunakan AAS untuk karbon aktif dengan variasi daya aktivasi.

Daya Aktivasi (watt)	Konsentrasi awal Fe (ppm)	Konsentrasi Fe setelah filter (ppm)
450	0.5501	0.2735
600		0.3067
800		0.1404

Hasil pengujian kandungan logam Fe dalam limbah sebelum dan sesudah difiltrasi menggunakan karbon aktif yang diaktivasi gelombang mikro dengan variasi periode aktivasi 10, 15 dan 20 menit dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini

Tabel 2. Hasil Pengujian Kandungan Logam Fe menggunakan AAS untuk karbon aktif dengan variasi periode aktivasi.

Periode Aktivasi (menit)	Konsentrasi Awal Fe (ppm)	Konsentrasi Fe Setelah Filtrasi (ppm)
10	0,5501	0,2192
15		0,3838
20		0,0494

Secara umum daya serap karbon aktif terhadap logam berat Fe meningkat seiring dengan peningkatan daya dan periode aktivasi gelombang mikro. Dengan kadar Fe awal pada limbah cair sebesar 0.5501 ppm (tingkat pencemaran air minum), karbon aktif yang diaktivasi gelombang mikro pada daya 450 W dan 800 W menunjukkan kemampuan penyerapan kadar logam Fe hingga di bawah nilai baku mutu. Berdasarkan Permenkes No. 416/MEN.KES/PER/IX/1990, baku mutu limbah cair kandungan logam Fe 0,3 mg/L untuk air minum dan 1 mg/L untuk air bersih. Hal yang sama ditunjukkan oleh kemampuan penyerapan logam berat Fe oleh karbon aktif yang diaktivasi selama 10 dan 20 menit dengan kadar dibawah baku mutu.

Pada dasarnya kemampuan penyerapan bergantung pada konsentrasi bahan penyerap (absorben) dan bahan yang diserap (absorban), waktu penyerapan dan keasaman (pH) limbah cair (Hegazi, 2013). Selain itu ukuran pori yang terbentuk memberikan pengaruh pada porositas karbon aktif (Hidayat dan Sutrisno, 2016). Diketahui bahwa jari-jari atom Fe adalah 0.126 nm sedangkan ukuran pori rata-rata adalah antara 1,38 – 3,78 μm sehingga atom Fe dapat dengan mudah masuk ke pori karbon aktif.

Hasil kajian menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan karbon aktif yang diaktivasi menggunakan gelombang mikro meningkat dibandingkan dengan yang tidak diaktivasi (Dejang et al., 2015). Hal ini mengindikasikan bahwa pembentukan mikro pori karbon aktif meningkat melalui proses aktivasi.

Daya aktivasi gelombang mikro merupakan faktor utama dalam pembentukan karbon aktif. Peningkatan kemampuan penyerapan karbon aktif seiring dengan peningkatan daya

gelombang mikro mengindikasikan bekerjanya efek pemanasan volumetrik dan internal dalam pengembangan struktur karbon (Foo and Hameed, 2012). Sementara itu penurunan daya serap karbon aktif diakibatkan oleh efek massa karbon yang hilang selama proses penguapan, dehidrasi dan dekomposisi.

Secara umum peningkatan waktu aktivasi mampu memberikan waktu paparan yang cukup dari energi gelombang mikro dalam meningkatkan laju reaksi pembentukan atau perbaikan struktur mikro yang belum sempurna (Foo and Hameed, 2012). Penurunan tingkat penyerapan diduga akibat rusaknya dinding antar pori yang berdekatan dan pelebaran mikro dan meso pori sehingga terjadi pengerutan dan keruntuhan kerangka struktur karbon.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan disimpulkan bahwa penggunaan aktivasi gelombang mikro mampu meningkatkan kemampuan serap logam berat Fe oleh karbon aktif arang tempurung kelapa. Secara umum kemampuan penyerapan meningkat seiring dengan peningkatan daya dan waktu aktivasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan Laboratorium Fisika Material FMIPA Universitas Negeri Jakarta. Penelitian ini dibiayai oleh hibah penelitian BLU UNJ No. No. 581.a/SP/2016.

REFERENSI

- Arena, N., Lee, J., Clift, R. (2016). Life Cycle Assessment to factivated carbon production from coconut shells. *Journal of Cleaner Production* 125, pp. 68-77.
- Barakat, M.A. (2011). New trends in Removing heavy metals from industrial wastewater *Arabian Journal of Chemistry* 4, pp. 361–377.
- Borhana, A., Abdullah, N.A., Rashidia, N.A., Taha, M.F. (2016). Removal of Cu^{2+} and Zn^{2+} from Single Metal Aqueous Solution Using Rubber-Seed Shell Based Activated Carbon. *Procedia Engineering* 148, pp. 694 – 701.
- Chronopoulos, T., Diez, Y.F, Valer, M..M.M., Ocone, R., Reay, D.A. (2014). CO_2 desorption via microwave heating for post-combustion carbon capture *Microporous and Mesoporous Materials* 197, pp. 288–290.
- Dejang, N., Somprasita, O., Chindaruksa, S. (2015). A Preparation of Activated Carbon from Macadamia Shell by Microwave Irradiation ActivationEnergy *Procedia* 79, pp. 727 – 732.
- El-Sadaawy, M., Wahab, O.A. (2014). Adsorptive removal of nickel from aqueous solutions by activated carbons from doumseed (*Hyphaenethebaica*) coat *Alexandria Engineering Journal* 53, pp. 399–408.
- Eugene Hecht. (1998). *Optics*, 3rd ed., New York: Addison-Wesley.

- Foo, K.Y., Hameed, B.H. (2012). Coconut husk derived activated carbon via microwave induced activation: Effects of activation agents, preparation parameters and adsorption performance *Chemical Engineering Journal* 184, pp. 57– 65.
- Hegazi, H.A. (2013). Removal of heavy metals from wastewater using agricultural and industrial wastes as adsorbents *Housing and Building National Research Center HBRC Journal* 9, pp. 276–282.
- Hidayat, A and Sutrisno, B. (2017). Comparison on pore development of activated carbon produced by chemical and physical activation from palm empty fruit bunch *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 162, pp. 012008.
- Kumar, A., Jena, H. M. (2016). Preparation and characterization of high surface area activated carbon from Fox nut (*Euryale ferox*) shell by chemical activation with H_3PO_4 .*Results in Physics* 6, pp. 651–658.
- Mozammel, H.M., Masahiro, O., Bhattacharya, S.C. (2002). Activated charcoal from coconut shell using $ZnCl_2$ activation *Biomass and Bioenergy* 22, pp. 397 – 400.
- Pozar, D.M. (2012). *Microwave Engineering*. 4th edition , John Wiley & sons.
- Prauchner, M. J., Reinoso, F.R.. (2012). Chemical versus physical activation of coconut shell: A comparative study *Microporous and Mesoporous Materials* 152, pp. 163–171.

TEKNOLOGI MONITORING GEOLISTRIK TIME-LAPSE UNTUK MEMANTAU DAERAH RAWAN LONGSOR DI KOTA PADANG

Mahrizal, Ahmad Fauzi, Akmam
FMIPA Universitas Negeri Padang,
mahrizalmz@gmail.com

Abstract

Recently landslide disasters often occurred in Padang. It is necessary to research and observe comprehensively the appearance of the physical properties and structure of the subsurface rocks in areas prone to landslides so that the parties concerned could overcome this landslide problem. This research aim to identify the presence of sliding plane in areas prone to landslides. Data obtained by using the Wenner and Schlumberger configuration processed with the help of RES2DINV software. Based on the resistivity values obtained on Track 1,2,3, and 4, there are 4 types of rock constituent : Clay, Sandstone, Limestone, and Andesite. Interpretation of the results showed that there is sliding plane in Track 1,2,3, and 4. Goelectric Time-Lapse Resistivity Inversion Method done for two sets of data, which goelectric measurements carried out in 2015 one times and in 2016 twice. The magnitude of change in resistivity to both sets of data the most are contained in Tracks 3 Wenner configuration that is equal to 32%, while the smallest resistivity changes are in Track 4 Wenner configuration that is equal to -1.32%.

Keywords : *Landslide, sliding, Time-Lapse, Inversion.*

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini bencana longsor sering melanda Kota Padang. Agar masalah longsor ini bisa ditangani secara menyeluruh oleh pihak yang terkait maka perlu dilakukan penelitian secara komprehensif serta melihat gambaran sifat fisis dan stuktur batuan bawah permukaan di daerah rawan longsor. Hingga kini, bagaimana gambaran sifat fisis dan stuktur batuan bawah permukaan di Kota Padang belum banyak diungkapkan.

Pemerintah Provinsi Sumatera Barat telah mengidentifikasi kerentanan bahaya longsor baik secara fisik maupun non-fisik. Kerentanan secara fisik adalah belum ada tanda-tanda bahaya pada lokasi bahaya longsor, belum ada peta resiko longsor dan belum terpasang alat peringatan dini. Sedangkan kerentanan non-fisik dari bahaya longsor adalah masyarakat tidak terdidik untuk menghindari bahaya longsor, keterbatasan lahan pembuatan pemukiman baru, sistem pemilikan tanah yang melibatkan budaya lokal dan kekurangan kemampuan masyarakat untuk mencegah, menjinakkan, mencapai kesiapan dan menanggapi dampak bahaya longsor.

Ancaman bahaya longsor di Sumatera Barat pada umumnya dan Kota Padang pada khususnya bersumber pada banyaknya pemukiman masyarakat yang terletak di kaki lereng

bukit serta jalan-jalan raya strategis dibangun pada lereng-lereng bukit yang cukup terjal. Pada musim hujan, banyak daerah-daerah tersebut mengalami kejadian longsor. Jika hal ini dibiarkan terus-menerus maka akan mengganggu masyarakat dalam melaksanakan aktivitas sehari-hari.

Pemprov Sumatera Barat telah menyusun sebuah rencana penanggulangan bencana periode 2008-2012 melalui Perda No. 115 tahun 2008[1]. Dengan beragamnya potensi bencana yang ada di Provinsi Sumatera Barat, maka dibutuhkan skala prioritas dalam pengurangan risikonya. Skala prioritas dikelompokkan dalam 3 tingkat yang mana masing-masing tingkat ditentukan berdasarkan faktor kemungkinan terjadi bencana, kerentanan masyarakat, dan kapasitas sumber daya yang dimiliki. Ketiga tingkatan tersebut adalah Tingkat Resiko Satu yaitu paling mendesak untuk ditangani, Tingkat Resiko Dua yaitu segera harus ditangani dan Tingkat Resiko Tiga yaitu dapat ditangani secara bertahap. Tingkat Resiko Satu adalah jika potensi jumlah korban dan kerugian/kerusakan yang timbul amat besar dengan potensi terjadinya bencana amat tinggi. Longsor termasuk dalam kategori Tingkat Resiko Dua yang harus segera ditangani.

Beberapa upaya yang telah dilakukan pemerintah dalam mengantisipasi bencana longsor adalah membuat rambu-rambu rawan longsor dan menempatkan alat-alat berat pada titik-titik yang sering terjadi longsor. Meskipun demikian usaha ini dinilai oleh banyak kalangan belum menuntaskan permasalahan karena longsor terjadi pada daerah tersebut secara berulang-ulang. Oleh karena itu, diperlukan sebuah penelitian yang komprehensif yang melibatkan kepakaran dan alat-alat serta perangkat lunak yang memadai.

Salah satunya daerah di Kota Padang yang sering terkena bencana longsor adalah daerah sekitar Gunung Padang. Gunung Padang merupakan rangkaian dari Bukit Gado-Gado, Bukit Air Manis dan Bukit Putuih. Gunung Padang terletak di Kelurahan Mato Aie, Kecamatan Padang Selatan, morfologi daerahnya terdiri perbukitan dengan ketinggian sedang, serta memiliki kemiringan lereng rata-rata 30° - 65° (Brotodiharjo *et al*, 2001). Kejadian longsor lahan di Gunung Padang banyak menimbulkan kerugian bagi masyarakat, berupa hancurnya bangunan, kerusakan prasarana fisik, dan korban meninggal dunia, seperti yang terjadi pada tanggal 31 juli 2001 dan tahun 2009. Mengingat rawannya daerah Gunung Padang terhadap bencana longsor lahan, maka perlu dilakukan penyelidikan metode geolistrik *time-lapse* untuk memantau perkembangan daerah rawan longsor setiap saat.

Salah satu pemicu terjadinya bencana longsor adalah curah hujan yang tinggi. Secara teori, nilai tahanan jenis suatu batuan bergantung kepada kandungan air. Apakah metode geolistrik *time-lapse* dapat mengetahui perubahan nilai tahanan jenis batuan setelah dan sebelum hujan hingga kini belum terungkap. Di Indonesia, penelitian ini adalah yang pertama mengembangkan teknologi *monitoring* geolistrik *time-lapse* untuk memantau daerah rawan longsor khususnya akibat musim. Jika penelitian ini berhasil maka akan didapatkan sebuah "*frontier technology*" dalam bidang geolistrik untuk memantau perkembangan daerah rawan longsor setiap saat.

KAJIAN LITERATUR

Tim Bakornas Penanggulangan Bencana Nasional (2007) memperkenalkan definisi longsor, gangguan kestabilan lereng, proses pemicu longsor, kajian bahaya longsor, gejala dan peringatan dini bencana longsor, parameter-parameter fisika bencana longsor, upaya mitigasi dan karakteristik bencana longsor sebagai berikut[2]. Longsor merupakan salah satu jenis

gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Ada 6 jenis tanah longsor, yakni: longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan. Jenis longsor translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Sedangkan longsor yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan.

Beberapa peneliti terdahulu telah menggunakan metode geolistrik untuk memetakan daerah rawan longsor. Sule, et.al., (2007) menggunakan metode resistivitas dan GPS dalam memantau longsor lahan di daerah Panawangan, Ciamis, Indonesia. Hasil penelitian ini menemukan bahwa nilai resistivitas Halang didominasi oleh *clay* dan formasi didominasi oleh *breccia* dapat menjelaskan perbedaan hasil-hasil inversi dari data resistivitas dimana bidang antarmuka pada masing-masing formasi berlaku sebagai bidang gelincir. Nilai resistivitas rendah menunjukkan kemungkinan *incharge* air permukaan. Sedangkan beberapa nilai resistivitas rendah yang ditemukan di daerah penelitian dapat berlaku sebagai *trigger* untuk terjadinya longsor lahan. Hasil survei GPS menunjukkan adanya pergerakan tanah daerah penelitian dengan pergeseran horizontal maksimum 175 mm dan pergeseran vertikal maksimum 6 mm. Ini mengindikasikan bahwa kombinasi kedua metode potensial untuk memantau longsor lahan [3]. Selanjutnya, Lapenna, et.al., (2012) mengembangkan algoritma data inverse tomografi untuk monitoring longsor di bagian selatan Italia. Hasilnya adalah metode geolistrik *robust* ini secara efektif diaplikasikan untuk memberikan kontribusi terhadap fase dalam siklus manajemen bencana[4]. Travelletti, et.al., (2011) menggunakan metode tomografi resistivitas listrik *time-lapse* untuk memonitor perembesan dan aliran air bawah permukaan dalam tanah longsor dengan batuan pasir bercampur *clay*. Hasil penelitian mengindikasikan sebuah pengurangan berarti dalam resistivitas sampai 18% dibandingkan dengan keadaan awal dalam skema hujan. Penelitian ini mendemonstrasikan bahwa metode tomografi resistivitas listrik *time-lapse* berpotensi memonitor perembesan air pada bidang miring pasir bercampur *clay* [5].

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa meskipun metode geolistrik telah digunakan secara luas untuk menyelidiki karakteristik daerah rawan longsor, namun pengembangan teknologi *monitoring* geolistrik *time-lapse* untuk memantau perkembangan daerah rawan longsor masih sangat sedikit.

METODE PENELITIAN

3.1. Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak di Kota Padang yaitu di Bukit Lantiak yang termasuk Kelurahan Seberang Palinggam Kecamatan Padang Selatan.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam survai geolistrik dan geologi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam survei geolistrik dan geologi

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Kegunaan	Jumlah
1	<i>Automatic Resistivity System GF Instruments</i>	Model Ares-G4	Mengukur nilai tahanan jenis batuan bawah permukaan	1 buah
2	GPS	Garmin V	Mengukur posisi	1 buah
3	Altimeter	Pauline	Mengukur ketinggian	1 set
4	Mobil	CC>1800	Alat transportasi lapangan	1 buah
5	Kamera digital	Optikal zoom	Pemotretan titik-titik amat	1 buah
6	Palu geologi	-	Pengetukan batuan	1 buah
7	Kompas	Utara-selatan	Menentukan arah amat	1 buah

3.3 Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data

Peralatan utama yang digunakan untuk mendapatkan nilai tahanan jenis adalah *Automatic Resistivity System GF Instruments* (ARES) dengan spesifikasi Model Ares-G4 buatan Republik Cheko. Teknik pengumpulan data yang akan digunakan adalah Konfigurasi Wenner dan Konfigurasi Schlumberger untuk melihat perubahan nilai tahanan jenis secara dangkal dan dalam serta Metode Geolistrik *Time-Lapse Resistivity Inversion* untuk melihat perubahan resistivitas untuk dua waktu yang berbeda.

3.4 Teknik Analisa Data Geolistrik

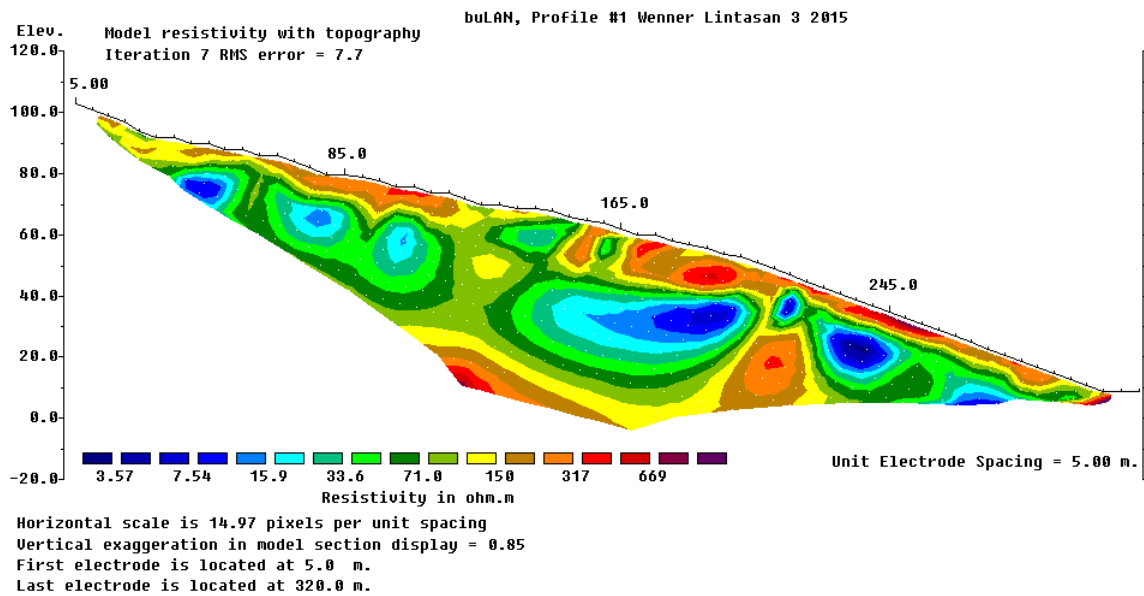
Pengolahan data lapangan hasil pengukuran geolistrik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak RES2DINV. Pada tahap ini dicoba untuk menampilkan Model 2-D yang menggambarkan nilai tahanan jenis batuan pada kedalaman tertentu. Untuk menyakinkan kualitas hasil pemodelan, nilai tahanan jenis dan kedalaman sebenarnya yang pertama sekali dihitung digunakan untuk mendapatkan nilai tahanan jenis dan kedalaman semu terhitung berikutnya. Proses ini dilakukan terus menerus (iterasi) sampai didapatkan hasil yang terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

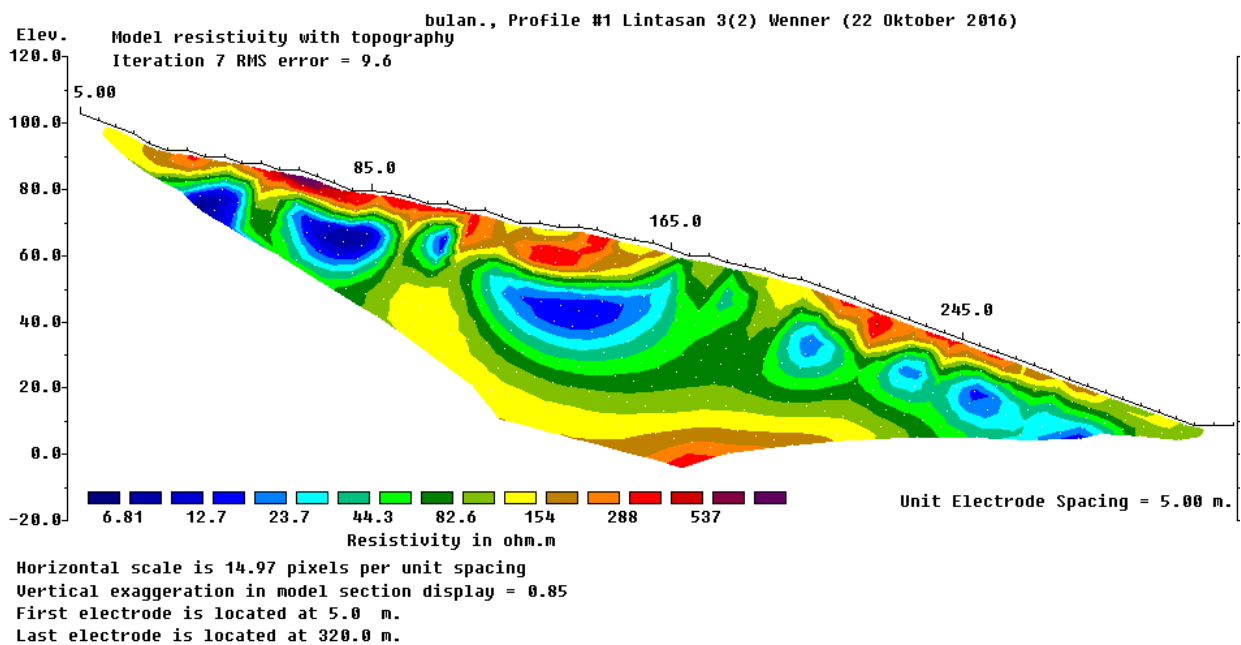
Data pengukuran Geolistrik dengan menggunakan *Automatic Resistivity System GF Instruments* pada Konfigurasi Wenner dan Konfigurasi Schlumberger diambil pada dua kurun waktu yang berbeda.

Data yang diperoleh dengan menggunakan Konfigurasi Wenner ini diolah dengan bantuan software RES2DINV berupa penampang model 2D yang memiliki warna yang berbeda-beda. Untuk musim hujan tahun 2015 telah diperoleh penampang model 2D, 4 jenis batuan penyusun yaitu *Clay*, *Sandstone*, *Limestone*, dan *Andesite*, serta adanya bidang gelincir. Hasilnya telah dipublikasikan pada tahun 2015.

Untuk tahun 2016 dilakukan pengukuran dua kali. Besarnya perubahan resistivitas pada kedua set data paling besar terdapat pada Lintasan 3 Konfigurasi Wenner yaitu sebesar 32 %, sedangkan perubahan resistivitas paling kecil terdapat pada Lintasan 4 Konfigurasi Wenner yaitu sebesar -1,32 %. Penampang model 2D untuk Lintasan 3 tahun pengukuran 2015 dan pengukuran kedua tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Penampang Model 2D Lintasan 3 Konfigurasi Wenner dengan Topografi waktu pengukuran tahun 2015.

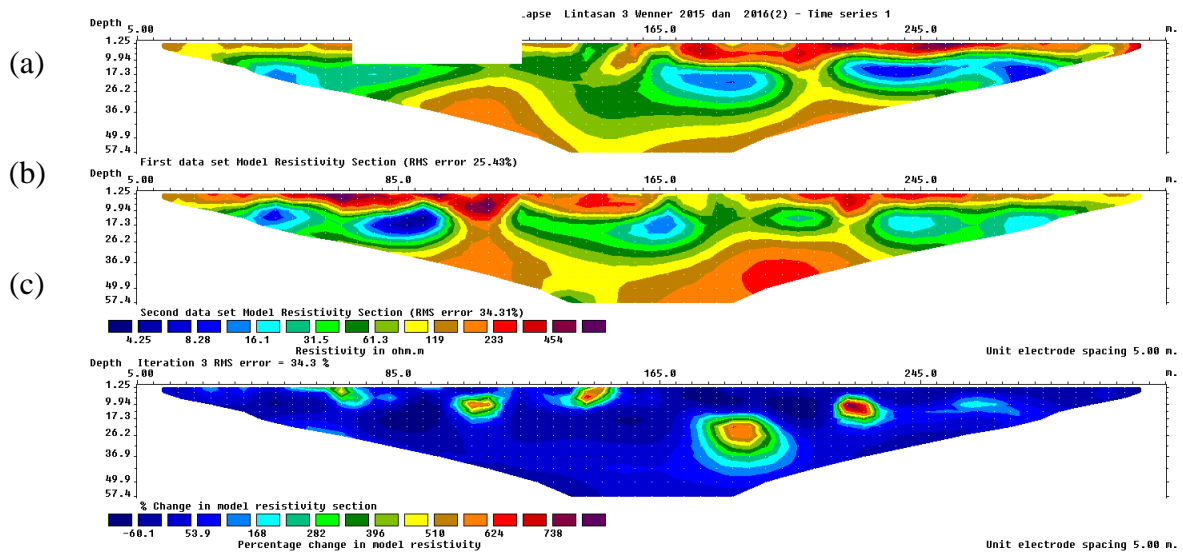


Gambar 2. Penampang Model 2D Lintasan 3 Konfigurasi Wenner dengan Topografi waktu pengukuran kedua tahun 2016.

Masing-masing warna menunjukkan rentangan nilai tahanan jenis tertentu, yang dapat diinterpretasi sebagai jenis mineral geologi tertentu.

Hasil interpretasi data untuk Lintasan 1 ini adalah sebagai berikut. Berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh pada Lintasan 3 diidentifikasi terdapat 4 jenis batuan penyusun yaitu *Clay*, *Sandstone*, *Limestone*, dan *Andesite*.

Pengolahan dengan menggunakan software RES2DINV dengan Metoda Geolistrik *Time-Lapse Resistivity Inversion* pada Konfigurasi Wenner dilakukan untuk 2 set data yaitu pengukuran geolistrik pada tahap awal yaitu tahun 2015 dan tahap kedua yaitu pengukuran kedua tahun 2016. Hasil inversi time lapse dapat dilihat pada Gambar 3.

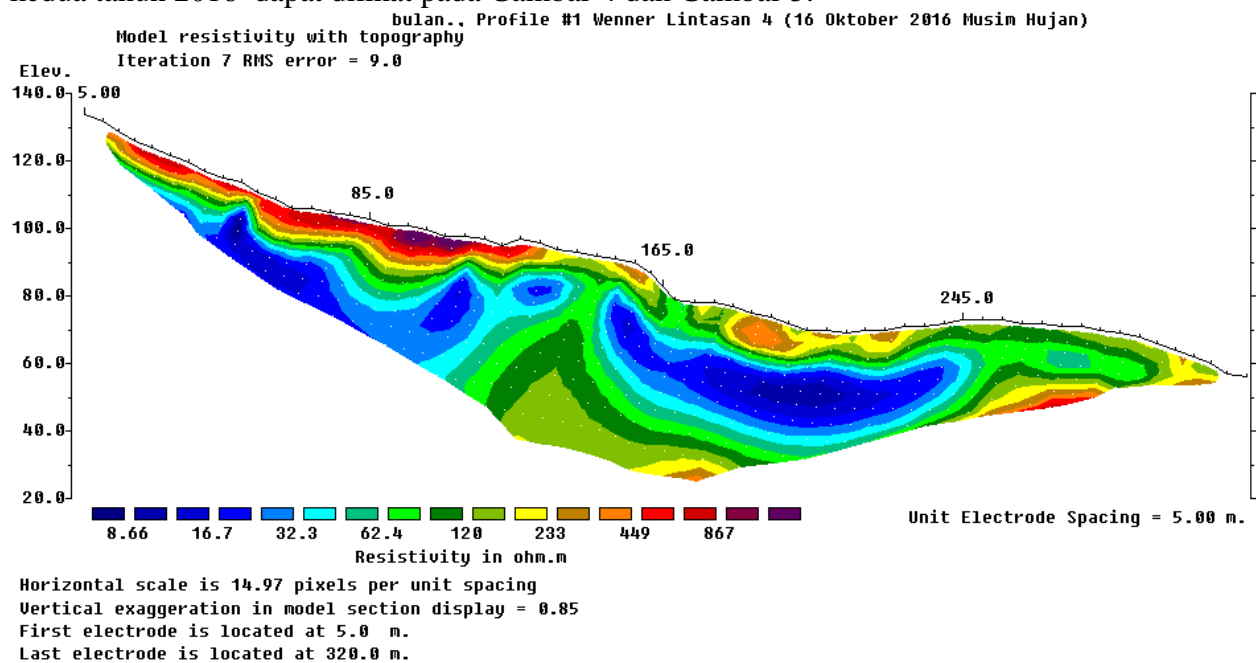


Gambar 3. Persentase perubahan resistivitas antara dua set pengukuran data pada Lintasan 3 Konfigurasi Wenner. (a) Model Penampang Resistivitas Set Data Pertama yaitu pada pengukuran tahun 2015. (b) Model Penampang Resistivitas Set Data Kedua yaitu pada pengukuran kedua tahun 2016. (c) Persentase perubahan Model Penampang Resistivitas.

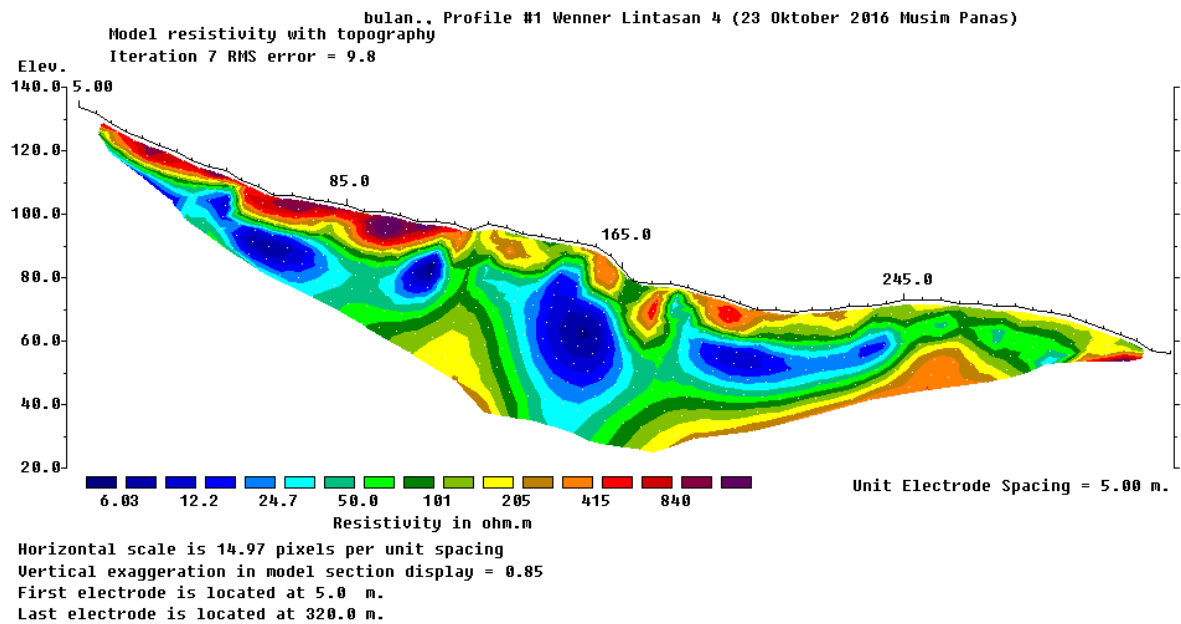
Besarnya perubahan resistivitas untuk kedua set data rata-rata hampir sama pada semua titik pengukuran yaitu sekitar 32 %, kecuali pada titik-titik tertentu, yang menunjukkan persentase yang lebih besar. Hal ini menunjukkan adanya perubahan nilai resistivitas jika diukur pada waktu yang berbeda. Perbedaan ini disebabkan karena adanya penyerapan air hujan oleh permukaan yang kemudian migrasi ke dalam lapisan bagian dalam.

Untuk pengukuran tahun 2015 telah diperoleh penampang model 2D, 4 jenis batuan penyusun yaitu *Clay*, *Sandstone*, *Limestone*, dan *Andesite*, serta adanya bidang gelincir. Hasilnya telah dipublikasikan pada tahun 2015.

Penampang model 2D untuk Lintasan 4 tahun pengukuran pertama 2016 dan pengukuran kedua tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Penampang Model 2D Lintasan 4 Konfigurasi Wenner dengan Topografi waktu pengukuran pertama tahun 2016.

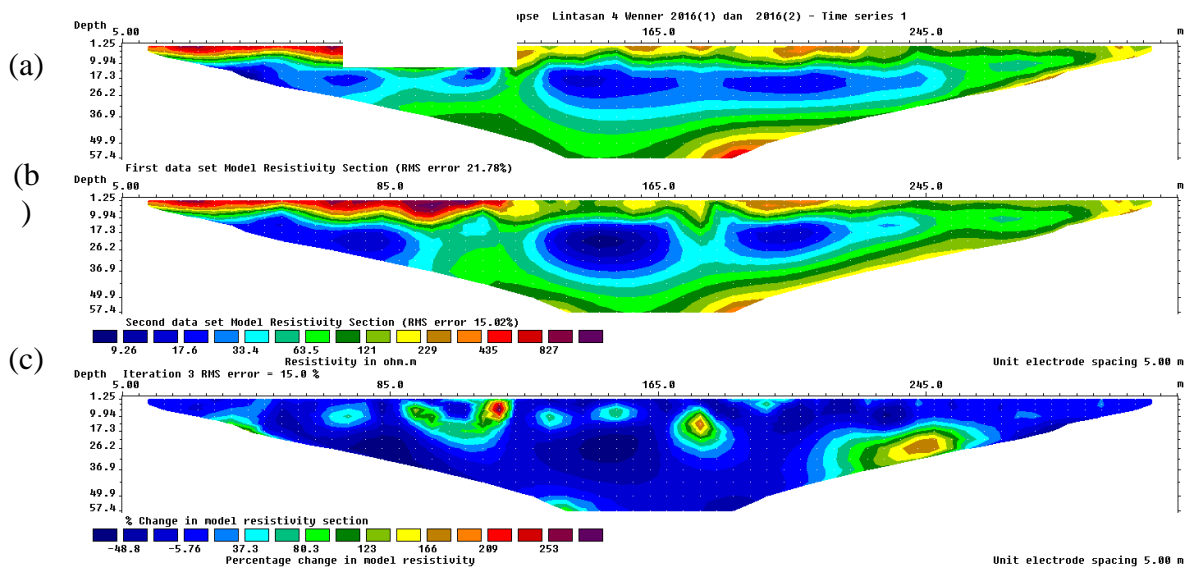


Gambar 5. Penampang Model 2D Lintasan 4 Konfigurasi Wenner dengan Topografi waktu pengukuran kedua tahun 2016.

Untuk musim hujan tahun 2016 diperoleh penampang model 2D seperti dapat dilihat pada Gambar 3. Masing-masing warna menunjukkan rentangan nilai tahanan jenis tertentu, yang dapat diinterpretasi sebagai jenis mineral geologi tertentu.

Hasil interpretasi data untuk Lintasan 1 ini adalah sebagai berikut. Berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh pada Lintasan 1 diidentifikasi terdapat 4 jenis batuan penyusun yaitu *Clay*, *Sandstone*, *Limestone*, dan *Andesite*.

Pengolahan dengan menggunakan software RES2DINV dengan Metoda Geolistrik *Time-Lapse Resistivity Inversion* pada Konfigurasi Wenner dilakukan untuk 2 set data yaitu pengukuran geolistrik pada tahap awal yaitu pengukuran pertama tahun 2016 dan tahap kedua yaitu pengukuran kedua tahun 2016. Hasil inversi time lapse dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Persentase perubahan resistivitas antara dua set pengukuran data pada Lintasan 4 Konfigurasi Wenner. (a) Model Penampang Resistivitas Set Data Pertama yaitu pada pengukuran pertama tahun 2016. (b) Model Penampang Resistivitas Set Data Kedua yaitu pada pengukuran kedua tahun 2016. (c) Persentase perubahan Model Penampang Resistivitas.

Besarnya perubahan resistivitas untuk kedua set data rata-rata hampir sama pada semua titik pengukuran yaitu sekitar -1,32 %, kecuali pada titik-titik tertentu, yang menunjukkan persentase yang lebih besar. Hal ini menunjukkan adanya perubahan nilai resistivitas jika diukur pada waktu yang berbeda. Perbedaan ini disebabkan karena adanya penyerapan air hujan oleh permukaan yang kemudian migrasi ke dalam lapisan bagian dalam.

KESIMPULAN

Berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh pada Lintasan 1 diidentifikasi terdapat 4 jenis batuan penyusun yaitu *Clay*, *Sandstone*, *Limestone*, dan *Andesite*. Hasil interpretasi menunjukkan di Lintasan 1 terdapat bidang gelincir. Disamping itu juga diperoleh hasil perubahan nilai resistivitas pada lokasi yang sama tetapi diukur pada waktu yang berbeda. Untuk tahun 2015 pengukuran hanya satu kali sedangkan untuk tahun 2016 pengukuran dilakukan dua kali. Besarnya perubahan resistivitas pada kedua set data paling besar terdapat pada Lintasan 3 Konfigurasi Wenner yaitu sebesar 32 %, untuk pengukuran pertama tahun 2015 dan pengukuran kedua adalah pengukuran tahap 2 tahun 2016. Perubahan resistivitas paling kecil terdapat pada Lintasan 4 Konfigurasi Wenner yaitu sebesar -1,32 %, untuk pengukuran pertama adalah pengukuran tahap 1 tahun 2016 dan pengukuran kedua adalah pengukuran tahap 2 tahun 2016. Perubahan nilai resistivitas ini disebabkan karena adanya penyerapan air hujan oleh permukaan yang kemudian migrasi ke dalam lapisan bagian dalam.

REFERENSI

- [1] Pemprov Sumbar, Rencana penanggulangan bencana Provinsi Sumbar 2008-2012 (2008).

- [2] BAKORNAS PB, Pengenalan karakteristik bencana dan upaya mitigasinya di Indonesia, ISBN 978-979-96016-2-9, Direktorat Mitigasi, Kalakhar BAKORNAS PB, Jakarta (2007).
- [3] R. Sule, F. Syamsuddin, Sitorus, D.A. Sarsito, and I.A. Sadisun, The utilization of resistivity and gps methods in landslide monitoring: case study at Panawangan Area – Ciamis, Indonesia, *PROCEEDINGS JOINT CONVENTION BALI The 32nd HAGI, The 36th IAGI, and The 29th IATMI Annual Conference and Exhibition* (2007).
- [4] Lapenna, V., Perrone, A., Piscitelli, S., Electrical tomography for landslide monitoring: state-of-the-art and an overview of recent results in Southern Italy, EMSEV 2012 Gotemba Kogen Resort, Gotemba, Japan (2012).
- [5] Travelletti, J., Sailhac, P., Malet, J.P., Grandjean, G., and Ponton, J., Hydrological response of weathered clay-shale slopes: water infiltration monitoring with time-lapse electrical resistivity tomography, *HYDROLOGICAL PROCESSES Hydrol. Process* (2011).

ANALISIS DAN KARAKTERISASI PADA PEMBUATAN GENTENG POLIMER BERBAHAN BAKU LIMBAH PULP DREGS SEBAGAI AGREGAT DAN RESIN EPOKSI SEBAGAI PEREKAT

Kurnia Sembiring

Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sumatera Utara, Medan

Abstract

Pembuatan genteng polimer telah sert dengan menggunakan limbah padat industri karet sarung tangan dengan Komposisi campuran yang terbaik dari pembuatan genteng polimer tersebut Sampel dari beberapa komposisi yang dibuat lalu di press pada Hot Compressor dengan suhu 150 C selama 30 menit. Setelah sampel dibuat maka dilakukan pengujian sifat fisis dan sifat mekanis, uji permukaan yaitu SEM, uji DSC, uji DTA dan uji absorpsi dari XRD serta uji kedap suara. Hasil penelitian menunjukkan penambahan limbah karet menghasilkan daya serap air dan porositas semakin rendah, sementara kuat lentur dan dampak semakin tinggi. Hasil dari DC dan DTA terlihat bahwa sampel mempunyai ketahanan dari 300 C sampai 470 C, sedangkan untuk SEM terlihat bahwa bentuk permukaan dari beberapa sampel kurang homogen. Hasil dari absorpsi menggunakan XRD maka terlihat bahwa sampel menyerap sesuai dengan masing-masing sampel, yaitu semakin banyak pertambahan limbah karet maka intensitas penyerapan semakin besar. Dari hasil uji kedap suara dengan tebal sampel 5×10^{-3} m dihasilkan kedap suara untuk sampel rata-rata $a = 0,128$. Hasil dari penelitian di atas maka genteng polimer yang dihasilkan sangat sesuai dengan sifat-sifat fisis dan sifat mekanis yang diperlukan dari genteng polimer standar.

Kata Kunci : Genteng polimer, Limbah karet, High density polyethylene (HDPE)

PENDAHULUAN

Perkembangan industri bahan membutuhkan penyediaan bangunan alternatif yang lebih unggul dari bahan bangunan konvensional, antara lain genteng. Genteng sebagai bahan bangunan yang cukup penting untuk atap memiliki fungsi sebagai pelindung terhadap berbagai faktor luar antara lain angin, cahaya matahari, badai, dan hujan. Pada masa sekarang dibutuhkan genteng alternatif yang lebih kuat, lebih tahan lama, lebih ringan, lebih tahan cuaca dan suhu serta relatif murah agar dapat memenuhi fungsi di atas. Suatu hal yang terpenting adalah bahan genteng tersebut mudah didapat.

Limbah padat karet alam adalah produk jadi atau setengah jadi berbahan baku karet alam, yang telah kedaluarsa, cacat atau tidak dipergunakan lagi karena tidak dikehendaki.

HDPE (high density polyethylene) adalah suatu resin polimer plastik termoplast dari kelompok polyethylene. HDPE (high density polyethylene) dibuat melalui polimerisasi ethylene dengan penambahan berbagai metal, dan dihasilkan polimer polyethylene yang tersusun hampir sebagaimana besar polimer polimer linier. Bentuknya yang linier menghasilkan

sifat bahan yang bersifat kuat, rapat dan strukturnya mudah diatur. Kemasan oli adalah jenis plastik yang tergolong ke dalam jenis HDPE.

Defenisi agregat adalah material granular, yaitu pasir, krikil (gravel), batu hancur, atau terak besi bekas sisa pembakaran dalam tanur tinggi (blast furnace) yang digunakan bersama medium sementik sebagai bahan pengisi dalam pembuatan genteng yang berbasis genteng polimer.

Aspal merupakan salah satu zat adhesif dari senyawa hidrokarbon yang dihasilkan dari minyak bumi yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat dan bersifat termoplastis.

PROSEDUR EKSPERIMEN

Bahan utama yang digunakan untuk penelitian ini adalah limbah karet industri dan high density polyethylene (HDPE) bekas dari limbah kemasan oli plastik. Limbah karet dan HDPE bekas dipotong kecil-kecil lalu diekstruksi dalam Ekstruder dengan suhu pemanasan 150⁰C. Lalu dicampur dengan campuran aspal yang telah dicairkan ditambahkan pasir dan resin epoksi. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam internal mixer dengan suhu pemanasan 170⁰C selama 30 menit. Setelah itu dimasukkan ke dalam cetakan lalu dipress dengan Hot Compressor dengan suhu pemanasan 150⁰C selama 15 menit.

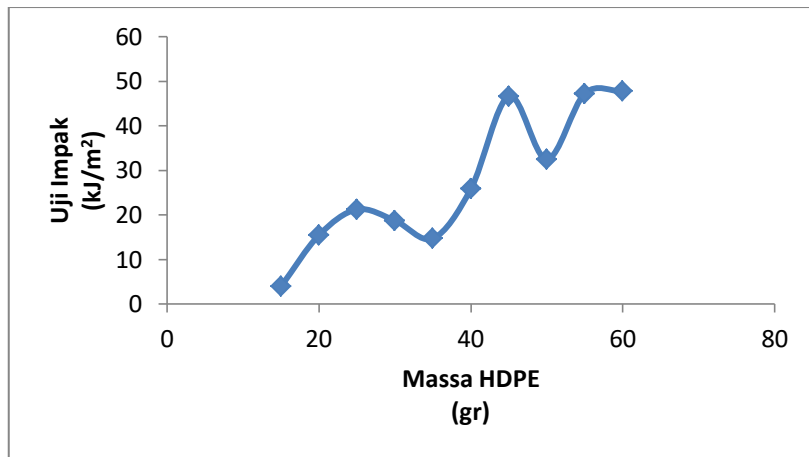
Pengujian dilakukan terhadap sampel yaitu kekuatan impak, kekuatan lentur, daya serap air dan porositas. Pengujian kekuatan impak dilakukan dengan alat impaktor wolpert untuk menentukan sifat ketangguhan sampel terhadap pembebanan dinamis, metoda yang digunakan adalah metoda Charpy. Pengujian kekuatan lentur dilakukan untuk mengetahui keelastisan sampel yaitu dengan menggunakan alat Unversal Tensile Mechine dengan metoda tiga titik lentur. Sedangkan daya serap air yang mengacu pada ASTM C-20-00-2005 untuk menentukan besarnya persentase air yang diserap oleh sampel serta porositas mengacu pada ASTM 373-88 untuk menentukan volume rongga kosong pada sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Uji Impak

Hasil Pengujian kuat impak yang telah dilakukan pada sampel genteng polimer ini bertujuan untuk mengetahui ketangguhan sampel terhadap pembebanan dinamis. Pengujian Impak ini dilakukan dengan menggunakan metode charpy. Dari pengujian yang dilakukan kita dapat mengetahui besar energi yang diserap suatu material sampai material tersebut patah, sehingga dapat diketahui apakah suatu bahan yang diuji rapuh atau kuat. Semakin banyak energi yang terserap maka akan semakin besar kekutan impak dari suatu bahan.

Dari data yang diperoleh semakin banyak komposisi HDPE yang ditambahkan ke dalam campuran maka akan semakin kuat, ini sesuai dengan sifat yang dimiliki HDPE strength kuat. Akan tetapi pada sampel III dengan komposisi HDPE dan pasir halus (50:25) lebih rendah nilai uji impaknya dibanding dengan sampel IV (45:35) hal ini disebabkan karena pada variasi (45:35) campuran lebih homogen. Besar nilai ujiimpak ini dipengaruhi oleh homogenitas suatu campuran.



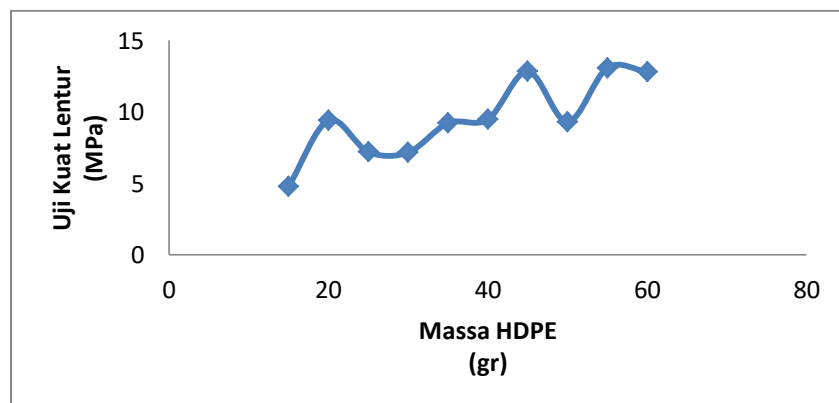
Grafik 1 Hubungan antara pengujian impact dan variasi campuran *high density polyethylene* (HDPE) bekas

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa nilai kuat impact maksimum yaitu pada sampel I dengan komposisi HDPE bekas dan pasir halus (60:15) sebesar 47,75 kJ/m². Sedangkan nilai impact minimum pada komposisi HDPE bekas dan pasir halus (15:60) yaitu pada sampel X yaitu sebesar 4 kJ/m². Dapat dilihat pada grafik bahwa nilai pengujian impact semakin menurun dari komposisi HDPE bekas yang lebih banyak menurun ke komposisi HDPE yang lebih sedikit.

Analisis Uji Kuat Lentur

Pengujian kekuatan lentur dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan polimer terhadap pembebanan pada tiga titik lentur. Pengujian kekuatan lentur ini juga bertujuan untuk mengetahui sifat keelastisan suatu bahan. Pada penelitian ini pembebanan yang diberikan adalah tegak lurus terhadap arah sampel dengan tiga titik lentur.

Dari tabel 4.2 pada sampel III dengan komposisi HDPE dan pasir halus (50 : 25) lebih kecil nilai uji kuat lenturnya dibandingkan dengan sampel IV dengan perbandingan HDPE dan pasir halus (45 : 30) dikarenakan campuran dari sampel IV lebih homogen dibandingkan dengan sampel III. Tetapi secara umum nilai uji kuat lentur menurun dari sampel yang komposisi HDPE lebih banyak menurun ke komposisi HDPE yang lebih sedikit. Jadi, semakin banyak HDPE bekas dalam campuran akan semakin baik kekuatan lenturnya. Hasil yang diperoleh pada pengujian ini dipengaruhi oleh homogenitas suatu campuran sampel.



Grafik 2 Hubungan antara nilai pengujian kuat lentur dan variasi campuran *high density polyethylene* (HDPE) bekas

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hubungan antara pengaruh penggunaan High density polyethylene (HDPE) terhadap kekuatan lentur sampel tersebut. Dapat dilihat juga pada grafik di atas nilai maksimum untuk uji kuat lentur yaitu pada sampel II dengan komposisi HDPE dan pasir halus (55 : 20) dan untuk nilai minimum terdapat pada sampel X yaitu dengan komposisi HDPE banding pasir halus sebanyak (15 : 60). Tetapi dari grafik dapat dilihat terjadi fluktuasi data sampel, ini dipengaruhi dari tingkat homogenitas dari suatu campuran.

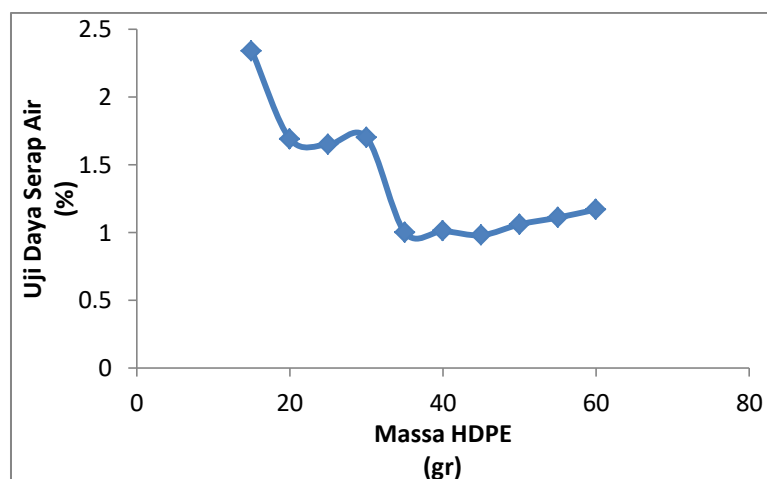
Analisis Pengujian Daya Serap Air

Sampel yang telah ditetapkan untuk campuran *high density polyethylene* (HDPE) bekas dan pasir halus kemudian ditambahkan aspal, aspal ini berfungsi sebagai anti air (waterproof) yang dapat mencegah air merembes ataupun tembus melalui lapisan genteng.

Banyaknya kandungan air dalam campuran aspal cenderung mengurangi daya tahan campuran aspal karena dapat menyebabkan erosi. Sehingga dengan ditambahkan bahan HDPE bekas, persentase daya serap air menjadi lebih kecil.

Berdasarkan tabel terlihat bahwa nilai daya serap air paling maksimum 2,34% dengan perbandingan campuran HDPE bekas dan pasir halus (15 : 60)%.

Pada komposisi HDPE bekas dan pasir halus (45:30) nilai daya serap airnya paling minimum diantara semua variasi yaitu 0,98 % dan ini menunjukkan bahwa pada komposisi tersebut adalah hasil yang terbaik untuk uji daya serap air. Hal ini dipengaruhi dari homogenitas campuran bahan, semakin homogen campurannya maka semakin rendah daya serap airnya dan kualitasnya akan semakin baik .



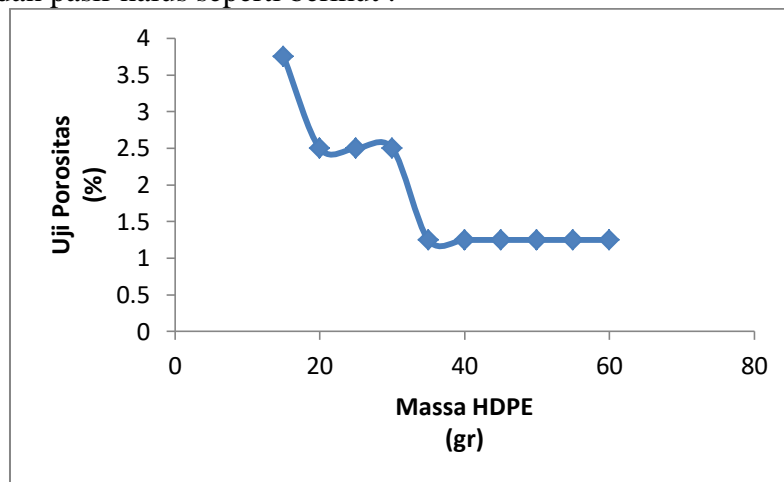
Grafik 3 Hubungan antara nilai daya serap air variasi campuran *high density polyethylene* (HDPE) bekas

Berdasarkan SNI-03-1969-1990, diketahui bahwa kandungan air dalam aspal maksimum sebesar 3%. Hal ini menunjukkan bahwa semua sampel yang telah diujikan, untuk nilai penyerapan airnya telah memenuhi standar minimum penyerapan air terhadap aspal menurut Standar Nasional Indonesia (SNI).

Analisis Uji Porositas

Menurut ASTM C 373 – 88 diperoleh hasil pengujian Porositas dari genteng polimer , nilai porositas minimum pada komposisi campuran *high density polyethylene* (HDPE) bekas dan pasir halus (35:40), (40:35), (45:30), (50:25), (55:20) dan (60:15) yaitu sebesar 1,25 % dan porositas maksimum pada campuran HDPE bekas dan pasir halus dengan komposisi (15:60) yaitu 3,75% . Dari data yang diperoleh penambahan HDPE bekas dalam campuran genteng polimer cenderung mengurangi nilai porositas seperti terlihat dari hasil yang di dapat yang semakin menurun nilai porositasnya seiring dengan penambahan massa *high density polyethylene* (HDPE) bekas.

Di bawah ini dapat dilihat grafik uji porositas terhadap campuran high density Polyethylene (HDPE) bekas dan pasir halus seperti berikut :

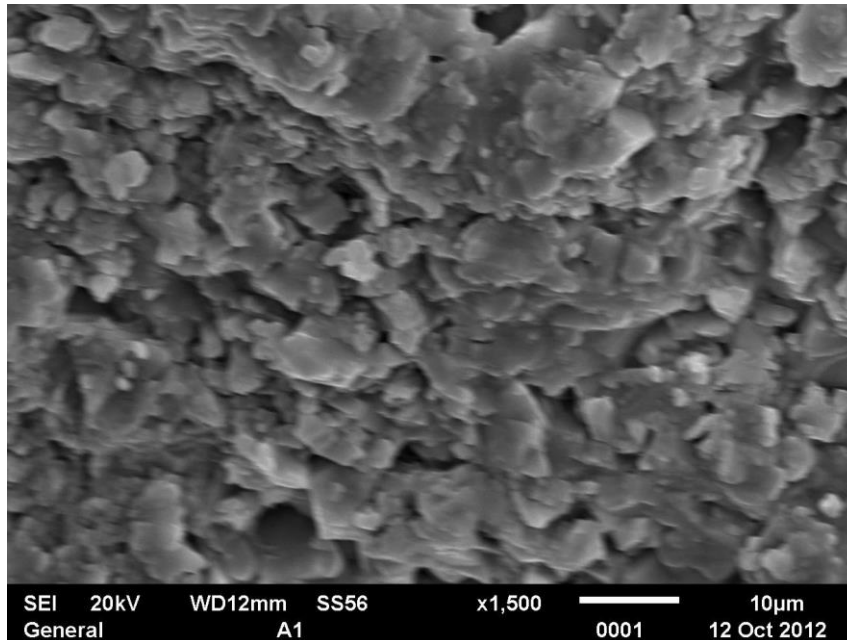


Grafik 4 Hubungan antara nilai pengujian Porositas dan variasi campuran high density polyethylene (HDPE) bekas

Berdasarkan grafik di atas nilai porositas maksimum yaitu sebesar 3,75% yang terdapat pada sampel X dan nilai porositas minimum yaitu sebesar 1,25%. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai porositas cenderung semakin menurun seiring dengan penambahan massa HDPE bekas.

Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis hasil penelitian pada gambar dari sampel terbaik SEM diperoleh bentuk morfologi genteng polimer yang dihasilkan bentuk permukaannya gumpalan karet serta butiran pasir ditutupi oleh gumpalan karet.



Gambar 5 hasil SEM dari sampel No 1

Kesimpulan

1. High Density Polyethylene (HDPE) dapat meningkatkan kualitas genteng polimer karena mempunyai sifat strength kuat yaitu kekuatan dan ketahanan yang tinggi, limbah karet yang meningkatkan kelenturan dan keelastisan, pasir sebagai bahan pengisi, dan juga aspal yang bertindak sebagai anti air.
2. Genteng polimer dapat dibuat dengan menggunakan HDPE bekas, limbah karet serta pasir halus dengan aspal 5% dan resin epoksi 10% dari total campuran 100 gr , yang dicampurkan dengan suhu pemanasan 170°C dalam internal mixer, dan dicetak dengan Hot Compressor pada suhu pengepresan 150°C , selanjutnya dilakukan pengujian sifat mekanis dan sifat fisis.
3. Campuran yang optimum adalah berupa campuran HDPE bekas dan pasir halus dengan perbandingan 55 : 20 % yang memberikan nilai uji impak 47,25 kJ/m² dan uji kuat lentur maksimum 13,08 MPa dan nilai daya serap air dan porositas yang minimum.

DAFTAR PUSTAKA

Aisah, Nuning.2003.*Pembuatan Komposit Polimer Berpenguat Serat untuk Bahan*

Genteng. Program studi Fisika. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Francisco Javier Navarro, Pedro Partal, Francisco J. Martinez-Boza, Crispulo Gallegos 2010
 “ Novel Recycled Polyethylene/Ground Tire Rubber/Bitumen Blends for Use in Roofing Applications : Thermo-Mechanical Properties Polymer Testing 29 pp 588-595.

Hui Yau, Zhanping You, Ling Li, Xianming Shi, Shu Wei Goh, Julian Mills-Beale, David Wingard, 2012 “ Performance of Asphalt Binder with Non-Modified and Polymer-Modified Nanoclay” *Journal Construction and Building Meterials* 35 pp 159-170.

Ishak M. R, S. M. Sapuan, Z. Leman, M. Z. A. Rahman, U. M. K. Anwar, J. P. Siregar 2013 “Sugar Palm (Aenga Pinnata) : Its Fibres Polymer and Composites” *Journal Carbohydrate Polymers* 91 pp 699-710.

Prastiwi, Nidya.2010.*Pengelolaan Limbah Industri Karet*. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.

Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Granit.

Surdia, Tata.2003. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : Pradnya Paramita

Wargadinata, A.S. 2002. *Pengetahuan bahan*. Jakarta : Universitas Trisakti Press

Wignall, A. 2003. *Proyek Jalan Teori Dan Praktek*. Edisi Keempat. Jakarta : Erlangga.

STRATEGI PEMBELAJARAN FISIKA BERKARAKTER

Hendar Sudrajad

Pendidikan Fisika FKIP, Universitas Riau
Hendarsudrajad@yahoo.com

ABSTRACT

Education is essentially an effort the character building of learners, through Affective building to Good Feeling, Cognitive building to Good Knowing, and Psychomotor building to Good Acting. Character means the ability to control feelings, thoughts and deeds. Character was good work, the deeds of values that are done intelligently and goodwill. Physics is a tool for building the ability to think and behave intelligently, and will only be useful if accompanied by a good attitude. On the other hand, this attitude aspect tends to be neglected for a variety of reasons, and the dominant reason is the lack of awareness of educators to notice it. The consequence is the phenomenon of the nation's moral crisis is very worrying. Building character should begin by instilling affective values, which will make a person motivated to do good, and then with the help of academic intelligence will produce useful deeds. A simple strategy for internalizing the values developed is a grain value analysis model, which consists of four key steps, namely motivation, socialization, habituation, and remediation. In the socialization conducted value analysis, which includes understanding and appreciation about the meaning of values, value benefits, and identification of values-obedient behavior. In general, learners learn physics with compulsion due to blindness to its benefits. With the foundation of adequate attitude, it can be expected that achievement will be better.

Keywords: *Value Internalization, Physics, Character*

PENDAHULUAN

Pendidikan adalah upaya untuk membangun manusia yang berkualitas, yaitu manusia yang berkarakter atau berakhlak mulia. Karakter banyak diartikan dengan berbagai versi, namun pada umumnya semua definisi merujuk pada kemampuan mengendalikan diri, yakni perasaan, pikiran dan perbuatan. Pengendalian perasaan dilakukan dengan penghayatan pada nilai-nilai kebajikan; pikiran dilakukan dengan pengetahuan; dan perbuatan dilakukan dengan keterampilan. Dengan demikian, seseorang dikatakan berkarakter baik jika kaya hati (*good feeling*), kaya pengetahuan (*good knowing*), dan kaya keterampilan (*good acting*).

Kebaikan hati adalah alasan utama untuk berbuat kebajikan, pengetahuan adalah alat untuk menentukan apa yang seharusnya diperbuat, dan keterampilan adalah alat untuk berbuat dengan cara yang benar. Orang yang berkarakter akan selalu berbuat baik secara cerdas dan ikhlas, yang disebut dengan amal. Suatu perbuatan dikatakan baik jika taat nilai, dikatakan cerdas jika sesuai tempat, waktu dan tujuan, dan dikatakan ikhlas jika dilandasi oleh niat baik.

Karakter merupakan fungsi pokok pendidikan, kualitas karakter hasil didik menunjukkan kualitas pendidikan yang dilaksanakan. Ditinjau dari konsepsi ini, tampak bahwa kualitas pendidikan kita masih sangat memprihatinkan. Program aksi pembangunan karakter yang dicanangkan pemerintah sejak tahun 2005 ternyata masih sebatas wacana, kualitas moral

bangsa belum menunjukkan adanya peningkatan. Sebenarnya kondisi ini merupakan peringatan bagi para Pendidik, majelis profesional pembentuk moral bangsa.

Sekarangnya ada tiga kalangan yang bertanggung jawab atas pembentukan karakter seseorang, yakni Keluarga, Pendidik, dan Masyarakat. Sayangnya, ketiga pihak ini cenderung saling lempar tanggungjawab. Padahal, seyogyanyalah masing-masing pihak mengambil sebesar-besar porsi tanggungjawab itu. Karena ketiga pihak itu sesungguhnya adalah kita bersama. Setiap orang adalah bagian dari masyarakat, bagian dari keluarga, dan setiap orang juga dapat mengembangkan fungsinya sebagai pendidik, terlebih mereka yang diberi sebutan Pendidik Profesional.

Pembelajaran fisika berkarakter yang dimaksud dalam makalah ini adalah wujud tanggungjawab pendidik bidang studi fisika atas pembangunan karakter peserta didik, yang intinya adalah memuat ketiga dimensi kepribadian secara komprehensif dan proposional, yakni Afektif, Kognitif dan Psikomotor. Sejak diterapkannya kurikulum berbasis kompetensi tahun 2003, para pakar pendidikan sebenarnya telah mengingatkan kembali tentang pentingnya perhatian pendidik terhadap domain afektif, yang selama ini cenderung terabaikan. Para guru dan dosen tampaknya cenderung terfokus pada aspek kecerdasan akademik, sehingga saat afektif diperingatkan, pendidik pada umumnya terperangah, banyak yang tidak tahu apa yang harus diperbuat untuk memperbaikinya.

Topik tentang pendidikan karakter sebenarnya telah banyak diperbincangkan dikalangan pendidik, sayangnya kebanyakan pembahasan cenderung bersifat konseptual, sehingga jangankan untuk mengimplementasikannya, untuk memahaminya saja sudah begitu sulit. Pertanyaannya adalah, apa yang dapat dilakukan oleh pendidik untuk meningkatkan kualitas karakter peserta didiknya.

1. KOMPETENSI AFEKTIF

Para pakar memilah domain afektif atas beberapa aspek, yang meliputi sikap, minat, moral, nilai, dan konsep diri. Sementara dalam makalah ini pengertian afektif dianggap setara dengan sikap, atas pertimbangan keperluan operasional. Dalam kurikulum pendidikan, domain ini dipilah atas kompetensi Spiritual dan kompetensi Sosial (Kemendikbud, 2016). Tujuan utama pendidikan dimensi sikap adalah untuk membangun kebaikan hati, dan kebaikan hati hanya mungkin terwujud apabila seseorang menghayati, mencintai dan menjunjung tinggi nilai-nilai kebajikan.

Nilai-nilai kebajikan dapat bersumber dari Agama, Hukum, Adat, Sosial dan sebagainya, baik yang bersifat lokal maupun universal, yang pada prinsipnya adalah nilai-nilai kemanusiaan. Hingga saat ini para ahli telah mengidentifikasi sekurang-kurangnya seratus butir nilai. Dalam buku panduan pendidikan karakter untuk jenjang pendidikan dasar dan menengah, nilai-nilai kebajikan dipilah atas nilai-nilai Pokok, Utama dan Pendukung. Dalam panduan pelaksanaan pendidikan karakter di Indonesia, dikenal 6 butir nilai karakter pokok dan 18 nilai utama, yang selanjutnya lazim disebut dengan 24 butir nilai karakter utama, sedangkan diluar itu dipandang sebagai pendukung.

Hellen Kessler (1998) mensintesis pola internalisasi nilai kebajikan atas empat golongan usia, pada usia dini disebut masa pembentukan; usia remaja disebut masa pengembangan; usia dewasa disebut masa pemantapan; dan usia tua disebut masa pembijaksanaan. Dengan memahami konsep ini pendidik akan lebih bijak dalam memfasilitasi peserta didik dalam menginternalisasikan nilai-nilai. Pada usia kanak-kanak dan remaja mungkin didahului

dengan menjalankan perilaku taat nilai, pada usia berikutnya mungkin diawali dengan pemahaman makna nilai, dan sebagainya.

Tidak sedikit kalangan yang berpendapat bahwa melalui pembelajaran bidang studi (IPA/Fisika), siswa dengan sendirinya akan memiliki sikap ilmiah yang baik. Kenyataannya tidak demikian, banyak orang yang memiliki kecerdasan akademis tapi tetap miskin hati. Individu yang kaya hatilah yang justru cenderung berhasil dalam akademik. Butir-butir nilai sikap yang terangkum dalam sikap ilmiah seperti kemampuan bekerja sama, rendah hati, tekun, teliti, kerja keras, jujur, dan tanggungjawab, misalnya, adalah contoh sikap yang diperlukan untuk meraih kesuksesan belajar.

\Pembelajaran domain afektif hakikatnya adalah internalisasi butir-butir nilai sikap, diawali dengan pemahaman makna nilai dan berujung pada kecintaan terhadap butir nilai dimaksud. Kecintaan terhadap tata nilai akan mendorong individu untuk mengamalkannya, sementara pengetahuan dan keterampilan adalah alatnya. Individu yang memiliki sikap yang baik akan berupaya menimba pengetahuan dan keterampilan sebanyak-banyaknya agar lebih banyak kesempatan untuk beramal.

Hal lain yang juga perlu dicermati adalah melatih sikap melalui penerapan model pembelajaran tertentu, misalnya membentuk atau membangun sikap kerjasama dengan model pembelajaran kooperatif. Banyak hasil penelitian yang menunjukkan bahwa peserta didik yang sikap kerjasamanya belum baik ternyata tidak menjadi lebih baik tanpa adanya intervensi pendidik. Pernyataan yang dipandang lebih tepat adalah bahwa model pembelajaran kooperatif merupakan wadah yang baik untuk melatih sikap kerjasama, yakni apabila peserta didik telah menerima informasi yang cukup tentang apa, mengapa dan bagaimana sikap kerjasama itu.

2. INTERNALISASI NILAI-NILAI SIKAP

Banyak cara yang dapat ditempuh pendidik untuk menginternalisasikan nilai-nilai sikap. Pola internalisasi yang paling tradisional adalah dengan nasehat, bercerita, atau “memarahi”. Pola-pola yang demikian itu tentunya cukup efektif dalam situasi dan kondisi tertentu, pada kondisi yang lain mungkin perlu dilakukan pola internalisasi yang lebih komprehensif. Dalam tulisan ini, salah satu pola internalisasi yang dipaparkan adalah model Analisis Butir Nilai.

Model analisis butir nilai dikembangkan dengan mengacu pada standar proses pembelajaran afektif, yang mencakup lima tahap aktivitas, yakni menerima, menjalankan, menghargai, menghayati dan mengamalkan. Kelima tahap ini bersesuaian dengan konsep yang dikemukakan oleh Lickona (2004), yakni Pemahaman konsep moral (*moral knowing*), Penghayatan nilai-nilai moral (*moral feeling*), dan pembiasaan mengamalkan nilai-nilai moral (*moral acting*). Dalam model analisis butir nilai, kegiatan internalisasi butir nilai dilakukan melalui empat tahap aktivitas, yakni Motivasi, Sosialisasi, Habitulasi, dan Remediasi. Tahapan tahapan dimaksud secara ringkas adalah sebagai berikut.

a. Motivasi

Promosi diartikan sebagai upaya yang dilakukan agar orang tertarik dan merasa membutuhkan sesuatu yang dipromosikan, atau disebut motivasi. Motivasi merupakan penggerak awal internalisasi nilai. Promosi diantaranya dilakukan melalui keteladanan dari pendidik dan tokoh-tokoh kharismatik lainnya. Karena karakter cenderung berada pada kawasan hati atau perasaan, promosi nilai dianjurkan dilakukan melalui ilustrasi-ilustrasi yang berkenaan dengan perilaku yang menggugah perasaan.

b. Sosialisasi

Sosialisasi dilakukan agar peserta didik menerima secara utuh jawaban atas tiga pertanyaan pokok tentang konsep nilai, yaitu apa, mengapa dan bagaimana. Pertanyaan apa berkonotasi pada pengertian atau makna suatu butir nilai. Dalam buku panduan pengembangan pendidikan karakter SMP dinyatakan bahwa tidaklah bijak apabila peserta didik disuruh untuk melakukan sesuatu tanpa memahami makna dari apa yang dilakukannya itu.

Pertanyaan mengapa berkonotasi pada manfaat yang dapat diperoleh individu jika mengamalkan butir nilai tertentu. Pemahaman tentang manfaat suatu perbuatan, baik bagi diri sendiri maupun lingkungannya akan menumbuhkan penghargaan, rasa suka, dan kecintaan terhadap butir nilai dimaksud, yang dalam pembelajaran sikap disebut dengan penghayatan nilai.

Tahap berikutnya adalah pertanyaan bagaimana, yang berkonotasi pada bentuk-bentuk perilaku yang sesuai dengan butir nilai. Identifikasi perilaku-perilaku taat nilai ini merupakan salah satu aspek penting, baik sebagai acuan untuk berlatih mengamalkan nilai (menjalankan) maupun untuk pengembangan alat evaluasi.

Dalam konsep pembelajaran modern, peserta didik diharapkan difasilitasi untuk mengeksplorasi, mengelaborasi dan mengkonfirmasi ketiga komponen nilai tersebut secara arif, aktif dan kreatif, bukan semata-mata bersumber dari pendidik.

c. Habitulasi

Habitulasi adalah upaya pembiasaan implementasi perilaku-perilaku taat nilai. Pendidik sedapatnya membangun kondisi tertentu untuk menstimulus peserta didik berkenaan dengan nilai-nilai yang diinternalisasikan.

d. Remediasi

Remediasi ditujukan untuk memperkuat atau memodifikasi perilaku peserta didik dalam mengamalkan suatu nilai.

\Pendidikan atau pembelajaran sikap sesungguhnya adalah untuk semua orang, agar orang yang sikapnya belum baik menjadi baik, yang baik menjadi lebih baik lagi, dan demikian seterusnya hingga terbangunnya akhlak mulia, dambaan semua orang. Jika akhlak atau karakter secara personal bersifat khas, maka akhlak mulia adalah bersifat umum. Kapan, dimana dan siapapun, jika ia berakhlak mulia adalah sama, yakni baik hati, cerdas dan terampil.

3. PEMBELAJARAN FISIKA BERKARAKTER

Menanamkan nilai-nilai sikap Dalam Permendikbud tahun 2016 Nomor 24 dinyatakan bahwa penanaman sikap (KI-1 dan KI-2) dianjurkan untuk diajarkan dengan Pembelajaran Langsung untuk mata pelajaran Agama dan Kewarganegaraan, sedangkan untuk mata pelajaran lainnya diajarkan melalui Pembelajaran Tak Langsung. Mengingat bahwa Permen ini bersifat anjuran, maka ia tidak mengikat, dalam pengertian bahwa Pendidik boleh memilih pola pembelajaran yang dipandang efektif untuk mencapai tujuan. Demikian pula halnya dengan penanaman nilai dalam pelajaran atau perkuliahan Fisika. Hal yang perlu mendapat perhatian pendidik adalah apakah peserta didik telah menerima sosialisasi butir nilai yang dimaksud sebelumnya. Apabila ternyata belum, pembelajaran langsunglah yang sebaiknya digunakan.

Fisika cenderung dipandang sebagai materi pelajaran yang sulit dipahami. Sebagian pakar fisika malah menyatakan bahwa hanya orang-orang yang diberi bakat sebagai jenius fisika saja yang mengatakan bahwa fisika itu mudah. Sulit dipahami bukan berarti tidak bisa dipelajari, tapi perlu dorongan kemauan yang kuat untuk memahaminya. Disamping fasilitas dan cara belajar yang sesuai, peserta didik juga hendaknya membekali diri dengan sikap ulet, teliti, tekun, disiplin dan tentu saja rasa keingin-tahuan. Sikap-sikap pendukung inilah yang seyogyanya ditanamkan terlebih dahulu pada peserta didik, agar dapat mencapai hasil belajar secara optimal.

Pembelajaran IPA pada umumnya, khususnya fisika, sangat kental dengan kegiatan-kegiatan diskusi dan eksperimen, yang pada prinsipnya perlu didukung oleh sikap-sikap positif, yang terkategori pada sikap ilmiah, seperti kerjasama, tekun, teliti, tanggungjawab, demokratis, partisipatif, disiplin, santun, berpikir keras, terbuka dan lain-lain. Hal yang perlu diingat bahwa sikap yang baik tidaklah selalu muncul dengan serta merta. Sesering apapun peserta didik belajar dan bekerja secara kooperatif, misalnya, belum tentu akan membuat mereka berubah sikap, jika tidak disertai dengan sosialisasi butir nilai.

Karenanya, sosialisasi butir-butir nilai dipandang perlu dilakukan sebelum kegiatan dimulai, agar kegiatan belajar yang dilaksanakan berjalan dengan efektif. Sesungguhnya kegiatan diskusi, eksperimen atau kerja kelompok merupakan wadah pembiasaan implementasi nilai-nilai yang telah disosialisasikan, sehingga terkrystalisasi.

PENUTUP

Karakter atau akhlak mulia adalah harapan dunia. Semua orang yang menyekolahkan anaknya berpengharapan besar agar anak-anak mereka menjadi manusia yang berkualitas, dan harapan itu dipercayakan kepada para guru. Pendidik atau Guru adalah awal dari segalanya, guru adalah penentu kualitas kehidupan masyarakat dunia dimasa depan. Semakin baik akhlak umat manusia, akan semakin baik pula kualitas dunia.

Kebahagiaan adalah milik orang-orang yang baik, yakni orang yang pandai bersyukur. Orang yang baik berawal dari hati yang penuh kasih sayang. Rasa kasih sayang akan mendorong seseorang untuk membahagiakan orang-orang disekitarnya. Dengan membahagiakan orang lain, maka sebenarnya iapun membahagiakan dirinya sendiri.

REFERENSI

Badan Penelitian Dan Pengembangan , Pusat Kurikulum Dan Perbukuan, Kementerian Pendidikan Nasional 2011. *Panduan Pelaksanaan Pendidikan Karakter*.

Badan Penelitian dan Pengembangan, Pusat Kurikulum. Kementerian Pendidikan Nasional 2010. *Pengembangan Pendidikan Budaya Dan Karakter Bangsa*. Bahan pelatihan. Penguatan metodologi pembelajaran berdasarkan nilai-nilai budaya untuk membentuk daya saing dan karakter bangsa.

Collete, Alfred T. dan Chiappetta, Eugene L. 1994. *Science Instruction in The Middle and Secondary Schools*. New York: MacMillan Pub.Co.

Departemen Pendidikan Nasional. 2006. *Standar Kompetensi Mata Pelajaran IPA Sekolah Menengah Pertama (SMP)/ Madrasah Tsanawiyah (MTs)*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.

- Direktorat Pembinaan SMA, Direktorat Jenderal Pendidikan Menengah, Kementerian Pendidikan Nasional 2011. Pendidikan Budaya Dan Arakter Bangsa,
- Fraenkel, Jack R. (1977). How to teach abo ut values: An Analytic approach. Englewood Cliffs N.J.: Prentice-Hall.
- Karso, dkk, 1993, Materi pokok Dasar-dasar Pendidikan MIPA, PGSN 3114. Modul 1-6 Jakarta: Dekdikbud
- Kementrian Pendidikan Nasional (2010). Pengembangan Pendidikan Budaya dan Karakter Bangsa: Pedoman Sekolah. Jakarta: Puskur Balitbang Kemendiknas RI.
- Muslimin Ibrahim, dkk., 2004. Materi Pelatihan Terintegrasi: Sains. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Direktorat Pendidikan Lanjutan Pertama.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2007 tentang Standar Penilaian Pendidikan.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2006 tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2006 tentang Standar Kompetensi Lulusan untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2007 tentang Standar Proses untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan.
- Undang-undang No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.

ANALISA TINGKAT RESISTIVITAS DAN PERMEABILITAS TANAH DI KECAMATAN TAMPAN KOTA PEKANBARU

Juandi Riad Syech

¹Fakultas matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau
email: juandi_m@rocketmail.com

²Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau
email: riad@unri.ac.id

Abstract

Tampam district that has developed the construction which cause changes in the function of green open land into residential land. The land use change will have an impact on groundwater recharge. Groundwater through wells clean water will lead to arcing decreased water level (depression cone). The purpose of this study was to determine the level of resistivity and permeability of the soil in the District Tampam Pekanbaru City. The method used in this study is the experimental method. The results showed that the soil resistivity contour levels in District Tampam Pekanbaru city in view of two-dimensional (2D) produces the minimum resistivity value that is located in the Village is 151.62 Ohm.m Tuah Karya and maximum resistivity values are in Simpang Baru Village is 282.82 Ohm. m. Resistivity values are influenced by the resistance value where resistivity values is directly proportional to the resistance value. Contour level of permeability of the soil in the district Tampam Pekanbaru city in view of two-dimensional (2D) has the smallest permeability values were in the village of Simpang Baru ie 2,62 cm / h and the largest permeability values were in the Village Tuah Karya is 15:00 cm / hour.

Keywords: Resistivitas, permeabilitas, air tanah.

PENDAHULUAN

Air di dalam tanah selalu bertambah karena hujan, pengembunan, air pengairan, salju atau es yang mencair. Sebaliknya, air di dalam tanah juga selalu berkurang karena evaporasi, transpirasi, dan drainase. Perubahan penggunaan lahan sangat mempengaruhi sifat-sifat fisik tanah sehingga berpengaruh pula pada pergerakan air dalam tanah (Rosyidah dan Wirosoedarmono, 2013).

Pekanbaru terus berkembang sehingga dapat mempengaruhi perubahan fungsi lahan, baik secara bertahap atau melalui pengembangan ruang berskala. Lahan untuk Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Pekanbaru yang tersedia saat ini seluas 6.653,47 ha. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.19 tahun 1987 tanggal 7 September 1987, Daerah Kota Pekanbaru diperluas dari $\pm 62,96$ km² menjadi $\pm 446,50$ km², terdiri dari 8 Kecamatan dan 45 Kelurahan/Desa. Dari hasil pengukuran/ pematokan di lapangan oleh BPN Tk. I Riau maka ditetapkan luas wilayah Kota Pekanbaru adalah 632,26 Km². Untuk lebih terciptanya tertib pemerintahan dan pembinaan wilayah yang cukup luas, maka dibentuklah Kecamatan baru dengan Perda Kota Pekanbaru No. 3 tahun 2003 menjadi 12 Kecamatan dan Kelurahan baru dengan Perda Kota Pekanbaru No. 4 tahun 2003 menjadi 58 Kelurahan. Peningkatan ruang

terbangun terus bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dan aspek ekonomi (Yusri *et al.*, 2010).

Air bawah tanah merupakan salah satu sumber daya air yang paling baik untuk air bersih, yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat, seperti kebutuhan rumah tangga, irigasi dan industri. Pengambilan air tanah yang banyak dan melampaui jumlah rata-rata dapat menyebabkan penurunan permukaan air tanah secara kontinu dan pengurangan potensi air tanah di dalam akuifer. Hal ini akan memicu terjadinya dampak negatif seperti penurunan kualitas air tanah dan penurunan permukaan tanah (Rejekiingrum, 2005; Winter *et al.*, 2005).

Persoalan ketersediaan air bersih untuk keperluan rumah tangga merupakan masalah yang selalu dialami di setiap daerah, Terutama area Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru. Kecamatan Tampan yang mengalami perkembangan pembangunan yang menyebabkan perubahan fungsi lahan terbuka hijau menjadi lahan permukiman.

Perubahan fungsi lahan akan berdampak pada resapan air tanah. Pengambilan air tanah melalui sumur-sumur air bersih akan mengakibatkan lengkung penurunan muka air tanah (*depression cone*). Keseimbangan baru dapat terjadi jika laju pengambilan air tanah lebih kecil dari pengisian oleh air hujan pada daerah resapan (Hutasoit, 2009).

KAJIAN LITERATUR

Resistivitas suatu bahan adalah kemampuan suatu bahan untuk menghambat aliran listrik yang mengalir didalamnya, dimana listrik hanya dapat mengalir dalam bahan yang bersifat konduktif. Air dapat dikatakan sebagai konduktor karena mampu menghantarkan arus listrik. Nilai resistivitas batuan ditentukan oleh komposisi unsur pembentuknya. Resistivitas suatu batuan berbanding terbalik dengan hantaran jenis dapat dinyatakan dalam persamaan (1) (Halliday dan Resnick, 1978).

Nilai resistivitas suatu tanah sangat dipengaruhi oleh kandungan air didalamnya, tanah jenuh memiliki resistivitas lebih kecil jika dibanding dengan tanah tidak jenuh, Resistivitas atau hambatan yang kecil mudah untuk menghantarkan arus listrik karena pengaruh keberadaan air (Kodoatie, 1996).

Pengukuran resistivitas, arus listrik searah diinjeksikan kedalam tanah melalui dua elektroda arus, beda tegangan yang terbentuk diamati melalui dua elektroda arus. Dalam kenyataannya, bumi terdiri dari lapisan-lapisan yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Harga resistivitas yang terukur bukan harga untuk satu lapisan saja, hal ini terutama untuk spasi elektroda yang lebar, yang dirumuskan Dobrin, 1981).

Hubungan arus yang mengalir terhadap potensial menurut hukum Ohm menggunakan rangkaian sederhana, dia menggunakan rangkaian sumber potensial secara seri. Untuk mengukur besarnya hambatan dari beban pada arus yang mengalir dapat dinyatakan dalam persamaan (1).

$$R = V/I \quad (1)$$

$$\rho = \frac{RA}{L} \quad (2)$$

Tabel 1. Harga Tahanan Jenis Beberapa Litologi Batuan

No	Batuan	Tahanan Jenis (ohm meter)
1	Pasir dan kerikil	1.000-10.000
2	Pasir dan kerikil terendam air tawar	50-500
3	Pasir dan kerikil terendam air laut	0.5-5
4	Lempung	2-20
5	Marl	20-100
6	Batu gamping	300-10.000
7	Batu pasir lempung	50-300
8	Batu pasir berkwarsa	300-10.000
9	Tuv vulkanik	20-100
10	Lava	300-10.000
11	Skis gravit	0,5-5
12	Skis berlempung	100-300
13	Skis tak lapuk	300-3.000
14	Gneis, Granit lapuk	100-1.000
15	Gneis, Granit tak lapuk	1.000-10.000

(Astier, 1971)

Nilai resistivitas suatu materi semakin besar maka semakin kecil kemampuan materi tersebut untuk dapat menghantarkan arus listrik dengan kata lain besarnya resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas. (Alan dkk, 1982)

Parameter Fisis Tanah

Sifat fisis tanah merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman. Sifat fisik tanah diantaranya tekstur, struktur, konsistensi, permeabilitas, ketebalan atau kedalaman tanah, dan kedalaman permukaan air tanah (Sunarko, 2009). Sifat fisis tanah yang paling penting adalah kapasitas menahan air yang tersedia, yang berkaitan dengan kedalaman daerah perakaran, tekstur tanah dan kandungan bahan organik. Indikator tentang kondisi drainase juga penting, misalnya kedalaman terhadap becak-becak, kedalaman muka air tanah, permeabilitas lapisan bawah, yang berhubungan dengan kedalaman perakaran dan permeabilitas (Sitorus, 1980).

Permeabilitas Tanah

Permeabilitas adalah sifat bahwa zat cair dapat mengalir melalui bahan berpori. Tanah termasuk bahan permeabel (dapat meloloskan air). Jamulya dan Suprodjo (1983) mengemukakan bahwa permeabilitas adalah cepat lambatnya air merembes ke dalam tanah baik melalui pori makro maupun pori mikro baik ke arah horizontal maupun vertikal. Tanah adalah kumpulan partikel padat dengan rongga yang saling berhubungan, yang mana rongga ini memungkinkan air dapat mengalir di dalam partikel melalui rongga dari satu titik yang lebih tinggi ke titik yang lebih rendah. Sifat tanah yang memungkinkan air melewatinya pada

berbagai laju alir tertentu disebut permeabilitas tanah. Sifat ini berasal dari sifat alami granular tanah, meskipun dapat dipengaruhi oleh faktor lain (seperti air terikat di tanah liat). Jadi, tanah yang berbeda akan memiliki permeabilitas tanah yang berbeda pula.

Tabel 2. Pembagian kelas jenis tanah

Permeabilitas (cm jam ⁻¹)	Koefisien resapan (%)	Deskripsi
Cepat (>30)	0,3	Sangat tinggi
Agak cepat (15 – 30)	0,25	Tinggi
Sedang – cepat (7 – 15)	0,15	Sedang
Agak lambat (2 – 7)	0,1	Rendah
Lambat (<2)	0	Sangat rendah

(Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1993)

Tabel 2 di atas dapat digunakan untuk menentukan hubungan permeabilitas dengan koefisien resapan berdasarkan deskripsi cepat atau lambatnya air merembes ke dalam pori-pori tanah.

Penentuan permeabilitas tanah dalam keadaan jenuh secara praktis mengikuti cara yang didasarkan pada Hukum Darcy. Menurut **Darcy (1856)**, kecepatan air (v) yang mengalir di dalam tanah yang jenuh adalah:

$$v = k \times i \quad (3)$$

Banyak air yang mengalir melalui penampang tanah dengan luasan A dalam suatu satuan waktu adalah:

$$Q = v \times A \quad (4)$$

Jumlah air yang mengalir dalam suatu waktu adalah:

$$V = k \times i \times A \times t \quad (5)$$

Akhirnya diperoleh persamaan (6) untuk menghitung nilai permeabilitas tanah, yaitu:

$$k = \frac{V \times L}{A \times h \times t} \quad (6)$$

Jenis tanah memiliki tingkat permeabilitas yang berbeda-beda. Klasifikasi dari nilai permeabilitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel ini menunjukkan seberapa cepat air dapat melewati pori-pori tanah.

Tabel 3. Klasifikasi permeabilitas tanah menurut Uhland dan O'Neil (dalam LPT, 1979)

No	Kelas	Permeabilitas (cm/jam)
1	Sangat lambat	<0,125
2	Lambat	0,125 – 0,50
3	Agak lambat	0,50 – 2,00
4	Sedang	2,00 – 6,25
5	Agak cepat	6,25 – 12,5

Jenis tanah berdasarkan nilai permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 2.6. Harga permeabilitas dapat ditentukan dengan cara lebih dahulu mengambil contoh tanah di lapangan dengan menggunakan ring sampel kemudian diuji di laboratorium.

Tabel 4. Nilai permeabilitas k untuk jenis-jenis tanah (Kulhawy and Mayne, 1990; Terzaghi and Peck, 1967)

No	Jenis Tanah	Permeabilitas, k (m/s)	Deskripsi
1	Kerikil	$> 10^{-1}$	Permeabilitas tinggi
2	Kerikil halus Pasir sangat halus Pasir lunak	$10^{-1} - 10^{-3}$	Permeabilitas sedang
3	Lanau tidak padat Lanau padat	$10^{-3} - 10^{-5}$	Permeabilitas rendah
4	Lanau lempung Lanau tidak murni	$10^{-5} - 10^{-7}$	Permeabilitas sangat rendah
5	Lempung	$< 10^{-7}$	<i>Impervious</i> (tidak permeabel)

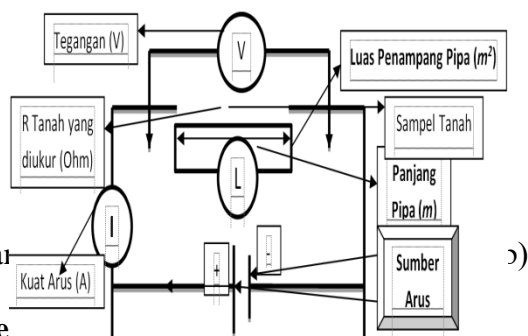
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mencari nilai resistivitas dan nilai permeabilitas tanah. Tempat uji laboratorium penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Kebumihan Universitas Riau sedangkan tempat pengambilan sampel tanah yaitu di Kecamatan Tampan di Kota Pekanbaru.

Prosedur Mengukur Resistivitas

1. Catat koordinat lokasi pengambilan sampel.
2. Gunakan persamaan 2 untuk menghitung nilai Hambatan (R).

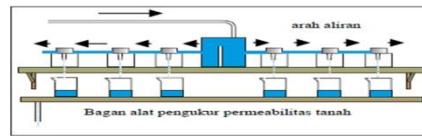
3. Kemudian Gunakan persar



Prosedur Mengukur perme

1. Melakukan observasi lokasi penelitian berdasarkan blok di setiap Kelurahan.
2. Kemudian menentukan titik koordinat lokasi pengambilan sampel menggunakan GPS (*Global Positioning System*).
3. Sampel tanah diambil dengan menggunakan ring sampel pada kedalaman ± 50 cm dari atas permukaan tanah dan kemudian ring yang berisi sampel tanah ditutup dengan karton dikedua ujungnya..
4. Kemudian sampel tanah dalam ring sampel direndam ke dalam bak selama 24 jam. Maksud perendaman adalah untuk mengeluarkan udara yang ada dalam pori-pori tanah sehingga tanah menjadi jenuh.

- Setelah perendaman selesai, sampel tanah dipindahkan ke alat permeabilitas kemudian air dialirkan melalui kran pada alat, dapat di lihat pada Gambar 2 di bawah ini.

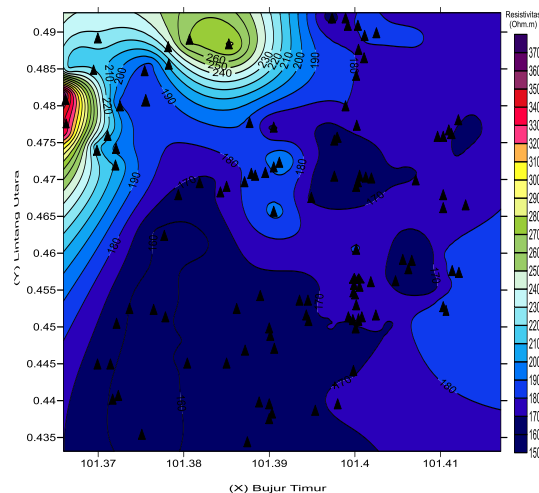


Gambar 2 Skema uji laboratorik mengukur permeabilitas

- Tambahkan air secara hati-hati ke dalam tabung.
- Lakukan pengukuran tinggi dan volume air yang mengalir melalui permeameter tersebut dengan lima kali pengulangan setiap satu jam.
- Lakukan pengukuran tinggi dan volume air pada sampel kedua dan seterusnya hingga selesai.
- Catat tinggi air yang ditampung (h), volume air yang ditampung (V), dan waktu pengaliran (t).
- Hitung harga permeabilitas tanah dengan menggunakan persamaan (6), kemudian catat hasilnya ke dalam tabel yang telah disediakan.

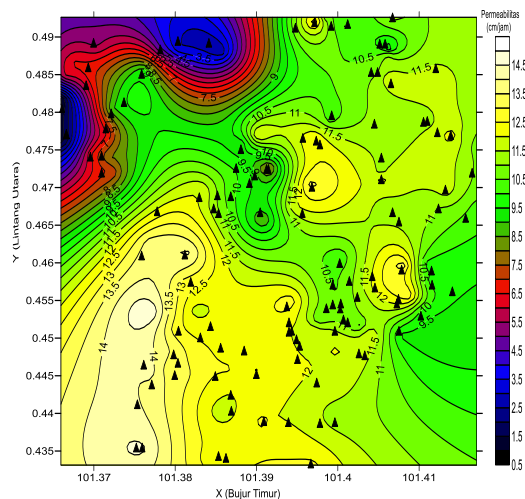
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan kontur tingkat resistivitas tanah 116 titik di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru. Kontur tersebut menghubungkan titik-titik yang mempunyai nilai tinggi resistivitas yang sama sepanjang indeks kontur. Warna pada kontur menunjukkan tingkat nilai resistivitas di area tersebut, dimana garis kontur yang berada pada warna biru pekat menunjukkan area nilai resistivitas yang terendah sedangkan garis kontur yang berada pada warna ungu pekat menunjukkan area nilai resistivitas tertinggi. Hasil data dari 116 titik tanah menunjukkan nilai resistivitas tertinggi berada pada kode sampel E12 di Kelurahan Simpang Baru yaitu 282,24 Ohm.m terletak pada area berwarna ungu pekat, sedangkan resistivitas terendah berada pada kode sampel H28 di Kelurahan Tuah Karya yaitu 151,62 Ohm.m terletak pada area berwarna biru pekat. Kontur ini diberi skala pada masing-masing warna dengan perubahan warnanya setiap kenaikan 10 ohm.m. Gambar 3. merupakan kontur tingkat resistivitas tanah 116 titik di Kecamatan Tamapan Kota Pekanbaru dalam tampilan dua dimensi (2D). Nilai resistivitas minimum yaitu berada pada kode sampel H28 di Kelurahan Tuah Karya yaitu 151.62 Ohm.m dan nilai resistivitas maksimum berada pada kode sampel E12 di Kelurahan Simpang Baru yaitu 282,82 Ohm.m. Nilai resistivitas dipengaruhi oleh nilai resistansi dimana nilai resistivitas berbanding lurus dengan nilai resistansi.



Gambar 3 Kontur tingkat resistivitas tanah di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru

Gambar 4. menunjukkan peta kontur tingkat permeabilitas tanah di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru. Kontur tersebut menghubungkan titik-titik yang mempunyai nilai tinggi permeabilitas yang sama sepanjang garis kontur. Warna pada kontur menunjukkan tingkat nilai permeabilitas di area tersebut, dimana garis kontur yang berada pada warna biru pekat menunjukkan area nilai permeabilitas yang terendah sedangkan garis kontur yang berada pada warna kuning muda menunjukkan area nilai permeabilitas tertinggi. Hasil data dari 116 titik menunjukkan nilai permeabilitas tertinggi berada pada kode sampel H28 di Kelurahan Tuah Karya yaitu 15,00 cm/jam terletak pada area berwarna kuning muda, sedangkan permeabilitas terendah berada pada kode sampel E12 di Kelurahan Simpang Baru yaitu 2,62 cm/jam terletak pada area berwarna biru pekat. Kontur ini diberi skala pada masing-masing warna dengan perubahan warnanya setiap kenaikan 1 cm/jam. Gambar 4. merupakan kontur tingkat permeabilitas tanah 116 titik di kecamatan Tampan kota Pekanbaru dalam tampilan dua dimensi (2D). Nilai permeabilitas terkecil berada pada kode sampel E12 di Kelurahan Simpang Baru yaitu 2,62 cm/jam dan nilai permeabilitas terbesar berada pada kode sampel H28 di Kelurahan Tuah Karya yaitu 15.00 cm/jam. Nilai permeabilitas dipengaruhi oleh nilai volume (V) dan tinggi air (h) dimana permeabilitas berbanding lurus dengan volume(V) dan berbanding terbalik dengan tinggi air (h).



Gambar 4. Kontur tingkat permeabilitas tanah di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru.

KESIMPULAN

1. Nilai resistivitas minimum di Kelurahan Tuah Karya yaitu 151.62 Ohm.m dan nilai resistivitas maksimum berada di Kelurahan Simpang Baru yaitu 282,82 Ohm.m. Nilai resistivitas dipengaruhi oleh nilai resistansi dimana nilai resistivitas berbanding lurus dengan nilai resistansi.
2. Nilai permeabilitas terkecil berada di Kelurahan Simpang Baru yaitu 2,62 cm/jam dan nilai permeabilitas terbesar berada di Kelurahan Tuah Karya yaitu 15.00 cm/jam. Nilai permeabilitas dipengaruhi oleh nilai volume (V) dan tinggi air (h) dimana permeabilitas berbanding lurus dengan volume(V) dan berbanding terbalik dengan tinggi air (h).

REFERENSI

- Alan, L., Nicholas, K., Koch. 1982. *Physical Geology*. New York.
- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Astier, J. L. 1971. *Geophysique Appliquee a l' Hydrogeologie*. Masson and Cie, Editeurs. Paris.
- Dobrin, M. B. 1981. *Introduction to Geophysical Prospecting*. New York : McGraw-Hill.
- Halliday, D., and Resnick, R. 1978. *Fundamentals Of Physics*. New York.
- Hutasoit, L. M. 2009. *Kondisi Permukaan Air Tanah dengan dan Tanpa Peresapan Buatan di Daerah Bandung*, Jurnal Geology Indonesia. 01.4, No.3, P. 177-188.
- Jamulya dan Suprodjo, S. W. 1983. *Pengantar Geografi Tanah (Diktat Kuliah)*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Kodoatue, R. J. 1996. *Pengantar Hidrogeologi*. Andi. Yogyakarta.
- Kulhawy, F.H. and Mayne, P.W. 1990. *Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design*. Report EPRI-EL 6800. Palo Alto: Electric Power Research Institute.
- Pusat Penelitian dan Agroklimat. 1993. *Peta Jenis Tanah DAS Citarum Hula Skala 1: 100.000*. Bogor: Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Rejekiningrum, P., Aruyana, Y., dan Ramadani, F. 2005. *Pendayagunaan Sumberdaya Air Untuk Pengembangan Kapas di Sulawesi Selatan*. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Rosyidah, E., dan Wirosedarmono, R. 2013. *Pengaruh Sifat Fisik Tanah Pada Konduktivitas Hidrolik Jenuh di 5 Penggunaan Lahan (Studi Kasus di Kelurahan Sumber Sari Malang)*. Agritech, Vol. 33, No.3. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sitorus, S. R. P., O. Hariadjaja dan K. R. Brata. 1980. *Penuntun Praktikum Fisika Tanah Ultisol*. IPB. Bogor.
- Sunarko, 2009. *Budidaya dan Pengolahan Kebun Kelapa Sawit Dengan Sistem Kemitraan*. Jakarta. Agromedia Pustaka.
- Yusri, O., Khairul, N.a.m., dan Toriman, M.E. 2010. *Kajian Kualitatif Perubahan Guna*.

DESIGN OF LOW COST PM10 MEASUREMENT DEVICE USING DUST SENSOR GP2Y1010AU0F

Rady Purbakawaca*, Kania Nur Sawitri, Muhammad Ridho, Aris Irvan, Oky Lidya Kumala,

Jajang Nurjaman, Helni Kurniawati Zebua, Eka Fitriandini

Faculty of Science and Technology, University of Jambi

***email: radyp09@gmail.com**

ABSTRACT

Particulate matter (PM10) has been studied on many research as one of the major air pollutant. PM10 monitoring is needed to evaluate the air quality on the specific area. Jambi province only has three air quality measurement stations, and one of them is not active. The information of PM10 pollution from those two stations is only available on the website of Ministry of Live Environment accumulated once per day. Those limitations are the background of this research to design a portable, easy to use, low cost, and real time PM10 measurement device. Dust sensor GP2Y1010AU0F were used as PM10 counter with frequency 280 ms by optical method. Output data from the sensor were processed by microcontroller using calibration formula from the manufacturer. The information of PM10 concentration were displayed on LCD monitor and saved in the microSD. The performance test were conducted at Mendalo, University of Jambi on March, 7th (4.00-6.00 pm), 8th (0.00-2.00 pm), 11th (8.00-10.00 am) 2017. The result showed that PM10 concentrations are 145.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 149.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and 157.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. According to PP No. 41 (1990), the result which obtained on March 11th 2017 exceed quality standard of particulate (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). This device is potentially developed as air quality monitoring instrument.

Keywords: Air pollution monitoring, PM10, Jambi, GP2Y1010AU0F

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pemantauan indeks kualitas udara (IKU) perkotaan secara harian merupakan salah satu tindakan evaluasi kesehatan lingkungan yang dilakukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia. Hasil evaluasi tersebut akan digunakan untuk mengambil kebijakan-kebijakan berkaitan dengan pemeliharaan dan pengembangan kesehatan lingkungan. Ada lima parameter konsentrasi digunakan dalam pemantauan kualitas udara yaitu Ozon (O_3), bahan partikulat dengan diameter kurang dari 10 μm (PM10), Karbon Monoksida (CO), Sulfur Dioksida (SO_2), dan Nitrogen Oksida (NO_2) (Kep-45 MENLH 1997). Salah satu parameter yang dievaluasi untuk Kota Jambi adalah konsentrasi PM10. Data PM10 didapat dari tiga stasiun yang terletak di Bandara Sultan Thaha Syaifuddin, Lapangan Kantor Walikota dan Jl. H. Zainir Haviz. Akan tetapi, stasiun ketiga yang berada di Jl. H. Zainir Haviz dalam keadaan non aktif (IKU MENLH 2017).

Data keluaran dari setiap stasiun bersifat regional atau mewakili daerah di sekitarnya saja, sehingga tidak dapat menggambarkan kualitas udara untuk daerah yang letaknya jauh dari stasiun tersebut sedangkan penambahan jumlah stasiun akan membutuhkan biaya operasional yang besar dan persiapan yang lama. Di sisi lain, informasi konsentrasi PM10 perlu diberikan kepada masyarakat secara luas sebagai tindakan *awareness* terhadap kesehatan lingkungan hidup. Tindakan tersebut diperlukan karena PM10 memiliki dampak yang berbahaya pada kesehatan tubuh jika melebihi baku mutu yang telah ditetapkan dalam PP No. 41 Tahun 1999 yaitu $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (data hasil pengukuran selama 24 jam). Ukuran PM10 yang kecil menyebabkan PM10 lebih mudah masuk ke saluran pernapasan atas. Beberapa penyakit yang dapat disebabkan oleh PM10 diantaranya adalah gangguan pernapasan atas, serangan jantung, perubahan komposisi darah, bahkan kematian pada kasus-kasus tertentu (Fauzi *et al.* 2013).

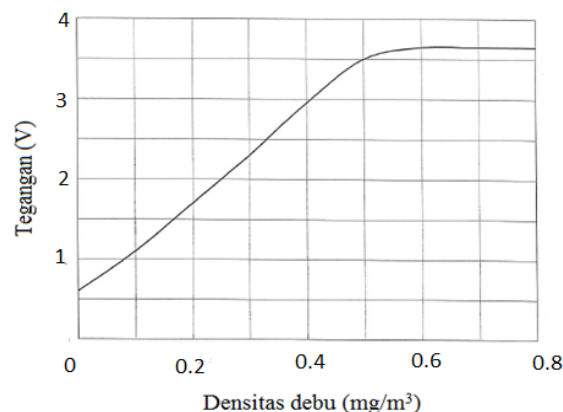
Berdasarkan masalah di atas maka penelitian ini mengkaji pembuatan alat ukur konsentrasi PM10 yang murah, mudah digunakan, mudah dibawa dan dapat memberikan hasil secara langsung menggunakan sensor GP2Y1010AU0F. Pemanfaatan alat tersebut dengan baik dan sistematis diharapkan dapat membantu masyarakat untuk lebih peduli terhadap kesehatan lingkungan. Alat ukur yang dirancang dalam penelitian ini tidak hanya dapat mengukur konsensentrasi PM10 untuk kondisi di luar ruangan tetapi juga dapat mengukur di dalam ruangan.

KAJIAN LITERATUR

Sensor Debu

Sensor GP2Y1010AU0F merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur kepadatan partikel debu di udara. Sensor ini mampu mengukur partikel debu dari $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sampai kurang dari $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sensor ini sangat efektif mendeteksi partikel yang sangat halus seperti debu atau asap rokok (Ilham Hidayat dan Sumiati, 2016:37-38).

Prinsip kerja dari sensor ini ialah mendeteksi debu ataupun partikel dengan menyinari debu dengan cahaya yang berasal dari sumber, kemudian pantulan cahaya tersebut ditampangkap oleh unit penerima berupa sensor potodioda. Sensor kemudian mengubah sinyal-sinyal cahaya menjadi sinyal listrik berupa tegangan analog yang sebanding dengan kepadatan debu yang terukur, dengan sensitivitas $0.5\text{V}/0.1 \text{mg}/\text{m}^3$. Tegangan analog lalu dikuatkan melalui rangkaian amplifier untuk selanjutnya dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan Analog to Digital Converter (ADC). Peningkatan intensitas debu yang dideteksi oleh sensor akan menyebabkan nilai ADC semakin meningkat, hubungan tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan intensitas debu terhadap nilai keluaran sinyal tegangan (Datasheet GP2Y1010AU0F)

Baku Mutu PM10

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara baku mutu udara ambien adalah ukuran batasan atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Baku mutu yang ditetapkan untuk bahan pencemar PM10 sebesar $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ selama 24 jam.

Indeks Standar Pencemar Udara

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) merupakan angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu, yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya (PP-41, 1999).

Berdasarkan Keputusan Kepala Bapedal No. 107 Tahun 1997 Tentang: Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara bahwa konsentrasi PM10 di udara selama 24 jam memiliki rentang 50, 150, 350, 420, 500, dan 600 dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) memiliki rentang 50, 100, 200, 300, 400, dan 500. Nilai ISPU dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan berikut,

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b \quad (\text{Pers.1})$$

I = ISPU terhitung

I_a = ISPU batas atas

I_b = ISPU batas bawah

X_a = Ambien batas atas

X_b = Ambien batas bawah

X_x = Kadar Ambien nyata

Kadar ambien nyata (X_x) merupakan konsentrasi PM10 hasil pengukuran selama 24 jam. Kualitas udara ditentukan dari angka ISPU berdasarkan kategori ISPU yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori ISPU

ISPU	Kualitas Udara	Warna
0 – 50	Baik	Hijau
51 – 100	Sedang	Biru
101 – 199	Tidak Sehat	Kuning
200 – 299	Sangat Tidak Sehat	Merah
300 – 500	Berbahaya	Hitam

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di dua lokasi, yaitu lokasi Universitas Jambi, Mendalo Darat pada koordinat $1^{\circ} 36'27.6''\text{S}$ $103^{\circ}31'11.9''\text{E}$ dengan lalu lintas padat karena berada di area jalan lintas timur yang menghubungkan Provinsi

Jambi dan Sumatra Barat, dan Lapangan Perumahan Pinang Merah pada koordinat $1^{\circ}36'3.012''\text{S}$ $103^{\circ}30'3.07''$.

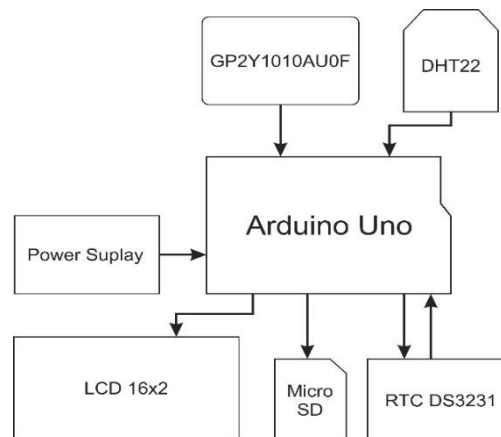
Penelitian ini dibagi ke dalam beberapa tahapan, yaitu analisis sistem, perancangan dan fabrikasi alat PM10, pengujian, pengukuran konsentrasi PM10, serta analisis hasil pengukuran.

Analisis Sistem

Pada tahap ini dilakukan analisis yang mencakup segala kebutuhan dalam membangun sistem alat ukur PM10 dengan mengidentifikasi masalah yang mencakup model rancangan, sensor debu dan rangkaian perangkat keras, perangkat lunak, dan sistem akuisisi data.

Perancangan dan Fabrikasi Alat PM10

Tahap perancangan diawali dengan pengembangan sensor debu GP2Y1010AU0F dan perangkat keras untuk mengukur konsentrasi PM10. Perangkat keras dibangun atas unit catu daya, sensor temperatur (T) dan kelembaban relatif (RH) udara DHT22, pencatat waktu (*Real Time Clock*) RTCDS3231, layar Liquid Crystal Display (LCD) untuk menampilkan data hasil pengukuran. Adapun skematik rangkaian sensor dan perangkat keras ditunjukkan seperti pada Gambar 2.



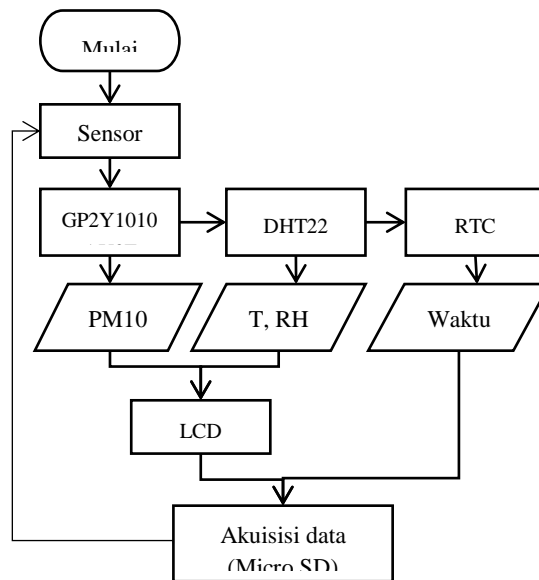
Gambar 2. Skema rangkaian alat PM10

Alat ukur PM10 juga didesain dengan kemampuan untuk menyimpan data pada media micro SD dengan kapasitas 4 GB. Data ditulis (*write*) pada file jenis csv untuk memudahkan analisis lanjutan. Adapun format penyimpanan data ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Format penyimpanan data

Date	Time	ADC Value	Voltage (Volt)	PM10 (mg/m3)	Temp *C	RH (%)
d/m/y	h:m:s	xxx	xx.x	xx.x	xx.x	xx.x

Pada perancangan perangkat lunak dilakukan pembuatan dan penyesuaian program untuk melakukan serangkaian tahapan dan pengujian sistem. Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan masing-masing blok rangkaian perangkat keras bekerja dengan benar dan mengikuti alur kerja sistem. Adapun alur kerja alat ukur PM10 ditunjukkan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alur kerja alat ukur PM10

Pengujian dan Percobaan Lapangan

Setelah seluruh bagian alat telah difabrikasi maka langkah selanjutnya yaitu melakukan uji performa secara keseluruhan. Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui kinerja dari alat ukur PM10 sebelum melakukan pengambilan data. Hal ini dapat mengurangi dan menanggulangi kesalahan yang terjadi pada saat alat ini dioperasikan di lapangan uji coba.

Pengujian dilakukan dengan cara mengoperasikan alat selama beberapa waktu pada saat kondisi ada dan tidak ada debu atau asap. Data yang tersimpan di dalam micro SD kemudian diamati dan dianalisa untuk mengetahui adanya kesalahan yang terjadi.

Pengukuran PM10

Pengukuran PM10 dilakukan di beberapa lokasi pada waktu yang berbeda. Pengukuran pertama dilakukan di tempat yang diduga terdapat tingkat pencemaran udara yang tinggi yaitu di depan Universitas Jambi. Pengukuran kedua dilakukan di salah satu ruang kuliah RK-8 Fakultas Sains dan Teknologi. Pengukuran yang terakhir dilakukan di lapangan Perumahan Pinang Merah. Masing-masing pengukuran dilakukan selama 24 jam secara kontinyu.

Analisis Data

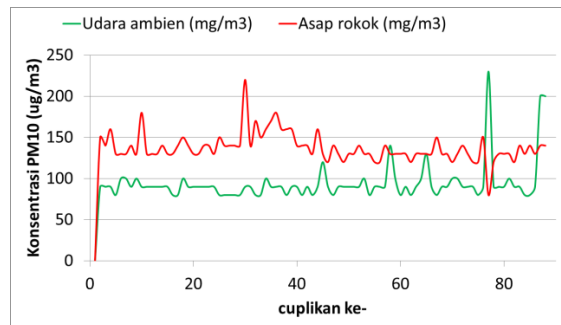
Data yang diambil merupakan data pembacaan sensor debu GP2Y1010AU0F yang telah dikonversi menjadi nilai konsentrasi PM10 berdasarkan grafik hubungan intensitas debu dan tegangan. Data yang diperoleh dapat menggambarkan kategori kualitas udara pada lokasi pengukuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Kinerja GP2Y1010AU0F

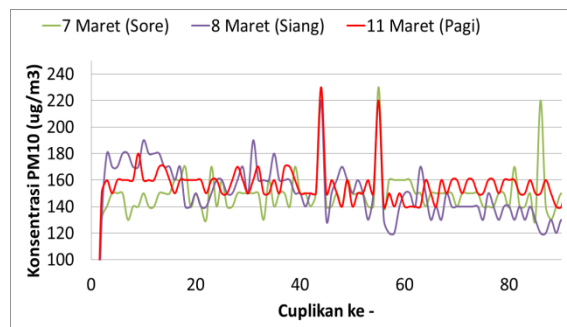
Uji kinerja sensor debu dilakukan dengan dua tahap. Pengujian tahap pertama dilakukan dengan cara mengukur konsentrasi debu udara ambien dan konsentrasi asap rokok. Gambar 4 menunjukkan hasil pengukuran konsentrasi asap rokok lebih tinggi dibandingkan konsentrasi debu udara ambien. Nilai rata-rata pengukuran konsentrasi asap rokok dan debu udara mbien masing-masing sebesar $135.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $92.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai deviasi asap rokok sebesar 22.42 lebih kecil dibanding udara ambien. Ini menunjukkan bahwa saat pengukuran

berlangsung kondisi asap rokok memiliki kondisi yang lebih seragam dibandingkan debu udara ambien. Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perbedaan densitas konsentrasi debu.



Gambar 4. Perbedaan hasil pengukuran konsentrasi debu udara ambien dengan konsentrasi rokok

Pengujian tahap kedua dilakukan dengan mengukur konsentrasi PM10 di depan gerbang masuk Universitas Jambi pada tanggal 7, 8, dan 11 Maret 2016. Pada tanggal 7 maret 2017, pengukuran berlangsung pada pukul 16.00 - 18.00 WIB dengan nilai rata-rata konsentrasi PM10 sebesar 150.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan deviasi sebesar 17.76. Pada tanggal 8 maret 2017, pengukuran berlangsung pada pukul 12.00 - 14.00 WIB dengan nilai rata-rata konsentrasi PM10 sebesar 147.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan deviasi sebesar 21.28. Pada tanggal 11 maret 2017, pengukuran berlangsung pada pukul 7.30 - 9.30 WIB dengan nilai rata-rata konsentrasi PM10 sebesar 157.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan deviasi sebesar 14.62. Nilai konsentrasi terbesar terjadi pada tanggal 7 Maret pagi hari dan 11 maret sore yang disebabkan pada waktu pengukuran tersebut terjadi peningkatan jumlah kendaraan yang signifikan akibat jam masuk dan pulang kerja atau kuliah.



Gambar 5. Perbedaan hasil pengukuran konsentrasi PM10 pada tanggal 7, 8 dan 11 Maret 2017

Analisa Kinerja Perangkat Keras dan Lunak

Analisa kinerja perangkat keras dan lunak dapat dilakukan secara bersamaan berdasarkan pesan yang muncul pada data yang tersimpan pada micro SD. Kegagalan pada sistem maupun pada blok rangkaian akan menyebabkan pesan “**Error !**” pada file CSV. Error yang muncul akan menyebabkan sistem berhenti bekerja. Pesan yang muncul akibat kegagalan kinerja RTC ditunjukkan pada Gambar 6(a), kegagalan pada RTC akan menyebabkan sistem berhenti tanpa adanya proses pengukuran temperatur, kelembaban udara, dan konsentrasi PM10 oleh sistem. Kegagalan pada sensor DHT22 masih memungkinkan waktu pengukuran tersimpan pada micro SD, ini bertujuan agar kegagalan

dapat diketahui kejadiannya, tapi tidak memungkinkan konsentrasi PM10 dilakukan pengukuran oleh sistem seperti pada Gambar 6(b). Pada Gambar 6(c) menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan benar dan tidak terdapat adanya kesalahan maupun pesan error pada file CSV.

Date	Time	ADC_A0	Voltage (Volt)	Dust Density (mg/m3)	Temp *C	RH (%)
error !	error !	error !	error !	error !	error !	error !
terminate	===	===	===	===	===	===

(a)

Date	Time	ADC_A0	Voltage (Volt)	Dust Density (mg/m ³)	Temp *C	RH (%)
04/08/2017	16:00:32	error !	error !	error !	error !	error !
terminate	===	===	===	===	===	===

(b)

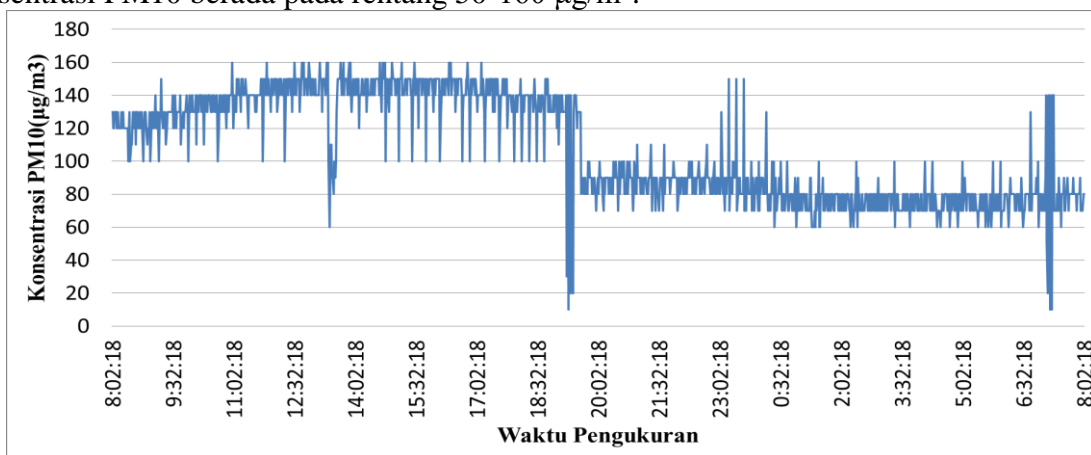
Date	Time	ADC_A0	Voltage (Volt)	Dust Density (mg/m ³)	Temp *C	RH (%)
04/08/2017	15:44:58	303	0.98	70	30.3	62
04/08/2017	15:45:58	341	1.1	90	30.5	61.4
04/08/2017	15:46:58	329	1.06	80	30.9	60.3
04/08/2017	15:47:58	340	1.1	90	31	60.1

(c)

Gambar 6. Pesan *error* yang muncul pada file CSV akibat kesalahan (a) RTC, (b) sensor DHT22, dan (c) sistem bekerja dengan benar

Pengukuran konsentrasi PM10

Hasil pengukuran pertama yang dilakukan di Lapangan Pinang Merah pada tanggal 28 Maret 2017 pukul 08:02:18 – 29 Maret 2017 pukul 08:02:18 ditunjukkan pada Gambar 7. Nilai konsentrasi PM10 berada pada rentang 50-160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

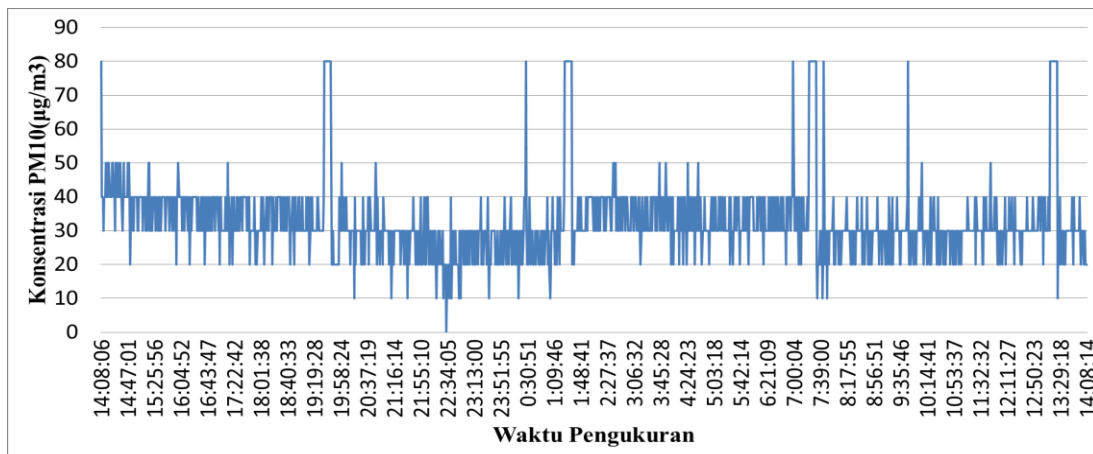


Gambar 7. Hasil Pengukuran konsentrasi PM10 di Lapangan Pinang Merah pada tanggal 28 Maret 2017 pukul 08:02:18 – 29 Maret 2017 pukul 08:02:18

Rata-rata konsentrasi PM10 pada pukul pagi hari 08:02:18-18:32:18 adalah $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan puncak pada pukul 12:57:00, kemudian turun menjadi $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada pukul 18:32:18 - 00:32:18, lalu menurun kembali menjadi $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada pukul 00:32:18 – 08:02:18. Kenaikan nilai konsentrasi PM10 pada pagi sampai siang hari disebabkan oleh meningkatnya aktivitas masyarakat pada jam tersebut, sedangkan penurunan nilai konsentrasi PM10 pada sore hari dan malam hari dikarenakan masyarakat tidak lagi beraktivitas di luar ruangan pada jam tersebut.

Hasil pengukuran kedua yang dilakukan di dalam sekretariat fisika pada tanggal 01 April 2017 pukul 14:08:06– 02 April 2017 pukul 14:08:14 ditunjukkan pada Gambar 8. Nilai konsentrasi PM10 berada pada rentang $10\text{-}50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rata-rata konsentrasi PM10 pada pukul sore hari 14:08:06-19:35:02 adalah $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kemudian turun menjadi $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada malam hari pukul 19:35:02-01:42:51, lalu meningkat kembali menjadi $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada subuh hari pukul 01:42:51 – 07:50:40, dan menurun kembali menjadi $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada pagi hari pukul 07:50:40-14:08:06. Ruang sekretariat fisika memiliki kapasitas sekitar 20 orang dan dipergunakan oleh mahasiswa saat melakukan kegiatan tertentu. Ruang ini lebih banyak dipergunakan saat sore hari untuk perkuliahan dan juga untuk ruang belajar sehingga nilai konsentrasi PM10 pada jam ini lebih tinggi daripada jam lainnya. Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa konsentrasi PM10 di dalam ruangan nilainya lebih rendah daripada

konsentrasi PM10 di luar ruangan (Gambar 7), hal ini dikarenakan sedikitnya sumber pembangkit partikulat di dalam ruangan dibandingkan di luar ruangan. Sedangkan pada pagi hari ruangan tersebut jarang dipergunakan oleh mahasiswa sehingga nilai konsentrasi PM10 pada jam ini lebih rendah daripada konsentrasi PM10 di sore hari.

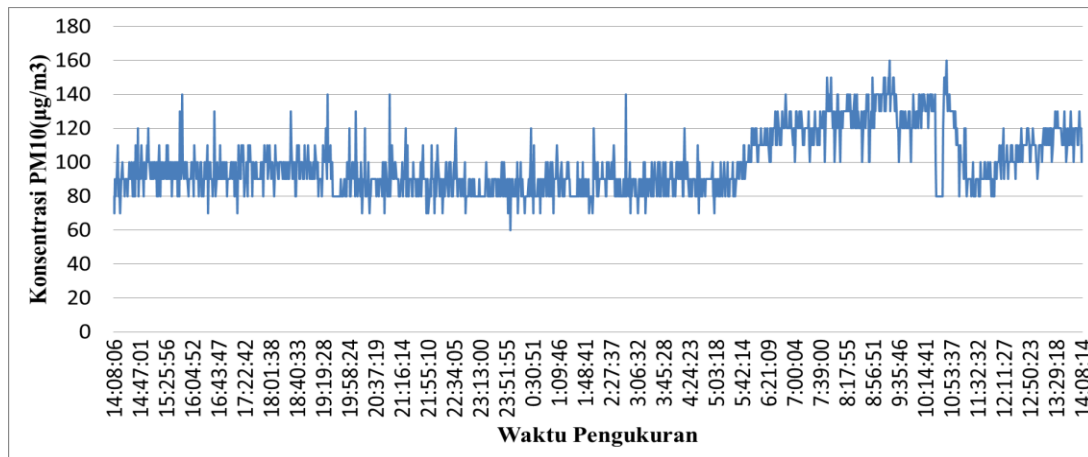


Gambar 8. Hasil Pengukuran konsentrasi PM10 di dalam ruang sekretariat fisika pada tanggal 01 April 2017 14:08:06-02 April 2017 14:08:1

Hasil pengukuran ketiga yang dilakukan di depan Universitas Jambi pada tanggal 08 April 2017 pukul 15:44:00 – 09 April 2017 pukul 15:44:56 ditunjukkan pada Gambar 9. Nilai konsentrasi PM10 berada pada rentang 60-160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rata-rata konsentrasi PM10 pada pukul sore hari 15:44:00-20:47:36 adalah 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kemudian turun menjadi 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada malam hari pukul 20:47:36-06:56:01, lalu meningkat drastis menjadi 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada pagi hari pukul 06:56:01 – 11:59:38. Penurunan nilai konsentrasi PM10 pada malam hari disebabkan oleh menurunnya jumlah kendaraan yang melintasi Universitas Jambi, sedangkan kenaikan nilai konsentrasi PM10 pada pagi hari disebabkan oleh tingginya volume kendaraan yang dipergunakan oleh akademisi Universitas Jambi dan masyarakat.

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, alat ukur PM10 telah bekerja dengan baik karena dapat mendeteksi perubahan konsentrasi PM10 di udara sekitar baik dalam ruangan maupun di luar ruangan. Pengukuran dilakukan selama 24 jam dan memberikan nilai rata konsentrasi PM10 sebesar 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan 99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk setiap pengukuran. Ketiga nilai tersebut masih berada dibawah baku mutu yang ditetapkan berbahaya oleh pemerintah melalui PP No. 41 Tahun 1999 yaitu 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Indeks ISPU tiap pengukuran dapat dihitung menggunakan Persamaan 1, sehingga didapatkan nilai 80, 32 dan 75. Indeks ISPU 32 di dalam sekretariat fisika masuk ke dalam kategori baik sehingga tidak ada efek PM10 terhadap kesehatan. Sedangkan indeks ISPU di lapangan Perumahan Pinang Merah dan di depan Universitas Jambi, masing-masing 80 dan 75, masuk ke dalam kategori sedang sehingga PM10 memberikan efek penurunan jarak pandang tetapi tidak menimbulkan penyakit.

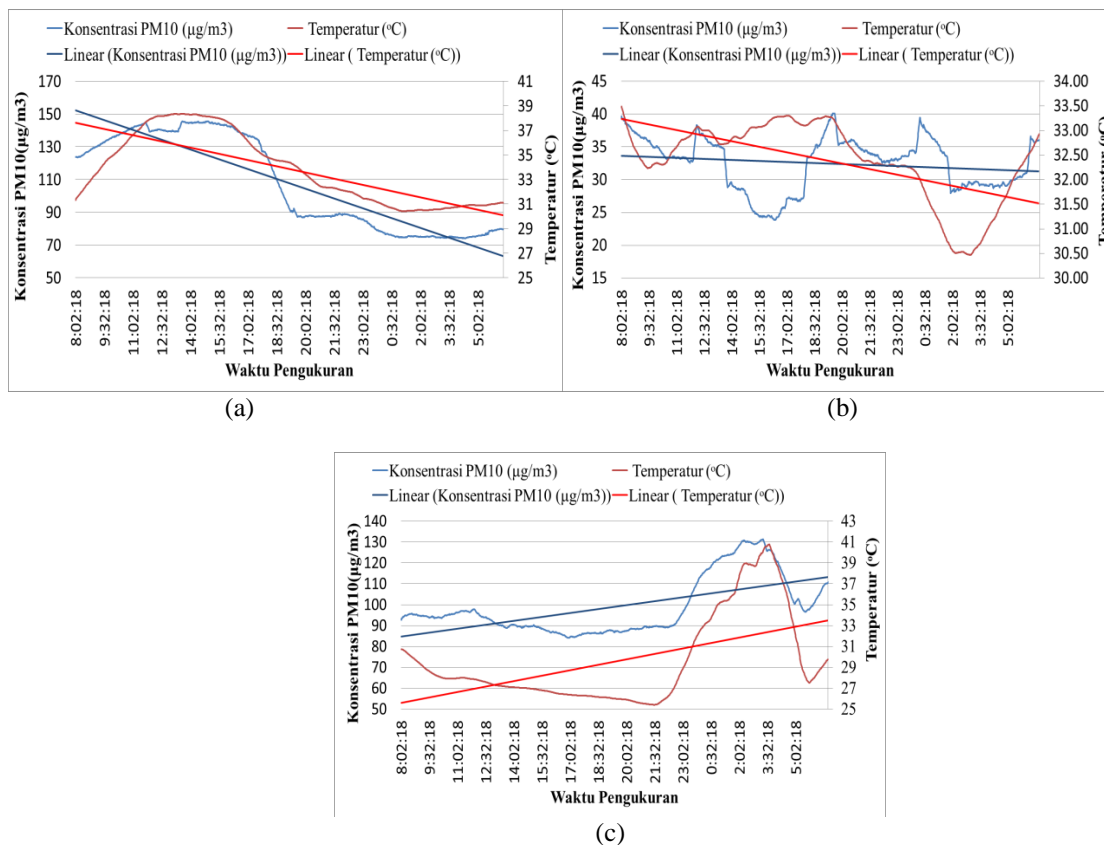
Menurut beberapa referensi penelitian diketahui bahwa konsentrasi polutan di udara juga dipengaruhi oleh parameter meteorologi seperti temperatur, kelembaban udara, arah angin, kecepatan angin dan lainnya. Parameter-parameter tersebut membuat pm10 terdifusi, dilusi, dan terakumulasi (Wang dan Ogawa, 2015). Pada penelitian ini parameter yang dikaji adalah temperatur dan kelembaban udara.



Gambar 9. Hasil Pengukuran konsentrasi PM10 di depan Universitas Jambipada tanggal 08 April 2017 15:44:00-09 April 2017 15:44:56

Pada Gambar 10(a) dan 10(b) terlihat bahwa konsentrasi PM10 menurun seiring dengan menurunnya nilai temperatur. Temperatur pengukuran di lapangan Perumahan pinang merah berada pada rentang 30-39 °C, sedangkan di dalam sekretariat fisika berada pada rentang 30.5-33.5 °C. Pada Gambar 10(c) terlihat bahwa konsentrasi PM10 meningkat seiring dengan meningkatnya nilai temperatur. Temperatur Pengukuran di depan Universitas Jambi berada pada rentang yang lebih lebar yaitu 25-41 °C. Berdasarkan hasil di atas dapat disimpulkan bahwa konsentrasi PM10 memiliki hubungan linear positif dengan temperatur. Hal ini dapat dikaji baik secara fisika maupun kimia. Kenaikan temperatur memberikan energi kinetik yang lebih untuk partikel-partikel udara sehingga bergerak lebih cepat akibatnya lebih banyak PM10 yang berterbangan di udara. Secara kimiawi, kenaikan temperatur akan mengubah formasi partikel dan juga akan menimbulkan reaksi fotokimia antar senyawa kimia polutan.

Koefisien determinasi untuk masing-masing pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3. Pengukuran dengan koefisien determinasi paling tinggi (0.9156) adalah pengukuran di depan Universitas Jambi. Pengukuran dengan koefisien determinasi paling rendah (0.011) adalah pengukuran di dalam sekretariat fisika.



Gambar 10. Hubungan konsentrasi PM10 dengan temperatur (°C) pada pengukuran (a) di lapangan Perumahan Pinang Merah (b) di dalam sekretariat fisika (c) di depan Universitas Jambi, menggunakan *moving average* dengan step 100

Tabel 3. Korelasi linear antara temperatur dengan konsentrasi PM10 pada setiap pengukuran

Pengukuran	1	2	3
ke:			
R^2	0.8557	0.011	0.9156

Pada Gambar 11(a) terlihat bahwa konsentrasi PM10 menurun seiring dengan meningkatnya nilai kelembaban udara. Kelembaban pengukuran di lapangan Perumahan pinang merah berada pada rentang 35-53%. sedangkan pada Gambar 11(b) terlihat bahwa konsentrasi PM10 menurun seiring dengan menurunnya nilai kelembaban udara. Kelembaban pengukuran di dalam sekretariat fisika berada pada rentang 46-48 %.

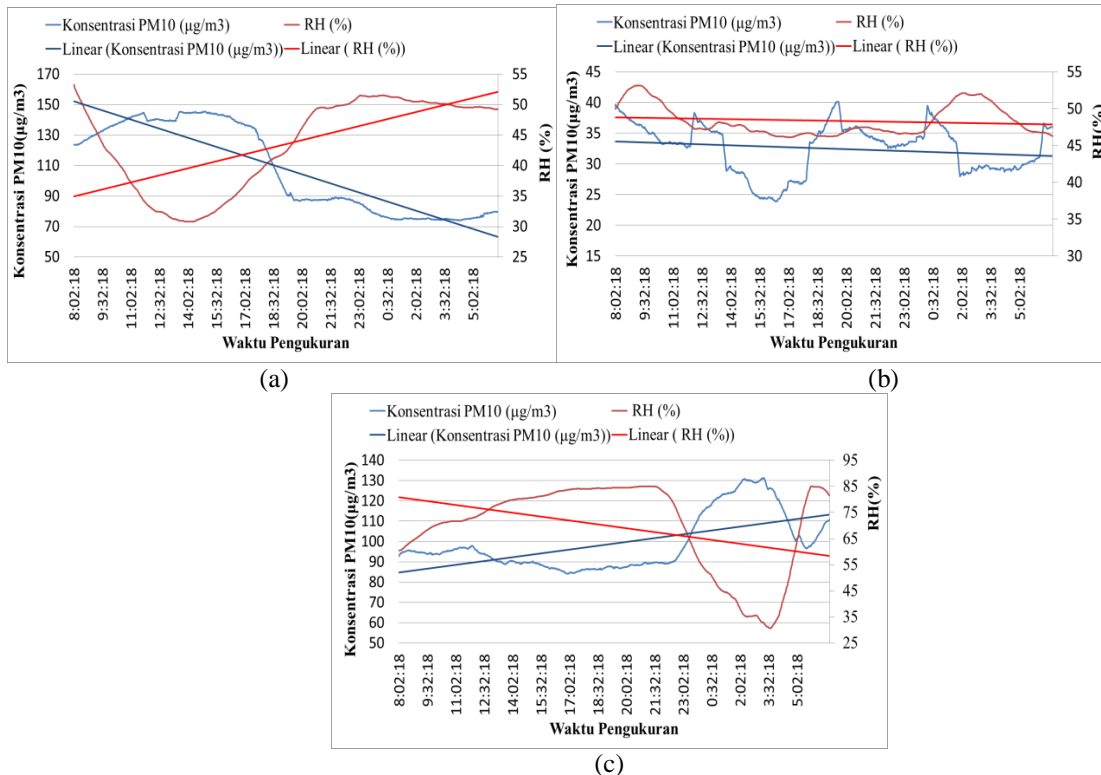
Pada Gambar 11(c) terlihat bahwa konsentrasi PM10 meningkat seiring dengan menurunnya nilai kelembaban udara. Kelembaban pengukuran di depan Universitas Jambi berada pada nilai yang lebih tinggi yaitu 55-80% karena banyak terdapat pohon besar pada area tersebut. Berdasarkan hasil di atas dapat disimpulkan bahwa konsentrasi PM10 memiliki hubungan linear negatif dengan kelembaban udara walaupun untuk pengukuran di dalam sekretariat fisika menunjukkan korelasi positif dengan koefisien determinasi yang sangat kecil yaitu 0.0169. Saat kelembaban udara tinggi maka udara banyak mengandung air sehingga massa polutan menjadi lebih berat dan tidak dapat bertahan lama di udara. Polutan kemudian jatuh ke tanah sehingga jumlah partikulat berkurang dan menurunkan nilai konsentrasi PM10.

Koefisien determinasi untuk masing-masing pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4. Pengukuran dengan koefisien determinasi paling tinggi (-0.836) adalah pengukuran di depan

Universitas Jambi. Pengukuran dengan koefisien determinasi paling rendah (0.0169) adalah pengukuran di dalam sekretariat fisika.

Tabel 4. Korelasi linear antara kelembaban dengan konsentrasi PM10 pada setiap pengukuran

Pengukuran	1	2	3
ke:			
R^2	-0.7914	0.0169	-
			0.836



Gambar 11 Hubungan konsentrasi PM10 dengan kelembaban udara (%) pada pengukuran (a) di lapangan Perumahan Pinang Merah (b) di dalam sekretariat fisika (c) di depan Universitas Jambi, menggunakan *moving average* dengan step 100

KESIMPULAN

Alat ukur konsentrasi PM10 telah berhasil dibuat dan diuji coba selama 24 jam di tiga lokasi yang berbeda. Alat ukur ini dapat membedakan konsentrasi PM10 di udara serta menyimpan datanya didalam micro SD. Berdasarkan hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa temperatur berkorelasi positif dengan konsentrasi PM10 sedangkan kelembaban udara berkorelasi negatif dengan konsentrasi PM10.

REFERENSI

Fauzi A, *et al.* 2013. Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012: Pilar Lingkungan Hidup Indonesia. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia

[Kep-45 MENLH]. 1997. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. [diunduh 2017 Maret 29]. Tersedia pada:

<http://storage.jak-stik.ac.id/ProdukHukum/LingkunganHidup/IND-PUU-7-1997-kepmen%2045-1997.pdf>

[IKU MENLH]. 2017. Indeks Kualitas Udara Perkotaan – Kementrian Lingkungan Hidup. Tersedia pada: <http://iku.menlhk.go.id>

[PP-41]. 1999. Peraturan Pemerintah no. 41 tahun 1999 tentang: pengendalian pencemaran udara. [diunduh 2017 Maret 29]. Tersedia pada: <http://jdih.den.go.id/download/19/peraturan-pemerintah-no-41-tahun-1999>

Wang, J dan Ogawa, S. 2015. Effects of Meteorological Conditions on PM2.5 Concentrations in Nagasaki, Japan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 12. 9089–9101

STUDI PENDETEKSIAN SITUS PURBAKALAMENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIKDI LOBU TUA TAPANULI TENGAH

Jamaludin Hasibuan¹⁾, Asdiati Berutu¹⁾, Halimahtun Sakdiah²⁾, Rahmatsyah¹⁾

¹FMIPA, Universitas Negeri Medan
email: jamalhasibuan46@gmail.com

²FMIPA, Universitas Negeri Medan

Abstract

Cultural heritage of the Indonesian nation is not only a wealth of archaeological heritage sites, but also have the potential to attract tourists both domestic and foreign. One of the site of ancient relics is a city of Barus which is the Emporium and a center of civilization in the century 1-17 M. The presence of archaeological sites in the city of Barus needs to be explored by the research study early detection of the presence of archaeological sites by using geoelectric method in the village of Lobu Tua Central Tapanuli which aims to determine the existence of the Archaeological sites in Lobu Tua. The method used is geoelectric method (Resitivity meters) type ARES-G4 v4.7 wenner - Schlumberger configuration with four track or line. Data were processed using Res2Dinv to determine subsurface layer structure. the results obtained for the first track dominated by alluvium with the resistivity 10 up to 800 ohm meter, to the second in the central part of dominated by water 0,5 to 300 ohm meter, to the third and fourth dominated by tufa with the resistivity 2000 to 100000 ohm meter.

Keyword : Barus, Achaeological sites, Geoelectric method, layer

PENDAHULUAN

Kota Barus merupakan sebuah kecamatan di Kabupaten Tapanuli Tengah, Sumatera Utara, Indonesia. Sebagai Kota Emporium dan pusat peradaban pada abad 1 – 17 M. Kecamatan Barus terletak pada Koordinat 02° 02'05" - 02° 09'29" Lintang Utara, 98° 17'18" - 98° 23'28" Bujur Timur. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Andam Dewi, sebelah Selatan dengan Kecamatan Sosorgadong, sebelah Timur dengan Kecamatan Barus Utara, sebelah Barat berbatasan dengan Samudera Hindia (BPS Tapteng, 2015).

Kota Barus merupakan Kota bersejarah yang memiliki berbagai peninggalan purbakala, salah satunya yang terdapat di Desa Lobu Tua. Dihuni dalam jangka waktu sekitar dua abad antara akhir abad ke-9 M hingga awal abad ke-12 M. Situs Purbakala kelihatan ditinggalkan secara mendadak karena tidak di temukan satu benda pun yang di hasilkan setelah awal abad ke-12 M (Claude Guillot, 2002).

Lokasi situs Lobu Tua ini pernah dilakukan penelitian arkeologi dengan eskavasi (penggalan) beberapa kali. Diantaranya penelitian tahun 1978 dan 1985 yang dipimpin oleh M.M. Nurhadi dan Lukman Nurhakim dari Pusat Penelitian Akeologi Nasional. Menghasilkan antara lain lebih dari 300 pecahan keramik Cina (sebagian besar dari Dinasti Song), pecahan-pecahan tembikar, kaca, logam, dan manik-manik. Berdasarkan hasil analisis keramik Cina

tersebut, menanggapi situs Lobu Tua di antara abad VII/IX M dan abad XII/XIII M .Pada penelitian ini belum digunakan alat-alat dan metode yang bisa digunakan untuk melihat struktur perlapisan bawah permukaan situs Lobu Tua (Claude Guillot, 2008).

Berdasarkan hasil wawancara terhadap masyarakat Lobu Tua bahwa didaerah yang akan diteliti, dahulu adanya informasi tentang situs purbakala yang belum ditemukan keberadaannya secara sains dan diperkuat berdasarkan buku karangan Claude Guillot yang berjudul *Lobu Tua Sejarah Awal Barus*. Teramati juga melalui foto udara di Desa Lobu Tua di apit oleh dua sungai yang bisa diperkirakan daerah Lobu Tua terdapat banyak peninggalan kerajaan terdahulu baik berupa bangunan, makam, atau artefak-artefak.

Untuk mendeteksi ada tidaknya peninggalan situs purbakala yang masih terkubur maka diperlukan metode dan alat ukur yang dapat mengukur parameter-parameter fisis yang berhubungan dengan keberadaan benda-benda peninggalan situs purbakala tersebut. Metode yang digunakan untuk mendeteksi peninggalan situs purbakala tersebut adalah dengan menggunakan Metode Geofisika(Kanata dan Zubaidah, 2008).

KAJIAN LITERATURDAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

Metode geolistrik adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi di bawah permukaan tanah. Metode dari geolistrik yang sering digunakan antara lain tahanan jenis atau resistivitas. Metode Geolistrik menggunakan nilai tahanan jenis di bawah permukaan untuk menentukan dan mempelajari jenis lapisan penyusun dan banyaknya lapisan penyusun bawah permukaan tanah. Metode Geolistrik Resistivitas mempunyai beberapa konfigurasi, antara lain adalah konfigurasi Wenner, Konfigurasi Schumberger, Konfigurasi Dipol-dipol, dan beberapa konfigurasi lainnya (Danang , 2013).

Survei dengan menggunakan metode Geolistrik juga telah dilakukan oleh Danang Rubawa Tamtama (2013) didaerah situs purbakala Kadisoka. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui sebaran batuan candi Kadisoka yang masih terpendam di dalam tanah.Dengan metode Geolistrik hasil dari penelitian tersebut menunjukkan adanya anomali batuan penyusun situs Kadisoka yang masih terpendam di beberapa titik.Ditunjukkan dengan nilai resistivitas antara 500 Ω m sampai dengan 2300 Ω m yang berarti nilai resistivitas dari andesit.

Metode Geofisika untuk mendeteksi situs purbakala pernah dilakukan oleh E Galili, dkk (1988) di Creole ruralsettlements bagian tenggara Provinsi Buenos Aires, Argentina. Tujuan utama penelitian tersebut adalah untuk mendeteksi penyebaran benda-benda purbakala dan menentukan struktur perlapisan tanah dengan metode Geofisika. Hasil dari penelitian tersebut yaitu ditemukannya benda-benda seperti tulang-tulang, kaca dan batuan penyusun situs purbakala tersebut(Galili, dkk 1988).

Identifikasi situs candi telah dilakukan oleh Diah Sri Jayanti, Darsono, dan Budi Legowo di situs candi di wilayah Bukit Carang, Desa Anggrasmanis, Kecamatan Jenawi, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah dengan menggunakan metode Geolistrik tahanan jenis konfigurasi dipol-dipol. Metode ini dapat menentukan keberadaan situs yang masih terpendam disekitar lokasi penemuan pondasi candi (Diah Sri Jayanti,dkk,2012).Batuan penyusun bangunan candi biasanya berupa batuan andesit yang memiliki nilai geolistrik tahanan jenis lebih besar dibandingkan dengan nilai geolistrik tahanan jenis material penimbun yang umumnya berupa pasir yang merupakan material sedimen baru (Faridl,1997).

METODE PENELITIAN

Data hasil menggunakan aplikasi metode geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* di kawasan Lobu Tua, terdiri dari 6 titik pengukuran untuk geolistrik. Pengambilan data resistivitas dilakukan di lapangan dengan panjang lintasan 155 meter dengan spasi elektroda 5 meter. Data geolistrik diolah dan di analisis dengan menggunakan *Res2Dinv*. Distribusi harga tahanan jenis bawah permukaan dapat diketahui berdasarkan citra warna. Ada pun lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. lokasi penelitian

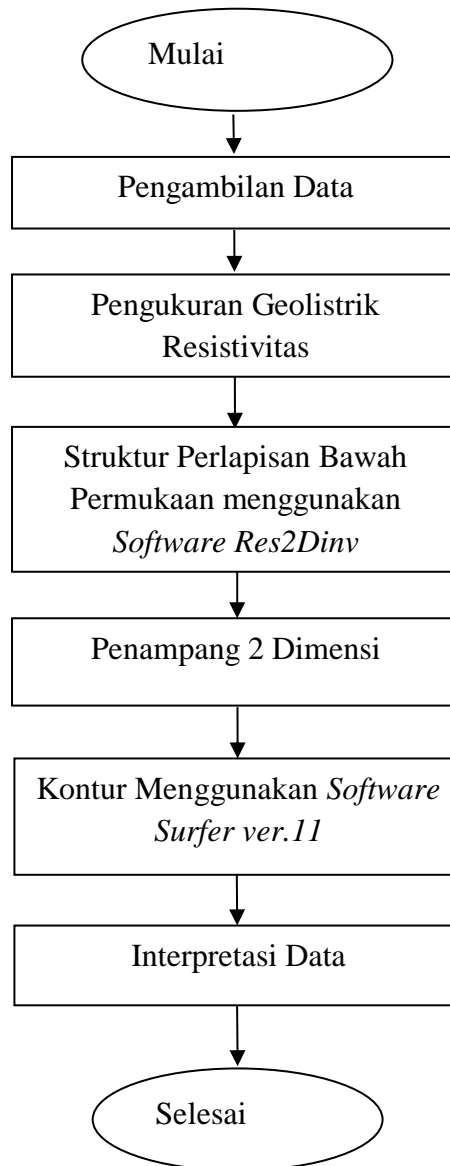
Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah secara *purposive sampling* atau berdasarkan pertimbangan dengan memperhatikan kondisi serta keadaan dari daerah penelitian. Keadaan yang dimaksud seperti pepohonan, terdapat batu besar, tanah berbukit, jurang, ada sungai atau parit, dan masih banyak lagi sehingga tidak mungkin membuat bentangan lurus dari kabel Geolistrik.

Prosedur Penelitian

Data penelitian berupa nilai resistivitas semu yang dihasilkan dari perhitungan data lapangan. Langkah-langkah yang dilakukan untuk pengambilan data geolistrik adalah sebagai berikut:

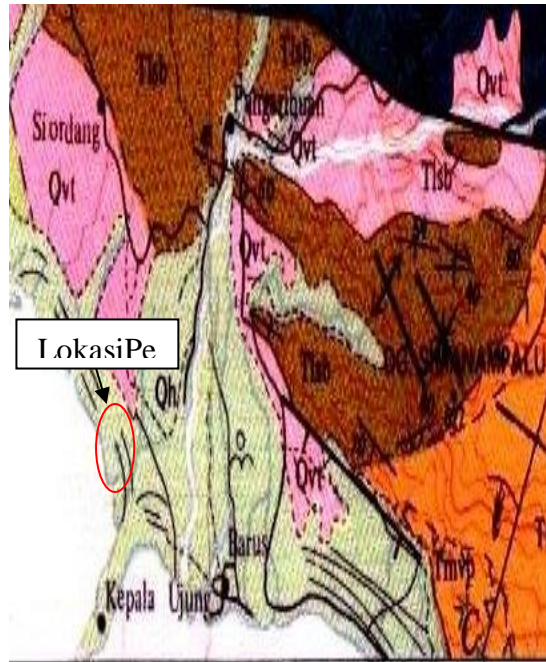
1. Meninjau / survei lokasi serta pengambilan gambar yang akan dijadikan sebagai daerah penelitian.
2. Menentukan lintasan pengambilan data dan menentukan posisi daerah penelitian dengan menggunakan GPS.
3. Melakukan kalibrasi alat yang digunakan.
4. Melakukan pengukuran jarak antara elektroda (5 meter) pada lintasan yang ditentukan.
5. Pengambilan data menggunakan Geolistrik ARES (*Automatic Resistivity System*)
6. Mengolah data yang diperoleh dari data Geolistrik ARES dengan menggunakan *Software Res2Dinv*.

Diagram Alir Penelitian

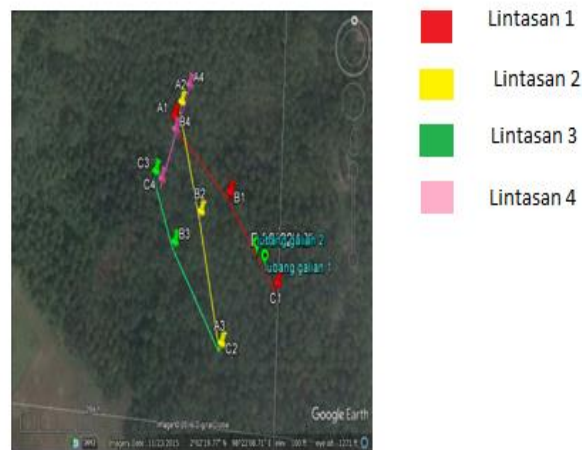


HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan data geologi berdasarkan gambar 2 dari lokasi penelitian menunjukkan Desa Lobu Tua terdiri dari formasi gunung api pinapan (*andesite, hipabisal, dan piroklastik*), formasi Sibolga (batu pasir, batu lanau, batu lumpur, dan konglomerat), Tufa Toba (tufa riodasit, sebagian teralaskan), Alluvium (kerikil, pasir, lumpur, fanglomerat kipas, tanah diatome, koral, dan formasi alas (anggota batu gamping: pejal, batu gamping hablur). Bentuk lintasan penelitian Geolistrik teramati pada gambar 3.

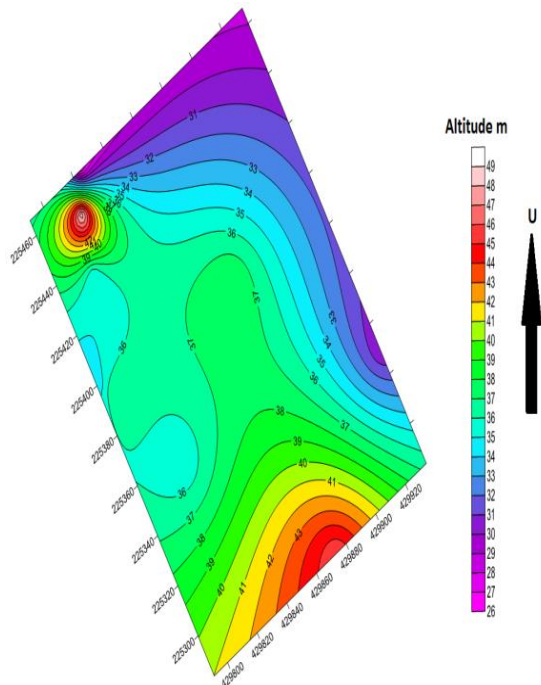


Gambar 2. Lokasi Penelitian (BMKG, 2017)



Gambar 3. Bentuk Lintasan Geolistrik (Google Earth, 2017)

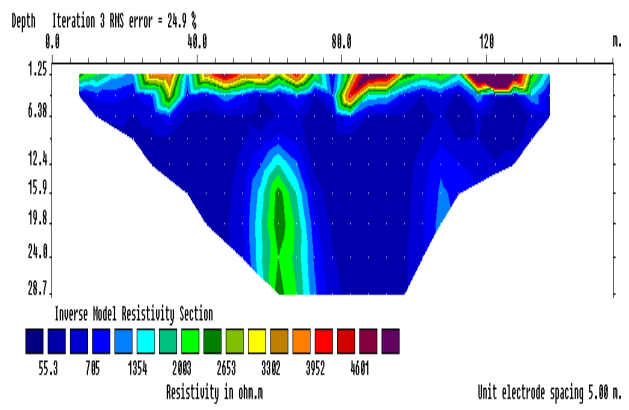
Kontur hasil penelitian dari penggridan menggunakan GPS diolah dengan menggunakan *Software Surfer 11* dengan hasil kontur permukaan pengukuran (Gambar 4).



Gambar 4. Kontur Lokasi Penelitian

Hasil dari penggridan menunjukkan daerah penelitian berada pada ketinggian 26 meter – 49 meter dengan rata – rata ketinggian 38,5 meter. Berdasarkan peta geologi lembar Barus Raya dan sekitarnya, Sumatra (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi) daerah penelitian berbatasan langsung dengan laut.

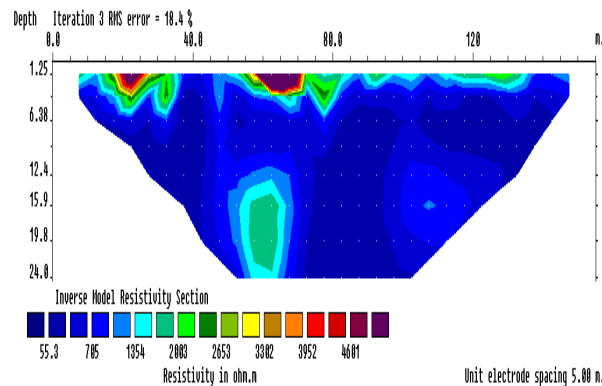
Lintasan 1 melewati lubang galian 1 dan 2 dengan ketinggian lokasi penelitian dari 30 meter hingga 49 meter diatas permukaan laut. Pengolahan, lintasan 2, 37 meter hingga 49 meter diatas permukaan laut, lintasan 3, 35 meter hingga 46 meter diatas permukaan laut. lintasan 4, 26 meter hingga 37 meter diatas permukaan laut data mengguakan *Software Res2Dinv* untuk lintasan 1,2,3,dan 4 diperoleh hasil inverse penampang 2 dimensi seperti pada Gambar 5,6,7,dan 8.



Gambar 5. Peta *Pseudosection* Lintasan 1

Lintasan 1 didominasi oleh warna biru dengan nilai resistivitas 55,3 Ω m – 705 Ω m yang diinterpretasikan sebagai *Alluvium* (endapan permukaan yang terdiri atas lempung sungai dan pantai, lanau, pasir, kerikil, kerakal dan bongkah) dan warna hijau dengan nilai resistivitas

2003 Ωm – 2653 Ωm yang diinterpretasikan sebagai *Tufa*. Menurut Telford (2004) menyatakan bahwa nilai resistivitas *Alluvium* 10 Ωm - 800 Ωm , *Tufa* dengan nilai resistivitas 2000 Ωm – 10⁵ Ωm . Berdasarkan peta geologi daerah penelitian (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi) daerah penelitian berbatasan langsung dengan laut dan didominasi oleh batuan *Alluvium*, *Lempung*, dan *Tufa*. Sehingga untuk warna kuning, hijau toska, merah, dan ungu sebagai anomali. Anomali ini memiliki nilai resistivitas 3302 Ωm – 3952 Ωm yang dapat di kategorikan sebagai lapisan batu gamping, dan untuk nilai resistivitas >3952 Ωm tergolong batuan andesite dan dolomite.

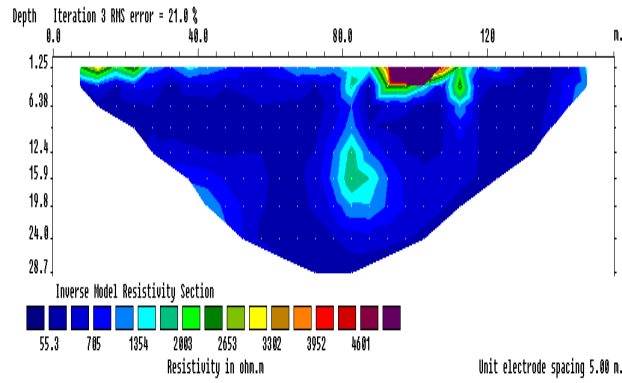


Gambar 6. Peta *Pseudosection* Lintasan 2

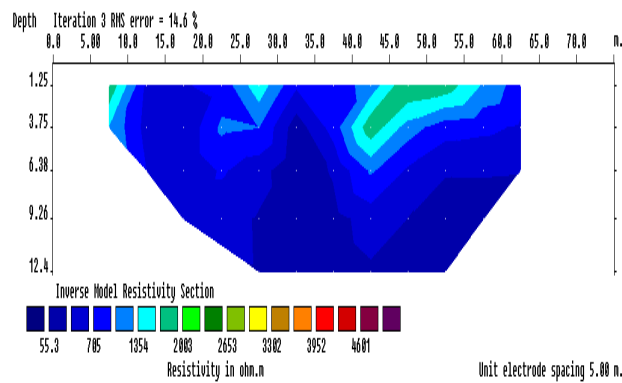
Lintasan 2 didominasi oleh warna biru dengan nilai resistivitas 55,3 Ωm – 705 Ωm yang diinterpretasikan sebagai *Alluvium* (endapan permukaan yang terdiri atas lempung sungai dan pantai, lanau, pasir, kerikil, kerakal dan bongkah) dan warna hijau dengan nilai resistivitas 2003 Ωm – 2653 Ωm yang diinterpretasikan sebagai *Tufa*. Menurut Telford (2004) menyatakan bahwa nilai resistivitas *Alluvium* 10 Ωm - 800 Ωm , *Tufa* dengan nilai resistivitas 2000 Ωm – 10⁵ Ωm . Berdasarkan peta geologi lembar Barus Sumatra (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi) daerah penelitian berbatasan langsung dengan laut dan didominasi oleh batuan *Alluvium*, *Lempung*, dan *Tufa*. Sehingga untuk warna kuning, hijau toska, merah, dan ungu sebagai anomali. Anomali ini memiliki nilai resistivitas 3302 Ωm – 3952 Ωm yang dapat di kategorikan sebagai lapisan batu gamping, dan untuk nilai resistivitas >3952 Ωm tergolong batuan andesite dan dolomite.

Lintasan 3 didominasi oleh warna biru dengan nilai resistivitas 55,3 Ωm – 705 Ωm yang diinterpretasikan sebagai *Alluvium* (endapan permukaan yang terdiri atas lempung sungai dan pantai, lanau, pasir, kerikil, kerakal dan bongkah) dan warna hijau dengan nilai resistivitas 2003 Ωm – 2653 Ωm yang diinterpretasikan sebagai *Tufa*. Menurut Telford (2004) menyatakan bahwa nilai resistivitas *Alluvium* 10 Ωm - 800 Ωm , *Tufa* dengan nilai resistivitas 2000 Ωm – 10⁵ Ωm .

Berdasarkan peta geologi lembar Barus Sumatra (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi) daerah penelitian berbatasan langsung dengan laut dan didominasi oleh batuan *Alluvium*, *Lempung*, *Pasir* dan *Tufa*. Sehingga untuk warna kuning, hijau toska, merah, dan ungu sebagai anomali. Anomali ini memiliki nilai resistivitas 3302 Ωm – 3952 Ωm yang dapat di kategorikan sebagai lapisan batu gamping, dan untuk nilai resistivitas >3952 Ωm tergolong batuan andesite dan dolomite.

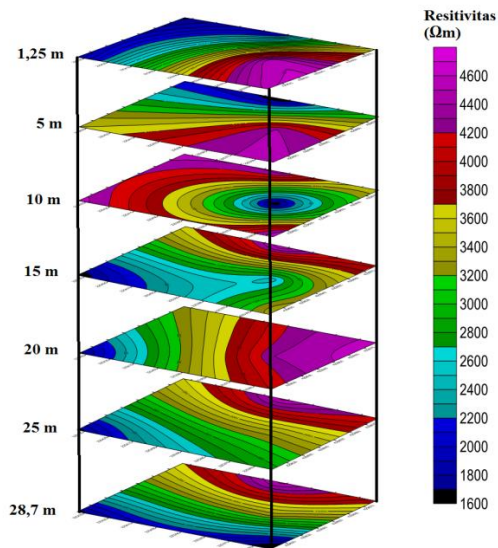


Gambar 7. Peta *Pseudosection* Lintasan 3



Gambar 8. Peta *Pseudosection* Lintasan 4

Lintasan 4 didominasi oleh warna biru dengan nilai resistivitas $55,3 \Omega\text{m} - 705 \Omega\text{m}$ yang diinterpretasikan sebagai *Alluvium* dan hijau dengan nilai resistivitas $2003 \Omega\text{m} - 2653 \Omega\text{m}$ yang diinterpretasikan sebagai Tufa. Menurut Telford (2004) menyatakan bahwa nilai resistivitas *Alluvium* $10 \Omega\text{m} - 800 \Omega\text{m}$, *Tufa* dengan nilai resistivitas $2000 \Omega\text{m} - 10^5 \Omega\text{m}$. Berdasarkan peta geologi (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi) daerah penelitian berbatasan langsung dengan laut dan didominasi oleh batuan *Alluvium* (endapan permukaan yang terdiri atas lempung sungai dan pantai, lanau, pasir, kerikil, kerakal dan bongkah), *Lempung, Pasir, dan Tufa*. Dapat dilihat untuk nilai resistivitas $> 2635 \Omega\text{m}$ tidak terdapat pada lintasan 4.



Gambar 4.9. Peta Kontur Tiap Kedalaman

Berdasarkan Gambar 4.9. hasil kontur resistivitas tiap kedalaman di bagian Utara – Selatan disisi Timur di dominasi oleh *Alluvium* dengan nilai resistivitas $700 \Omega\text{m} - 1000 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 10 meter – 15 meter, *Alluvium* dengan nilai resistivitas $0 \Omega\text{m} - 1000 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 20 meter – 28,7 meter, Tufa dengan nilai resistivitas $1600 \Omega\text{m} - 3000 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 1,25 meter, Tufa dengan nilai resistivitas $1350 \Omega\text{m} - 2050 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 5 meter, Tufa dengan nilai resistivitas $1000 \Omega\text{m} - 1040 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 10 meter, Tufa dengan nilai resistivitas $1000 \Omega\text{m} - 1800 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 15 meter, Tufa dengan nilai resistivitas $1000 \Omega\text{m} - 2000 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 20 meter, Tufa dengan nilai resistivitas $1000 \Omega\text{m} - 2400 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 25 meter – 28,7 meter. Keberadaan *Alluvium* tersebar di setiap lintasan. Pada kedalaman 20 meter hingga 28,7 meter terdapat lempung yang luas dengan nilai resistivitas terendah $0 \Omega\text{m}$ yang diinterpretasikan dengan warna hitam. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan perlapisan bawah permukaan di didominasi oleh *Alluvium* dan *Tufa* benar adanya sesuai dengan peta geologi daerah penelitian. Sedangkan untuk anomali terdapat pada kedalaman 1,25 meter – 5 meter pada lintasan 1,2, dan 3 dimana terdapat lapisan yang memiliki nilai resistivitas $3200 \Omega\text{m} - 3600 \Omega\text{m}$ yang peneliti interpretasikan menurut Telford (2004) sebagai batu gamping, dan nilai resistivitas $> 3600 \Omega\text{m}$ sebagai dolomite dan andesite.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian situs purbakala Lobu Tua menggunakan metode Geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada lintasan 1 didominasi oleh *Alluvium* dengan nilai resistivitas $55,3 \Omega\text{m} - 705 \Omega\text{m}$,dan Tufa dengan nilai resistivitas $2003 \Omega\text{m} - 2653 \Omega\text{m}$, pada kedalaman 1,25 m sampai 5m terdapat singkapan anomali. Anomali ini memiliki nilai resistivitas $3302 \Omega\text{m} - 3952 \Omega\text{m}$ yang dapat di kategorikan sebagai lapisan batu gamping, dan untuk nilai resistivitas $> 3952 \Omega\text{m}$ tergolong batuan andesite dan dolomite.

2. Pada lintasan 2 didominasi oleh Alluvium dengan nilai resistivitas 55,3 Ωm – 705 Ωm ,dan Tufa dengan nilai resistivitas 2003 Ωm – 2653 Ωm , pada kedalaman 1,25 m sampai 5 m terdapat singkapan anomali. Anomali ini memiliki nilai resistivitas 3302 Ωm –3952 Ωm yang dapat di kategorikan sebagai lapisan batu gamping, dan untuk nilai resistivitas >3952 Ωm tergolong batuan andesite dan dolomite.
3. Pada lintasan 3 didominasi oleh Alluvium dengan nilai resistivitas 55,3 Ωm – 705 Ωm ,dan Tufa dengan nilai resistivitas 2003 Ωm – 2653 Ωm , pada kedalaman 1,25 m sampai 5 m terdapat singkapan anomali. Anomali ini memiliki nilai resistivitas 3302 Ωm –3952 Ωm yang dapat di kategorikan sebagai lapisan batu gamping, dan untuk nilai resistivitas >3952 Ωm tergolong batuan andesite dan dolomite.
4. Pada lintasan 4 didominasi oleh Alluvium dengan nilai resistivitas 55,3 Ωm – 705 Ωm ,dan Tufa dengan nilai resistivitas 2003 Ωm – 2653 Ωm , pada lintasan 4 tidak terdapat singkapan anomali.

REFERENSI

- Abadih, Naning selviana., (2014), Pemanfaatan situs candi brahu sebagai tempat ritual agama Budha setelah tahap pemugaran tahun 1995-2011. *Jurnal AVATARA*. **Vol 2, No 1**.
- [BPS] Badan Pusat Statistik., (2015), *Tapanuli Tengah dalam Angka*, BPS Pemkab. Tapanuli Tengah, Pandan
- Daraninggar,F.V.,Khumaedi., Dwijananti, P.,(2014), Aplikasi Geolistrik 3-Dimensi Untuk Mengetahui Sebaran Limbah RCO (Rubber Compound Oils) Di Kabupaten Kendal,*Jurnal MIPA37 (1): 22-30*.
- E Galili, M.,Weinstein Evron, A Ronen – QuaternaryResearch., (1988),Elsevier Holocene sea level changes based on submerged archaeological sites off the northern Carmel coast in Argentina, **Volume 29, Issue 1**.
- Faridl, A.,(1997), *Penyelidikan Keberadaan Batuan Situs Purbakala Candi Kedulan Dengan Metode Resitivitas*. Skripsi S1 Geofisika UGM, Yogyakarta.
- Guillot, Claude.,(2002), *Lobu Tua Sejarah Awal Barus*, Yayasan Pustaka Obor.
- Guillot,Claude.,(2008),*Histoire de Barus: Le Site de Lobu Tua II, Etude archéologique et Documents*, terj. Daniel Perret & Atika Suri Fanani, Barus Seribu Tahun Yang Lalu, Kepustakaan Populer Gramedia, Jakarta Selatan.
- Jayanti, Diah Sri., Darsono., Budi Legowo., (2012), Identifikasi Situs Candi Bukit Carang Karanganyar Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipol-Dipol, *Indonesian Journal of Applied Physics*, **Vol.2 No.1** hlm 45,ISSN:2089-0133
- Kanata, B., Teti, Z., (2008), Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner-Schlumberger Untuk Survey Pipa Bawah Permukaan, *Jurnal Teknologi Elektro* **Vol.7 No.2**.
- Tamtama, Danang Rubawa., (2013), Analisis Sebaran Candi Purbakala di Situs Kadisoka dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Winner, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta

IDENTIFIKASI STRUKTUR BERPOTENSI LONGSOR BERDASARKAN MODEL RESISTIVITAS LISTRIK 2D

Bukhari¹⁾, Andi Dian Saputra¹⁾, Agus Hari Pratama¹⁾, Faisal Abdullah¹⁾, Muhammad Yanis²⁾, Nazli Ismail¹⁾.

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala

²⁾Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Email: bukhari@unsyiah.ac.id

ABSTRACTS

Landslides hazards in Indonesia are mostly triggered by increased rainfall. The high water content in the soil cause loss sediments covered a surface with slope. The water content in the soil can be identified using electrical conductivity. In order to monitor landslide hazard in the village of Paya Ateuk, District of Pasie Raja, South Aceh Regency, we have conducted geoelectrical method in the area. The apparent resistivity data were measured using the Wenner-Schlumberger configuration on two profiles. To resolve a better resolution of the shallow structures, the measurements are made with a 5m spacing between electrodes and 220m length of the profiles. Apparent resistivity data were modeled using 2D inversion code of RES2DINV. The predicted models show subsurface structures of the area formed by several layers based on variations in electrical resistivity. Potential landslide zones generally found at depths of 10 to 20 meters below the surface which is characterized by a relatively conductive structure influenced by water content in the layer.

Keywords: Mitigasi bencana, tanah longsor, resistivitas listrik, metode geolirik.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi bencana alam yang tinggi. Salah satu bencana alam yang sering melanda adalah tanah longsor, dimana tanah longsor berada di peringkat tiga bencana terbesar di Indonesia. Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang umumnya terjadi di wilayah pegunungan (*mountainous area*) terutama di musim hujan. Pada musim hujan terjadi alterasi tegangan permukaan dalam pori tanah dan menambah berat massa tanah akibat dari air yang meresap ke dalam tanah dapat memicu ketidakstabilan lereng. Ketidakstabilan lereng dapat terjadi pada suatu daerah yang memiliki bidang gelincir pada struktur bawah permukaan (Souisa dkk, 2015).

Tanah longsor yang melanda desa Paya Ateuk, Kecamatan Pasie Raja, Kabupaten Aceh Selatan menimbulkan dampak yang sangat besar. Peristiwa longsor di Desa Paya Ateuk sudah terjadi empat kali dalam delapan tahun terakhir dan yang terparah terjadi pada 30 Mei 2008 (Agustian, 2013). Salah satu penyebab terjadinya longsor yang sangat berpengaruh adalah adanya bidang gelincir (*slip surface*) atau bidang geser (*shear surface*). Peristiwa ini merupakan bencana alam yang memiliki frekuensi sangat tinggi pada akhir musim penghujan sehingga peristiwa longsor sering sekali dikaitkan dengan hujan (Achmad, 2014). Faktor-faktor lain yang juga mempengaruhi adalah kemiringan lereng, tanah yang kurang padat/tebal, jenis tata lahan, dan adanya beban tambahan.

Mengingat bencana tanah longsor sering terjadi, maka perlu dilakukan identifikasi struktur bawah permukaan berpotensi longsor. Identifikasi struktur bawah permukaan berpotensi longsor ini dilakukan untuk mengetahui struktur tanah, sehingga dapat dilihat jenis dan sifat

tanah dari bidang yang diperkirakan akan terjadi longsor. Setiap jenis tanah memiliki sifat yang berbeda, ada yang bersifat konduktif dan resistif. Semakin konduktif sifat suatu tanah maka semakin besar pula kemampuan tanah tersebut menampung dan melewatkan fluida dan ini berarti semakin besar pula peluang tanah tersebut untuk terlepas daya ikatnya sehingga menyebabkan longsor, begitu juga sebaliknya, semakin resistif suatu permukaan maka semakin kecil kemampuan untuk menampung dan melewatkan fluida. Selain itu identifikasi juga diperlukan agar dapat diperkirakan ketebalan lapisan tanah yang berpotensi longsor dan kedalaman bidang gelincir.

Banyak metode geofisika yang bisa digunakan untuk memetakan kondisi bawah permukaan diantaranya adalah metode geolistrik, dan metode elektromagnetik. Pada penelitian ini digunakan metode geolistrik model resistivitas listrik 2D, yang merupakan salah satu metode geofisika yang dapat menghasilkan citra lapisan batuan bawah permukaan bumi berdasarkan nilai tahanan jenis batuan penyusun lapisan tersebut. Oleh karena itu, metode ini di manfaatkan untuk survei daerah rawan longsor, khususnya untuk menentukan kedalaman atau ketebalan lapisan yang berpotensi longsor, sehingga dapat diketahui lapisan yang berperan sebagai bidang gelincir.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Geometri Longsor

Longsor adalah proses berpindahnya tanah atau batuan dari satu tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah akibat dorongan air, angin, atau gaya gravitasi. Gerakan massa ini dapat terjadi pada lereng-lereng yang hambat geser tanah atau batuanannya lebih kecil dari berat massa tanah atau batuan itu sendiri. Proses tersebut melalui empat tahapan, yaitu pelepasan, pengangkutan atau pergerakan, dan pengendapan (Lihawa, 2011). Perbedaan yang menonjol dari fenomena longsor dan erosi adalah volume tanah yang dipindahkan, waktu yang dibutuhkan, dan kerusakan yang ditimbulkan. Longsor memindahkan massa tanah dengan volume yang besar, adakalanya disertai oleh batuan dan pepohonan, dalam waktu yang singkat, sedangkan erosi tanah adalah memindahkan partikel-partikel tanah dengan volume yang lebih kecil pada setiap kali kejadian dan berlangsung dalam waktu yang lama. Apabila masa yang bergerak pada lereng ini di dominasi oleh tanah dan gerakannya melalui suatu bidang pada lereng, baik berupa bidang miring maupun lengkung, maka proses pergerakan tersebut disebut longsor tanah.

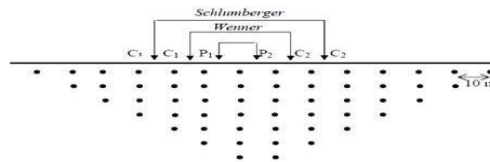
B. Metode Geolistrik

Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat kelistrikan dalam bumi dan bagaimana mendeteksinya di permukaan bumi. Di dalamnya meliputi pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi, baik secara alamiah maupun akibat injeksi arus kedalam bumi. Metode geolistrik terbagi atas potensial diri, arus telurik magnetotelurik, elektromagnetik, induksi polarisasi, dan resistivitas (tahanan jenis). Metode geolistrik resistivitas merupakan metode geolistrik dari lapisan batuan di bawah permukaan bumi. Pada metode ini arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan dilakukan pengukuran beda potensial melalui dua buah elektroda potensial (Hendrajaya,1990).

a. Metode *Wenner-Schlumberger*

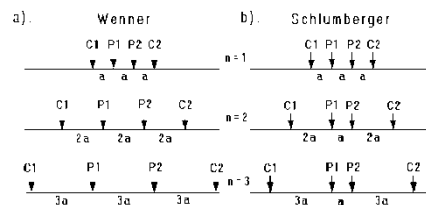
Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan gabungan antara pengukuran geolistrik *mapping* dimana pengukuran *mapping* menggunakan metode *Wenner* (pengukuran kearah lateral) dan geolistrik *sounding* yang pengukurannya menggunakan metode *Schlumberger* (arah vertikal). Dibandingkan dengan konfigurasi

Wenner, konfigurasi *Schlumberger* mempunyai kedalaman penetrasi 10 % lebih besar (Maganti, 2008). Ilustrasi titik-titik pengukurannya dapat di tunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Titik-Titik Pengukuran *Wenner-Schlumberger* (Telford, 1990).

Hasil dari gabungan antara metode *Wenner* dan *Schlumberger* menyebabkan nilai K factor geometrinya berubah, yaitu $K = \pi n(n+1)a$. adapun susunan elektroda-elektroda pada konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger* serta ilustrasi titik-titik pengukuran terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Susunan Elektroda Konfigurasi *Wenner* (a) dan *Schlumberger* (b) (Telford, 1990).

Pada Gambar (3a) jarak P1P2 pada konfigurasi *Wenner* selalu sepertiga ($1/3$) dari jarak C1C2. Bila jarak C1C2 diperlebar, maka jarak P1P2 juga harus diubah sehingga jarak P1P2 tetap sepertiga jarak C1C2. Keunggulan dari konfigurasi *Wenner* ini adalah ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda P1P2 lebih akurat dengan angka yang relatif besar karena elektroda P1P2 dekat dengan elektroda C1C2. Data yang didapat dari konfigurasi *Wenner*, sangat sulit untuk menghilangkan faktor non-homogenitas batuan, sehingga hasil perhitungan menjadi kurang valid (Milsom, 2003).

Pada Gambar (3b) menunjukkan bahwa konfigurasi *Schlumberger* di idealkan pada jarak P1P2 yang dibuat sekecil-kecilnya, sehingga jarak P1P2 secara teoritis tidak berubah, maka ketika jarak C1C2 sudah relatif maka jarak P1P2 hendaknya diubah. Perubahan jarak P1P2 sebaiknya tidak lebih besar dari $1/5$ jarak C1C2. Secara prinsip konfigurasi *Schlumberger* adalah mengubah jarak elektroda arus. Semakin jauh elektroda arus dari elektroda potensialnya maka potensial yang akan diterima oleh elektroda arus akan mengecil. Maka dapat dilakukan dengan memperluas elektroda potensial. Dampak perubahan tersebut hanya mempengaruhi terhadap kurva perhitungan yang akan overlap. Namun hal ini tidak akan berpengaruh terhadap kehomogenan dari resistivitas materialnya (Milsom, 2003).

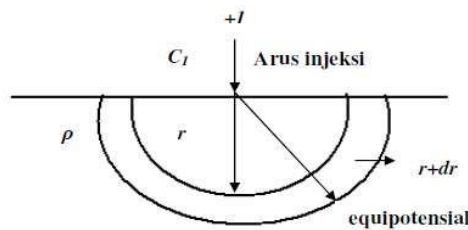
b. Hubungan Nilai Resistivitas dan Konduktivitas terhadap Kelongsoran

Survei metode Geolistrik bertujuan untuk mengetahui distribusi tahanan jenis bawah permukaan dengan melakukan pengukuran di permukaan. Tahanan jenis ini bersesuaian dengan berbagai macam parameter geologi, seperti mineral, fluida, dan porositas pada batuan. Prinsip dasar dari metode ini melibatkan arus dan beda potensial, dimana nantinya akan diperoleh nilai tahanan jenis dari tiap lapisan di bawah titik ukur. Distribusi tahanan jenis tersebut memberikan informasi tentang lapisan-lapisan batuan bawah permukaan yang sesuai dengan kondisi geologi daerah penelitian (Jufriadi. A, dan Dian. A. H. 2014).

Lapisan tanah dengan nilai tahanan jenis yang kecil mengindikasikan bahwa lapisan tersebut bersifat konduktif, yang mana berarti pada lapisan tersebut mengandung banyak air. Tingginya konsentrasi air yang terkandung di dalam tanah akan berpengaruh pada lapisan tanah di atas zona jenuh air atau zona yang tidak mampu mengalirkan air dalam jumlah banyak, sehingga lapisan ini nantinya akan menjadi tidak stabil dan menjadi salah satu faktor terjadinya longsor (Yuliana, dkk. 2015).

c. Aliran Arus di dalam Bumi Homogen

Pengukuran resistivitas dilakukan terhadap permukaan bumi yang dianggap sebagai suatu medium yang homogen isotropis yang memiliki resistivitas yang seragam (ρ). Kemudian diinjeksikan arus (I), pada titik C_1 akan mengalir arus secara radial setengah bola di dalam bumi, sehingga equipotensial dipusatkan pada titik C_1 . Seperti pada Gambar 6.

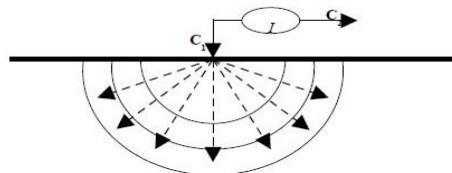


Gambar 6. Penampang Vertikal Ketika Diinjeksikan Arus Pada Permukaan Medium Homogen Isotropis Dengan Tahanan Jenis ρ (Telford, 1990).

Berdasarkan Gambar 6. medium yang homogen yang memiliki resistivitas seragam bila dialirkan arus ke lapisan bumi melalui dua elektroda arus. Potensial diukur melalui dua elektroda potensial dan arus dialirkan kontiniu pada medium homogen.

d. Elektroda Tunggal di Permukaan

Misalnya titik elektroda C terletak di permukaan bumi homogen dan udara di atasnya dianggap mempunyai konduktivitas nol. Seperti pada Gambar 7.



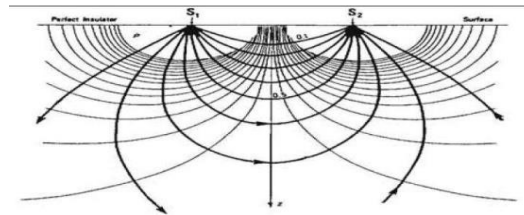
Gambar 7. Titik Sumber Arus Tunggal di Permukaan Pada Medium Homogen (Telford, 1990)

Pada Gambar 7 ditunjukkan bahwa pada titik elektroda C_1 akan diinjeksikan arus I (Ampere) ke dalam bumi. Dalam hal ini arus mengalir pada titik C_1 melalui permukaan setengah bola sehingga ekuipotensial berada di bawah permukaan tanah. Garis putus-putus menunjukkan perjalanan arus dan garis lengkung menunjukkan ekuipotensial.

Luasan setengah bola yang digunakan dalam perhitungan ini untuk bumi yang homogen isotropik yang berarti tidak ada lapisan selain dari bidang batas antara tanah dan udara. Udara mempunyai konduktivitas nol atau resistivitas tak terhingga, sehingga arus hanya akan mengalir ke dalam bumi.

e. Dua Elektroda Arus di Permukaan Bumi

Apabila jarak antara dua elektroda arus tidak terlalu besar, potensial di setiap titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus. Jika arus pada kedua elektroda sama dan saling berlawanan arah. Seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Pola Aliran Arus dan Bidang Equipotensial Antara Dua Elektroda Arus Dengan Polaritas Berlawanan (Loke, 1990).

Pada Gambar 8 merupakan potensial pada titik-titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus. Ilustrasi garis ekuipotensial yang terjadi diakibatkan oleh injeksi arus yang ditunjukkan pada dua titik arus yang berlawanan di permukaan bumi (Zubaidah dan Kanata, 2008). *Equipotensial* yang dihasilkan dari kedua sumber ini bersifat lebih kompleks dibandingkan sumber arus tunggal. Perubahan potensial sangat drastis pada daerah yang dekat dengan sumber arus. Untuk menentukan perbedaan potensial antara dua titik yang ditimbulkan oleh sumber arus listrik, maka dua elektroda potensial didekatkan di dekat sumber (Reynolds, 1995).

C. Pemodelan Inversi Dengan Software *Res2Dinv*

Pemodelan data resistivitas dapat dilakukan dengan menggunakan computer dengan *Software Res2Dinv*, dimana nilai resistivitas sebenarnya (ρ) dapat di peroleh dengan menggunakan proses perhitungan semu (ρ_{semu}). Proses perhitungan ini menggunakan proses inversi. (Loke, 1990).

Software Res2Dinv merupakan suatu program yang menggunakan algoritma *Last-Square* saat proses inversi dilakukan. Pada saat proses inversi di jalankan maka akan digunakan metode *Smoothness-Constrain Least-Square*, metode ini digunakan untuk memperhalus zona batasan antar material batuan yang memiliki nilai resistivitas berbeda sehingga hasil yang diperoleh terlihat indah. Hasil inversi ini merupakan model distribusi material batuan bawah permukaan yang disebut dengan *Pseudosection*.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan survei ditempat yang berpotensi longsor dilakukan dengan menggunakan alat Resistivitymeter ARES konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan *software Res2Dinv*. Berikut adalah tahapan pelaksanaannya :

A. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan lokasi penelitian dilakukan untuk mengetahui gambaran umum dan menggali informasi di lokasi penelitian seperti topografi dan lokasi perumahan penduduk. Hal ini dilakukan untuk membuat desain survei di lokasi yang sesungguhnya. Hal yang perlu dilakukan dalam survei pendahuluan ini adalah penentuan arah dan panjang lintasan. Posisi lintasan dan panjang lintasan untuk pengambilan data sangat menentukan jarak antar spasi elektroda dan posisi penempatan peralatan survei.

B. Pengukuran Geolistrik Resistivitas

Langkah pertama dalam pengukuran yaitu menentukan posisi sentral (0 meter) sebagai titik awal pengukuran dan diukur koordinatnya menggunakan GPS, kemudian ditarik meteran untuk menentukan letak dan spasi dari masing-masing elektroda sehingga selanjutnya dapat dilakukan pemasangan elektroda dan kabel elektroda. Pengukuran dilakukan pada empat lintasan dengan masing-masing panjang lintasan sekitar 220 m dengan spasi elektroda 5 meter.

C. Pengolahan Data

Pengolahan data geolistrik hasil penelitian ini terdiri dari beberapa langkah yaitu: Diambil data menggunakan resistivimeter dan di-*download* ke komputer. Data tersebut diperoleh dalam format *dat* yang di dalamnya berupa informasi tanggal dan waktu pengambilan data, jarak elektroda (x), jarak antar elektroda (a), nilai indek lapisan (n), nilai resistivitas semu (ρ_{semu}). Dimasukkan data dalam format *dat* tersebut dimasukkan ke program *Res2Dinv* untuk diperoleh model penampang resistivitas bawah permukaan. Dimasukkan data ketinggian yang dibuat menggunakan *notepad* (dalam format *.txt*) untuk model yang sedang diolah pada program *Res2Dinv*. Sehingga akhirnya diperoleh model penampang resistivitas yang memiliki ketinggian (topografi).

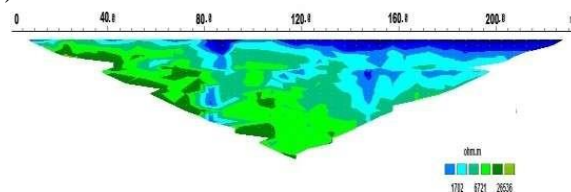
D. Analisa dan Interpretasi data

Data yang telah diproses dengan software tersebut, akan dianalisa dan diinterpretasi untuk mendapatkan hasil sesuai. Pada tahap ini, setiap penampang dianalisis nilai resistivitas sebenarnya yang terukur pada pengolahan data. Harga resistivitas digunakan untuk mengetahui jenis batuan penyusun yang berada di daerah penelitian. Nilai resistivitas ini tidak bisa langsung dipakai untuk menentukan jenis batuanya. Acuan yang digunakan dalam menentukan harga resistivitas setiap batuan adalah melalui batuan yang tersingkap di permukaan. Dari data ini kemudian dapat diketahui jenis batuan di masing-masing lintasan sehingga dihasilkan gambaran pelapisan batuan. Informasi nilai resistivitas dan kedalaman ini kemudian dicocokkan dengan kondisi geologi setempat, pengetahuan dasar aspek-aspek resistivitas batuan, dan data pendukung (sekunder) lainnya, seperti data pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya di daerah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

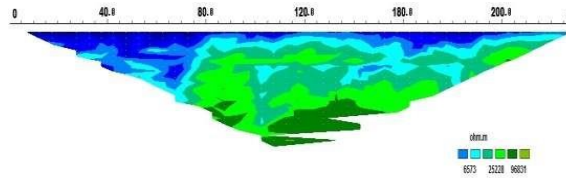
A. Data hasil Pengukuran

Gambar 9 dan Gambar 10 merupakan data hasil pengukuran lapangan pada Lintasan 1 dan 2. Data hasil pengukuran di lapangan berupa nilai resistivitas semu. Nilai tersebut merupakan nilai resistivitas bukan yang sebenarnya, yang mana bumi masih dianggap homogen (tidak berlapis).



Gambar 9. Data Hasil Pengukuran Lapangan Pada Lintasan 1

Secara umum, Gambar 9. menunjukkan nilai resistivitas semu pada lintasan pertama mempunyai 2 lapisan resistivitas. Lapisan pertama pada lintasan ini bersifat relatif konduktif dibandingkan dengan lapisan 2.



Gambar 10. Data Hasil Pengukuran Lapangan Pada Lintasan 2

Gambar 10. menunjukkan nilai resistivitas semu pada lintasan kedua mempunyai 2 lapisan resistivitas. Lapisan pertama pada lintasan ini bersifat relatif konduktif dibandingkan dengan lapisan 2. Pada dasarnya distribusi resistivitas semu pada lintasan 2 mirip dengan distribusi pada lintasan 1. Akan tetapi bagian sebelah kiri pada lintasan 2 menunjukkan zona konduktif hingga mencapai lapisan 2. Ini disebabkan oleh aliran air yang melintas pada daerah penelitian.

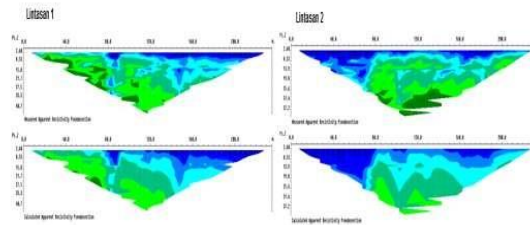
Kedua penampang yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10 hanyalah distribusi resistivitas semu. Data tersebut tidak menunjukkan distribusi resistivitas bawah permukaan yang sebenarnya untuk mendapatkan resistivitas bawah permukaan yang sebenarnya. Maka data resistivitas semu pada kedua lintasan tersebut perlu di modelkan.

B. Pemodelan Data

Pemodelan data dalam penelitian ini dilakukan melalui hasil *inverse modeling* (pemodelan inversi) dengan menggunakan software *Res2Dinv* (Loke, 1990). Pemodelan inversi didasarkan pada data observasi yang ada untuk memperoleh model. Selanjutnya dengan model tersebut, dilakukan proses inversi untuk mendapatkan model resistivitas yang sebenarnya. Dalam hal ini, data yang terekam pada komputer berbentuk format.DAT dan data ini dihasilkan dengan menggunakan *software Res2Dinv* yang menghasilkan penampang dan nilai resistivitas semu (*apparent resistivity*). Perhitungannya menggunakan persamaan yang sesuai dengan konfigurasi untuk mendapatkan $\rho_{semu} = K \frac{\Delta V}{I}$ Kemudian dilakukan inversi dengan menggunakan *software Res2Dinv*, yang akan menghasilkan penampang 2D dari nilai resistivitas sebenarnya. Hasil inversi menunjukkan kedalaman penetrasi arus dan sebaran resistivitas sebenarnya.

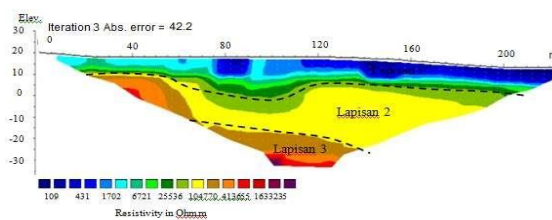
Berdasarkan penampang bawah permukaan nilai resistivitas semu dari data pengukuran dan data perhitungan pada kedua lintasan (Lintasan 1 dan 2) secara keseluruhan menunjukkan pola yang sama. Pada Lintasan 1 dengan panjang bentangan 220 meter, data pengukuran menunjukkan nilai resistivitas semu yang sangat rendah berada pada lapisan pertama dengan jarak pengukuran 80-220 meter dan nilai resistivitas yang tinggi berada pada lapisan terakhir dengan jarak pengukuran 0-110 meter. Hal ini juga ditunjukkan oleh nilai resistivitas semu hasil perhitungan dimana nilai resistivitas rendah berada pada lapisan pertama dengan jarak pengukuran 80-220 meter, namun berbeda pada nilai resistivitas yang lebih tinggi. Dari data perhitungan nilai resistivitas lebih tinggi berada pada beberapa titik pengukuran seperti pada jarak 20 meter dan 70 meter. Pada Lintasan 2 (Gambar 10) nilai resistivitas semu dari hasil pengukuran didapatkan 5 variasi nilai dan data perhitungan didapatkan 4 variasi nilai dari yang terendah hingga yang tertinggi. Secara umum kedua data ini juga menunjukkan kemiripan pola, namun ada beberapa bagian yang berbeda diantara keduanya. Pada data pengukuran terdapat nilai resistivitas rendah pada lapisan pertama sepanjang bentangan pengukuran dengan kedalaman yang berbeda-beda. Pada jarak pengukuran 0-80 meter, data pengukuran menunjukkan nilai resistivitas semu rendah mencapai kedalaman 19 meter dari

permukaan, sedangkan dari data perhitungan nilai resistivitas semu rendah mencapai kedalaman 25 meter. Variasi nilai yang keempat dari data pengukuran terpadat pada kedalaman 14-37 meter, sedangkan dari data perhitungan terdapat pada kedalaman 25-37 meter dan merupakan nilai yang paling tinggi dari data perhitungan (variasi nilai ke 4). Namun, nilai tertinggi dari data pengukuran (variasi nilai ke 5) terdapat pada kedalaman 31-40 meter.



Gambar 11. Data pengukuran dan data perhitungan Lintasan 1 dan Lintasan 2

Hasil pemodelan data yang ditunjukkan berupa data pengukuran, data perhitungan dan resistivitas yang sebenarnya (model inversi) untuk semua lintasan (lintasan 1 dan lintasan 2), dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Gambar 11). Hasil pengukuran dan hasil inversi untuk semua lintasan pada daerah studi menunjukkan variasi distribusi resistivitas bawah permukaan 2D. Dapat dilihat pada pada Gambar 4.5, kedalaman yang diperoleh untuk semua lintasan bervariasi dengan panjang lintasan yang berbeda-beda. Lintasan 1 (Gambar 12) merupakan lintasan pengukuran dengan panjang bentangan 220 meter. Panjang bentangan ini sangat dipengaruhi oleh area penelitian yang didominasi oleh semak belukar yang sukar untuk dilalui. Berdasarkan hasil penetrasi, kedalaman yang diperoleh pada lintasan ini sekitar ± 50 meter, kedalaman ini dipengaruhi oleh panjangnya bentangan lintasan, dimana kedalaman merupakan sepertiga dari panjang bentangan lintasan. Pada lintasan ini didapatkan nilai resistivitas berkisar antara $109 - 16 \times 10^5 \Omega m$.

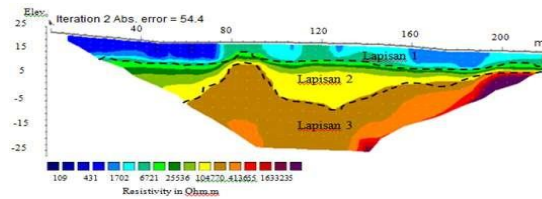


Gambar 12. Penampang bawah permukaan pada lintasan 1.

Pada lintasan ini secara keseluruhan didapatkan 3 lapisan dibawah permukaan dengan kedalaman yang berbeda-beda yang didasarkan pada variasi nilai resistivitasnya. Lapisan pertama memiliki nilai resistivitas berkisar antara $109-6721 \Omega m$ dengan ketebalan lapisan 15 meter dari permukaan. Dari lapisan pertama ini terdapat area yang nilai resistivitasnya sangat rendah ($109-431 \Omega m$) yang berada pada jarak pengukuran 80 meter dan 120-220 meter. Rendahnya nilai resistivitas di daerah ini berarti bahwa tingginya nilai konduktivitas, karena nilai resistivitas berbanding terbalik dengan nilai konduktivitas.

Lapisan kedua dari Lintasan 1 dengan ketebalan mencapai 30 meter memiliki nilai resistivitas berkisar antara $2 \times 10^4 - 10 \times 10^4 \Omega m$. Lapisan terakhir dari lintasan ini memiliki nilai resistivitas $> 4 \times 10^5 - 16 \times 10^5 \Omega m$ terdapat pada jarak pengukuran 90 meter dengan kedalaman > 30 meter di bawah permukaan.

Hal serupa juga ditunjukkan oleh Lintasan 2 (Gambar 13), dimana pada lintasan ini juga terdapat 3 lapisan di bawah permukaan dengan variasi nilai resistivitas, kedalaman dan ketebalan lapisan yang berbeda-beda.

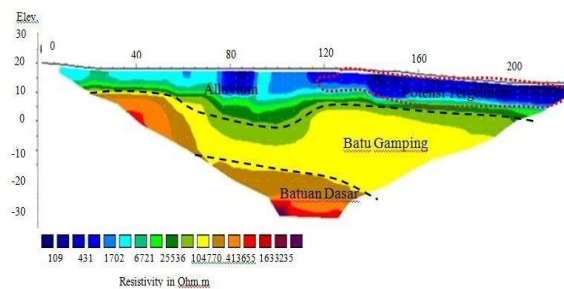


Gambar 13. Penampang bawah permukaan lintasan 2.

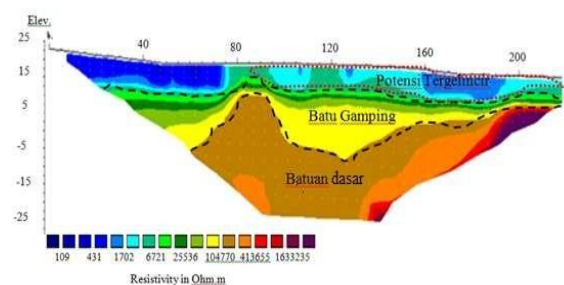
Berdasarkan model yang di dapatkan, nilai resistivitas paling rendah terdapat pada jarak pengukuran 0-75 meter dengan ketebalan lapisan mencapai 20 meter. Ini berarti bahwa nilai konduktivitas di daerah ini lebih tinggi. Sedangkan nilai resistivitas yang paling tinggi terdapat pada jarak pengukuran 140-200 meter dengan kedalaman yang bervariasi pula.

C. Interpretasi Model

Berdasarkan gambaran penampang bawah permukaan lintasan 1 (Gambar 14) dan lintasan 2 (Gambar 15), pada umumnya lintasan ini memiliki nilai resistivitas yang relatif tinggi, namun pada lintasan 1 untuk lapisan paling atas dapat dilihat bahwa pada jarak antara 80 – 90 meter dan 100 – 220 meter memiliki nilai resistivitas yang rendah berkisar antara 109-1000 Ωm dengan ketebalan lapisan ± 10 meter. Lapisan ini sangat berpotensi untuk tergelincir, disebabkan karena lapisan tersebut jenuh dengan kandungan air dan topografi permukaan lintasan tersebut turun secara signifikan ($\pm 10\text{m}$).



Gambar 14. Penampang bawah permukaan lintasan 1.



Gambar 15. Penampang bawah permukaan lintasan 2.

Sedangkan pada lintasan 2 (Gambar 15), nilai resistivitas rendah terdapat pada jarak pengukuran 0-75 meter dengan nilai resistivitasnya berkisar antara 431-1702 Ωm dengan

ketebalan lapisan ± 20 meter dari permukaan. Lapisan yang sangat konduktif tersebut juga sangat berpotensi untuk tergelincir, karena lapisan tersebut mempunyai kandungan air yang banyak/jenuh sehingga turun karena faktor topografi permukaan lintasan tersebut (± 13 m). Rendahnya nilai resistivitas pada lapisan ini dari kedua lintasan tersebut diduga disebabkan oleh material penyusun lapisan berupa material longsor yang pernah terjadi, sehingga menunjukkan lapisan ini memiliki nilai konduktivitasnya yang tinggi.

Tingginya nilai konduktivitas itu berarti bahwa daya ikat pada lapisan ini sangat rendah atau dengan kata lain bahwa kemampuan daya serapan air pada lapisan ini lebih tinggi. Menurut Chasio dkk (2004) kandungan air merupakan parameter penting yang sangat mempengaruhi suatu wilayah berpotensi terjadinya longsor. Selain itu, zona konduktivitas ini juga bisa dipengaruhi oleh pengukuran data yang dilakukan sesaat setelah terjadinya hujan yang kemungkinan sebahagian besar air hujan masih berada pada lapisan atas di bawah permukaan. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa lapisan ini merupakan zona rawan longsor yang sewaktu-waktu lapisan ini dapat terjadi longsor kembali jika terjadi hujan yang sangat lebat dikarenakan mampu menyerap air lebih banyak.

Struktur 2D penampang bawah permukaan pada lintasan 1 dan 2 juga menunjukkan adanya lapisan yang sangat resistif dengan nilai resistivitas berkisar antara $5 \times 10^4 - 16 \times 10^5 \Omega$ dengan kedalaman 10 meter sampai dengan seterusnya pada lintasan 1 dengan jarak pengukuran 0-120 meter, sedangkan pada lintasan 2 lapisan yang resistif terdapat pada jarak pengukuran 140-200 meter, ini berarti bahwa lapisan ini sulit dilalui oleh air dan lapisan masih mampu menahan terjadinya longsor.

Berdasarkan hasil interpretasi kualitatif nilai resistivitas penampang bawah permukaan dari kedua lintasan pengukuran di daerah rawan longsor Desa Paya Ateuk, Kecamatan Pasie Raja, Kabupaten Aceh Selatan, dapat dikatakan bahwa lapisan yang sewaktu-waktu dapat terjadinya longsor adalah lapisan pertama dengan ketebalan lapisan ± 20 meter dari permukaan. Lapisan ini dari kedua lintasan tersebut merupakan lapisan yang lebih konduktif yang dapat menyerap air lebih besar dibandingkan dengan lapisan lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan model, pada jarak pengukuran 0-75 meter dengan ketebalan lapisan mencapai 20 meter diperoleh nilai resistivitas paling rendah. Artinya bahwa nilai konduktivitas di daerah ini lebih tinggi. Sedangkan pada jarak pengukuran 140-200 meter dengan kedalaman yang bervariasi, nilai resistivitasnya paling tinggi.

Berdasarkan hasil interpretasi kualitatif nilai resistivitas penampang bawah permukaan dari kedua lintasan pengukuran di daerah rawan longsor Desa Paya Ateuk, Kecamatan Pasie Raja, Kabupaten Aceh Selatan, dapat dikatakan bahwa lapisan yang sewaktu-waktu dapat terjadinya longsor adalah lapisan pertama dengan ketebalan lapisan ± 20 meter dari permukaan. Lapisan ini dari kedua lintasan tersebut merupakan lapisan yang lebih konduktif yang dapat menyerap air lebih besar dibandingkan dengan lapisan lainnya.

REFERENSI

- Agustian, R. 2013. Identifikasi Struktur Tanah Rawan Longsor Dengan Menggunakan Metode *Very Low Frequency* (VLF) Di Desa Paya Ateuk. *Skripsi*. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh
- Achmad, F. 2014. Studi Identifikasi penyebab longsor di Botu. Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo.

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2014. Data dan Informasi Bencana Indonesia. ([http://dibi.bnpb.go.id/Des Inventar/simple data.jsp](http://dibi.bnpb.go.id/Des_Inventar/simple_data.jsp)). di akses tanggal 09 Agustus 2016 pukul 12.30 WIB
- Cameron, NR., et.all. 1982. *Peta Geologi Lembar Tapaktuan, Sumatera, skala 1 :50.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Hendrajaya, L. 1990. *Geolistrik Tahanan Jenis*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Ikhsan, S. 2008. Bencana Gerakan Tanah Desa Paya Ateuk, Kecamatan Pasie Raja, Kabupaten Aceh Selatan. di dalam Laporan Tahunan Bencana Alam Aceh. Bidang Geologi dan Sumber Daya Manusia, Dinas Pertambangan dan Energi Aceh. Banda Aceh.
- Indriana, R. D dan Hernowo, D. 2006. Uji Nilai Tahanan Jenis Polutan Air Laut Dengan Metoda Ohmik dan Geolistrik Tahanan Jenis skala Laboratorium. *Jurnal Berskala Fisika*, Vol. 9 N0.3 ISSN 1410-9662. hal146.
- Jufriadi, A, Dian. A. H. 2014. Aplikasi Geolistrik Resistivitas untuk Mengetahui Distribusi Tahanan Jenis dalam Investigasi Potensi Bencana Tanah Longsor di Perbukitan Ampelgading Kabupaten Malang. *Jurnal Fisika dan Pembelajarannya*, Vol. 18 No. 2. Malang.
- Loke, M. H., 1990., *Electrical Image Survey For Environmental and Engineering Studies, A Practical Guide to 2-D nd 3-D*.
- Loke, M, H., 2004, *RES2DINV Ver. 3.54 for Windows 98/Me/2000/NT/XP*, Penang, Malaysia.
- Maganti, Dharmateja. 2008. *Subsurface Investigations Using High resolution Resistivity*” *Texas Civil Engineering. The University of Texas. Arlington.*
- Milsom, J. 2003. *Field Geophysics*. University College London. London.
- Nostrand., 1996., *Interpretation of Resistivity Data*. Washington: Geological Survey.
- Pramana, A. H. 2015. Studi Struktur Tanah Rawan Longsor Daerah Paya Ateuk Berdasarkan Data *Very Low Frequency (VLF)*. *Skripsi*. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh
- Reynolds, J. M. 1995. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England.
- Souisa, dkk. 2015. Karakterisasi Bidang Longsoran dan Penentuan Kondisi Kritis Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi di Perbukitan Amahusu, Kota Ambon dengan Metode Geolistrik Resistivitas. *Jurnal*. ISSN : 0853-0823. Hal 288.
- Sukandarummidi. 2012. *Bencana Alam dan Bencana Anthropogene*. Kanisius. Yogyakarta
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber daya Tanah dan Air*. Andi. Yogyakarta
- Telford, W. M., L. P. Geldart and R. E. Sherrif 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge : Cambridge University Press, USA.
- Yanis, Muhammad. Abdullah, F. Ismail, N. 2014. Perbandingan Peta Anomali Medan Magnetik Total, Gravitasi dan Resistivitas Semu pada Kawasan Longsor, Paya Ateuk Aceh Selatan. *Jurnal*. Simposium Fisika Nasional 2014 (SFN XXXVII), 16-17 Oktober 2014, Denpasar, Bali. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh
- Yulaelawati, E., Syihab, U. 2008. *Mencerdasi Bencana*. Grasindo. Jakarta

- Yuliana. E, Wardhana. D. D, Iryanti. M. 2015. Analisis Potensi Longsoran Tanah Akibat Zona Jenuh Air Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas di Daerah Pelabuhan Ratu Kabupaten Sukabumi. *Jurnal. Fibusi* Vol. 3 No. 2.
- Zubaidah T, Kanata, B. 2008. *Pemodelan Fisika Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Schulberger Untuk Investigasi Keberadaan Air Tanah*. *Teknik Elektro*, 7(1):20-24.

ESTIMASI SUHU PLASMA YANG DIINDUKSI DENGAN SEBUAH LASER KARBON DIOKSIDA (CO₂) PADA SAMPEL DALAM SILICONE GREASE DI ATAS SUBTARGET LOGAM DENGAN MENGGUNAKAN BUBUK

Nasrullah Idris¹, Tjoet Nia Usmawanda¹, Kurnia Lahna¹, Muliadi Ramli² dan Kazuyoshi Kurihara³

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala, Jl. Syech Abdurrauf No. 3 Darussalam, Banda Aceh 23111, Aceh, Indonesia
email: nasrullah.idris@unsyiah.ac.id

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Aceh, Indonesia
email: muliaqramli@unsyiah.ac.id

³Department of Physics, Faculty of Education and Regional Studies, University of Fukui 3-9-1, Bunkyo, Fukui 910-8507, Japan

ABSTRACT

In order to allow a direct analysis of soil sample using a transversely excited atmospheric pressure (TEA) carbon dioxide (CO₂) laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS), a new approach is employed, namely the soil sample is mixed in a certain proportion with silicon grease and then attached to a metal plat sub target. Temperature of the laser induced plasma is estimated as it is one main characteristic to know process in the plasma and to find best experimental conditions resulting in optimum analytical performance. For estimating temperature of the plasma induced from such sample, the sample powder mixed with silicon grease, a chemical powder CuCl₂ has been used instead of the soil since there are several well know Cu emission lines used for temperature estimation. The CuCl₂ powder of 4 mg is mixed with silicon grease with a proportion of 1:1. The plasma generation is made under different kinds of surrounding gas (air and helium) at 1 atmosphere. The temperature calculation is carried out by Boltzmann methods using emission lines of Cu I 510.55 nm, and Cu I 521.82 nm. It is found that the plasma temperature is about 7000 K and 9400 K under air and helium at atmospheric pressure, respectively for a time window of 3 μs-50 μs, as normally adopted in ordinary LIBS. The plasma temperature fulfills the electron energy distribution function (EEDF) Maxwell distribution criterion and the McWhirter criterion for plasma to achieve local thermodynamic equilibrium (LTE).

Keywords: Plasma temperature, TEA CO₂ laser, soil sample, silicon grease, metal sub target.

PENDAHULUAN

Pada dasarnya, sampel-sampel dalam bentuk seperti tanah atau bubuk lainnya adalah sampel yang sulit untuk dianalisa termasuk dengan teknik spektroskopi plasma, *laser-induced breakdown spectroscopy* (LIBS), yang sekarang dikenal sebagai salah satu teknik analitik yang sangat ampuh. Hal ini dikarenakan oleh sifat kimianya yaitu kompleksitas matriksnya dan juga sifat fisiknya yang sangat berbeda dibandingkan dengan benda padat lainnya.

Ketika berkas laser difokuskan secara langsung pada sampel bubuk seperti tanah, sebagian besar sampel yang ada pada titik fokus berkas laser segera terpeleleh (*blowing off*), sehingga menyebabkan fluktuasi yang sangat signifikan pada plasma yang terbentuk. Sebagai konsekuensinya, reproduksibilitas spektrum emisi plasma tersebut menjadi sangat rendah. Selain itu telah ditemukan bahwa untuk sampel-sampel lunak, plasma tidak mudah dibangkitkan karena kekuatan tolak (*repulsion force*) atom-atom yang terablasi akibat pemfokusan berkas laser rendah sehingga kompresi yang terjadi tidak cukup kuat untuk membangkitkan plasma [1].

Oleh karena itu, untuk menghindari efek pelepasan sampel (*blowing off*), secara umum analisa sampel tanah atau sampel-sampel bubuk lainnya menggunakan teknik LIBS dilakukan dengan membuatnya menjadi pelet [2-4]. Demikian juga untuk sampel bubuk lainnya, seperti batubara, penerapan teknik LIBS dilakukan dengan membuatnya menjadi dalam bentuk pelet [5]. Selain itu, untuk menghindari efek pelepasan sampel tersebut, digunakan bahan-bahan pengikat sampel (*binder material*) seperti potasium bromida, *poly(vinyl alcohol)*, pati, perak dan aluminium [6]. Pada sisi lain, minyak silikon (*silicon grease*) telah digunakan sebagai bahan pengikat sampel bubuk pada permukaan pelat logam untuk analisa menggunakan teknik spektroskopi plasma laser dengan laser TEA CO₂ sebagai sumber eksitasi [7]. Karenanya kami kemudian menggunakan pendekatan ini untuk menganalisa kandungan garam dalam tanah dengan teknik spektroskopi plasma laser, dimana sampel tanah dicampurkan dengan minyak silikon dengan proporsi 1:1 dan kemudian dilekatkan pada permukaan subtarget logam untuk pembangkitan plasma [8]. Studi tersebut menunjukkan secara kualitatif bahwa plasma dengan intensitas emisi yang kuat dapat dibangkitkan dari sampel tanah yang dicampur dengan minyak silikon pada permukaan pelat logam seng tersebut. Dalam studi tersebut, analisa kuantitatif garam dalam sampel tanah standar tersebut telah berhasil dilakukan dengan kurva kalibrasi yang relatif linier. Namun demikian, karakteristik plasma yang dibangkitkan dari sampel yang dicampur dengan minyak silikon dan dilekatkan pada permukaan pelat logam seng belum dipelajari sama sekali. Diasumsikan bahwa karakteristik plasma ini berbeda dari karakteristik plasma yang dibangkitkan dari sampel tanah yang dibuat dalam bentuk pelet atau karakteristik plasma dari sampel lain yang tidak dicampur dengan minyak silikon dan dilekatkan pada permukaan pelat logam seng.

Karakteristik-karakteristik utama plasma yang mempengaruhi pemancaran (emisi) cahaya adalah suhu, densitas elektron, dan densitas jumlah spesies pemancar [9]. Suhu adalah salah satu karakteristik utama plasma yang sangat penting. Plasma terjadi proses yang kompleks mulai dari disosiasi, atomisasi, ionisasi dan eksitasi. Pengetahuan mengenai suhu sangat penting untuk memahami proses kompleks tersebut dan untuk memperbaiki aplikasi LIBS. Dalam studi ini dilakukan pengukuran suhu plasma yang dibangkitkan dari sampel bubuk yang dicampurkan dengan minyak silikon dan dilekatkan pada permukaan pelat logam seng. Bubuk CuCl₂ digunakan sebagai sampel menggantikan tanah mengingat beberapa garis Cu telah dikenal dengan baik dan digunakan untuk mengestimasi suhu dalam berbagai studi plasma laser terdahulu [9].

KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBANGAN HIPOTESIS

Interaksi berkas laser yang difokuskan dengan sampel hingga memunculkan plasma adalah proses yang kompleks yang melibatkan pemanasan permukaan sampel, disosiasi, atomisasi, ablasi, atom-atom yang diablasi tereksitasi dan terionisasi. Proses ini sangat kompleks dan dipengaruhi berbagai parameter termasuk laser (energi pulsa laser, lama durasi pulsa, panjang gelombang, frekuensi repetisi), sifat fisika dan kimia sampel dan lingkungan gas sekeliling

plasma (jenis dan tekanannya). Emisi cahaya (foton) yang dipancarkan plasma merupakan aset yang sangat penting yang memberikan informasi kualitatif dan kuantitatif sampel dan sifat plasma tersebut. Emisi cahaya (foton) plasma digunakan sebagai sinyal analitik untuk analisa kualitatif dan kuantitatif menggunakan LIBS. Hubungan sinyal analitik LIBS dengan unsur dalam plasma diformulasikan sebagai berikut:

$$N_{ij}^{\alpha} \sim N_a A_{ij} \exp(-E_i / kT) u_a^{-1}(T) t_p K_d \quad (1)$$

dimana N_{ij}^{α} merupakan jumlah foton yang terdeteksi dari unsur (elemen) target pada panjang gelombang λ_{ij} , N_a merupakan jumlah atom dalam plasma, A_{ij} merupakan koefisien Einstein transisi dari keadaan (level) i ke j ($A_{ij} \approx 10^6 - 10^8 \text{ s}^{-1}$), E_i adalah energi pada keadaan i yang tereksitasi ($E_i \approx 2-10 \text{ eV}$), k merupakan konstanta Boltzman ($k=1.38 \times 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$), T merupakan suhu plasma yang tereksitasi ($T \approx 0.5 - 1.0 \text{ eV}$), u_a adalah fungsi partisi dari unsur ($u_a \approx 0.1 - 0.001$), t_p sebagai umur plasma ($t_p \approx 0.1 - 1.0 \mu\text{s}$), dan K_d merupakan efisiensi deteksi plasma dalam keadaan kesetimbangan termodinamika yang secara umum untuk plasma LIBS digunakan tekanan $\approx 1 \text{ bar}$ dengan umur plasma ($0.1 - 5.0 \mu\text{s}$) [10]. Dalam eksperimen jumlah foton yang terdeteksi dari unsur (elemen) target pada panjang gelombang λ_{ij} , merupakan intensitas emisi spektral. Hubungan tersebut mengungkapkan pengaruh suhu dalam emisi cahaya plasma.

Suhu merupakan salah satu karakteristik utama plasma. Pengetahuan mengenai suhu plasma sangat penting tidak hanya untuk pemahaman secara teoritis proses-proses kompleks dalam pembangkitan plasma laser yaitu disosiasi, atomisasi, ionisasi, dan eksitasi dan perbaikan kinerja analitik LIBS, namun juga sangat penting dalam banyak aplikasi seperti modifikasi permukaan, pengolahan bahan, deposisi film tipis, dan remediasi gas-gas berbahaya [9]. Suhu plasma yang diinduksi laser sangat dipengaruhi oleh proses-proses yang kompleks seperti disebutkan di atas.

Banyak sekali faktor yang mempengaruhi suhu plasma yang dibangkitkan termasuk karakteristik pulsa laser (panjang gelombang laser, frekuensi pulsa laser, energi berkas laser, moda laser), gas sekeliling (jenis dan tekanannya), karakteristik sampel (komposisi matriks, homogenitas sampel, sifat-sifat fisik sampel) dan konfigurasi atau geometri eksperimen [9]. Dengan demikian, sangat penting mengetahui suhu plasma berdasarkan faktor-faktor yang digunakan pada saat pembangkitan plasma tersebut karena suhu plasma yang dibangkitkan berubah sesuai dengan perubahan faktor-faktor tersebut. Istilah suhu untuk plasma hanya valid ketika bagian tertentu dari plasma memenuhi kondisi kesetimbangan termodinamika lokal (*local thermodynamics equilibrium, LTE*). Plasma laser memenuhi kondisi LTE dalam kondisi tipikal yaitu densitas jumlah elektron, $N_e > 10^{17} - 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ dan suhu, $T > 1-2 \text{ eV}$ [10].

Evaluasi pemenuhan LTE dilakukan dengan 2 metode yaitu kriteria distribusi Maxwell fungsi distribusi energi elektron (*electron energy distribution function, EEDF*) dan kriteria McWhriter. Kriteria distribusi Maxwell EEDF mensyaratkan bahwa densitas jumlah elektron, $N_e > 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dan suhu, $kT < 5 \text{ eV}$ [11-15], sementara kriteria McWhriter mensyaratkan jumlah densitas elektron, $N_e > 1.6 \times 10^{12} T^{1/2} (\Delta E)^3$ [11-15]. Dimana T adalah suhu plasma, dan ΔE adalah celah energi terbesar antara keadaan energi atas dan keadaan energi bawah dari garis-garis spektroskopik yang digunakan. N_e , T , dan ΔE masing-masing diungkapkan dalam cm^{-3} , K , dan eV .

Suhu plasma yang diinduksi dengan laser dapat dihitung dengan beberapa cara berbeda, yaitu metode Boltzmann, metode Saha-Boltzmann, metode *Line-to-continuum*, dan metode spektra sintetis [9]. Metode Boltzmann menggunakan hukum distribusi Boltzmann untuk populasi

relatif level tereksitasi suatu atom atau ion dalam penentuan suhu plasma. Metode Boltzmann dibagi menjadi dua, yaitu metode Boltzmann dua garis (*two lines method*) dan metode Boltzmann menggunakan plot banyak garis emisi (*Boltzmann plot*) [9]. Kedua metode ini pada dasarnya menggunakan hukum distribusi Boltzmann untuk perhitungan suhu. Hukum distribusi Boltzmann memformulasikan populasi level tereksitasi atom atau ion sebagai berikut [16]:

$$\frac{n_{k,Z}}{n_Z} = \frac{g_{k,Z}}{P_Z} \exp\left(-\frac{E_{k,Z}}{k_B T}\right) \quad (2)$$

dimana indeks Z merujuk pada tahap ionisasi spesies tersebut dengan $Z=0$ dan $Z=1$ masing-masing menyatakan atom netral dan atom terionisasi tunggal. Selanjutnya, k_B adalah konstanta Boltzmann, T adalah suhu plasma, $n_{k,Z}$, $E_{k,Z}$, dan $g_{k,Z}$ masing-masing adalah populasi, energi, dan degenerasi tingkat energi atas k , n_Z jumlah densitas dan P_Z merupakan fungsi partisi spesies tersebut.

Intensitas garis emisi spektral yang terjadi antara level energi atas k dan level energi bawah i spesies dalam keadaan ionisasi Z dalam plasma yang tipis secara optik adalah sebagai berikut:

$$I_Z = \frac{hc}{4\pi\lambda_{ki,Z}} A_{ki,Z} n_{k,Z} L \quad (3)$$

dimana h adalah konstanta Planck, c kecepatan cahaya, dan L adalah panjang karakteristik plasma tersebut, $A_{ki,Z}$ menunjukkan probabilitas transisi tersebut dan $\lambda_{ki,Z}$ merupakan panjang gelombang garis transisi tersebut. Metode Boltzmann dua garis hanya memerlukan 2 titik data spektral untuk penentuan suhu. Dari persamaan (3) didapatkan persamaan untuk metode Boltzmann dua garis, yaitu

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{\lambda_{nm,Z}}{\lambda_{ki,Z}}\right) \left(\frac{A_{ki,Z}}{A_{nm,Z}}\right) \left(\frac{g_{k,Z}}{g_{n,Z}}\right) \exp\left(\frac{E_{k,Z} - E_{n,Z}}{k_B T}\right) \quad (4)$$

dimana I_1 adalah intensitas garis emisi transisi dari $k-i$ dan I_2 adalah intensitas garis emisi transisi $n-m$. Dari persamaan (4) ini, suhu, T dapat dihitung menggunakan nilai intensitas kedua garis tersebut karena nilai-nilai parameter dapat diambil dari basis data untuk masing-masing elemen. Sementara itu menggunakan banyak garis dan dengan substitusi persamaan (2) ke persamaan (3), maka didapatkan:

$$I_Z = \frac{hc}{4\pi\lambda_{ki,Z}} A_{ki,Z} L \frac{n_Z}{P_Z} g_{k,Z} \exp\left(-\frac{E_{k,Z}}{k_B T}\right) \quad (5)$$

Dengan melakukan operasi logaritmik pada persamaan (5) tersebut diperoleh:

$$\ln\left(\frac{I_Z \lambda_{ki,Z}}{g_{k,Z} A_{ki,Z}}\right) = -\frac{1}{k_B T} E_{k,Z} + \ln\left(\frac{hcLn_Z}{4\pi P_Z}\right) \quad (6)$$

Persamaan (6) memperlihatkan persamaan plot garis lurus atau persamaan garis linier, karenanya metode ini disebut metode plot Boltzmann (*Boltzmann plot method*, BP) dimana pengeplotan besar atau nilai pada sebelah kiri untuk beberapa transisi sebagai fungsi energi level atas spesies tersebut dalam keadaan ionisasi Z . Suhu didapatkan dari kemiringan kurva plot Boltzmann tersebut, $m = \frac{1}{k_B T}$. Perlu diingat bahwa persamaan ini berlaku dengan asumsi bahwa plasma memenuhi LTE dan secara optik tipis. Diantara metode-metode berbeda yang digunakan untuk pengukuran suhu, metode Boltzmann khususnya metode plot Boltzmann

paling banyak digunakan dalam pengukuran dan perhitungan suhu plasma yang diinduksi dengan laser. Oleh karena itu pada penelitian ini, metode Boltzmann digunakan untuk estimasi suhu plasma yang dibangkitkan dari sampel bubuk yang dicampurkan dengan minyak silikon (*silicone grease*) dan dilengketkan pada plat seng sebagai subtarget. Bubuk kimia CuCl_2 dipakai sebagai ganti tanah, mengingat beberapa garis emisi Cu telah digunakan untuk pengukuran suhu pada studi-studi terdahulu menggunakan berbagai sampel [9, 16].

METODE PENELITIAN

Susunan perangkat eksperimen dasar yang digunakan dalam studi pada dasarnya sama dengan susunan perangkat LIBS yang digunakan dalam pekerjaan sebelumnya [8]. Perangkat LIBS terdiri dari sebuah laser TEA CO_2 (3 J, $\lambda=10.6 \mu\text{m}$, $\Delta t=200 \text{ ns}$) sebagai sumber eksitasi plasma dan sebuah sistem analyzer optik kanal banyak (*optical multichannel analyzer*, OMA) sebagai detektor optik emisi tersebut. Sistem OMA tersebut terdiri dari sebuah spektrograf (panjang fokus 0.32-m) dengan kisi (1200 graves/mm), dan sebuah susunan detektor fotodiode (1024-saluran) yang dilengkapi dengan penguat plat mikrochannel. Sebagian kecil energi berkas diambil dengan dektektor untuk sinkronisasi pengukuran spektrum.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini bubuk kimia CuCl_2 . Plat logam nikel dengan dimensi 2.5 cm x 3 cm digunakan sebagai subtarget logam. Untuk memungkinkan pelekatan sampel bubuk tersebut pada plat logam subtarget tersebut, sampel bubuk sejumlah 4 mg dicampurkan dengan *silicon grease*. Proporsi campurannya adalah 1:1 (bubuk kimia CuCl_2 :minyak silikon), yaitu 4 mg bubuk CuCl_2 dicampur secara merata dengan 4 mg *silicon grease*. Sampel campuran bubuk CuCl_2 dengan minyak silikon tersebut kemudian dilengketkan pada plat nikel untuk pembangkitan plasma. Ukuran lapisan sampel campuran bubuk CuCl_2 dengan minyak silikon di atas permukaan plat logam nikel subtarget adalah sekitar 2.5 cm x 3 cm dengan ketebalan sekitar 1 mm. Plat nikel subtarget dengan sampel diatas permukaannya tersebut kemudian ditetapkan pada pemegang sampel dan ditempatkan dalam sebuah bilik sampel. Gas sekeliling sampel dalam bilik sampel tersebut dapat dievakuasi dan diganti dengan gas yang dikehendaki pada tekanan-tekanan yang diinginkan menggunakan sebuah sistem pompa vakum. Dalam eksperimen ini, pembangkitan plasma dilakukan dalam lingkungan udara dan helium pada tekanan 1 atmosfer.

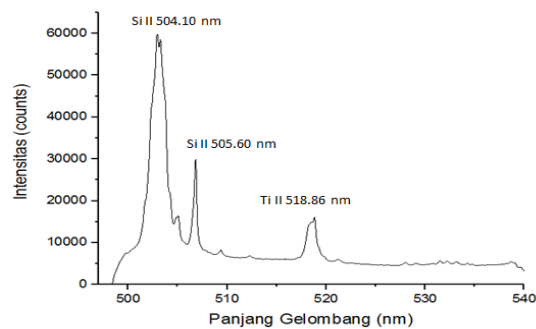
Untuk pembangkitan plasma dari sampel tersebut, berkas laser TEA CO_2 difokuskan dengan sebuah lensa seng selenium (ZnSe) pada permukaan sampel tersebut yang ditetapkan pada pemegang sampel dalam bilik sampel melalui sebuah *window* seng selenium (ZnSe). Sebagian berkas laser tersebut dikirimkan ke sistem OMA untuk sinkronisasi pengukuran. Emisi dari plasma yang dibangkitkan tersebut dikumpulkan dengan seutas serat optik dan dikirimkan ke bagian masukan spektrograf dari sistem OMA tersebut dimana satu ujung serat optik tersebut ditempatkan pada posisi miring sekitar 45° terhadap permukaan sampel pada jarak sekitar 7.5 cm dari pusat plasma untuk memungkinkan pengumpulan semua emisi plasma. Keluaran sinyal optik dari ujung lain serta optik tersebut kemudian diumpukan kedalam celah masukan spektrograf tersebut. Susunan fotodiode sebagai detektor optik ditempatkan pada celah keluaran spektrograf tersebut guna pendeteksian spektrum emisi. Sistem OMA dioperasikan dengan komputer menggunakan perangkat lunak *SpectraView*. Sistem OMA tersebut memiliki lebar cakupan celah pengukuran panjang gelombang sebesar 50 nm.

Intensitas emisi spektral sebagai fungsi panjang gelombang yang dideteksi ditampilkan pada monitor komputer dan dapat direkam dalam memori untuk pemrosesan lebih lanjut.

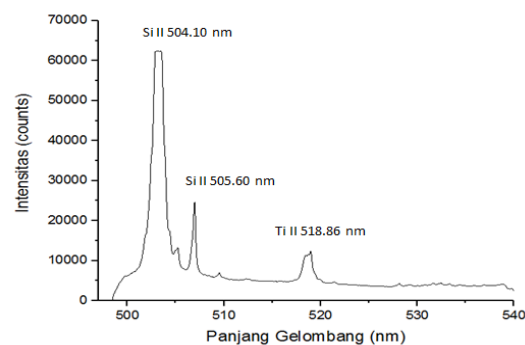
Mengingat lebar celah pengukuran panjang gelombang sistem OMA tersebut adalah 50 nm, maka pada saat pendeteksian spektrum emisi celah panjang gelombang pengukuran dipusatkan pada panjang gelombang 515 nm untuk mendapatkan tiga garis Cu (Cu I 510.55 nm, Cu I 515.32 nm, dan Cu I 521.82 nm) secara serempak. Secara umum sistem OMA dijalankan dalam kondisi waktu terintegrasi (*time integrated*) dimana interval waktu pengukuran adalah 3 μ s sampai 50 μ s. Spektrum diambil dengan moda akumulasi 10 spektrum. Pada perulangan 3 kali pengambilan spektrum emisi didapatkan fluktuasi intensitas emisi sekitar 5%.

HASIL DAN DISKUSI

Seperti dijelaskan sebelumnya, bahwa estimasi suhu plasma yang dibangkitkan dari sampel yang dicampur dengan minyak silikon (*silicon grease*) yang kemudian dilengketkan pada permukaan plat logam dilakukan dengan menggunakan bubuk kimia CuCl_2 karena garis-garis emisi spektral Cu (Cu I 510.55 nm, Cu I 515.32 nm, dan Cu I 521.82 nm) telah dikenal dan digunakan untuk estimasi suhu plasma dalam untuk sampel-sampel lain [5]. Oleh karena itu pengukuran spektrum emisi dilakukan dalam jangkauan panjang gelombang ini. Gambar 1 menunjukkan spektrum emisi yang diambil dari plasma yang dibangkitkan pada sampel minyak silikon saja tanpa dicampur dengan bubuk CuCl_2 . Minyak silikon tersebut dilengketkan pada permukaan plat logam nikel sebagai sub target untuk menghasilkan plasma, karena plasma tidak bisa dibangkitkan secara langsung pada sampel-sampel lunak seperti minyak silikon ini tanpa bantuan sub target.



(a)



(b)

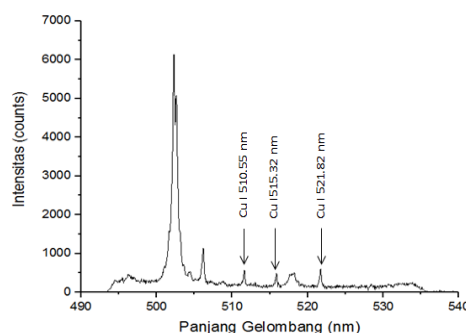
Gambar 1 Spektrum emisi yang dideteksi dari plasma yang dibangkitkan pada sampel minyak silikon (*silicon grease*) yang dilekatkan di atas permukaan pelat logam nikel dalam daerah panjang gelombang yang berpusat di

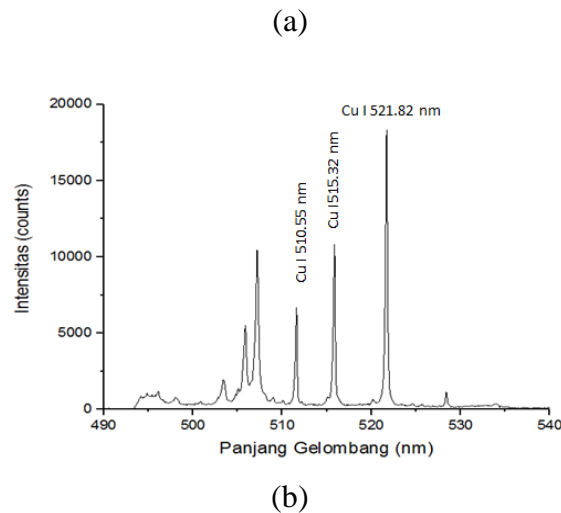
520 nm. Pembangkitan plasma dilakukan pada tekanan 1 atmosfer masing-masing dalam lingkungan (a) udara dan (b) helium. Waktu tunda dan lamanya detektor sistem OMA masing-masing adalah 0.5 μ s dan 50 μ s.

Plasma tersebut dibangkitkan dalam lingkungan gas sekeliling berbeda, udara dan helium pada tekanan 1 atmosfer. Dapat dilihat dalam kedua spektrum tersebut bahwa pada jangkauan panjang gelombang pengukuran tersebut, dimulai dari sekitar 500 nm sampai 540 nm, muncul beberapa garis emisi, yaitu garis-garis emisi ionik silikon Si II 504.10 nm dan Si II 505.60 nm serta garis emisi ionik titanium Ti II 518.86 nm. Seperti dapat dilihat dalam gambar tersebut, intensitas garis-garis emisi ionik silikon sangat kuat, hal ini mengindikasikan bahwa plasma dengan intensitas emisi yang kuat dapat dibangkitkan dari minyak silikon dengan menggunakan teknik pelengketan sampel pada logam subtarget (*subtarget effect*), meskipun sebenarnya minyak silikon adalah sampel yang sangat lunak.

Kemudian juga dapat diamati dalam kedua spektrum tersebut (Gambar 1) bahwa tidak ada garis emisi spektral dari nikel, Ni yang muncul. Hal ini menyiratkan bahwa tidak ada ablasi dan kerusakan logam subtarget nikel akibat pemfokusan berkas laser tersebut. Hal ini juga telah dibuktikan dengan pengamatan pada permukaan plat logam tersebut setelah pemfokusan berkas laser. Dengan demikian plat logam nikel tersebut hanya bekerja sebagai sub target guna memberikan gaya dorong yang kuat terhadap atom-atom yang terablasi sehingga menghasilkan plasma yang kuat dimana atom-atom akan tereksitasi secara efektif. Selanjutnya, perbandingan antara spektrum untuk plasma yang dibangkitkan dalam lingkungan udara (a) dan dengan yang dalam gas helium (b), memperlihatkan bahwa intensitas emisi garis emisi ionik silikon, Si II 504.10 nm berbeda. Intensitas Si II 504.10 nm dalam kasus menggunakan gas helium sebagai gas peyangga jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kasus udara.

Gambar 2 memperlihatkan spektrum emisi yang diambil dari plasma yang dibangkitkan pada sampel bubuk kimia CuCl_2 yang dicampur dengan minyak silikon sebagai bahan perekat pada permukaan (*binder material*) pada permukaan plat logam nikel sebagai sub target. Dapat dilihat dalam kedua spektrum tersebut baik untuk kasus gas sekeliling udara (a) maupun helium (b) garis-garis emisi spektral Cu, yaitu garis-garis emisi atomik (Cu I 510.55 nm, Cu I 515.32 nm, dan Cu I 521.82 nm) muncul secara serempak bersamaan garis-garis emisi ionik silikon Si II 504.10 nm dan Si II 505.60 nm. Garis-garis emisi Cu dapat dilihat secara jelas dalam masing-masing spektrum tersebut. Seperti yang diamati sebelumnya bahwa intensitas garis-garis emisi spektral baik Cu maupun silikon secara umum jauh lebih kuat dalam kasus menggunakan helium (b) sebagai gas peyangga dibandingkan dengan menggunakan udara (a). Demikian juga intensitas garis-garis emisi spektral Cu sangat kuat dalam kasus menggunakan helium, sekitar 17 kali lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan udara sebagai gas peyangga. Garis-garis emisi Cu ini dipakai untuk kalkulasi suhu plasma.





Gambar 2 Spektrum emisi plasma yang dibangkitkan pada sampel bubuk CuCl_2 yang dicampur dengan minyak silikon (*silicon grease*) dengan proporsi 1:1. Sampel campuran ini dilekatkan pada permukaan pelat logam nikel. Pengukuran dilakukan dalam daerah panjang gelombang yang berpusat di 520 nm. Plasma dibangkitkan pada tekanan 1 atmosfer masing-masing dalam lingkungan (a) udara dan (b) helium. Waktu tunda sistem OMA diset pada 3 μs dengan lama pengambilan/pembukaan detektor sistem OMA adalah 50 μs .

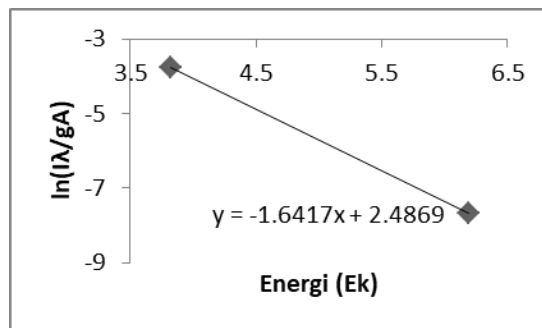
Tabel 1 memperlihatkan parameter-parameter spektroskopik garis-garis Cu. Data spektroskopik ini diambil dari basis data spektrum atom yang dibuat dan dipublikasi *national institute of science and technology (NIST), United State of America* [17]. Data spektroskopik ini dan data intensitas garis emisi hasil pengukuran spektrum dalam Gambar 2 digunakan untuk melakukan estimasi suhu plasma menggunakan metode dua garis Boltzmann (*two line Boltzmann method*) dan juga metode plot Boltzmann. Dalam metode dua garis Boltzmann, dengan parameter spektroskopik dan intensitas emisi dua garis Cu hasil pengukuran, suhu plasma dihitung menggunakan persamaan 4. Sementara dalam metode plot Boltzmann dengan data intensitas emisi 2 garis Cu hasil pengukuran tersebut dan parameter spektroskopik, persamaan 6 diplot dan suhu plasma didapatkan dari kemiringan kurva hasil plot Boltzmann tersebut.

Tabel 1 Parameter spektroskopik garis-garis emisi spektral Cu [17]

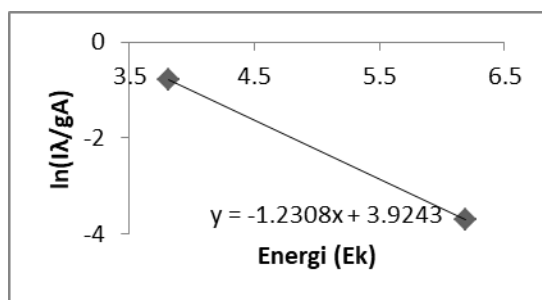
Unsur	Panjang Gelombang λ (nm)	Peluang Transisi A_{ki} (s^{-1})	$g_k A_{ki}$ (s^{-1})	Tingkat Energi Rendah E_i (eV)	Tingkat Energi Tinggi E_k (eV)	Transisi
Cu I	510.55	2.00×10^6	8.00×10^6	1.3889476	3.8166920	$3d^9 4s^2 \rightarrow 3d^{10} 4p$
Cu I	515.32	6.00×10^7	2.40×10^8	3.7858976	8.091200	$3d^{10} 4p \rightarrow 3d^{10} 4d$
Cu I	521.82	7.50×10^7	4.50×10^8	3.8166920	6.1920251	$3d^{10} 4p \rightarrow 3d^{10} 4d$

Hasil estimasi suhu dengan metode dua garis Boltzmann dilakukan untuk kedua keadaan tersebut, yaitu pembangkitan plasma dalam lingkungan udara dan lingkungan helium. Sebagai hasilnya dengan menggunakan garis dua garis yaitu Cu I 510.55 nm dan garis Cu I 521.82 nm didapatkan bahwa suhu plasma dalam udara pada tekanan 1 atmosfer adalah 7068 K. Sedangkan untuk gas sekeliling helium, suhu plasma adalah 9428 K. Estimasi suhu plasma juga dilakukan dengan metode plot Boltzmann.

Gambar 3 memperlihatkan plot Boltzman untuk dua garis Cu, Cu I 510.55 nm dan garis Cu I 521.82 nm yang didekteksi dari plasma yang dibangkitkan dalam lingkungan udara (a) dan helium (b). Sesuai persamaan 6, persamaan garis lurus, suhu plasma diperoleh dari kemiringan kurva tersebut. Dapat dilihat bahwa kemiringan kurva-kurva plot Boltzmann tersebut masing-masing adalah -1.64 dan -1.23 dalam udara dan helium. Dihitung dari kemiringan kedua kurva plot Boltzmann tersebut, diperoleh suhu plasma masing-masing 7068 K dalam udara dan 9428 K dalam helium. Hasil estimasi suhu plasma dengan menggunakan metode plot Boltzmann ini sama seperti hasil perhitungan dengan memakai metode dua garis Boltzmann. Hasil perhitungan suhu ini menunjukkan bahwa suhu plasma yang dibangkitkan dalam lingkungan helium sebagai gas penyangga lebih tinggi dibandingkan suhu plasma yang dibangkitkan dalam lingkungan udara. Hal ini menjelaskan mengapa intensitas garis-garis emisi spektral secara umum jauh lebih tinggi dalam kasus menggunakan helium sebagai gas penyangga dibandingkan dengan menggunakan udara seperti yang diamati dalam Gambar 1 dan Gambar 2. Suhu plasma hasil kalkulasi tersebut dievaluasi berdasarkan kriteria distribusi Maxwell dan kriteria McWhriter untuk mengetahui pemenuhan kondisi kesetimbangan termodinamika lokal sebuah plasma. Kriteria Maxwell mensyaratkan bahwa densitas jumlah elektron, $N_e > 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dan suhu, $kT < 5 \text{ eV}$, sementara kriteria McWhriter mensyaratkan jumlah densitas elektron, $N_e > 1.6 \times 10^{12} T^{1/2} (\Delta E)^3$. Mengingat 1 eV bila dikonversikan menjadi suhu adalah sekitar 10.000 K, maka suhu kriteria Maxwell EEDF adalah $< 50000 \text{ K}$ ($kT < 5 \text{ eV}$), dan hasil perhitungan suhu plasma bubuk dalam minyak silikon (*silicon grease*) yang ditempelkan pada pelat nikel yaitu sekitar 7000 K dalam lingkungan udara dan 9400 K dalam lingkungan helium sehingga jelas berada suhu hasil perhitungan tersebut berada dibawah 50000 K. Ini berarti suhu plasma tersebut memenuhi kriteria Maxwell EEDF. Demikian juga kriteria McWhriter, ketika nilai suhu plasma hasil estimasi dimasukkan ke dalam formulasi kerapatan elektron $N_e > 1.6 \times 10^{12} T^{1/2} (\Delta E)^3$, maka diperoleh kerapatan elektron lebih besar dari 10^{16} cm^{-3} . Hal ini mengkonfirmasi hasil perhitungan suhu plasma sekitar 7000 K dalam lingkungan udara dan 9400 K dalam lingkungan helium jelas memenuhi kedua kriteria tersebut dan karenanya dapat dikatakan bahwa plasma yang dibangkitkan dengan laser TEA CO₂ pada sampel bubuk khususnya CuCl₂ yang dicampur dengan minyak silikon dan ditempelkan di atas permukaan plat logam nikel memenuhi kondisi kesetimbangan termodinamika lokal.



(a)



(b)

Gambar 3 Plot Boltzmann menggunakan garis Cu I 510.55 nm dan garis Cu I 521.82 nm dari plasma yang dibangkitkan dari sampel bubuk CuCl_2 yang dicampur dengan minyak silikon sebagai pelengket pada permukaan plat logam nikel. Plasma dibangkitkan masing-masing dalam lingkungan (a) udara dan (b) helium pada tekanan 1 atmosfer.

KESIMPULAN

Plasma yang kuat dapat dibangkitkan dari sampel bubuk CuCl_2 yang dicampur dengan minyak silikon yang dilengketkan pada plat logam nikel, yang ditandai dengan munculnya garis ionik Si II 504.10 nm dan garis-garis emisi Cu I 510.55 nm, Cu I 515.32 nm, dan Cu I 521.82 nm. Plat logam nikel tidak mengalami kerusakan, yang diindikasikan oleh tidak adanya garis emisi spektral dari nikel yang muncul dan plat nikel logam bekerja hanya sebagai sub target. Kalkulasi suhu plasma menggunakan garis-garis emisi Cu I 510.55 nm dan Cu I 521.82 nm dengan metode dua garis Boltzmann dan metode plot Boltzmann mendapatkan suhu plasma masing-masing sekitar 7000 K dan 9400 K dalam udara dan helium. Suhu plasma yang dibangkitkan dalam lingkungan helium lebih tinggi dibandingkan dalam lingkungan udara. Suhu tersebut memenuhi kriteria distribusi Maxwell dan kriteria McWhirter untuk plasma dalam kondisi kesetimbangan termodinamika lokal.

REFERENSI

- Y. I. Lee, N. Idris, K. H. Kurniawan, T. J. Lie, K. Tsuyuki, S. Miura, dan K. Kagawa, *Sub-target effect in film analysis using TEA CO 2 laser-induced plasma*, Current Applied Physics, 7(5), 2007, hal. 540-546.
- N. Idris, M. Ramli, R. Hedwig, Z. S. Lie, and K. H. Kurniawan, *“Preliminary study on detection sediment contamination in soil affected by the Indian Ocean giant tsunami 2004 in Aceh, Indonesia using laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS)”*, AIP Conf. Proc. 1719, 030051 (2016).
- N. Idris, *Studi Awal Deteksi Emisi Spektral Magnesium, Mg Dari Sampel Tanah Menggunakan Teknik Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)*, Prosiding Bidang Fisika, Semirata 2015 Bidang MIPA BKS-PTN Barat Universitas Tanjungpura Pontianak, Hal 87 – 94
- Muliadi Ramli, Nasrullah Idris, Koo Hendrik Kurniawan dan Kiichiro Kagawa, *Uji Kemampuan Sebuah Sistem Compact, Commercial Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) Untuk Deteksi Simultan Spektrum Emisi Garam Dari Tanah*,

- Nasrullah Idris, Muliadi Ramli, dan Mahidin, *Pengaruh Perlakuan Mekanik Pada Emisi Analit Dari Batubara Menggunakan Teknik Laser-Induced Plasma*, Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013, Hal. 394 – 399
- M. A. Gondal, T. Hussain, Z. H. Yamani, dan M. A. Baig, *The role of various binding materials for trace elemental analysis of powder samples using laser-induced breakdown spectroscopy*, Talanta 72 (2), 2007, hal. 642–649
- A. Khumaeni, Z. S. Lie, Y. I. Lee, K. Kurihara, K. Kagawa, dan H. Niki, *Rapid Analyses of Tiny Amounts of Powder Samples Using Transversely Excited Atmospheric CO₂ Laser-Induced Helium Gas Plasma with the Aid of High-Vacuum Silicon Grease as a Binder on a Metal Subtarget*, Applied Spectroscopy 65 (2), 2011, hal. 236-241.
- N. Idris, M. Ramli, dan K. Kurihara, *Detection of salt in soil by employing the unique sub-target effect in a pulsed carbon dioxide (CO₂) laser-induced breakdown spectroscopy*, IEEE Conference Proceeding of International Seminar on Sensors, Instrumentation, Measurement and Metrology (ISSIMM), 2016, hal. 79-83
- S. Zhang, X. Wang, M. He, Y. Jiang, B. Zhang, W. Hang, and B. Huang, *Laser-induced plasma temperature*, Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy 97, 2014, hal. 13–33
- A. Semerok, dan C. Grisolia. *LIBS for tokamak plasma facing components characterisation: Perspectives on in situ tritium cartography*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 720, 2013, hal. 31-35.
- M. Capitelli, F. Capitelli, dan A. Eletsii, *Non-equilibrium and equilibrium problems in laser-induced plasmas*, Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy 55(6), 2000, hal. 559-574
- J. B. Simeonsson, dan A.W. Miziolek, *Time-resolved emission studies of ArF-laser-produced microplasmas*, Applied Optics 32, 1993, hal. 939–947.
- J. B. Simeonsson, dan A.W. Miziolek, *Spectroscopic studies of laser-produced plasmas formed in CO and CO₂ using 193, 266, 355, 532 and 1064 nm laser radiation*, Applied Physics B 59, 1994, hal. 1–9.
- H. R. Griem, *Validity of local thermal equilibrium in plasma spectroscopy*, Physical Review 131, 1963, hal. 1170–1176.
- M. Milan, dan J. J. Laserna, *Diagnostics of silicon plasmas produced by visible nanosecond laser ablation*, Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy 56, 2001, hal. 275–288.
- V. K. Unnikrishnan, K. Alti, V. B. Kartha, C. Santhosh, G. P. Gupta dan B. M. Suri, *Measurements of plasma temperature and electron density in laser-induced copper plasma by time-resolved spectroscopy of neutral atom and ion emissions*, PRAMANA-Journal of Physics, 74(6), 2010, hal. 983–993.

Kramida, A., Ralchenko, Yu., Reader, J., and NIST ASD Team (2015). NIST Atomic Spectra Database (ver. 5.3), [Online]. Available: <http://physics.nist.gov/asd> [2017, April 25]. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

ANALISIS SEISMIC QUIESCENCE WILAYAH SUMATERA BARAT

Syafriani ¹⁾, Wela Yulianda ¹⁾ Andiyansyah Z. Sabarani ²⁾

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Padang
email: syafri@fmipa.unp.ac.id

²Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Sta. Geofisika Klas I Padang Panjang

ABSTRACT

West Sumatra has a very active tectonic signed by numbers of earthquakes occurrences. Several earthquakes with $M > 6$ have occurred and caused serious damage in several areas in West Sumatra. Significant earthquake was usually preceded by symptoms of a decrease in seismic activity called seismic quiescence phenomena. A detailed analysis of seismic quiescence was used a gridding technique (ZMAP) by dividing the region into several grid. Z value of each grid was calculated and described its seismic quiescence phenomena. Earthquake data were obtained from NEIC / USGS, ISC and BMKG that occurred from 2000 to 2015 with $M > 3.0$ SR. Total 5698 event were used after the process of using algorithms Reasenberg declustering. Seismic quiescence analysis results showed the variation of the Z-value was +8 and -2 for time windows $T_w = 1.5$ years. At the beginning of 2015, the decrease in seismic activity in several areas was appeared, especially in the seismic gap areas. In the future, these could be as a precursor of impending significant earthquake.

Keywords: *Tectonic, seismic quiescence, gridding technique*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis *seismic quiescence* yang dilakukan di wilayah Sumatera Barat yaitu pengamatan terhadap perubahan nilai parameter z valuenya. Data yang digunakan bersumber dari ISC, NEIC/USGS dan BMKG dengan jenis magnitudo yang digunakan adalah magnitudo gelombang badan (mb). Total data dalam catalog gempabumi yang digunakan adalah 9283 *event* sebelum dilakukan proses decluster, tetapi setelah dilakukan proses decluster maka data yang tersisa adalah 5698 *event*. Sebaran episenter gempabumi sebelum proses decluster dan setelah proses decluster dilihat pada gambar (2). Proses decluster ini dilakukan bertujuan untuk menghilangkan pengaruh *foreshock* dan *aftershock* sehingga didapatkan data gempabumi yang inependen.

(a) Not-Decluster

(b) Decluster

Gambar 2. Sebaran episenter kejadian gempabumi pada wilayah penelitian (a) sebelum proses decluster, (b) setelah proses decluster

Jumlah kumulatif kejadian gempabumi pada gambar (2.b) vs waktu (tahun) ditunjukkan pada gambar (3).

Gambar 3. Cumulative Number Data Gempabumi Decluster

Pengamatan terhadap *seismic quiescence* wilayah Sumatera Barat pada permulaan 2015 dapat dilihat pada gambar (4). Gambar (4) memperlihatkan distribusi spasial z -value dengan sebanyak 8 time slice yaitu pada tahun 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; dan 2013. Pada masing-masing time-slice ini diamati perkembangan aktivitas seismik wilayah Sumatera Barat yang bertujuan untuk menganalisa ada atau tidaknya fenomena *seismic quiescence*.

Gambar 4. Distribusi z -value Wilayah Sumatera Barat dengan T_w 1.5 tahun pada cut at 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, dan 2013

Berdasarkan gambar terlihat bahwa adanya penurunan aktivitas seismik atau terjadinya fenomena *seismic quiescence* yang ditandai dengan daerah berwarna kuning hingga kemerahan di beberapa wilayah penelitian. Z -value positif (sesuai dengan color bar di samping) menunjukkan terjadinya penurunan aktivitas seismik (*seismic quiescence*). Sedangkan z -value negative mengindikasikan terjadinya kenaikan atau peningkatan aktivitas seismik (Katsumata, 2011).

Berdasarkan *time-slice* ke-8 yaitu pada *cut-at* 2013 terlihat bahwa ada beberapa anomali penurunan aktivitas seismik (*seismic quiescence*) yang terdapat di sekitar Pulau Nias, Pulau Siberut, Kepulauan Mentawai dan pada zona subduksi. Selain itu, anomali *seismic quiescence* juga terdapat lagi di daerah sekitar mainshock gempabumi 2007 yang ditandai dengan bintang warna putih.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada beberapa daerah di Sumatera Barat terdapat lima anomali *seismic quiescence*. Kelima anomali itu tampak pada ke-lima wilayah yang disebutkan sebelumnya. Fenomena ini menunjukkan bahwa pada daerah tersebut jarang terjadi gempabumi dan diduga kuat sedang berada pada tahap penimbunan energi, yang dapat berpotensi gempabumi signifikan. Gempabumi signifikan dapat menyebabkan kerusakan yang sangat parah serta kerugian yang besar, seperti yang pernah dialami oleh Padang pada gempabumi Pariaman, 30 September 2009. Oleh karena itu, ke-lima anomali ini patut di curigai sebagai prekursor gempabumi signifikan yang mungkin akan terjadi di masa mendatang.

Berdasarkan peta distribusi z -value pada *time-slice* ke- 8 yaitu pada cut at 2013 (gambar 4) yang memiliki lima anomali *seismic quiescence*, maka diambil 2 sampel anomali untuk melihat kapan dimulainya *seismic quiescence* tersebut. Sampel anomali pertama yaitu anomali *seismic quiescence* yang muncul lagi di sekitar mainshock 2007. Grafik fungsi LTA (t) dari sampel tersebut ditunjukkan pada gambar (5.a). Garis biru pada grafik tersebut merupakan jumlah kumulatif gempabuminya sedangkan garis merah merupakan z -valuenya. Berdasarkan grafik terlihat bahwa nilai z -value terbesar adalah 7.4 pada tahun 2002.2, hal ini menandakan bahwa *seismic quiescence* pertama kali muncul pada anomali tersebut adalah

pada tahun 2002,2. Sedangkan pada sampel anomali kedua yaitu anomali yang terdapat disekitar *mainshock* 2009 (di sekitar kepulauan Mentawai) seperti yang ditunjukkan pada gambar (5.b) menunjukkan bahwa *z-value* yaitu 7.0 yang terjadi pada tahun 2002.2, bersamaan dengan sebelumnya juga bahwa hal ini menandakan *seismic quiescence* pada anomali ini dimulai pada tahun 2002.2 juga.

(a)

(b)

Gambar 5. Grafik fungsi LTA (t) dari kedua sampel (a) sampel anomali yang muncul di sekitar *mainshock* 2007, (b) sampel anomali yang muncul di sekitar *mainshock* 2009

PENDAHULUAN

Pulau Sumatera merupakan bagian dari lempeng Eurasia dimana lempeng Indo-Australia menyusup dibawahnya. Natawijaya (2007) mengemukakan bahwa Lempeng Indo-Australia bergerak mendekat dan menabrak Lempeng Eurasia yang diam dengan kecepatan 50-70 mm pertahun. Akibat pergeseran lempeng-lempeng ini terbentuklah sesar atau patahan local yang berpotensi sebagai pemicu aktivitas gempabumi.

Wilayah Sumatera Barat sebagai bagian dari Pulau Sumatera juga berada pada zona aktif ini. Dibagian barat di laut terdapat sesar mentawai dan di daratan empat segmen aktif yaitu segmen sesar Sumpur, segmen sesar Sianok, segmen sesar Sumani, dan segmen sesar Suliti. Segmen sesar ini membentang dari Solok Selatan hingga daerah Rao di Kabupaten Pasaman. Sehingga potensi gempabumi di wilayah ini terjadi di darat maupun di laut.

Di wilayah Sumatera Barat telah beberapa kali mengalami guncangan gempabumi signifikan dan merusak akibat aktivitas lempeng dan sesar tersebut. Berdasarkan Katalog Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), di wilayah daratan Sumatera Barat telah terjadi di Singkarak (1926 dan 1943), Pasaman (1977), Solok (2004), sedangkan di Gunung Rajo (2007) terjadi 2 kali gempa dengan kekuatan 6,4 SR dan 6,3 SR. Selain itu, di segmen Sianok juga terjadi gempa besar pada tanggal 06 Maret 2007 dengan koordinat di 0.48° LS, 100.37°BT dengan kedalaman 33 km dan magnitudo 6.4 SR (Triyono, R. BMKG). Sedangkan gempabumi bersumber dari zona subduksi terjadi pada tahun 1779 (8.4 SR), 1883 (9.2 SR), 1861 (8.3 SR), 2007 (7.9 SR), dan 2009 (7.6 SR) (Putra, R. R dkk, 2012). Gempabumi yang pernah terjadi dan menimbulkan kerusakan yang sangat parah di Sumatera Barat yaitu gempabumi Pariaman, 30 September 2009 berkekuatan 7.6 SR dan gempabumi Pagai Selatan-Mentawai yang terjadi pada 25 Oktober 2010. Kedua gempabumi tersebut menyebabkan kerusakan yang sangat parah, kerugian harta benda serta menelan banyak korban jiwa

Mengingat tingginya aktivitas kegempaan di wilayah Sumatera Barat maka diperlukan suatu upaya mitigasi untuk meminimalisasi dampak bencana gempabumi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan mengamati fenomena penurunan aktivitas seismic di suatu wilayah yang disebut dengan fenomena seismic quiescence.. Fenomena ini dapat dianalisa dengan melakukan kajian terhadap gempabumi yang sudah terjadi di suatu wilayah berdasarkan distribusi spasial *z-value nya*.

Z-value merupakan salah satu parameter statistik yang digunakan untuk menganalisis perubahan fenomena seismik. Menurut Ozturk (2015) “Teknik yang digunakan untuk menggambarkan perubahan laju seismik adalah fenomena kesenyapan seismik (*seismic quiescence*) dengan menentukan Standar Deviasi-Z”. Perhitungan *z-value* dilakukan menggunakan *software* ZMAP ver 6.0. ZMAP merupakan *software* berbentuk *Graphic User Interface* (GUI) berbasis MATLAB yang dikembangkan oleh Stefan Wiemer dkk. sejak tahun 1993 untuk analisis seismisitas (Wiemer & Wyss. 2001).

Penggunaan metode ini telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa ahli kebumihan, seperti Kei Katsumata (2011) yang meneliti tentang *Precursory Seismic Quiescence Before the Mw=8.3 Tokachi-Oki, Japan, Earthquake on 26 September 2003 Revealed by a re-examined Earthquake Catalog*. Hasil penelitiannya mendapatkan bahwa sebelum *event Tokachi-oki* (2003) terdapat dua anomali *seismic quiescence* yang berdekatan. Anomali tersebut muncul pada tahun 1999 dan berlangsung selama 5 tahun sebelum *event Tokachi-oki* 2003.

Selain itu, Sunardi Bambang dkk. (2013) juga mengamati perubahan tingkat kegempaan sebelum gempabumi Tasikmalaya, 2 September 2009. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan didapat distribusi spasial *z-value* pada periode yang telah ditentukan. Nilai positif *z-value* mengindikasikan adanya penurunan tingkat kegempaan. Penurunan tingkat kegempaan itu terjadi disekitar *mainshock* mulai tiga tahun sebelum terjadi gempabumi kuat. Penurunan tingkat kegempaan rata-rata beberapa tahun menjelang kejadian gempabumi kuat patut diduga sebagai prekursor gempabumi.

Prekursor gempabumi merupakan fenomena alam yang muncul sebelum terjadinya gempabumi. Dengan mengetahui prekursor gempabumi tersebut, maka kemungkinan terjadinya gempabumi kuat dimasa mendatang dapat diperkirakan. Selain itu daerah-daerah yang berpotensi mengalami gempabumi kuat juga dapat diprediksi. Sehingga dampak yang diakibatkan oleh bencana gempabumi dapat diminimalisasi.

KAJIAN LITERATUR

Seismisitas adalah kejadian gempabumi pada suatu lokasi dari waktu ke waktu yang memberikan gambaran atau informasi tentang karakteristik dan aktifitas gempabumi pada daerah tersebut. Berdasarkan analisis data seismisitas ini keaktifan tektonik suatu wilayah dapat diketahui.

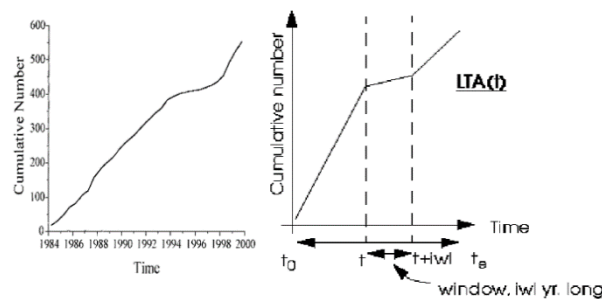
Sampai saat ini belum ada *technology* yang tepat yang bisa memastikan kapan dan dimana gempabumi terjadi. Perkembangan keilmuan di bidang ini masih dalam tahap analisis gejala seismotektonik berdasarkan kejadian gempabumi yang sudah terjadi yang disebut dengan *precursor* gempabumi.

Prekursor gempabumi merupakan sebuah fenomena yang terjadi sebelum gempabumi utama. Secara umum prekursor seismik dibagi menjadi dua klasifikasi yaitu fenomena seismik dan non seismik. Fenomena seismik terdiri dari kesenyapan seismik (*seismic gap*) dan penurunan seismik (*seismic quiescence*), peningkatan aktivitas seismik (*accelerating seismic*) dan perubahan kecepatan gelombang seismik, sedangkan fenomena nonseismik yang termasuk dalam *pre-kursor* gempabumi merupakan suatu fenomena yang berhubungan langsung dengan deformasi lokal (ketinggian dan kemiringan tanah, tekanan batuan, ketinggian permukaan air tanah, dan sebagainya) termasuk juga medan listrik dan magnetik, emisi EM,

resistivitas batuan, emisi akustik dan gas (radon dan helium), dan sebagainya. Masing-masing daerah memiliki prekursor gempa bumi yang berbeda-beda, disebabkan oleh perbedaan struktur geologi pada masing-masing daerah tersebut,

Prekursor penurunan seismik (*seismic quiescence*) menggambarkan penurunan signifikan pada aktivitas seismik. Para ahli kebumiharian banyak menggunakan fenomena ini dalam memprediksi gempa bumi terutama gempa bumi besar. Menurut Mogi (Puslitbang BMKG, 2010) pola *seismic quiescence* terjadi sebelum gempa bumi utama.

Fenomena *seismic quiescence* di wilayah Sumatera Barat dianalisis menggunakan metode *z-value*. Metode *z-values* mengukur perbedaan dalam tingkat kegempaan yang bergerak dalam *time window* dengan tingkat kegempaan *background* menggunakan standar deviasi, *Z* (Wiemer, 2001). Tujuannya adalah untuk mendeteksi periode kemungkinan anomaly kegempaan rendah sebelum *mainshock* dekat pusat gempa, dan untuk mengevaluasi secara statistik perbandingan signifikansi penurunan seismik dengan semua penurunan seismik yang mungkin terjadi di lokasi dan waktu yang acak (Katsumata, 2011). Pengukuran *z-value* dilakukan menggunakan fungsi LTA (*Long Term Average*) dengan tujuan agar anomaly yang didapatkan tidak bias secara statistik (Sunardi, 2013). Gambar 1 merupakan ilustrasi pengamatan perubahan laju seismik rata-rata dengan fungsi LTA.



Gambar 1. Kurva Perubahan Laju Rata-rata dengan Fungsi Long Term Average (LTA) (Wiemer, 2001).

Berdasarkan Gambar 1, didapat sebuah kurva yang memperlihatkan *cumulative number* perubahan laju seismik menggunakan fungsi *Long Term Average* (LTA). Kurva tersebut diplot untuk setiap node. Kurva tersebut dimulai dari waktu t_0 (periode awal) dan berakhir pada waktu t_e (periode akhir)

Standar deviasi *Z* (*z-value*) didefinisikan pada persamaan 1.

$$z(t) = \frac{(R_{bg} - R_w)}{\sqrt{\frac{S_{bg}}{n_{bg}} + \frac{S_w}{n_w}}} \quad (1)$$

Dimana:

- R_{bg} = Tingkat kegempaan pada periode *background*
- R_w = Tingkat Kegempaan pada periode *window*
- S_{bg} = Variansi pada periode *background*
- S_w = Varinsi pada periode *window*

n_{bg} = Jumlah event periode *background*
 n_w = Jumlah event periode *background*

Semakin besar harga *z-value*, semakin signifikan perbedaan yang diamati. *Z-value* positif menunjukkan bahwa pada interval yang dipilih terjadi penurunan rata-rata tingkat kegempaan dibandingkan rata-rata tingkat kegempaan keseluruhan data kecuali data pada interval yang dipilih. Sebaliknya *z-value* yang negatif mengindikasikan bahwa pada interval yang dipilih rata-rata tingkat kegempaan meningkat (Sunardi. 2013).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data gempabumi yang dihimpun dari situs National Earthquakes Information Center U.S. Geology Survey (NEIC/USGS), International Seismological Centre (ISC) dan diperoleh dari Stasiun BMKG Padang Panjang pada periode 2000 sampai 2015. Koordinat wilayah penelitian Sumatera Barat dan sekitarnya berada pada koordinat 3.5 °LS-1.8 °LU dan 95 °BT -109.5 °BT. Data gempabumi yang dipilih memiliki magnitudo ($M > 3SR$) dengan kedalaman antara 10-600 Km. Data katalog gempabumi ini terdiri dari latitude, longitude, tahun, bulan, tanggal, kedalaman, magnitudo gempabumi, jam, dan menit.

Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut pertama menentukan wilayah penelitian yang akan dihitung *z-value*-nya. Kemudian melakukan proses *declustering* data gempabumi dengan tujuan untuk menghilangkan pengaruh *aftershock* dan *foreshock*. setelah itu membagi wilayah penelitian menjadi beberapa grid atau node, dengan spasi masing-masing grid adalah $0.1^\circ \times 0.1^\circ$. pada masing-masing grid tersebut dihitung *z-value* menggunakan data gempabumi yang termasuk dalam lingkup grid tersebut (Wiemer & Wyss, dkk. 2001). Nilai *z-value* yang didapat dari masing-masing grid didistribusikan untuk dapat melihat bagaimana perubahan laju seismik (*seismic rate changes*) wilayah Sumatera Barat. Dan tahapan terakhir yaitu melakukan analisa pada *seismic rate changes* wilayah Sumatera Barat untuk mengamati ada atau tidaknya fenomena *seismic quiescence* yang mendahului *event* gempabumi signifikan di wilayah Sumatera Barat.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pada permulaan tahun 2015 muncul beberapa anomali *seismic quiescence*. Pada anomali tersebut terjadi penurunan aktivitas seismik yang signifikan. Penurunan aktivitas seismik menandakan bahwa pada daerah anomali tersebut aktivitas kegempaan berkurang, dengan kata lain menandakan terjadinya penimbunan energi. Penimbunan energi ini dapat berujung pada gempabumi signifikan suatu saat nanti. Oleh karena itu, pada daerah anomali yang muncul tersebut dapat dicurigai sebagai prekursor gempabumi signifikan di masa mendatang.

REFERENSI

- Katsumata, K. 2011. *A Long Term Seismic Quiescence Started 23 Years Before The 2011 of The Pacific Coast Of Tohoku Earthquake (M=9.0)*. Earth Planet Space. 63.709-712.
- Wiemer, S., (2001), *A software package to analyze seismicity: ZMAP*. Seismological Research Letters, 72(2):373–382.

Sunardi, Bambang dkk. 2013. *Analisis Peroidesitas dan Perubahan Tingkat Kegempaan Wilayah Jawa Barat Berbasis Statistik. Conference Paper. BMKG Pusat.*

Wiemer & Wyss, dkk. 2001. *ZMAP A Tools For Analyses Of Seismicity Patterns, Typical Application and Uses : A Cookbook.*

APLIKASI TEKNIK OVERLAY UNTUK PENENTUAN POTENSI PANAS BUMI BERDASARKAN DATA GEOSAINS DAN REMOTE SENSING

Muhammad Isa ¹⁾, Muhammad Syukri S ²⁾ Muhammad Rusdi ³⁾

^{1,2} Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala

³ Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111

Email: muhammadisa@unsyiah.ac.id, msyukris@gmail.com and emrusdi@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is a country that has a significant volcanic and non-volcanic geothermal potential. It is necessary to intensify study, integrated scientific survey techniques and parameters. The objective of this research was to determine potential geothermal system over Jaboi, Aceh based on the integrated geosciences and remote sensing techniques. The collected geological data; fault and hot springs parameters indicate that presence and distribution pattern. Once classified geophysical data are filtered with boundary condition; magnetic $\chi < -115$ nT and resistivity $\rho < 50$ Ω m. The geochemical data involved Hg concentration and CO₂ measurements. The Hg concentration was between 500 ppb to 3500 ppb and the CO₂ concentrations varied from 0.10 % to 5.5%. The Hg and CO₂ concentrations increased substantially at higher temperatures. Meanwhile, the satellite temperature distribution is between 20⁰C and 30⁰C. The filtered of temperature used is $T > 22^{\circ}\text{C}$. These validated parameters have shown high statistically classification and Kappa accuracy representation model. The Kappa statistic report is shows that the geological images (hot spring: 0.85; fault: 0.89). The geophysical images (magnetic: 0.88; resistivity: 0.94); and geochemical images (CO₂: 0.90; Hg: 0.96). Finally, satellite temperature image has Kappa accuracy 0.93. Application of the overlay technique is helpful for determining potential geothermal field.

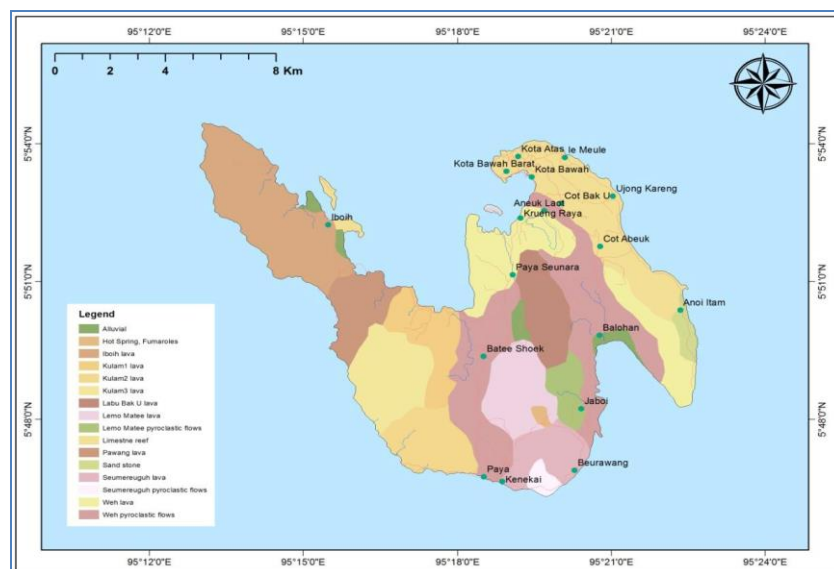
Kata kunci: geothermal, geosciences, Kappa accuracy

PENDAHULUAN

Daerah panas bumi Jaboi terletak antara dua kerucut termuda gunungapi yakni Leumo Matee dan Semeureuguh yang berusia 1.1 Ma [1]. Pertumbuhan konsumsi energi yang cukup tinggi, yaitu sebesar 8.4% per tahun maka Pemerintah Indonesia telah mencanangkan program energi 35,000 Mwe dengan 5% berasal dari energi terbarukan termasuk energi panas bumi (PLTP). Kebutuhan energi Indonesia saat ini diperkirakan mencapai 1,5 miliar setara barel minyak (Barrel Oil Equivalen/BOE) (Anonimous, 2012). Program ini selaras dengan dukungan pemerintah dengan terbitnya Undang-Undang 21 tahun 2014 tentang Panas Bumi dengan harapan dapat mempercepat penambahan kapasitas Pembangkit Listrik Panas Bumi. Kapasitas PLTP saat ini sebesar 1,438.5 MW atau baru 4.2% yang telah dimanfaatkan. Karena itu kajian dan keberhasilan pelaksanaan fungsi tridarma perguruan tinggi secara optimal menjadi suatu keharusan dalam dunia akademik.

Energi panas bumi adalah energi panas yang berasal dari sumber panas alami yang tersimpan di dalam lapisan batuan penyusun bumi. Energi panas tersebut terbentuk dalam sistem geotermal atau sistem panas bumi yang tersusun oleh tiga komponen utama, yaitu sumber panas, air panas dan batuan berpori sebagai wadah [2].

Geologi. Sumber daya energi panas bumi konvektif bertemperatur tinggi terletak pada zona-zona vulkanisme dan kegempaan, yakni sepanjang jalur pemekaran lempeng kerak bumi, di atas zona tumbukan antar lempeng, pada daerah anomali pelelehan dalam lempeng, serta pada celah-celah lempeng. Zona-zona ini dikenal sebagai zona anomali panas bumi yakni zona dengan gradien suhu $> 30^0$ C/Km. Berdasarkan bentuk lanskap, pola aliran sungai, erosi dan jenis batuan di daerah Jaboi, Sabang dapat dikelompokkan menjadi: satuan morfologi dataran rendah, morfologi perbukitan dan morfologi vulkanik. Morfologi dataran rendah tersebar sepanjang pantai dari selatan dan utara struktur panas bumi dengan ketinggian 150-250 meter dpl. Morfologi ini berisi sedimen pesisir dan piroklastik yang telah terkikis oleh abrasi. Morfologi ini dibentuk oleh batuan pasir, batuan lava vulkanik dan tanah liat sebagai hasil sedimen aluvial. Morfologi perbukitan dari bukit-bukit dan lereng bagian tengah dan barat laut dengan ketinggian 200-300 meter dpl. Morfologi diisi perkebunan dan pertanian. puncak tinggi dalam bentuk lava dan awan panas singkapan yang terbentuk di Pulau Weh, Sabang [2]. Patahan dan air panas merupakan parameter yang penting sebagai hasil pengukuran dari data geologi.



Gambar 1. Peta Geologi Pulau Weh, Sabang- Indonesia (Setiadarma, 2006)

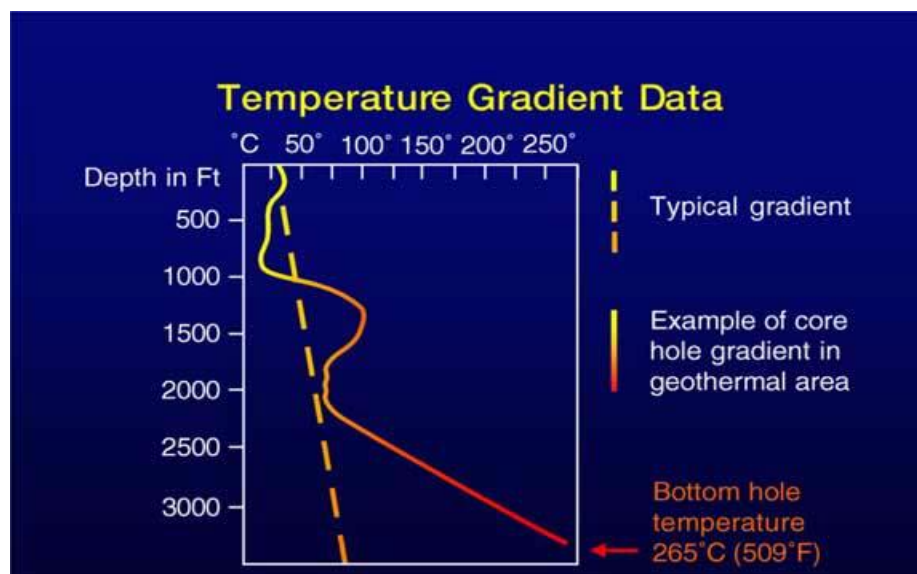
Geofisika. Survey geofisika sangat penting digunakan dalam eksplorasi panas bumi karena dapat mendelineasi dimensi reservoir meliputi kedalaman, ketebalan dan geometri reservoir. Variasi medan magnet dapat digunakan untuk menentukan anomali kedalaman, geometri dan subsepbilitas magnetik. Intepretasi data magnetik melibatkan desain profil dan penentuan lokasi anomali magnetik harus tepat. Sebagian besar batuan dan mineral memiliki magnetisasi tetap yang diperoleh melalui beberapa mekanisme [3]. Anomali yang didapat menunjukkan temperature tinggi, kemagnetan rendah dan resistivitas rendah [4].

Geokimia. Target utama dalam eksplorasi geokimia adalah untuk mengetahui perkiraan suhu reservoir panas bumi yang akan digunakan untuk menghitung potensi energi panas bumi. Teknik yang biasa digunakan adalah geotermometer berdasarkan komposisi kimia air, gas atau isotop. Fluida panas bumi terdiri dari air panas, kondensat uap dan gas panas bumi. Air panas bumi terdiri dari mineral mata air, air tanah meteorik dan air laut/ air sungai. Sedangkan gas terdiri dari gas vulkanik, gas fumarol dan semi mineral gas; dan gas tanah (Hg, CO₂, gas mulia dan gas organik). Komposisi kimia dari sampel air telah diketahui dari 7 sumber mata air panas lapangan panas bumi [5].

Berdasarkan komposisi kimia air ini dapat ditentukan suhu bawah permukaan sebanyak 28 buah dan suhu permukaan yang terukur 114 titik. Setiap manifestasi di analisa masing masing dua kali menggunakan geothermometer SiO₂ and geothermometer Na-K. Selain air panas dan uap gas penggunaan isotop O¹⁸ juga dapat menjelaskan karakteristik dari fluida panas bumi. Dalam metode eksplorasi ini untuk membangun model yang realistis dari sistem panas bumi berdasarkan tipe dan karakteristik dari fluida yang ada.

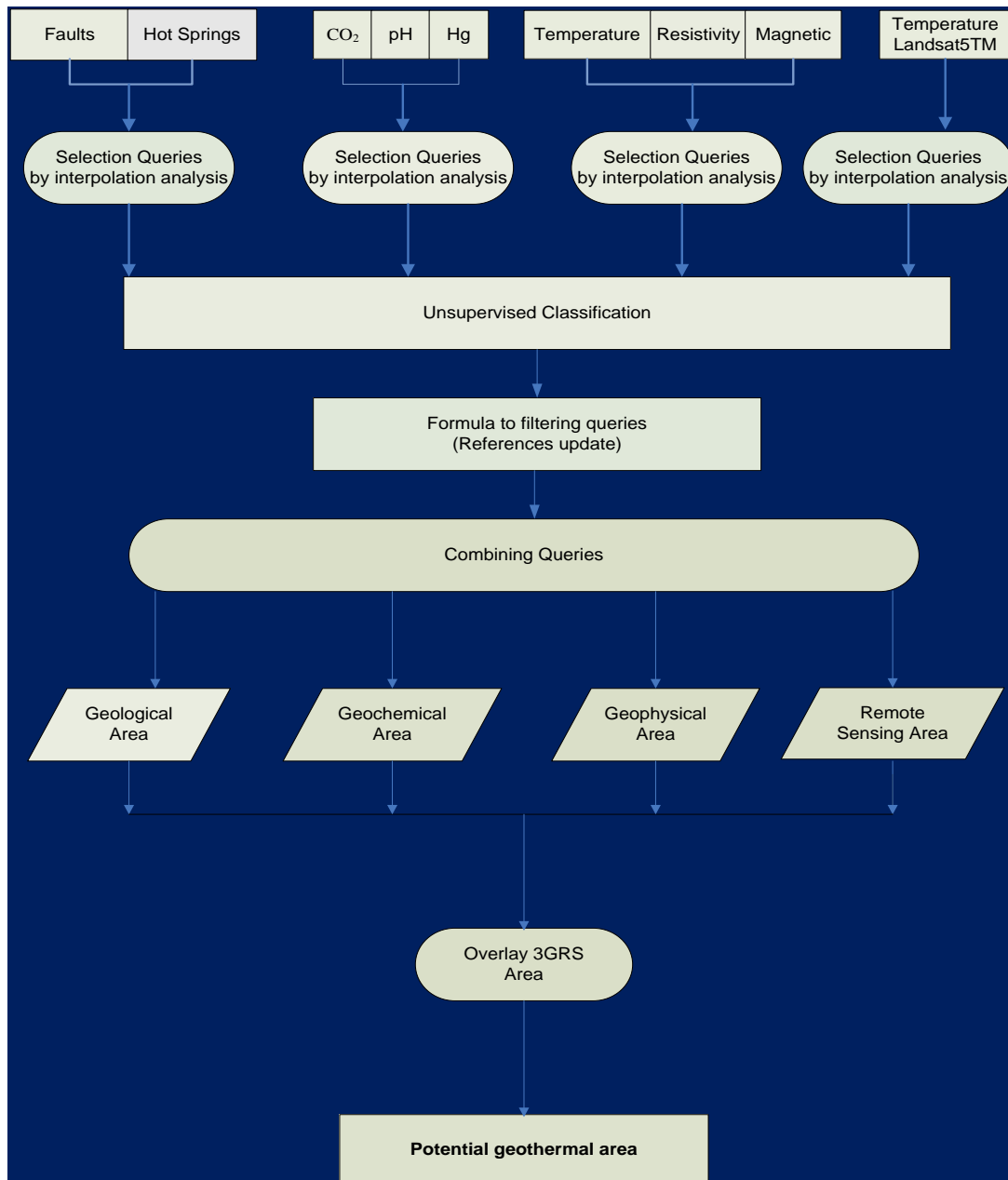
Remote Sensing. Teknik yang menggunakan teknologi untuk mendapatkan informasi mengenai suatu target di permukaan bumi menggunakan instrumen tanpa kontak fisik dengan target tersebut [6]. Radiasi elektromagnetik mengacu pada semua energi dengan kecepatan cahaya dan menunjukkan pola gelombang harmonik yang merambat jauh dari sumber. Gelombang radiasi terdiri dari partikel energi yang terkuantisasi atau foton [7]. Peta tematik dari data penginderaan didasarkan pada klasifikasi citra. Data satelit telah berhasil digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan berbagai batuan dan mineral dalam eksplorasi sistem panas bumi meliputi silika, karbonat, sulfat, dan sulfur [8]. Dengan fasilitas pada band termal satelit akan memudahkan memahami sifat fisis batuan dan mineral. Penginderaan jauh (*remote sensing*) merupakan sumber atraktif berupa peta tematik yang menyediakan berbagai informasi penting dan merepresentasikan permukaan atau bawah permukaan bumi secara spasial dalam berbagai skala. Pemetaan tematik dari data satelit didasarkan pada klasifikasi citra (*image*) [9]. Pemetaan pada klasifikasi citra dan telah berhasil digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan potensi panas bumi [10].

Jika permukaan bumi dianggap sebagai benda hitam, maka temperatur dan pancaran spektral berkaitan dengan persamaan Planck dan merujuk pada gambar 2 untuk gradien temperatur.



Gambar 2. Gradien temperatur pada daerah panas bumi (Masami, 2009)

Aplikasi teknik overlay mengintegrasikan data geologi (patahan dan mata air panas), geofisika (suhu, magnetik dan resistivitas), geokimia (CO₂ dan Hg) serta penginderaan jauh dengan data temperature. Alur teknik overlay ini ditunjukkan oleh gambar 3



Gambar 3. Diagram alir teknik overlay dalam menentukan potensi geotermal

Jika suhu permukaan ditunjukkan oleh osilasi panas melalui persamaan $T_0 \sin \omega t$ pada suatu permukaan dengan $z = 0$ untuk medium semi tak hingga dengan diffusivitas termal κ , maka suhu yang timbul dapat ditentukan menggunakan persamaan (1).

$$T(z, t) = T_0 \exp\left(-z\sqrt{\frac{\omega}{2\kappa}}\right) \sin\left(\omega t - z\sqrt{\frac{\omega}{2\kappa}}\right) \quad (1)$$

Dalam persamaan ini, temperatur mengekspansi yang nilainya sama dengan medium $T(z, t)$, termal diffusivity κ , kedalaman z dan perbedaan fase ω . Untuk monitoring temperatur dapat dilakukan dengan memasang sensor suhu LM35 pada pipa sepanjang 2 meter dan ditanam ke dalam tanah. Sensor panas dipasang pada setiap 50 cm atau 0.5 m. Jadi untuk monitoring suhu ini terdapat 5 buah sensor panas yang diukur secara kontinu, [11].

Model konseptual sistem panas bumi Jaboi

Secara teknis dapat dilakukan pemanfaatan potensi ini secara berjenjang di mana fluida yang telah diekstraksi energinya untuk membangkitkan listrik namun masih memiliki temperatur tinggi dapat dimanfaatkan secara langsung mengikuti prinsip perpindahan panas untuk keperluan lain [12].

Peta integrasi potensi panas bumi hasil kajian antara geosains dan penginderaan jauh akan dicek terlebih dahulu akurasi dan validasi. Validasi ini harus mewakili hasil klasifikasi untuk setiap parameter yang berkaitan dengan temperatur. Nilai akurasi harus sudah di *cross-check* kebenaran dan ketepatan ke semua arah meliputi; *producer's accuracy*, *user's accuracy* dan *overall accuracy* sehingga klasifikasi sampel yang digunakan telah memiliki nilai *kappa accuracy* yang standar. Nilai *kappa accuracy* mengacu pada standard NASA dan ESA dimana nilainya diatas 85%. [13]. Secara umum tahapan penelitian dan capaian yang ditargetkan dari penentuan potensi panas bumi jaboi berbagai kajian ilmu kebumihan (geologi, geofisika, geokimia dan penginderaan jauh dapat dilihat pada tabel 1.

Table.1

Error matrix accuracy estimates for models' classified images

Model Type	Model Description	Overall (%) Accuracy	Producer's (%) Accuracy	User's (%) Accuracy	Kappa (%) Accuracy
Geologi	Hot Springs	94.00	88.75	92.01	0.81
	Faults	98.18	93.52	95.68	0.89
Geofisika	Susceptibility	98.61	90.00	99.27	0.88
	Resistivity	98.18	96.95	96.95	0.94
Geokimia	CO ₂	98.00	94.90	94.90	0.89
	Hg	98.67	98.27	98.27	0.97
Remote Sensing	Temperature	97.31	95.74	96.53	0.93

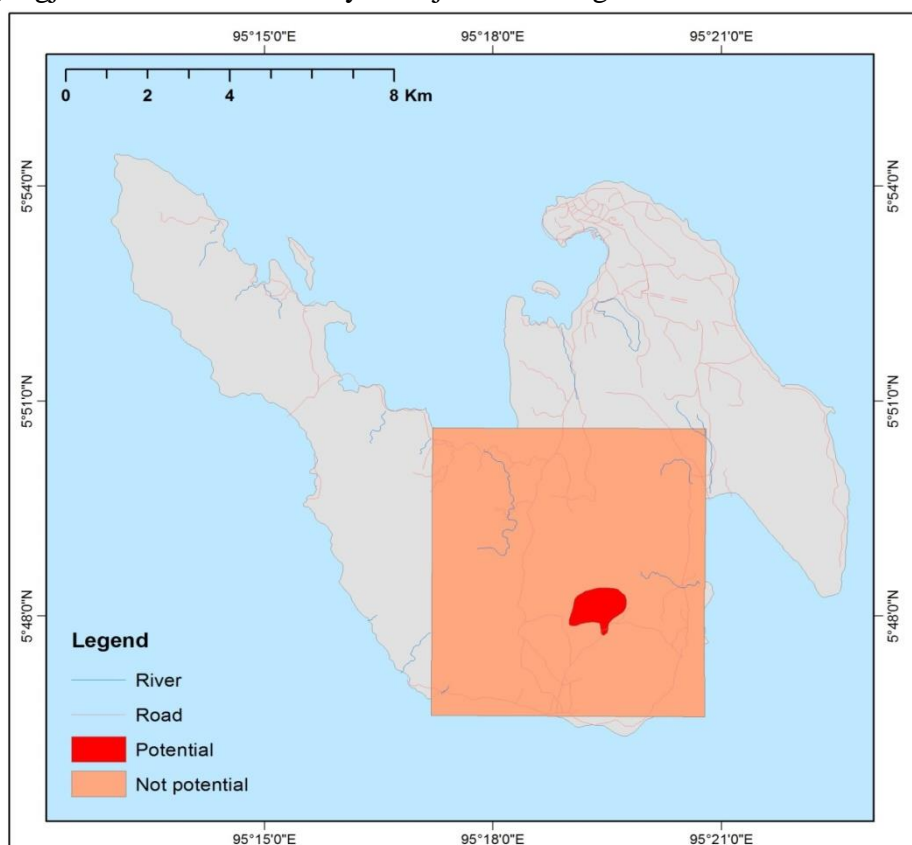
Table.2

Tabulasi nilai anomaly data 3GRS di lapangan panas bumi Jaboi, Sabang

Kategori	Parameter	Anomali	Referensi
Geologi	Patahan	Diperoleh melalui penyelidikan pada 4 patahan dan 5 mata air panas dar titik pengukuran.	Dikdik. 2006
	Mata air panas		
	Temperature	21°C to 38°C	Arif M. 2006
Geofisika	Magnetik	-725 to -115 nT	Ario M. 2006
		-115 to 345 nT	
	Resistiviti	345 to 750 nT rho < 50 Ω meter	Widodo and

		$\rho > 50$ to 100Ω meter	Suhanto. 2006
		$\rho > 100 \Omega$ meter	
	pH	1.75 to 5.25	
Geokimia	CO ₂	0.10 % to 5.5%	Dedi K. 2006
	Hg	449 ppb to < 3500 ppb	
Remote sensing	Temperature	22°C to 30°C	Isa M, 2013

Teknik overlay yang diterapkan mengikuti data geologi, geofisika, geokimia dan penginderaan jauh untuk menentukan potensi panas bumi suatu lapangan. Kombinasi ini memenuhi konsep teori dan aplikasinya ke semua arah, sehingga akurasi dapat dipertanggungjawabkan. Hasil overlay ditunjukkan oleh gambar 4.



Gambar 4. Hasil teknik overlay dalam penentuan potensi panas bumi Jaboi Sabang

Data geosains dan penginderaan jauh di proses menggunakan software PCI Geomatics dengan format ASCII. Data ini terlebih dahulu ditransformasi sehingga mempunyai kordinat yang sama. Prinsip interpolasi digunakan terutama pada menu *natural neighbour interpolation* (NNI). Kombinasi data harus dikoreksi sesuai dengan referensi terkait. *Image* gabungan inilah yang merepresentasi daerah yang potensi panas bumi di daerah penyelidikan.

Hasil penelitian ini merupakan suatu perubahan yang sangat baik dalam menentukan potensi panas bumi. Pengembangan teknik ini sangat murah, efisien dan dapat terus digunakan berterusan.

KESIMPULAN

Teknik overlay yang dikembangkan menggunakan data geologi, geofisika, geokimia dan penginderaan jauh dapat menentukan daerah potensi panas bumi, [12]. Kombinasi ini memenuhi konsep dan memudahkan melokalisir lokasi potensi panas bumi [13 & 14] terutama di lapangan panas bumi Jaboi, Sabang.

Image geologi meliputi mata air panas dan patahan mempunyai overall and kappa accuracy; (94.00%) and (0.80). Pada image geofisika diperoleh overall classification accuracy 98.61% and kappa accuracy (0.8816). *Image* geokimia meliputi gas CO₂ and Hg dengan overall accuracy (98.00%) and kappa accuracy (0.89). Selanjutnya pada image satelit atau parameter temperature menunjukkan overall classification accuracy (97.31%) and overall kappa accuracy (0.92).

Untuk pengembangan potensi panas bumi berkelanjutan maka diperlukan data bor dan data satelit dengan resolusi tinggi sehingga saat kombinasi akan menghasilkan potensi yang terpusat sebagai sumber energy baru dan terbarukan.

REFERENSI

- Setiadarma, D., and Hasan, AR. (2006). Geologi Panas Bumi Jaboi, Sabang, Provinsi Aceh Nanggroe Darussalam: Laporan Subdirektorat Panas Bumi Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral Indonesia.
- Widodo, S., and Suhanto, S. (2006). Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi Jaboi, Kota Sabang Nanggroe Aceh Darussalam. *Laporan Subdit Panas Bumi* - Direktorat Inventarisasi ESDM Badan Geologi.
- Telford, W. M., Geldart, R. E., Sheriff, R. E., and Keys, D. A. (1990). 2nd ed., *Applied Geophysics*, Cambridge University Press: New York.
- M. Isa, M. Z. Mat Jafri and H. S. Lim, Estimation of 2-D Temperature Distribution with Finite Difference Techniques in Geothermal area, Aceh Indonesia. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 5(12), 2011, pp.512-519, ISSN 1991-8178.
- Dedi, K., Supeno., and Edi, P. (2005). Penyelidikan Geokimia Panas Bumi Daerah Jaboi Kota Sabang, Nanggroe Aceh Darussalam.
- Siegal, B. S. (1980). *Remote Sensing in Geology*. New York: John Wiley and Son.
- Katili, J. A., and Hehuwat, F. (1980). Geotectonics of Indonesia a modern view on the Occurrence of large Transcurrent Fault in Sumatera, Indonesia.
- Hellman, M. J., and Ramsey, M. S. (2004). Analysis of Hot Springs and Associated Deposits in Yellowstone National Park using ASTER and AVIRIS remote sensing, *Journal of Volcano and Geothermal Research*. 135, 195-219.
- Foody, G. M. (2002). Status of land covers classification accuracy assessment. *Remote Sensing and Environment*, 80, 185-201.

- M. Isa., M. Z. Mat Jafri., and H. S. Lim, Comparison of Field Temperature versus Satellite Temperature in Geothermal area. **Publisher:** American Institute of Physics Conf. Proceeding, Vol.1528, 2013, pp.163, DOI: 10.1063/1.4803588.
- Iris Instrument. (1995). *ASTM D 5334 Standar Tes Method for Determination of Thermal Conductivity of Soil and Soft Rock by Thermal Needle Probe Procedure* Vol. 04
- Utami, P. (1998). Energi Panas Bumi: Sebuah Gambaran Umum. *Majalah ENERGI*,38-42.
- Fischer, M. M., and Getis, A. (2010). *Handbook of Applied Spatial Analysis Software Tools, Methods and Applications*. doi: 10.1007/978-3-642-03647-7, ©Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Noorollahi, Y., Itoi, R., Fujii, H., and Tanaka, T. (2007). GIS model for geothermal resource *exploration* in Akita and Iwate prefectures, northern Japan. *Computers & Geosciences*, 33 (4) 1008-1021.
- Prihadi, S., Kasbani., and Edi, S. (2010). Jaboi Geothermal Field Boundary, Nanggroe Aceh Darussalam Based on Geology and Geophysics Exploration Data. Proc. World Geothermal Congress Bali, Indonesia, 25-29 April 2010.

VARIASI TEMPERATUR, KECEPATAN ANGIN DAN TINGGI EFEKTIF PADA KAJIAN MIXING HEIGHT

SW Suciyati¹⁾

¹⁾Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Lampung

email: sri.wahyu@fmipa.unila.c.id

Abstract

Air pollution in urban areas has increased, it was characterized by a growing number of transportations, industrials and power plants. This study has calculated exposure concentrations were received in an area within 500 m of the emission source using analytical formula Gaussian Plume. Further studies on the relationship between mixing height and dilution of air pollutants at a certain height from the surface has been done. Outcomes of the research is the effective stack height data, ambient air temperature data, and the data pollutant concentration at a height of 200 m, 300 m, 400 m and 500 m. Description of analysis shows the behavior of pollutants after coming out from the stack is able to reach the area mixing height and perfectly diluted pollutants.

Keywords: *gaussian plume, mixing height, plume rise, pollutan dilution.*

PENDAHULUAN

Oksigen di bumi mengambil bagian sekitar 21 % dari keseluruhan udara, cukup untuk memenuhi kebutuhan hidup organisme di bumi. Permasalahannya, tidak semua udara di bumi aman dipakai makhluk hidup untuk melakukan respirasi, terutama di wilayah industri, wilayah jalan raya (perkotaan) atau wilayah dekat tempat pembuangan sampah akhir (TPA). Di wilayah tersebut, komposisi udara mengalami perubahan dengan masuknya zat pencemar seperti gas atau partikel dengan jumlah besar dalam jangka waktu tertentu sehingga menyebabkan pencemaran udara yang merugikan lingkungan hidup. Menurut BPLH DKI Jakarta (2013) kontribusi sumber pencemaran udara di perkotaan berasal dari transportasi (60-70%), gas buang cerobong industri (10-15%) dan sisanya dari pembakaran lainnya (pembakaran sampah, kegiatan rumah tangga, dan kebakaran hutan).

Akumulasi berbagai kegiatan masyarakat di perkotaan mengakibatkan kecenderungan meningkatnya pencemaran udara di wilayah perkotaan. Kegiatan-kegiatan tersebut telah melepas emisi atau zat buangan ke atmosfer, seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogen oksida (NO₂), dan sulfur dioksida (SO₂), dan dapat mengakibatkan pemanasan global berupa peningkatan suhu rata-rata di udara, laut dan daratan bumi (Greenpeace Indonesia, 2015).

Pencemaran udara berdasarkan faktor sumbernya terbagi dua, yaitu faktor internal yang berasal dari debu, abu dan gas-gas vulkanik serta proses pembusukan sampah, serta faktor eksternal berupa hasil pembakaran bahan bakar fosil, kegiatan industri, dan pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara (Wardhana, 2001). Faktor eksternal seringkali meresahkan karena berkaitan dengan kepentingan kemajuan teknologi dan peningkatan kemakmuran, sehingga diperlukan regulasi dan peraturan, terkait dampak yang ditimbulkan.

Sebagai contoh, limbah hasil pembakaran bahan bakar fosil pada pembangkitan energi listrik di industri umumnya dibuang melalui cerobong. Fungsi cerobong sebagai saluran buangan kegiatan industri ternyata menjadi salah satu jalan penyebaran polutan ke udara.

Paparan polutan pada suatu daerah perlu diprediksi dan sangat penting diketahui, tujuannya untuk melindungi dan menjaga keamanan, kesehatan dan kelangsungan hidup makhluk disekitarnya. Berbagai metode perhitungan prediksi konsentrasi polutan telah banyak diaplikasikan. Salah satu model pendekatan untuk memprediksi nilai penyebaran polutan yang diemisikan cerobong dengan jumlah konsentrasi tertentu adalah model analitik Gaussian Plume (Zanetti, 2000; El-Harbawi, 2013).

Model Gaussian merupakan model dispersi polutan menggunakan pendekatan matematik analitik, dimana perilaku sistem dapat dianalisis berdasarkan kontribusinya terhadap persamaan dispersi polutan. Model persamaan ini melibatkan ketinggian daerah percampuran (*mixing height*) selain ketinggian efektif, yaitu ketinggian area diatas permukaan bumi tempat terjadinya peristiwa dilusi polutan akibat turbulensi (Stull, 1988).

Faktor-faktor yang mempengaruhi dispersi dan dilusi asap seperti tinggi kepulan asap (*plume rise*), tinggi percampuran (*mixing height*) dan topografi wilayah terkait momentum dan buoyansi asap yang dilepaskan *stack* telah diteliti sebelumnya oleh I.R Ilaboya dkk., (2011). Model *Gaussian Plume* dipakai untuk memperoleh data konsentrasi yang selanjutnya dianalisis menggunakan analisis korelasi regresi linier. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tinggi efektif *stack* agar dispersi dapat berlangsung efektif adalah sekitar 1700 m, dibawah nilai ini polutan cenderung menuju level *ground*.

Penyebaran polutan menurut penelitian Juliani dkk., (2000) dipengaruhi oleh ketinggian cerobong (*stack*) yang berbanding terbalik dengan penyebaran polutan, besar kecepatan angin yang memperkecil konsentrasi polutan, arah angin dominan yang menentukan daerah sebaran polutan, besar jumlah konsentrasi yang keluar dari cerobong, serta kestabilan atmosfer akan mempengaruhi pola konsentrasi polutan yang menyebar ke lingkungan.

Pengembangan model Gaussian Plume yang dilakukan Ali dkk., (2012) menunjukkan bahwa konsentrasi partikel-partikel polutan pada level permukaan tanah besarnya mendekati $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sementara untuk pola sebaran polutan, Abdel-Wahab dkk., (2012) melakukan penelitian terhadap parameter dispersi plume pada arah lateral (σ_y) dan arah vertical (σ_z) dengan kondisi tak stabil yang diterapkan pada model *Gaussian Plume* untuk sumber titik. F Ujoh dan D Kwabe, (2014) melakukan pemodelan dispersi *plume* untuk sumber titik menggunakan analisis autokorelasi spasial. Mereka menyimpulkan bahwa penggunaan model Gaussian untuk memperkirakan naiknya kepulan (*plume rise*) pada sumber titik sangatlah efektif, ditunjukkan oleh hasil analisis autokorelasi spasial pada koefisien dispersi *plume* menghasilkan suatu grafik variogram yang dapat memperkirakan nilai-nilai konsentrasi plume pada wilayah sekitar pabrik industri yaitu 1 km hingga 10 km.

Penelitian-penelitian ini secara umum telah menggambarkan potensi model *gaussian plume* dalam memprediksi dispersi dan dilusi polutan. Prediksi ini masih terbatas pada perhitungan nilai konsentrasi polutan, belum menyentuh kajian efek *mixing height* sebagai area percampuran polutan udara. Untuk itu penelitian ini mengkaji tentang pengaruh *mixing height* dalam mengurangi pencemaran udara secara alami menggunakan aplikasi program berbasis persamaan *gaussian plume*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode simulasi matematis dan analisis deskripsi terhadap data keluaran model. Untuk simulasi matematis, dipakai perangkat lunak MATLAB 7.12, data primer, data sekunder dan data penelitian sebelumnya. Tahapan penelitian yang dilakukan mencakup pembuatan model komputasi berdasarkan persamaan distribusi *gaussian plume*, penentuan input data dan analisis data.

Tahapan pertama adalah pendefinisian bentuk persamaan Gaussian Plume untuk gas dan materi partikulat sebagai berikut,

$$C_{(x,y,z,H)} = \frac{Q}{2\mu\sigma_y\sigma_zU_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}$$

dengan C adalah konsentrasi polutan pada suatu titik (x, y, z) dalam mg³, Q adalah laju emisi dalam gs⁻¹, σ_y, σ_z adalah parameter penyebaran horizontal (y) dan vertikal (z), merupakan fungsi dari jarak (x), u adalah kecepatan angin rata-rata pada ketinggian cerobong (ms⁻¹), y kepulan horizontal dari *centerline* (m), x adalah kepulan vertikal dari permukaan (m), H adalah ketinggian efektif (m), h ketinggian cerobong dan $\Delta h (=dH)$ adalah tinggi kepulan di atas cerobong.

Selanjutnya persamaan tersebut diubah ke bentuk algoritma komputer empiris untuk dibuatkan kode sumber, dan diterjemahkan dalam bahasa pemrograman matlab. Tahapan berikutnya adalah pengaplikasian model dengan input data yang ada, kemudian menganalisis data keluaran yang berhubungan dengan kajian *mixing height*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dasar persamaan model gaussian plume adalah persamaan difusi adveksi yang diselesaikan secara analitik (Zanetti, 2000). Beberapa asumsi diambil untuk memperoleh persamaan gaussian plume, yaitu:

1. Aliran polutan yang keluar dari cerobong, akan naik hingga batas ketinggian setimbang.
2. Arah dan kecepatan angin dianggap konstan selama proses transport polutan dari sumber ke penerima.
3. Konsentrasi maksimum berada pada garis pusat kepulan asap.
4. Ketinggian garis pusat kepulan dianggap konstan.
5. Profil konsentrasi bentuk gaussian dianggap konsentrasi yang dirata-ratakan untuk sejumlah waktu tertentu, misalnya 10 menit atau 1 jam.
6. Tidak ada aliran polutan yang hilang dari kepulan, sehingga jika batas kepulan menyentuh permukaan tanah, maka dianggap semua polutan dipantulkan kembali ke atas tanah.

Pengambilan data dilakukan siang hari dengan pertimbangan bahwa pada siang hari ketinggian pencampuran terbentuk hingga mencapai nilai maksimumnya sekitar 2 km. Untuk penelitian ini *mixing height* diasumsikan sekitar 200 m – 400 m yang bervariasi harian (Sumaryati, 2014). Tabel 1. Menunjukkan klasifikasi stabilitas atmosfer Pasquill yang menghubungkan stabilitas atmosfer dengan kecepatan angin pada saat siang dan malam hari (Zannety, 2000).

Tabel 1.

Tabel kecepatan angin versus kondisi kestabilan atmosfer waktu siang dan malam hari.

Kec. Angin pada tinggi 10 m, (ms ⁻¹)	Siang			Malam	
	Strong	Mode-rate	Slight	>½ cloud	Clear to ½ cloud
< 2	A	A – B	B	-	-
2 – 3	A – B	B	C	E	F
3 – 5	B	B – C	C	D	E
5 – 6	C	C – D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Keterangan: A (sangat tidak stabil); B (tidak stabil); C (agak tidak stabil); D (netral); E (agak stabil); F (stabil); G (sangat stabil).

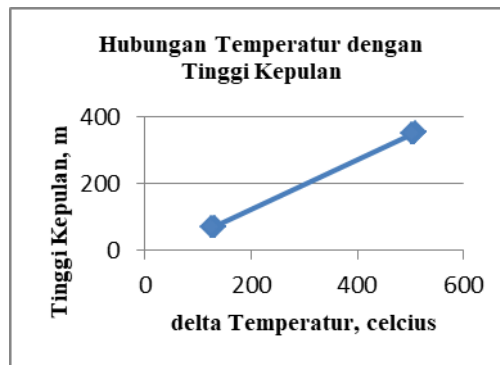
Penelitian ini menggunakan nilai kecepatan angin 2 ms⁻¹ dan 5 ms⁻¹. Merujuk data kecepatan angin pada tabel (1), secara teoritis keadaan atmosfer saat pengujian model adalah tidak stabil dan agak stabil (kelas B dan kelas C) dengan tingkat insolasi matahari moderat. Tabel (2) dan gambar (1) merupakan tabel pengamatan pengaruh perubahan temperatur ambient pada kenaikan kepulan. Pengamatan dilakukan pada wilayah urban berjarak 500 m dari sumber emisi dengan kondisi stabilitas kelas B (tidak stabil).

Tabel 2.

Pengaruh perubahan temperatur ambient terhadap kenaikan kepulan; u=2 ms⁻¹; stabilitas atmosfer B

Tp (°C)	Ta (°C)	dT (°C)	Hs, (m)	He(max), (m)	dH, (m)
160	28	132	20	203,775	183,775
160	30	130	20	201,683	181,683
160	34	126	20	197,47	177,47
538	28	510	200	1227,77	1027,77
538	30	508	200	1223,33	1023,33
538	34	504	200	1220,5	1020,5

Tinggi stack yang bervariasi dari 20 m dan 200 m (tabel 2) memperlihatkan adanya pengaruh pada kenaikan kepulan meskipun tidak terlalu dominan. Pengaruh stabilitas atmosfer terhadap kepulan asap adalah pada bentuk asap yang mengalir di udara. Stabilitas kelas B tergolong kondisi tidak stabil yang seharusnya bentuk aliran yang terjadi adalah turbulensi, namun dengan kecepatan angin rendah, olakan yang menggerakkan parcel-parcel polutan menjadi lemah dan angin tidak mampu untuk segera membelokkan kepulan ke arah horizontal. Keadaan ini menyebabkan kepulan dari polutan tidak mudah bercampur dengan udara ambient, dan kepulan dapat mencapai ketinggian diatas 1000 m.



Gambar 1. Grafik pengaruh perubahan temperatur terhadap kenaikan keputan; $u=2\text{m/s}$ dan stabilitas atmosfer B

Tinggi stack 20 m mempengaruhi tinggi keputan yang hanya mencapai 183,775 m (28°C) hingga 177,47 m (34°C). Tinggi ini belum mencapai area *mixing height* sehingga kemungkinan polutan tidak akan tercampur homogen dengan udara ambient. Nilai tambah yang diberikan oleh tinggi stack menjadikan jangkauan keputan polutan mampu mencapai area *mixing height* sehingga konsentrasi polutan yang terukur (tabel (3)) sangat kecil. Nilai konsentrasi ini mengindikasikan polutan tercampur homogen dengan udara ambient dan terdilusi dengan sempurna. Sementara untuk tinggi stack 200 m dan temperatur stack 538°C keputan polutan (1027,77 m – 1020,5 m) telah melampaui area *mixing height*, sehingga emisi gas buang polutan tidak bermasalah bagi reseptor. Hal menarik dari tabel (3) menunjukkan pengaruh tinggi stack, dan tinggi vertikal dalam proses dilusi polutan udara.

Karakteristik *mixing height* yang bervariasi tiap harinya tergantung pada insolasi matahari dan temperatur harian. Dari tabel (3) terlihat bahwa tinggi efektif stack 203,775 m telah membantu aliran polutan ke arah vertikal hingga 500 m dan nilai konsentrasi terukur sangat kecil yaitu $6,09 \times 10^{-7} \text{ mg/m}^3$. Ketika tinggi efektif stack 1227,77 m, konsentrasi polutan mengalami anomali yang ditandai oleh kenaikan nilai konsentrasi polutan pada lapisan batas atas *mixing height*. Pada lapisan ini polutan tidak mengalami olakan akibat turbulensi namun akan terakumulasi dan mengalir perlahan menuju tempat yang lebih jauh (Ali, dkk., 2011; Ilaboya, dkk., 2012). Reseptor pada lokasi yang lebih dari 500 m menjadi berpotensi mengalami pencemaran udara. Keadaan ini membuktikan bahwa proses dilusi polutan tidak sepenuhnya berhasil meskipun stack dibangun dengan sangat tinggi, seperti pada kasus ini.

Tabel 3.

Hubungan konsentrasi polutan dengan jarak vertikal pada $u = 2 \text{ ms}^{-1}$, stabilitas B, dan $T_a = 28^{\circ}\text{C}$ (hari-1)

Hs, (m)	He, (m)	z, (m)	C(mg/m^3)
20	203,775	200	$1,909 \times 10^{-5}$
		300	$1,148 \times 10^{-5}$
		400	$3,65 \times 10^{-6}$
		500	$6,09 \times 10^{-7}$
200	1227,77	200	$7,96 \times 10^{-7}$
		300	$5,21 \times 10^{-6}$
		400	$1,79 \times 10^{-5}$
		500	$3,21 \times 10^{-5}$

Pada tabel (4), kecepatan angin yang meningkat dan kondisi agak tidak stabil (C), menunjukkan pengaruhnya pada kenaikan kepulan. Selain pengaruh perubahan temperatur ambient, kecepatan angin yang meningkat yaitu 5 m/s juga berdampak pada tinggi kepulan polutan gas. Kecepatan angin arah horizontal yang cukup kuat, memaksa kepulan untuk membelokkan arahnya searah angin dan bereaksi dengan volume udara sekitarnya. Parsel-parcel polutan akan mengalami olakan kuat akibat aliran angin, sehingga volume udara ambient dapat tercampur homogen dengan volume polutan gas. Selanjutnya polutan yang menyebar ke permukaan bumi adalah polutan yang telah mengalami dilusi kadar konsentrasinya.

Tabel 4.

Pengaruh perubahan temperatur ambient terhadap kenaikan kepulan; $u=5$ m/s; stabilitas atmosfer C.

TP ($^{\circ}$ C)	Ta ($^{\circ}$ C)	Hs ($^{\circ}$ C)	He(max), m	dT, m	dH, m
160	28	20	91,006	132	71,006
160	30	20	90,198	130	70,198
160	34	20	88,57	126	68,57
538	28	200	553,92	510	353,92
538	30	200	553,087	508	353,087
538	34	200	551,414	504	351,414

Tabel 5.

Hubungan konsentrasi polutan dengan jarak vertikal pada $u = 5$ ms^{-1} , stabilitas B, dan $T_a = 28$ $^{\circ}$ C (hari-1)

Hs, (m)	He, (m)	z, (m)	C(mg/m^3)
20	91,006	200	$7,446 \times 10^{-7}$
		300	$7,5247 \times 10^{-8}$
		400	$2,0273 \times 10^{-9}$
		500	$1,4417 \times 10^{-11}$
200	553,921	200	$1,2241 \times 10^{-6}$
		300	$3,0042 \times 10^{-6}$
		400	$1,9434 \times 10^{-6}$
		500	$3,314 \times 10^{-7}$

Tabel (5) menunjukkan hubungan tinggi stack, dan tinggi efektif stack terhadap nilai konsentrasi polutan yang terdispersi vertikal (200 m – 500 m) dan horizontal pada jarak pengamatan 500 m dari sumber emisi. Pada saat tinggi efektif stack 91,006 m, dan tinggi pengukuran vertikal 200 m, konsentrasi polutan terukur sangat kecil yaitu $7,446 \times 10^{-7}$ mg/m^3 . Nilai ini mengindikasikan bahwa polutan tercampur sempurna di area *mixing height*, tempat dimana proses pencampuran polutan gas buang stack dengan udara ambient tercampur homogen. Ini berarti proses dilusi berlangsung sempurna dan kemungkinan akan terjadi pencemaran udara di wilayah ini sangat kecil.

Untuk nilai tinggi efektif 553,921 m, terjadi peningkatan pada nilai konsentrasi terukur pada tinggi vertikal 200 m – 500 m dibandingkan dengan nilai terukur pada tinggi efektif 91,006 m. Meskipun nilai ini masih sangat kecil untuk berdampak pada reseptor dengan jarak 500 m dari sumber emisi, namun adanya peningkatan ini mengindikasikan bahwa ada bagian

polutan yang tetap mengalir searah angin horizontal. Indikasi ini juga menunjukkan proses dilusi tidak sepenuhnya berhasil meskipun kecepatan angin cukup kuat dan tinggi efektif besar. Dampak yang akan dirasakan pada reseptor yang berjarak lebih dari 500 m dari sumber merupakan akumulasi tahunan dari emisi polutan gas buang stack.

KESIMPULAN

Mixing height sebagai tempat pencampuran sempurna polutan udara telah bekerja secara alami dalam proses dilusi polutan, terutama untuk wilayah yang berdekatan dengan sumber emisi. Kecepatan angin menjadi faktor penting dalam mendukung proses dilusi polutan, dimana nilai konsentrasi terukur pada tinggi vertikal 200 m untuk kecepatan angin 2 ms^{-1} dan tinggi efektif 203,775 m adalah $1,909 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$, sedangkan nilai konsentrasi terukur pada tinggi vertikal 200 m untuk kecepatan angin 5 ms^{-1} dan tinggi efektif 91,006 m adalah $7,446 \times 10^{-7} \text{ mg/m}^3$.

Ucapan Terimakasih

Penulis ingin berterimakasih kepada Kemristekdikti dan LPPM Universitas Lampung atas terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- El-Harbawi, M., 2013. Air Quality Modelling, simulation, and computational methods: a review. *Environment Review*, 21: 149-179
- Abdel-Wahab, M.M., Khaled S.M Essa, Mokhtar Embaby, dan Sawsan E.M.Elsaid, 2013. Derivation the *Scheme* of Lateral and Vertical Dispersion Parameters: Application in Gaussian Plume Model. *Open Journal of Air Pollution*, 2: 19-24. Scientific Research.
- Ali, Z., Ubaidullah, Zahid, M.N., Osman, K., 2012. Optimization of Stack Emission Parameters Using Gaussian Plume Model. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 58(2012) suppl 2, 45-51, eISSN 2180-3722, ISSN 0127-9696. UTM Press.
- Arya, S.P., 2001. Introduction to Micrometeorology, second edition. Academic Press, London.
- F Ujoh, dan D Kwabe, 2014. Modelling Plume dispersion Pattern from a Point source using Spatial Auto-correlation Analysis. *8th International Symposium of the Digital Earth (ISDE8)*, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 18 (2014) 012077. IOP Publishing.
- Ilaboya, I.R, E. Atikpo, L. Umukoro, F.E. Omofuma dan M.O Ezugwu, 2011. Analysis of the Effects of *Mixing Height* and Other Associated Factors on the Effective Dispersion of Plume. *Iranica Journal of Energy & Environment* 2 (2): 153-160, ISSN 2079-2115.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2007. *Memprakirakan Dampak Lingkungan: Kualitas Udara*, buku yang diterbitkan oleh Deputi bidang Tata Lingkungan.
- Muhammad, A dan Nurbianto, B., 2006. Jakarta Kota Polusi (Menggugat hak atas udara bersih). Jakarta. LP3S.

- Warlina, L., 2008. Estimasi Emisi Dioksin/Furan dan Faktor-faktor yang mempengaruhi Konsentrasi Emisi ke Udara yang berasal dari Industri Logam. *Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi*, 9 (1): 11-20.
- Juliani, R., 2000. *Pola Penyebaran Emisi Gas dari Limbah Industri di Kota Medan dengan Menggunakan Model Estimasi Dispersi Atmosferis*. Medan: Medan Estate.
- Sumaryati, Samiaji, T., Indrawati, A., 2014. *Mixing Height di atas Gunung Api di Sumatera terkait dengan Penyebaran SO₂ vertikal (studi kasus: gunung Krakatau, Marapi, dan Sinabung tahun 2011)*. *Lingkungan Tropis*, 8(1): 39-47.
- Suryani, Sri, Gunawan dan Upe, Ambo, 2010. Model Sebaran Polutan SO₂ pada Cerobong Asap PT. Semen Tonasa. Disampaikan pada *Kongres dan Seminar Nasional Badan koordinasi Pusat Studi Lingkungan Hidup se Indonesia ke XX*, 14-16 Mei, Pekanbaru, Riau.
- Stull, R.B., 1988. *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, London. ISBN 90-227-2768-6
- Zanetti, P., 2000. *Air Pollution Modeling: Theories, Computational Methods and Available Software*, Springer Science+ business media, LLC
- Greenpeace Indonesia, 2015. <http://www.greenpeace.org/seasia/id/PageFiles/695938/laporan-ringkas-ancaman-maut-pltu-batubara.pdf>.

STUDI KESTABILAN THERMAL BERDASARKAN PERUBAHAN CARBONIL INDEX POLIMER NANOKOMPOSIT

Diana Alemin Barus¹, Basuki W²

¹Departemen Fisika FMIPA USU

²Departemen Kimia FMIPA USU

dianabrs34@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan suatu studi tentang ketahanan polimer nanokomposit dalam kondisi thermal dan kerusakan karena pengaruh lingkungan melalui percepatan dengan proses pemanasan pada oven Wallace sampai polimer nanokomposit rusak . Pengaruh nanofiler mempercepat degradasi polimer nanokomposit yang ditunjukkan dengan adanya perubahan carbonil index pada sampel polimer nanokomposit sehingga polimer nanokomposit merupakan material ramah lingkungan. Kestabilan termal ditunjukkan berdasarkan perubahan gugus karbonil spektrum FTIR, sedangkan perubahan pengaruh temperatur diperoleh dengan Thermogravimetry Analysis(TGA) yang tidak menunjukkan angka yang signifikan. Hasil FTIR sampel polimer nanokomposit dievaluasi dengan membandingkan perubahan gugus karbonil ($1850-1650\text{ cm}^{-1}$) sebelum dan setelah proses pemanasan pada oven wallace berdasarkan lamanya pemanasan.

Keywords: Nanokomposit, FTIR, Thermogravimetry Analysis , Carbonil index.

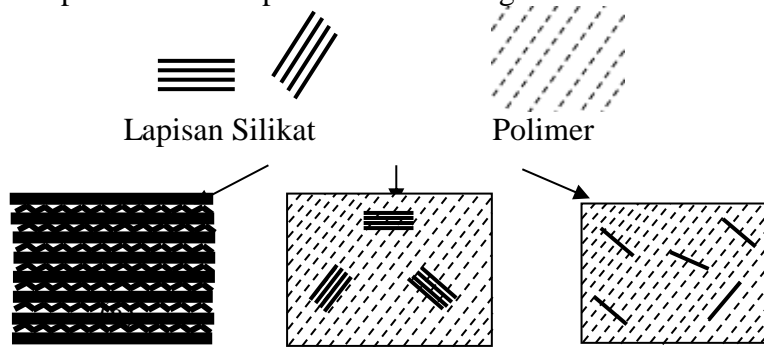
PENDAHULUAN

Polimer nanokomposit memiliki sifat mekanis, kestabilan thermal dan ketahanan api dengan menunjukkan degradasi thermal yang sempurna sehingga digolongkan polimer yang ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat laju degradasi akibat lamanya pemanasan yang merupakan akselerasi pemanasan dengan oven Wallace yang merupakan salah satu faktor kerusakan prematur dari polimer nanokomposit berdasarkan pengamatan perubahan gugus karbonil yang ditunjukkan dengan karbonil indeks. Perubahan karbonil indeks diamati berdasarkan spektrum FTIR. Sampel-sampel polimer nanokomposit dibuat dengan variasi kandungan polimer dengan modifikasi kimia dari montmorillonite dengan penyerasi dan stabilisasi . Sampel ditempatkan di lingkungan oksidasi thermal selama periode waktu pemanasan sampai terjadi degradasi menjadi rapuh (embrittlement). Pemanasan dilakukan sebagai eksposure evaluasi ketahanan jangka panjang dari produk-produk polimer terutama polimer nanokomposit dalam aplikasi diatas temperatur kamar sebagai proses percepatan penuaan (*accelerated ageing*).

Polimer telah menunjukkan banyak kemajuan di bidang teknologi. Untuk mendapatkan bahan polimer bagus yaitu semakin kuat sifat mekanisnya , peranan teknologi nano melalui nanokomposit telah memiliki peran besar terhadap polimer yang menggunakan bahan pengisi

montmorillonite (clay) , carbon nanotube dan lapisan silikat berlapis untuk menguji ketahanan polimer terhadap thermal dan oksigen.



Gambar 1. Struktur Material Polimer Nanokomposit
 (a) Susunan Lapisan Clay Interkalasi dengan Rantai Polimer
 (b) Interkalasi
 (c) Eksfoliasi

Polipropilena clay nanokomposit mengalami proses polimerisasi secara interkalasi dan eksfoliasi sehingga partikel-partikel terdispersi ke dalam polimer dapat dilihat pada Gambar 1.

Proses interkalasi dan eksfoliasi ini merupakan proses polimer clay nanokomposit yang membedakan polimer ini dari polimer konvensional ataupun polimer mikrokomposit lainnya. Pada polimer nanokomposit menggunakan 0-5 % berat bahan penguat ataupun pengisi sedangkan pada polimer konvensional menggunakan 30-60% sebagai bahan pengisi dan penguat lainnya. Polimer Nanokomposit terdiri dari clay yang bersumber dari mineral montmorillonites (MMT) yang digunakan sebagai penguat berskala nano terdispersi dengan baik secara interkalasi maupun eksfoliasi. Montmorillonites ini juga sangat baik dipakai sebagai material tahan api pada proses degradasi dan pembakaran polimer, memperbaiki kompatibilitas antara polimer dan mineral sehingga ramah lingkungan bila ditinjau dari sifat degradasi thermal.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan terdiri dari komponen-komponen polimer sebagai pengisi, aditif, antioksidan dan stabiliser. Polimer yang digunakan adalah polipropilena dan dengan melt flow index (MFI) 2,1 . Montmorillonite disimbolkan Clay G merupakan *organo-modified layered silicate*. Kompatibiliser digunakan polipropilena maleated (1% *maleic anhydride*). Antioksidan dipakai Irganox 1010 dari Ciba Specialty Chemicals dengan formula: $[HOC_6H_2[C(CH_3)_3]_2CH_2CH_2CO_2CH_2]_4C$

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Brabender Torque Rheometer , Hot-Press (Bradley & Turton,UK). Oven Wallace, FTIR, Timbangan digital.

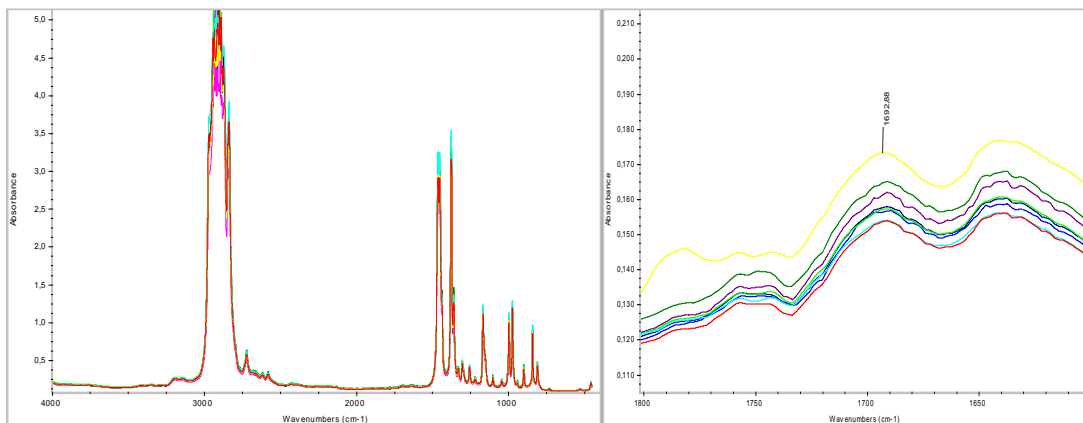
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh kehadiran Oksigen menyebabkan degradasi thermal pada polimer dan clay bersifat impermeable terhadap molekul oksigen. Terjadi interaksi yang kuat antara polimer , stabiliser dan clay karena molekul stabiliser bersifat polar berukuran kecil sehingga matriks polimer tidak terlindungi dan laju degradasi semakin cepat. Modifikasi dan penambahan nanopartikel sangat diperlukan untuk meningkatkan degradasi polimer , meningkatkan stabilitas thermal polimer nanokomposit. Polimer yaitu Polipropilena (PP) merupakan salah

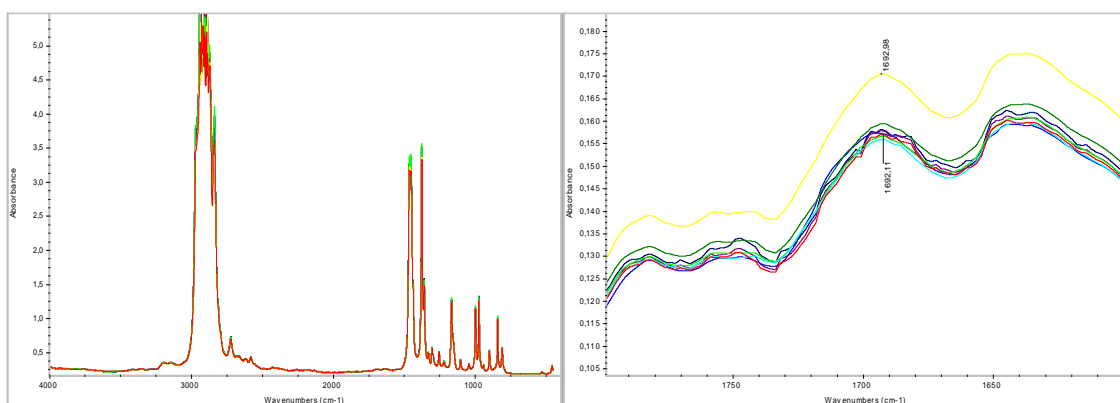
satu dari poliolefin bersifat polar hidropobik yang kurang kuat berinteraksi dengan partikel clay yang bersifat non polar hidrophilik, tetapi karena montmorillonite (clay) ini mengalami proses interkalasi ataupun eksfoliasi sehingga terdispersi bagus pada matriks polimer dengan sifat fisik dan mekanik semakin bagus. Hal ini yang membedakan antara polimer nanokomposit konvensional dan komposit polimer yang biasa (konvensional, cara lama).

Pengaruh clay dan bahan penyerasi menunjukkan laju oksidasi nanokomposit PP/ PP kompatibiliser / PP MMT lebih cepat daripada PP murni. Pengaruh clay dan penyerasi terlihat pada perubahan karbonil indeks berdasarkan lamanya pemanasan pada oven sebagai proses akselerasi terhadap perubahan suhu.

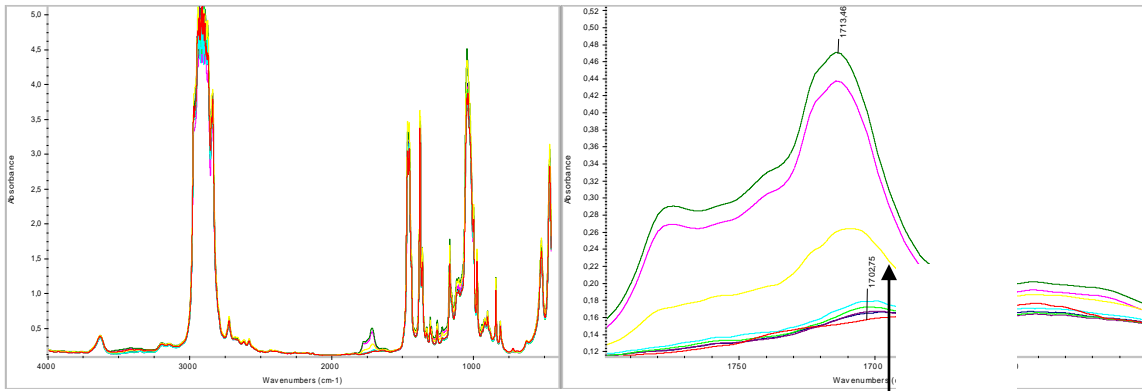
Hasil FTIR untuk sampel dapat dilihat dengan membandingkan perubahan gugus karbonil ($1850 - 1650 \text{ cm}^{-1}$) sebelum dan setelah proses pemanasan yang ditunjukkan dalam spektrum evolusi serta grafik karbonil indeks berubah terhadap waktu lamanya pemanasan untuk clay montmorillonites yang berbeda. Kerusakan sampel (*embrittlement*) dipengaruhi oleh penambahan clay maupun stabiliser dan antioksidan sehingga menunjukkan kenaikan perubahan yang berbeda terhadap perubahan gugus karbonil pada puncak-puncak spektrum. Sedangkan sampel dengan polimer murni tanpa penambahan clay maupun stabiliser dan antioksidan belum mengalami kerusakan. Gambar 2 sampai dengan Gambar 5 menunjukkan evolusi gugus karbonil dari beberapa variasi sampel polimer nanokomposit setelah mengalami pemanasan dengan oven wallace sebagai sebagai proses percepatan penuaan (*accelerated ageing*). Sedangkan gambar 6 menunjukkan hasil TGA yang tidak mengalami perubahan yang signifikan pada proses polimer nanokomposit.



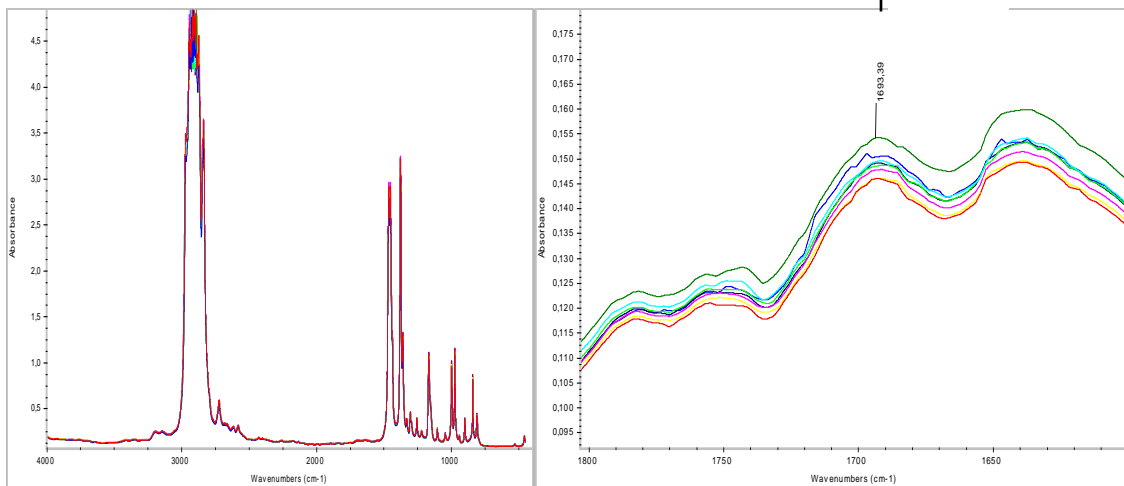
Gambar 2 : Polimer (PP)



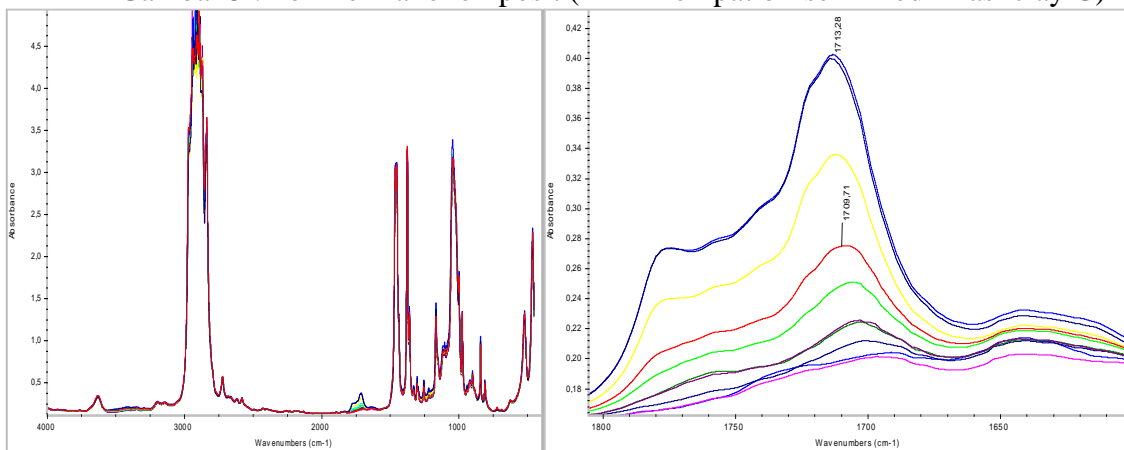
Gambar 3 : Polimer nanokomposit (PP+ kompatibiliser)



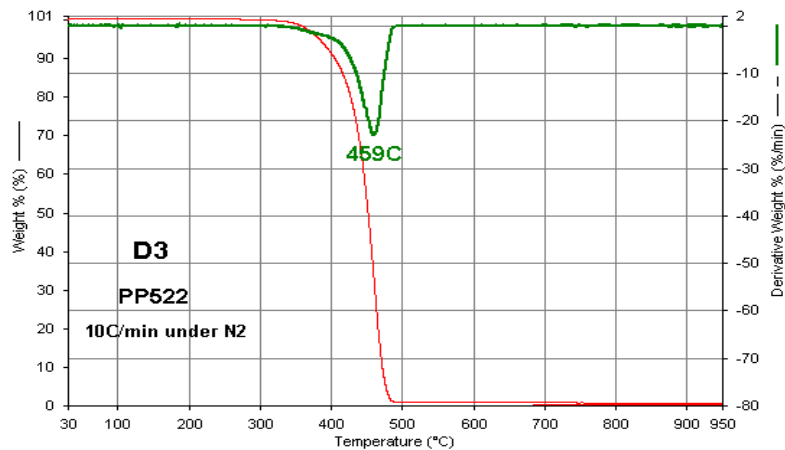
Gambar 4 : Polimer nanokomposit (stabilisasi dari PP+k... iser)



Gambar 5 : Polimer nanokomposit (PP + kompatibeliser +modifikasi clay G)



Gambar 6 : Polimer nanokomposit (stabilisasi dari PP+kompatibiliser +modifikasi Clay G)



Gambar 7: TGA Polimer nanokomposit

Sampel	Carbonyl Index	Lamanya waktu Kerusakan (<i>Embrittlement</i>) JAM
Polipropilena (PP) murni	0,126	1387
PP + Kompatibiliser	0,112	1007
Stabilisasi dari (PP + Kompatibiliser + Antioksidan)	3,298	1387
PP+Kompatibiliser+ Clay G	4,256	578
Stabilisasi dari (PP + Kompatibiliser + Clay G + Antioksidan)	2,5	982

Tabel 1. Carbonyl Index untuk Sampel Polimer Nanokomposit

Tabel 1. menunjukkan angka carbonyl indeks dari sampel polimer nanokomposit terhadap lamanya pemanasan pada oven wallace. Perubahan carbonyl indeks sangat dipengaruhi oleh penambahan kompatibiliser , antioksidan, clay G . Hal ini menunjukkan sifat kestabilan termal pada polimer nanokomposit yaitu lamanya proses kerusakan yang terjadi pada sampel sehingga memiliki sifat kestabilan yang baik dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Perubahan gugus karbonil karena penambahan kompatibiliser dan anti oksidan dalam proses *melt blending* karena dapat meningkatkan interaksi antara clay dan polipropilena dimana polipropilena (PP) yang bersifat non polar, hidrophobik dan kurang kuat berinteraksi dengan partikel clay yang bersifat polar hidrofilik.

Berdasarkan analisa FTIR, gugus karbonil untuk sampel PP+kompatibiliser dengan clay (montmorillonite) yang membentuk polimer nanokomposit sangat bagus yang berarti menunjukkan kestabilan thermal yang baik dengan degradasi yang lebih cepat akibat pemanasan. Material komposit yang memiliki kestabilan thermal yang bagus akan merupakan material yang bersifat ramah lingkungan.

Polipropilena dengan clay yang membentuk polimer nanokomposit merupakan bahan material nano yang baru dan sangat menjanjikan karena sifat-sifat thermal yang cukup bagus. Oleh karenanya polimer konvensional pada masa lampau akan segera ditinggalkan dan

beralih kepada nanokomposit dengan menggunakan clay yang terdispersi secara interkalasi maupun eksfoliasi. Polimer dengan polipropilena murni tidak menunjukkan ramah lingkungan karena tidak mengalami perubahan pada gugus karbonil setelah mengalami pemanasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ellis, T.S. and D'Angelo, J.S. 2003. Thermal and Mechanical properties of a Polypropylene Nanocomposite,' *J. Appl. Polym. Sci.*, 90, 1639-1647 .
- Florencio G. Ramos Filho, et al. 2005. Thermal Stability of nanocomposites based on polypropylene and bentonite, *Pol Degradation and Stability*, 89, 383-392.
- Gorrasi G, Tortora M, Vittoria V, Kaempfer D, Mulhaupt R. *Polymer* 2003;44:3679-85.
- Lee JY, Lee HK. *Material Chemical Physics* 2004;85:410-5.
- Ray SS, Okamoto M. *Prog Polym Sci* 2003;28:1539-641.
- S. Al-Malaika, G. Scott, B. Wirjosentono. 1993. " Mechanisms of antioxidant action: polymer-bound hindered amines by reactive processing". Part III Effect of reactive antioxidant structure, *Polym. Degrad. Stab.* 40, p233-238.
- S. Al-Malaika. 2003. Oxidative Degradation and Stabilization of Polymers, *Materials Reviews*, Vol. 48 No. 3, pp165.

VISUALISASI DISTRIBUSI SUHU PADA BAHAN HOMOGEN DAN MULTILAYER MENGGUNAKAN METODE BEDA HINGGA

SW Suciyati, Warsito*, dan Fahad Almafakir

Jurusan Fisika FMIPA Unila

E-mail: warsito@fmipa.unila.ac.id

ABSTRACT

Temperature distribution is a physical phenomenon of energy transfer that can be visualized using mathematical models. The solution of a time-dependent mathematical model such as the temperature distribution of homogeneous and multilayer materials can not be solved analytically, so numerical methods are required. This paper aims to visualize the relation of material properties to the process of temperature distribution using the diffusion and Laplace equations. The system model is a homogeneous material (aluminum and silver) and multilayer (aluminum-silver-aluminum) which are applied by heat source in the center of the material. Furthermore, time-dependent numerical solutions of systems has been given by finite difference schemes. The results show that visualization of temperature distribution of Ag materials is faster than Al material, and the temperature distribution of multilayer Al-Ag-Al material is faster than Ag-Al-Ag. This condition was caused by coefficient diffusivity of Ag materials is greater than Al material, so that the temperature of the Ag material is more quickly distributed to other parts of the material.

Keywords: *temperature distribution, energy transfer, multilayer, coefficient diffusivity.*

PENDAHULUAN

Distribusi suhu lebih dikenal dengan *heat transfer* merupakan fenomena fisis yang disebabkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara material (Long dan Sayma, 2009). Energi ini tidak dapat diukur atau diamati langsung, namun arah perpindahan dan pengaruhnya dapat diamati dan dihitung. Fenomena distribusi suhu dapat dimodelkan secara matematis menggunakan Persamaan Diferensial Parsial (PDP) yang melibatkan lebih dari satu variabel independen (Sianipar, 2013). PDP yang berkaitan dengan distribusi suhu adalah PDP parabolik dengan persamaan pembangun utama adalah persamaan difusi.

Pada saat sistemnya kompleks dan bergantung waktu, proses distribusi suhu tidak dapat diselesaikan secara analitik, sehingga diperlukan pendekatan secara numerik. Penyelesaian PDP parabolik dengan pendekatan metode numerik dapat dilakukan menggunakan metode langsung, yaitu penggunaan skema pendekatan seperti skema eksplisit, implisit Crank-Nicolson dan metode tidak langsung atau metode iteratif, seperti metode *Successive Over Relaxation* (SOR) (Fadugba, 2013).

Beberapa penelitian mengenai distribusi suhu banyak dilakukan antara lain oleh Fredy (2009) yang mensimulasikan distribusi panas di suatu luasan berdimensi dua dan diselesaikan menggunakan metode elemen hingga, sementara Sailah (2010) mensimulasikan distribusi suhu satu dimensi menggunakan metode beda hingga implisit skema Crank-

Nicolson tanpa visualisasi grafik. Analisis distribusi suhu selanjutnya dikembangkan oleh Supardiyono (2011) pada setiap titik dari pelat dua dimensi menggunakan metode beda hingga, dengan keadaan sistem dianggap *steady*. Berdasarkan penelitian-penelitian ini, selanjutnya akan dikaji bagaimana visualisasi distribusi suhu untuk bahan homogen dan bahan multilayer di berbagai keadaan sistem.

KAJIAN LITERATUR

Perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi dan radiasi (Li, 2015). Pada bahan logam yang dipanaskan, terjadi perpindahan panas secara konduksi yang dinyatakan oleh **Persamaan 1**,

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

dengan

q = perpindahan panas (w)

A = luas penampang dimana panas mengalir (m^2)

$\frac{dT}{dx}$ = gradien suhu pada penampang atau laju perubahan suhu T terhadap jarak dalam aliran panas x

k = konduktifitas termal ($w/m \text{ } ^\circ C$)

(Long dan Seyma, 2009).

Apabila suatu bahan dipanaskan, maka terjadi transper panas yang terdistribusi ke setiap bagian bahan. Dengan menerapkan hukum kekekalan energi pada suatu volume kontrol diperoleh persamaan difusi panas, **Persamaan 2**, yaitu

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \dot{q} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (2)$$

dengan ρ , k dan c_p adalah konstanta-konstanta yang menentukan nilai difusivitas termal bahan dan dirumuskan sebagai,

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p}. \quad (2. a)$$

Jika tidak ada energi yang terdegradasi atau sumber internal panas $\dot{q} = 0$, maka persamaan 2 dapat dituliskan,

$$\alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (2. b)$$

untuk dua dimensi dituliskan,

$$\alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (2. c)$$

dan untuk satu dimensi,

$$\alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) = \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (2. d)$$

dengan

\dot{q} = energi tergenerasi per unit volume = 0 (W/m^3)

ρ = kerapatan bahan (kg/m^3)

k = konduktifitas termal ($W/m \text{ } ^\circ C$)

c_p = panas spesifik ($k\text{kal}/k\text{g}^\circ\text{C}$)
 α = difusivitas termal bahan (m^2/s)
 (Incropera dan Dewitt, 2011).

Metode beda hingga diperoleh dengan menggunakan deret Taylor. Deret Taylor fungsi satu variabel sekitar x diberikan sebagai berikut:

$$f(x + \Delta x) = f(x) + f'(x)\Delta x + \frac{f''(x)}{2!}\Delta x^2 + \dots,$$

atau

$$f(x - \Delta x) = f(x) - f'(x)\Delta x + \frac{f''(x)}{2!}\Delta x^2 - \dots,$$

Deret Taylor ini dikenal tiga skema pendekatan beda hingga, ditunjukkan pada **Gambar 1**:

a. pendekatan beda maju (Eksplisit)

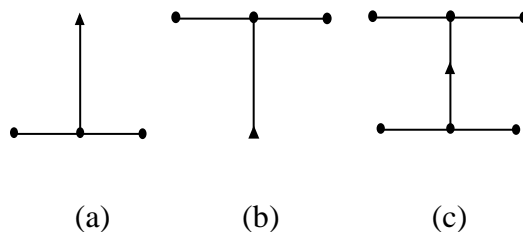
$$f'(x) \approx \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{h},$$

b. pendekatan beda mundur (Implisit)

$$f'(x) \approx \frac{f(x) - f(x-\Delta x)}{h},$$

c. pendekatan beda pusat (Crank-Nicolson)

$$f'(x) \approx \frac{f(x + \Delta x) - f(x - \Delta x)}{2h},$$



Gambar 1. Skema metode beda hingga (a) Eksplisit, (b) Implisit dan (c) Crank-Nicolson (Hofman, 2002).

Bentuk satu dimensi bahan homogen (**Persamaan 2.d**) dapat ditulis sebagai,

$$T_t(x, t) = T_{xx}(x, t), \quad (4)$$

menggunakan metode Crank-Nicolson satu dimensi **Persamaan 4** berbentuk,

$$\frac{T_{i,j,k}^{n+1} - T_{i,j,k}^n}{\Delta t} = \frac{\alpha}{2} \left\{ \frac{T_{i+1,j,k}^n - 2T_{i,j,k}^n + T_{i-1,j,k}^n}{\Delta x^2} + \frac{T_{i+1,j,k}^{n+1} - 2T_{i,j,k}^{n+1} + T_{i-1,j,k}^{n+1}}{\Delta x^2} \right\}, \quad (4.a)$$

dengan mensubstitusi $r = \frac{\Delta t \cdot \alpha}{\Delta x^2}$, maka **Persamaan 4.a** menjadi,

$$(2 + 2r) T_{i,j,k}^{n+1} - r(T_{i+1,j,k}^{n+1} + T_{i-1,j,k}^{n+1}) = (2 - 4r) T_{i,j,k}^n + r(T_{i+1,j,k}^n + T_{i-1,j,k}^n). \quad (4.b)$$

Persamaan satu dimensi untuk bahan *multilayer* seperti **Gambar 2** (Hickson, et al., 2009), diturunkan menggunakan kesesuaian difusivitas sehingga **Persamaan 2.c** dapat ditulis kembali sebagai,

$$\frac{\partial}{\partial x} \alpha_i \left(\frac{\partial T_i}{\partial x} \right) = \frac{\partial T_i}{\partial t}, \quad i = 1, 2, 3 \dots, n \quad (5)$$

$$T_a = T_b; T_b = T_c \quad (5. a)$$

$$\alpha_1 \left(\frac{\partial T_a}{\partial x} \right) = \alpha_2 \left(\frac{\partial T_b}{\partial x} \right)$$

dan

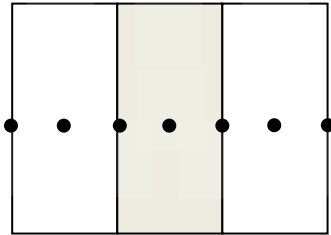
$$\alpha_2 \left(\frac{\partial T_b}{\partial x} \right) = \alpha_3 \left(\frac{\partial T_c}{\partial x} \right), \quad (5. b)$$

Pada *interface* $x = x_i$, *layer* menggunakan standar waktu, orde pertama, dan jarak, orde dua, sehingga pada titik T_{i-2} memberikan bentuk,

$$\frac{T_{i-2}}{\partial t} = \alpha_1 \left(\frac{T_{i-3} - 2T_{i-2} + T_{i-1}}{\Delta x^2} \right), \quad (6)$$

dengan mensubstitusi $r = \frac{\Delta t}{\Delta x^2}$, **Persamaan 6** menjadi,

$$T_{i-2} = r(\alpha_1 T_{i-3} - (\alpha_1 + \alpha_2)T_{i-2} + \alpha_2 T_{i-1}), \quad (6. a)$$



Gambar 2. Skema diagram *grid-point multilayer* arah sumbu- x .

dimana T_{i-2} adalah suhu pada titik ruang T_{i-2} pada *layer* 1, sedangkan pada titik *interface* menggunakan beda tengah untuk **Persamaan 5.b** memberikan

$$\frac{T_{i-1}}{\partial t} = \frac{\alpha_2 \left(\frac{\partial T_b}{\partial x} \right) - \alpha_1 \left(\frac{\partial T_a}{\partial x} \right)}{\Delta x}, \quad (7)$$

menggunakan orde pertama beda maju dan beda mundur memberikan

$$\frac{T_{i-1}}{\partial t} = \frac{\alpha_2 \left(\frac{T_i - T_{i-1}}{\Delta x} \right) - \alpha_1 \left(\frac{T_{i-1} - T_{i-2}}{\Delta x} \right)}{\Delta x}, \quad (7. a)$$

Persamaan (5.b) ditulis kembali,

$$\frac{T_{i-1}}{\Delta t} = \frac{\alpha_2 T_i - (\alpha_2 + \alpha_1)T_{i-1} + \alpha_1 T_{i-2}}{\Delta x^2}, \quad (7. b)$$

(Hickson, et al, 2011).

Kemudian **Persamaan 7.b** ditulis kembali menjadi

$$T_{i-1} = \frac{\Delta t (\alpha_2 T_i - (\alpha_2 + \alpha_1)T_{i-1} + \alpha_1 T_{i-2})}{\Delta x^2}, \quad (7. c)$$

dengan mensubstitusi $r = \frac{\Delta t}{\Delta x^2}$, **Persamaan 7.c** menjadi,

$$T_{i-1} = r(\alpha_2 T_i - (\alpha_2 + \alpha_1)T_{i-1} + \alpha_1 T_{i-2}), (7.d)$$

berdasarkan **Persamaan 4.a** maka suhu pada titik ruang T_i pada *layer 2* menjadi,

$$\frac{T_i}{\partial t} = \alpha_2 \left(\frac{T_{i-1} - T_i + T_{i+1}}{\Delta x^2} \right), (8)$$

suhu pada titik ruang T_{i+2} pada *layer 3*

$$\frac{T_{i+1}}{\partial t} = \frac{\alpha_3 \left(\frac{T_{i+2} - T_{i+1}}{\Delta x} \right) - \alpha_2 \left(\frac{T_{i+1} - T_i}{\Delta x} \right)}{\Delta x}, (9)$$

atau,

$$\frac{T_{i+1}}{\Delta t} = \frac{\alpha_3 T_{i+2} - (\alpha_3 + \alpha_2)T_{i+1} + \alpha_2 T_i}{\Delta x^2}, (9.a)$$

menggunakan metode yang sama dengan T_{i-2} , dan **Persamaan 5.a** maka T_{i+2} ditulis kembali menjadi,

$$\frac{T_{i+2}}{\partial t} = \alpha_3 \left(\frac{T_{i+3} - T_{i+2} + T_{i+1}}{\Delta x^2} \right), (9.b)$$

menggunakan **Persamaan 6.a** untuk menulis kembali bentuk T_{i+2} , diperoleh,

$$T_{i+2} = r(\alpha_2 T_{i+1} - (\alpha_3 + \alpha_2)T_{i+2} + \alpha_3 T_{i+2}). (9.c)$$

Untuk bahan homogen dua dimensi, persamaan dasar yang dipakai berbentuk,

$$T_t(x, y, t) = T_{xx}(x, y, t) + T_{yy}(x, y, t), (10)$$

dan menggunakan metode Eksplisit dua dimensi, diskritisasi **Persamaan 7** menghasilkan bentuk,

$$\frac{T_{i,j,k}^{n+1} - T_{i,j,k}^n}{\Delta t} = \alpha \left\{ \frac{T_{i+1,j,k}^{n+1} - 2T_{i,j,k}^{n+1} + T_{i-1,j,k}^{n+1}}{\Delta x^2} + \frac{T_{i,j+1,k}^{n+1} - 2T_{i,j,k}^{n+1} + T_{i,j-1,k}^{n+1}}{\Delta y^2} \right\}, (10.a)$$

substitusi $r = \frac{\Delta t \cdot \alpha}{\Delta x^2} = \frac{\Delta t \cdot \alpha}{\Delta y^2}$, menjadikan **Persamaan 10.a** sebagai,

$$T_{i,j,k}^{n+1} = (1 - 4r)T_{i,j,k}^n + r(T_{i+1,j,k}^n + T_{i-1,j,k}^n + T_{i,j+1,k}^n + T_{i,j-1,k}^n), (10.b)$$

Persamaan pengatur (*governing equation*) untuk distribusi suhu bahan sembarang (dua dimensi) adalah persamaan Laplace,

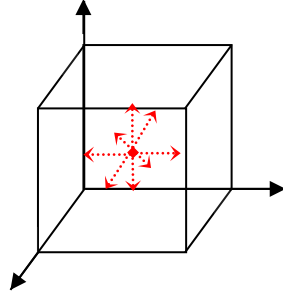
$$\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = 0, (11)$$

(Incropera dan Dewitt, 2011).

Menggunakan **Persamaan 10** dengan $T_t(x, y, t) = 0$, mengubah **Persamaan 11** menjadi,

$$\frac{T_{i+1,j}-2T_{i,j}+T_{i-1,j,k}}{\Delta x^2} + \frac{T_{i,j+1}-2T_{i,j,k}+T_{i,j-1}}{\Delta y^2} = 0, \quad (11. a)$$

dengan mensubtitusikan $\Delta x^2 = \Delta y^2 = 1$, maka **Persamaan 11.a** berbentuk i,



$$T_{i,j} = \frac{T_{i+1,j}+T_{i-1,j,k}+T_{i,j+1}+T_{i,j-1}}{4}. \quad (11. b)$$

Persamaan tiga dimensi bahan homogen berbentuk,

$$T_t(x, y, z, t) = T_{xx}(x, y, z, t) + T_{yy}(x, y, z, t) + T_{zz}(x, y, z, t). \quad (12)$$

Diskritisasi dengan metode Eksplisit tiga dimensi **Persamaan 12** menjadi,

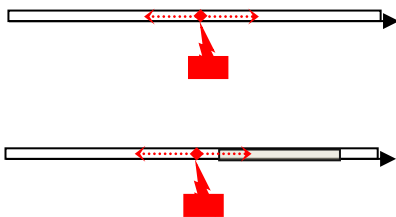
$$\frac{T_{i,j,k}^{n+1}-T_{i,j,k}^n}{\Delta t} = \alpha \left\{ \frac{T_{i+1,j,k}^n-2T_{i,j,k}^n+T_{i-1,j,k}^n}{\Delta x^2} + \frac{T_{i,j+1,k}^n-2T_{i,j,k}^n+T_{i,j-1,k}^n}{\Delta y^2} + \frac{T_{i,j,k+1}^n-2T_{i,j,k}^n+T_{i,j,k-1}^n}{\Delta z^2} \right\}, \quad (12. a)$$

subtitusi $r = \frac{\Delta t \cdot \alpha}{\Delta x^2} = \frac{\Delta t \cdot \alpha}{\Delta y^2}$ pada **Persamaan 12.a** akan didapatkan persamaan akhir metode eksplisit tiga dimensi,

$$T_{i,j,k}^{n+1} = (1 - 6r)T_{i,j,k}^n + r (T_{i+1,j,k}^n + T_{i-1,j,k}^n + T_{i,j+1,k}^n + T_{i,j-1,k}^n + T_{i,j,k+1}^n + T_{i,j,k-1}^n), \quad (12. b)$$

METODE PENELITIAN

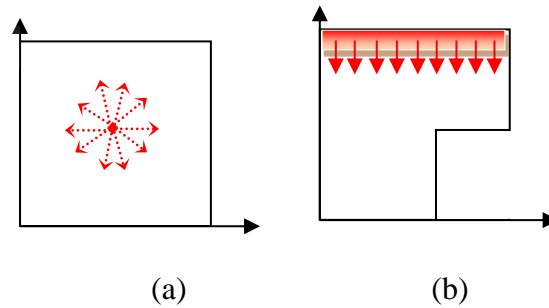
Penelitian ini terbagi menjadi tiga bagian. Pertama, menyusun model satu dimensi bahan homogen dan *multilayer* keadaan *transient*. Pada model satu dimensi konduksi panas menjalar dari pertengahan bahan kearah sisi kanan dan kiri (**Gambar 3**). Suhu awal $T(i, 1) = \sin(\pi x)$, $x = 1$, $T = 120$ dan $\alpha_{Al} = 0,000971$ dan $\alpha_{Ag} = 0,00174$.



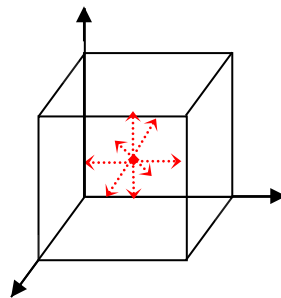
Gambar 3. (a) Model satu dimensi bahan homogen dan (b) Model satu dimensi bahan *multilayer*.

Kedua, menyusun model dua dimensi bahan homogen keadaan *transient* dan bahan sembarang keadaan *steady state*. Pada bahan homogen panas menyebar secara konduksi dari titik tengah x,y , dengan suhu awal $T(i, j, 1) = \sin(\pi x) \sin(\pi y)$ sedangkan pada bahan sembarang konduksi panas menyebar dari sisi atas ke bawah sumbu- x (**Gambar 4**).

Ketiga, menyusun model tiga dimensi bahan homogen keadaan *transient* yang disajikan pada **Gambar 5**. Pada model bahan ini konduksi menyebar dari tengah sumbu- x,y dan z ke arah radial bahan dengan suhu awal $T(i, j, k, 1) = \sin(\pi x) \sin(\pi y) \sin(\pi z)$.



Gambar 4. (a) Model dua dimensi bahan homogen keadaan transient, (b) Model dua dimensi bahan sembarang keadaan *steady*.



Gambar 5. Model tiga dimensi bahan homogen keadaan transien

Visualisasi distribusi suhu satu dimensi bahan homogen keadaan *transient* menggunakan metode matrik tridiagonal, dapat dilihat pada **Persamaan 13, 13.a** dan **13.b**.

$$\begin{bmatrix}
 -r & 2+2r & -r & & & & & & & & \\
 & -r & 2+2r & -r & & & & & & & \\
 & & -r & 2+2r & -r & & & & & & \\
 & & & & & \ddots & & & & & \\
 & & & & & & -r & 2+2r & -r & & \\
 & & & & & & & -r & 2+2r & -r & \\
 & & & & & & & & -r & 2+2r & -r \\
 & & & & & & & & & -r & 2+2r & -r \\
 & & & & & & & & & & -r & 2+2r & -r \\
 & & & & & & & & & & & -r & 2+2r & -r
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 T_0^{n+1} \\
 T_1^{n+1} \\
 T_2^{n+1} \\
 \vdots \\
 T_{i-2}^{n+1} \\
 T_{i-1}^{n+1} \\
 T_l^{n+1}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 r & 2-2r & r & & & & & & & & \\
 & r & 2-2r & r & & & & & & & \\
 & & r & 2-2r & r & & & & & & \\
 & & & & & \ddots & & & & & \\
 & & & & & & r & 2-2r & r & & \\
 & & & & & & & r & 2-2r & r & \\
 & & & & & & & & r & 2-2r & r \\
 & & & & & & & & & r & 2-2r & r \\
 & & & & & & & & & & r & 2-2r & r \\
 & & & & & & & & & & & r & 2-2r & r
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 T_0^n \\
 T_1^n \\
 T_2^n \\
 \vdots \\
 T_{i-2}^n \\
 T_{i-1}^n \\
 T_l^n
 \end{bmatrix}$$

(13)

dan dalam bentuk matematis,

$$[M_L^{n+1}][T^{n+1}] = [M_R^{n+1}][T^{n+1}] \quad (13. a)$$

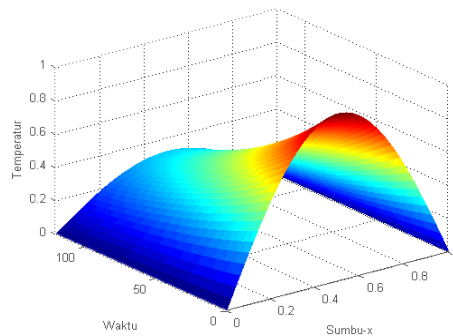
atau

$$[T^{n+1}] = [M_L^{n+1}]^{-1}[M_R^{n+1}][T^{n+1}] \quad (13. b)$$

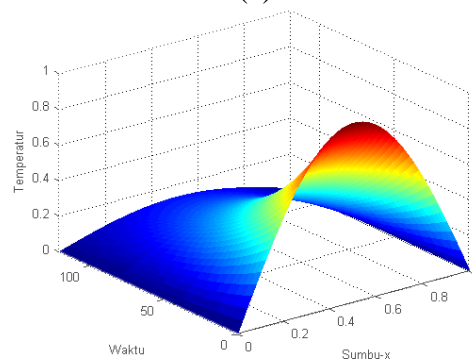
Hasil dan Pembahasan

Hasil distribusi suhu pada **Gambar 6** menunjukkan bahwa panas terpusat pada bagian tengah benda atau semakin ketengah bagian bahan, maka suhu akan meningkat. Dengan asumsi panjang bahan adalah $L=1$ dan sumber panas terpusat ditengah bahan, penurunan suhu pada bahan homogen taat pada pola persamaan parabolik.

Perbedaan koefisien difusivitas bahan berkontribusi pada lama waktu yang dibutuhkan bahan untuk menurunkan suhunya. Aluminium dengan koefisien difusivitas 0,000971 lebih lama mendingin dibandingkan dengan perak (koefisien difusivitas 0,00174). Dengan metode beda hingga skema Crank-Nicolson dan penyelesaian dengan metode matriks tridiagonal, perbedaan distribusi suhu divisualkan pada Gambar 6.



(a)

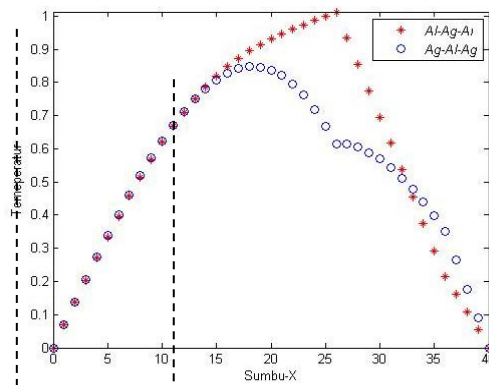


(b)

Gambar 6. Distribusi suhu satu dimensi metode beda hingga skema Crank-Nicolson (a) bahan Al dan (b) bahan Ag.

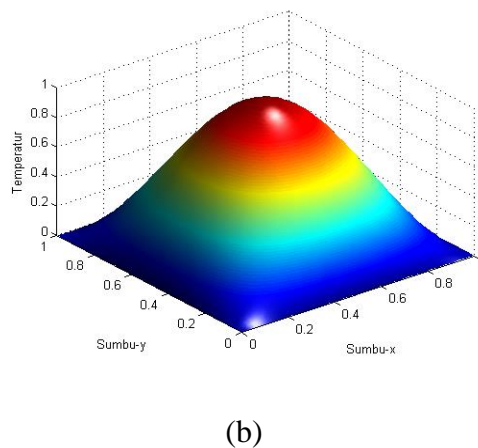
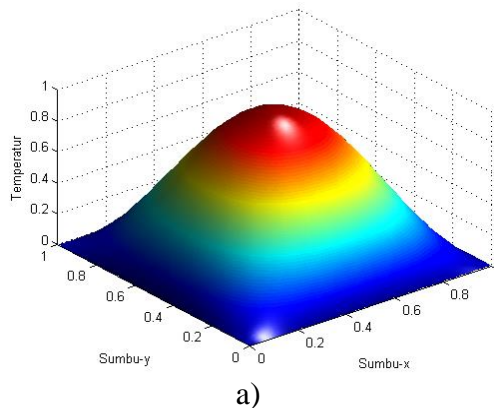
Untuk bahan *multilayer* diasumsikan lapisannya Al-Ag-Al dan Ag-Al-Ag, panjang bahan $L=1$ dibagi atas 25 grid layer 1, 10 grid layer 2 dan 5 grid layer 3. Sumber panas ditengah bahan, sehingga suhu akan terdistribusi ke kiri dan kanan bahan. Visualisasi distribusi suhu satu dimensi bahan *multilayer* keadaan *transient* menggunakan metode matrik tridiagonal **Persamaan 14 dan 14.a**.

suhu mengalami perlambatan, terlihat pada *grid* 26 ($T=0,6154$) dan *grid* 27 ($T=0,6129$) yang hampir tidak berubah, kemudian setelah *grid* 28 ($T=6042$) penurunan suhu perlahan stabil hingga *grid* 35 (batas *layer* 2-3). Setelah *grid* 35, yaitu pada *layer* Ag, distribusi suhu menurun dengan cepat.



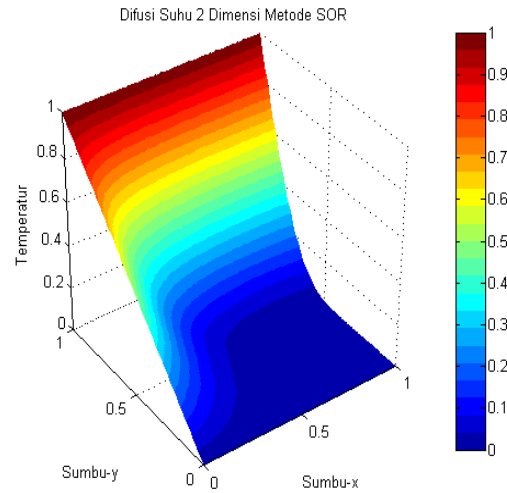
Gambar 8. Perbandingan hasil distribusi suhu bahan *multilayer* satu dimensi asumsi bahan Al-Ag-Al dan Ag-Al-Ag pada $t = 50$.

Hasil distribusi suhu dua dimensi bahan homogen keadaan *transient* diberikan **Gambar 9**. Panas yang menyebar dari bagian tengah sumbu- x dan sumbu- y bahan Al dan bahan Ag memiliki distribusi yang berbeda pada arah sebarannya, sesuai nilai koefisien difusivitas masing-masing bahan.



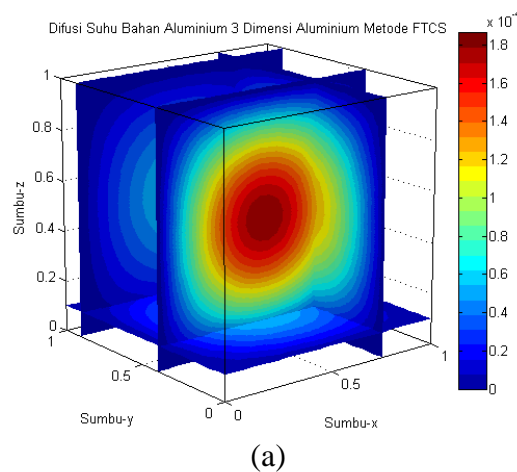
Gambar 9. Distribusi suhu dua dimensi keadaan *transient* menggunakan metode beda hingga skema Eksplisit (a) bahan Al dan (b) bahan Ag.

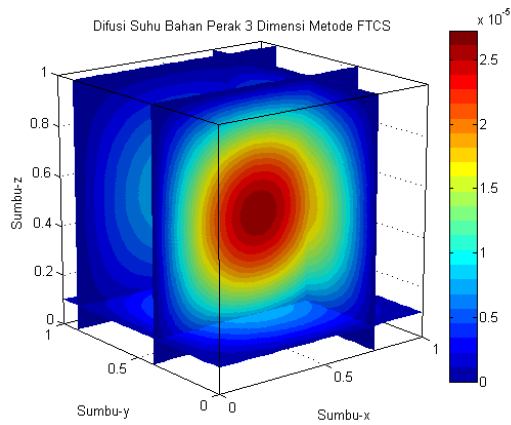
Perhitungan distribusi suhu dua dimensi bahan bentuk sembarang keadaan *steady state* menggunakan **Persamaan 11.b**. Persamaan pengatur yang dipakai adalah persamaan Laplace dengan penyelesaian persamaan menggunakan metode *Successive Over Relaxation* (SOR). Panas terdistribusi dengan pola penyebaran merata pada bidang batas yang ditentukan. Pola distribusi mengikuti pola eliptik yang dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Distribusi suhu dua dimensi bahan bentuk sembarang dengan metode beda hingga skema SOR.

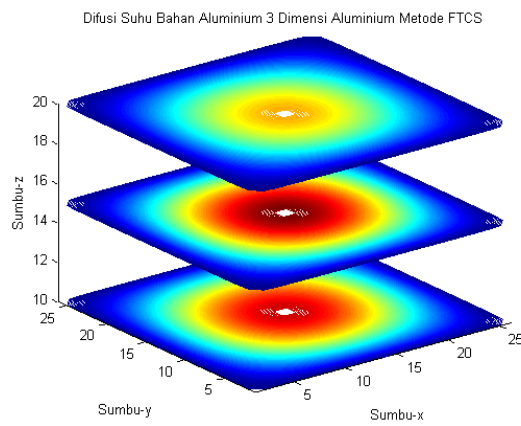
Hasil distribusi suhu tiga dimensi bahan homogen terlihat pada **Gambar 11** dan **Gambar 12**, menunjukkan bahwa panas pada bagian tengah sumbu- x , y dan z pada bahan Al dan Ag terdistribusi secara merata. Potongan bahan secara vertikal dan horizontal memperlihatkan visualisasi distribusinya. Distribusi komputasi pada bahan tiga dimensi memiliki ketelitian yang lebih baik dibandingkan bahan dua dimensi dan satu dimensi, namun memerlukan komputerisasi memori yang besar dan dibutuhkan jenis komputer dengan prosesor yang lebih tinggi.



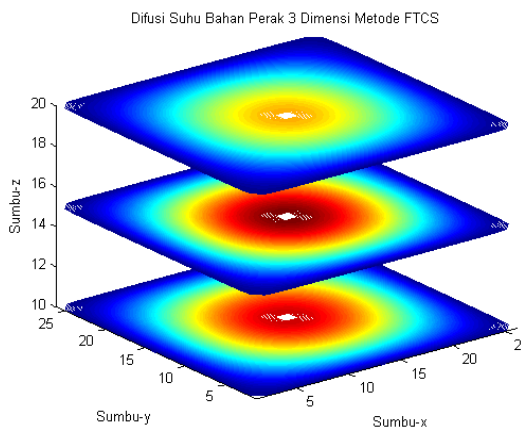


(b)

Gambar 11. Distribusi suhu tiga dimensi menggunakan metode beda hingga skema Eksplisit yang dipotong vertikal (a) bahan Al dan (b) bahan Ag



(a)



(b)

Gambar 12 Distribusi suhu tiga dimensi menggunakan metode beda hingga skema Eksplisit yang dipotong horizontal (a) bahan Al dan (b) bahan Ag

KESIMPULAN

Visualisasi distribusi suhu bahan *multilayer* satu dimensi menunjukkan hubungan sifat bahan terhadap kecepatan distribusi suhunya. Perubahan suhu yang terjadi pada batas *layer* Al-Ag-Al lebih cepat dibandingkan bahan Ag-Al-Ag menginformasikan bahwa susunan Al-Ag-Al sebaiknya dipilih sebagai sekat panas. Pada bahan homogen (dua dan tiga dimensi) keadaan *transient*, dengan penerapan skema eksplisit, menunjukkan distribusi suhu bahan Ag lebih cepat dibandingkan Al. Sehingga diperoleh kesimpulan umum, semakin besar difusivitas maka distribusi suhu semakin cepat.

Terimakasih disampaikan untuk Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas dukungan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadugba, Edogba and Zelibe. 2013. Crank Nicholson Method for Solving Parabolic Partial Differential Equations. *International Journal of Applied Mathematics and Modeling IJA2M* Vol. 1. No. 3. pp. 8-23.
- Fredy, N.C dan Suprijadi. 2009. Simulation of Temperature distribution in Rectangular Cavity using Finite Element Method. *Proceeding of the 3rd Asian Physics Symposium (APS)*. July 22-23 Bandung.
- Hickson I. R, Barry I. S dan Sidhu S. H. 2009. Critical Time in One-and Two-Layered Diffusion. *Australian Journal of Engineering Education* Vol. 15. No. 2. pp. 77-83.
- Hickson I. R, Barry I. S dan Sidhu S. H. 2011. Finite Difference Schemes for Multilayer Diffusion. *Journal of Mathematical and Computer Modelling* Vol. 54. pp. 210-220.
- Holman, J.P. 2002. *Perpindahan Kalor*. Erlangga. Jakarta.
- Incropera, F. P dan Dewitt, D. P. 2011. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer 7th Edition*. Departement Jhon Wiley and Sons, Inc. Hoboken USA.
- Li, J and Chang, P. 2015. Rapid Transient Heat Conduction in Multilayer Materials with Pulsed Heating Boundary. *Application an International Journal of Computation and Methodology* Vol. 47. No. 2. pp. 105-128.
- Long, Chris dan Sayma, Naser. 2009. *Heat Transfer*. Ventus Publishing. USA.
- Purcell, Edwin dan Varberg, Dale. 2008. *Kalkulus dan Geometri Analitis Edisi Keempat*. Erlangga. Jakarta.
- Sailah, Siti. 2010. Menentukan Distribusi Temperatur dengan Menggunakan Metode Crank Nicholson. *Jurnal Penelitian Sains* Vol. 13. No. 2(B). pp. 22-27.
- Sianipar, R. H. 2013. *Pemrograman MATLAB dalam Contoh dan Penerapan*. Informatika Bandung. Bandung.
- Supardiyono. 2011. Analisis Distribusi Suhu Pada Pelat Dua Dimensi dengan Menggunakan Metode Beda Hingga. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)* Vol. 1. No. 2. pp. 43-57.

ANALISIS VS30 BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR, MASW DAN DATA USGS

Refrizon*, Suhendra, Budi Harlianto, dan Nanang Sugianto

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Bengkulu

refrizon@unib.ac.id

ABSTRACT

The value of the secondary wave velocity to a depth of 30 m (V_{s30}) can be used as indicators of subsurface conditions. Particularly regarding the ability of subsurface layers in favor of building on it in the event of earthquake disaster. Therefore the earthquake disaster mitigation efforts can be done by knowing the distribution of value V_{s30} in an area. V_{s30} can be measured by the HVSR or MASW method. V_{s30} can also be seen from the data published by USGS. This study aims to determine the comparative value of V_{s30} of measurement (HVSR and MASW) with V_{s30} of the USGS. Measurements in the field using seismometers PASI Gemini Mod 2 Sn1405 for MASW methods and Seismograph PASI Mod.1624P for HVSR method. The research location is the city of Bengkulu. Software for data processing are geopsy and WinMASW 5.0 Professional. The results showed that the V_{s30} based on the measurement of HVSR method is 300 m/s to 560 m/s. V_{s30} of the USGS in the range of 250-381 m/s. V_{s30} of MASW method is 317-412 m/s which is relatively similar to V_{s30} from USGS. V_{s30} from measurement by HVSR method is higher than MASW and USGS especially for f_0 more than 5 Hz.

Keywords: V_{s30} , HVSR, MASW, USGS, Bengkulu

PENDAHULUAN

Gempa bumi sampai saat ini belum bisa diprediksi lokasi maupun waktu terjadinya secara tepat. Oleh sebab itu bahaya gempa bumi tidak bisa dielakkan, namun dampaknya dapat dikurangi melalui pemanfaatan suatu wilayah berdasarkan hasil pengkajian keadaan geologi dan efek tapak lokal (*local site effect*). Secara berkelanjutan perlu dilakukan berbagai upaya untuk menggali dan menganalisis seluruh potensi bahaya efek tapak lokal tersebut. Aplikasi dari kajian terhadap efek tapak lokal diharapkan dapat mengurangi dampak risiko yang mungkin ditimbulkan oleh suatu gempa bumi.

Respon tanah setempat (*site response*) saat ini telah menjadi isu utama dalam penilaian risiko bencana gempa bumi (Nishikawa dan Takatani, 2014). Efek tapak lokal mengakibatkan suatu daerah dapat lebih lemah dari sekitarnya, sehingga pada beberapa kasus gempabumi yang telah terjadi, tingkat kerusakan akibat gempabumi pada suatu wilayah jauh lebih parah dari lokasi sekitarnya. Hartantyo dan Hussein (2009) menunjukkan tanah/batuan yang memiliki nilai $V_s < 180$ m/s diidentifikasi sebagai tanah lunak sehingga mengakibatkan tingkat kerusakan yang tinggi akibat gempa bumi tahun 2006 di Yogyakarta. Roser dan Gosar (2010) menyatakan bahwa nilai V_{s30} ini dapat dipergunakan untuk memperkirakan bahaya gempabumi dan penentuan standard bangunan tahan gempa. Kondisi litologi permukaan yang lunak/belum mengalami konsolidasi cenderung mengalami penguatan gelombang bila terjadi gempa bumi (Sairam dkk, 2011; El-Eraki dkk, 2012).

Salah satu parameter fisis yang dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan perkiraan potensi kerentanan suatu wilayah terhadap resiko gelombang gempa bumi adalah kecepatan rata-rata gelombang geser hingga kedalaman 30 m atau Vs30 (Idriss, 1990; Mahajan dkk, 2007; Marjiyono dkk., 2015). Pembesaran (amplifikasi) gelombang gempa di suatu tempat dipengaruhi oleh Vs30 (Wangsadinata, 2006). Secara matematis Vs30 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Vs30 = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{s_i}}} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

d : adalah ketebalan setiap lapisan

V_s : Kecepatan gelombang *shear*

Sebagai contoh bila pada suatu perlapisan bagian atas ditutupi oleh lempung yang lunak (V_s = 120 m/s) setebal 20 meter, dan dibawahnya lempung yang keras (V_s =180 m/s), maka Vs30 = 30 / (20/120 + 10/180) = 135 m/s. (Dobry dkk, 2000).

Kurva HVSR dapat dipakai untuk memperoleh amplifikasi dan frekuensi natural (Nakamura, 1989). Amplifikasi adalah perbandingan antara spektrum getaran mikrotremor arah horizontal dengan magnitudo arah vertikal. Frekuensi getaran pada saat terjadi amplifikasi maksimum adalah frekuensi natural (SESAME, 2004).

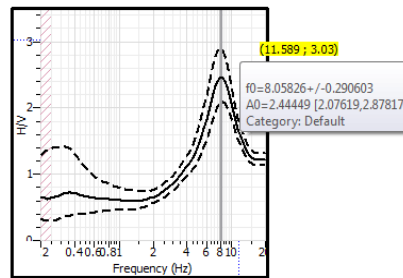
Pengukuran mikrotremor dan pengolahan data dengan metode HVSR jauh lebih mudah dibandingkan pengukuran dengan metode MASW. Kedua metode dapat digunakan sebagai alat untuk memperoleh Vs30. Pada tulisan ini akan diuraikan tentang hasil pengukuran lapangan dengan kedua metode tersebut serta dibandingkan dengan Vs30 yang diperoleh secara empiris dan dapat diunduh dari website USGS.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kota Bengkulu dan sekitarnya dengan 119 titik pengukuran. Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data metode HVSR antara lain adalah satu unit Seismometer *Portable Short Period PASI Gemini 2 Sn-1405* dan laptop untuk merekam data mikrotremor, *Global Positioning System* (GPS) untuk menentukan titik koordinat penelitian serta kompas untuk menentukan arah pemasangan *geophone*. Peralatan untuk pengambilan data metode MASW antara lain *Seismometer PASI 1624-P* dilengkapi dengan *geophone* 24 buah. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* utama untuk metode MASW adalah *WinMASW 5.0 Professional*, dan pengolahan data mikrotremor dengan metode HVSR adalah *Geopsy*.

Data mikrotremor yang diperoleh dari pengukuran di lapangan merupakan rekaman getaran *ambient noise* selanjutnya diolah dengan menggunakan *software Geopsy* yaitu pengolahan dengan metode *HVSR*. Data rekaman mikrotremor tersebut adalah simpangan getaran fungsi waktu yang terdiri dari getaran ke arah utara-selatan, barat-timur dan atas bawah. Pengolahan data mikrotremor tersebut dilakukan dengan proses *windowing* secara manual. Sinyal (dalam kawasan waktu) selanjutnya ditranformasi ke kawasan frekuensi dengan proses FFT (*fast fourier transform*). Sinyal yang diperoleh dihaluskan menggunakan metode Kono-Omachi. Setelah itu digabungkan getaran utara-selatan dengan barat-timur untuk menghasilkan getaran arah horizontal fungsi frekwensi (H). Selanjutnya dilakukan perbandingan rekaman

fungsi frekuensi arah horizontal (H) dengan arah atas bawah (V) untuk mendapatkan H/V sebagai fungsi frekuensi sebagaimana diperlihatkan pada gambar 1.



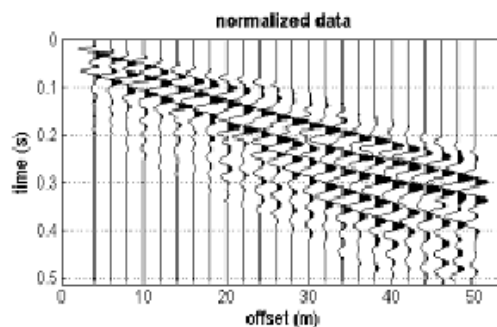
Gambar 1. Getaran hasil transformasi, H/V untuk mendapatkan f_0 dan A_0 .

Berdasarkan gambar 1 tersebut diperoleh frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0). Kemudian dilakukan penghitungan V_{s30} dari nilai frekuensi dominan (f_0) dengan menggunakan hubungan yang disusulkan oleh Kuo dkk (2015), yaitu:

$$V_{s30} = 49.66f_0 + 182.29 \dots\dots\dots(2)$$

dimana V_{s30} dalam satuan m/s dan f_0 dalam satuan Hz.

Pengambilan data menggunakan metode MASW dilakukan dengan Seismometer 24 channel dengan bentangan susunan *geophone* berupa garis lurus, spasi 2 meter, dan sumber getaran berupa pukulan martil terhadap alas logam secara tegak lurus dari atas ke bawah yang berjarak 4 meter dari *geophone* pertama. Gelombang yang dihasilkan dari sumber aktif berupa pukulan palu terhadap tatakan logam ini menimbulkan penjalaran gelombang permukaan Rayleigh atau *ground roll* yang bersifat dispersif. Contoh rekaman sinyal gelombang Rayleigh dari peralatan survey MASW ditunjukkan pada gambar 2.

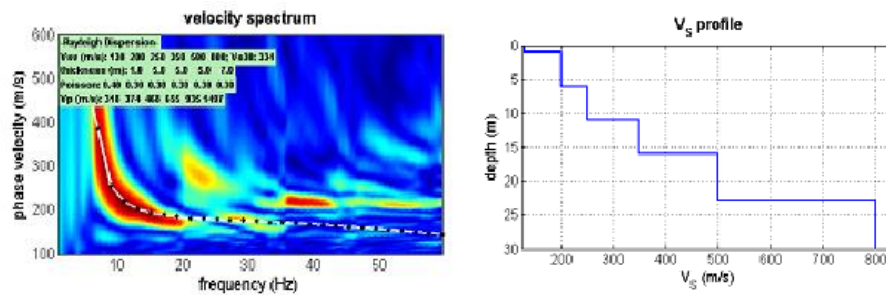


Gambar 2. Rekaman sinyal gelombang Rayleigh dengan jarak antar geophone 2 m serta jarak sumber terhadap geophone pertama 4 m.

Pengolahan data hasil perekaman gelombang *Rayleigh* dari *seismograph* digunakan *Software WinMASW 5.0 Professional*. Gelombang Rayleigh memiliki sifat dispersif, kecepatan fasa gelombang bergantung pada frekuensi gelombang. Frekuensi rendah memiliki panjang gelombang lebih panjang dan dapat mendeteksi lapisan yang lebih dalam. Sifat dispersif gelombang ini dimanfaatkan untuk mengidentifikasi ketebalan lapisan yang bersesuaian dengan kecepatan gelombang geser. Hasil dispersi gelombang yang memperlihatkan hubungan kecepatan fase terhadap frekuensi diperlihatkan pada gambar 3.

Kurva dispersi hasil pengukuran di”*picking*” untuk memperoleh nilai kecepatan fase hasil pengukuran lapangan sebagai fungsi frekuensi untuk dibandingkan dengan kurva dispersi hasil perhitungan berdasarkan model yang diperkirakan. Untuk menyesuaikan model dengan data dispersi pengukuran lapangan dilakukan dengan memodifikasi ketebalan (h), besar kecepatan gelombang geser (V_s) tiap lapisan dan kecepatan gelombang kompresi (V_p), serta massa jenis setiap perlapisan sampai diperoleh kesesuaian yang paling optimum antara kurva

dispersi model dengan data pengukuran. Proses pencocokan ini dapat dilakukan dengan pilihan menu pada software *WinMASW* tersebut secara coba-coba (*trial and error*) atau secara otomatis (*automatic*) atau kombinasi keduanya. Setelah diperoleh kecepatan V_s setiap perlapisan maka V_{s30} dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

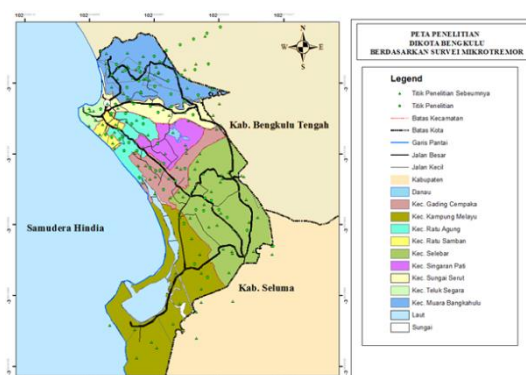


Gambar 3. Dispersi dari salah satu hasil pengukuran, sumbu tegak adalah *phase velocity* dan sumbu datar adalah frekuensi gelombang permukaan Rayleigh. Picking gelombang yang memiliki intensitas paling tinggi dilakukan secara manual (atas). Profil V_s pada setiap perlapisan (bawah)

Kecepatan gelombang geser sampai pada kedalaman 30 meter (V_{s30}) secara empiris dapat ditentukan dan hasilnya dapat diakses secara mudah pada website USGS. Pada penelitian ini dicari V_{s30} yang berada pada posisi titik pengukuran atau yang terdekat dengan posisi tersebut. V_{s30} tersebut diunduh dari <https://earthquake.usgs.gov/data/vs30/>.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sudah terbukti dalam beberapa kejadian gempa bumi terakhir bahwa tingkat kerusakan bangunan dan infrastruktur tidak hanya dipengaruhi oleh kekuatan serta jarak dari pusat gempa bumi, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh keadaan geologi lokal yang sifatnya dangkal. Gempa bumi Yogyakarta (2006) dan gempa bumi Padang (2009) memperlihatkan bahwa kerusakan bangunan bersifat setempat (Marjiyono dkk, 2014). Parameter fisis yang digunakan sebagai indikator kondisi geologi setempat tersebut adalah kecepatan rata-rata gelombang geser hingga kedalaman 30 m atau V_{s30} (Idriss, 1990; Mahajan dkk, 2007; Marjiyono dkk, 2015). Dalam menentukan nilai V_{s30} suatu daerah ada beberapa metode yang dapat diterapkan, antara lain penggunaan rumus empiris dan pengukuran di lapangan secara langsung. Pengukuran V_{s30} secara langsung dengan kuantitas dan kualitas data yang baik dan biaya operasional yang ekonomis umumnya sulit dilakukan (BMKG, 2014).



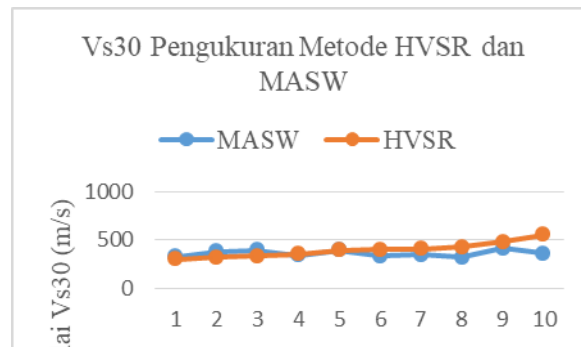
Gambar 4. Lokasi penelitian dan titik pengukuran mikrotremor di Kota Bengkulu dan sekitarnya.

Telah dilakukan pengukuran langsung di lapangan dengan metode mikrotremor sebanyak 119 titik yang berlokasi di Kota Bengkulu dan sekitarnya (lihat gambar 4). Data mikrotremor diolah dengan metode HVSR untuk mendapatkan amplifikasi dan frekwensi dominan (f_0). Pada sepuluh titik dilakukan juga pengukuran dengan metode MASW. Hasil pengukuran sepuluh titik mikrotremor dan MASW diperoleh nilai f_0 berkisar dari 2,4 Hz sampai 7,43 Hz.

Nilai f_0 ini digunakan untuk menghitung Vs30 dengan menggunakan persamaan (2). Sedangkan pengukuran dengan metode MASW pada 10 titik ini diolah dengan *Software WinMASW Professional ver 5* untuk mendapatkan variasi nilai Vs dan kedalaman secara satu dimensi (1D), kemudian Vs30 dihitung dengan menggunakan persamaan 1. Kedua metode pengukuran langsung di lapangan dapat dilihat hasilnya seperti pada tabel 1 dan gambar 5.

Tabel 1.
Hasil pengukuran 10 titik metode HVSR dan MASW

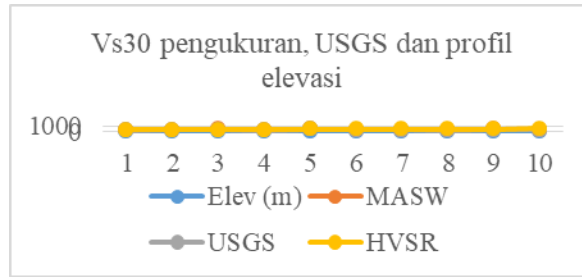
No	Posisi			Vs30		
	Lat	Long	El (m)	f_0 (Hz)	MASW	HVSR
1	-4.08075	102.55308	36	2.4	328	301
2	-4.08892	102.55694	58	2.8	380	321
3	-4.06150	102.58181	90	3	390	331
4	-4.07833	102.55544	51	3.4	341	351
5	-4.07239	102.58231	49	4.2	391	391
6	-3.75936	102.26761	17	4.37	334	399
7	-3.75744	102.27717	18	4.46	346	404
8	-3.75744	102.27119	12	4.85	317	423
9	-3.75406	102.27819	18	5.95	412	478
10	-3.75583	102.27511	18	7.43	359	551



Gambar 5, Grafik perbandingan pengukuran Vs30 metode HVSR dan MASW pada 10 titik yang sama.

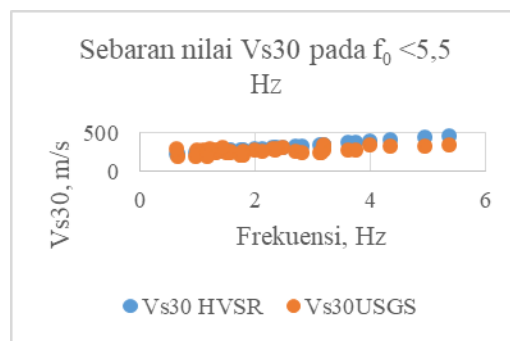
Berdasarkan pengukuran langsung di lapangan baik dengan pengukuran mikrotremor dan diolah dengan metode HVSR maupun pengukuran gelombang permukaan (*surface wave*) dengan metode MASW diperoleh nilai Vs30 yang tidak terlalu jauh berbeda (Gambar 5). Pada grafik ini sumbu datar adalah nomor yang diurutkan dari frekuensi rendah ke tinggi. Pada frekuensi rendah Vs30 dari pengukuran langsung di lapangan dengan metode MASW dan HVSR cenderung untuk hampir sama. Tetapi menjadi semakin besar manakala frekuensi dominan lebih besar dari 5 Hz.

Pada sepuluh titik tersebut dapat diperoleh juga nilai Vs30 langsung dari website USGS. Data Vs30 USGS tersebut bukanlah pengukuran langsung di lapangan, tetapi dengan menggunakan kemiringan topografi dan dihitung dengan suatu rumusan empiris (Wald dan Trevor, 2007). Kecendrungan nilai Vs30 berdasarkan metode HVSR, MASW dan nilai dari USGS pada sepuluh titik yang bersamaan diperlihatkan pada gambar 6.

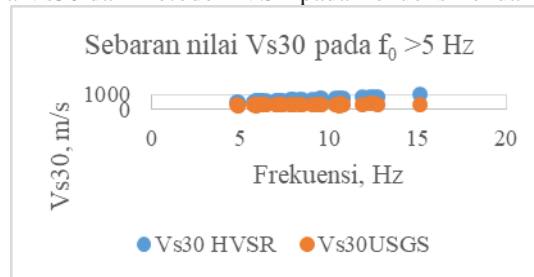


Gambar 6. Profil kurva Vs30 yang diperoleh dari pengukuran metode HVSR, MASW dan Data USGS serta ketinggian topografi.

Vs30 dari HVSR memiliki kemiripan dengan nilai USGS maupun MASW pada frekuensi yang relatif rendah, yaitu kecil dari 5 Hz (lihat gambar 7). Pada frekuensi dominan lebih besar nilai Vs30 HVSR cenderung semakin besar dibandingkan dengan pengukuran langsung seperti metode MASW maupun dari rumus empiris Vs30 dari USGS (lihat Gambar 8).



Gambar 7. Kurva Vs30 dari metode HVSR pada frekuensi rendah dan Vs30 USGS.



Gambar 8. Kurva Vs30 dari metode HVSR pada frekuensi >5 Hz dan Vs30 USGS

KESIMPULAN

Nilai Vs30 dapat dengan mudah diunduh dari website USGS untuk seluruh permukaan bumi. Namun nilainya memiliki perbedaan dengan pengukuran langsung di lapangan. Perbedaan tersebut tidak terlalu berbeda dibandingkan pengukuran dengan metode MASW. Nilai Vs30 berdasarkan mikrotremor yang diolah dengan metode HVSR mendekati nilai Vs30 hasil pengukuran metode MASW maupun dari data USGS untuk frekuensi dominan yang < 5 Hz.

REFERENSI

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). "Laporan Kegiatan Mikrozonasi Getaran Tanah", Laporan Internal BMKG (2014).

- Dobry R., RD Borcherdt, C.B. Crouse, IM Idriss, W.B. Joyner, G.R. Martin, M.S. Power, E.E. Rinne, and RB Seed, 2000, *New site coefficients and site classification system used in recent building seismic code provisions*, Earthquake. Spectra, 16(1):41–67.
- El-Eraki, M., Mohamed, A.A, El-Kenawy, A.A., Toni M.S., dan Shimaa, I.M., 2012. Engineering Seismological Studies in and Around Zagazig City. Sharkia, Egypt, NRIAG, *Journal of Astronomy and Geophysics*, Vol 1, h.141–151
- Hartantyo, E., dan Hussein, S., 2009. “*Pemetaan Kecepatan Gelombang Shear (Vs) di Selatan Rawa Jombor Berkaitan dengan Potensi Kerusakan Akibat Gempa*”. Presented At International Conference on Geology of The Southern Mountains of Java, Phoenix Hotel, Yogyakarta, August 2009.
- Idriss, I. M., 1990. *Response of Soft Soil Sites During Earthquake*. Proceeding of H. Bolton Seed Memorial Symposium, BiTech Publishers Ltd., Richmond, British Columbia, Canada. Vol. 2, p. 273–289.
- Kuo C. H., Wen K.L., Lin C. M., Wen S., dan Huang J. Y., 2015, *Investigating Near Surface S-Wave Velocity Properties Using Ambient Noise in Southwestern Taiwan*, Terr. Atmos. Ocean. Sci., Vol. 26, No. 2, Part II, 205-211
- Mahajan, A.K., Slob, S., Ranjan, R., Sporry, R., Champatiray, P.K., dan Westen, C.J., 2007. *Seismic microzonation of Dehradun City using geophysical and geotechnical characteristics in the upper 30 m of soil column*. Journal of Seismology Vol. 11, 2007, h.355–370.
- Marjiyono, Suntoko, H., Soehaimi, A., Yuliasuti, dan Syaeful, H., 2015. *Kelas Soil Daerah Sekitar Rencana Tapak Reaktor Daya Eksperimental (RDE) Serpong dari Data Mikrotremor*. Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, Vol. 17 No.1, Juni 2015, h. 57-66.
- Marjiyono, Setiawan, J.H., dan Setianegara, R., 2014, *Korelasi Faktor Amplifikasi HVSR Mikrotremor terhadap Sebaran Kerusakan Bangunan oleh Gempabumi Padang, 30 September 2009*, Buletin Geologi Tata Lingkungan, Vol 24 No. 1, April 2014, h. 43-51.
- Nakamura Y., 1989. “*A Methode for Dynamic Characteristics of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface*”. Quarterly Report of Railway Technical Research Institute, Japan, 30-1, 25-33
- Nishikawa, H. dan Takatani, T., 2014. *Evaluation of Predominant Period of Ground Surface Layer Using Microtremors in Maizuru City*. Proceeding of the International Conference on Civil Engineering, Energy and Environment. Hongkong, 12-13 December 2014
- Roser J., and Gosar A., 2010, *Determination of Vs30 for seismic ground classifications in the Ljubljana area*. Slovenia. Acta Geotechnica Slovenia
- Sairam, B., Rastogi, B.K., Aggarwal, S., Chauhan ,M., dan Bhonde, U., 2011. *Seismic Site Characterization Using Vs30 and Site Amplification in Gandhinagar Region, Gujarat, India*. Current Science, Vol. 100, No. 5, h.54- 760
- SESAME, 2004, *Guidelines for The Implementation of The H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations*, European Commission – Research General Directorate Project No. EVG1- CT-2000-0002

- Sungkono dan Santosa, B.J., 2011, *Karakterisasi Kurva Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio:Kajian Literatur dan Permodelan*, Jurnal Neutrino Vol.4, No.1
- Wald, D. J., dan Trevor I. A., 2007, *Topographic slope as a proxy for seismic site conditions and amplification.*" Bulletin of the Seismological Society of America 97.5, 1379-1395
- Wangsadinata, W., 2006. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2002. Shortcourse* Haki 2006. Jakarta

VALIDASI ANGKET KECERDASAN SPRITUAL MELALUI EXPLORATORY FACTOR ANALYSIS: PENERAPAN PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

Irwan Koto*, Gozi Abdul Jabbar

FKIP Universitas Bengkulu

*Irwankoto105@gmail.com

ABSTRACT

The aim of the paper is to explain the process done to validate the psychometric properties of questionnaire developed to measure the spirituality quotient. The particular validation process applied were: content and face validity, construct validity using factor analysis, reliability and internal consistency using Cronbach's alpha correlation coefficient. The exploratory factor analysis showed three factors: the significance of spritual beliefs, spritual customs, spritual wants. The items on the Sprituality Questionnaire (SQ) revealed that factor loading ≥ 0.35 . Reliability process indicated that the SQ is reliable: Cronbach's Alpha 0.76 for the SQ and between 0.80-0.77 for the three scales. The ultimate questionnaire comprises 36 items and the psichometrics indicated that it is valid and reliable.

Keywords: Spirituality, Validity, Reliability, Factor Analysis.

PENDAHULUAN

Pendidikan sebagai pilar utama dalam pembangunan sumber daya manusia yang seutuhnya tidak hanya mengembangkan kecerdasan intelektual (*Intelligence Quotient*) tetapi juga mengembangkan kecerdasan spiritual (*Spiritual Quotient* atau SQ). Hal ini sesuai dengan tujuan utama inovasi kurikulum sebelumnya (KBK, KTSP) menjadi Kurikulum 2013 (K-13) yang sedang diterapkan sekarang mulai dari pendidikan dasar sampai menengah. Dalam dokumen K-13, empat kompetensi inti yang harus dicapai melalui matapelajaran yaitu Kompetensi Spritual (KI-1), Sosial (KI-2), Pengetahuan (KI-3) dan Keterampilan (KI-4). Kesetimbangan pencapaian ketiga ranah dapat dicapai jika proses pendidikan dilaksanakan untuk mengoptimalkan perkembangan fungsi otak kanan dan kiri.

Penguatan nilai-nilai luhur ketuhanan melalui proses pendidikan pada setiap peserta didik yang dirumuskan dalam Kompetensi Inti (KI-1) merupakan suatu keniscayaan dalam upaya menghadapi persaingan kompetitif dan pasar bebas MEA dalam abad 21. Keberhasilan seseorang tidak semata ditentukan kecerdasan intelektual (IQ) karena IQ berperan hanya 20% dalam menentukan keberhasilan hidup seseorang. Sedangkan 80% lainnya ditentukan oleh faktor EQ (*Emotional Quotient*) dan SQ (Zohar & Marsall, 2000). Lebih lanjut, Zohar dan Marsall (2004) menyatakan bahwa faktor SQ memiliki peran kunci dalam menentukan keberhasilan seseorang karena SQ dapat memfungsikan IQ dan EQ.

Pergeseran paradigma pendidikan dari penguatan kemampuan berfikir (IQ) beralih ke penguatan nilai spiritual (SQ) merupakan perwujudan falsafah bangsa Indonesia (sila pertama Pancasila). Proses penguatan SQ pada diri setiap siswa di sekolah tidak hanya melalui pelaksanaan silabus matapelajaran agama tetapi siswa dilatih untuk melaksanakan esensi pelajaran agama dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, penguatan SQ dapat dicapai melalui

'pembiasaan' seperti berdoa sebelum memulai pelajaran, mengucapkan syukur/terimakasih setiap memperoleh sesuatu, toleran terhadap perbedaan pendapat, dan menerapkan sikap jujur dalam setiap perbuatan. Nilai-nilai luhur kemanusiaan yang bersifat universal merupakan SQ yang perlu dioptimalkan dan dilatihkannya di sekolah dan luar sekolah.

Pentingnya capaian belajar pada aspek kecerdasan spiritual merupakan tantangan bagi tenaga pendidik. Perubahan cara berfikir dan bertindak (*mindset*) setiap guru untuk beralih dari hanya pada pencapaian kemampuan berfikir (kognitif) ke pencapaian kemampuan afektif memerlukan proses asesmen yang didukung dengan alat ukur yang handal dan mudah digunakan oleh guru.

Kesulitan dalam melakukan asesmen pada aspek afektif, khusus pada jumlah siswa besar, menyebabkan para guru melakukan penilaian kurang komprehensif. Sehingga, siswa-siswa yang berorientasi untuk memperoleh nilai tinggi dengan upaya belajar minimal cenderung melakukan cara curang dalam ujian. Prilaku seperti ini sulit diketahui melalui pengamatan langsung. Ketidak jujur dalam ujian (*academic dishonest*) telah menjadi salah satu topik penelitian dalam kurun waktu tiga puluh tahun terakhir ini (Murdock & Andermann, 2006).

Ada dua (*twofold*) tujuan utama yang ingin dipaparkan dalam artikel ilmiah ini. *Pertama*, pengembangan instrumen psikometrik yang sahih (*valid*) dan ajeg (*reliable*) sehingga alat ukur tersebut mampu mengukur kecerdasan spiritual peserta didik. *Kedua*, penerapan *exploratory factor analysis* sebagai teknik untuk menentukan validitas dan realibilitas alat ukur kecerdasan spiritual yang diinginkan. Penting bagi guru untuk melakukan pengukuran pada kemampuan aspek afektif agar guru mengetahui bagaimana kondisi pertumbuhan kecerdasan spiritual seorang siswa dalam suatu kelas. Dengan diperolehnya informasi tersebut, para guru dapat membuat perencanaan dan melaksanakan program pendidikan yang dapat menciptakan kesetimbangan pertumbuhan antara kecerdasan spiritual dengan kecerdasan intelektual.

Untuk melakukannya, diperlukan suatu instrumen yang dapat dipercaya dan handal dan mudah digunakan serta biaya murah. Instrumen dalam format angket adalah instrumen yang dapat memenuhi kriteria yang disebutkan diatas. Namun, berdasarkan hasil studi pustaka yang telah dilakukan, instrumen sejenis dan dalam bahasa Indonesia belum ditemukan. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk memperoleh angket yang dimaksudkan tersebut diatas.

KAJIAN LITERATUR

Kecerdasan spritual (SQ) merupakan gabungan dua kata yaitu kecerdasan (*intelligence*) dan spritual (*spiritual*). Zohar dan Marshall (2000) menyatakan bahwa kecerdasan adalah variabel utama yang melandasi seseorang untuk merespon (karena kecerdasan refleksi dari perbuatan). Selanjutnya, Pinchot dan Pinchot (1996) menegaskan bahwa kecerdasan merefleksikan kualitas berfikir yang mempengaruhi perbuatan seseorang. Oleh sebab itu, kecerdasan dapat dianggap sebagai kunci utama untuk keberhasilan dalam kehidupan (Zohar & Marshall, 2004).

Sedangkan, spritual berasal dari kata dalam bahasa Latin '*spiritus*' yang berarti napas dan '*spirare*' sebagai kata benda yang berarti napas. Semua makhluk yang hidup perlu bernapas dan setiap makhluk yang bernapas berarti memiliki spirit. Manusia sebagai makhluk spritual

cenderung lebih memiliki ikatan yang bersifat kerohanian (kejiwaan) daripada bersifat fisik (material). Sehingga, spiritualitas merupakan pencerahan diri dalam mencapai tujuan dan memaknai hidup

Secara umum, spritualitas berkaitan erat dengan spirit. Sesuatu yang bersifat spritual mempunyai kebenaran yang abadi serta berhubungan dengan tujuan hidup manusia baik bersifat fana (duniawi) maupun kekal yang mengandung kekuatan supernatural seperti agama. Sehingga, manusia dengan spritualnya memiliki arah tujuan hidup yang berupaya untuk meningkatkan kualitas kebijaksanaan dan kekuatan berkehendak dari seseorang sebagai sarana untuk lebih dekat dengan ketuhanan dan alam semesta dan berusaha untuk menghilangkan ilusi dari gagasan yang salah yang bersumber dari panca indera, perasaan, dan pikiran. Lebih lanjut, Hasan (2006) menyatakan bahwa spritualitas memiliki dua proses; (1) proses keatas merupakan tumbuhnya kekuatan internal yang mengubah hubungan seorang individu dengan Sang Ilahi (Tuhan); dan (2) proses kebawah yang ditunjukkan melalui peningkatan realitas fisik seseorang akibat perubahan internal.

Spiritualitas dapat dimaknai dari lima kata kunci: (a) Makna (*meaning*) adalah sesuatu yang berarti dalam kehidupan, merasakan situasi, memiliki dan mengarah pada suatu tujuan; (b) Nilai-nilai (*values*) adalah kepercayaan, standar dan etika yang dihargai; (c) Transendensi (*transcendence*) adalah pengalaman, kesadaran dan penghargaan kehidupan di atas diri seseorang; dan (d) Bersambung (*connecting*) yaitu meningkatkan kesadaran terhadap hubungan dengan diri sendiri, orang lain, Tuhan dan alam; dan (e) Menjadi (*becoming*) adalah membuka kehidupan yang menuntut refleksi dan pengalaman, termasuk siapa siapa 'aku' dan bagaimana 'aku' mengetahui (Hasan, 2006).

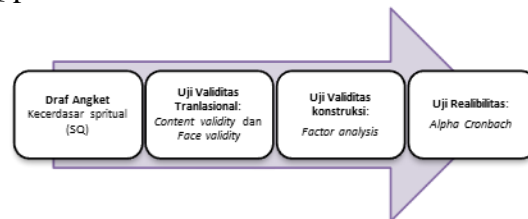
Kajian secara komprehensif tentang SQ telah dilakukan oleh Zohar dan Marshall (2004) yang menyatakan bahwa SQ adalah inti (*ultimate*) dari segala kecerdasan. Sehingga, SQ dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang terkait dengan makna dan nilai. Dengan kata lain, SQ mengarahkan seseorang untuk menempatkan perilaku dalam hidup dalam konteks makna yang lebih luas dan kaya. Dan, SQ digunakan untuk menilai bahwa jalan hidup seseorang lebih bermakna dibandingkan orang lain (Zohar dan Marshall, 2004). Sehingga, setiap peserta didik yang mengalami proses perkembangan SQ secara optimal akan mencapai kebahagiaan yang hakiki. Karena mereka mempunyai kepercayaan diri untuk mencapai keberhasilan hidup dalam masyarakat dan mempunyai kemampuan untuk mengontrol diri ketika gagal maupun berhasil dalam kehidupannya. Oleh sebab itu, SQ dapat membawa seseorang untuk dapat menyeimbangkan antara pekerjaan dengan keluarga, serta dengan Sang Maha Pencipta.

Pada tahun 1990-an, para ahli psikologi dan saraf melakukan penelitian tentang 'God spot' dalam otak manusia (Ramachandran and Blakeslee, 1998). Keberadaan 'God spot' dianggap sebagai suatu bangunan dalam pusat spritual yang terletak antara jaringan syaraf dalam otak manusia (*the temporal lobes of the brain*). Meskipun, 'God spot' tidak membuktikan eksistensi Tuhan, keberadaannya menunjukkan bahwa otak memiliki sensitifitas pada pemaknaan hidup dan nilai yang lebih luas (Zohar dan Marshal, 2004). Dengan kata lain, SQ adalah kecerdasan yang paling tinggi dalam diri manusia. Disamping itu, SQ bersifat generik yang dapat diubah dan ditingkatkan. SQ merupakan suatu cara untuk melakukan integrasi,

memahami dan beradaptasi dengan perspektif baru. Maka, kecerdasan berbasis spritual diperlukan oleh setiap peserta didik untuk dapat bersaing dan berhasil dalam kehidupannya.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk memvalidasi angket kecerdasan spritual (SQ) adalah (a) validitas translasional yang terdiri dari validitas isi (*content validity*) dan validitas struktur kalimat (*face validity*); (b) validitas konstruksi melalui teknik analisis faktor; dan (c) uji reliabilitas untuk menentukan koefisien konsistensi internal melalui uji Alpha Cronbach. Tahap-tahap validasi angket SQ diringkas dalam diagram alir (*flow chart*) yang menunjukkan proses validasi angket SQ pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flow Chart* Validasi Angket SQ.

Draft angket kecerdasan spritual (SQ) dikembangkan dari hasil studi literatur yang berlandaskan pada teori SQ oleh Sutikno (2014), Zohar dan Marshall (2000; 2004), Agustian (2001), dan Pasiak (2012). Sebanyak 40 butir angket SQ dikonstruksi kedalam 4 dimensi yang terdiri dari dimensi makna hidup, pengalaman spritual, emosi positif dan ritual. Semua butir angket dianalisis dengan PCA (*Principle Component Analysis*) dan interpretasi hasil analisis faktor melalui bantuan rotasi varimax dengan metode Kaiser normalisasi.

Tahap Validasi Tranlasional

Tahap validitas isi dilakukan untuk memastikan apakah setiap butir angket relevan dengan tujuan pengembangan butir angket. Untuk menentukan validitas isi angket SQ, peneliti membangun kerangka konseptual kecerdasan spritual melalui kajian literatur (buku dan jurnal ilmiah skala Nasional dan Internasional) yang relevan dan meminta penilaian pakar (*expert judgment*). Setelah kerangka konseptual dibangun, dua pakar psikologi menguji ke 40 butir angket SQ untuk memastikan konsisten angket SQ dengan kerangka konseptual. Setiap pakar secara individu dan terpisah mengevaluasi konsistensi setiap butir angket terhadap kerangka konseptual dengan menggunakan empat skala penilaian (1= tidak relevan, 2 = agak relevan, 3 = relevan, 4 = sangat relevan). Indeks validitas isi (CVI) digunakan untuk menentukan validitas butir angket (Lynn, 1996).

Tahap berikutnya adalah proses penentuan *face validiy* yang difokuskan pada tingkat keterbacaan dan kejelasan bahasa (kalimat) dari butir angket serta format khususnya kemudahan responden untuk memberikan jawaban (Haladyna, 1999). Empat pelajar SMA kelas XI yang terdiri dari dua siswa dan dua siswi diminta untuk menentukan apakah kalimat setiap butir angket dapat dan mudah dipahami serta apakah format (*layout*) angket memberikan kemudahan ketika memberikan jawaban.

Validitas Konstruksi

Validitas konstruksi mengacu pada derajat kesesuai antara setiap butir angket SQ dengan konstruksi teoritis yang telah dibangun (Kane, 2001). Proses validasi ini merupakan penilaian kuantitatif membedakan antara butir angket ‘valid’ dan ‘tidak valid’. Responden yang dilibatkan untuk proses validasi konstruksi sebanyak 225 siswa SMA N 01 Arga Makmur, provinsi Bengkulu.

Analisis Faktor

Menurut Williams dan Brown (2012), analisis faktor adalah prosedur statistik multivariate untuk mereduksi beberapa variabel menjadi sekelompok variabel (disebut juga faktor) dan untuk memperoleh dimensi yang melandasi antara variabel dengan konstruksi laten suatu angket. Penentuan setiap faktor berdasarkan pada butir angket yang mempunyai koefisien "loading" yang tertinggi. *Loading* merupakan ukuran hubungan antara sebuah butir angket dengan faktor. Oleh sebab itu, suatu faktor terdiri dari beberapa butir angket yang berhubungan satu sama lain dan dapat dikelompok bersama-sama dengan berdasarkan konstruksi yang sama. Sehingga, butir-butir angket yang tidak berhubungan tidak dapat berada dalam satu faktor. Maka, sebuah faktor dapat terdiri dari butir-butir angket yang saling berkorelasi satu sama lain (Munro, 2005).

Ada dua tipe analisis faktor: *Exploratory Factor Analysis* (EFA), dan *Confirmatory Factor Analysis* (CFA), namun penelitian ini menerapkan EFA. EFA adalah suatu metode analisis faktor untuk menyelidiki hubungan antara variabel-variabel dengan berdasarkan pada kerangka acuan teoritis melalui identifikasi varians terbesar dengan jumlah faktor terkecil (Munro, 2005). Sehingga jumlah sampel (responden) yang relatif besar membuat hasil analisis faktor menjadi lebih dapat dipercayai (tidak bias dan lebih representatif).

Karena jumlah responden yang dipersyaratkan untuk analisis faktor belum disepakati oleh para ahli, jumlah minimum responden menggunakan aturan (*tumb rule*) lima responden untuk setiap butir angket (Munro, 2005). Tetapi, untuk memastikan ukuran sampel yang dapat memenuhi persyaratan analisis faktor menggunakan dua aturan yang berlaku yaitu (1) Ukuran kecukupan sampel Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) dan *Bartlett's test of Sphericity* dan (2) Koefisien faktor loadings dan korelasi antara variabel dengan suatu faktor (Hayes, 2002).

Beberapa jenis metode ekstraksi dapat digunakan untuk analisis faktor, namun *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Principal Axis Factoring* (PAF) adalah metode yang paling umum digunakan untuk validasi *attitude test* seperti angket SQ (Williams dan Brown, 2012). Metode PCA menganalisis varian total dari suatu variabel tertentu, sebaliknya metode PAF hanya menganalisis varian umum sedangkan varian tertentu tidak dianalisis. Maka, PCA dianggap lebih reliabel dan tanpa kesalahan (Byman & Cramer, 2005).

Dalam penelitian ini, metode PCA digunakan dengan pertimbangan bahwa penyusunan butir angket SQ tidak berlandaskan pada suatu teori atau model tertentu yang telah ada. William dan Brown (2012) menyatakan bahwa "..., *PCA is also recommended when no prior theory or model exists* (hal. 6)". Pernyataan ini diperkuat oleh Pett, Lackey, dan Sullivan (2003) bahwa aplikasi PCA digunakan untuk studi awal dalam EFA dan kemudian dilanjutkan dengan CFA untuk membuktikan teori atau model yang dibangun dalam studi awal.

Bryman dan Cramer (2005) menyarankan dua kriteria utama yang digunakan untuk menentukan jumlah faktor yang dipertahankan: 1). Kriteria Kaiser untuk memilih faktor-faktor yang mempunyai eigenvalue ≥ 1 , dan 2). *Scree plot* untuk menggambarkan varian yang cenderung menurun yang menentukan faktor yang diekstraksi dalam bentuk grafik. Faktor yang terletak sebelum titik yang menunjukkan nilai eigen mulai berkurang dapat dipertahankan. Rotasi varimax adalah rotasi orthogonal yang paling umum digunakan untuk melakukan rotasi faktor agar loading pada setiap variabel maksimum dan minimum pada faktor lain.

Reliabilitas

Setelah prosedur validitas diselesaikan, draft angket SQ diuji untuk menentukan reliabilitasnya. Reliabilitas merupakan kemampuan suatu angket untuk mengukur secara konsisten suatu atribut dan bagaimana kesesuaian butir angket satu sama lain (Haladyna, 1999). Kriteria reliabilitas diharuskan pada suatu instrumen, namun belum dapat menjamin suatu instrumen bersifat valid. Internal konsistensi (realibilitas) menguji korelasi antar butir angket dalam suatu angket dan menunjukkan seberapa kesesuaian butir-butir angket cocok satu sama lain secara konseptual (Nunnally & Bernstein, 1994).

Konsistensi internal antar butir angket ditentukan dari koefisien korelasi alpha *Cronbach* (α). Dalam penelitian ini, alpha Cronbach ditentukan untuk setiap faktor dan juga untuk keseluruhan faktor dalam angket SQ (Nunnally & Bernstein, 1994). Jika koefisien Alpha (α) semakin besar, realibitas angket semakin besar (nilai α ditentukan dari $0 \leq \alpha \approx 1$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validitas Isi

Proses pengujian validitas isi dari suatu instrumen (seperti angket SQ) adalah langkah awal yang penting untuk dilanjutkan pada tahap pengujian validitas konstruksi (Haynes, Richard, & Kubany, 1995), dan sehingga validitas isi adalah tahapan pengembangan instrumen yang penting. Rubrik penilaian validitas isi untuk mengukur konsistensi butir angket dengan kerangka konseptual terdiri atas delapan indikator. Dengan menggunakan rubrik, penilaian pada setiap butir angket dapat dilakukan.

Menurut Lynn (1996), jika koefisien CVI (*Content Validity Index*) diperoleh dari pemberian skor yang terletak pada skala penilaian 3 (relevan) atau 4 (sangat relevan), maka butir angket konsisten dengan kerangka konseptual. Jika skor diberikan 3 atau 4 terhadap lima dari delapan indikator, maka butir angket relevan dengan kerangka konseptual yang dibangun.

Berdasarkan data penilaian oleh dua rater diketahui bahwa terdapat empat butir angket (draft angket SQ) dinyatakan tidak valid karena koefisien CVI dari keempat butir angket berada antara 0,50 (4/8) dan 0,75 (6/8). Sedangkan 36 butir angket lainnya dinyatakan sebagai butir angket yang valid dengan interval koefisien CVI dari 1,00 (8/8) sampai dengan 0,87 (7/8).

Uji *Face Validity*

Sebanyak 36 butir angket diberikan kepada empat siswa secara terpisah untuk memberikan penilaian terhadap struktur bahasan dan *lay-out* (format angket). Berdasarkan penilaian dari keempat responden dinyatakan bahwa semua pernyataan yang terdapat dalam ke-34 butir angket mudah dipahami. Namun, dari aspek format, disarankan agar pilihan alternatif jawaban dimulai dari Sangat Setuju (SS= 5) ke Sangat Tidak Setuju (STS=1). Disamping itu, antara lembar pertanyaan yang memuat butir-butir angket disatukan dengan lembar jawaban yang memuat pilihan jawaban. Sehingga, setiap butir angket diikuti langsung dengan pilihan jawaban.

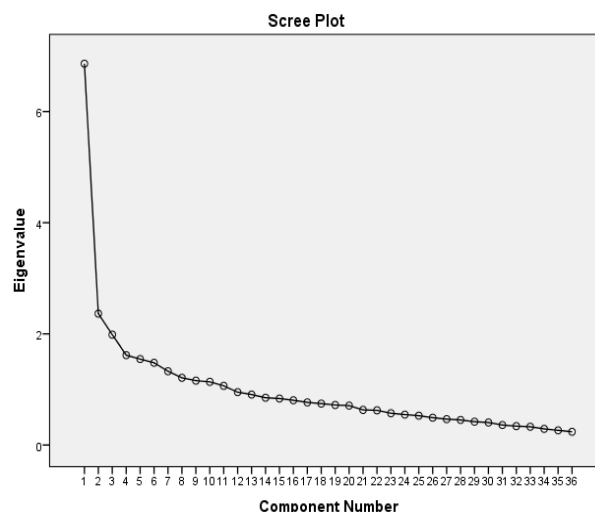
Analisis Faktor

Ukuran kecukupan sampel untuk proses analisis faktor ditentukan dari nilai Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) dan *Measure of Sampling Adequacy* (MSA) dengan interval antara 0 dan 1. Kaiser (1974) menyarankan nilai KMO-MSA yang dapat diterima $\geq 0,5$ dengan kategori 0,5 – 0,7 (*mediocre*); 0,7 – 0,8 (*good*); 0,8 – 0,9 (*great*); $>0,9$ (*superb*). Jadi, dengan menggunakan kategori Kaiser, nilai kecukupan sampel (MSA) dari SQ sebesar 0,8 yang berada dalam kategori baik. Sehingga persyaratan untuk proses analisis faktor selanjutnya dapat dipenuhi.

Merujuk pada kriteria yang disarankan oleh Steven (2002) bahwa suatu faktor dikatakan reliabel jika angket yang diuji coba mempunyai 10 atau lebih variabel (butir angket) mempunyai faktor loading $\geq 0,40$ dan jumlah sampel yang dilibatkan dalam uji coba sebanyak ≥ 150 responden. Analisis faktor dapat dilanjutkan untuk angket SQ karena dari 30 butir angket yang diperoleh melalui analisis faktor terdapat 80% (25) butir angket mempunyai faktor loading $\geq 0,40$ dan 5 butir angket mempunyai faktor loading antara 0,35 dengan 0,37. Dan, sebanyak 225 responden telah dilibatkan dalam uji coba angket SQ.

Hasil analisis faktor menunjukkan bahwa kriteria Kaiser (*Kaiser's Criteria*) dengan *eigenvalue* $\geq 1,00$ diperoleh tiga faktor SQ. Jika data *eigenvalue* dikombinasikan dengan hasil *scree plot*, maka dari 30 butir angket berada dalam tiga faktor (lihat Gambar 2). Menurut Steven (2002) dan Field (2005), *sreee plot* dan *eigenvalue* akurat digunakan untuk menentukan jumlah faktor yang dipertahankan.

Disamping itu, Hair, Anderson, Tatham dan Black (1998) memberikan panduan untuk menginterpretasikan nilai faktor loading. Dijelaskan bahwa jika suatu butir angket mempunyai faktor loading $\pm 0,30$ berarti butir angket memenuhi persyaratan minimal, $\pm 0,40$ berarti butir angket dianggap lebih penting; dan $\pm 0,50$ berarti butir angket dianggap sangat penting



Gambar 2. *Scree Test Criterion*

Reliabilitas (Konsistensi Internal)

Koefisien *Alpha Cronbach* dihitung setelah validasi konstruksi dilakukan. Nilai *α-Cronbach* yang diperoleh untuk setiap *scale* berada pada interval 0,70 sampai 0,80 (Tabel 1). Suatu instrumen dikatakan reliabel jika nilai koefisien Alpha minimal 0,70 (Fraenkel & Wallen, 1996). Namun, menurut DeVon et al. (2007) nilai *α-Cronbach* sebesar 0,70 dapat diterima untuk instrumen yang baru dikembangkan. Maka, butir SQ yang sedang dikembangkan dapat digunakan sebagai suatu intrumen dengan konsistensi internal antar butir angket relatif tinggi ($\alpha \geq 0,70$).

Tabel 1.

Reliabilitas Angket SQ

(N = 225)

Scale Kecerdasan Spiritual	Jumlah Butir	Nilai Koefisien AlphaCronbach*
Kebijaksanaan	14	0,77
Emosi Spiritual	10	0,80
Prinsip Hidup	6	0,70
Total	30	Mean = 0,76

Catatan : nilai α : $0 \leq \alpha \approx 1$

Keabsahan suatu penelitian tergantung pada akurasi dari pengukuran yang dilakukan, terutama penyelidikan pada fenomena yang kompleks seperti kecerdasan spritual. Sebagai suatu instrumen yang relatif baru, hasil uji validitas pada angket kecerdasan spritual (SQ) menunjukkan bahwa instrumen ini relatif akurat untuk mengukur kompetensi spritual (KI-1) yang dinyatakan dalam K-13. Proses yang dilakukan untuk memvalidasi setiap butir angket SQ relatif cermat dan mengikuti prosedur yang disarankan dalam literatur psikometri.

Meskipun, *face validity* tergolong teknik validitas yang paling lemah diantara teknik lainnya, teknik ini bermanfaat dalam memperoleh informasi tentang kemudahan responden dalam memaknai pernyataan yang dikandung dalam setiap butir angket. Validitas isi membantu untuk memberikan penilaian apakah isi (*content*) relevan dengan konsep spritual yang dipaparkan dalam kerangka teoritis (*theoretical framework*).

Analisis faktor digunakan untuk mengevaluasi konstruksi teoritis SQ yang dibangun. Reliabilitas internal mencapai kriteria yang direkomendasikan sebagai intrumen baru (awal) dalam pengukuran kecerdasan spritual yang dapat digunakan untuk siswa/i di SMA sederajat.

Semenjak K-13 diterapkan, para pendidik mengalami hambatan dan kesulitan untuk melakukan assesmen pada aspek sikap terutama kompetensi spritual karena terbatasnya metode dan instrumen pengukuran yang tersedia. Disamping itu, kompetensi spritual relatif subjektif dan sering dikaitkan dengan nilai-nilai luhur agama.

Artikel ini melaporkan validasi psikometri angket SQ untuk mengukur kecerdasan spritual dengan berdasarkan pada definisi dan konteks yang spesifik: menemukan makna hidup, pengalaman hidup terkait nilai-nilai moral yang agung dan universal (agama), pengalaman hidup yang berhubungan dengan emosi positif, dan praktek-praktek moralitas keagamaan dalam kehidupan sehari-hari.

Namun, untuk memperkuat konsistensi atau keakuratan angket ini untuk penelitian lanjutan, penulis merekomendasikan angket SQ dilakukan uji validitas konvergen dan diskriminan untuk menguji kesamaan dan perbedaan SQ dengan instrumen yang setara. Disamping itu, juga disarankan untuk menguji angket SQ dengan *Confirmatory Factor Analysis*.

KESIMPULAN

Angket Kecerdasan Spritual (SQ) adalah instrumen penelitian yang valid dan reliabel yang dapat digunakan secara luas pada responden baik pada jenjang pendidikan SMA dan PT.

REFERENSI

Agustian, A. G. (2001). *Rahasia Sukses Membangun Kecerdasan Emosi dan Spiritual ESQ Emotional Spiritual Quotient Berdasarkan 6 Rukum Iman dan 5 Rukun Islam*. Jakarta: Penerbit Arga.

- Hasan, A. B. P. (2006). *Psikologi Perkembangan Islam: Menyingkap Ruang Kehidupan Manusia dari Pra Kelahiran Hingga Pasca Kematian*, Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Bryman, A., Cramer, D. (1999). *Quantitative Data Analysis with SPSS Release 8 for Windows. A Guide for Social Scientist*. London: Routledge.
- Devon, H. A., Block, M. E., Moyley-Wright, P., Ernst, D. M., Hayden, S. J., Lazzara, D. J. et al. (2007). A psychometric toolbox for testing validity and realibility. *Journal of Nursing Scholarship*, 39 (2), 155-164.
- Field, A. P. (2005). *Discovering Statistics using SPSS*. London: sage
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (1996). *How to design and evaluate research in education*. New York: McGraw-Hill.
- Gould, WB. (1993). Frankl. *Life with meaning*. California: Wadsworth, Inc.
- Hair, J., Anderson, R.E., Tatham, R.L., Black, W.C. (1995). *Multivarite data analysis*. (4th Edition). New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Haladyna, T. (1999). *Developing and Validating Multiple-Choice Test Items*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Haynes, S., Richard, D., & Kubany. E. (1995). Content validity in psychological assessment: A functional approach to concepts and methods. *Psychological Assessment*, 7, 238-247.
- Kaiser, H. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39 (1), 31-36.
- Kane, M. (2001). Current concerns in validity theory. *Journal of Educational Measurement*, 38, 319-342.
- Lynn, M. R. (1996). Determination and quantification of content validity. *Nursing Research*, 35, 382-385.
- Munro, B. H. (2005). *Statistical Methods for Health Care Research*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins.
- Murdock, T. B & Anderman, E. M. (2006). Motivational perspectives on student cheating: toward an integrated model of academic dishonesty. *Educational Psychologist*, 41(3), 129-145.
- Nunnally, J.C., Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
- Pasiak, Taufiq. (2012). *Tuhan dalam Otak Manusia Mewujudkan Kesehatan Spiritual Berdasarkan Neurosains*. Bandung: PT Mizan Pustaka
- Pett, M.A., Lackey, N.R., & Sullivan, J.J. (2003). *Making Sense of Factor analysis; The use of factor analysis for instrument development in health care research*. California: Sage Publications.

- Pinchot, G & Pinchot E. (1996). *The intelligent organization. Engaging the talent & initiative of everyone in the work place*. San Francisco: Berret-Koehler Publishers
- Ramachandran, VS & Blakeslee, S. (1998). *Phantoms in the brain*. London: Fourth Estate.
- Stevens, J. (2002). *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences* (4th. Edition). Marwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sutikno, R. Bambang. (2014). *Sukses Bahagia dan Mulia dengan 5 Mutiara Kecerdasan Spiritual Kiat Pencerahan dengan Sentuhan Modern dan Nilai-Nilai Keagamaan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Zohar, D & Marshall, I. (2000). *Spiritual intelligence; The ultimate intelligence*. London: Bloomsbury Publishing.
- Zohar, D & Marshall, I. (2004). *Spiritual capital. Wealth we can live by*. London: Bloomsbury Publishing Plc.
- Williams, B., dan Brown, T. (2012). Exploratory factor analysis: A five-guide for novices. *Australian Journal of Paramedice*. 8(3). Retrieved from <http://ro.ecu.edu.au/jephc/vol8/iss3/1>

RANCANGAN SWITCHING NANO DETIK DENGAN SALURAN TUNDA INDUKTOR BERBASIS TRANSISTOR AVALANCHE

Kerista Tarigan

Departemen Fisika Universitas Sumatera Utara

e-mail: keristatrg@gmail.com

ABSTRACT

Akhir-akhir ini, perkembangan teknologi sudah mencapai pada tingkat ke-presisian waktu, ukuranyang telah mencapai hitungan nano. Salah satu teknologi nano yang sangat vital dalam penyaluran sinyal maupun energi pada berbagai bidang Iptek adalah pewaktuan, sehingga pewaktuan dengan range mikrodetik sudah kurang relevan. Dengan alasan tersebut diatas maka pada penelitian ini, telah dirancang dan diuji suatu rangkaian pewaktu, switching, dengan durasi nano detik berbasis Transistor Avalanche dan dengan metode saluran tunda menggunakan Induktor. Tujuan rancangan ini adalah untuk mendapatkan suatu rangkaian switching yang dapat menghasilkan pulsa dengan durasi yang sangat singkat. Berdasarkan hasil analisis dan uji eksperimental rangkaian, maka telah diperoleh hasil waktu switching rata-rata adalah sebesar 4 ns, dan besar amplitudo tegangannya tergantung kepada besar catu daya yang diberikan ke transistor avalanche yang digunakan. Fungsi hasil rancangan ini dapat digunakan pada berbagai rangkaian yang membutuhkan pulsa pemicu yang sangat singkat seperti pada rangkaian sampling, timing, osilator, pengujian respon sistem, dan sebagainya.

Keywords: Switching, nano detik, saluran tunda, transistor avalanche

PENDAHULUAN

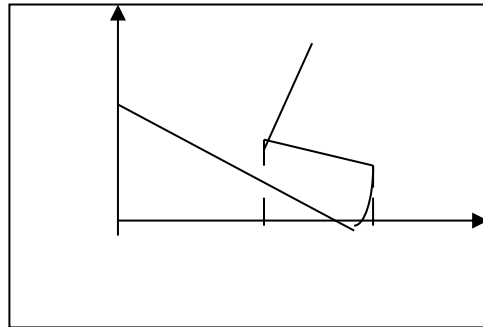
Akhir-akhir ini, perkembangan teknologi sudah mencapai pada tingkat ke-presisian waktu, ukuran dengan hitungan nano, sehingga sering disebut teknologi nano. Salah satu teknologi nano yang sangat vital dalam penyaluran sinyal maupun energi pada berbagai bidang Iptek adalah pewaktuan. Pewaktuan sebagai salah satu variabel kontrol yang dapat dibangun dengan menggunakan Transistor bipolar, Efek medan, dan dari keluarga Thyristor. Berdasarkan karakteristik transistor yang telah disebutkan di atas, umumnya menghasilkan waktu durasi hidup maksimum pada orde mikro detik, dengan demikian maka proses pewaktuan dalam range mikrodetik sudah kurang relevan untuk saat akan mendatang. Padahal, pada penelitian-penelitian lanjut yang inovatif biasanya menggunakan rangkaian switching dengan orde nano detik, sehingga sangat perlu suatu penelitian untuk mengantisipasinya. Salah satu cara untuk memperoleh waktu durasi hidup yang ber-orde nano detik adalah dengan memanfaatkan karakteristik transistor seperti tipe IGBT dan Avalanche.

Permasalahannya adalah, bagaimana membuat rangkai driver transistor tersebut agar dapat menghasilkan pewaktuan nano detik. Namun berdasarkan karakteristik transistor avalanche dan dengan saluran tunda maka secara teoritis dapat menghasilkan pewaktuan nano detik.

Tujuan pada penelitian ini adalah, bagaimana merancang rangkaian driver transistor tipe avalanche untuk dapat dioperasikan sebagai switching yang dapat menghasilkan pewaktu berorde nano detik. Aplikasi dari rangkaian ini diharapkan dapat difungsikan untuk keperluan switching¹⁻⁵⁾ pada rangkaian-rangkaian aplikasi seperti pada rangkaian sampling, timing, osilator, pengujian sistem sinyal.

Transistor Avalanche

Transistor Avalanche adalah merupakan transistor switching yang mempunyai waktu hidup yang sangat singkat, yaitu sekitar 2 ns. Karakteristik transistor tersebut, arus kolektor (I_c) sebagai fungsi dari tegangan kolektor ke emitter (V_{ce}) seperti pada grafik pada Gambar 1.

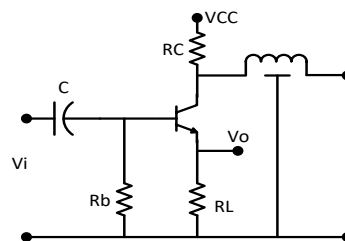


Gambar 1. Karakteristik Transistor Avalanche

Dari Gambar 1, terlihat bahwa jika antara kolektor dan emitter diberi tegangan yang melebihi tegangan breakdown-nya (BV_{ce}), maka akan timbul arus kolektor yang besar. Akibatnya tegangan V_{ce} akan turun dan berada pada tegangan latch-nya (LV_{ce}). Besarnya tegangan BV_{ce} dan LV_{ce} akan tergantung pada rangkaian yang dibentuk pada basis transistor.

Perancangan Pembangkit Pulsa Dengan *Delay Line*

Prinsip dasar pembangkit pulsa dengan waktu hidup yang sangat singkat dan dengan amplitudo yang besar dapat dirancang dengan menggunakan Transistor avalanche dan dengan inductor, L diganti dengan komponen kapasitor C seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembangkit Pulsa dengan Delay Line.

Cara kerja dengan saluran tunda, *delay line* adalah, jika tegangan V_{cc} pada rangkaian pada Gambar 2 diberi tegangan maka kapasitor C akan dimuati melalui hambatan R_c sehingga tegangan BV_{ce} sedikit dibawah V_{cc} . Dan, ketika diberi tegangan V_i maka tegangan V_{ce} akan turun. Hal ini menyebabkan kapasitor C dengan cepat membuang muatannya (avalanche discharge) melalui hambatan R_L sehingga tegangan pada R_L akan turun seketika dan tergantung kepada waktu hidup transistor, ns. Tegangan output pada R_L mencapai puncaknya ketika transisi akan turun menuju nol pada saat C membuang muatannya. Sedangkan tegangan kolektor akan tetap sebesar LV_{ce} selama beberapa saat, yaitu selama waktu recovery dari transistor. Seterusnya, kapasitor C akan diisi kembali melalui R_c dengan konstanta waktu $t = R_c C$. Dengan demikian, pada output akan dihasilkan pulsa sangat

sempit yang ditentukan oleh R1 dan C serta tegangan amplitude akan ditentukan oleh tegangan V_{ce} dari transistor. Periode pulsa tergantung pada R_c dan C, dimana periode dari pulsa yang dihasilkan harus di atur agar lebih besar dari periode pemicunya.

KOMPONEN DAN METODE

Komponen

Pada penelitian ini, komponen utama yang digunakan adalah transistor avalanche dengan tipe 2N3725 dan kabel coaxial 50 Ohm serta beberapa komponen hambatan R. Peralatan pendukung lainnya adalah Osiloskop storage Textronic 100 Mhz, Avometer Sunwa, dan dilengkapi dengan pencatu daya yang bersesuaian.

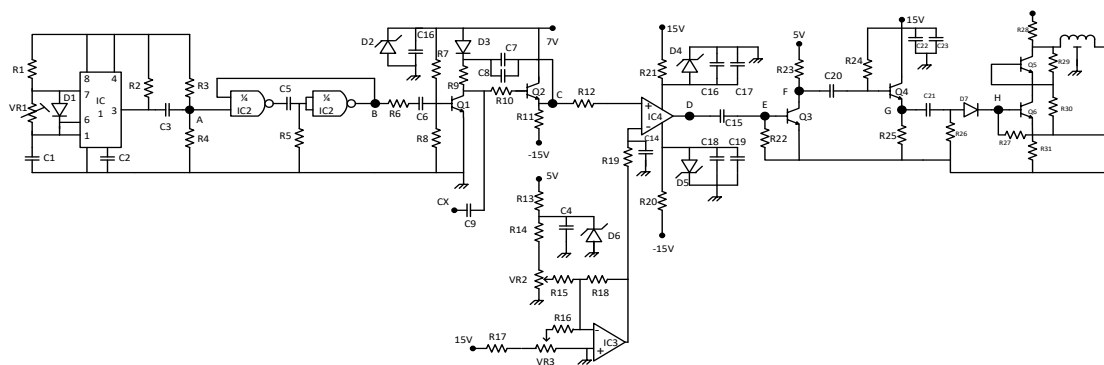
Metode

Metode rangkaian switching pulsa sangat singkat menggunakan transistor avalanche pada dasarnya adalah memanfaatkan kondisi cut-off dan saturasinya. Untuk mendapatkan pulsa yang dapat dikontrol dan lebih tajam maka digunakansaluran tunda waktu, delay line dengan komponen inductor. Dalam metode ini, hambatan saluran tunda R_o dibuat sama dengan hambatan beban R_l, dan hambatan R_l dipasang pada emitter serta R_o dihubungkan ke bumi seperti pada Gambar 2. Namun, untuk menghasilkan pulsa-pulsa dengan lebar dan amplitude yang lebih tajam dapat dilakukan dengan memasang saluran tunda dengan cara menggantikan kapasitor C dengan induktor L seperti pada Gambar 2 di atas. Jika hambatan L adalah R_o dan jika R_o sama dengan R_l maka tegangan keluaran transistor adalah sebesar, $V_o = -\frac{1}{2} V_{cc-ta}$. Dimana, ta adalah transistor avalanche⁶⁾. Dengan metode tersebut maka diharapkan dapat diperoleh pulsa-pulsa nano detik yang lebih tajam.

HASIL RANCANGAN DAN DATA

Hasil Rancangan

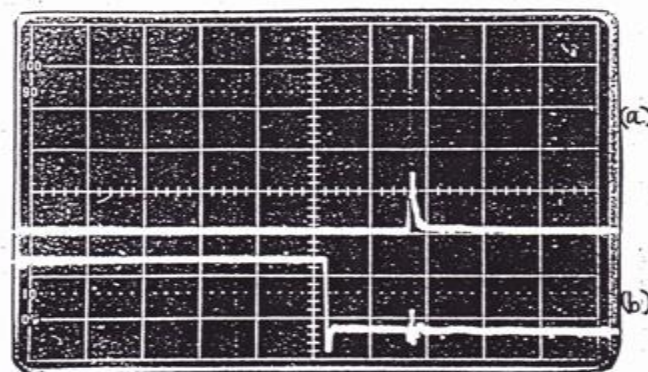
Rangkaian rancangan yang telah dibuat adalah terdiri dari lima bahagian utama, yaitu: bagian Timer 555 sebagai pembangkit pulsa, Multivibrator dipergunakan sebagai diferensiator, rangkaian Bootstrap sebagai penghasil sweep, rangkaian Komparator, dan beban Induktor sebagai penunda waktu dengan switching yang menggunakan Transistor avalanche. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Uji switching pulsa dengan saluran tunda.

Data

Berdasarkan rangkaian uji pada Gambar 3 diatas, maka telah dilakukan pengujian dan diperoleh data rata-rata dari bacaan Osiloskop storage, Textronics 100 Mhz, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, yaitu:



Gambar 4. Tampilan Osiloskop, a). Hasil pulsa sangat sempit, b). Hasil pembangkit pulsa pemacu, timer.

$$\text{Waktu pulsa, } T_p = 0,08 \times 50 \text{ ns} = 4 \text{ ns.}$$

$$V_p = 1,45 \times 10 \text{ V} = 14,5 \text{ V}$$

$$\text{Time/div.} = 0,05 \mu\text{s.}$$

$$\text{Volt/div.} = 10 \text{ V.}$$

Diskusi

Berdasarkan analisa rangkaian uji seperti pada Gambar 3, dan hasil pembacaan osiloskop pada Gambar 4, maka hasilnya dapat dijelaskan sebagai berikut.

Gelombang output pada titik A, timer, dengan mengatur nilai R1 dan C1 maka dapat diperoleh $T_1 = 4,14 \mu\text{s}$, serta VR1 dan C1 untuk memperoleh $T_2 = 5,86 \mu\text{s}$, maka diperoleh frekuensinya sebesar 100 kHz, atau $T = 10 \mu\text{s}$. Kemudian oleh rangkaian R4 dan C3 maka pada titik B menghasilkan pulsa diferensial dengan tundaan waktu sebesar $0,69 \text{ R}_5 \text{ C}_5 = 2,66 \mu\text{s}$. Untuk mendapatkan sweep maka digunakan rangkaian bootstrap yang terdiri dari transistor Q1 dan Q2 yang kelinierannya ditentukan oleh $T_s = R_9 C_9$ yaitu pada titik C. dari titik C diumpankan ke input komparator dengan tegangan ref. $V_{ref.} = R_{18}/R_{15} V_1 + R_{18}/R_{16} V_2$. Sedangkan V1 dan V2 dapat diatur dengan VR2 dan VR3. Selanjutnya, pada titik E diferensialkan lagi oleh untai R22 dan C15 kemudian diperkuat oleh Transistor Q3 maka hasilnya hanya mengayun pulsa positif. Output pada titik G disearahkan oleh dioda D6 sehingga pada titik H diperoleh pulsa sangat sempit seperti pada Gambar 4 di atas. Pulsa sangat sempit inilah digunakan untuk memicu transistor avalanche Q5 dan Q6.

Pada saat Q6 aktif maka tegangan kolektornya akan turundan Q5 aktif, akibatnya, saluran transmisi, delay line, dengan cepat membuang muatan yang menimbulkan kondisi avalanche. Waktu yang dibutuhkan untuk transisi kondisi Q6 on ke off adalah sebesar 2 kali tundaan saluran⁷⁾. Waktu yang dibutuhkan Q6 dari saturasi ke cutoff adalah sebesar $T_w = 10 L$, sedangkan waktu pulsa saturasi, $T_p = T_{on} + T_w$. Maka untuk panjang saluran tunda 15 cm,

maka $T_w \sim 1,5$ ns. Dengan demikian maka besar T_p secara teoritis adalah, $T_p = 2 + 1,5$ ns = 3,5 ns.

Kemudian, berdasarkan hasil pengamatan dari osiloskop seperti pada Gambar 4, diperoleh waktu sebesar, $T_p = 0,08 \times 50$ ns = 4 ns. Jadi ada penyimpangan sebesar 12,5 % terhadap nilai teoritisnya, dan 50 % dari nilai tipikalnya, namun hasil ini sangat memuaskan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan maka telah diperoleh waktu pulsa on adalah sebesar 4 ns dengan penyimpangan 12,5 % terhadap nilai teoritis dan 50 % terhadap nilai tipikalnya. Akan tetapi masih layak digunakan sebagai switching pada penggunaan berkelas beberapa nano detik, dengan saran harus menggunakan spesifikasi yang tepat.

KEPUSTAKAAN

Tarigan, K., *Dampak Medan Elektrik Berpulsa Tegangan Tinggi Terhadap Membran Selluler*, Disertasi (S3) USU Medan, 2009.

Tarigan, K., *Model Matematik Efek Pulsa Medan Elektrik Terhadap Peningkatan Potensial Membran Saraf Sebagai Pengendali Nematoda Parasit*, Dunia Pertanian Sebagai Pengaman Ketahanan Pangan Sekaligus Penyelamat Lingkungan, Prosiding, Fak. Pertanian USU Medan, 2008.

Tarigan, K., *The effect of Impulse Electric Field on Dielectric Nervous Membran of Parasitic Nematode*, Int'l Seminar On Chemistry 2008, Book of Abstract Seminar Programme, Medan, 2008.

Tarigan, K., *Analysis and Measurement of Impulse High Voltage Efficiency From High Voltage DC Generator by RC Model*, 1st International Post Graduate and Under Graduate Chemistry Conference, Proceeding, Himp. Mhs. Magister Ilmu KIMia, SPS-USU Medan, 2007.

Tarigan, K., *Nitrogen Laser Fluorescence Spectrometer with Programmable Time Delay*, Thesis Magister, Fak. Pascasarjana Program Studi Optoelektronika dan Aplikasi Laser, Jakarta, 1989.

Malvino A.P, *Electronics principles*, Mc Graw Hill, 2nd Edition, 1979.

Milman-Taub, *Pulse. Didital and Switching Waveform*, Mc Graw Hill, 1965.

The Linier Data Book, National Semiconductor corporation, 1992.

DESIGN AWAL TEORI KEMAGNETAN SOLENOIDA BERPENAMPANG SEGITIGA

Haerul Pathoni

Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jambi
Email :haerul.pathoni@gmail.com

ABSTRAK

Telah dibuat solenoida berpenampang segitiga sembarang dengan sisi masing-masing 4 cm, 6 cm, 7 cm, panjang 12 cm dan terdiri atas 220 lilitan. Pada penelitian ini dilakukan penghitungan nilai induktansi solenoida berpenampang segitiga dengan praktek di laboratorium. Hambatan dalam solenoida diperoleh 14,8 Ω . Pengambilan data frekuensi yakni dari 10 Hz-100 Hz sehingga diperoleh beda fase pada setiap frekuensi yang berbeda.dari hasil perhitungan kemiringan grafik antara $\tan \Delta\varphi$ dan frekuensi diperoleh induktansi solenoida berpenampang segitiga sebesar 21,45 KH.

Kata Kunci : Teori kemagnetan, Induktansi, Solenoida Berpenampang Segitiga

ABSTRACT

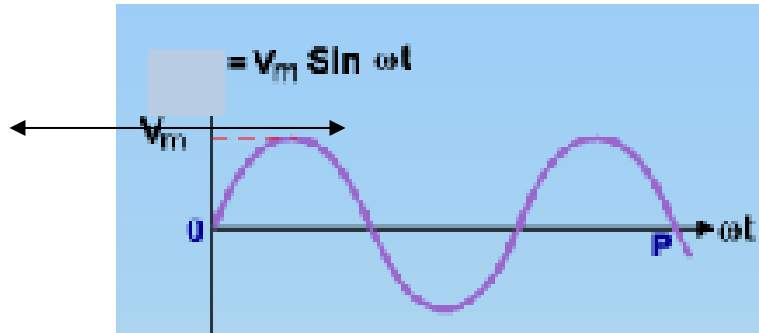
Triangle-solenoid solenoids have been made with each side 4 cm, 6 cm, 7 cm, 12 cm long and consist of 220 loops. In this research, the calculation of triangle solenoid inductance value is done by experiment in laboratory. The resistance of the solenoid measure by multimeter is 14.8 Ω . Data frequency collect from 10 Hz-100 Hz to see the phase difference on each different frequency. The calculation of the slope of the graph between $\tan \Delta\varphi$ and frequency, the inductance triangle solenoids is of 21.45 KH.

Keywords: Magnetism Theory, Inductance, Triangular Solenoids

PENDAHULUAN

Pada umumnya solenoida berbentuk lingkaran atau dikenal dengan nama inductor. Pada penelitian ini dibuat solenoid berpenampang segitiga dengan 4 cm, 6 cm, 7 cm, panjang 12 cm dan terdiri atas 220 lilitan. Sekarang solenoida telah digunakan dalam berbagai bidang. Sesuai dengan kebutuhan pasar, industri, ilmu pengetahuan (pendidikan) maka penelitian-penelitian tentang solenoida telah banyak dilakukan. Dalam bidang industri, solenoida superkonduktor telah digunakan untuk spektroskopi laser gas dengan menggunakan komputer digital dan telah digunakan sebagai sensor getaran. Sistem sensor yang menggunakan solenoida menggunakan elemen koil datar (solenoida), massa seismik, pegas dan kerangka sebagai bahan ^[1,2,3].

Jika sebuah inductor dihubungkan dengan sumber arus ac maka bentuk gelombang yang dihasilkan adalah berbentuk sinusoidal^{6]} seperti ditunjukkan pada gambar 1 berikut .



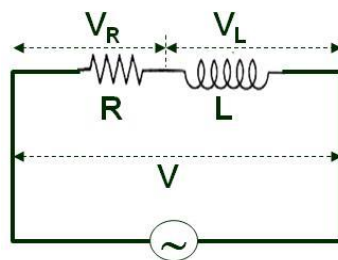
Gambar 1. Grafik sinusioda tegangan ac.

Gambar 1. memperlihatkan bahwa tegangan ac berubah secara berkala. Periode T menyatakan beda waktu antara dua titik pada bentuk gelombang dengan fasa yang sama. Bentuk umum fungsi tegangan sinusoida pada tegangan ac adalah

$$v(t) = V \cos(\omega t + \phi_0) \quad (1)$$

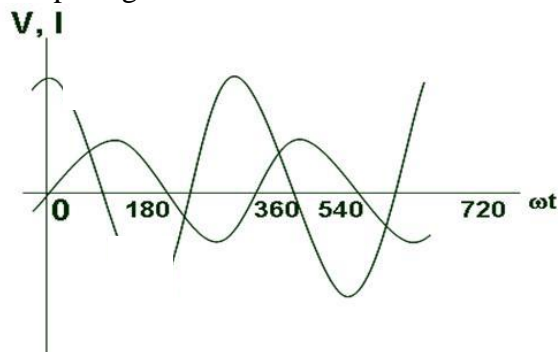
dengan ω adalah frekuensi sudut (rad/s), ϕ_0 tetapan fasa^[5].

Sedangkan jika sumber tegangan ac dihubungkan dengan rangkaian resistor, kapasitor atau induktor yang dirangkai seri maupun paralel maka akan timbul impedansi antara hambatan tersebut. Impedansi adalah hasil gabungan dari nilai resistor dan reaktansi dalam rangkaian ac (*alternating current*). Nilai reaktansi berasal dari nilai hambatan yang ada pada kapasitor dan induktor. Beban kapasitif menyatakan impedansi yang kapasitansinya lebih besar dari induktansinya. Demikian sebaliknya, beban induktif menyatakan bahwa induktansi pada rangkaian itu lebih besar dibandingkan dengan kapasitansinya^[6]. Rangkaian RL arus bolak-balik ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Rangkaian RL arus ac.

Gambar 2. memperlihatkan rangkaian RL seri yang diberi sumber arus ac. Isyarat gelombang yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar. 3 .



Gambar 3. Grafik rangkaian induktif arus ac.

Pada gambar 3. terlihat bahwa isyarat fasa gelombang pada rangkaian RL (induktif) arus ac adalah fase tegangan mendahului arus sebesar 90° . Hal ini berarti bahwa arus dan tegangan

pada induktansi murni tidak sefase. Sedangkan tegangan V_R sefase dengan arus pada rangkaian I . Hal ini sesuai dengan persamaan umum tegangan sinusoida pada rangkaian RL arus ac yaitu

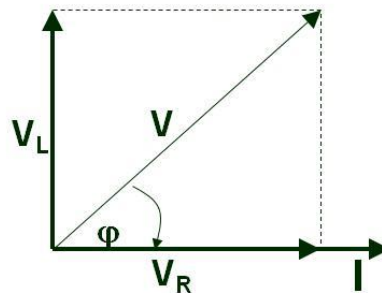
$$V_R = RI_0 \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (2)$$

$$V_L = X_L I_0 \cos(\omega t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2}) \quad (3)$$

Sedangkan impedansi rangkaian RL arus ac adalah

$$z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (4)$$

dengan R adalah hambatan resistor (Ω) dan X_L adalah reaktansi induktif (Ω). persamaan (4) diperoleh dari diagram fasor seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 . Diagram fasor rangkaian RL seri arus ac.

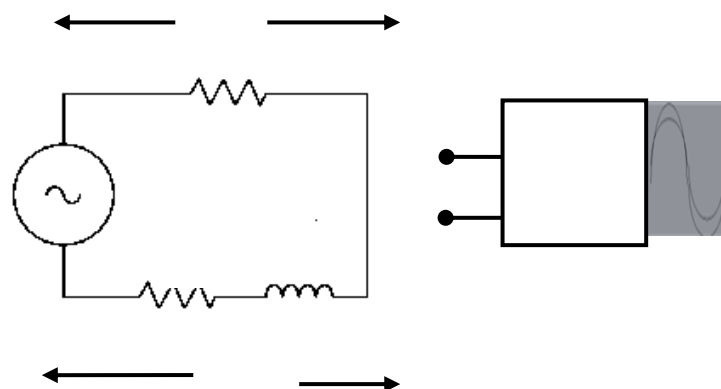
Gambar 4. memperlihatkan diagram fasor untuk mendapatkan impedansi rangkaian. Setelah diperoleh persamaan impedansi maka dapat ditentukan pula beda fase antara arus dan tegangan pada induktor murni yaitu

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{X_L}{R} \quad (5)$$

dengan φ adalah sudut beda fase antara arus dan tegangan rangkaian RL arus bolak-balik ^[4].

METODE PENELITIAN

Ekperimen sederhana untuk menentukan induktansi solenoida dirangkai seperti ditunjukkan pada gambar 5 dan 6 .



Gambar 5 . Set Eksperimen osiloskop, *audio function generator* (AFG), resistor 2Ω dan solenoida.



Gambar 6 . Set Eksperimen osiloskop, *audio function generator* (AFG), resistor 2Ω dan solenoida di laboratorium

Pada gambar 5 dan 6. diperlihatkan set percobaan untuk mencari induktansi solenoida (foto set percobaan di laboratorium terdapat pada lampiran F). Solenoida diasumsikan sebagai solenoida tak ideal yang mempunyai hambatan (R_L) dan reaktansi induktif (X_L) yang terusun seri. Adanya hambatan dan induktansi pada solenoida sehingga solenoida berpenampang bujur sangkar disebut sebagai induktor-resistif. Induktor-resistif kemudian diserikan dengan resistor murni 2Ω untuk melihat beda fase antara tegangan pada induktor- resistif (V_{IR}) dengan resistor murni 2Ω (V_R).

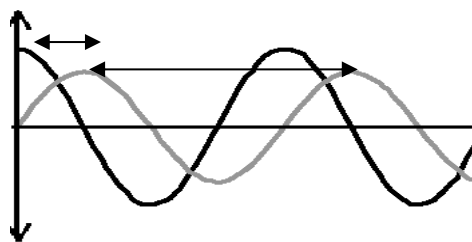
Jika suatu resistor murni dihubungkan dengan sumber arus ac, maka tegangan dan arusnya mempunyai fase sama. Sedangkan pada induktor murni, fase tegangan mendahului arus sebesar 90° . Dengan memanfaatkan karakteristik antara resistor dan induktor ini, maka dapat juga dilihat beda fase antara tegangan pada resistor dan tegangan pada induktor-resistif. Secara teori, fase tegangan pada induktor-resistif mendahului fase tegangan pada resistor murni sebesar 90° .

Untuk menentukan induktansi solenoida pertama-pertama dengan mencari sudut beda fase antara tegangan pada solenoida yang diserikan dengan resistor murni (R_x) dengan persamaan

$$\Delta\phi = \frac{\Delta t}{T} 2\pi \quad (6)$$

dengan $\Delta\phi$ adalah sudut beda fase (radian), Δt adalah pergeseran gelombang (s), dan T adalah periode gelombang (s).

Cara menentukan sudut fase antara tegangan V_{RI} dan V_R yaitu seperti ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Beda fase antara V_R dan V_{IR} yaitu $\Delta\phi = \frac{\Delta t}{T} 2\pi$

Solenoida ini diasumsikan mempunyai rangkain seri antara induktansi (L) dan hambatan dalam solenoida (R_L) kemudian diserikan lagi dengan resistor murni (R_x). Dengan demikian, Pada rangkaian RL dengan menggunakan diagram fasor didapatkan persamaan yaitu

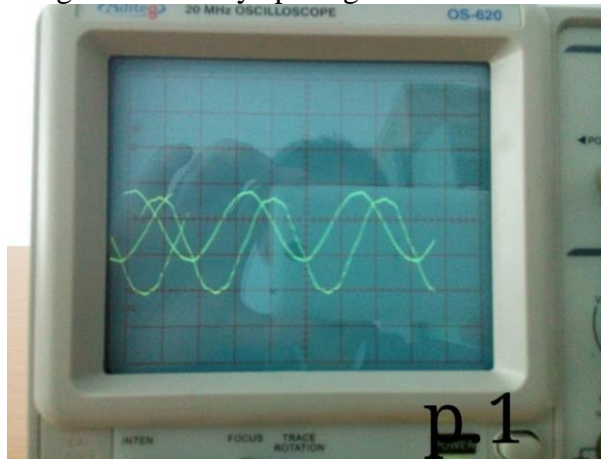
$$\tan \Delta\varphi = \frac{X_L}{R_{tot}} = \left(\frac{2\pi L}{R_{tot}} \right) f \quad (7)$$

dengan X_L adalah reaktansi induktif (Ω), R_{tot} adalah Hambatan dalam solenoida solenoida (R_L) ditambah hambatan Resistor murni (R_x) (Ω), L adalah induktansi solenoida (mH), dan f adalah frekuensi *audio function generator* (Hz)^[6]. Dengan memvariasikan besar frekuensi maka didapatkan induktansi solenoida dari kemiringan grafik ($\tan \varphi$) dengan frekuensi. Perhitungan induktansi solenoida dari kemiringan grafik dihitung dengan persamaan

$$L = \frac{mR_{tot}}{2\pi} \quad (8)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

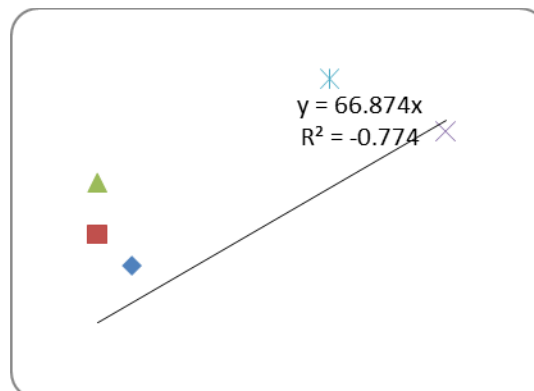
Langkah awal untuk menghitung induktansi solenoida berpenampang segitiga adalah menghitung beda fase antara tegangan pada induktor resistif (V_{IR}) dan tegangan resistor murni (V_R) yang salah satu gambar hasilnya pada gambar 8.



Gambar 8. Contoh beda fase antara V_R dan V_{IR} pada frekuensi 10 Hz untuk percobaan I.

Pada gambar 8. dengan menggunakan persamaan (6) maka beda fase antara tegangan induktor-resistif (V_{IR}) dan tegangan resistor murni (V_R) yakni $84,7^0$. Hal yang sama juga dilakukan pada frekuensi yang lain yakni dari frekuensi 25 Hz sampai 100 Hz.

Dari hasil pengolahan data perhitungan induktansi solenoida berpenampang bujur sangkar secara eksperimen maka didapatkan grafik antara $\tan \varphi$ dengan frekuensi seperti pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. Grafik antara $\tan \varphi$ dengan frekuensi (kHz) untuk solenoida berpenampang Segitiga

Dari gambar 9. dapat dilihat bahwa kemiringan grafik antara $\tan \varphi$ dengan frekuensi (Hz) untuk solenoida berpenampang segitiga adalah $m = 66,87$. Sedangkan pada pengukuran hambatan solenoida dengan multimeter diperoleh hasil untuk hambatan solenoida berpenampang segitiga (R_L) adalah $14,8 \Omega$ dan hambatan resistor murni (R_x) = $2 \text{ k}\Omega$.

Jika persamaan linier $y = mx + c$ sebanding dengan persamaan (3.2) dan kemiringan grafik adalah m maka hasil perhitungan induktansi solenoida berpenampang segitiga secara eksperimen adalah $21,45 \text{ kH}$.

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran Hambatan dalam solenoid dengan menggunakan multimeter maka diperoleh hambatan solenoid berpenampang segitiga adalah sebesar $14,8\Omega$. Pengambilan data beda fase dilakukan pada frekuensi 10 Hz-100 Hz. Dari hasil perhitungan kemiringan grafik antara $\tan \Delta\varphi$ dan frekuensi diperoleh induktansi solenoida berpenampang segitiga sebesar $21,45 \text{ KH}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami ucapkan kepada dekan Fakultas Teknik Universitas Jambi dan ketua LP2M UNJA yang telah mendanai penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- G. Davis, V.V. Kashikhin, T. Page, I. Terechkine, J. Tompkins, and T. Wokas. Designing Focusing Solenoidas for Superconducting RF Accelerators, *FERMILAB-CONF-06-290-TD*.
- C.H.Chang, P.H.Lin, F .Y.Lin, C.S.Chang, dan C.S.Hwang. (2005). Design of a helical staggered undulator, *Journal of Physics: Conference Series* 234 (2010) 032005.
- M.Djamal.(2006)..Sensor Modeling of a Vibration Sensor, *Indonesian Journal of Physics* Vol 17 No. 4, hal.101-105.
- P.M. Fishbane, S. Gasiorowichz, and S.T. Thornton. (1996). *Physiscs For Scientist and Enginers Second Edition*. New Jersey: Prentice Hall. Hal. 816-819.
- D. Halliday, R. Resnick dan J. Walker . (2005). *Fundamentals of Physics 7th ed*, John Willey & Sons, NJ. Hal.793
- Sutrisno .(1986), *Elektronika: teori dasar dan penerapannya*, Bandung : ITB. Hal. 24-25.

PEMODELAN ARUS MUSIMAN DI PERAIRAN LEMUKUTAN KALIMANTAN BARAT

Arie Antasari Kushadiwijayanto*, Apriansyah, Nora Idiawati

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

*email: arie.antasari.k@fmipa.untan.ac.id

ABSTRACT

Lemukutan Waters is located in Kalimantan Barat Province, Indonesia. It has many potential resource to be developed such as coral reef, red seaweeds (Eucheumatoideae), fish, and also for tourism. This waters is also conservation area for green sea turtle (Chelonia) and hawksbill sea turtle (Eretmochelys). Water quality in this area is affected by many rivers runoff (including Kapuas River, the longest river in Indonesia), which supplied many material in this site. This paper examine seasonal current that play important role using numerical model. Seasonal wind during the year was used to drive current. Model result are seasonal current in every month. For validation, its result was compared with residual current from observed data at September, 10-11th, 2016. Its comparison show that observed residual current higher than model and indicated tidal influence play dominant role in this area. Seasonal current in this waters is dominated by southern current than northern current. Southern current flow in five month (May-October), otherwise northern current occur during December to March (four month). This result open new insight that material from Kapuas River (located at southern this waters) may affected significant processes in this waters.

Keywords: numerical model, seasonal current

PENDAHULUAN

Pulau Lemukutan adalah salah satu pulau yang berada di Kabupaten Bengkayang. Pulau ini terletak di sebelah barat Pulau Kalimantan yang dibatasi oleh Laut Natuna dan Selat Karimata. Sebagai salah satu pulau terluar, Perairan pulau Lemukutan memiliki potensi yang sangat besar mencakup kelimpahan berbagai spesies karang, ikan, lamun dan sumberdaya alam lainnya.

Kenyataan yang berkembang dewasa ini, Pulau Lemukutan mengalami perkembangan yang sangat pesat. Ini ditunjukkan dengan meningkatnya pembukaan lahan baru untuk keperluan perumahan, penginapan, pelabuhan dll. Pembangunan yang pesat ini selain membawa dampak positif juga memicu timbulnya masalah lingkungan seperti penumpukan sedimen yang mengakibatkan garis pantai berubah. Selain itu ekosistem di sekitar pulau juga dapat terancam akibat dari material pencemar yang dibuang ke perairan.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan mempelajari dan memahami kondisi dinamika sirkulasi arus di daerah Perairan Pulau Lemukutan dibangkitkan oleh stress angin melalui pemodelan matematika. Pemahaman mengenai karakteristik arus di sekitar perairan ini sangat diperlukan untuk merancang kebijakan pembangunan di sekitar pulau sehingga mendorong terpecahnya masalah yang dihadapi. Model matematika yang digunakan untuk mengkaji kondisi sirkulasi arus di sekitar

Perairan Pulau Lemukutan adalah model numerik (beda hingga) hidrodinamika arus pasang surut (pasut) 2D yang dibangkitkan oleh stress angin.

KAJIAN LITERATUR

Nontji (1987) mendefinisikan arus sebagai pergerakan massa air laut akibat adanya angin yang berhembus, perbedaan densitas dan gerakan gelombang panjang akibat pasut. Dari ketiga faktor ini, angin menjadi faktor kunci dalam menentukan besar dan arah arus untuk perairan laut terbuka. (Hutabarat dan Evans, 1984). Selain angin, setidaknya ada faktor lain yang berpengaruh terhadap arus yakni topografi, gaya coriolis dan perbedaan densitas.

Arus yang disebabkan oleh angin pada umumnya bersifat musiman. Dimana pada satu periode musim tertentu, arus bergerak ke arah tertentu dan berbalik arah untuk periode musim berikutnya. Dari hasil simulasi hidrodinamika 3D di perairan Kalimantan Barat, Jumarang (2008) menunjukkan dalam periode Mei s.d Agustus 2006 arus bergerak ke arah selatan menuju Laut Jawa. Sedangkan pada Januari s.d Maret dan November s.d Desember 2006, arus berbalik arah ke utara menuju Laut China Selatan. Sirkulasi arus permukaan pada daerah penelitian mengikuti pola angin permukaan.

Pola sirkulasi arus pada musim barat (bulan Februari) bergerak ke arah selatan di sepanjang pantai. Arus semakin menguat pada daerah bagian Selatan yakni sebelah timur Pulau-pulau Karimata. Pergerakan arus ke arah selatan terus berlanjut hingga memasuki musim peralihan I (bulan Mei). Pola arus tersebut hampir sama dengan pola pada bulan Februari tetapi dengan kecepatan arus yang lebih rendah. Pada bulan Mei, pada bagian utara pantai Kalimantan Barat dijumpai arus yang berasal dari daerah lepas pantai menuju ke pantai dengan nilai yang cukup besar. Arus tersebut kemudian dibelokkan ke arah utara menyusuri pantai.

Pada musim kemarau (bulan Agustus), arus yang menyusuri perairan pantai Kalimantan Barat bergerak dari dua arah yang berbeda. Pada bagian timur Pulau-pulau Karimata, arus bergerak ke arah utara yang kemudian dibelokkan menjauhi pantai sebelum mencapai 0° Lintang Selatan. Dari arah utara bergerak arus ke arah selatan yang kemudian bertemu dengan arus dari arah selatan pada $0,5^{\circ}$ Lintang Selatan. Kedua arus tersebut kemudian bergerak menjauhi pantai (bergerak ke arah Barat).

Pada musim peralihan II (bulan November), arus sepanjang pantai Kalimantan Barat bergerak ke arah Selatan dengan pola yang mirip dengan musim Barat dan Musim peralihan I, tetapi dengan kecepatan arus sekitar pantai yang jauh lebih kecil. Arus yang menyusuri pantai ke arah Selatan berasal dari arus yang berasal dari arah Barat yang dibangkitkan oleh Angin. Pada bulan November sudah mulai terjadi perubahan arah Arus.

METODE PENELITIAN

Daerah model dan data

Daerah model yang digunakan sebagai objek model adalah perairan di sekitar Pulau Lemukutan, Kab. Bengkayang. (**Gambar 1**). Domain model dibagi menjadi 300×300 grid dengan ukuran grid 100×100 meter.

Data yang digunakan sebagai input model meliputi data batimetri daerah model diperoleh dari peta batimetri yang dikeluarkan oleh ETOPO2 (*Earth Topography with 2 minute gridded*). Data stress angin dapatkan dari *World Ocean Atlas* (WOA) digunakan sebagai nilai awal dan syarat batas. Data pengamatan arus perjam pada tanggal 10-11 September 2016 digunakan untuk validasi hasil model.

Persamaan Pembangun

Persamaan yang dibangun dalam penelitian ini meninjau gaya pembangkit arus yang disebabkan oleh angin (*wind driven current*). Di perairan terbuka selain oleh angin, arus dapat juga dibangkitkan oleh adanya perbedaan muka air (gaya gradien tekanan). Sebagai pengusik diperhitungkan pula gaya gesekan dasar.

Dalam tinjauan 2 dimensi dengan menerapkan asumsi-asumsi diatas, maka persamaan gerak fluida dapat disajikan sebagai berikut :

$$\frac{\partial U}{\partial t} - fV = -gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{rU}{H^2} \sqrt{U^2 + V^2} + \rho_a \lambda w_x \sqrt{w_x^2 + w_y^2} \dots(1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} - fU = -gH \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{rU}{H^2} \sqrt{U^2 + V^2} + \rho_a \lambda w_y \sqrt{w_x^2 + w_y^2} \dots(2)$$

sedangkan persamaan kontinuitasnya adalah :

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0 \dots(3)$$

Dimana U, V adalah tranpor arus dalam arah x, y ; f adalah parameter Coriolis; ζ adalah Elevasi muka air (m); H adalah kedalaman total ($H + \zeta$); g merupakan percepatan gravitasi ($9,8 \text{ ms}^{-2}$); r merupakan koefisien gesekan dasar; ρ_a adalah massa jenis udara; λ adalah koefisien gesekan permukaan; dan w adalah kecepatan angin permukaan.

Pembangunan model numerik dilakukan melalui penulisan baris program di Personal Computer dengan Fortran 90. Visualisasi hasil keluarannya dilakukan menggunakan MATLAB.

Kondisi awal dan syarat batas

Dalam model numerik ini, diawal simulasi permukaan laut dianggap tenang dan arus diseluruh domain adalah nol. Salinitas dan suhu tidak dimasukkan dalam perhitungan karena laut dianggap homogen dan kajian ini tidak memperhitungkan arus densitas.

Model ini menggunakan tiga batas terbuka dan satu batas tertutup. Syarat batas aliran masuk (*inflow condition*) digunakan pada bagian batas terbuka. Dimana arus dibagian batas dianggap sama dengan arus pada grid dekat batas (Mellor, 1998).

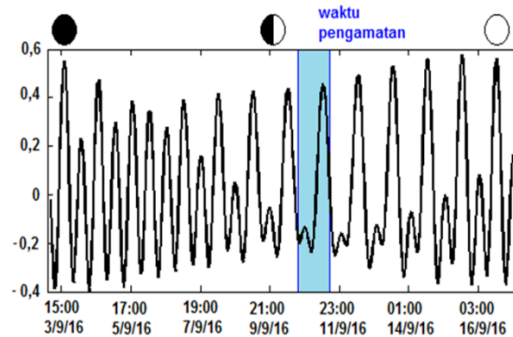


Gambar 1. Lokasi studi

HASIL DAN PEMBAHASAN

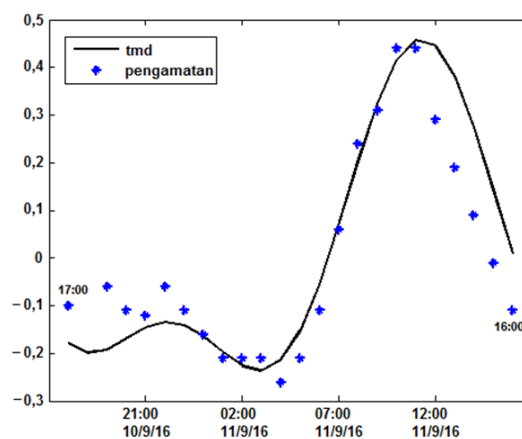
Hasil Pengamatan

Periode pengambilan data diperlihatkan pada **Gambar 2**. Pengambilan data di lokasi kajian telah dilakukan selama 24 jam pada tanggal 10 - 11 September 2016. Data pertama dicatat pada pukul 17:00 WIB di tanggal 10 September dan data terakhir dicatat pada pukul 16:00 WIB. Interval pengambilan data adalah 1 jam. Parameter fisis yang diukur adalah perubahan elevasi muka laut dan arus setiap jamnya.



Gambar 2. Periode pengambilan data, relatif terhadap fase bulan dan kondisi perubahan muka laut akibat pasut. Data elevasi muka laut diprediksi menggunakan TMD

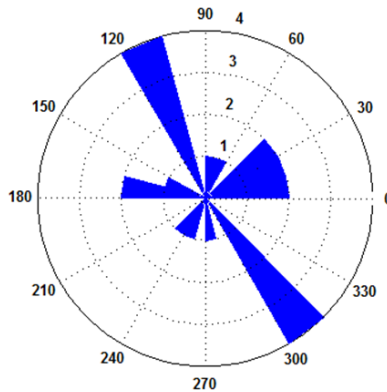
Pengamatan lapangan dilakukan pada saat fase bulan 1/4 menuju purnama. Kondisi waktu tersebut bertepatan dengan keadaan pasut memiliki rentang terendahnya. Penentuan waktu ini bertujuan untuk meminimalkan pengaruh arus yang ditimbulkan oleh pasut sehingga pengaruh arus yang terbentuk oleh angin dapat lebih terukur. Pada kondisi ini, arus pasut relatif lebih kecil dibandingkan waktu-waktu lainnya.



Gambar 3. Kesesuaian yang baik antara elevasi hasil prediksi menggunakan TMD dan data elevasi pengamatan lapangan.

Pada **Gambar 3**, memperlihatkan kesesuaian antara prediksi menggunakan TMD terhadap data pengamatan. Indeks kecocokan dari keduanya mencapai 0,91 yang artinya TMD mampu mendekati data pengamatan dengan sangat baik. Berdasarkan Grafik dan hasil prediksi terlihat bahwa tipe pasut di perairan ini adalah campuran condong ke harian tunggal (*mixed predominantly diurnal*). Dimana perairan ini berciri satu kali pasang dan satu kali surut per hari lebih dominan terjadi, namun pada saat tertentu terutama menjelang pasang purnama berpola dua kali pasang dan satu kali surut per harinya. Adapun berdasarkan Bilangan Formzahlnya maka perairan ini memiliki nilai 1,9 (campuran harian tunggal). Ini artinya

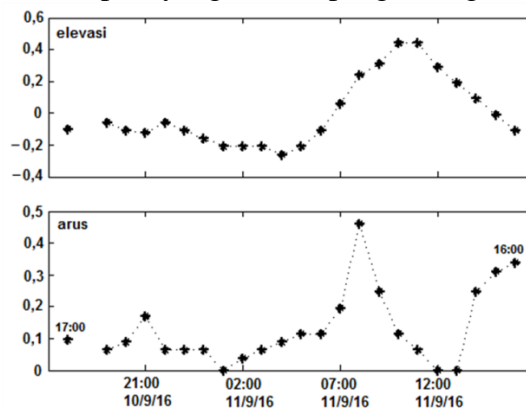
pengaruh komponen diurnal hampir 2 kali lebih besar daripada pengaruh semidiurnalnya. Tipe ini bersesuaian dengan kesimpulan Wyrski (1961), dan Ray dkk. (2005). Kesimpulan tipe pasut ini diambil karena adanya kesesuaian yang baik antara data pengamatan dan prediksi, sehingga data prediksi dapat digunakan untuk penentuan tipe pasut.



Gambar 4. Distribusi arus di lokasi pengamatan

Arus di lokasi pengamatan dalam satu hari menunjukkan pola dua arah (bolak-balik). **Gambar 4.** menunjukkan distribusi arus di lokasi pengambilan data. Berdasarkan diagram tersebut, arah arus didominasi ke arah Barat Laut dan Tenggara, namun tidak simetris secara tepat. Orientasi arus pasut di lokasi pengamatan tidak sesuai dengan keumuman orientasi arus pasut laut. Umumnya arus pasut di laut tidak memiliki orientasi dominan dalam satu siklus per harinya. Orientasi dua arah hanya biasa terjadi di daerah estuari, selat sempit (Ray dkk., 2005; Robertson dan Field, 2008), dan kanal bawah laut (Kushadiwijayanto, 2014). Hasil pengamatan arus ini menunjukkan bahwa arus di wilayah ini sangat dipengaruhi oleh topografi dasar perairan yang memiliki formasi trumbu karang.

Komponen perairan dangkal juga mempengaruhi pola arus di lokasi pengamatan. Hal ini dapat dilihat secara langsung dari perbandingan antara pola arus terhadap pola perubahan elevasinya. Pada **Gambar 5.** tampak bahwa arus puncak terjadi lebih awal dibandingkan dengan elevasi puncak. Kondisi ini menunjukkan di lokasi ini terjadi pasut tak simetris (*tidal asymmetry*). Pasut tak simetris ini terjadi karena munculnya komponen pasut perairan dangkal akibat pengaruh gesekan dasar perairan. Gesekan dasar mereduksi sebagian besar energi potensial menjadi energi kinetik. Akibatnya arus di wilayah pantai lebih besar dibandingkan arus pasut di laut lepas (yang tidak dipengaruhi gesekan dasar).



Gambar 5. Perbandingan kejadian fluktuasi muka laut (atas) dan fluktuasi arus (bawah).

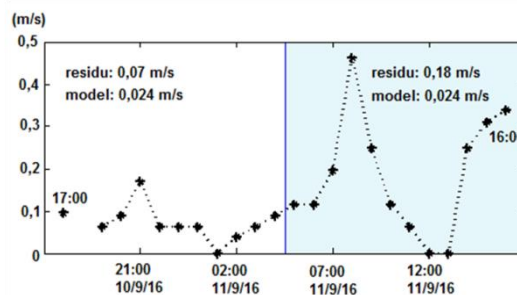
Perbandingan Hasil Model dan Data Pengamatan

Model hidrodinamika perairan Lemukutan menggunakan gaya pembangkit angin sebagai masukan model. Keluaran hasil model adalah kecepatan arus yang dibangkitkan oleh angin. Arus keluaran ini meskipun sangat dipengaruhi pola angin juga dipengaruhi oleh kondisi topografi dasar dan bentuk pantai yang masuk dalam wilayah kajian.

Kondisi topografi dasar seperti kedalaman akan berperan dalam memberikan hambatan pada gerak massa air. Gesekan akan meredam kekuatan arus dan menimbulkan peningkatan level air akibat penumpukan massa air. Sedangkan bentuk/rupa dasar dan pantai akan mempengaruhi arah arus.

Arus dari hasil pengamatan merupakan arus yang terbentuk dari berbagai gaya yang penggerak seperti tegangan angin, gradien densitas, gradien muka laut, gelombang laut, dan pasang surut. Untuk dapat membandingkan dengan arus hasil model maka arus pasut harus dihilangkan lebih dahulu sehingga didapatkan arus residu (sisa). Arus residu merupakan arus rata-rata dalam satu siklus pasut, biasanya arus rata-rata selama 12 jam (Yanagi, 1999). Arus ini menunjukkan pengaruh gaya penggerak lain selain pasang surut.

Berdasarkan hasil model di tanggal 10-11 September 2016 didapatkan bahwa kekuatan arus di lokasi pengamatan sebesar 0,024 m/s dan tidak berubah terhadap waktu. Hal ini disebabkan karena angin yang menjadi gaya penggerak bernilai konstan. Model menghasilkan arus angin yang lebih kecil dibandingkan dengan arus residu hasil pengamatan. Selisih terkecil antara arus hasil model dan arus residu hasil pengamatan terjadi pada periode sore sampai malam hari. Sebaliknya, selisih terbesar terjadi pada periode subuh sampai sore hari.



Gambar 6. Ilustrasi waktu dan hasil perhitungan arus residu dibandingkan terhadap arus hasil model.

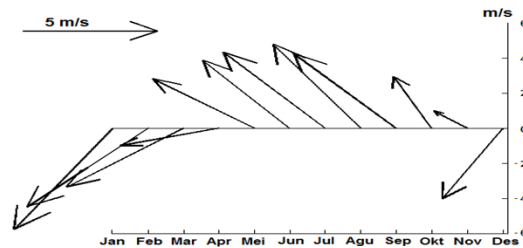
Pada **Gambar 6.** diperlihatkan bahwa besarnya arus residu selaras dengan besarnya arus pasut. Fakta ini menunjukkan bahwa di daerah ini, terjadi pembangkitan arus residu karena pasang surut. Yanagi (1999) menerangkan ideal bahwa umumnya rata-rata arus pasut selama 12 jam akan berharga ~ 0 (tidak memiliki arus residu). Arus residu dapat muncul apabila ada gaya penggerak lain selain pasut seperti contohnya angin. Meskipun demikian, ada situasi dimana interaksi arus pasut dan topografi dasar perairan menghasilkan arus residu. Interaksi ini menyebabkan arus berfrekuensi nol dan kejadian ini dikenal dengan *tide generating residual flow* (arus residu akibat pasut). Arus residu jenis ini berfluktuasi mengikuti pola pasang surut.

Arus residu akibat pasut inilah yang menyebabkan terjadi selisih yang cukup besar pada tanggal 11 September. Selain itu, arus residu akibat pasut juga ikut diperkuat oleh arus karena angin, gradien densitas dan gelombang laut. Dalam model ini, kondisi salinitas dan suhu ditentukan seragam baik secara vertikal maupun horizontal, dan gelombang laut tidak dimasukkan sebagai gaya penggerak sehingga hasil model tidak akan memperhitungkan arus

akibat gradien densitas dan gelombang laut. Inilah yang terlihat pada perbandingan arus residu pada tanggal 10 September sedikit lebih besar dari arus hasil model. Meskipun demikian, pola arus hasil model secara umum dapat dikaji walaupun magnitudonya tak sebesar hasil pengamatan.

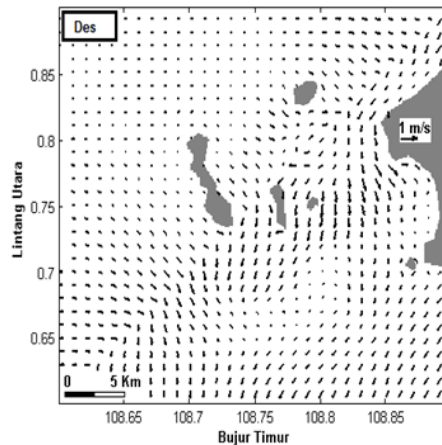
Pola Arus Rata-rata Bulanan

Model arus di perairan Lemukutan telah dijalankan selama 12 bulan menggunakan masukan data angin sebagai gaya penggerakannya. Keluaran model adalah pola arus rata-rata bulanan sejak bulan Januari sampai Desember.

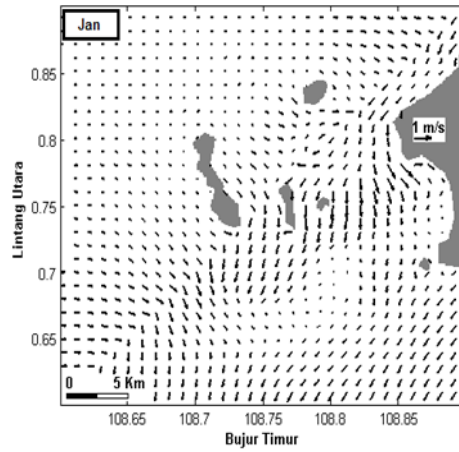


Gambar 7. Pola angin bulanan di perairan Lemukutan berdasarkan WOA.

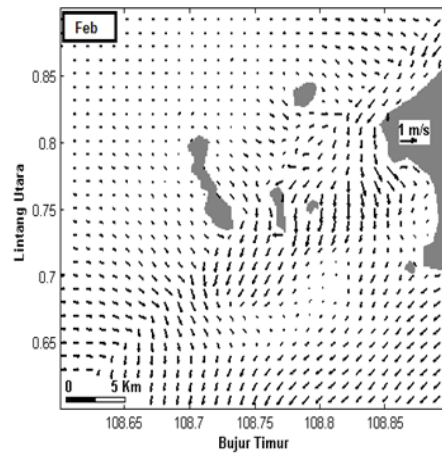
Pola arus di perairan ini secara umum mengikuti pola angin dan tidak dipengaruhi oleh gaya Coriolis karena lokasi kajian berada di daerah katulistiwa. Berdasarkan orientasi dan magnitudonya, pola angin di daerah ini dapat diklasifikasikan menjadi empat (**Gambar 7.**) yaitu pola musim Timur Laut Peralihan Awal, musim Tenggara, dan Peralihan Akhir. Musim Timur Laut adalah periode saat angin bertiup dari arah Timur Laut, terjadi pada bulan Desember, Januari, Februari, dan Maret. Peralihan Awal merupakan periode peralihan perubahan arah angin musiman di bulan April. Musim Tenggara adalah periode angin berhembus dari arah Tenggara pada bulan Mei sampai Oktober. Peralihan Akhir adalah periode peralihan akhir tahun yang terjadi pada bulan November.



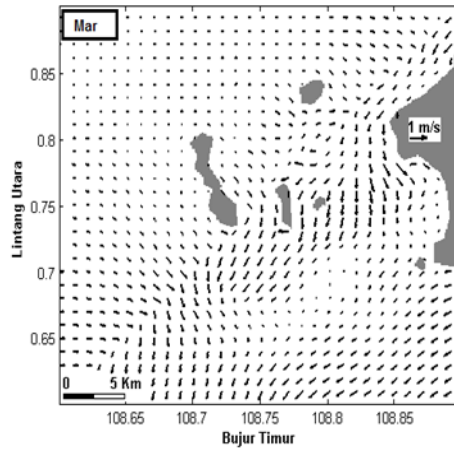
Gambar 8. Pola arus pada bulan Desember



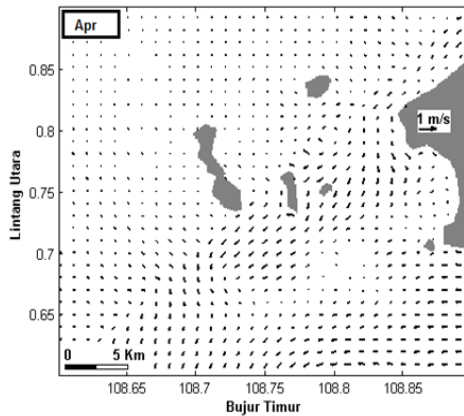
Gambar 9. Pola arus pada bulan Januari



Gambar 10. Pola arus pada bulan Februari



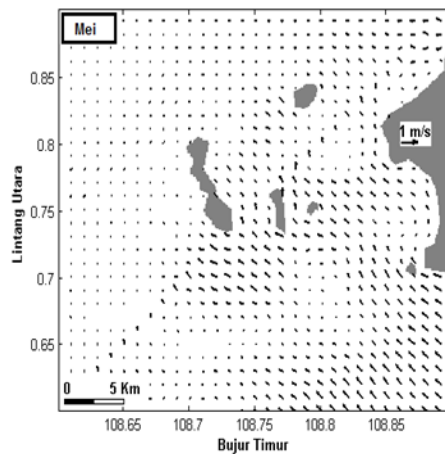
Gambar 11. Pola arus pada bulan Maret



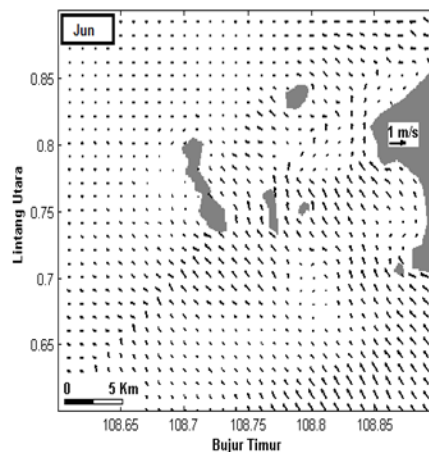
Gambar 12. Pola arus bulan April (musim Peralihan Awal)

Saat angin berhembus dari arah Timur Laut, arus bergerak dari pesisir Utara perairan di sekitar Lemukutan (**Gambar 8-11**). Arus kuat terbentuk di antara pulau-pulau dan dekat pantai Kalimantan Barat. Pada bulan Januari dan Februari, arus rata-rata terhadap kedalaman dapat mencapai 0,5 m/s.

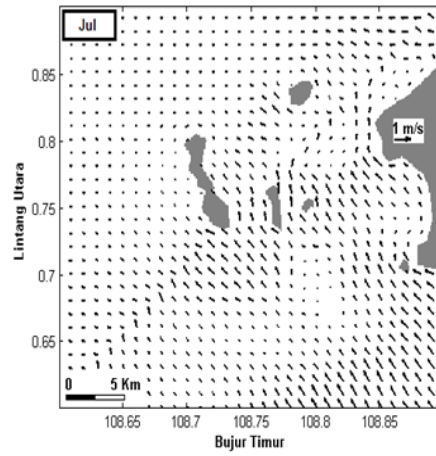
Di bulan April arus laut cenderung lebih tenang (**Gambar 12.**). Kecepatan arus maksimum hanya mencapai ~0,2 m/s. Hal ini terjadi karena pada bulan ini angin permukaan tidak berhembus kencang. Posisi matahari di sekitar katulistiwa menjadikan perbedaan tekanan udara di bagian Utara dan Selatan kecil. Akibatnya kecepatan angin relatif kecil pada bulan ini.



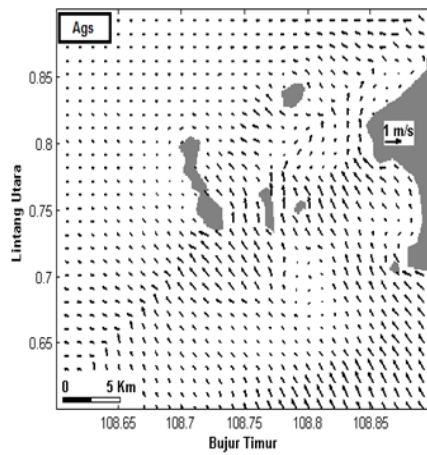
Gambar 13. Pola arus pada bulan Mei



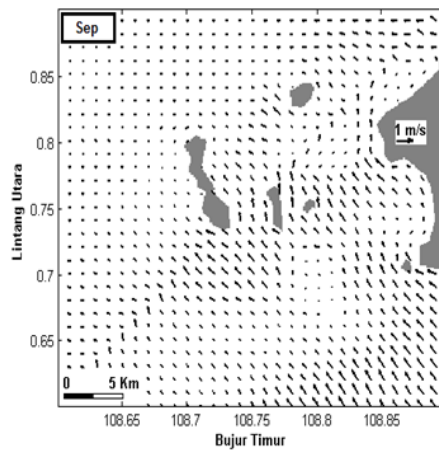
Gambar 14. Pola arus pada bulan Juni



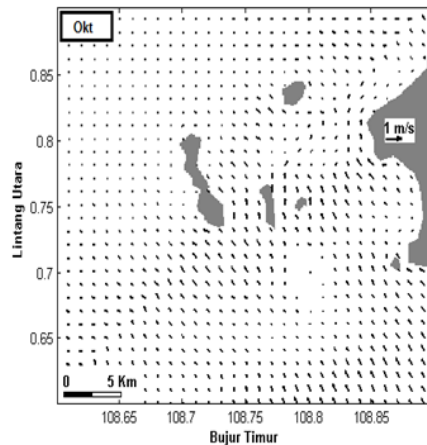
Gambar 15. Pola arus pada bulan Juli



Gambar 16. Pola arus pada bulan Agustus

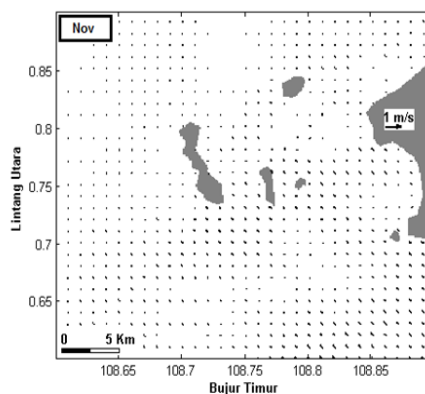


Gambar 17. Pola arus pada bulan September



Gambar 18. Pola arus pada bulan Oktober

Angin tenggara berhembus lebih lama yaitu sejak bulan Mei sampai Oktober. Arus laut bergerak dari arah tenggara. Arus menguat pada bulan Agustus (**Gambar 13-18**).



Gambar 19. Pola arus bulan November (musim Peralihan Akhir)

Pada bulan November, arus laut kembali tenang. Hal ini disebabkan karena angin permukaan berhembus lambat. **Gambar 19.** memperlihatkan bahwa pola arus di bulan ini secara umum sangat kecil.

Bedasarkan pola arus musiman dari hasil model di ketahui bahwa arus di daerah kajian umumnya bergerak dari arah Timur Laut dan Tenggara. Arus Tenggara memiliki siklus lebih panjang dibandingkan dengan arus Timur Laut. Sehingga secara tidak langsung ini menandakan bahwa kualitas air di perairan Lemukutan akan lebih dipengaruhi massa air dari tenggara.

Di bagian Selatan/Tenggara perairan ini banyak bermuara sungai-sungai besar seperti Kapuas dan Kapuas Kecil yang bermuara di Jungkat (Kab. Mempawah) dan Muara Kubu (Kab. Kubu Raya). Kedua muara ini memberikan masukan air tawar dalam jumlah besar ke laut. Dari kajian ini, dapat diperkirakan bahwa pada bulan Mei sampai Oktober. Bedasarkan hasil pengukuran salinitas pada tanggal 10 September 2016 (tidak ditampilkan), salinitas di Lemukutan adalah 30 psu. Nilai ini lebih rendah dari pada keumuman nilai salinitas di Selat Karimata yaitu 32 psu. Meskipun demikian, studi ini belum dapat menyimpulkan bagaimana dampak limpasan air tawar terhadap proses pengenceran di perairan Lemukutan.

Selain dipengaruhi oleh angin, orientasi dan besar arus sangat dipengaruhi oleh topografi dasar perairan. Kedalaman perairan yang dangkal menyebabkan dorongan angin mampu

menjangkau sampai dasar perairan (kedalaman rata-rata ~8 m). Celah-celah pulau yang lebih sempit juga menyebabkan arus di lokasi tersebut menjadi lebih besar. Ini dapat dilihat dari panjang vektor arus di antara pulau-pulau. Meskipun gaya Coriolis tidak bekerja di wilayah ini, bentuk dasar dan pantai membelokkan arah arus sehingga tidak mengikuti arah angin.

Pola arus ke arah barat pada bagian batas utara model diperkirakan disebabkan oleh pengaruh penentuan syarat batas pada model. Hasil ini menunjukkan kemungkinan ketidakcocokan penggunaan syarat batas radiasi di lokasi bertipikal perairan dangkal.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Studi ini menghasilkan beberapa informasi dan pemahaman mengenai arus di Perairan Lemukutan. Kesimpulan ini didasarkan pada analisis data pengamatan dan hasil model numerik.

Dari hasil pengamatan langsung diketahui bahwa tipe pasut di perairan ini adalah campuran condong harian (mixed predominantly diurnal tide). Arus pasut di wilayah ini sangat dipengaruhi oleh topografi dasar perairan. Interaksi arus pasut dan topografi menyebabkan munculnya komponen perairan dangkal yang berciri tidak simetris. Selain itu, arus pasut memberikan kontribusi besar pada arus residu di perairan ini.

Pola arus di perairan ini memiliki empat pola yaitu arus timur laut, arus peralihan awal, arus tenggara, dan arus peralihan akhir. Pola arus timur laut adalah arus bergerak dari arah timur laut yang terjadi pada bulan Desember sampai Maret. Pola arus peralihan awal adalah arus lemah yang pada masa peralihan di awal tahun terjadi pada bulan April. Pola arus tenggara adalah pola arus yang bergerak dari arah tenggara terjadi pada bulan Mei sampai Oktober. Pola peralihan akhir adalah arus lemah yang terjadi di masa peralihan akhir tahun (bulan November).

Berdasarkan semua informasi ini maka disimpulkan bahwa pola arus tenggara lebih dominan dibandingkan dengan pola arus timur laut. Dominasi arus tenggara akan menyebabkan kualitas air di perairan ini akan sangat dipengaruhi oleh suplai dari sungai-sungai besar dari Selatan seperti sungai Kapuas.

Saran

Kajian awal mengenai pola arus yang dibangkitkan oleh angin di perairan Lemukutan menunjukkan indikasi bahwa kualitas air di perairan ini kemungkinan besar akan dipengaruhi oleh suplai dari sungai Kapuas. Sungai Kapuas merupakan salah satu sungai terbesar di Indonesia yang melepaskan air tawar dalam volume besar ke Selat Karimata. Volume air tawar yang besar akan mempengaruhi proses pengenceran di perairan dan berpengaruh pada ekosistem pantai.

Pengaruh tersebut dapat dikaji apabila dalam model selanjutnya menambahkan masukan air tawar, salinitas dan suhu. Disamping itu, indikasi peran arus pasut dalam membangkitkan arus residu juga terungkap dalam kajian ini. Sehingga penambahan gaya penggerak pasut perlu untuk dimasukkan.

REFERENSI

- Hutabarat, S., dan Evans, S.M. (1984). Pengantar Ocenografi. UI Press. Jakarta.
- Jumarang, M. I., Muliadi, dan Ihwan, A. (2008). Pola sirkulasi Arus Tiga Dimensi Perairan Pantai Kalimantan Barat. *Journal Aplikasi Fisika FMIPA Haluoleo University*. Vol. 4, hal: 1-9.
- Kushadiwijayanto, A.A. (2014). Mekanisme pembentukan simpul, amplifikasi, dan penjalaran gelombang pasang surut di Selat Makassar. Tesis. ITB.
- Mellor, G.L. (1998). User Guide for A Three dimensional, primitive equation, numerical ocean model. Princeton University. USA.
- Nontji. (1987). Laut Nusantara. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Ray, R.D., Egbert, G.D., dan Erofeeva, S.Y. (2005). A brief overview tides in the Indonesian Seas. *Oceanography*. Vol. 18, hal: 74-79.
- Robertson, R. dan Ffield, A. (2008). Baroclinic tides in the Indonesian Seas: Tidal field and comparison to observations, *Journal of Geophysical Reseach*, 113, C07031, doi:10.1029/2007JC004677.
- Wyrcki, K. (1961). Physical oceanography of Southeas Asian Water, Naga Report. Vol. 2. Scrift Institute of Oceanography. La Jolla. California.
- Yanagi, T. (1999). Coastal Oceanography. Terra Scientific Publishing Company. Tokyo.

STUDI PARAMETER BURNUP SEL BAHAN BAKAR BERBASIS URANIUM METALIK (UZr) PADA REAKTOR CEPAT BERPENDINGIN HELIUM

Heffi Naini¹, Fiber Monado^{2*}, Menik Ariani²

¹Program Studi S2 Fisika, FMIPA Universitas Sriwijaya

Email: heffinaini@gmail.com

²Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Sriwijaya

ABSTRACT

The study of burnup parameters uranium metallic (UZr) -based fuel cells on Gas-cooled Fast Reactors has been performed. Fuel cell geometry is cylindrical cell with a composition of 65% fuel (uranium metallic), 10% cladding (stainless steel) and 25% coolant (helium). The cell and burnup calculations are done by using PIJ module at Standard Reactor Analysis Code (SRAC) with a library JENDL-3.2. Feasibility performance of the fuel can be seen from some of the parameters of the effective multiplication factor (k_{eff}), infinite multiplication factor (k_{inf}), burnup level and value of the conversion rate which showed comparable levels of production and consumption of fissile fuel.

Keywords: fuel cells, uranium, UZr, burnup

PENDAHULUAN

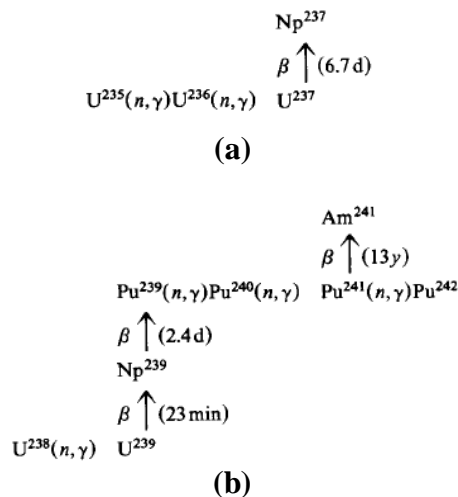
Salah satu reaktor generasi ke-IV yang sedang dikembangkan adalah reaktor cepat berpendingin helium, *Gas cooled Fast Reactor* (GFR). Langkah awal dalam mendesain teras reaktor nuklir adalah dengan melakukan penyusunan sel bahan bakar. Sel bahan bakar terdiri dari bahan bakar (*fuel*), kelongsong (*cladding*) dan pendingin (*coolant*) (Okumura et al., 2007).

Penyusunan sel bahan bakar bertujuan untuk menghasilkan fluks neutron yang merata dari hasil reaksi fisi berantai. Penyusunan dilakukan melalui perhitungan sel bahan bakar menghasilkan parameter *burnup* yang menentukan kelayakan sel bahan bakar yang menjadi titik tolak kelayakan teras reaktor. Makalah ini menguraikan parameter *burnup* sel bahan bakar yang berbasis *uranium metalik* (UZr) pada reaktor cepat berpendingin helium.

KAJIAN LITERATUR

Bahan bakar reaktor yang digunakan sebagai sumber energi nuklir adalah bahan bakar yang bersifat fisil. Bahan fisil adalah unsur atau atom yang langsung membelah apabila menangkap neutron. Adapun bahan yang banyak digunakan sebagai bahan bakar nuklir yaitu uranium. Uranium alami yang ditemukan di kerak bumi terdiri dari tiga buah isotop yaitu U-238 (99,275%), U-235 (0,720%) dan U-234 (0,005%). Dari ketiga isotop tersebut yang memiliki sifat fisil adalah uranium-235 (Kidd, 2009). Sedangkan uranium-238 bersifat fertil, namun dapat pula bersifat fisil dengan cara ditransmutasi menjadi plutonium-239.

Pada Gambar 1 diperlihatkan konversi rantai *burnup* U-235 dan U-238.



Gambar 1. Rantai Burnup (a) U-235 dan (b) U-238 (Duderstadt dan Hamilton, 1976).

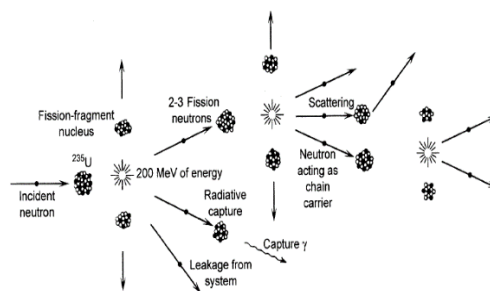
Rantai *burnup* U-238 (Gambar 1.(b)) akan menghasilkan lima isotop plutonium yang dominan, yaitu Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241 dan Pu-242. Dari kelima isotop tersebut hanya Pu-239 dan Pu-241 yang bersifat fisil dan dapat digunakan sebagai bahan bakar reaktor.

Paduan unsur metalik Zr (zirkonium) ditambahkan untuk memperbaiki ketahanan korosi, meningkatkan temperatur solidus dan menambah stabilitas dimensi. UZr memiliki kepadatan

tinggi yang memungkinkan bahan bakar dapat beroperasi dengan derajat bakar (*burnup*) yang jauh lebih tinggi (Monado et.al., 2014).

Selain uranium metalik (UZr), penggunaan paduan UZr dengan plutonium yaitu uranium-plutonium-zirkonium (U-Pu-Zr) sebagai salah satu bahan bakar reaktor cepat karena kemampuan derajat bakar yang tinggi dan respon termal yang menguntungkan (Nakamura et.al., 2001)

Konsep dasar dari sebuah reaktor adalah reaksi fisi dari sebuah bahan bakar. Reaksi fisi adalah inti dari reaksi yang terjadi pada reaktor nuklir. Ketika sebuah inti ditembakkan oleh sebuah neutron dengan presentase tertentu, inti akan mengalami pembelahan (fisi). Reaksi fisi dapat dilihat pada Gambar 1.

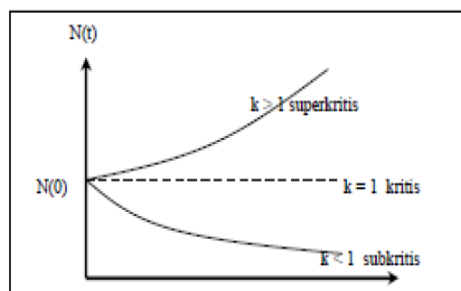


Gambar 2. Reaksi fisi (Stacey, 2007).

Reaksi fisi yang terjadi akan menghasilkan fluks neutron. Agar menghasilkan daya listrik yang diinginkan, maka sebaran fluks neutron harus merata pada teras reaktor. Oleh karena itu, penyusunan sel bahan bakar harus tepat dengan melakukan perhitungan sel bahan bakar. Reaktor selalu dijaga agar fluks neutron (yaitu jumlah neutron per satuan luas per satuan waktu) selalu tetap aman dalam keadaan kritis.

Kekritisitas suatu reaktor dapat dinyatakan dengan faktor multiplikasi efektif (k_{eff}). Reaktor dinyatakan superkritis jika $k_{eff} > 1$, sub-kritis $k_{eff} < 1$ dan dalam keadaan kritis jika $k_{eff} = 1$ yang dinyatakan seperti pada Gambar 3. Kritikalitas yaitu kemampuan mengendalikan populasi neutron sepanjang reaktor beroperasi. Secara matematis, faktor multiplikasi efektif ditunjukkan pada persamaan (Duderstad dan Hamilton, 1976):

$$k_{eff} = \frac{\text{jumlah neutron pada satu generasi}}{\text{jumlah neutron pada generasi sebelumnya}} \quad (1)$$



Gambar 3. Grafik Faktor Multiplikasi Efektif (k_{eff}) (Duderstad dan Hamilton, 1976)

Selama masa pengoperasian reaktor, komposisi bahan bakar akan senantiasa berubah karena isotop-isotop fisil akan terkonsumsi (berkurang) dan dihasilkan produk fisi. Persamaan *burnup* yang menyatakan hal ini yaitu:

$$\frac{dN_A}{dt} = -\lambda_A N_A - [\sum_g \sigma_{Ag}^A \phi_g] N_A + \lambda_B N_B + [\sum_g \sigma_{Ag}^C \phi_g] N_C \quad (2)$$

Suku $\lambda_A N_A$ adalah bagian yang hilang karena peluruhan radioaktif, sedangkan $[\sum_g \sigma_{Ag}^A \phi_g] N_A$ adalah bagian yang hilang karena tangkapan neutron, $\lambda_B N_B$ merupakan nuklida tambahan nuklida A akibat peluruhan B menjadi A dan $[\sum_g \sigma_{Ag}^C \phi_g] N_C$ adalah perubahan C menjadi A melalui tangkapan neutron.

Kelayakan performa bahan bakar dapat dilihat dari beberapa parameter yaitu faktor multiplikasi efektif (k_{eff}), faktor multiplikasi infinite (k_{inf}), burnup level dan nilai rasio konversi yang menunjukkan tingkat perbandingan produksi dan konsumsi bahan bakar fisil.

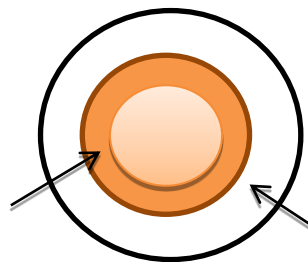
METODE PENELITIAN

Perhitungan parameter *burnup* sel bahan bakar reaktor menggunakan modul PIJ pada SRAC (*System Reactor Analysis Code*) yang dikembangkan oleh JAERI (*Japan Atomic Energy Research Institute*) dengan pustaka JENDL 3.2. Parameter-parameter desain sel reaktor dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Parameter Desain Sel Reaktor

Parameter	Spesifikasi
Bahan Bakar (<i>fuel</i>)	U-10%Zr
Kelongsong (<i>Cladding</i>)	Stainless Steel
Pendingin (<i>Coolant</i>)	Helium
Fraksi Volume (<i>Fuel</i> : <i>Cladding</i> : <i>Coolant</i>)	65% : 10% : 25%
<i>Smear Density</i>	85% TD
Tipe Geometri sel	<i>Cylindrical</i> <i>cell</i>
Diameter <i>Pin pitch</i>	1,4 cm
Densitas Daya	75 Watt/cc

Geometri sel bahan bakar berbentuk silinder, dengan penampang lintang seperti Gambar 4.

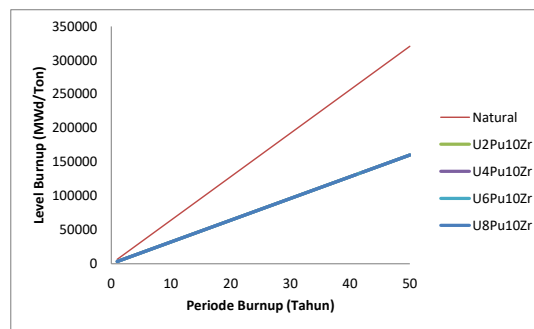


Gambar 4. Geometri sel bahan bakar

HASIL DAN PEMBAHASAN

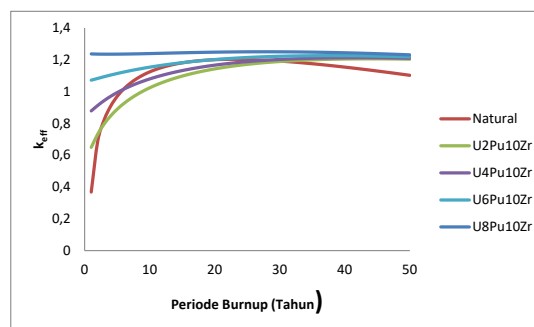
Hasil perhitungan bahan bakar untuk 50 tahun *burnup* disajikan sebagai berikut. Penambahan unsur plutonium bervariasi dari 2%, 4%, 6% dan 8%. Gambar 5 menunjukkan perubahan *level burnup* sepanjang periode *burnup*. *Burnup* didefinisikan sebagai total energi yang dilepaskan per unit massa bahan bakar sebagai hasil pembakaran bahan bakar. Satuan yang digunakan *megawatt day per metric ton* (MWd/Ton) bahan bakar, yaitu jumlah berat yang diperlukan untuk menghasilkan daya perhari (Ariani, et.al, 2013)

Dapat dilihat bahwa *level burnup* terus meningkat seiring bertambahnya periode *burnup*. Dengan naiknya periode *burnup* jumlah bahan bakar yang *burn* semakin besar. *Level burnup* pada bahan bakar UZr (natural) lebih tinggi dari pada *level burnup* pada bahan bakar U-10%Zr dengan penambahan unsur plutonium. Hal ini berarti jumlah bahan bakar yang *burn* pada bahan bakar UZr lebih besar dibandingkan UZr dengan penambahan unsur plutonium.



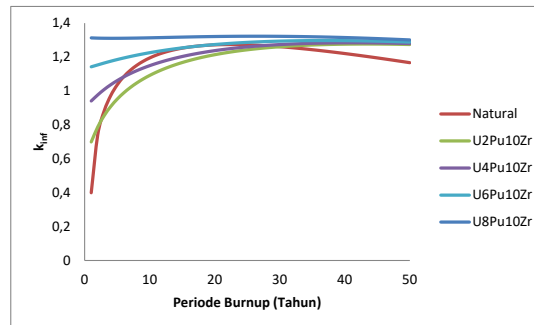
Gambar 5. Perubahan Level Burnup

Gambar 6 menunjukkan bahwa faktor multiplikasi efektif yang dihasilkan sel bahan bakar UZr (natural) pada awal periode *burnup* nilai k_{eff} kurang dari 1 (subkritis) dan mencapai kritis ($k_{eff} = 1$) pada tahun ke 6 sampai sepanjang periode *burnup*. Sedangkan nilai k_{eff} pada bahan bakar U-10%Zr dengan penambahan 6% plutonium (U6Pu10Zr) mencapai kritis dari tahun pertama *burnup* sampai tahun ke 50. Pada penambahan plutonium 2% (U2Pu10Zr) mencapai kritis pada tahun ke-9 *burnup* sampai 50 tahun dan pada penambahan plutonium 4% (U4Pu10Zr) mencapai kritis pada tahun ke-6 *burnup*. Dari hasil penelitian, k_{eff} yang optimum terdapat pada penambahan plutonium 6% (U6Pu10Zr) mencapai kritis dari tahun pertama ($k_{eff} = 1.071$) dan tetap kritis sepanjang periode *burnup*.

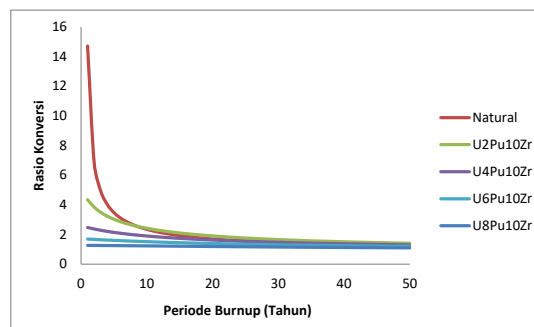


Gambar 6. Perubahan Faktor Multiplikasi Efektif

Gambar 7 menunjukkan k-infinite, yaitu faktor multiplikasi tak hingga. Konstanta ini akan menunjukkan ukuran kenaikan atau penurunan fluks neutron, yang dihitung tanpa adanya kebocoran ke luar teras. UZr mengalami fisi yang cukup lambat dibandingkan dengan UPuZr. Jumlah neutron mengalami kenaikan pada 10 tahun pertama pada UZr dan tetap stabil sampai 50 tahun *burnup*.

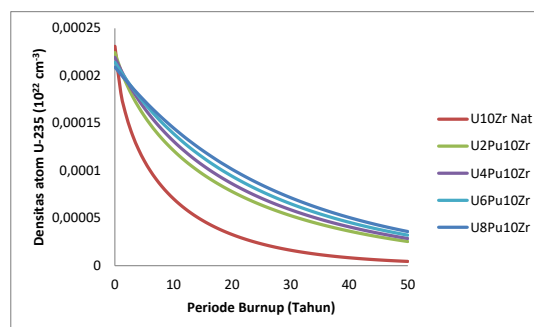


Gambar 7. Perubahan Faktor Multiplikasi Infinitif

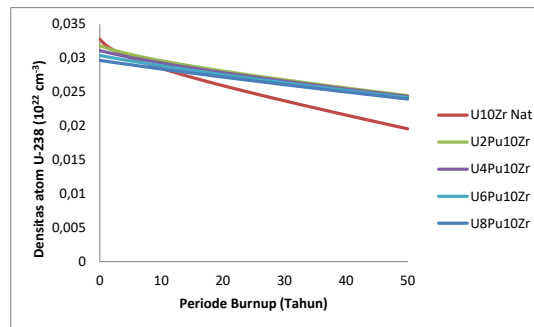


Gambar 8. Perubahan Rasio Konversi

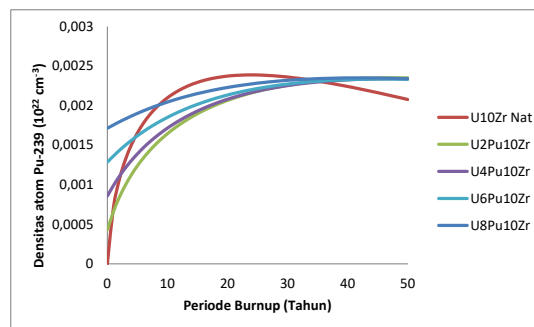
Gambar 8 menunjukkan perubahan rasio konversi selama *burnup*. Pada 10 tahun pertama bahan bakar UZr, konversi rasio menurun tajam dengan rasio konversi lebih dari 1. Hal ini disebabkan oleh bahan bakar fisil yang dihasilkan lebih besar dari pada bahan bakar fisil yang dikonsumsi. Sedangkan bahan bakar UPuZr menunjukkan semakin besar persentase penambahan plutonium maka semakin kecil konversi rasio yang dihasilkan. U8Pu10Zr menghasilkan rasio konversi kurang dari 1.



Gambar 9. Perubahan Densitas atom U-235 selama *burnup*



Gambar 10. Perubahan Densitas atom U-238 selama *burnup*



Gambar 11. Densitas atom Pu-239 selama *burnup*

Selama proses *burnup*, sebagian uranium-238 yang bersifat fertil akan berubah menjadi unsur lain akibat fisi maupun serapan neutron, sehingga beberapa atom mengalami perubahan densitas atom seperti densitas atom U-235, U-238 dan Pu-239. Densitas atom U-235 berkurang bahkan habis sesuai dengan konsentrasinya yang lebih kecil, sedangkan densitas atom U-238 yang konsentrasinya lebih besar juga berkurang secara signifikan. Sedangkan densitas atom Pu-239 bertambah secara signifikan pada penambahan unsur Pu sedangkan pada UZr justru berkurang pada tahun ke-29 *burnup*.

KESIMPULAN

Perhitungan sel bahan bakar UZr dengan penambahan 6% plutonium pada fraksi volume *fuel* 65%, *cladding* 10% dan *coolant* 25% dari tahun pertama *burnup* dihasilkan nilai kritis $k_{\text{eff}} = 1,071$ dan terus meningkat sampai tahun ke-50 dengan nilai $k_{\text{eff}} = 1,21$.

REFERENSI

- Duderstadt, J.J and Hamilton, L.J. 1976. Nuclear Reactor Analysis. John Wiley & Sons, Inc. Canada.
- Ariani, M. Su'ud, Z. Monado F, Waris, A. Rijal, K. Arif, I., Ferhat, A, and Sekimoto, H. 2013 *Applied Mechanics and Materials*, Vol.260-261), pp 307-311.
- Kidd, S.W. 2009. *Nuclear Fuel Resources*. CRC Press: New York.
- Monado, F. Ariani, M, Su'ud, Z. Waris, A. Basar, K. Ferhat, A. Permana, S. Sekimoto, H. 2014. Conceptual design study on very small long-life gas cooled fast reactor using metallic natural uranium-Zr as fuel cycle input. *AIP Proceedings*. **1584** pp 105-108.

Nakamura, K., Ogata, T., Kurata, M., Yokoo, T., Mignanelli, M.A. 2001. Reaction of Uranium-Plutonium Alloys with Iron. *Journal of Nuclear Science and Technology*. Vol.38, No. 2, pp 112-119.

Okumura, K. and Teruhiko Kugo. 2007. *SRAC 2006: A comprehensive neutronics calculation code system*. Japan Atomic Energy Agency(JAEA).

Stacey, Weston M. 2007. *Nuclear Reactor Physics*. Wiley-VCH: USA.

INVESTIGASI KETERAMPILAN PROSES SAINS GURU BERPRESTASI SEKOLAH DASAR DI RIAU

Zulirfan¹⁾, Zanaton Haji Iksan²⁾

¹FKIP, Universitas Riau

email: zirfanaziz69@gmail.com

²Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia

ABSTRACT

This study aims to determine the extent of the science process skills of primary school teachers. A total of 10 outstanding elementary school teachers have participated as respondents in this study. Respondents have experience teaching 6 to 27 years in elementary school especially in high grade. They have taught science both as separate subjects in the 2006 curriculum, as well as thematically integrated learning in the curriculum of 2013. The instrument used in this study is a science-process skill test that measures the ability of basic science processes skills and the capabilities of integrated science processes skills. This instrument has a reliability index of KuderRichardson 0.69. The results of data analysis show that the average ability of respondents in understanding the science process skills measured is 66.7%. Although categorized as medium level, some sub-constructs of science process skills in both the basic science process skills category and integrated science process skills have not been well-documented by the respondents. These sub-constructs include: observing, classifying, measuring and using numbers, formulating problems, formulating hypotheses, and defining variables.

Keywords: elementary school teacher, science learning, science process skills.

PENDAHULUAN

Untuk memahami alam semesta, maka pembelajaran sains haruslah berorientasi pada usaha ‘mencari tahu’ bukan ‘diberi tahu’. Dalam proses mencari tahu tentang alam diperlukan metode atau kaedah saintifik (scientific method). Yasar dan Anagun (2009) menyatakan bahwa pengajaran sains di sekolah perlu menekankan pada tiga dimensi hasil belajar yakni pengetahuan saintifik, kemahiran proses sains, dan sikap saintifik. Pentingnya proses pembelajaran dengan pendekatan saintifik ini dipertegas oleh kebijakan pemerintah yang dituangkan dalam Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Nomor 104 Tahun 2013 yang menyatakan bahwa proses pembelajaran terdiri dari lima pengalaman belajar utama yaitu: mengamati (observe), menanya (questioning), mengumpulkan informasi (collect data), menganalisis informasi (associate), dan mengomunikasikan (communicate). Disamping itu, Permendikbud Nomor 22 tahun 2016

Tentang Standar Proses Pendidikan dasar dan Menengah juga memperkuat pendekatan saintifik digunakan dalam proses pembelajaran.

Menurut Walter dan Soyibo (2001), mengamati, mengukur dan menggunakan nomor, dan mengelasifikasikan, merupakan kemahiran proses dasar (basic science process skills) sedangkan pengendalian variabel, menyusun hipotesis, dan menjalankan penyelidikan termasuk dalam keterampilan proses terpadu (integrated science process skills). Sementara itu, Kemdikbud (2013) membagi keterampilan proses sains dalam 10 sub konstruk yaitu: mebgamati, mengelasifikasi, menafsirkan data, meramalkan, mengajukan pertanyaan, merumuskan hipotesis, merencanakan eksperimen, menggunakan peralatan dan bahan, menerapkan konsep dan mengkomunikasikan.

KAJIAN LITERATUR

Harlen (1991) membagi keterampilan proses sains atas 7 sub konstruk di antaranya: mengamati, meramal, dan mengomunikasikan sebagai keterampilan proses dasar, dan merumuskan hipotesis, melaksanakan penyelidikan, menfasirkan data, dan menggambarkan kesimpulan, sebagai keterampilan proses terpadu. Hampir sama dengan Harlen (1991), Padilla (1990) mengemukakan 12 sub konstruk keterampilan proses sains.

Hasil penelitian Aydogdu, B., Erkol, M., dan Erten, N (2014) mendapatkan bahwa keterampilan proses sains guru sekolah dasar dikategorikan rendah. Hal ini sejalan pula dengan hasil penelitian Sukarno, Anna Permanasari, dan Ida Hamidah (2013) yang menunjukkan bahwa keterampilan guru khususnya guru SMP masih dikategorikan rendah. Bahkan, sebagian besar responden belum pernah mendengar istilah keterampilan proses sains, meskipun mereka mengetahui tentang pendekatan saintifik.

Keterampilan proses sains sangat penting bagi siswa dalam memahami alam sekitarnya. Sudah seharusnya guru lebih dulu mempunyai keterampilan tersebut. Membina keterampilan proses sains harus dilakukan sejak dini. Guru sekolah dasarpun harus menguasai dan menitikberatkan keterampilan proses sains dalam pembelajaran sains khususnya. Oleh karena itu, melalui penelitian ini, peneliti ingin mengetahui penguasaan keterampilan proses sains guru sekolah dasar di Provinsi Riau.

METODE PENELITIAN

Sebanyak 10 guru sekolah dasar mewakili 10 dari 11 kabupaten/kota yang ada di Provinsi Riau telah berpartisipasi sebagai responden dalam penelitian ini. Mereka akan mengikuti seleksi guru berprestasi dalam bidang sains sekolah dasar tingkat Provinsi Riau. Profil responden penelitian ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Profil responden penelitian

Pengalaman Mengajar	Jumlah
---------------------	--------

0 – 10 tahun	4
11 – 20 tahun	3
21 – 30 tahun	4

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes keterampilan proses sains yang dikembangkan oleh peneliti. Instrumen tersebut terdiri dari 6 sub konstruk pada kategori KPS dasar dan 6 sub konstruk pada kategori KPS terpadu. Kategori dan sub konstruk instrumen keterampilan proses sains ditunjukkan oleh Tabel 2.

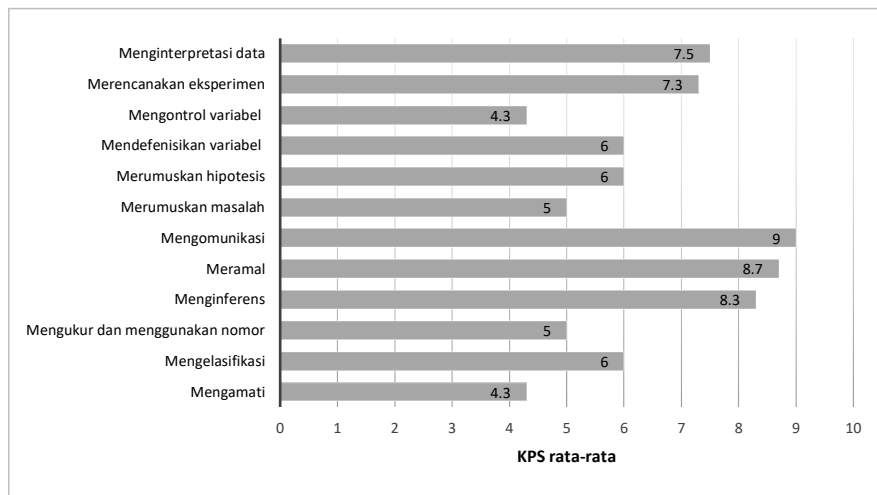
Tabel 2. Kategori dan sub-konstruk instrumen KPS

Kategori	Sub Konstruk
KPS dasar	Mengamati
	Mengelasifikasi
	Mengukur dan menggunakan nomor
	Menginferens
	Meramal
	Mengomunikasikan
KPS terpadu	Merumuskan masalah
	Merumuskan hipotesis
	Mengontrol variabel
	Mendefinisikan variabel
	Merencanakan eksperimen
	Menginterpretasi data

Instrumen terdiri dari 30 item soal keterampilan proses sains yang telah melalui proses validasi yakni dengan penilaian pakar. Sementara itu, pengujian reliabelitas instrumen mendapatkan indeks Kuder Richardson (KR-20), 0,69. Nilai ini dikategorikan cukup tinggi (Suharsimi Arikunto 2002). Karena responden penelitian ini hanya 10 orang, maka hasil penelitian hanya berlaku bagi responden yang dikaji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data penelitian menunjukkan bahwa rata-rata keterampilan proses sains responden adalah 66,7%. Hal ini bermakna bahwa responden telah menguasai lebih dari sebagian keterampilan proses sains yang diujikan menggunakan instrumen dalam penelitian ini. Meskipun demikian, angka ini belum mengembirakan. Beberapa sub konstruk keterampilan proses sains masih belum dikuasai dengan baik oleh responden seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Profil penguasaan KPS responden penelitian

Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat 3 sub konstruk KPS dasar yang belum dikuasai dengan baik oleh responden penelitian yaitu: mengamati, mengelaborasi, dan mengukur dan menggunakan nomor. Walaupun mengamati tergolong pada tingkat keterampilan proses yang paling dasar, namun sebagian responden kajian didapati cenderung terkecoh oleh konsep-konsep lain yang ada pada gambar karena tidak dapat membedakan pengamatan dengan pengalaman. Sebagian responden menjawab berdasarkan pengalaman atau berdasarkan konsep-konsep yang ada di kepalanya, bukan berdasarkan apa yang diamati pada gambar. Miskonsep tentang pengamatan ini akan memberikan dampak yang tidak baik bagi pembinaan keterampilan proses sains siswa. Kecenderungan lain dalam mengamati adalah kurang cermat dalam pengamatan itu sendiri.

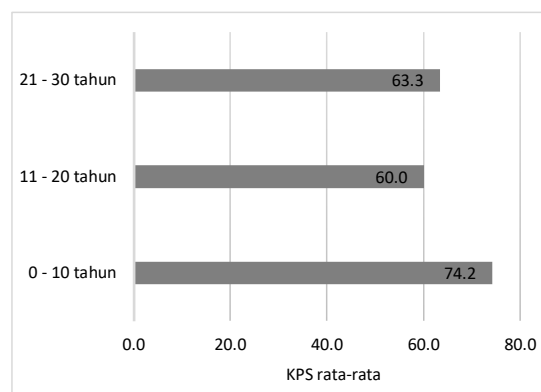
Karena keterampilan mengelaborasi berkaitan dengan mengamati, maka sebagian responden sulit mengidentifikasi perbedaan dan persamaan yang signifikan dari ilustrasi gambar yang diberikan dalam soal. Rendahnya skor rata-rata keterampilan mengukur dan menggunakan nomor disebabkan sebagian responden mengalami kesulitan membuat perbandingan ukuran dan menentukan acuan pengukuran.

Sementara itu, pada kategori KPS terpadu, sebagian responden penelitian mengalami kesulitan pada 4 sub konstruk di antaranya: merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengontrol variabel, dan mendefenisikan variabel seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Dalam merumuskan masalah, soal KPS menyediakan jawaban-jawaban yang berhubungan dengan masalah yang diilustrasikan. Namun, sebagian responden sulit untuk fokus pada satu masalah yang dimaksudkan. Responden penelitian terpengaruh oleh masalah-masalah lain yang meskipun berkaitan, tetapi di luar konteks soal. Dampak dari rendahnya kemampuan merumuskan masalah adalah kesalahan dalam merumuskan masalah. Sebagian responden penelitian gagal dalam mengidentifikasi hubungan variabel-variabel sesuai dengan permasalahan yang diilustrasikan soal.

Sementara itu, rata-rata kemampuan pada sub konstruk mendefinisikan variabel juga masih kurang memuaskan. Sebagian responden mengalami kesulitan dalam menentukan bagaimana variabel bebas dan variabel terikat diukur dalam eksperimen. Mengontrol variabel ternyata paling sukar bagi responden dari pada kemampuan KPS terpadu lainnya. Sebagian besar responden mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi faktor-faktor selain variabel manipulatif yang dapat mempengaruhi hasil eksperimen.

Kemampuan rata-rata responden dalam mengiferens, meramal, dan mengomunikasikan hasil eksperimen adalah baik, begitu pula kemampuan merencanakan eksperimen, dan menginterpretasi data. Hanya sebagian kecil responden yang tidak menunjukkan kemampuan pada sub konstruk tersebut.

Gambar 2 memperlihatkan penguasaan keterampilan proses sains para responden berdasarkan pengalaman mengajar.



Gambar 2. Profil penguasaan KPS berdasarkan pengalaman mengajar

Ditinjau dari penguasaan keterampilan proses sains berdasarkan pengalaman mengajar responden, maka analisis penelitian menunjukkan bahwa responden dengan pengalaman kurang atau sama dengan 10 tahun mempunyai kemampuan KPS yang lebih baik daripada kelompok lainnya. Diperkirakan, selain berusia relatif muda, mereka belum lama meninggalkan bangku perkuliahan dan senantiasa mengupdate pengetahuannya.

Di lain pihak, meskipun responden mempunyai pengalaman kerja yang lebih lama, namun mereka jarang menerapkannya dalam pembelajaran. Pembelajaran sains lebih banyak dilaksanakan melalui metode ceramah dengan tujuan agar siswa menguasai fakta dan konsep-konsep sains. Apabila pelajar belajar sains melalui metode ceramah, maka sikap saintifik dan keterampilan proses sains mereka tidak mungkin dapat dibina. Cony Semiawan et al.(1992) justeru berpendapat bahawa penguasaan fakta dan konsep yang terlalu banyak akan menghambat daya cipta pelajar untuk menemukan hal-hal baru.

KESIMPULAN

Meskipun sudah berpengalaman lebih dari 5 tahun, dan termasuk guru yang dikategorikan terbaik di kabupaten/kotanya masing-masing, namun para guru yang menjadi responden

dalam penelitian ini belum menunjukkan penguasaan yang baik terhadap keterampilan proses sains secara keseluruhan. Hal ini sejalan pula dengan hasil penelitian Aydogdu (2015) yang menunjukkan rendahnya penguasaan guru sekolah dasar terhadap keterampilan proses sains. Penguasaan keterampilan proses sains pada kategori KPS dasar yang masih kurang adalah pada sub konstruk mengamati, mengelasifikasi, dan mengukur dan menggunakan nomor. Sementara itu pada kategori KPS terpadu, merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mendefenisikan variabel, dan mengontrol variabel, merupakan sub konstruk yang kurang dikuasai oleh sebagian guru.

REFERENSI

- Aydogdu, B.(2015). The investigation of science process skills of science teachers in term of some variables. *Educational Research and Review*, 10(5), 582 – 594.
- Aydoğdu, B., Erkol, M., & Erten, N. (2014). The investigation of science process skills of elementary school teachers in terms of some variables: Perspectives from Turkey. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Volume 15, Issue 1, Article 8,1 – 28.
- Cony Semiawan.(1992). *Pendekatan Keterampilan Proses*. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Harlen, W. (1991). *The Teaching of Science*. London: David Fulton Publisher.
- Kemdikbud. 2013. Bahan Pelatihan Kurikulum 2013. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional.
- Padilla, M. J. 1990. The science process skills. *Research Matters-to the Science Teacher* 9004. <http://www.narst.org> diakses pada tanggal 30 Desember 2014.
- Suharsimi Arikunto. 2002. *Prosedur Penelitian; Suatu Pendekatan Praktek*. Edisi revisi. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Sukarno, Anna Permanasari, dan Ida Hamidah. (2013). Science teacher understanding to science process skills and implications for science learning at junior high school (case study in Jambi). *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 2(6), 450 – 454.
- Walter, Y.B. & Soyibo, K. 2001. An analysis of hight school students' performance on five integrated science process skills. *Research in Science and Technological Education*19, 133-145.
- Yasar, S dan Anagun, S. S. 2009. Reliability and validity studies of the science and technology course scientific attitude scale. *Journal of Turkish Science Education* 6(2), 43-54.

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR IPA TERPADU GERAK BENDA DAN MAKHLUK HIDUP BERMUATAN LITERASI SAINTIFIK UNTUK SISWA SMP KELAS VIII

Asrizal, Liza R, Festiyed

¹FMIPA Universitas Negeri Padang

email: asrizal_unp@yahoo.com

Abstract

Integrated science teaching is required in 2013 curriculum. As the reason is generally science found in daily life in integrated form. In this method, activity and experience which is accepted by students are very limited by their daily life. But integrated science teaching isn't implemented well yet. As an alternative solution of this problem is to develop teaching material of integrated science by integrating scientific literacy. The objective of this research is to created the valid teaching material of integrated science in its preliminary product, and practice and effective in its implementation in scientific approach. As topic in this research is motion of object and living thing. Type of this research was research and development. Stages of this research consist of understanding the potency and problem, collecting the information, developing the preliminary of product, implementing the teaching material in limited field testing, and revising the teaching material based on result of limited field testing. Design of research in limited field testing was after and before treatment. Instruments to collect the data consist of validity sheet of teaching material, practicality sheet and effectiveness sheet of implementation teaching material of integrated science. Data in this research was analyzed by statistical descriptive analysis, graph method, and correlation compare mean test. Base on the data analysis can be stated two of this research results. First, the teaching material of integrated science by integrating scientific literacy is very valid with average value 90.4. Second, the implementation of teaching material of integrated science by integrating scientific literacy is practice according teachers and students with average value respectively 93.0 and 84.6. On the other hand, the implementation of teaching material of integrated science is effective in scientific approach for students grade VIII in Junior High School.

Keywords: *Teaching material, Integrated Science, Motion, Scientific literacy*

PENDAHULUAN

Peristiwa IPA di alam umumnya ditemui secara terpadu. Sebagai contoh air adalah bagian dari alam yang tidak dapat hanya dilihat dari segi Fisika, Kimia, atau Biologi, tetapi merupakan kesatuan air dengan segala kandungan dan sifat-sifatnya (Salirawati, 2009). Contoh lain adalah udara di alam juga merupakan satu kesatuan yang dapat ditinjau dari berbagai disiplin IPA. Manusia berinteraksi dengan lingkungan sebenarnya juga merupakan satu kesatuan seperti proses mendengar dan melihat. Peristiwa IPA di dunia nyata ini memberikan isyarat bahwa IPA merupakan satu kesatuan.

Adanya keterpaduan dalam IPA merupakan hal penting dalam pembelajaran. Dengan alasan ini, kurikulum 2013 menuntut pembelajaran IPA dilakukan secara terpadu. Dalam pendekatan konten kurikulum tahun 2013, kompetensi siswa di SMP dikembangkan melalui mata pelajaran terpadu dan tematik. Di sisi lain dalam elemen proses pembelajaran, IPA diajarkan dalam bentuk pembelajaran terpadu. Isi pembelajaran di SMP didasarkan pada konsep terpadu dari berbagai disiplin ilmu untuk tujuan pendidikan dari mata pelajaran IPA. Konsep terpadu ini ditunjukkan pada kompetensi inti dan kompetensi dasar. Dalam kompetensi dasar telah memadukan konsep-konsep IPA dari sub disiplin dari Biologi, Fisika, Kimia, serta Ilmu Bumi dan Antariksa.

Pembelajaran IPA terpadu mendukung kerangka pengembangan kurikulum IPA yang mengaitkan IPA dengan kehidupan sehari-hari, lingkungan, dan teknologi. Dalam pembelajaran terpadu, siswa dilatih mengembangkan literasi dalam mengkonstruksi kompetensi secara aktif, autentik, bermakna, dan holistik. Pembelajaran ini relevan dengan salah satu prinsip esensial dari pembelajaran abad ke-21 yaitu pembelajaran seharusnya mempunyai konteks (Nichols, 2015). Artinya materi pembelajaran IPA seharusnya dihubungkan dengan situasi dunia nyata.

Disamping keterpaduan dalam pembelajaran IPA, literasi saintifik merupakan arena penting untuk membantu siswa dalam menyikapi dan mengambil keputusan yang berhubungan dengan permasalahan IPA dalam kehidupannya. Literasi saintifik adalah penting karena suatu pemahaman dari IPA menyediakan pemenuhan dan kegembiraan pribadi (Robinson, 2001). Heller menyatakan empat alasan bahwa literasi saintifik penting dalam kehidupan. Pertama, daya saing dan kemampuan kerja terkait erat dengan kapasitas individu untuk berpartisipasi secara aktif dan mempromosikan inovasi. Kedua, dalam abad ke-21 IPA dan teknologi telah memainkan peran penting dalam banyak bidang di masyarakat. Ketiga, banyak masalah sosial terbesar saat ini melibatkan komponen ilmiah dan teknologi yang penting. Terakhir, dunia membutuhkan warga negara dengan keterampilan berpikir kritis (Ogunkola, 2014).

Meskipun berbagai upaya telah dilakukan pemerintah untuk menerapkan pembelajaran IPA terpadu di SMP, namun upaya tersebut belum memberikan hasil yang optimal. Kenyataan pertama ditemukan dari hasil wawancara dengan 10 orang guru IPA di Sumatera Barat yang mengikuti pendidikan dan pelatihan kepala laboratorium sekolah tahun 2016. Ada empat hasil wawancara yaitu: semua guru memandang bahwa IPA terpadu baik dan penting, dalam pelaksanaan pembelajaran IPA terpadu ditemukan adanya kendala dan dirasakan belum efektif, permasalahan yang dihadapi adalah kurangnya pemahaman terhadap IPA terpadu

dan belum memperoleh IPA secara utuh, dan faktor-faktor penyebab permasalahan yang dikemukakan adalah latar belakang pendidikan, kesulitan memperoleh materi IPA terpadu, dan fasilitas pendukung dari IPA terpadu.

Kenyataan kedua ditemukan dari hasil analisis buku teks IPA terpadu untuk siswa SMP/MTs kelas VIII. Analisis dilakukan terhadap kandungan materi pembelajaran setiap bab dari buku IPA terpadu. Hasil analisis menunjukkan dari sepuluh buku IPA terpadu persentase materi Biologi, Fisika, dan Kimia secara terpisah-pisah masing-masing 40,00 %, 35,56 %, dan 21,11 %. Persentase materi Biologi dan Fisika terlihat lebih banyak dalam buku IPA terpadu. Persentase IPA terpadu hanya 3,33 % dan keterpaduan ini baru muncul pada buku teks kurikulum 2013. Hasil analisis ini memberikan isyarat bahwa meskipun judul buku teks sudah IPA terpadu, ternyata keterpaduan materi pembelajaran dalam buku IPA terpadu tersebut masih sangat rendah (Asrizal, 2017).

Kenyataan ketiga ditemukan dari hasil literasi Sains siswa. Dari laporan PISA diketahui bahwa hasil literasi Sains siswa di Indonesia belum memuaskan. Skor literasi Sains siswa Indonesia adalah 382 yang menempati peringkat 64 dari 65 negara peserta. Dengan kata lain siswa Indonesia menempati peringkat kedua terbawah dari seluruh Negara peserta PISA (Gurria, 2014). Hasil ini memperlihatkan bahwa literasi Sains siswa SMP di Indonesia masih rendah.

Bertitik tolak pada kondisi ideal dan kondisi nyata yang telah diuraikan ditemukan adanya permasalahan dalam pembelajaran IPA terpadu. Upaya untuk mengatasi permasalahan ini perlu dilakukan. Sebagai alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah mengembangkan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik. Pengembangan bahan ajar ini merupakan suatu alternatif yang baik karena dapat dijadikan sebagai sumber belajar bagi guru dan siswa untuk menguasai IPA terpadu di sekolah.

Secara umum tujuan dari penelitian adalah untuk menghasilkan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik yang valid, praktis, dan efektif. Sementara itu tujuan khusus dari penelitian adalah untuk: 1). menentukan tingkat validitas dari bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik pada tema gerak pada benda dan makhluk hidup dan 2). menentukan kepraktisan dan efektivitas penggunaan bahan ajar IPA terpadu tema gerak benda dan makhluk hidup dalam pembelajaran dengan pendekatan saintifik di SMP kelas VIII.

KAJIAN LITERATUR

a. Bahan Ajar

Bahan ajar memiliki kedudukan penting dalam pembelajaran. Bahan ajar merupakan seperangkat materi atau substansi pelajaran yang disusun secara sistematis, menampilkan sosok utuh dari kompetensi yang akan dikuasai oleh siswa dalam kegiatan pembelajaran (Sukmawati, 2015). Pengertian lain dari bahan ajar adalah segala bentuk bahan berupa seperangkat materi yang disusun secara sistematis yang digunakan untuk membantu guru

dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran dan memungkinkan siswa untuk belajar (Fauziah, 2015).

Bahan ajar memiliki fungsi strategis dalam proses pembelajaran. Ia dapat membantu guru dan siswa dalam kegiatan pembelajaran sehingga guru tidak terlalu banyak menyajikan materi (Murniati, 2015). Bahan ajar memberikan peran baik bagi guru maupun siswa. Peran bahan ajar bagi guru adalah: menghemat waktu dalam pembelajaran, mengubah peran guru menjadi fasilitator, dan meningkatkan proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan interaktif. Disisi lain peran bahan ajar bagi siswa antara lain: mengurangi ketergantungan pada guru dalam belajar, dapat belajar tanpa harus dibatasi oleh waktu dan tempat, dapat belajar sesuai dengan kecepatan sendiri, dapat belajar menurut urutan yang dipilih, dan membantu potensi untuk menjadi pembelajaran mandiri. Disisi lain, manfaat bahan ajar bagi siswa adalah: 1). kegiatan pembelajaran menjadi lebih menarik, 2). lebih banyak mendapatkan kesempatan untuk belajar secara mandiri, dan 3). adanya kemudahan dalam mempelajari setiap kompetensi yang harus dikuasainya (Kholik, 2015).

Bahan ajar memiliki struktur tertentu. Sebuah bahan ajar paling tidak mencakup antara lain: petunjuk belajar, kompetensi yang akan dicapai, isi materi pembelajaran, informasi pendukung, latihan-latihan, petunjuk kerja, evaluasi, dan balikan terhadap hasil evaluasi. Aspek lain yang perlu diperhatikan dalam penyusunan bahan ajar adalah evaluasi terhadap bahan ajar. Evaluasi ini dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan dan kelemahan dari bahan ajar sehingga dapat dilakukan revisi. Ada empat komponen evaluasi bahan ajar yang dapat dijadikan sebagai pedoman yaitu: kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan (Depdiknas, 2008).

b. Pembelajaran IPA Terpadu

Dalam pembelajaran IPA terpadu, guru mengintegrasikan antara sub disiplin IPA termasuk Biologi, Fisika dan Kimia. Ketika guru mengintegrasikan sub disiplin dalam suatu daerah mata pelajaran, mereka menggunakan pendekatan intra disiplin. IPA terpadu mengintegrasikan perspektif sub disiplin seperti Biologi, Kimia, Fisika, Ilmu Bumi dan antariksa (Drake, 2004).

Dalam pendekatan interdisipliner suatu mata pelajaran didesain lebih fokus pada konsep-konsep keluasaan, tematik dan terintegrasi. Contoh mata pelajaran semacam ini adalah mata pelajaran IPA yang mencakup topik dalam Biologi, Kimia dan Fisika secara bersamaan (Yarker, 2012). Implementasi dari IPA terpadu, suatu mata pelajaran interdisipliner dengan sengaja menerapkan metodologi dan bahasa lebih dari satu disiplin IPA seperti Biologi, Kimia, Fisika, Ilmu Bumi, dan Ilmu Hayati untuk membahas tema ilmiah, topik, atau masalah. Pendidikan IPA terpadu menekankan kesatuan pengetahuan ilmiah yang fundamental dan mendorong siswa untuk menggabungkan perspektif, konsep dan metode dari berbagai disiplin ilmu untuk memahami dan menafsirkan fenomena ilmiah dalam kehidupan sehari-hari (Sun, 2013).

Implementasi IPA terpadu memberikan beberapa keuntungan bagi siswa. Mengintegrasikan IPA ke dalam disiplin ilmu lain membawa makna tentang IPA, membantu siswa memahami peran IPA di masyarakat, dan membuat IPA lebih realistis (Yarker, 2012). Integrasi adalah suatu fenomena universal yang menonjol dalam IPA daripada bidang studi lainnya karena alasan yang jelas yaitu: ketika diterapkan pada pembelajaran IPA, kata terpadu berarti bahwa konsep kesatuan IPA yang mendasar; kesamaan pendekatan terhadap masalah dari alam ilmiah dan dibantu untuk memperkuat penguasaan tentang peran dan fungsi IPA dalam kehidupan sehari-hari dan dunia di mana mereka tinggal (Afuwave, 2012).

c. Literasi Saintifik

Literasi saintifik memiliki beberapa pengertian yang berbeda. Mayer mendefinisikan literasi saintifik sebagai pengetahuan dari konten substantif dari IPA yang dihubungkan secara khusus pada penguasaan hubungan timbal balik antara manusia dan aktivitas mereka dan aktivitas mereka mempengaruhi dunia di sekitar mereka (Akgul, 2004). Literasi saintifik adalah pengetahuan dan penguasaan dari konsep saintifik dan proses yang diperlukan untuk seseorang membuat keputusan, berpartisipasi dalam urusan kewarganegaraan dan budaya, dan produktivitas ekonomi (Kiyici, 2007). Literasi saintifik terdiri dari pengetahuan dan penguasaan dari konsep-konsep saintifik dan proses saintifik yang diperlukan oleh seseorang (Dani, 2009).

Literasi saintifik memiliki tiga dimensi. Pertama konsep saintifik yaitu literasi yang dibutuhkan untuk menguasai fenomena tertentu dari dunia alam dan perubahan yang terjadi di alam melalui kegiatan manusia. Kedua proses saintifik yang dipusatkan pada kemampuan untuk memperoleh, menginterpretasikan, dan bertindak berdasarkan peristiwa. Ketiga situasi atau konteks saintifik yang diseleksi terutama dari kehidupan manusia sehari-hari daripada praktik dari IPA dalam suatu ruang kelas atau laboratorium (Holbrook, 2009). Dalam pandangan lain, literasi saintifik adalah domain utama. Daerah aplikasinya adalah kesehatan, sumber daya alam, lingkungan, bahaya dan batas-batas dari IPA dan teknologi. Hal ini merupakan bidang dalam literasi saintifik yang memiliki nilai khusus untuk individu dan masyarakat dalam meningkatkan dan mempertahankan kualitas dari kehidupan (Thomson, 2013).

d. Gerak Benda dan Makhluk Hidup

Peristiwa gerak sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh gerak benda adalah gerak mobil, gerak sepeda motor, gerak kereta api, gerak pesawat, dan sebagainya. Salah satu jenis gerak benda yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari adalah gerak lurus. Gerak lurus merupakan gerak suatu benda yang lintasannya berupa garis lurus. Gerak lurus dapat dibagi atas dua tipe yaitu gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan. Gerak lurus beraturan didefinisikan sebagai gerak suatu benda yang lintasannya lurus dan kecepatannya tetap. Disisi lain, gerak lurus berubah beraturan didefinisikan sebagai gerak suatu benda yang lintasannya lurus dan percepatannya tetap (Indrasusanto, 2009).

Dalam kehidupannya, semua makhluk hidup selalu melakukan gerak. Gerak merupakan salah satu ciri dari makhluk hidup. Makhluk hidup melakukan gerak untuk mendapatkan makanan dan menghindari musuhnya seperti manusia berlari dengan menggunakan kaki, burung terbang dengan menggunakan sayap, ikan berenang menggunakan sirip dan sebagainya (Firdaus, 2012). Sementara itu gerak pada tumbuh-tumbuhan muncul sebagai respon terhadap stimulus eksternal. Gerak tumbuh-tumbuhan untuk merespon stimulus dari lingkungan dilakukan dengan menggerakkan sebagian organ penyusunnya. Gerakan tersebut memungkinkan tumbuhan untuk beradaptasi serta menentukan posisi yang tepat dalam menyerap nutrisi dan energi dari lingkungan (Paramesti, 2014).

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian dan pengembangan yang dikenal dengan R&D. R&D adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Disisi lain R&D adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat dipertanggungjawabkan. Berarti dalam R&D produk merupakan bagian yang penting yang perlu dihasilkan dalam suatu penelitian.

Model pengembangan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik dilakukan dalam tujuh langkah. Langkah penelitian mencakup: mengenal potensi dan masalah, mengumpulkan informasi, mendesain produk, memvalidasi desain, merevisi desain, memperbaiki desain, menguji coba produk, dan merevisi produk (Sugiyono, 2006). Dari hasil studi awal pada langkah pertama dan langkah kedua didesain bahan ajar. Bahan ajar divalidasi oleh lima orang tenaga ahli yang berasal dari pendidikan Fisika, Biologi dan Kimia. Uji coba lapangan terbatas dilakukan untuk menguji kepraktisan dan efektivitas dari penggunaan bahan ajar IPA terpadu.

Desain penelitian pada uji lapangan terbatas adalah sebelum dan sesudah perlakuan. Sebelum pemberian perlakuan kepada siswa diberikan pretes yang dimaksudkan untuk mengetahui penguasaan siswa pada kondisi awal. Pendekatan saintifik menggunakan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik diterapkan kepada siswa untuk empat pertemuan. Setelah pemberian perlakuan, kepada siswa diberikan postes untuk mengetahui penguasaan siswa terhadap materi pembelajaran setelah pemberian perlakuan.

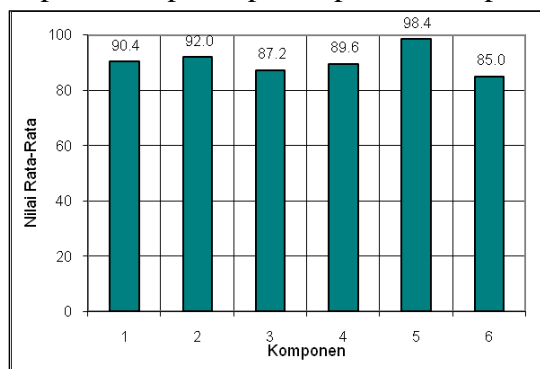
Instrumen yang digunakan untuk mendapatkan data dalam penelitian ini terdiri atas empat bagian. Instrumen pertama adalah lembar tes hasil belajar untuk mengetahui kompetensi kognitif siswa sebelum dan sesudah penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik. Instrumen kedua adalah lembar angket untuk mengetahui kepraktisan penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik menurut guru dan siswa. Instrumen ketiga adalah lembar penilaian keterampilan siswa dalam bentuk literasi saintifik. Penilaian kinerja meliputi kemampuan membuat peta pikiran, melaksanakan kegiatan penyelidikan, melaporkan hasil penyelidikan, dan membuat tugas tentang penerapan IPA dalam kehidupan.

Instrumen terakhir adalah lembar observasi untuk menilai sikap siswa sebagai efek penyerta yang muncul dalam pembelajaran.

Data yang diperoleh dalam kegiatan penelitian dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif, metoda grafik, analisis korelasi, dan analisis perbandingan berkorelasi. Analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui informasi lebih rinci dari data kompetensi pengetahuan, kompetensi keterampilan dalam bentuk literasi saintifik, Parameter data dari ketiga kompetensi meliputi: nilai rata-rata, median, modus, standar deviasi, varians dan sebagainya. Metoda grafik digunakan untuk memberikan kesan visual tentang tingkat validitas dan kepraktisan penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik. Analisis korelasi digunakan untuk menentukan nilai koefisien regresi antara kompetensi pengetahuan sesudah dengan sebelum perlakuan. Disamping itu analisis ini juga digunakan untuk menentukan nilai koefisien korelasi untuk literasi saintifik dan kompetensi sikap. Sementara itu analisis perbandingan berkorelasi digunakan untuk menentukan keefektifan penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik dalam pendekatan saintifik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian terdiri dari dua bagian. Hasil penelitian pertama adalah validitas dari bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik tema gerak benda dan makhluk hidup. Penilaian terhadap bahan ajar IPA terpadu oleh tenaga ahli dilakukan terhadap enam komponen yaitu: 1). komponen kelayakan isi bahan ajar, 2). komponen kelayakan penyajian, 3). komponen keterpaduan materi pembelajaran, 4). komponen penggunaan bahasa, 5). komponen kegrafikan pada bahan ajar, dan 6). komponen integrasi literasi saintifik dalam bahan ajar. Nilai rata-rata hasil validasi pada setiap komponen penilaian diperlihatkan pada Gambar 1

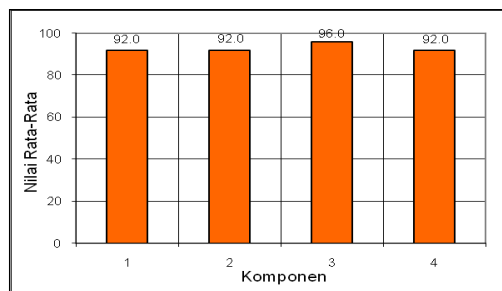


Gambar 1. Nilai Validitas dari Setiap

Nilai rata-rata pada setiap komponen penilaian bahan ajar bervariasi antara 85,0 sampai 98,4. Nilai terendah adalah pada komponen integrasi literasi saintifik dalam bahan ajar sedangkan nilai tertinggi adalah pada komponen kegrafikan bahan ajar. Nilai rata-rata validitas dari keenam komponen penilaian bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik adalah 90,4. Nilai rata-rata ini berada pada kategori sangat valid.

Dari kegiatan uji validasi bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik ditemukan beberapa kelemahan. Kelemahan ini diper oleh dari masukan tenaga ahli. Secara umum ada empat masukan masukan utama dari tenaga ahli yaitu: kesalahan ketikan masih ditemukan dalam bahan ajar, tingkat keter paduan materi pembelajaran masih rendah, kerapian dan konsistensi tulisan dalam bahan ajar perlu diperhatikan, dan gambar dalam bahan ajar dibuat lebih menarik. Dari masuk an dari tenaga ahli dilakukan revisi terhadap kelemahan yang ada dalam bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik.

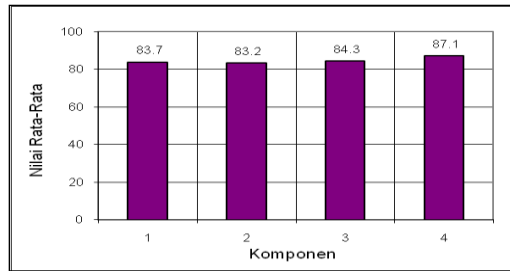
Hasil kedua dari penelitian adalah kepraktisan dan efektivitas penggunaan bahan IPA terpadu bermuatan literasi saintifik. Kepraktisan penggunaan bahan ajar ditinjau dari guru sebagai praktisi di sekolah dan siswa sebagai pengguna dari bahan ajar. Instrumen kepraktisan penggunaan bahan ajar menurut guru disusun atas empat komponen yaitu: 1). komponen isi bahan ajar, 2). komponen penyajian dalam bahan ajar, 3). komponen kemudahan dalam penggunaan, dan 4). komponen keterpakaian bahan ajar bagi guru. Nilai kepraktisan penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik menurut guru pada setiap komponen ditampilkan pada Gambar 2



Gambar 2. Nilai Kepraktisan dari Guru

Nilai komponen kepraktisan penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik berada antara 92,0 sampai 96,0. Nilai komponen isi bahan ajar, komponen penyajian dalam bahan ajar, dan komponen keterpakaian bahan ajar bagi guru masing-masing 92,0, sementara itu nilai komponen kemudahan penggunaan bahan ajar adalah 96,0. Nilai rata-rata kepraktisan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik menurut guru adalah 93,0. Nilai rata-rata kepraktisan penggunaan bahan ajar ini berada pada kategori sangat praktis.

Kepraktisan penggunaan bahan ajar IPA terpadu menurut siswa diketahui melalui angket. Komponen dari instrumen angket terdiri dari empat bagian yaitu: 1). Kemudahan dalam belajar, 2). keutuhan dari materi dalam bahan ajar, 3). motivasi dalam belajar, dan 4). keterpakaian bahan ajar untuk meningkatkan penguasaan materi pembelajaran. Nilai kepraktisan penggunaan bahan ajar IPA terpadu pada setiap komponen menurut siswa dapat diperhatikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai Kepraktisan dari Siswa

Nilai kepraktisan penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik bervariasi dari 83,2 sampai 87,1. Nilai kepraktisan tertinggi adalah pada komponen keterpakaian bahan ajar IPA terpadu untuk meningkatkan penguasaan siswa sedangkan nilai terendah ada pada komponen keutuhan materi pembelajaran dalam bahan ajar. Nilai kepraktisan pada komponen kemudahan dalam belajar dan pada komponen motivasi dalam belajar masing-masing 83,7 dan 84,3. Nilai rata-rata kepraktisan penggunaan bahan ajar IPA terpadu menurut siswa sebagai pemakai adalah 84,6. Nilai rata-rata ini dapat dikategorikan pada sangat praktis.

Efektivitas dari penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik ditinjau dari aspek kompetensi siswa yang terdiri dari pengetahuan, keterampilan, dan sikap. Efektivitas penggunaan bahan ajar IPA terpadu ditentukan dari perbandingan antara kompetensi pengetahuan siswa setelah dan sebelum penggunaan bahan ajar IPA terpadu. Data kompetensi pengetahuan setelah dan sebelum didapatkan dari nilai pretes dan postes. Nilai rata-rata dari pretes dan standar deviasi dari 28 orang siswa masing-masing 51,11 dan 11,87. Sementara itu, nilai rata-rata dan standar deviasi postes siswa masing-masing 83,71 dan 8,14. Nilai koefisien korelasi antara postes dan pretes adalah 0,05. Nilai koefisien korelasi antara hasil postes dengan pretes termasuk pada kategori rendah.

Nilai t pada uji perbandingan dua rata-rata berkorelasi untuk kompetensi pengetahuan ditentukan dari nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien korelasi. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai $t_h = -11,73$. Untuk jumlah siswa 28 orang sehingga derajat kebebasan adalah 27. Nilai t pada tabel dan untuk derajat kebebasan 27 dan taraf kepercayaan 95 % adalah 1,70. Dengan menggunakan uji pihak kiri didapatkan nilai t hitung lebih kecil dari nilai t tabel. Berarti dari uji t dapat dikemukakan bahwa terdapat perbedaan yang berarti antara kompetensi pengetahuan siswa setelah dan sebelum penggunaan bahan ajar bermuatan literasi saintifik. Dengan demikian, penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik pada tema gerak benda dan makhluk hidup dalam pendekatan saintifik adalah efektif untuk meningkatkan kompetensi pengetahuan siswa.

Efektivitas penggunaan bahan ajar IPA terpadu pada kompetensi keterampilan ditentukan dari data literasi saintifik. Dalam penelitian ini, data literasi saintifik terdiri dari data konsep saintifik, proses saintifik, dan konteks saintifik. Data konsep saintifik ditentukan dari nilai kemampuan siswa untuk membuat peta pikiran. Data proses saintifik diambil dari penilaian

kinerja penyelidikan, laporan hasil penyelidikan, dan presentasi hasil penyelidikan. Disisi lain data konteks saintifik diambil dari tugas penerapan materi pembelajaran dalam kehidupan.

Nilai t ditentukan dari data penilaian kinerja siswa sebelum dan selama proses penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik. Nilai t untuk kemampuan siswa membuat peta pikiran adalah -13,38. Nilai t untuk kemampuan siswa dalam melakukan penyelidikan, melaporkan hasil penyelidikan, dan mempresentasikan hasil penyelidikan masing-masing -22,32, -27,32, dan -17,93. Disisi lain, untuk kemampuan siswa pada tugas konteks saintifik digunakan uji t satu pihak dengan membandingkan nilai siswa dengan nilai standar yang ditetapkan. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai t untuk tugas konteks saintifik adalah 8,34.

Pada uji perbandingan rata-rata berko relasi didapatkan semua nilai t hitung ini lebih kecil dari nilai t tabel pada uji pihak kiri. Sementara itu pada uji t satu pihak kanan didapatkan nilai t hitung lebih besar dari nilai t tabel. Dari hasil analisis uji t ini dapat dinyatakan bahwa ada perbedaan kemampuan siswa dalam konsep saintifik, proses saintifik dan konteks saintifik setelah menggunakan bahan ajar IPA terpadu dengan sebelum. Berarti penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik adalah efektif untuk meningkatkan literasi konsep saintifik, proses saintifik, dan konteks saintifik siswa. Oleh karena itu, penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik tema gerak benda dan makhluk hidup adalah efektif untuk meningkatkan keterampilan siswa dalam bentuk literasi saintifik.

Efektivitas penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik pada kompetensi sikap ditentukan dari hasil penilaian observasi sikap siswa dalam proses pembelajaran. Dalam pembelajaran sikap merupakan efek penyerta dari pengetahuan dan proses saintifik yang dilakukan. Nilai t hitung didapatkan dari nilai rata-rata, standar deviasi, varians, dan jumlah siswa. Nilai t untuk kompetensi sikap siswa adalah -22,54. Nilai ini lebih kecil dari nilai t tabel pada uji pihak kiri. Berarti terdapat perbedaan sikap siswa yang berarti antara setelah dengan sebelum penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik. Dengan demikian, penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik adalah efektif untuk meningkatkan kompetensi sikap siswa.

Berdasarkan hasil penelitian dapat dikemukakan bahwa produk dari bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik pada tema gerak benda dan makhluk hidup memiliki nilai validitas yang tinggi. Hal ini terjadi karena penyusunan materi pembelajaran dari kompetensi dasar. Dari kompetensi dasar diturunkan materi pembelajaran, indikator untuk mencapai kompetensi dasar, dan tujuan pembelajaran. Perumusan tema telah berdasarkan konteks yang berhubungan dengan kehidupan siswa sehari-hari. Penilaian tenaga ahli didasarkan pada kriteria bahan ajar yang baik mencakup: kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan. Uji validitas bahan ajar IPA terpadu telah berdasarkan kriteria tertentu. Dalam penelitian pengembangan intervensi seharusnya diadopsi pada suatu kebutuhan dan komponennya harus didasarkan pada pengetahuan mutakhir yaitu validitas konten yang disebut relevansi dan semua komponen harus saling terkait secara konsisten atau validitas

konstruk yang disebut konsistensi. Jika inter vensi memenuhi persyaratan ini, maka hal ini dianggap valid (Akker, 2013).

Penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik adalah praktis dan efektif dalam pendekatan saintifik. Guru dan siswa menyatakan bahwa penggunaan bahan ajar ini adalah praktis dalam pembelajaran. Berarti guru dan siswa merasakan adanya kemudahan, keterpakaian, dan manfaat dari bahan ajar dalam proses pembelajaran. Disamping itu, penggunaan bahan ajar ini dapat meningkatkan kompetensi pengetahuan, kompetensi keterampilan dalam bentuk literasi saintifik, dan kompetensi sikap siswa. Karakteristik kedua dari intervensi berkualitas tinggi adalah bahwa guru menganggap inter vensi tersebut dapat digunakan dan mudah bagi mereka untuk menggunakan intervensi tersebut dengan cara yang sangat sesuai dengan maksud pengembang. Jika kondisi ini terpenuhi, maka intervensi ini disebut praktis. Karakteristik ketiga dari intervensi kualitas tinggi adalah bahwa intervensi dapat menghasilkan hasil yang diinginkan sehingga inter vensi tersebut adalah efektif (Akker, 2013).

Dalam pelaksanaan penelitian ini ada empat keterbatasan. Pertama, materi pembelajaran yang dikembangkan dalam bahan ajar terdiri dari gerak pada makhluk hidup dan gerak lurus dan pengaruh gaya untuk tiga kompetensi dasar. Kedua, model keterpaduan IPA dalam bahan ajar IPA terpadu adalah model terjaring. Ketiga, literasi siswa yang diintegrasikan kedalam bahan ajar IPA baru literasi saintifik mencakup konsep saintifik, proses saintifik, dan konteks saintifik. Terakhir, uji lapangan pada tahap pengembangan bahan ajar IPA terpadu baru pada uji coba terbatas untuk satu kelompok sampel siswa kelas VIII. Dengan alasan ini, tindak lanjut dari penelitian ini perlu dilakukan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ditemukan berdasarkan pada hasil analisis data dari uji validitas, uji kepraktisan, dan uji efektivitas penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik tema gerak benda dan makhluk hidup. Sebagai kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata validitas dari komponen kelayakan isi bahan ajar, penyajian dalam bahan ajar, keterpaduan dalam bahan ajar, kebahasaan yang digunakan dalam bahan ajar, kegrafikan pada bahan ajar, dan integrasi literasi saintifik dalam bahan ajar adalah 93,0. Nilai rata-rata validitas bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik pada materi gerak benda dan makhluk hidup termasuk pada kategori sangat valid.
2. Penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik dalam pendekatan saintifik adalah sangat praktis menurut guru dan siswa. Nilai rata-rata kepraktisan penggunaan bahan ajar IPA terpadu menurut guru dan siswa masing-masing 93,0 dan 84,0. Disamping itu, penggunaan bahan ajar IPA terpadu bermuatan literasi saintifik materi gerak benda dan makhluk hidup adalah efektif untuk meningkatkan kompetensi pengetahuan, kompetensi keterampilan, dan kompetensi sikap. Kompetensi keterampilan ditunjukkan dengan kinerja siswa dalam bentuk literasi saintifik mencakup konsep saintifik, proses saintifik, dan konteks saintifik.

REFERENSI

- Afuwave. 2012. Integration in Science Teaching - Learning: Problems and Prospects. *Afrev Stech, An International Journal of Science and Technology Bahir Dar*, Vol.1 (3), 126-133
- Akgul, Esra Macaroglu. 2004. Teaching Scientific Literacy Through A Science Technology and Society Course: Prospective Elementary Science Teacher's Case. *The Turkish Online Journal of Educational Technology, TOJET*, ISSN: 1303-6521 volume 3 Issue 4
- Akker, Jan van den. 2013. *Education Research Design*. Netherlands Institute for Curriculum Development (SLO), Enschede, the Netherlands
- Asrizal, Selisne, dan Festiyed. 2017. Development of Integrated Science Teaching Material of Our Digestive System Health by Integrating Scientific Literacy for Grade VIII Students. *International Conference on Global Education V*
- Dani, Danielle. 2009. Scientific Literacy and Purposes for Teaching Science: A Case Study of Lebanese Private School Teachers *International Journal of Environmental & Science Education*, Vol. 4, No. 3, 289-299
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas.
- Drake, Susan M and Burns, Rebecca C. 2004. *Meeting Standards Through Integrated Curriculum*. Association for Supervision and Development Alexandria, Virginia USA
- Fauziah, Uzi. 2016. Efektivitas Bahan Ajar IPA Terpadu Tema Cahaya dan Warna Dalam Pembelajaran IPA SMP. *Unnes Science Education Journal* 5 (2)
- Firdaus. 2012. Meningkatkan Pemahaman Konsep Gerak Benda Dalam Pembelajaran Sains Melalui Pendekatan Keterampilan Proses Siswa Kelas III SDN 168 Toribi Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Jurnal Publikasi Pendidikan*, Volume II, No.1
- Gurria, Angel. 2014. *PISA 2012 Results in Focus: What 15-year-olds know and what they can do with what they know*. Programme for International Students Assessment, OECD.
- Holbrook, Jack. 2009. The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education* Vol. 4, No. 3, 275-288
- Indrasuyanto, Tjondro dan Yunitasari, Tanti. 2009. Pendayagunaan Linear Air Track untuk Percobaan Gerak Lurus Beraturan dan Gerak Lurus Berubah Beraturan. *Magister Scientiae*, Edisi No. 26
- Kholik. 2015. Pengembangan Bahan Ajar Bahasa Indonesia Berbasis Pesantren Multikultural. *Nosi*, Volume 3, Nomor 2

- Kiyici, Fatime Balkan. (2007). Special Issue on Scientific Literacy. The Turkish Online Journal of Educational Technology, TOJET ISSN: 1303-6521 volume 6 Issue 2
- Murniati, dan Yusup. 2015. Pengembangan Bahan Ajar Mata Kuliah Laboratorium Fisika Sekolah Berdasarkan Kompetensi. Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika, Volume 2, Nomor 2
- Nichols, Jennifer Rita. 2015. 4 Essential Rules Of 21st Century Learning. Teachthought We Grow Teacher.
- Ogunkola, Babalola J. 2013. Scientific Literacy: Conceptual Overview, Importance and Strategies for Improvement. Journal of Educational and Social Research. Vol 3 (1)
- Pramesti, Dias Idha. 2014. Analisis Materi gerak Pada Tumbuhan Dalam Buku Teks IPA SMP/MTs Kelas VIII. Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS
- Robinson, Mike and Crowther, David. 2001. Environmental Science Literacy in Science Education, Biology & Chemistry Majors. The American Biology Teacher, Volume 63, No. 1
- Ronis, Diani. 2001. Problem-Based Learning for Math and Science: Integrating Inquiry and the Internet. A Pearson Education Company, Skylight Training and Publishing, Inc.
- Salirawati, Das. 2009. Pembelajaran Terpadu Untuk Mendukung Kreativitas Siswa. Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY
- Sugiyono. 2006. Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan, Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Sukmawati, Fatma. 2015. Pengembangan Bahan Ajar Biologi Berbasis Contextual Teaching and Learning untuk Meng efektifkan Pembelajaran Bagi Siswa SMA. Fenomena, Volume 7, No. 1
- Sun, Daner. 2014. Status of Integrated Science Instruction in Junior Secondary Schools in China: An Exploratory Study. International Journal of Science Education, 36 (5), 808-838
- Thomson, Sue. 2013. A Teacher's Guide to PISA Scientific Literacy. Programme for International Student Assessment, Australian Council for Educational Research Ltd
- Yarker, Morgan B and Park, Soonhye. 2012. Analysis of Teaching Resources for Implementing an Interdisciplinary Approach in the K-12 Classroom. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education : 223-232

A COMPARATIVE STUDY OF SMALL LONG-LIFE GAS COOLED FAST REACTOR

Rio Anshari

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
email: rio.anshari@gmail.com

ABSTRACT

In this paper, a comparative study has been carried out of gas reactor type Small Long-Life Gas Cooled Fast Reactor in some associated designs as its one of the candidates generation IV reactors that are expected to start operating in 2030. The comparative study has been done with study focuses on the role of the reactor in economics, safety systems, reactor waste management and proliferation resistance. The results of the study showed it has highly prospects for the operation because of their role in supporting economic growth and transport systems, passive safety systems based on natural circulation, the replacement cycle fuel with a long interval of time, the waste management related to some fuels candidates its use and resistance to nuclear proliferation..

Keywords: *comparison study, gas cooled fast reactor, long life operation, reactor safety systems, nuclear waste management.*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dunia yang terus meningkat seiring dengan meningkatnya populasi masyarakat dunia sementara cadangan energi tak terbarukan justru terus berkurang. Kebutuhan energi yang tinggi ini selain merupakan dampak dari bertambahnya populasi penduduk dunia, namun yang lebih besar pengaruhnya adalah peningkatan dan perkembangan teknologi yang sangat pesat akhir-akhir ini menyedot penggunaan energi yang sebanding dengan laju perkembangannya.

Energi nuklir muncul sebagai energi alternatif untuk menjawab kebutuhan energi masyarakat dunia tersebut. Saat ini telah banyak pembangkit-pembangkit listrik tenaga nuklir tersebar di seluruh dunia. Pembangkit listrik tenaga nuklir pada prinsipnya adalah pemanfaatan energi nuklir dari reaksi fisi terkendali yang kemudian dikonversikan menjadi bentuk-bentuk energi bagi kebutuhan energi dunia, terutama energi listrik. Pembangkit listrik tenaga nuklir yang sekarang sedang beroperasi merupakan generasi III yang bersiap-siap untuk memasuki masa henti operasi dan akan digantikan dengan reaktor generasi IV yang digadang-gadang dapat memberikan pasokan energi lebih besar, tingkat keamanan yang lebih tinggi, operasional yang lebih efisien serta penanganan limbah yang lebih aman dan terencana dengan baik.

Pasokan listrik yang dapat mengimbangi kebutuhan masyarakat merupakan salah satu permasalahan yang sedang dirasakan oleh Indonesia terutama sekali karena Indonesia masih

mengandalkan sumber listriknya dari sumber-sumber energi tak terbarukan dan hanya fraksi kecil sumber energinya yang berasal dari sumber energi terbarukan seperti tenaga air, angin, panas bumi, sinar dan panas matahari dan lain sebagainya. Pembangkit listrik tenaga nuklir merupakan solusi yang harus segera diwujudkan oleh pemerintah Indonesia untuk menjawab tingginya kebutuhan pasokan listrik di Indonesia. Reaktor generasi IV dapat menjadi acuan bagi Indonesia dalam mewujudkan solusi tersebut.

Reaktor generasi IV merupakan sumber energi nuklir dengan rapat energi yang tinggi, konversi ke energi listrik yang lebih baik dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan gas penyebab efek rumah kaca. Selain itu, reaktor generasi IV juga menawarkan efisiensi yang lebih tinggi, penggunaan Uranium alam sebagai bahan bakar, sistem keselamatan pasif dan harga produksi yang lebih rendah (M. Ilham, 2017).

Gas-cooled Fast Reactor disingkat GFR merupakan salah satu kandidat dari reaktor generasi IV yang direncanakan akan beroperasi pada tahun 2030 yang memiliki spektrum neutron cepat dan dapat memanfaatkan Uranium alam sebagai bahan bakarnya. Tipe GFR yang akan dibahas dalam paper ini adalah GFR dengan daya tidak terlalu besar (*small energy density*) tetapi memiliki masa operasi yang cukup panjang, mencapai 100 tahun dengan masa refueling bahan bakar setiap 10 tahun (F. Monado, 2013).

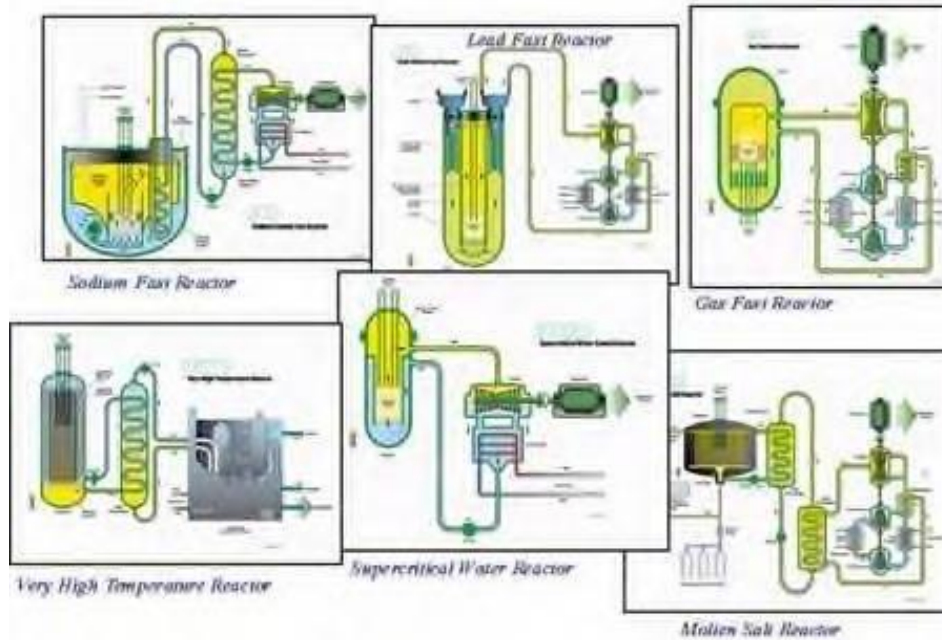
KAJIAN LITERATUR

a. Reaktor Generasi IV

Program reaktor generasi IV ini dimulai tahun 1999 yang lebih menitikberatkan pada (1) Keberlanjutan (Sustainability) (2) Ekonomi (Economy) (3) Keselamatan raktor (Safety) dan (4) Keamanan dari tindakan pembiakan ilegal (Proliferation resistance). Pada tahun 2002 dibentuk Generation IV International Forum (GIF) yang terdiri dari 10 negara anggota. Pada forum ini kemudian ditetapkan 6 kandidat reaktor nuklir generasi berikutnya yaitu [Bodansky, 2004 : 471] :

- a. *Gas-Cooled Fast Reactor system* (GFR)
- b. *Lead-Cooled Fast Reactor system* (LFR)
- c. *Molten Salt Reactor system* (MSR)
- d. *Sodium-Cooled Fast Reactor system* (SFR)
- e. *Supercritical-Water-Cooled Reactor system* (SCWR)
- f. *Very-High-Temperature Reactor system* (VHTR)

Gambar 1 berikut memperlihatkan desain awal dari reaktor generasi IV yang menjadi fokus pengembangan pada perioda berikutnya.



Gambar 1. Reaktor Generasi IV

Tabel 5. Nuclear Reactor System Generasi IV yang dikandidatkan oleh GIF

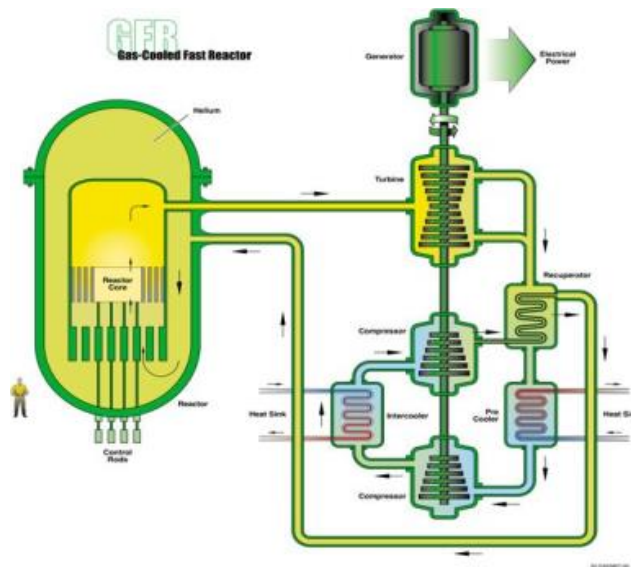
Reactor Characteristic	VHTR	SCWR	GFR	SFR	LFR	MSR
Neutron spectrum	Thermal	Either	Fast	Fast	Fast	Thermal
Coolant	Helium	Water	Helium	Sodium	Pb or PbBi	
Moderator	Graphite	Water ^a	None	None	None	Graphite
Recycle?	No	If fast	Yes	Yes	Yes	Online
Monolithic size (MWt)	NA	3860	NA	≈ 1500	1200	1000
Mid-size or Modular (MWt)	600	NA	600		120-400	NA
Mid-size or Modular (MWe)		NA	288	150-500	50-150	NA
Burnup (GWd/t)	150-200	45	250	150-200	100-150	
Temperature out (°C)	1000	550	850	550	550-800	700-850
Electricity production?	Possible	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Hydrogen production?	Primary	No	Yes	No	At 800°C	At 850°C
Year deployable	2020	2025	2025	2015	2025	2025

Tabel 1 di atas memperlihatkan deskripsi singkat keenam reaktor generasi IV. Berikut akan dibahas lebih lanjut tentang *Gas-cooled Fast Reactor* (GFR).

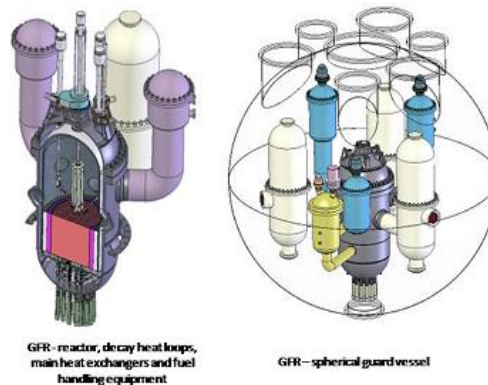
b. Gas-Cooled Fast Reactor (GFR)

Gas-cooled Fast Reactor atau GFR adalah reaktor dengan temperatur operasi tinggi dengan pendingin menggunakan gas Helium dan dengan siklus bahan bakar tertutup. GFR menggabungkan keunggulan reaktor dengan neutron cepat dan suhu operasi yang tinggi. Spektrum neutron cepat memberikan keuntungan tersendiri bagi reaktor ini karena dapat menggunakan Uranium alam sebagai bahan bakar serta dapat meminimalisir limbah nuklir karena pembakaran aktinida dan pendauran bahan bakar. Sedangkan suhu operasi yang tinggi dapat menghasilkan efisiensi tinggi pada siklus panas dan panas yang dihasilkan juga dapat digunakan untuk industri misalnya produksi gas hidrogen melalui reaksi pemisahan molekul air (H₂O) menjadi Oksigen (O₂) dan Hidrogen (H₂).

Gambar (2.a) memperlihatkan desain GFR. Pada gambar terlihat bentuk teras reaktor, pendingin, sistem pendingin, turbin dan generator dari GFR dan gambar (2.b) memperlihatkan heat exchanger dari reaktor.



Gambar (2a). Desain GFR meliputi teras reaktor, sistem pendingin, turbin dan generator



Gambar (2b). Heat Exchanger dari GFR

Beberapa kelebihan dari GFR antara lain :

- Efisiensi lebih tinggi
- Berjenis reaktor dengan neutron spektrum cepat sehingga dapat digunakan untuk pemanfaatan bahan bakar alami.
- Membantu produksi Hidrogen yang dapat dimanfaatkan pada rancangan bahan bakar kendaraan / industri beberapa tahun ke depan.
- Minimalisir limbah yang dihasilkan karena tingkat pembakarannya yang tinggi.

Berikut akan dibahas tentang GFR berdaya rendah dan berumur panjang (*small long life Gas-cooled Fast Reactor*).

- small long life Gas-cooled Fast Reactor*

Defenisi GFR berdaya rendah dan berumur panjang atau small long life Gas-cooled Fast Reactor ini yang dimaksudkan adalah GFR dengan daya relatif kecil, namun dirancang dapat beroperasi lama tanpa terlalu sering mengalami pertukaran bahan bakar (refueling). Tabel berikut memperlihatkan salah satu contoh spesifikasi dari reaktor ini :

Tabel 2.

Contoh Spesifikasi Small Long-Life Gas-cooled Fast Reactor (F. Monado, 2013)

Parameter	Value/Description
Power (MWt)	300
Number of equal volume region	10
Fuel Material	U-10wt%Zr
Cladding Material	Stainless Steel
Coolant Material	Helium
Fuel Volume fraction	60%
Cladding Volume fraction	10%
Coolant Volume fraction	30%
Active core diameter	220 cm
Active core height	280 cm
Reflector radial width	50 cm
Reflector axial width	50 cm
Pin pitch	1.4 cm
Sub cycle length	10 years
Reactor life	100 years

METODE PENELITIAN

Paper ini merupakan studi perbandingan (*comparative study*) yang memberikan deskripsi terkait dengan perkembangan pada perancangan dan persiapan penggantian reaktor generasi III yang sekarang sedang beroperasi dan beberapa sudah mencapai masa *shut-down*, dengan reaktor generasi IV yang memiliki beberapa kandidat, salah satunya adalah *Gas-cooled Fast Reactor* (GFR), oleh karena itu penelitian yang dilakukan tergolong kepada penelitian deskriptif. Teknik yang digunakan adalah studi kepustakaan dari sumber-sumber literatur meliputi buku dan jurnal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fokus penulisan paper ini adalah melakukan studi perbandingan yang dimaksudkan sebagai studi awal / analisis awal dalam rangka pengembangan analisis pada reaktor cepat berpendingin gas terutama pada safety analysis (penelitian berikutnya).

d. Efisiensi

F. Monado dkk, (2013, 2014) merancang reaktor berdaya kecil dengan masa aktif mencapai 100 tahun namun persiklusnya setiap 10 tahun tanpa penggantian bahan bakar (*Refueling*) namun dengan perputaran bahan bakar (*fuel shuffling*). Simulasi yang dilakukan dengan SRAC dan memperlihatkan kestabilan dari reaktor dan dapat beroperasi persiklus selama 10 tanpa refueling serta dapat memanfaatkan Uranium alam sebagai bahan bakarnya.

M. Ariani (2011) dkk merancang reaktor berdaya kecil dengan sistem pola siklus bahan bakar yang sama dengan F. Monado, namun terfokus pada pengecekan bahan bakar yang tepat. M. Ariani mendapatkan penambahan unsur Zr pada bahan bakar dapat meningkatkan kestabilan dan ketahanan bahan bakar.

e. *Safety system*

Sistem keselamatan yang ditawarkan pada GFR adalah tipe sistem pasif. Pendingin sepenuhnya dapat bergerak sepanjang teras karena konveksi alami. Sejak kecelakaan nuklir Fukushima (R. Anshari, 2012), fokus penerapan reaktor dengan *passive safety system* semakin menguat dan reaktor generasi ke IV yang menerapkan *passive system* seperti GFR dapat dijadikan kandidat yang memiliki potensi besar.

f. Dukungan pada perkembangan Ekonomi

Yang menjadi pertimbangan pada dukungan GFR terhadap perkembangan ekonomi adalah pasokan energi yang memadai yaitu dengan menawarkan / mengupayakan GFR yang dapat beroperasi dengan daya keluaran besar namun dengan efisiensi yang lebih baik. Selain itu karena GFR beroperasi pada temperatur tinggi, keadaan ini dapat dimanfaatkan untuk sumber energi dalam produksi Hidrogen.

Hidrogen sendiri merupakan salah satu bahan bakar alternatif dikarenakan hasil pembakarannya tidak menghasilkan gas rumah kaca (*green house effect*). Pada industri, penggunaan Hidrogen sebagai sumber bahan bakar mendapat perhatian yang cukup besar. Permasalahan sekarang salah satunya adalah produksi hidrogen yang masih mahal selain faktor proteksinya terhadap kecelakaan (*protection*). GFR menawarkan produksi gas Hidrogen yang relatif hemat karena merupakan hasil sampingan/tambahan dari reaktor yang beroperasi pada suhu tinggi.

KESIMPULAN

Studi perbandingan ini bermaksud sebagai studi awal untuk melihat seberapa besar potensi GFR sebagai kandidat reaktor generasi ke IV. Perbandingan dilakukan terhadap beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti memperlihatkan GFR memiliki potensi yang cukup besar untuk dapat beroperasi beberapa tahun ke depan. Diantara kekuatan GFR adalah :

- a. Menawarkan efisiensi yang lebih baik
- b. Menerapkan sistem keselamatan pasif
- c. Menawarkan produksi gas Hidrogen sebagai penunjang ekonomi, baik dari sektor industri maupun dari sektor transportasi.

Masih diperlukan analisis mendalam terhadap potensi ini untuk hasil yang lebih baik kedepannya.

REFERENSI

F. Carre, P. Yvon, P. Anzieu, N. Chauvin dan J. Malo; Update of The French R&D Strategy on Gas Cooled Reactor; Nuclear Engineering and Design Vol. 240 p. 2401-2408; Elsevier (2010)

- F. Monado, Z. Su'ud, A. Waris, K. Basar, M. Ariani dan H. Sekimoto; Power Flattening on Modified CANDLE Small Long Life Gas-cooled Fast Reactor; Advance Nuclear Research and Energy Development, AIP Conf. Proc. Vol 1615 p.47-50 (2014)
- F. Monado, M. Ariani, Z. Su'ud, A. Waris, K. Basar, F. Azis, S. Permana dan H. Sekimoto; Conceptual Design Study on Very Small Long-Life Gas Cooled Fast Reactor using Metallic Natural Uranium-Zr as Fuel Cycle Input; Advance Nuclear Research and Energy Development, AIP Conf. Proc. Vol 1584 p.105-108 (2014)
- F. Monado, Z. Su'ud, A. Waris, K. Basar, M. Ariani dan H. Sekimoto; Application of Modified CANDLE Burn-Up to Very Small Long Life Gas-cooled Fast Reactor; Advance Materials Research Vol. 772 p. 501-506 (2013)
- G. Locatelli, M. Mancini dan N. Todeschini; GEN IV Reactors : Where We Are, Where We Should Go; Proceeding of ICAPP Paper 12229 p.1104-1113 (2012)
- M. Ariani, Z. Su'ud, A. Waris, Khairurrijal, F. Monado dan H. Sekimoto; The Feasibility Study of Small Long Life Gas Cooled Fast Reactor with Mixed Natural Uranium/Thorium as Fuel Cycle Input; Advance Nuclear Research and Energy Development, AIP Conf. Proc. Vol 1448 p.59-64 (2011)
- M. Ilham dan Z. Su'ud ; Design Study of Modular Nuclear Power Plant with Small Long Life Gas Cooled Fast Reactors Utilizing MOX Fuel; IOP Conf. Series, Journal of Physics Conf. Series 799 p.1 (2017)
- P. Dumaz, P. Allegre, C. Bassi, T. Cadiou, A. Conti, J.C. Garnier, J.Y. Malo dan A. Tosello; Gas-cooled Fast Reactors – Status of CEA Preliminary Design Studies; Nuclear Engineering and Design Vol. 237 p. 1618-1627; Elsevier (2007)
- R. Stainsby, K. Peers, C. Mitchell, C. Poette, K. Mikityuk dan J.Somers; Gas Cooled Fast Reactor Research in Europe; Nuclear Engineering and Design Vol. 241 p. 3481-3489; Elsevier (2011)
- R. Anshari; Preliminary Analysis of Loss-of-Coolant Accident in Fukushima Nuclear Accident; The American Institute of Physics (AIP) Conference Proceedings Vol. 1448 p.315 – 327; 2012.
- Z. Su'ud; Unprotected Loss of Flow Accident in Small Long Life Gas Cooled Fast Reactor; Applied Mechanics and Materials Vol. 751 p.263-267 (2015)

PENGARUH VARIASI % WT EPOXY RESIN PADA SIFAT MAGNET BONDED NDFEB

Nasruddin M.Noer¹; Devy Permatasari¹; Krista Sebayang¹; Nenen Rusnaeni²; Muljadi²; Eko Arif²;

Postgraduate Program, Faculty of Mathematic and Natural Science, University of Sumatera Utara

¹Sumatera Utara, 20155-Indonesia.

²Research Center for Physics, Indonesia Insitute of Sciences

Kawasan Puspiptek Serpong, 15310-Indonesia

Corresponding author: nasnoer1955@gmail.com;

ABSTRAK

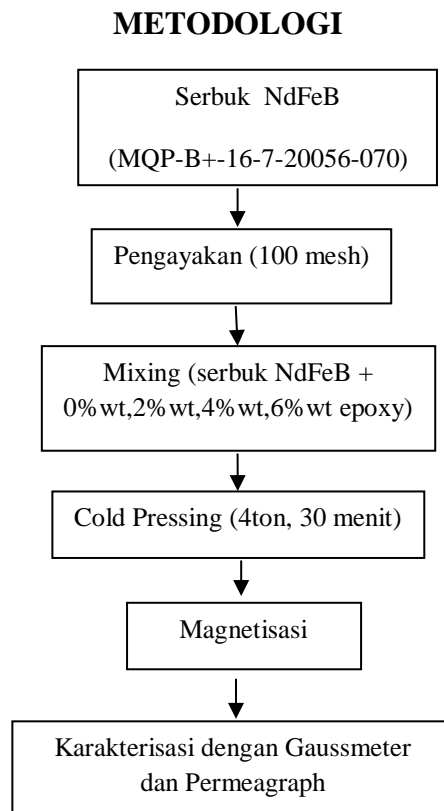
Pembuatan Magnet NdFeB dengan pencampuran serbuk NdFeB (MPQ-B+) dan cairan epoxy resin (ER). Dengan variasi epoxy resin 0%wt, 2%wt, 4%wt dan 6%wt. Pencampuran dilakukan dengan caver press 4 ton pada suhu ruangan yang kemudian dicuring 100^oC selama 1 jam. Tujuan penelitian untuk meningkatkan sifat magnet dari magnet bonded NdFeB. Kemudian dilakukan karakterisasi dengan pengujian gaussmeter dan permagraph. Nilai fluks magnet yang paling tinggi sebesar 1586 gauss saat diberikan tegangan sebesar 1500 volt. Sifat magnet dikarakterisasi dengan permagraph, dan hasil yang ditunjukkan bahwa 2% wt memiliki nilai induksi remanensi (B_r) = 3,87 KG, koersivitas (H_c) = 7,807 KOe dan energy produk maksimum (BH_{max}) = 3,08 MGOe.

Kata Kunci : variasi % resin, gaussmeter, permagraph

PENDAHULUAN

Magnet adalah sumber energi lain yang sering dilupakan orang, padahal energi yang dihasilkan cukup tinggi dan tanpa efek pencemaran lingkungan [1]. Magnet permanen ini banyak digunakan sebagai komponen pada televisi, telepon, komputer, dan pada bidang otomotif. Penggunaan magnet permanen pada bidang otomotif, misalnya untuk *starter*, *door lock*, dan *wiper*. Dari contoh di atas menunjukkan bahwa bahan magnet yang mempunyai kekuatan tinggi akan menghasilkan peningkatan efisiensi operasi dan pengurangan berat. Dari tahun 1990 hingga 2000 konsumsi magnet meningkat mencapai 12,2 % untuk setiap tahunnya. Diperkirakan pada tahun 2000 nilai produksi magnet dunia mencapai \$ 6,5 juta [2]. Disamping itu, tingkat kebutuhan magnet permanen dalam pengembangan magnet permanen kualitas tinggi untuk motor listrik difokuskan untuk mendukung pengembangan mobil listrik Nasional [3]. Magnet bonded dalam proses pembuatannya banyak variasi polimer yang digunakan. Dan jenis polimer serta serbuk yang digunakan perlu diperhatikan beberapa parameternya seperti bentuk serbuk, ukuran partikel dan kondisi dari proses pembuatan itu sendiri [4]. Polimer dari magnet permanen bonded NdFeB berupa komposit antara serbuk magnet permanen dan binder polimer termoplastik polyolefin seperti; polyamide atau epoxy resin termoset, polyphenylene sulphide (PPS), polyvinyl chloride (PVC), polypropylene (PP), polyethylene (PE), high density polyethylene (HDPE) [5,6]. Dari hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan dengan menggunakan serbuk magnet

bonded NdFeB dan binder polimer epoxy resin dengan 5% wt menghasilkan kuat medan magnet 1500 gauss, remanensi (B_r) = 5.40 kGauss, koersivitas (H_c) = 7.86 kOe dan energi produk (BH) max = 5.31 MGOe [7]. Penelitian yang dilakukan ini dengan variasi %wt *epoxy resin* terhadap sifat magnet bonded NdFeB.



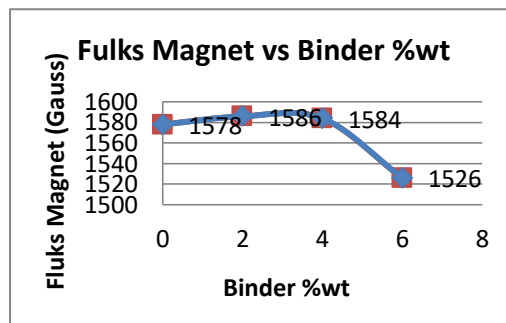
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dengan menyediakan serbuk NdFeB yang masih kasar kemudian melakukan pengayakan dengan ukuran 100 mesh. Setelah diperoleh ukuran yang dibutuhkan mencampurkan serbuk dengan binder yang divariasikan. Ketika serbuk dan binder telah tercampur kemudian melakukan cold pressing dan akhirnya akan diperoleh sampel yang akan dikarakterisasi sifat fisis dan mikrostruktur seperti pada gambar 1.

HASIL DAN DISKUSI

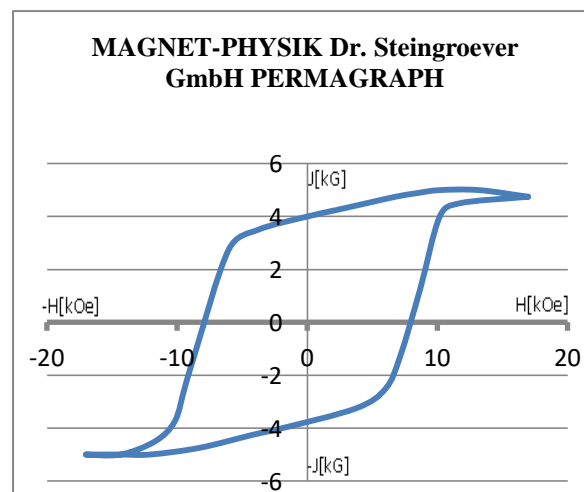
Dari gambar 2 menunjukkan hasil kuat medan magnet dengan menggunakan gaussmeter bahwa pencampuran serbuk magnet NdFeB 100 mesh dan binder 2%wt epoxy pada tegangan 1500 volt, mampu memiliki nilai kuat medan magnet yang lebih baik bila dikaitkan dengan nilai kuat medan magnet yang telah dilakukan sebelumnya dengan pencampuran 5% wt

epoxy resin sebesar 1500 gauss [9]. Dan jika dibandingkan dengan penambahan binder yang lebih besar maka hasilnya terhadap kuat medan magnet menurun.



Gambar 2 Grafik Perbandingan Nilai *Fluk Density* dengan Komposisi Resin 0% wt, 2% wt, 4% wt dan 6% wt *Epoxy*.

Berdasarkan dari hasil kuat medan magnet dan densitas pada masing-masing sampel maka dipilihlah satu sampel pelet yang memiliki nilai kuat medan magnet dan densitas yang paling tinggi untuk dikarakterisasi dengan permagraph yaitu pada sampel pelet 2% wt *epoxy*. Seperti gambar 3 menunjukkan hasil induksi remanensi sebesar (B_r) 3,87 kG, nilai koersivitas (H_c) 7,807 kOe dan nilai energi produk maksimum yang dihasilkan (BH) $_{max}$ 3,08 MGOe. Sehingga semakin besar nilai dari koersivitas suatu sampel maka sampel tersebut di kategorikan hard magnetik dan merupakan isotropik magnet.



Gambar 3 Kurva Histerisis Hasil Permagraph dari sampel pelet 2% wt *epoxy* dengan ukuran serbuk 100 mesh

Kesimpulan

Pembuatan magnet NdFeB dengan campuran %wt resin kemudian dikarakterisasi. Sampel yang telah diteliti mengalami peningkatan dengan menggunakan serbuk NdFeB yang telah dicampurkan dengan binder epoxy resin sebanyak 2% yaitu menghasilkan kuat medan magnet

1586 gauss dengan tegangan yang diberikan 1500volt, jika dilihat dari hasil penelitian sebelumnya. Sifat magnet dikarakterisasi dengan permagraph, dan hasil yang ditunjukkan bahwa induksi remanensi sebesar (B_r) 3,87 kG, nilai koersivitas (H_c) 7,807 kOe dan nilai energi produk maksimum yang dihasilkan (BH) $_{max}$ 3,08 MGOe.

DAFTAR PUSTAKA

<http://bebaspolusi.wordpress.com/2008/02/20/generator-putaran-rendah-part-1/>.

Deswita, Aloma Karo Karo dan Sudirman. Pembuatan dan Karakterisasi Rigid Bonded Magnet Berbasis Logam Tanah Jarang (Nd-Fe-B) Berperekat Resin Poliester. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 126-131.2007

Sardjono, Priyo. Inovasi Teknologi Pembuatan Magnet Permanen Untuk Membangun Industri Magnet Nasional. Prosiding InSINas; HI, 102-108.2012

Ma B.M., Herchenroeder J.W., Smith B., Suda M., Brown D.N., and Chen Z., *Recent development in bonded NdFeB magnets*, *J. Mag. Mag. Mater.*, **239**, 418-423.2002.

Liu Ying, *Effect of plastic on the properties of bonded NdFeB permanent magnet*, *Func. Mater.*, **26**, 170-172 1995.

Ying L. and Mingjing T., *Properties of bonded NdFeB permanent magnet by magnetic polymer*, *Comp. Sin.*, **16**, 11-14 1999.

Muljadi, Priyo Sardjono, Suprapedi. *Preparation and characterization of 5 wt.% epoxy resin bonded magnet NdFeB for micro generator application*.2014.jurnal

STRUKTUR NANO PARTIKEL OKSIDA BESI DARI PASIR BESI PANTAI TIRAM SUMATERA BARAT

Yenni Darvina*, Debi Rianto, Fitria Murti, Nidya Yulfriska, Ramli

FMIPA, Universitas Negeri Padang

*email: ydarvina@yahoo.com

ABSTRACT

Recently, iron oxide nanoparticles have been widely used in biotechnology and catalysis. In this paper, we report the analysis of the nanostructure of iron oxide nanoparticle of iron sand from Tiram's beach. The research aims to identify the mineral content and analysis effect milling time on the nanostructure of iron oxide nanoparticle. The magnetic content of sand separated by a permanent magnet. Then, it analyzed using XRF and XRD. The XRF graph showed the dominant mineral content of the sand is SiO_2 36.09%, Fe_2O_3 34.015% and Al_2O_3 10.034%. This result agrees with XRD graph showed diffraction peaks correspond to SiO_2 , Fe_3O_4 , and $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Iron oxide nanoparticle synthesized by the ball mill method at different milling time. The XRD graph of samples after milling showed there is no diffraction peak correspond to SiO_2 , and it only corresponds to Fe_3O_4 , and $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. also showed there is increasing magnetite (Fe_3O_4) purity as increasing of milling time and homogenous magnetite phase reached at 30 h milling time. Crystalite size of samples by milling time 5h, 15 h, 20 h, 25 h, and 30 h are 22.4 nm, 25.4 nm, 19.9 nm, 23.5 nm, 20.5 nm, respectively. The increasing of milling time, the microstrain value has also increase.

Keywords: *crystalite size, iron sand, iron oxide, magnetite, microstrain, Tiram's beach*

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini, riset bidang nanomaterial sangat intensif dilakukan di seluruh dunia. Nanomaterial menjadi kajian yang sangat menarik, karena nanomaterial memiliki sifat-sifat fisis, kimiawi, dan biologi berubah secara dramatis dibandingkan bila material tersebut berukuran besar (*bulk*), sehingga memberikan peluang aplikasi yang lebih banyak.

Penemuan baru dalam bidang nanomaterial berdampak pada aplikasi-aplikasi baru dalam berbagai bidang seperti elektronik, energi, kimia, kesehatan dan kedokteran, lingkungan, dan sebagainya.

Salah satu nanomaterial yang potensial untuk beberapa aplikasi adalah oksida besi. Besi adalah unsur yang ketersediaannya melimpah di kerak bumi (kira-kira 6,3% berat), dan karena besi mudah teroksidasi di udara ke keadaan besi +2 (*ferrous*) dan besi +3 (*ferric*), dengan demikian oksida besi mudah dijumpai. Besi dapat dioksidasi ke keadaan valensi yang berbeda. Tiga fase utama besi oksida yaitu FeO atau besi (II) oksida, Fe_2O_3 atau besi (III) oksida dan Fe_3O_4 atau besi (II,III) oksida.

Saat ini, oksida besi-oksida besi tersebut, sangat intensif diteliti karena aplikasinya pada fotokatalis (Pang dkk, 2016), sensor gas (Sutka & Gross, 2016), super kapasitor (Xia dkk, 2016), elektroda baterai Li-ion (Zang dkk, 2014), biosoprsi (Mittal dkk, 2016) dan biomedis (Sing dkk, 2016; Sneha dkk, 2016).

Aplikasi nanomaterial tidak bisa lepas dari dua aspek yakni sintesis dan fungsionalisasi. Bagaimana mensintesis material secara efisien, ukuran yang mendekati monodispers, penanganan yang mudah, dan kestabilan yang tinggi, merupakan masalah yang belum terselesaikan.

Dalam paper ini akan diuraikan hasil eksperimen tentang struktur nano dari besi oksida, khususnya Fe_3O_4 yang disintesis dengan metode *milling*. Bahan mentah Fe_3O_4 berasal dari pasir besi pantai Tiram Sumatera Barat.

KAJIAN LITERATUR

g. Oksida Besi

Sebenarnya, oksida besi hanya mengandung Fe dan O, di mana Fe hadir dalam keadaan divalen (*ferrous*), keadaan trivalen (*ferric*), atau dalam keadaan valensi campuran. Saat ini, ada empat mineral oksida besi alami yang diketahui, yakni; magnetit, hematit, maghemit dan *wüstite*. Magnetit (Fe_3O_4) mengandung Fe^{2+} dan Fe^{3+} , dengan perbandingan stoikiometri 1: 2. Hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) keduanya memiliki besi trivalen yang unik, sedangkan *wüstite* (FeO) terdiri dari besi divalen yang unik.

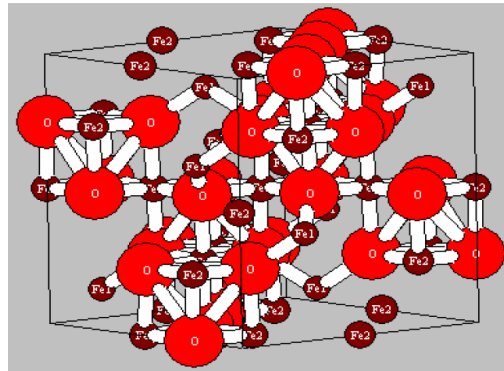
Penemuan selanjutnya ternyata oksida besi dapat pula berada dalam fase Fe_4O_5 bertekanan tinggi (Lavina dkk, 2011) yang cenderung berada di kerak bumi bagian atas. Meskipun belum diidentifikasi dalam lingkungan alami, pembentukannya dari pemecahan magnetit pada suhu dan tekanan tinggi secara *in situ* telah ditemukan (Woodland dkk, 2012).

Magnetite merupakan salah satu bentuk oksida besi yang dikenal sebagai oksida besi hitam yang merupakan oksida logam yang paling kuat sifat magnetisnya (Teja and Koh, 2008). Beberapa tahun terakhir magnetite menjadi bahan kajian yang menarik perhatian para ahli karena peluang aplikasi yang luas, terutama dalam bidang industri.

Sifat magnet yang sangat unggul dalam Fe_3O_4 berukuran nano memiliki aplikasi yang luas dalam teknologi modern. Seiring dengan perkembangan dan kebutuhan teknologi yang semakin meningkat nanopartikel pasir besi (Fe_3O_4) sangat dibutuhkan sebagai alternatif bahan baku industri elektronika. Fe_3O_4 berukuran nano memiliki aplikasi pada bidang industri seperti; keramik, katalis, *energy storage*, *magnetic data storage*, ferrofluida, maupun sebagai bahan sensor magnetik.

Struktur Fe_3O_4 dapat membentuk spinel invers dalam bentuk kubik. Sesuai ICSD dengan kode 30560 diketahui Fe_3O_4 memiliki *space group* $\text{Fd-}3\text{mZ}$ dengan no 227 dan dengan kisi

yang sama yaitu $a = b = c$ sebesar $8,396 \text{ \AA}$ dan sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ (Fuad dkk, 2010). Secara detail struktur Fe_3O_4 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur spinel Fe_3O_4 berdasarkan ICSD dengan kode 30860 (Fuad dkk, 2010).

Struktur nano partikel Fe_3O_4 dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil pengukuran difraksi sinar X berupa difraktogram, dimana berdasarkan difraktogram tersebut dapat diketahui struktur dan kualitas kristal. Berdasarkan difraktogram dapat diungkapkan pula ukuran butir kristal dan *strain* nano partikel oksida besi. Struktur kristal Fe_3O_4 diperoleh dengan menganalisa difraktogram, menggunakan hubungan difraksi Bragg:

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin(\theta), \quad (1)$$

Dalam paper ini akan di analisis struktur nano dari nanopartikel oksida besi yang diungkapkan dengan:

- Ukuran butir kristal dicari dengan formula Scherer (Suryanarayana dan Norton, 1998):

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2)$$

- Strain mikro (Suryanarayana dan Norton, 1998):

$$\varepsilon = \frac{\beta}{4 \tan \theta} \quad (3)$$

dengan:

- D : Ukuran butir
- ε : Strain mikro
- k : Konstanta ($\sim 0,9$)
- λ : Panjang gelombang sinar-X
- β : FWHM
- θ : Sudut difraksi Bragg
- d_{hkl} : Jarak antar bidang kristal

2.2 Sintesis Nanopartikel dengan Penggilingan Bola (*Ball Milling*)

Salah satu metode sintesis nanomaterial yang masih banyak diminati orang adalah dengan *Milling*, karena lebih sederhana dibanding metode sintesis lainnya.

Penggilingan bola adalah sebuah proses, di mana bola bergerak memberikan energi kinetiknya kepada bahan yang digiling, memutus ikatan kimia dan menghasilkan permukaan baru dengan cara membuat fraksi material. Rantai ikatan pada permukaan yang baru dibuat biasanya bersifat kimiawi reaktif. Telah dilaporkan bahwa dampak dari proses penggilingan bola energi tinggi terkadang dapat menghasilkan suhu tinggi dalam wadah di atas 1000⁰C dan/atau tekanan tinggi hingga beberapa GPa (Xing dkk, 2013). Karena sifat proses penggilingan bola ini, prosesnya telah digunakan sebagai metode sintesis mechano-chemical untuk pembuatan struktur nano yang unik dengan sifat kimia baru.

Penggilingan bola pada dasarnya adalah penghancuran yang terjadi karena penggerusan bubuk yang terdapat di permukaan bola pada saat berbenturan dengan bola lain sehingga besar dampak yang diberikan oleh bola adalah sebesar gaya benturan persatuan luas permukaan bola yang bertumbukan. Bola yang luas area benturannya semakin kecil, akan memberikan dampak yang semakin besar, sehingga kemampuan penghancuran menguat dengan pengecilan area sentuhan. Oleh karena itu, bubuk nanopartikel lebih mudah dibentuk dengan menggunakan bola-bola yang lebih kecil. Disamping itu, frekuensi benturan merupakan faktor pemercepat penghancuran.

HEM E3D adalah sebuah mesin penggilingan bola untuk menghasilkan nanopartikel yang didesain dan dikembangkan para pakar nanoteknologi Indonesia melalui berbagai inovasi, test dan pengalaman. Desain *high energy ballmill* yang bergerak *ellips* secara tiga dimensi dapat meningkatkan kinerjanya menjadi lebih efisien. *High energy ballmill* ini memiliki pola gerakan ellips tiga dimensi yang mengoptimalkan tumpukan bola-bola dalam jar sehingga meningkatkan efektifitas penghancuran dan mempersingkat waktu milling. Sesuai untuk pembuatan fungsional nanomaterial dalam waktu relatif singkat. Kompleksitas gerakan mesin ini sangat ideal untuk skala penelitian pada laboratorium institusi riset/akademis hingga R&D pada industri.

HEM E3D dapat memproses berbagai jenis material alam, antara lain : *hard brittle*, obat-obatan, kosmetik, dan lain-lain. Konfigurasi standar *HEM E3D* terdiri dari motor, wadah tabung (jar), system mekanik 3D, *timer* otomatis, rangka besi dengan peredam suara.

Menurut Suryanarayana (2010) HEM merupakan alat penggiling bola sederhana dan tersusun rapi yang mampu menghancurkan sampel pada range 10-20 gram. Mesin penghalus multi guna ini dapat merubah sampel yang keras dan mudah pecah menjadi sampel analitis yang berbentuk serbuk, dan bisa juga membuat menjadi emulsi atau untuk melakukan *mechanical alloying*.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan diagram alir penelitian diperlihatkan dalam Gambar 2. Sampel pasir besi yang telah diambil dari Pantai Tiram di Pariaman selanjutnya ditarik dengan magnet permanen sebanyak 30 kali untuk memisahkan ferit dengan material lainnya yang tercampur di dalam pasir besi (residu),

selanjutnya pasir besi yang telah ditarik tersebut dilarutkan dalam aquabidest, ini berfungsi untuk membersihkan pasir besi tersebut. Setelah dicuci, pasir besi ditarik kembali dengan menggunakan magnet permanen sebanyak 20 kali.

Selanjutnya sampel yang telah dipisahkan dari residunya, ditimbang sebanyak 6 gram dan bola-bola milling sebanyak 60 gram dengan menggunakan timbangan digital, untuk selanjutnya dilakukan proses pengubahan ukuran menjadi nanopartikel dengan menggunakan alat HEM-E3D. Lama waktu penggilingan divariasikan 5, 15, 20, 25 dan 30 jam. Struktur nano partikel Fe_3O_4 dianalisis menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil pengukuran difraksi sinar X dapat digunakan untuk mengetahui struktur dan kualitas kristal.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

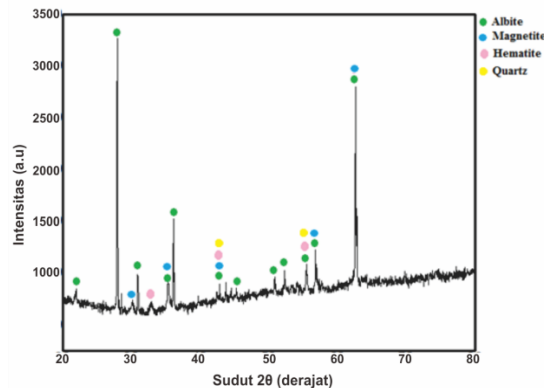
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil karakterisasi XRF memperlihatkan bahwa sampel pasir besi dari Pantai Tiram Sumatera Barat, mengandung oksida besi disamping keberadaan oksida lainnya. Komposisi utama dari pasir besi tersebut diperlihatkan dalam Tabel. 1. Untuk mendapatkan oksida besi saja yang lebih murni, maka sampel pasir besi ditarik dengan magnet permanen beberapa kali lalu dicuci dan dikeringkan.

Tabel 1. Komposisi pasir besi dari Pantai Tiram Sumatera Barat

No	Oksida	Persentase
1	SiO ₂	36.09 %
2	Fe ₂ O ₃	34.015 %
3	Al ₂ O ₃	10.034 %
4	MgO	8.068 %
5	TiO ₂	7.804 %
6	CaO	1.136 %

Hasil karakterisasi XRD sampel sebelum di milling telah dilakukan untuk mengetahui fase-fase oksida besi yang terdapat di dalam sampel. Hasilnya diperlihatkan dalam Gambar 3. Hasil analisis difraksi sinar X menunjukkan bahwa pasir besi Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman memang mengandung magnetit dan hematit disamping mineral-mineral lainnya, seperti *Albite* dan *Quartz*. Hasil dari analisis difraksi sinar X ini tidak memperlihatkan adanya fasa maghemit, ini serupa dengan yang dilaporkan oleh Mufit, dkk (2006) pada pasir besi dari Pantai Sunur, Pariaman, Sumatera Barat.



Gambar 3. Pola difraksi sampel pasir besi dari Pantai Tiram sebelum di *Milling*.

Dengan bantuan *Software HighScore Plus* diketahui sistem kristal dari pasir besi Pantai Tiram. Magnetit dari pantai Tiram mempunyai sistem kristal Kubik dengan nilai kisi $a = b = c = 8.4045 \text{ \AA}$, hematit mempunyai sistem kristal *Rhombohedral* dengan $a = b = 5.1120 \text{ \AA}$ dan $c = 13.8200 \text{ \AA}$, *Albite* mempunyai sistem kristal *Triclinic* dengan nilai kisi $a = 8.1260 \text{ \AA}$, $b = 12.9960 \text{ \AA}$ dan $c = 7.1640 \text{ \AA}$, sedangkan *Quartz* mempunyai sistem kristal *Hexagonal* dengan nilai kisi $a = b = 4.9030 \text{ \AA}$ dan $c = 5.3930 \text{ \AA}$.

Setelah penggilingan, hasilnya dianalisis kualitatif dengan XRD dan diperlihatkan pada Gambar 4. Pola-pola difraksi yang diperoleh dari XRD tersebut kemudian dianalisis kuantitatif dengan perangkat lunak *HighScore Plus* untuk mengetahui mikrostrukturnya yang meliputi ukuran kristalin dan *microstrain*.

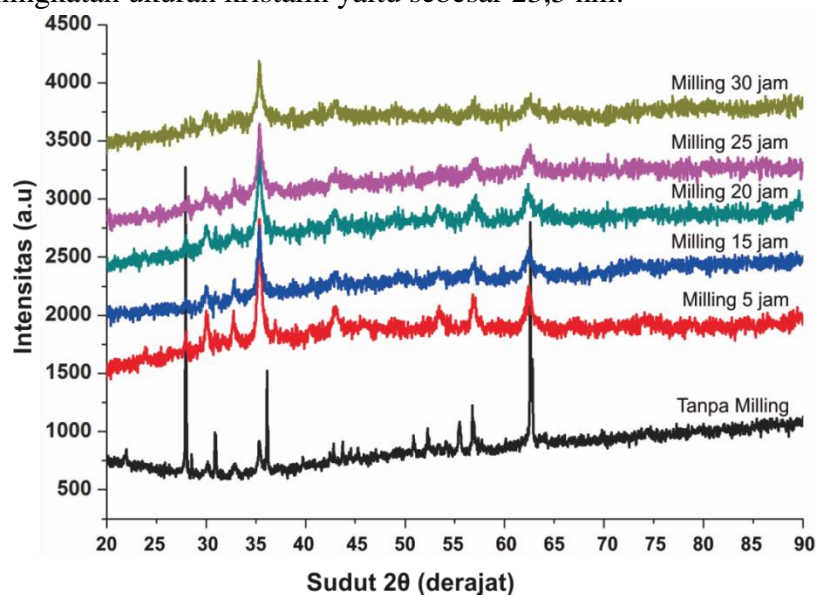
Gambar 4 menunjukkan pola XRD dari sampel pasir besi yang di *milling* dengan variasi waktu 5 jam, 15 jam, 20 jam, 25 jam dan 30 jam. Terlihat setelah penggilingan, oksida besi memiliki campuran dari fasa magnetit (Fe_3O_4) dan fasa hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan menunjukkan penurunan puncak difraksi. Namun, pada sampel 30 jam puncak $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ menghilang dan hanya terdapat satu fasa Fe_3O_4 . Hilangnya fasa hematit disebabkan oleh proses *milling* dengan energi tinggi yang dapat meningkatkan kinetika reaksi yang berkaitan dengan formasi magnetit dari hematit (Can, dkk, 2010).

Tabel 2 memperlihatkan data ukuran kristalin Fe_3O_4 untuk setiap variasi waktu *milling*. Dari tabel dapat diketahui bahwa ukuran kristalin mengalami peningkatan dari waktu *milling* 5 jam ke 15 jam. Hal ini disebabkan terjadinya proses aglomerasi pada awal proses *milling*. Proses ini terjadi disebabkan adanya kompeksi serbuk magnetit yang telah dipecahkan yang berakibat kristalin magnetit menjadi besar.

Tabel 2. Analisis data XRD hasil *milling* terhadap ukuran kristalin dari magnetit

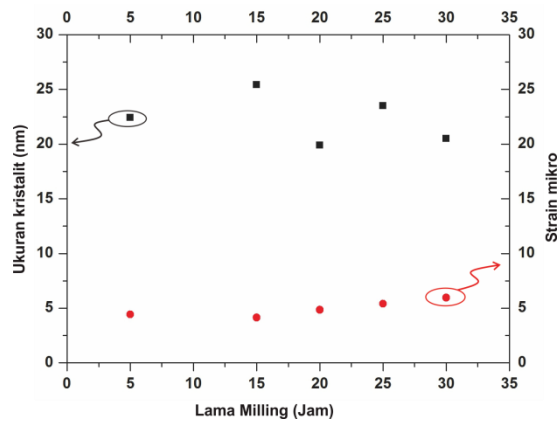
Waktu <i>milling</i> (jam)	Ukuran kristalin (nm)
5	22,4
15	25,4
20	19,9
25	23,5
30	20,5

Pada waktu *milling* 20 jam dihasilkan ukuran kristalin yang terkecil yaitu 19,9 nm. Hal ini dikarenakan bubuk mengalami gaya tumbukan dengan bola-bola *milling* sehingga kristalin menjadi kecil kembali. Pada umumnya, ukuran kristalin akan mengecil seiring dengan peningkatan waktu *milling* yang digunakan. Namun, sampel dengan waktu *milling* 25 jam mengalami peningkatan ukuran kristalin yaitu sebesar 23,5 nm.



Gambar 3. Pola difraksi sinar-X dari besi oksida yang di sintesis dari pasir besi pantai tiram sebelum dan sesudah milling

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai *microstrain* untuk sampel dengan waktu *milling* 5 jam sebesar $4,429 \times 10^{-3}$ rad. Nilai *microstrain* menurun menjadi $4,132 \times 10^{-3}$ rad pada waktu *milling* 15 jam. hal ini disebabkan oleh meningkatnya ukuran kristalin oleh proses aglomerisasi yang berdampak turunnya nilai *microstrain*. Kemudian, pada variasi waktu *milling* 15, 20, 25, 30 jam tampaknya semakin lama waktu *milling* maka *microstrain* yang terjadi antara bola *milling* dengan serbuk magnetit semakin membesar. Hal ini disebabkan oleh bola-bola *milling* yang bergerak cepat karena pengaruh penggilingan menumbuk serbuk sampel menyebabkan partikel-partikelnya menjadi pecah sehingga ukurannya menjadi lebih kecil, kemudian menyebabkan *microstrain* semakin meningkat dengan bertambahnya waktu *milling*.



Gambar 5. Hubungan lama milling terhadap ukuran kristalit dan strain mikro dari sampel oksida besi.

KESIMPULAN

Telah disintesis dan dikarakterisasi oksida besi dari Pasir Besi yang diambil di Pantai Tiram Sumatera Barat, dimana sampel pasir besi memiliki komposisi yang paling dominan yaitu Si 36,09%, Fe 34,015%, dan Al 10,034%. Polas difraksi sinar X setelah sampel dimilling menunjukkan tidak ada puncak difraksi sesuai dengan Si, namun hanya sesuai dengan Fe_3O_4 dan $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Hal ini juga menunjukkan adanya peningkatan kemurnian magnetit seiring dengan bertambahnya waktu penggilingan dan fase magnetit homogen dicapai pada waktu penggilingan 30 jam. Ukuran kristal sampel penggilingan 5h, 15 h, 20 jam, 25 jam, dan 30 h l masing-masing adalah 22,4 nm, 25,4 nm, 19,9 nm, 23,5 nm, 20,5 nm. Dengan meningkatkan waktu penggilingan dari 15 jam sampai 30 jam, nilai microstrain semakin meningkat.

REFERENSI

- Can. M. M., Ozcan, S., Ceylan A., Firat. T.. 2010. Effect of Milling Time on The Synthesis of Magnetite Nanoparticles by Wet Milling. *Materials Science and Engineering B*, Vol. 172 (2010), hal. 72–75.
- Fuad. A., Wulansari, W., Taufiq, A., Sunaryono. (2010). Sintesa dan karakterisasi sifat struktur nano partikel $\text{Fe}_{3-x}\text{Mn}_x\text{O}_4$ dengan metode korespirasi. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng&DIY*, Semarang, 10 April 2010, hal. 139-145.
- Lavina, B., Dera, P., Kim, E., Meng, Y., Downs, R.T., Weck, P.F., Sutton, S.R., and Zhao, Y., Discovery of the recoverable high-pressure iron oxide Fe_4O_5 . *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 108 (42), (2011), hal. 17281–17285.
- Mittal, A., Ahmad, R., and Hasan, I., Iron oxide-impregnated dextrin nano composite: synthesis and its application for the biosorption of Cr(VI) ions from aqueous solution, *Desalination and Water Treatment*, Vol. 57 (2016) hal. 15133–15145.
- Mufit, F., Amir, A., dan Bijaksana, S., Kajian tentang Sifat Magnetik Pasir Besi dari Pantai Sunur Pariaman Sumatera Barat. *Jurnal Geofisika*. Vol 1, (2006), hal. 2-5.

- Pang, Y.L., Lim, S., Ong, H.C., and Chong, W.T., Research progress on iron oxide-based magnetic materials: Synthesis techniques and photocatalytic applications, *Ceramics International*, Volume 42, Issue 1, Part A, January 2016, hal. 9–34.
- Singh, M., Sviridenkova, N., Timur, N., Savchenko, A., Shetinin, I., and Majouga, A., Synthesis and Characterization of Stable Iron Oxide Nanoparticle with Amino Covalent Binding on the Surface for Biomedical Application, *Journal of Cluster Science*, Volume 27, Juli 2016, hal. 1383-1393.
- Sneha, M., Sundaram, N.M., and Kandaswamy, A., Synthesis and characterization of magnetite/ hydroxyapatite tubes using natural template for biomedical applications, [*Bulletin of Materials Science*](#), (2016), Vol. 39, hal. 509-517.
- Suryanarayana. C., Norton. M., (1998): *X-Ray Diffraction: A Practical Approach*, Plenum Press, New York.
- Sutka, A., and Gross, K.A., Spinel ferrite oxide semiconductor gas sensors, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 222, January 2016, hal. 95-105.
- Teja, A. S. and Koh, P.-Y, Synthesis, properties, and applicatons of magnetic iron oxide nanoparticles, *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, Vol. 55, (2009), hal. 22-45.
- Woodland, A.B., Frost, D.J., Trots, D.M., Klimm, K., and Mezouar, M., In situ observation of the break-down of magnetite (Fe_3O_4) to Fe_4O_5 and hematite at high pressures and temperatures. *American Mineralogist*, Vol. 97 (10), (2012), hal. 1808–1811.
- Xia, Q., Xu, M., Xia, H., dan Xie, J., Nanostructured Iron Oxide/ Hydroxide-Based Electrode Materials for Supercapacitors, *ChemNanoMat*, Vol. 2, (2016), hal. 588 –600.
- Xing, T., Sunarso, J., Yang, W., Yin, Y., Glushenkov, A.M., Li, L.H., Howlett, P.C., and Chen, Y., Ball milling: a green mechanochemical approach for synthesis of nitrogen doped carbon nanoparticles, *Nanoscale*, Vol. 5, (2013), hal. 7970–7976.
- Zhang, L., Wu, H.B., and Lou, X.W., Iron-Oxide-Based Advanced Anode Materials for Lithium-Ion, *Adv. Energy Mater.* Vol. 4, (2014), 1300958.

PENERAPAN BAHAN AJAR ICT DALAM MODEL DIRECT INSTRUCTIONAL TERHADAP KOMPETENSI FISIKA SISWA

Hidayati¹ , Masril¹, Lailatul Khairiah¹

¹JURUSAN FISIKA FMIPA,
Universitas Negeri Padang
email: hidayati_unp@yahoo.co.id

ABSTRACT

Achievement of competence physics students in school is not ideal because of some factors, including the unvaried learning model, less scientific teaching materials, limited textbooks (only used on the learning process) and not ideal utility of ICT. In order to overcome with these problems, researchers try to apply direct instructional models using a scientific approach based on teaching materials through ICT. Therefore, the purpose of the study was to investigate the effect of scientific-based teaching material through ICT in direct instructional model toward the physics competence of students in tenth grade of MIA SMAN 7 Padang. In order to achieve research purpose, a quasi-experiment was used and Randomized Control Group Only Design as research design. Purposive sampling techniques used for sampling. Based on the data obtained the result for each competences. There is different competence of attitude, competence of knowledge and the competence of skills between experiment class and control class.

Keywords: *Competence of physics, ICT, learning material, DI model*

PENDAHULUAN

Peningkatan mutu pendidikan telah dilakukan oleh pemerintah dengan berbagai upaya diantaranya melengkapi laboratorium, pembenahan perpustakaan dan penyediaan buku paket yang menunjang dalam proses pembelajaran. Pemerintah juga telah merevisi kurikulum yang menekankan kepada karakter siswa, kemudian, mengadakan pelatihan & penataran guru untuk implementasi kurikulum tersebut.

Namun di sekolah belum menunjukkan hal yang sesuai dengan upaya yang sedang dilakukan oleh pemerintah terutama pada kompetensi pengetahuan. Sesuai dengan data yang didapatkan melalui observasi di SMAN Kota Padang. Rendahnya pencapaian kompetensi siswa dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya sumber belajar yang digunakan belum secara optimal membantu peserta didik dalam pencapaian kompetensi yang dituntut dalam kurikulum 2013; buku paket yang terbatas jumlahnya dan hanya dipakai pada saat jam pembelajaran berlangsung; penggunaan animasi, video, gambar dan media pembelajaran lainnya dalam menunjang proses pembelajaran belum optimal; sekolah telah memiliki fasilitas ICT, namun belum optimal penggunaannya; model pembelajaran yang digunakan pada saat proses pembelajaran belum bervariasi.

Berdasarkan beberapa masalah tersebut, dicoba mengatasi permasalahan yang *urgent* yaitu berupa bahan ajar dan model pembelajaran dalam bentuk penelitian berupa penggunaan bahan ajar melalui ICT dalam model *direct instructional* (DI) Model *DI* merupakan model pembelajaran yang memiliki tujuan membantu siswa mempelajari keterampilan dasar dan pengetahuan yang diajarkan langkah demi langkah. Pada model *DI* informasi dan pengetahuan faktual yang tersusun sesuai dengan rancangan yang telah direncanakan oleh guru dapat menjadi cara yang efektif. Meningkatkan hasil belajar siswa melalui pengetahuan faktual dan pengetahuan prosedural yang tersusun dengan baik dan diajarkan secara berurutan merupakan tujuan model *DI*. Pengetahuan deklaratif merupakan pengetahuan yang didapatkan berdasarkan fakta-fakta yang ditemukan oleh seseorang yang dapat disampaikan dengan lisan maupun tulisan, sedangkan pengetahuan prosedural adalah pengetahuan yang didapatkan sesuai dengan langkah demi langkah yang telah dilakukan.

Langkah-langkah model *DI* adalah orientasi, mereview pengetahuan dengan menyampaikan pertanyaan, menyampaikan materi pembelajaran dengan presentasi menggunakan media pembelajaran, melaksanakan bimbingan berupa contoh-contoh soal, memberi latihan, menilai kinerja siswa setelah siswa melakukan presentasi di depan kelas dan memberikan umpan balik untuk menekankan konsep materi pembelajaran, dan memberikan latihan mandiri untuk melatih pengetahuan yang dimiliki terhadap materi pembelajaran^[1]. Berdasarkan langkah-langkah model *DI*, guru memandu siswa untuk menggali pengetahuan secara mandiri, namun partisipasi aktif siswa juga sangat diperlukan dalam model ini. Setelah siswa mendapatkan informasi tersebut dengan mandiri guru memberikan penguatan terhadap hasil kerja siswa tersebut. Metode pembelajaran yang dapat digunakan dalam menerapkan model pembelajaran langsung berupa metode ceramah, demonstrasi, pelatihan atau praktik, dan kerja kelompok. Oleh karenanya dalam konsep *DI*, materi bukan hanya disampaikan dengan metode ceramah dan mencatat saja, melainkan siswa juga diajarkan untuk mereview materi yang telah disampaikan oleh guru dalam urutan yang telah disederhanakan dan juga melakukan diskusi agar siswa aktif dalam proses pembelajaran. Model *DI* dapat membantu guru untuk menyampaikan materi pelajaran dengan waktu yang singkat dan juga membantu siswa yang memiliki pengetahuan yang rendah untuk memahami materi pembelajaran dengan baik.

Pada perkembangan zaman saat ini semua informasi internet sudah dapat diakses dan dimanfaatkan sebaik mungkin di dalam dunia pendidikan. Hampir setiap sekolah telah memfasilitasi internet guna untuk menunjang pembelajaran. Proses pembelajaran melalui web dengan menggunakan jaringan internet adalah suatu sistem pembelajaran yang dapat diakses jarak jauh melalui teknologi informasi yang menunjang dan dapat memberikan pemahaman yang sistematis^[5]. Oleh karena itu, bahan ajar ini dikemas dalam ICT sebagai media pendukung agar bahan ajar lebih menarik dan mudah untuk diakses dimana saja dan kapan saja melalui jaringan internet. Bahan ajar melalui ICT berperan dalam pelaksanaan pembelajaran didasari oleh ciri khas bahan ajar yang lebih lengkap dan praktis dibanding bahan ajar lain. Bahan ajar berbasis ICT sangat efektif digunakan pada saat pelaksanaan pembelajaran sesuai dengan keunggulannya antara lain sebagai berikut: 1) pendidik lebih mudah untuk menjelaskan hal yang abstrak dalam proses pembelajaran; 2) peserta didik dapat menjadi aktif dalam proses pembelajaran; 3) bahan ajar dapat dipahami kapanpun dan dimanapun; 4) bahan ajar dapat digunakan terstruktur dan terjadwal melalui jaringan internet

bagi pendidik dan peserta didik; 5) diskusi dan berinteraksi melalui fasilitas internet baik pendidik maupun peserta didik dapat dilakukan secara berkelompok^[6]. Pembelajaran berbasis web yang merupakan bagian dari ICT ini, dapat digunakan sebagai salah satu alternatif dalam bidang pendidikan mengingat kemajuan teknologi yang semakin terbaru.

Penerapan model *DI* menggunakan bahan ajar melalui ICT dalam software *moodle* versi 2.2 berbasis pendekatan saintifik. Penelitian ini menggunakan bahan ajar berbasis pendekatan *scientific* yang sudah dirancang dan divalidasi dengan validitas tinggi^[2]. Artinya, bahan ajar berbasis pendekatan *scientific* telah disesuaikan dengan tuntutan kurikulum 2013 secara sistematis dan materinya. Proses mengamati yaitu adanya gambar, animasi dan video pada bahan ajar melalui ICT, menanya berupa pertanyaan-pertanyaan yang diajukan oleh siswa setelah mengamati bahan ajar ICT, mencoba berupa praktikum yang dilakukan di laboratorium dengan memahami video pada bahan ajar ICT sebelum melakukan praktikum untuk menemukan konsep pembelajaran, menganalisis berupa pengolahan data untuk mengaitkan dengan materi pembelajaran dan mengkomunikasikan yaitu menyampaikan hasil diskusi di depan kelas. Semuanya terdapat pada bahan ajar berbasis pendekatan saintifik ini sesuai dengan tuntutan kurikulum. Bahan ajar berfungsi bagi siswa yaitu untuk menjadi pedoman dalam pelaksanaan pembelajaran dan untuk mencapai kompetensi yang baik. Selain itu bahan ajar juga berfungsi sebagai alat evaluasi untuk mengetahui pemahaman siswa setelah diberikan penjelasan materi pembelajaran. Bahan ajar berbasis pendekatan saintifik sesuai dengan tuntutan kurikulum 2013 yaitu bahan ajar ini juga berisi materi ajar, animasi, video, contoh soal, lembar kerja siswa, dan kuis membuat siswa tertarik dan termotivasi untuk belajar sehingga dapat meningkatkan kompetensi fisika siswa. Adanya bahan ajar tersebut mampu membantu siswa untuk memahami konsep-konsep fisika dengan baik dan mendapatkan informasi-informasi yang menunjang dalam pembelajaran fisika^[3]. Bahan ajar yang berbasis pendekatan *scientific* melalui ICT dapat menjadi solusi bagi siswa dalam menunjang proses pembelajaran di sekolah. Selain itu, bahan ajar berbasis pendekatan saintifik melalui ICT ini dapat diakses dimanapun dan kapanpun tanpa harus bertatap muka^[4].

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan peneliti adalah *Quasi Experiment Research*. Eksperimen semu digunakan karena tidak semua variabel yang relevan dapat dikontrol dan juga subjek pada penelitian ini adalah manusia. *Randomized Control- Group Only Design* merupakan rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini. Penelitian ini menggunakan dua kelas, yaitu kelas kontrol dan kelas eksperimen, pada kelas eksperimen diberikan perlakuan dengan menerapkan bahan ajar berbasis saintifik melalui ICT dalam model *DI* dan pada kelas kontrol digunakan bahan ajar yang digunakan di sekolah dalam model *DI*.

Sampel dari penelitian ini semua siswa kelas X MIA SMAN 7 Padang yang terdaftar pada semester satu tahun ajaran 2016/2017. Sampel terdiri dari dua kelas yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Teknik pengambilan sampel yang digunakan *Purposive Sampling*. Variabel pada penelitian ini, terdiri dari variabel bebas, yaitu : penggunaan bahan ajar berbasis pendekatan saintifik melalui ICT; variabel kontrol : guru mata pelajaran, model

DI, serta suasana belajar serta variabel terikat, yaitu : kompetensi fisika siswa kelas X SMAN 7 Padang yang meliputi kompetensi sikap, kompetensi pengetahuan dan kompetensi keterampilan. Kegiatan penelitian ini melalui tiga tahap yaitu persiapan, pelaksanaan, dan penyelesaian. Tahap persiapan yang dilakukan adalah menyiapkan perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian. Tahap pelaksanaan berupa melakukan penelitian sesuai dengan rancangan penelitian yang telah dirancang sebelumnya. Tahap penyelesaian berupa menganalisis data-data yang telah didapatkan saat penelitian.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini mencakup kompetensi sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Data kompetensi sikap dikumpulkan melalui format penilaian observasi sikap, data kompetensi pengetahuan dikumpulkan melalui ujian tertulis dalam bentuk *postest*, dan data untuk kompetensi keterampilan dikumpulkan selama proses percobaan berlangsung melalui rubrik penskoran yang sesuai.

Penilaian pada kompetensi sikap dilakukan selama proses pembelajaran berlangsung setiap pertemuan. Lembaran observasi kompetensi sikap merupakan instrumen yang digunakan pada penilaian ini. Pada lembar observasi ini terdapat beberapa aspek penilaian yang terdiri dari sikap spiritual dan sikap sosial (jujur, disiplin, percaya diri, tanggung jawab, menghargai teman dan rasa ingin tahu). *Multiple choice test* yang dilaksanakan di akhir penelitian merupakan instrumen kompetensi pengetahuan dalam penelitian ini. Soal yang digunakan adalah soal yang telah memenuhi kriteria soal yang baik. Penilaian pada kompetensi keterampilan dilakukan selama proses pembelajaran berlangsung ketika melakukan percobaan di laboratorium. Instrumen yang digunakan pada penilaian ini adalah daftar cek/skala penilaian yang disertai rubrik.

Teknik analisis data yang digunakan sesuai dengan tujuan penelitian dan hipotesis yang diajukan. Untuk kompetensi sikap menggunakan grafik untuk mendeskripsikan sikap siswa selama proses pembelajaran. Kompetensi pengetahuan menggunakan teknik analisis data berupa uji kesamaan dua rata-rata. Kompetensi keterampilan menggunakan teknik analisis data menggunakan analisis grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data yang diperoleh berupa pencapaian kompetensi fisika siswa kelas X SMAN 7 Padang yang meliputi kompetensi sikap, kompetensi pengetahuan, dan kompetensi keterampilan untuk kedua kelas sampel. Data kompetensi sikap siswa diperoleh selama kegiatan pembelajaran berlangsung. Aspek penilaian kompetensi sikap berupa sikap spiritual dan sosial. Deskripsi data kompetensi sikap ini ditunjukkan oleh skor total yang diperoleh siswa untuk tiap indikator sikap yang dilakukan siswa selama delapan kali pertemuan.

Tabel 1.

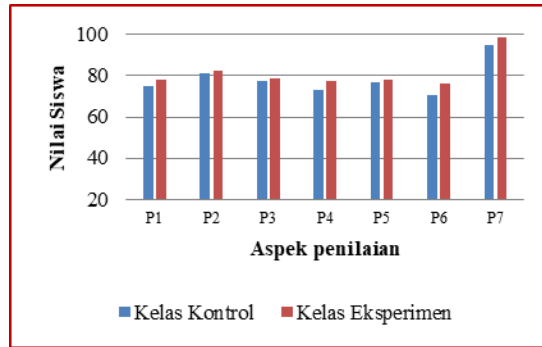
Nilai Rata-Rata Kompetensi Sikap Siswa Kedua Kelas Sampel

Minggu	Kelas	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	eks	79	81	75	74	73	77
	kon	72	78	68	73	70	70
2	eks	80	81	80	77	76	80
	kon	75	78	79	73	71	75
3	eks	80	82	80	81	80	82
	kon	76	79	73	77	71	77
4	eks	83	82	83	85	83	84
	kon	78	81	77	80	73	78
5	eks	85	84	85	86	85	84
	kon	81	84	81	83	82	80
6	eks	87	86	87	87	87	86
	kon	81	85	86	86	84	86
7	eks	88	88	88	87	88	88
	kon	82	85	86	86	84	86
8	eks	89	89	90	88	89	90
	kon	83	86	85	88	86	87
Rata-rata	eks	83,88	84,18	82,71	83,1	82,42	83,88
	kon	78,51	82,03	77,83	80,56	77,83	79,68

Tabel.1 memperlihatkan data nilai rata-rata kompetensi sikap untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol, S1 adalah aspek spiritual, S2 adalah aspek jujur, S3 adalah aspek disiplin, S4 adalah aspek percaya diri, S5 adalah aspek tanggung jawab dan S6 adalah aspek tanggung jawab. Dari data dapat dilihat untuk setiap aspek yang dinilai tiap minggu kompetensi sikap pada kelas eksperimen lebih menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan kelas kontrol. Nilai rata-rata untuk kedua kelas sampel terlihat mengalami peningkatan.

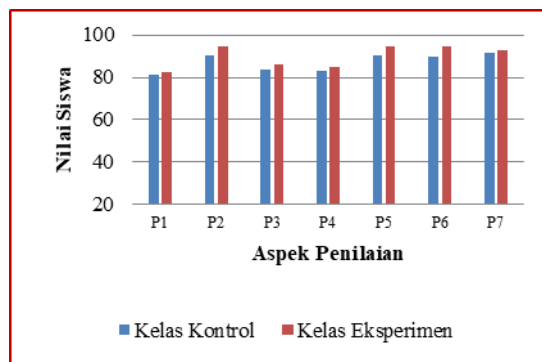
Selanjutnya analisis data untuk kompetensi pengetahuan dilakukan terlebih dahulu uji normalitas dan uji homogenitas. Berdasarkan hasil uji normalitas dan uji homogenitas yang dilakukan pada kedua kelas sampel, diperoleh bahwa data masing-masing kelas sampel terdistribusi normal dan kedua kelas sampel memiliki varians yang homogen. Oleh sebab itu, digunakan uji kesamaan dua rata-rata yaitu dengan statistik uji-t. Berdasarkan analisis data, didapatkan t hitung sebesar 2,54 yang berada diluar daerah penerimaan hipotesis nol pada taraf signifikan 0,05. Berarti terdapat pengaruh yang berarti penerapan bahan ajar berbasis pendekatan saintifik melalui ICT dalam model *DI* terhadap pencapaian kompetensi pengetahuan siswa kelas X MIA SMAN 7 Padang.

Analisis data kompetensi keterampilan menggunakan grafik untuk mendeskripsikan hasil unjuk kerja kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil analisis data unjuk kerja untuk setiap aspek penilaian masing-masing praktikum yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2. Dapat dilihat grafik perbandingan nilai praktikum materi vektor kedua kelas sampel, P₁ adalah persiapan, P₂ adalah merangkai, P₃ adalah pengambilan data, P₄ adalah tabulasi data, P₅ adalah menganalisis, P₆ adalah kesimpulan dan P₇ adalah laporan.



Gambar 1. Grafik Nilai Rata-rata Praktikum Materi Vektor pada Kedua Kelas

Berdasarkan Gambar.1, nilai rata-rata praktikum materi vektor kelas eksperimen lebih menonjol untuk setiap aspek penilaian. Untuk perbandingan nilai praktikum materi gerak lurus kedua kelas sampel dapat dilihat pada Gambar.2



Gambar 2. Grafik Nilai Praktikum Materi Gerak Lurus pada Kedua Kelas

Gambar.2 menunjukkan perbedaan nilai rata-rata praktikum kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak terlalu jauh, namun nilai praktikum materi gerak lurus kelas eksperimen lebih menonjol untuk setiap aspek penilaian.

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data dari ketiga kompetensi yaitu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan menunjukkan bahwa penerapan bahan ajar berbasis pendekatan saintifik melalui ICT dalam model *DI* mempengaruhi kompetensi pengetahuan siswa. Hal tersebut dapat terlihat dari analisis statistik pada kompetensi pengetahuan yang menggunakan bahan ajar berbasis pendekatan saintifik melalui ICT dalam model *DI* lebih tinggi dari kompetensi pengetahuan kelas yang tidak menggunakan bahan ajar berbasis pendekatan saintifik melalui ICT dalam model *DI*.

Sesuai dengan grafik kompetensi sikap spiritual berupa menghargai dan menghayati ajaran agama dan sosial yang terdiri dari jujur, disiplin, percaya diri, kerja sama dan rasa ingin tahu terdapat grafik yang menunjukkan keadaan yang konstan dan meningkat. Meskipun peningkatan nilai siswa untuk kompetensi sikap tidak terlalu signifikan, namun secara keseluruhan terjadi peningkatan untuk masing-masing indikator penilaian sikap untuk

masing-masing pertemuan, terlihat dari perubahan grafik pada kompetensi sikap siswa saat awal pertemuan hingga pertemuan kedelapan.

Masuk kelas dan laboratorium tepat waktu, mengumpulkan tugas tepat waktu dan tertib selama proses pembelajaran setiap minggunya termasuk aspek disiplin. Rata-rata nilai kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, hal ini disebabkan karena jam pelajaran pada kelas kontrol terpisah oleh istirahat sehingga banyak siswa yang terlambat untuk masuk kelas maupun laboratorium. Selain itu, pada saat melakukan praktikum di laboratorium kelas kontrol banyak menyita waktu sehingga banyak siswa yang tidak tepat waktu dalam mengumpulkan tugas. Sedangkan waktu untuk kelas eksperimen melakukan praktikum di laboratorium sesuai dengan yang diharapkan sehingga siswa tepat waktu dalam mengumpulkan tugas.

Aspek percaya diri berupa berani mengajukan diri untuk tampil di depan kelas, berpendapat dan berbuat benar tanpa rasa ragu, tidak mudah menyerah dan putus asa dan tidak canggung dalam bertindak. Pada saat proses pembelajaran kedua kelas sampel sangat aktif dalam diskusi setiap minggunya. Aspek kerja sama berupa terlibat aktif dalam diskusi kelompok, berkontribusi dalam kelompok dengan menyampaikan pendapat, kesediaan melakukan tugas sesuai kesepakatan kelompok dan mengerahkan kemampuan secara maksimal dalam kelompok. Rata-rata nilai sikap kerja sama kelas eksperimen mengalami peningkatan yang baik, hal ini disebabkan karena kelas eksperimen lebih aktif dalam diskusi dan siswa dalam kelompok terlihat kerja sama dalam menyelesaikan tugas yang telah diberikan. Sedangkan kelas kontrol, siswa belum terlihat kerja sama dalam menyelesaikan tugas yang diberikan.

Kelas eksperimen nilai rata-rata untuk aspek rasa ingin tahu lebih menunjukkan peningkatan yang lebih baik, hal ini disebabkan karena rasa ingin tahu siswa yang tinggi terhadap materi pembelajaran yang kurang paham. Sehingga pada proses pembelajaran siswa aktif bertanya dan memperhatikan penjelasan dari teman maupun guru. Sedangkan pada kelas kontrol siswa juga memiliki rasa ingin tahu tetapi hanya sedikit. Model *DI* juga mempengaruhi keaktifan siswa. Model *DI* adalah sebuah pendekatan cara mengajar yang bersifat informasi tidak berasal dari guru saja, tetapi juga didapatkan melalui latihan mandiri. Namun, siswa juga mendapatkan peran aktif dalam model *DI*, dimana mereka akan mempraktekkan pengetahuan yang telah didapatkan^[7].

Pencapaian kompetensi pengetahuan menunjukkan hasil yang lebih baik, nilai rata-rata kelas eksperimen lebih menunjukkan peningkatan yang berarti pada kompetensi pengetahuan. Berdasarkan pengujian statistik kompetensi pengetahuan untuk kedua kelas, hal ini menunjukkan bahwa model *DI* mempengaruhi pencapaian kompetensi fisika siswa. Model *DI* adalah bentuk model pembelajaran yang efektif dan efisien untuk meningkatkan prestasi dan membantu siswa yang berkemampuan rendah untuk mengejar ketinggalan pembelajaran^[8]. Berdasarkan teori tersebut, penerapan model *DI* pada kedua kelas sampel dapat dibidang efektif walaupun belum optimal. Model *DI* dapat berjalan efektif karena didukung oleh media pembelajaran yang membantu siswa memahami konsep-konsep fisika. Media pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini berupa bahan ajar melalui ICT berbasis pendekatan saintifik.

Bahan ajar melalui ICT berbasis pendekatan saintifik ini membuat siswa lebih semangat dan termotivasi untuk belajar Fisika. Bahan ajar ini dilengkapi dengan animasi,

gambar, video dan kuis yang interaktif sehingga siswa tertarik dan mudah menerima pelajaran. Selain itu, bahan ajar yang mudah diakses dimana saja dapat membantu siswa yang tidak memiliki sumber belajar seperti buku paket dapat belajar melalui bahan ajar berbasis pendekatan saintifik melalui ICT ini. Bahan ajar berbasis pendekatan saintifik melalui ICT ini juga sangat membantu pada saat praktikum, sebelum praktikum dimulai siswa dapat melihat video yang ada dan mempelajari langkah-langkah dan konsep yang akan dilakukan. Namun, terdapat kendala dalam menggunakan bahan ajar ICT di sekolah yaitu susah nya sinyal internet untuk mengakses bahan ajar tersebut. Untuk mengatasi kendala tersebut peneliti melakukan hal sebagai berikut : 1) menggunakan hotspot *handphone* dengan menyambungkan ke laptop masing-masing siswa; 2) meminta siswa untuk mempelajari bahan ajar di rumah dan mencatat materi pembelajaran.

Kompetensi keterampilan didukung dengan fasilitas laboratorium yang cukup lengkap, dengan demikian siswa mendapat-kan kesempatan melakukan kegiatan praktikum dengan baik. Siswa mengikuti kegiatan praktikum dengan baik, serius dan cukup teratur dalam pelaksanaan praktikum. Siswa dapat menyelesaikan kegiatan praktikum dengan baik sesuai dengan yang diharapkan, sehingga ketuntasan kompetensi keterampilan pada kedua kelas sampel dapat tercapai dengan baik.

Model *DI* yang telah diterapkan untuk kedua kelas juga mempengaruhi kompetensi keterampilan siswa. Hal ini sesuai dengan unsur umum dalam *model DI* yang dapat 1) mengurangi kesulitan selama praktikum; 2) memberikan bimbingan kepada siswa selama praktikum; 3) memberikan umpan balik yang mendukung setelah siswa melakukan presentasi di depan kelas; dan 4) memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan praktikum secara mandiri^[9].

KESIMPULAN

Sesuai dengan analisis data yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan terdapat perbedaan pencapaian kompetensi kedua kelas sampel pada kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan serta terdapat pengaruh berarti penerapan bahan ajar berbasis pendekatan saintifik melalui ICT dalam model *DI* terhadap pencapaian kompetensi pengetahuan di Kelas X MIA SMA Negeri 7 Padang pada taraf nyata 0,05.

REFERENSI

- Iru,La dkk. 2012. *Analisis Penerapan Pendekatan, Metode, Strategi, dan Model-model Pembelajaran*. Yogyakarta: Multi Presindo
- Masril & Hidayati. 2015. *Pengembangan bahan Ajar Berbasis Scientific Approach Melalui ICT untuk Menunjang Implemen-tasi Kurikulum 2013 dalam Mata Pelajaran Fisika SMA (Laporan Peneli-tian Hibah Bersaing)*. Padang: UNP.
- Yenni, Rozi Prima, Masril & Hidayati. 2016. *Pengaruh Penerapan Bahan Ajar Berbasis Pendekatan Saintifik Melalui ICT dalam Model Pembelajaran Inquiry Terhadap Kompetensi Fisika Siswa Kelas X SMAN 1 Padang*. Pillar Of Physics Education, Vol.7. 1-8. Padang : UNP

- Hidayati, Masril & Gisti Vilara. 2016. *Pengembangan Bahan Ajar Fisika Melalui ICT Menggunakan Software Moodle Untuk SMA Kelas X*. Prosiding Semirata bidang MIPA 2016; BKS-PTN Barat, Palembang Mei 2016.1053-1060
- Darmansyah. 2010. *Pembelajaran Berbasis Web: Teori, Konsep dan Aplikasi*. Padang: UNP Press
- Sungkowo. 2010. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar Berbasis TIK*. Jakarta: Kemendikbud Republik Indonesia
- Zahriani.2014. *Kontektualisasi Direct Instructional dalam Pembelajaran Sains*. Lantanida Journal, Vol.1, No.1, 95-106. Universitas Unsyiah.
- Huitt, W., Monetti, D., & Hummel, J. (2009). *Designing direct instruction*. Prepublication version of chapter published in C. Reigeluth and A. Carr-Chellman.
- Rosenshine, Barak. 2008.*Five Meanings Of Direct Instruction*. U.S :Center on Innovation & Improvement

SISTEMATIKA KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH DENGAN MENERAPKAN METODE PROBLEM SOLVING DI SMA NEGERI 9 KOTA BENGKULU

Andik Purwanto¹, Putri Anggraini²

FKIP Universitas Bengkulu

Email: mr_andikp@yahoo.co.id

ABSTRACT

Has been conducted research on the problem-solving skill by applying problem solving method in SMAN 9 Kota Bengkulu. This research is a classroom action research that is carried out in three cycles with the aim to describe the problem solving skill of students to the concept of fluid static. The instrument used was a test sheet to determine students problem-solving skill. The test data processed using descriptive analysis to describe the problem solving skill. These results indicate the test results of students problem solving skill is divided into: stage recognize the problem the first cycle (84.29), second cycle (87.86), and the third cycle (88.10) with the category of "high", the stages of planning a strategy on the first cycle (73.81), second cycle (72.62) and third cycle (75.60) with the category of "medium", the stages of implementing the strategy in the first cycle (61.16), second cycle (70.68) and cycles III (73.36) with the category of "medium", the stage of evaluating the solution in the first cycle (75.79), second cycle (76.59) and third cycle (77.78) with the category of "moderate". Based on the results of this study concluded that the application of problem solving method can enhance students' problem-solving abilities, with the final score of the overall problem solving ability test in the category "High".

Keywords: Problem solving method, problem solving skill, learning outcomes

PENDAHULUAN

Pendidikan memiliki peran penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, melalui proses pendidikan inilah akan terbentuk sosok individu sebagai sumber daya manusia yang akan berperan besar dalam proses pembangunan bangsa dan negara. Sumber daya manusia yang berkualitas harus diiringi dengan mutu pendidikan yang baik. Menurut *survei Political and Economic Risk Consultant (PERC)*, kualitas pendidikan di Indonesia berada pada urutan ke-12 dari 12 negara di Asia, berada di bawah Vietnam. Akibat rendahnya kualitas pendidikan di Indonesia, maka Indonesia memiliki daya saing yang rendah, yaitu hanya menduduki urutan ke-37 dari 57 negara yang disurvei di dunia (Abd. Majid, 2014: 15-16). Data tersebut menunjukkan bahwa mutu pendidikan di Indonesia masih

tergolong rendah. Peningkatan mutu pendidikan sangat penting dilakukan terutama pada pendidikan formal dari SD, SMP, SMA hingga perguruan tinggi.

Peningkatan mutu pendidikan diperlukan agar tercipta pendidikan yang berkualitas. Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk meningkatkan mutu pendidikan adalah meningkatkan kualifikasi guru, karena guru memiliki peran yang sangat penting terhadap keberhasilan siswa dalam proses pembelajaran. Dalam proses pembelajaran, pemilihan metode pembelajaran yang tidak tepat dapat mengurangi kemampuan berfikir siswa khususnya kemampuan pemecahan masalah dan keaktifan siswa selama proses belajar mengajar. Karena menurut Arends dalam Slameto (2013: 66) bahwa selama ini dalam mengajar guru selalu menuntut siswa untuk belajar dan menyelesaikan masalah namun guru jarang mengajarkan bagaimana siswa untuk belajar dan seharusnya menyelesaikan masalah. Sanjaya (2006: 212) juga berpendapat bahwa hal ini mengakibatkan manakala siswa menghadapi masalah, walaupun masalah itu dianggap sepele, banyak siswa yang tidak dapat menyelesaikan dengan baik.

Berdasarkan hasil observasi di SMAN 9 Kota Bengkulu menunjukkan kemampuan pemecahan masalah siswa dalam mengerjakan soal evaluasi masih rendah, hanya beberapa siswa yang berusaha mengerjakan soal sedangkan sisanya menyalin jawaban, nilai ujian dibawah KKM (rata-rata 62,2). Proses pembelajaran yang dilaksanakan guru di dalam kelas masih belum dapat mengembangkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah dan mengembangkan kemampuan berpikir siswa. Sehingga siswa sulit untuk mengkonstruksi pengetahuannya sendiri dan menumbuh kembangkan pengetahuan tersebut.

Usaha yang dapat dilakukan guru adalah dengan menerapkan suatu metode pembelajaran yang dapat mengembangkan kemampuan siswa dalam pemecahan masalah dan memberikan peluang kepada siswa untuk mengkonstruksi pengetahuannya sendiri dan menumbuh kembangkan pengetahuannya adalah dengan metode *problem solving*. Karena menurut Majid (2009 : 142) bahwa: "*Metode pemecahan masalah (Problem Solving) merupakan cara memberikan pengertian dengan menstimulasi anak didik untuk memperhatikan, menelaah dan berfikir tentang suatu masalah untuk selanjutnya menganalisis masalah tersebut sebagai upaya untuk memecahkan masalah*".

Metode pemecahan masalah diyakini dapat menjadi solusi dalam upaya peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa pada pelajaran fisika. Karena pembelajaran fisika bukan hanya untuk penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta, konsep atau prinsip saja melainkan juga merupakan suatu proses penemuan, sehingga siswa dituntut untuk dapat berfikir kritis dan kreatif. Pelajaran fisika bukanlah pelajaran hafalan melainkan lebih menuntut pemahaman konsep bahkan aplikasi konsep tersebut. Sehingga dengan banyaknya siswa yang memahami konsep fisika, maka dapat dengan mudah memecahkan masalah-masalah baik dalam bentuk soal latihan maupun praktik dilapangan.

KAJIAN PUSTAKA

A. Metode *Problem Solving*

Metode adalah cara, yang dalam fungsinya merupakan alat untuk mencapai tujuan. Makin tepat metodenya, diharapkan makin efektif pula pencapaian tujuan tersebut. Tetapi khususnya dalam bidang pengajaran di sekolah, ada beberapa faktor lain yang ikut berperan dalam menentukan efektifnya metode mengajar, antara lain adalah faktor guru itu sendiri,

faktor anak, dan faktor situasi (lingkungan belajar). Surakhmad dalam Suryosubroto (2009: 141) menegaskan bahwa metode pengajaran adalah cara-cara pelaksanaan daripada proses pengajaran, atau soal bagaimana teknisnya sesuatu bahan pelajaran diberikan kepada murid-murid di sekolah. Berdasarkan penjelasan diatas menunjukkan bahwa proses belajar tidak dapat dipisahkan dari proses mengajar. Pada pihak guru dapat dilihat suatu usaha untuk menimbulkan perubahan pada murid, sedangkan pada pihak murid kita lihat keinginan untuk merubah diri.

Sanjaya (2010: 162) berpendapat bahwa belajar *problem solving* adalah pengalaman belajar untuk memecahkan suatu persoalan melalui penggabungan beberapa kaidah atau aturan. Sehingga kemampuan seseorang untuk memecahkan masalah itu tergantung pada aturan. Swistoro (2012: 188) juga berpendapat bahwa *problem solving* adalah usaha individu atau kelompok untuk menemukan jawaban berdasarkan pemahaman dan keterampilan yang telah dimiliki sebelumnya dalam rangka memenuhi tuntutan suatu masalah.

Metode pemecahan masalah (*problem solving*) merupakan cara memberikan pengertian dengan menstimulasi anak didik untuk memperhatikan, menelaah dan berfikir tentang suatu masalah untuk selanjutnya menganalisis masalah tersebut sebagai upaya untuk memecahkan masalah Majid (2009: 142). Adapun langkah-langkah yang ditempuh dalam metode *problem solving* adalah sebagai berikut: (a) Adanya masalah yang jelas untuk dipecahkan, (b) Mencari data atau keterangan yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah tersebut, (c) Menetapkan jawaban sementara dari masalah tersebut, (d) Menguji kebenaran jawaban sementara tersebut. Dalam langkah ini siswa harus berusaha memecahkan masalah sehingga betul-betul yakin bahwa jawaban itu betul-betul cocok. Dan yang terakhir (e) Menarik kesimpulan. Artinya siswa harus sampai kepada kesimpulan terakhir tentang jawaban dari masalah tadi (Djamarah dan Zain, 2002: 92-93).

B. Kemampuan Pemecahan Masalah

Memecahkan suatu masalah merupakan aktivitas dasar bagi manusia karena dalam menjalani kehidupan manusia pasti akan berhadapan dengan masalah. Apabila suatu cara atau strategi gagal untuk menyelesaikan sebuah masalah maka hendaknya dicoba dengan cara lain untuk menyelesaikannya. Trianto dalam Hertiavi (2010: 53) menjelaskan bahwa kemampuan pemecahan masalah berarti kecakapan menerapkan pengetahuan yang diperoleh sebelumnya ke dalam situasi yang belum dikenal. Kemampuan pemecahan masalah sangat dibutuhkan oleh siswa. Karena pada dasarnya siswa dituntut untuk berusaha sendiri mencari pemecahan masalah serta pengetahuan yang menyertainya, menghasilkan pengetahuan yang benar-benar bermakna. Konsekuensinya adalah siswa akan mampu menyelesaikan masalah-masalah serupa ataupun berbeda dengan baik karena siswa mendapat pengalaman konkret dari masalah yang terdahulu.

Menurut Santrock dalam Sujarwanto (2014: 67), kemampuan pemecahan masalah adalah kemampuan seseorang untuk menemukan solusi melalui suatu proses yang melibatkan pemerolehan dan pengorganisasian informasi. Maka, dapat disimpulkan bahwa kemampuan pemecahan masalah adalah kesanggupan yang dimiliki dalam mencari jalan keluar dari suatu masalah. Dewey dalam Slameto (2013: 145) berpendapat bahwa berfikir untuk memecahkan masalah dengan: 1) Adanya kesulitan yang dirasakan/ kesadaran akan adanya masalah; 2)

Mencari hubungan-hubungan untuk merumuskan hipotesa-hipotesa; 3) Mencari data/informasi, kemudian diklasifikasikan; 4) Menguji kebenaran untuk sampai pada kesimpulan.

Tahapan pemecahan masalah sangat bergantung pada kompleksitas masalahnya. Untuk masalah yang kompleks karena kecakupan dan dimensinya luas, maka langkah-langkah pemecahan masalah dengan pendekatan akademik. Tahapan dan indikator kemampuan pemecahan masalah fisika yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tahapan dan Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika

Tahap	Indikator
Mengenali Masalah	<input type="checkbox"/> Identifikasi masalah berdasarkan konsep dasar (<i>deep feature</i>)
	<input type="checkbox"/> Membuat daftar besaran yang diketahui
	<input type="checkbox"/> Menentukan besaran yang ditanyakan
Merencanakan Strategi	<input type="checkbox"/> Membuat diagram benda bebas/sketsa yang menggambarkan permasalahan
	<input type="checkbox"/> Menentukan persamaan yang tepat untuk pemecahan masalah
Menerapkan Strategi	<input type="checkbox"/> Mensubstitusi nilai besaran yang diketahui ke Persamaan
	<input type="checkbox"/> Melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yang dipilih
Mengevaluasi Solusi	<input type="checkbox"/> Mengevaluasi kesesuaian dengan konsep
	<input type="checkbox"/> Mengevaluasi satuan

(Sumber: Sujarwanto (2014: 68).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian tindakan kelas (PTK) atau *Classroom Action Research* (CAR). Penelitian tindakan kelas ini terdiri dari 3 siklus, adapun tahapannya yaitu perencanaan, pelaksanaan, pengamatan dan refleksi. Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 9 Kota Bengkulu di kelas XI IPA 1 yaitu pada Semester Genap 2015/2016. Instrumen penelitian ini berupa lembar observasi aktivitas siswa pada proses pembelajaran dan tes kemampuan pemecahan masalah berupa soal essay yang diberikan pada akhir pembelajaran pada setiap siklus. Data kemampuan pemecahan masalah diambil untuk mengetahui seberapa besar kemampuan siswa dalam pemecahan masalah. Kemampuan pemecahan masalah diperoleh dengan menerapkan tahapan-tahapan kemampuan pemecahan masalah pada soal essay. Terdapat 4 tahapan kemampuan pemecahan masalah yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembelajaran yang dilakukan di kelas XI IPA 1 SMAN 9 kota Bengkulu dengan menerapkan metode *problem solving* telah berjalan dengan baik. Hasil pembelajaran pada Siklus III telah lebih baik dari hasil pembelajaran pada Siklus II dan Siklus I. Perubahan yang terjadi selama pembelajaran ini diperoleh karena adanya perbaikan yang dilakukan pada

setiap siklusnya. Perbaikan ini dilakukan dengan melihat kekurangan yang ditemukan pada siklus I dan siklus II. Dengan langkah merefleksi tiap pembelajaran, peneliti bermaksud untuk memperbaiki proses pembelajaran dan pencapaian kemampuan pemecahan masalah siswa. Hasil refleksi ini terlihat dari peningkatan serta perubahan yang terjadi pada pembelajaran di siklus I ke siklus II, maupun dari siklus II ke siklus III, baik dari segi proses pembelajaran, maupun dari segi kemampuan pemecahan masalah siswa.

Aktivitas Siswa

Aktivitas siswa merupakan segala aktivitas belajar siswa pada proses pembelajaran dengan menggunakan metode *problem solving*. Berdasarkan hasil observasi aktivitas guru pada penerapan metode *problem solving*, diperoleh hasil bahwa dari ketiga siklus yang telah dilaksanakan terdapat peningkatan aktivitas siswa seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Observasi Aktivitas Siswa Siklus I, II dan III

Siklus	P1	P2	Rata-rata skor	Keterangan
I	22	20	21	Cukup
II	24	24	24	Baik
III	27	28	27,5	Baik

Berdasarkan tabel 4.1 diketahui bahwa aktivitas siswa meningkat dari siklus I sampai dengan siklus III dimana ketiga siklus berada pada kategori baik. Peningkatan ini terjadi karena adanya proses refleksi/perbaikan aktivitas siswa dalam pembelajaran tiap siklusnya. Perbaikan aktivitas siswa dalam menerapkan metode *problem solving* sangatlah penting dilakukan dalam meningkatkan proses pembelajaran, karena dengan melakukan refleksi siswa dapat mengetahui kekurangan pada setiap kegiatan pembelajaran yang telah dilakukan.

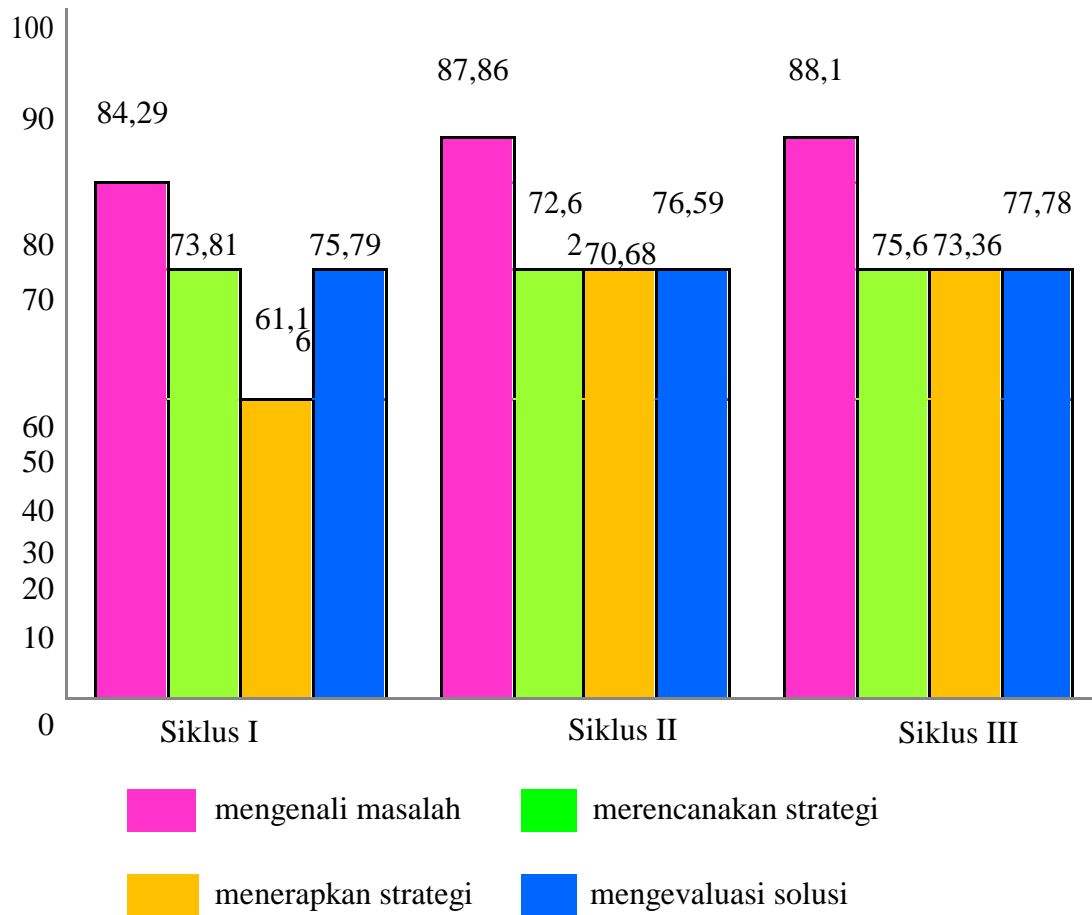
Kemampuan Pemecahan Masalah

Kemampuan pemecahan masalah siswa diperoleh dari nilai tes kemampuan pemecahan masalah (100%). Hasil yang harus dicapai pada penelitian ini adalah nilai akhir siswa diatas KKM atau ≥ 75 sebanyak 75%. Berdasarkan data hasil penelitian dengan menerapkan metode *problem solving* pada konsep fluida statis terjadi peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa yang dapat dilihat pada gambar 4.1.

Gambar 4.1 menunjukkan hasil kemampuan pemecahan masalah siswa mengalami peningkatan dari ketiga siklus. Kemampuan pemecahan masalah ini diperoleh dengan menerapkan tahapan kemampuan pemecahan masalah pada tes akhir. Adapun tahapan kemampuan pemecahan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah mengenali masalah, merencanakan strategi, menerapkan strategi, dan mengevaluasi solusi.

Skor kemampuan pemecahan masalah pada tahap mengenali masalah secara berurut dari siklus I sebesar 84,29, siklus II sebesar 87,86, dan siklus III sebesar 88,1. Hasil ini menunjukkan terjadi peningkatan tiap siklusnya dan siswa mampu menerapkan kemampuan pemecahan masalah yang baik pada tahap mengenali masalah. Pada tahap mengenali masalah siswa sudah cukup terbiasa mengerjakannya sebab tahapan ini sama dengan penyelesaian soal biasa yaitu hanya menuliskan konsep yang digunakan, menuliskan yang diketahui dari soal dan menuliskan apa yang ditanya dari soal. Sehingga pada tahapan mengenali masalah diperoleh skor rata-rata 86,75 dan dikatakan bahwa siswa mempunyai kemampuan

pemecahan masalah yang “Tinggi”.



Gambar

4.1. Grafik hasil kemampuan pemecahan masalah tiga siklus

Pada tahapan merencanakan strategi diperoleh skor pada siklus I sebesar 73,81, siklus II sebesar 72,62 dan siklus III sebesar 75,6. Hasil ini menunjukkan terjadinya penurunan nilai dari siklus I ke siklus II dan terjadi peningkatan dari siklus II ke siklus III. Penurunan dan peningkatan ini terjadi karena siswa masih kesulitan dalam membuat sketsa yang sesuai dengan permasalahan. Pada siklus II subkonsep hukum pascal siswa masih kesulitan membuat gambar yang diketahui soal yaitu gambar pompa hidrolik, siswa belum pernah melihat bahkan belum tahu bagaimana bentuk pompa hidrolik tersebut. Namun dalam menentukan persamaan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah sudah cukup baik. skor rata-rata kemampuan pemecahan masalah siswa dalam menyelesaikan tahapan merencanakan strategi sebesar 74,01 dan masuk ke dalam kategori “Sedang”.

Hasil ini didukung oleh Sujarwanto (2014:73) yang menjelaskan bahwa “Siswa merasa kesulitan dalam pembuatan representasi gambar saat pemecahan masalah. Selain itu, siswa membuat representasi gambar hanya jika dirasa perlu dalam memecahkan masalah. Jika masalah hanya substitusi angka ke rumus atau soal telah dilengkapi gambar, siswa tidak akan membuat gambar”. Meskipun siswa merasa kesulitan dalam membuat gambar tapi ada beberapa cara yang memudahkan siswa menyelesaikan soal tersebut.

Pada tahapan menerapkan strategi skor yang diperoleh pada siklus I sebesar 61,16,

siklus

siklus II sebesar 70,68, dan siklus III sebesar 73,36. Hasil yang diperoleh menunjukkan peningkatan yang tidak terlalu besar dari siklus I sampai dengan siklus III. Hal ini dikarenakan siswa kurang teliti dalam menerapkan strategi yaitu tidak memasukkan satuan dalam penyelesaian perhitungan kepersamaan. Rata-rata skor peningkatan kemampuan pemecahan masalah dari siklus I, II dan III dalam tahapan menerapkan strategi adalah 68,39 dan termasuk dalam kategori “Sedang”. Pada tahapan mengevaluasi solusi skor yang diperoleh pada siklus I sebesar 75,79, siklus II sebesar 76,59 dan siklus III sebesar 77,78. Hasil yang diperoleh menunjukkan peningkatan yang cukup besar pada tahap mengevaluasi solusi, namun siswa juga sering lupa menuliskan satuan yang digunakan setelah mendapatkan hasil perhitungan. Skor rata-rata yang diperoleh pada tahapan ini adalah 76,72 dalam kategori “Tinggi”. Pada tabel 4.2 dapat dilihat nilai kemampuan pemecahan masalah disetiap siklus.

Tabel 4.2 Nilai Kemampuan Pemecahan Masalah Siklus I, Siklus II dan Siklus III

No	Tahapan Kemampuan Pemecahan Masalah	Siklus			Ket.
		I	Siklus II	Siklus III	
1	Mengenali Masalah	84,29	87,86	88,10	Tinggi
2	Merencanakan Strategi	73,81	72,62	75,60	Sedang
3	Menerapkan Strategi	61,16	70,68	73,36	Sedang
4	Mengevaluasi Solusi	75,79	76,59	77,78	Tinggi
	Rata-rata	73,76	76,94	78,71	
Kategori Kemampuan Pemecahan Masalah		Sedang	Tinggi	Tinggi	Tinggi

Oleh karena itu, skor rata-rata kemampuan pemecahan masalah siswa secara keseluruhan dengan menggunakan metode *problem solving* adalah 76,47 dalam kategori “Tinggi”. Dengan demikian, pembelajaran dengan menerapkan metode *problem solving* dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan penerapan metode *problem solving* dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa, yaitu: tahap mengenali masalah pada siklus I sebesar 84,29, siklus II sebesar 87,86, dan siklus III sebesar 88,10 dengan kategori “tinggi”, tahapan merencanakan strategi pada siklus I sebesar 73,81, siklus II sebesar 72,62 dan siklus III 75,60 dengan kategori “sedang”, tahapan menerapkan strategi pada siklus I sebesar 61,16, siklus II sebesar 70,68 dan siklus III 73,36 dengan kategori “sedang”, tahap mengevaluasi solusi pada siklus I sebesar 75,79, siklus II sebesar 76,59 dan siklus III 77,78 dengan kategori “sedang”. Nilai dari seluruh tahapan kemampuan pemecahan masalah merupakan hasil kemampuan pemecahan masalah siswa. Secara keseluruhan terjadi peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa secara klasikal yaitu pada siklus I sebesar 57,14% belum tuntas, siklus II sebesar 75% tuntas dan siklus III sebesar 82,14% tuntas dengan skor rata-rata siklus I,II, dan III mencapai ≥ 75 .

DAFTAR PUSTAKA

- Abd. Majid, M. S. 2014. "Analisis Tingkat Pendidikan Dan Kemiskinan Di Aceh".
Jurnal Pencerahan. Vol. 8 (1), 15-37.
- Arikunto, S. 2010. *Penelitian Tindakan Kelas*. Jakarta: Bumi Aksara. Dimiyati, dkk. 2009. *Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Djamarah, dan Zain Aswan. 2002. *Strategi Belajar Mengajar*, Jakarta: Rineka Cipta
- Hertiavi, M. A. 2010. "Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw untuk Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMP". *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. Vol. 6 (2010), 53-57.
- Jihad, Asep dan Abdul Haris. 2012. *Evaluasi Pembelajaran*. Yogyakarta: Multi Pressindo.
- Kanginan, Marthen. 2002. *Fisika 2B untuk SMA Kelas XI Semester 2*. Jakarta: Erlangga
- Majid, Abdul. 2009. *Perencanaan Pembelajaran Mengembangkan Standar Kompetensi Guru*. Bandung: Remaja Rosdakarya
- Ninik, dkk. 2014. "Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Untuk Setiap Tahap Model Polya Dari Siswa SMK Ibu Pakusari Jurusan Multimedia Pada Pokok Bahasa Program Linier". *Kadikma*. Vol 5 (3), 61-68.
- Purwoko. 2009. *Fisika 2 SMA Kelas XI*. Jakarta: Yudistira
- Ruhimat, Toto. 2011. *Kurikulum dan Pembelajaran*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Sanjaya, W. 2010. *Perencanaan dan Desain Sistem Pembelajaran*. Jakarta: Kencana.
- Slameto. 2010. *Belajar Dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya*. Jakarta: Rineka Cipta.
- _____. 2013. *Belajar Dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sudjana, N. 2011. *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Jakarta : Remaja Rosyda Karya.
- Sujarwanto, E, dkk. 2014. Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika pada Modeling Instruction Pada Siswa SMA Kelas XI. *Program Studi Pendidikan Fisika Pascasarjana Universitas Negeri Malang, Indonesia*. JPII 3 (1) (2014) 65-78.
- Suprijono, Agus. 2014. *Cooperative Learning "Teori dan Aplikasi PAIKEM"*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Suryosubroto. 2009. *Proses Belajar Mengajar di Sekolah*. Jakarta: Rineka Cipta
- Swistoro, Eko. 2012. "Pengembangan Model Pembelajaran Problem Solving Fisika Melalui

Pembelajaran Optik Optika Pada Mahasiswa Pendidikan Fisika”, dalam *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. Palembang: Simetri

Taufik, M., dkk. (2010). *Desain Model Pembelajaran Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Dalam Pembelajaran IPA (Fisika) Sekolah Menengah Pertama di Kota Bandung*. Berkala Fisika [online], Vol.13.No.20 Edisi Khusus Juli-Desember 2010, hal E31-E44. [Tersedia:10 November 2014].

Trianto. 2009. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Jakarta: Kencana.

PENINGKATAN KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF MAHASISWA MELALUI PEMBELAJARAN PROBLEM SOLVING PADA MATERI HUKUM- HUKUM NEWTON

Eko Swistoro Warimun

Program Studi Pendidikan Fisika , FKIP

Universitas Bengkulu

email : eko_swistoro@yahoo.com

ABSTRACT

The aim of this research are to increasing concept mastery and creative thinking skill of students in Newton Law using Physics Problem Solving model. The method is used One Group Pretest-Posttest design. The research subject were 30 student in Physics Education. The techniques of data collection are done through 10 essay question. The data is analyzed by statistical test using SPSS version 16.00 and a descriptive analysis. The result showed that the learning process according with 5 stages in Physics Problem Solving model, concept mastery increased with the average N-gain = 0,62 and creative thinking skill of students increased with the average N-gain = 0,51. Physics Problem Solving model get a positive response from students.

Keyword: concept mastery, creative thinking skill, Newton Law, Physics Problem Solving model.

PENDAHULUAN

Proses pendidikan Fisika di perguruan tinggi harus mempersiapkan mahasiswa yang berkualitas, yaitu mahasiswa yang sadar sains (*scientific literacy*), memiliki sikap dan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*). Dengan demikian akan muncul sumber daya manusia yang dapat berpikir kritis, berpikir kreatif, membuat keputusan, dan memecahkan masalah.

Keterampilan atau kemampuan berpikir perlu dikembangkan pada mahasiswa, karena diharapkan dapat menjadi bekal dalam menghadapi persoalan dalam kehidupan sehari-hari. Keterampilan berpikir juga menjadi sarana untuk mencapai tujuan pendidikan yaitu agar mahasiswa mampu memecahkan masalah tingkat tinggi.

Salah satu keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dapat dikembangkan adalah keterampilan berpikir kreatif. Keterampilan berpikir kreatif merupakan bekal yang harus dimiliki oleh mahasiswa dalam menghadapi kehidupan di era globalisasi ini. Keterampilan berpikir kreatif ini dapat diajarkan di perguruan tinggi dengan melatih kebiasaan berpikir

(*habits of mind*). Kebiasaan berpikir yang dimaksud adalah kemampuan menggali, merumuskan informasi, mengolah, mengambil keputusan, dan memecahkan masalah secara kreatif.

Upaya untuk meningkatkan kualitas pendidikan di perguruan tinggi mengalami banyak kendala. Salah satu hal yang dapat dijadikan alasannya adalah penggunaan metode dan strategi yang kurang tepat dalam pembelajaran. Mahasiswa dituntut untuk mengingat dan mengumpulkan berbagai informasi tanpa memahami informasi yang diingatnya tersebut.

Pembelajaran fisika di perguruan tinggi hendaknya menyiapkan anak khususnya calon guru untuk: 1) mampu memecahkan masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari dengan menggunakan konsep-konsep fisika yang telah mereka pelajari, 2) mampu berpikir tingkat tinggi, 3) mampu mengambil keputusan yang tepat dengan menggunakan konsep ilmiah, dan 4) mampu menggunakan sikap ilmiah dalam memecahkan masalah dan mengambil keputusan sehingga memungkinkan mereka untuk berpikir dan bertindak secara ilmiah. Untuk memecahkan permasalahan pembelajaran yang demikian diperlukan upaya antara lain berupa perbaikan strategi pembelajaran yaitu sebuah model pembelajaran yang dapat memfasilitasi mahasiswa sehingga mampu menumbuhkan kemampuan berpikir kreatif. Dalam penelitian ini dipilih model pembelajaran problem solving fisika (model PSF), karena mengajar dengan model ini dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif. Model problem solving fisika ini merupakan suatu model yang mengkolaborasikan antara problem solving dan pemahaman konsep fisika. Tahapan di dalam model PSF sangat mendukung untuk pencapaian keterampilan berpikir kreatif.

Selain keterampilan berpikir kreatif yang dikembangkan, penguasaan konsep tidak bisa dipisahkan dalam pembelajaran karena penguasaan konsep merupakan tujuan inti dari suatu pembelajaran. Dalam menggunakan strategi problem solving maka penguasaan konsep adalah sebagai bekal untuk pemecahan masalah.

Dalam pembelajaran fisika untuk mata kuliah Fisika Dasar 1 dipilih materi hukum-hukum Newton (Tipler, 2001) pada mahasiswa semester ganjil 2016/2017. Materi tersebut dapat disampaikan dengan pembelajaran model PSF dan konsep-konsepnya sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari yang dapat dijadikan “masalah” dalam tahapan pembelajaran model PSF yang akan meningkatkan pemahaman konsep dan mengembangkan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa.

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah: 1) Apakah terdapat peningkatan pemahaman konsep mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model PSF? 2) Apakah terdapat peningkatan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model PSF? 3) Bagaimana respon mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model pembelajaran model PSF pada materi Hukum-hukum Newton.

Adapun tujuan penelitian ini adalah: 1) menjelaskan peningkatan pemahaman konsep mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model PSF pada materi Hukum-hukum Newton, 2) menjelaskan peningkatan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model PSF pada materi Hukum-hukum Newton, dan 3) Mendeskripsikan respon mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model pembelajaran PSF pada materi Hukum-hukum Newton.

Untuk meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa dapat menggunakan berbagai strategi/model, salah satunya dengan menggunakan model *Problem Solving Fisika*.

Pemahaman konsep fisika bagi mahasiswa dilandasi oleh beberapa konsepsi teoretis yaitu konsepsi fisika digunakan untuk menggambarkan konsep dari sistem fisik, peristiwa dan proses. Pemahaman yang baik tentang konsep fisika merupakan prasyarat agar ahli dalam pemecahan masalah (Mestre, 1994; Reif, 1995). Berdasarkan penjelasan teoretis tersebut, pemahaman (*understanding*) merupakan kata kunci dalam pembelajaran. Beberapa konsepsi teoretis yang melandasi kesimpulan tersebut adalah sebagai berikut. Pertama, konsepsi belajar mengacu pada pandangan konstruktivistik, bahwa membangun pemahaman menjadi lebih penting dibandingkan dengan mengingat fakta (Abdullah & Abbas, 2006). Kedua, pemahaman merupakan suatu proses mental yang memungkinkan terjadinya adaptasi dan transformasi ilmu pengetahuan (Gardner, 1999). Ketiga, kesulitan utama pemecahan masalah mahasiswa terkait dengan pemahaman konsep dasar fisika (Reif, 1987). Dengan demikian, pemahaman konsep sebagai representasi hasil pembelajaran menjadi sangat penting.

Berdasarkan latar belakang maka judul artikel ini adalah “Peningkatan Keterampilan Berpikir Kreatif Mahasiswa melalui Pembelajaran Problem Solving pada Materi Hukum-hukum Newton. Adapun mahasiswa sebagai yang diajar dengan model PSF adalah mahasiswa Pendidikan Fisika FKIP di salah satu universitas di Bengkulu.

KAJIAN LITERATUR

Model Pembelajaran Problem Solving Fisika

Langkah-langkah dalam pembelajaran model Problem Solving Fisika (PSF) adalah: 1) memahami masalah, 2) menjabarkan masalah ke dalam aspek Fisika, 3) merencanakan pemecahan masalah, 4) menjalankan rencana, dan 5) mengevaluasi jawaban dan perluasan (Warimun, 2014).

Langkah-langkah dalam pembelajaran model PSF dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Langkah-langkah pembelajaran model Problem Solving*

Tahapan	Deskripsi
1. Memahami Masalah	a. Identifikasi masalah b. Visualisasikan solusi c. Deskripsi setting pemecahan/solusi
2. Menjabarkan masalah ke dalam aspek Fisika	a. Mengorganisasi informasi (kecukupan informasi) b. Membuat diagram, tabel, grafik atau gambar c. Mendefinisikan symbol
3. Merencanakan Pemecahan Masalah	a. Menetapkan pola pemecahan (membahas teori pendukung) b. Membuat simulasi atau eksperimen (bila diperlukan) c. Membuat deduksi d. Menulis persamaan (bila diperlukan)
4. Menjalankan Rencana	a. Mengestimasi hasil pemecahan b. Menggunakan keterampilan menghitung bila diperlukan

5. Mengevaluasi jawaban dan Perluasan	a. Mengoreksi jawaban b. Menemukan alternatif pemecahan lain c. Memperluas konsep ilmiah dan generalisasi d. Diskusi hasil penyelesaian
---------------------------------------	--

Untuk langkah *memahami permasalahan* dapat dikembangkan deskripsi kualitatif dalam bentuk gambar atau kata-kata yang dapat membantu mahasiswa untuk menemukan pokok persoalannya. Pada langkah *menjabarkan aspek fisiknya* mahasiswa menyederhanakan persoalan jika mungkin dan mengajukan hubungan-hubungan yang berguna. Langkah selanjutnya adalah membuat suatu *rencana pemecahan*. Pada langkah ini, mahasiswa membuat suatu kerangka persamaan berdasarkan hubungan yang telah diajukan pada langkah sebelumnya. Pada langkah *menjalankan rencana* tersebut mahasiswa memanipulasi persamaan-persamaan, memasukkan bilangan-bilangan yang diketahui, dan memecahkan masalah aljabarnya. Pada langkah terakhir siswa harus *mengevaluasi jawabannya dan perluasan*, yaitu dengan memeriksa kesalahan-kesalahan dan memastikan bahwa jawaban tersebut sudah memuaskan.

Keterampilan Berpikir Kreatif

Berpikir kreatif menurut Coughlan (dalam Eldy dan Sulaiman, 2013). adalah bagaimana individu mampu menerapkan secara imajinasi untuk memecahkan masalah. Guilford (Chua, 2010) menyatakan bahwa berpikir kreatif sebagai berpikir divergen didefinisikan sebagai menghasilkan banyak variasi ide tentang beberapa topik dalam waktu yang terbatas.

Adapun kriteria keterampilan berpikir yang diteliti adalah Keterampilan Berpikir Lancar (*Fluency*), Berpikir Luwes (*Flexibility*), Berpikir Asli (*Originality*), dan Berpikir Merinci (*Elaboration*) (Chua, 2004). Indikator keterampilan berpikir kreatif dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Keterampilan Berpikir Kreatif yang diteliti

No	Kriteria KBK	Indikator KBK
1	Keterampilan Berpikir Lancar (<i>Fluency</i>)	Lancar mengungkapkan gagasan-gagasan dan dapat melihat kesalahan dari suatu situasi
2	Keterampilan Berpikir Luwes (<i>Flexibility</i>)	Dapat memberikan bermacam penafsiran terhadap suatu masalah dan bermacam cara untuk menyelesaikan masalah
3	Keterampilan Berpikir Asli (<i>Originality</i>)	Dapat menyelesaikan masalah dengan mencipta gagasan yang baru
4	Keterampilan Berpikir Merinci (<i>Elaboration</i>)	Dapat memecahkan masalah dengan langkah-langkah terperinci dan mengembangkan gagasan orang lain

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan disain *One group pretest-posttest design* (Sugiyono, 2006), yaitu disain eksperimen yang tidak sungguh-sungguh, karena tidak adanya kelas control dan sampel tidak dipilih secara random yang artinya menggunakan teknik *non probability sampling* (teknik sampling *purposive*). Sebelum pembelajaran satu kelompok mahasiswa diberi *pretest*, kemudian diberi perlakuan pembelajaran dan selanjutnya diberi *posttest*. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa semester ganjil 2016/2017 Pendidikan Fisika FKIP Universitas Bengkulu berjumlah 30 orang terdiri atas 25 orang perempuan dan 5 orang laki-laki yang mengambil mata kuliah Fisika Dasar I.

Teknik pengumpulan data dengan menggunakan tes dan angket. Instrumen dalam penelitian ini adalah Tes Pemahaman Konsep (TPK) yang digunakan untuk menjangking data pemahaman konsep mahasiswa yang terdiri atas 10 buah soal berbentuk esai. Selain TPK digunakan juga Tes Keterampilan Berpikir Kreatif (TKBK) dengan menggunakan lembar jawaban tertentu berjumlah 8 buah soal tes esai dan angket untuk menjangking respon mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model PSF pada materi hukum-hukum Newton.

Teknik analisis data untuk menjawab rumusan masalah penelitian adalah dengan mengolah data *pretest* dan *posttest* dengan menggunakan perhitungan *mean* (rata-rata) untuk *pretest* dan *posttest* serta *gain* yang dinormalisasi (*N-gain*) untuk skor TPK dan TKBK.

Rumus *N-gain* (*gain score* yang dinormalisasi) yang digunakan adalah

$$g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{max} - S_{pre}}$$

(Savinainen & Scott (2002).

Dengan S_{pre} = skor pre-test, S_{post} = skor post-test; S_{max} = skor maximum. Tingkat perolehan skor kemudian dikategorikan ke dalam tiga kategori yaitu:

Tinggi: $g > 0,7$; Sedang: $0,3 \leq g \leq 0,7$; Rendah: $g < 0,3$ (Savinainen & Scott, 2002).

Kriteria Keterampilan berpikir kreatif adalah:

Sangat kreatif: $80,0 < mean \leq 100$; kreatif: $60,0 < mean \leq 80,0$; cukup kreatif: $40,0 < mean \leq 60,0$; kurang kreatif: $20,0 < mean \leq 40,0$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rumusan masalah 1: **Apakah terdapat peningkatan pemahaman konsep mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model PSF?**

Gambaran Pemahaman konsep mahasiswa sebelum dan sesudah pembelajaran dapat dilihat dari peningkatan perolehan rata-rata skor *pretest*, *posttest*, dan *N-gain* secara klasikal. Pada Tabel 3 disajikan data rata-rata skor *pretest*, *posttest*, dan *N-gain*

Tabel 3. Rata-rata skor *pretest*, *posttest*, dan *N-gain* Pemahaman Konsep

Materi	Pretest (N=30)	Posttest (N=30)	N-gain
Hukum-	Mean = 30	Mean = 72,7	0,61 (sedang)

hukum Newton	SD= 5,3	SD =8,7
-----------------	---------	---------

Tabel 3 menunjukkan bahwa pembelajaran dengan menggunakan model *PSF* dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika pada materi hukum-hukum Newton. Hal ini disebabkan bahwa dalam tahapan *model PSF* dapat dikembangkan pemahaman konsep fisika. Dalam pembelajaran melalui model *PSF* mahasiswa terlibat dalam kelompok untuk mendiskusikan masalah yang diberikan. Setiap kelompok terdiri atas 4 orang sehingga mereka bisa saling membantu dalam menyelesaikan masalah dan membangun konsep.

Rumusan masalah 2: **Apakah terdapat peningkatan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model *PSF*?**
Peningkatan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model *PSF* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata Skor *pretest*, *posttest*, dan *N-gain* Keterampilan Berpikir Kreatif

No	Aspek KBK	Pretest (N=30)	Posttest (N=30)	N-gain
1	Berpikir Lancar (<i>Fluency</i>)	Mean = 20,4 SD= 6,7	Mean = 61,8 SD =11,7	0,52 sedang
2	Berpikir Luwes (<i>Flexibility</i>)	Mean = 25,5 SD= 7,8	Mean = 62,8 SD = 12,1	0,50 sedang
3	Berpikir asli (<i>Originality</i>)	Mean = 19,2 SD= 6,5	Mean = 58,0 SD =11,2	0,48 sedang
4	Berpikir Merinci (<i>Elaboration</i>)	Mean = 22,1 SD= 7,2	Mean = 64,2 SD =12,4	0,54 sedang
Total		21,8 Kurang kreatif	61,7 kreatif	0,51 sedang

Secara keseluruhan berdasarkan hasil perhitungan *N-gain* peningkatan untuk keterampilan berpikir kritis adalah sebesar 0,51 dan termasuk dalam kategori sedang. Keempat aspek dalam keterampilan kreatif yaitu Berpikir Lancar (*Fluency*), Berpikir Luwes (*Flexibility*), Berpikir Asli (*Originality*), dan Berpikir Merinci (*Elaboration*) mengalami peningkatan dari skor *pretest* ke *posttest* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Terjadi peningkatan dari kriteria kurang kreatif menjadi kreatif. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran dengan model *PSF* dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif. Hal ini

dapat terjadi karena tiap tahapan dalam model PSF menunjang pengembangan Keterampilan Berpikir Kreatif mahasiswa sehingga dapat memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengembangkan bakat keterampilan berpikir kreatifnya. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Liliawati (2011) yang melakukan penelitian di SMA menggunakan pembelajaran berbasis masalah pada konsep usaha dan energi menghasilkan peningkatan keterampilan berpikir kreatif. Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh Eldi dan Sulaiman (2013) bahwa pembelajaran berbasis masalah dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif mahasiswa fisika melalui materi termodinamika.

Rumusan masalah 3: **Bagaimana respon mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model pembelajaran model PSF pada konsep Hukum-hukum Newton?**

Hasil penelitian tentang respon mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model pembelajaran model PSF pada konsep Hukum-hukum Newton adalah positif. Sebanyak 21 orang mahasiswa menyukai pembelajaran dan 9 orang mahasiswa tidak menyukai.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan di dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Terdapat peningkatan pemahaman konsep hukum-hukum Newton mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model *Problem Solving Fisika* dengan N-gain sebesar 0,62 dengan kategori sedang.
- 2) Terdapat peningkatan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan model *Problem Solving Fisika* dengan N-gain sebesar 0,51 dengan kategori sedang.
- 3) Respon mahasiswa dalam memecahkan masalah hukum-hukum Newton dalam konsep hukum-hukum Newton adalah positif.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disarankan:

- 1) Model *Problem Solving Fisika* dapat dijadikan model pembelajaran konsep dinamika di perguruan tinggi, terutama untuk sub konsep Hukum-hukum Newton.
- 2) Soal tes keterampilan berpikir kreatif disarankan menggunakan tes Keterampilan berpikir kreatif dari Torrance (*Torrance Test Creative Thinking*).
- 3) Dalam menggunakan model PSF dibutuhkan waktu cukup lama sehingga dibutuhkan pengelolaan waktu agar sesuai dengan perencanaan.
- 4) Perlu dilakukan penelitian lanjutan pada materi yang berbeda.

REFERENSI

Abdullah, S. & Abbas, M. (2006). The effect of inquiry-based computer simulation with cooperative learning on scientific thinking and conceptual understanding. *Malaysian On Line journal of Instructional Technology*, 3(2). 1-16.

- Chua, Y.P. (2004). *Creative and Critical Thinking Styles*. Serdang: Universiti Putra Malaysia Press.
- Eldy, E.F. & Sulaiman, F. (2013). The Role of PBL in Improving Physics Students' Creative Thinking and Its Imprint on Gender. *International Journal of Education and Research*, 1(6). 1-10.
- Gardner, H. (1999). *The discipline mind: What all students should understand*. New York: Simon & Schuster Inc.
- Liliawati, W. (2011). Pembekalan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMA melalui Pembelajaran Fisika Berbasis Masalah. *Jurnal Pengejaran MIPA*, 16(2). 93-98.
- Mestre, J.P. (1994). *Cognitive aspects of learning and teaching science*. In S.J. Fitzsimmons & L.C. Kerpelman (Eds.), *Teacher enhancement for elementary and secondary science and mathematics; status, issues, and problems*, 3.1-3.53. Arlington, VA: National Science Foundation.
- Reif, F. (1987). Interpretation of scientific and mathematical concepts: Cognitive issues and instructional implications. *Cognitive Science*, 11, 395-416.
- Reif, F. (1995). Millikan Lecture 1994: Understanding and teaching important scientific thought processes. *American Journal of Physics*, 63, 17-32.
- Sugiyono. (2006). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Savinainen, A. & Scott, P. (2002). "The Force Concept Inventory. A Tool for Monitoring Student Learning". *Physics Education*. 37(1), 45-52
- Tipler. (2001). *Fisika*. Untuk Sains dan Teknik. Edisi ketiga. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Warimun. E.S.(2014). Pembelajaran Fisika Topik Listrik dengan menggunakan Model Problem solving pada Mahasiswa Pendidikan Fisika untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Kemampuan Problem Solving Fisika. *Prosiding Seminar dan Rapat Tahunan Bidang MIPA*, ISBN 978-602-70491-0-9. Hal. 252-259.

**MENINGKATKAN KEMAMPUAN MEMECAHKAN MASALAH DAN
MENGELOLA DIRI SENDIRI MELALUI SELF ASSESMENT MAHASISWA
PENDIDIKAN FISIKA PPS UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

Festiyed¹⁾, Djusmaini Djamas²⁾,

FMIPA,

Universitas Negeri Padang

E-mail festiyed@fmipa.unp.ac.id dan festiyed@ymail.com

E-mail djusmanidjamas@yahoo.co.id

ABSTRACT

The aim of this research is to enhance critical thinking abilities focus on problem solving and self management through performance based assessment. This research used action research model with kualitatif and kuantitatif analisis. The Subject of this research is post graduate student of physics in Universitas Negeri Padang (UNP). Research procedure lasts in 4 cycles, the 4th cycles marked by the achievement of students' ability to solve problems and self management on interval $66 \leq N \leq 79$. Every cycle followed by preparing, action, observing, and reflection. The result of final cycle is the average of problem solving ability is 75 and self management ability is 78,8u. its showed that performance based assessment can enhance the ability of problem solving and self management.

Keywords: Problem Solving, Self Management, Performance Based Assessment

PENDAHULUAN

Pendidikan di era globalisasi mengalami pergeseran paradigma sesuai dengan tantangan dan peluang yang terjadi di kehidupan nyata. Begitu juga dunia kerja selain kemampuan akademis diperlukan kemampuan untuk bekerja sama dalam team, kemampuan pemecahan masalah, kemampuan mengelola diri, berpikir kritis, menguasai teknologi serta mampu berkomunikasi dengan efektif. Kemampuan-kemampuan tersebut diatas disebut harus dikembangkan secara sistematis dalam dunia pendidikan, sehingga proses pembelajaran diharapkan dapat mendorong terciptanya kemampuan beradaptasi dan berinovasi. Untuk ini diperlukan: **kebijakan pendidikan** yang memberikan arahan yang jelas mengenai tujuan dan target yang ingin dicapai serta cara untuk mencapainya; **Pengembangan kompetensi pendidik** sehingga mampu mengubah proses pembelajarannya dari yang tradisional berpusat pada guru menjadi berpusat pada siswa; **Integrasi teknologi dalam proses belajar** merupakan sebuah keniscayaan, siswa harus diarahkan dan diberikan kesempatan yang sebesar-besarnya dalam mencari informasi sesuai dengan target pembelajaran; **Riset dan**

evaluasi, setiap proses apapun membutuhkan umpan balik untuk menyempurnakan sistemnya (Festiyed, 2015). Riset dan evaluasi menjadi penting untuk melihat dampak keberhasilan dari setiap kebijakan, sedangkan riset menjadi penting agar kita selalu dalam kondisi aktual dalam pengembangan dunia pendidikan.

Hasil riset pendahuluan pada kelas yang diampu (2014), untuk dua kelas rata-rata kemampuan berfikir kritis mahasiswa pada mata kuliah pengembangan evaluasi pembelajaran fisika untuk kemampuan pemecahan masalah (*problem solving*) dengan indikatornya: Mengidentifikasi permasalahan serta menggali informasi yang relevan dengan permasalahan, Mendefinisikan permasalahan yang akan dicari-kannya solusinya, Mengevaluasi berbagai alternatif solusi serta mengurutkannya, Mengambil keputusan atau mengambil tindakan berdasarkan kriteria yang sudah ditetapkan, Melihat konsekuensi atas putusan yang diambil, Menerapkan solusi yang telah diputuskan serta memeriksa hasilnya, Memecahkan permasalahan secara mandiri. Dan Kemampuan mengelola diri sendiri (*self-management*) dengan indikator: Bertanggungjawab terhadap tindakan-tindakan yang diambil, Membuat rencana kerja (pembelajaran) secara sistematis, Melaksanakan rencana kerja (pembelajaran) secara konsisten, Bersikap tenang dalam menghadapi situasi penuh tekanan, Melakukan evaluasi diri dan mengupayakan perbaikan guna peningkatan kinerja (prestasi belajar), Memiliki keyakinan akan kemampuan untuk menyelesaikan pekerjaan (tugas-tugas perkuliahan), secara rata-rata berada pada kategori rendah sampai sedang atau berada pada interval $45 \leq N \leq 65$.

Dari analisis tersebut diperlukan pembelajaran yang dapat meningkatkan kemampuan berfikir kritis mahasiswa. Salah satu usaha yang telah dilakukan dalam pembelajaran dengan memberikan keterampilan kepada mahasiswa mempraktekkan bagaimana mengaplikasikan pengetahuan dan keterampilannya untuk mencapai tujuan melalui Asesmen otentik, tetapi belum menekankan pada self Assessment. Asesmen otentik yang berkisar dari jawaban yang relative sederhana sampai pada proyek jangka panjang yang meminta mahasiswa untuk mendemonstrasikan hasil kerjanya, dan hal ini membutuhkan peran serta pemikiran kritis untuk menyatukan beberapa keterampilan yang berbeda-beda. Dalam suatu sistem penilaian yang lengkap, diperlukan keseimbangan antara penilaian kinerja yang lebih sederhana dan juga lebih kompleks. Asesmen dapat digunakan untuk melihat keberhasilan proses pembelajaran yang dilakukan sebagai acuan dalam membuat kegiatan/program baru dalam rangka mengembangkan keterampilan dan pengetahuan mahasiswa dan pendidik, juga sebagai bahan pertimbangan dalam membuat suatu kebijakan-kebijakan. Asesmen yang dilakukan oleh pendidik dan satuan pendidik merupakan penilaian internal (*internal assessment*), sedangkan yang diselenggarakan oleh pemerintah merupakan penilaian eksternal (*external assessment*). Penilaian diri (*Self Assessment*) salah satu bentuk penilaian internal merupakan cara untuk melihat kedalam diri sendiri. Melalui penilaian diri mahasiswa dapat melihat kelebihan maupun kekurangannya, untuk selanjutnya kekurangan ini menjadi tujuan perbaikan (*improvement goal*). Dengan demikian, mahasiswa lebih bertanggungjawab terhadap proses dan pencapaian capaian pembelajarannya (Huiqing Zheng, 2012; Sasikarn Howchatturat, 2014; Kimberley A. Grant, 2014).

Rolheiser dan Ross (2013) mengajukan suatu model teoretik untuk menunjukkan kontribusi penilaian diri terhadap pencapaian tujuan. Model tersebut menekankan bahwa, ketika melakukan penilaian sendiri performansinya, mahasiswa terdorong untuk menetapkan

tujuan yang lebih tinggi (*goals*). Untuk itu, mahasiswa harus melakukan usaha yang lebih keras (*effort*). Kombinasi dari *goals* dan *effort* ini menentukan prestasi (*achievement*); selanjutnya prestasi ini berakibat pada penilaian terhadap diri (*self-judgment*) melalui kontemplasi seperti pertanyaan, ‘Apakah tujuanku telah tercapai?’. Akibatnya timbul reaksi (*self-reaction*) seperti ‘Apa yang aku dapatkan dari prestasi yang diusahakan?’. Kedua penulis menekankan asesmen-diri adalah kombinasi dari komponen *self-judgment* dan *self-reaction*.

Asesmen-diri mahasiswa merupakan suatu elemen kunci dalam asesmen autentik dan dalam pembelajaran yang dikendalikan sendiri oleh mahasiswa (*self-regulated learning*). Asesmen-diri menggalakkan keterlibatan langsung dalam pembelajaran dan pengintegrasian kemampuan-kemampuan kognitif dengan motivasi dan sikap menuju pembelajaran. Dalam pembelajaran mahasiswa yang mengatur pembelajaran mereka secara mandiri, mereka membuat pilihan-pilihan, memilih kegiatan-kegiatan pembelajaran, dan merencanakan bagaimana menggunakan waktu dan sumber belajar mereka. Mereka memiliki kebebasan untuk memilih kegiatan-kegiatan menantang, berani mengambil resiko, membuat kemajuan pembelajaran mereka sendiri, dan menyelesaikan tujuan-tujuan yang diinginkan. Karena mereka memegang kendali atas pembelajaran mereka sendiri (*self-regulated learners*), *sehingga* mereka dapat memutuskan bagaimana menggunakan sumber belajar yang tersedia bagi mereka dalam atau di luar kelas, bekerja sama dengan mahasiswa lain dalam bertukar ide, mencari bantuan bila diperlukan, dan memberikan dukungan kepada teman sebaya mereka. Akhirnya, *self-regulated learners* atau *pebelajar mandiri* memonitor kinerja mereka sendiri dan mengevaluasi kemajuan dan hasil belajar mereka sendiri. Asesmen-diri dan pengelolaan diri seperti dijabarkan pada Tabel 1, merupakan inti jenis pembelajaran ini dan seharusnya merupakan suatu bagian keseharian dari pengajaran. (O’Malley & Pierce 1996).

Tabel 1.

Indikator kemampuan pemecahan masalah (problem solving) dan Kemampuan mengelola diri sendiri (self- management)

No	Komponen berfikir kritis	Indikator
1	Kemampuan pemecahan masalah (<i>problem solving</i>)	Mengidentifikasi permasalahan serta menggali informasi yang relevan dengan permasalahan
		Mendefinisikan permasalahan yang akan dicari-kannya
		Mengevaluasi berbagai alternatif solusi serta mengurutkannya
		Mengambil keputusan atau mengambil tindakan berdasarkan kriteria yang sudah ditetapkan
		Melihat konsekuensi atas putusan yang diambil
		Menerapkan solusi yang telah diputuskan serta memeriksa

		hasilnya
		Memecahkan permasalahan secara mandiri
2	Kemampuan mengelola diri sendiri (<i>self-management</i>)	Bertanggungjawab terhadap tindakan-tindakan yang diambil
		Membuat rencana kerja (pembelajaran) secara sistematis
		Melaksanakan rencana kerja (pembelajaran) secara konsisten
		Bersikap tenang dalam menghadapi situasi penuh tekanan
		Melakukan evaluasi diri dan mengupayakan perbaikan guna peningkatan kinerja (prestasi belajar)
		Memiliki keyakinan akan kemampuan untuk menyelesaikan pekerjaan (tugas-tugas perkuliahan)
		Mengelola berbagai sumberdaya yang dimiliki untuk menghasilkan unjuk kerja terbaik

Self assessment dapat mempengaruhi sikap dan persepsi yang positif terhadap pembelajaran. Dengan melibatkan mahasiswa secara aktif dalam proses penilaian hasil belajar mereka dan dalam menyusun sasaran pembelajaran (learning goal) mereka sendiri, mahasiswa akan terbangun motivasinya dalam belajar karena mereka melihat proses belajar sebagai sesuatu yang mempunyai arti bagi mereka (meaningful). Mereka juga membangun sikap “ownership” terhadap proses belajar mereka karena mereka bisa terus memantau perkembangan mereka sendiri, kapan mereka berhasil mencapai tujuan dan langkah apa yang harus diambil bila mereka masih belum mencapainya. Proses self assessment membangun persepsi yang positif terhadap keseluruhan proses belajar.

Self assessment juga memperluas dan memperhalus pengetahuan mahasiswa karena ketika mereka mengevaluasi diri, mereka harus menganalisa apa yang mereka telah pelajari secara lebih dalam dan lebih teliti. Dibutuhkan kemampuan berpikir kritis untuk bisa memikirkan dan menganalisa apa yang kita telah pelajari (metacognition). Sejalan dengan penelitian Djusmaini Djamas(2014), Dengan memikirkan dan mengkomunikasikan hasil pemikiran ini, mahasiswa sudah memperluas dan memperhalus kualitas pengetahuannya karena tingkatannya bukan hanya tahu dan mengerti, tetapi sudah sampai pada analisis, sintesis, dan evaluasi.

Kebiasaan dan kemampuan mahasiswa untuk mengevaluasi diri secara terus menerus akan menghasilkan kebiasaan produktif dari pikiran (productive habits of mind). Salah satu cara untuk membangun kebiasaan ini adalah dengan menerapkan kebiasaan untuk melakukan self assessment dalam proses pembelajaran. Pembelajaran melalui self asesmen dikembangkan berdasarkan keterampilan berpikir kritis menurut Ennis pada aspek ability, yaitu: kemampuan berfikir kritis dalam hal Kemampuan pemecahan masalah (*problem solving*) dan Kemampuan mengelola diri sendiri (*self-management*). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengembangkan kemampuan berfikir kritis dalam

pemecahan masalah (*problem solving*) dan mengelola diri sendiri (*self-management* pada pembelajaran melalui *self-assessment*).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan model penelitian tindakan partisipan (*participatory action research*). Penelitian ini menggabungkan metode kualitatif, metode kuantitatif dan metode eksperimen sederhana. Metode kualitatif digunakan ketika tahapan persiapan, metode kuantitatif digunakan ketika tahapan pelaksanaan penelitian diwujudkan dalam bentuk proses pelaksanaan dan penilaian selama proses penelitian tindakan. Siklus penelitian berakhir saat tercapai kemampuan berfikir kritis dengan kriteria sangat baik. Setiap siklus mengikuti langkah: perencanaan, pelaksanaan, observasi dan refleksi. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa prodi S2 Pendidikan Fisika UNP yang mengambil mata kuliah Pengembangan evaluasi Pembelajaran Fisika pada semester genap 2014/2015. Jumlah mahasiswa PPs Pendidikan Fisika terdaftar keseluruhan 152 orang dan yang menjadi subjek penelitian dua kelas 32 tetapi untuk penelitian tahap awal memenuhi persyaratan 21 orang. Analisis data yang digunakan analisis reflektif dan evaluatif. Analisis reflektif merupakan upaya untuk mengingat dan merenungkan kembali suatu tindakan yang telah dilakukan. Refleksi berusaha memahami proses, masalah, persoalan dan kendala nyata dalam tindakan strategik. Dalam hal ini analisis refleksi dilakukan dengan mempertimbangkan ragam perspektif yang mungkin ada dan memahami persoalan yang muncul beserta kendalanya. Dalam kegiatan analisis reflektif ini seluruh peneliti dikumpulkan bersama untuk melakukan suatu diskusi. Diskusi ditekankan pada membahas proses tindakan yang telah dilakukan untuk menemukan persoalan dan kendala yang dihadapi dalam melaksanakan tindakan. Kemudian ditentukan langkah-langkah antisipasi yang dapat dilakukan untuk memperbaiki tindakan selanjutnya. Hasil analisis reflektif ini selanjutnya dilakukan pembahasan untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan tindakan terhadap capaian kinerja dalam pembelajaran. Hasil capaian tindakan inilah yang selanjutnya dijadikan sebagai bahan masukan untuk menentukan tindakan selanjutnya. Tingkat capaian tindakan ditunjukkan dalam angka-angka, diukur menggunakan skala 1 – 5. Skor 1 menunjukkan tidak ada kinerja yang ditandai dengan tingkat capaian pembelajaran rendah sekali atau sangat tidak kompeten, sedang skor 5 menunjukkan kinerja sangat meyakinkan dan bermakna yang ditandai dengan tingkat capaian pembelajaran tinggi sekali atau sangat kompeten, klasifikasi tingkat capaian kinerja seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. *Klasifikasi Tingkat Kinerja Capaian Kemampuan Pemecahan Masalah dan Mengelola diri*

Kategori	Interval	Rentang
1	Rendah sekali (Tidak kreatif)	$0 \leq N \leq 39$
2	Rendah (Kurang kreatif)	$40 \leq N \leq 55$
3	Sedang (Cukup kreatif)	$56 \leq N \leq 65$

4	Tinggi (Kreatif)	$66 \leq N \leq 79$
5	Tinggi Sekali (Sangat kreatif)	$80 \leq N \leq 100$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dapat dibagi menjadi 4 tahap: persiapan, pelaksanaan, observasi dan refleksi. Tahap persiapan berupa perencanaan bersama pengamat untuk: 1) Menghasilkan Rencana Perkuliahan Semester (RPS), Lembar tugas dan rubrik penilaian self assesment, Lembar observasi dan Format catatan Lapangan, checklist penilaian diri yang mencirikan model tindakan berupa pembelajaran yang mengaktifkan mahasiswa untuk memecahkan masalah dan mengelola diri sendiri melalui *self assessment*. 2) *Menugaskan semua mahasiswa* mencari solusinya secara teoritis dan dikerjakan secara pribadi dan dikumpul setiap minggu. 3) Membagi mahasiswa menjadi 7 kelompok secara heterogen. Tiap kelompok beranggotakan 3 orang, masing-masing bertugas: membuat analisis dari resume tugas pribadi anggota kelompok dan membuat matrik hasil resume dari hasil tugas mahasiswa tahun sebelumnya dan ditambah sumber terbaru; membuat penelitian pengembangan mini sesuai masalah yang diturunkan dari bahan kajian dan membandingkan dengan kejadian dilapangan; Dan menyiapkan presentase untuk diseminarkan.

Berikutnya tahap Pelaksanaan (Implementation) ini peneliti menerapkan pembelajaran yang mengaktifkan mahasiswa dimana kelompok mempresentasikan dan mendiskusikan. Pembelajaran dilaksanakan melalui *self-assessment* dalam bentuk tugas (*tasks*): Persiapan tugas mahasiswa dilakukan dalam empat tahapan, yaitu: Tahap 1 Mengidentifikasi capaian kemampuan akhir mahasiswa: Merumuskan pernyataan untuk tujuan umum (*goal*) dari pembelajaran dan capaian kemampuan akhir yang harus diketahui dan dapat dilakukan mahasiswa. Tahap 2 Memilih suatu tugas otentik: Menganalisis standar yang dibuat, dan menganalisis kenyataan (dunia) sesungguhnya berupa tugas memecahkan masalah yang terjadi di kehidupan sehari-hari. Tahap 3 Mengidentifikasi Kriteria untuk tugas: kriteria tugas disesuaikan dengan indikator-indikator dari kemampuan berfikir kritis: dinyatakan dengan jelas, singkat, pernyataan tingkah laku dapat diamati dan ditulis dalam bahasa yang dipahami mahasiswa. Jumlah kriteria setiap tugas: dibatasi hanya pada unsur-unsur yang esensial dari suatu tugas (antara 3-4, di bawah 10), tidak perlu mengukur setiap detail tugas. Tahap 4 Menciptakan standar kriteria atau rubrik (*rubrics*): menggunakan rubrik holistic, dengan pertimbangan seberapa baik seseorang telah menampilkan tugasnya secara keseluruhan. Rubrik dapat dipahami sebagai sebuah skala penyekoran yang dipergunakan untuk menilai kinerja mahasiswa untuk tiap kriteria terhadap tugas-tugas tertentu. Dua hal pokok yang dibuat pada setiap rubrik, yaitu kriteria dan tingkat capaian kinerja tiap kriteria. Kriteria mengacu kepada indikator-indikator capaian pembelajaran.

Selama pelaksanaan pembelajaran dilakukan penilaian dengan langkah sebagai berikut. Langkah pertama: menentukan kriteria penilaian. Pendidik mengajak mahasiswa bersama-sama menetapkan kriteria penilaian. Pada perkuliahan pertemuan pertama diberikan sosialisasi tujuan pembelajaran dan curah pendapat untuk menetapkan capaian pembelajaran dan kriteria yang akan di nilai. Langkah kedua: memastikan semua mahasiswa tahu

bagaimana caranya menggunakan kriteria tersebut untuk menilai kinerjanya. Kriteria ini dilengkapi dengan bagaimana cara mencapainya. Dengan kata lain, kriteria penilaian adalah produknya, sedangkan proses mencapai kriteria tersebut dipantau dengan menggunakan ceklis penilai diri. Cara mengembangkan kriteria penilaian sama dengan mengembangkan rubrik penilaian dalam asesmen kinerja. Ceklis penilaian diri dikembangkan berdasarkan hakikat tujuan tersebut dan bagaimana mencapainya. Langkah ketiga: memberikan umpan balik pada mahasiswa berdasarkan hasil penilaian dirinya, yang akan diperbaikinya pada tugas berikutnya. Langkah keempat mengarahkan mahasiswa untuk mengembangkan sendiri tujuan dan rencana kerja berikutnya sesuai dengan umpan balik pada langkah tiga.

Sebelum proses perkuliahan dilakukan semua mahasiswa diberikan RPS dan modul serta rubrik penilaian autentik untuk satu semester. Tugas diberikan untuk dikerjakan secara individu dan berkelompok. Tugas individu berupa assesmen fortopolio hasil analisis bahan kajian pada modul dan menambahnya dengan minimal 5 sumber bacaan terbaru sesuai bahan kajian yangtelah ditentukan setiap minggu. Tugas kelompok (beranggota 3 orang) berupa assesmen proyek dalam bentuk makalah dan dipresentasikan, makalah berupa laporan studi kasus implementasi penilaian fisika di lapangan dengan landasan teorinya sama dengan tugas individu. Pemberian kasus tersebut dilakukan bertujuan agar mahasiswa memiliki pemahaman awal yang sama yang selanjutnya akan dikaji bersama dalam kelompok dituangkan dalam makalah untuk dipresentasikan. Setelah presentasi dan diskusi dosen memberikan penguatan konsep dan langkah implementasi self-assessment kepada mahasiswa sesuai dengan topik bahasan yang ada. Hasil Tugas dan self assessment tersebut akan dianalisis untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa.

Tahap Pemantauan (Monitoring)

Pada tahapan ini dilakukan pemantauan terhadap proses pembelajaran. Beberapa hal yang dipantau adalah partisipasi aktif mahasiswa secara individu dan dalam kelompok, kemampuan berfikir kritis dalam hal Kemampuan pemecahan masalah (problem solving) dan Kemampuan mengelola diri sendiri (self-management) serta capaian pembelajaran mahasiswa berupa hasil penyelesaian permasalahan yang diberikan dosen. Kegiatan monitoring ini lebih diarahkan untuk mengetahui tingkat keberhasilan proses pembelajaran yang telah diperbaiki setelah dilakukan remedial individu kelompok dan klasikal. Di samping itu kegiatan monitoring juga diupayakan untuk mengetahui kelemahan yang ditemukan dalam proses pembelajaran. Kelemahan-kelemahan yang berhasil diidentifikasi tersebut selanjutnya dijadikan sebagai bahan masukan bagi penyempurnaan proses pembelajaran pada siklus berikutnya.

Tahap Refleksi (Reflection)

Pada tahapan ini dosen dan pengamat melakukan perenungan dan diskusi terhadap proses implementasi yang telah dilakukan. Pada tahap ini peneliti mengevaluasi pelaksanaan tindakan dengan memverifikasi hipotesis tindakan. Hasil verifikasi ini kemudian dikaji dan didiskusikan untuk menentukan permasalahan-permasalahan yang spesifik yang belum terpecahkan, menganalisis sumber penyebabnya, serta mencari titik lemah tindakan yang telah dilakukan. Hasil pengkajian ini digunakan sebagai masukan untuk menentukan rencana tindakan pada siklus berikutnya

Tabel 1. *Rata-Rata Efek Tindakan Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah*

No	Indikator Kemampuan pemecahan masalah	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	Siklus 4
1	Mengidentifikasi permasalahan serta menggali informasi yang relevan dengan permasalahan	73.30	75.00	77.50	78.30
2	Mendefinisikan permasalahan yang akan dicari-kannya solusinya	75.00	76.70	82.50	85.00
3	Mengevaluasi berbagai alternatif solusi serta mengurutkannya	50.00	55.00	68.80	73.30
4	Mengambil keputusan atau mengambil tindakan berdasarkan kriteria yang sudah ditetapkan	73.03	75.00	76.30	76.70
5	Melihat konsekuensi atas putusan yang diambil	58.30	60.00	67.50	70.00
6	Menerapkan solusi yang telah diputuskan serta memeriksa hasilnya	61.70	63.30	67.50	71.70
7	Memecahkan permasalahan secara mandiri	50.00	56.70	66.83	70.30
	Rerata	63.05	65.96	72.42	75.04

Pada awal siklus diperoleh kemampuan pemecahan masalah dalam hal mengevaluasi berbagai alternatif solusi serta mengurutkannya, melihat konsekuensi atas putusan yang diambil, dan memecahkan permasalahan secara mandiri berada pada kategori rendah (50). Setelah refleksi dilakukan melalui remedial kelompok dan klasikal disetiap siklus diperoleh peningkatan untuk semua kemampuan pemecahan masalah, sehingga siklus ke 4, diperoleh secara total rata-rata kemampuan pemecahan masalah berada pada kategori tinggi (75,04). Hal ini Melalui penilaian diri mahasiswa dapat melihat kelebihan maupun kekurangannya, untuk selanjutnya kekurangan ini menjadi tujuan perbaikan (*improvement goal*). Dengan demikian, mahasiswa lebih bertanggungjawab terhadap proses dan pencapaian capaian pembelajarannya (Huiqing Zheng, 2012; Sasikarn Howchatturat, 2014; Kimberley A. Grant, 2014). Lebih lanjut klasifikasi sebaran kemampuan pemecahan masalah dalam lima kategori seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. *Klasifikasi Jumlah Mahasiswa dan Prsentase Kemampuan Pemecahan Masalah*

Kategori	Rentang	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	Siklus 4
----------	---------	----------	----------	----------	----------

	Skor	Jml	%	Jml	%	Jml	%	Jml	%
Rendah sekali	$0 \leq N \leq 39$	2	6.3						
Rendah	$40 \leq N \leq 55$	7	21.9	7	21.9	3	9.4		
Sedang	$56 \leq N \leq 65$	12	37.5	13	40.6	11	34.4	9	28.1
Tinggi	$66 \leq N \leq 79$	9	28.1	12	37.5	15	46.9	20	62.5
Tinggi Sekali	$80 \leq N \leq 100$	0		0		3	9.4	3	9.4
Total		32		32		32		32	

Berdasarkan statistik deskriptif tersebut, secara umum kemampuan pemecahan masalah mahasiswa dapat meningkat melalui self-assesmnt, bila dibandingkan keadaan pada siklus satu 37,5% pada kategori sedang dan 28.1 % pada kategori tinggi menjadi 28.1% pada kategori sedang, 62.5 % kategori tinggi dan 9.4% pada tinggi sekali pada siklus keempat.

Efek Tidak Terhadap Kemampuan Mengelola Diri sendiri

Kemampuan mengelola diri yang dimaksud merupakan ketercapaian 7 indikator Tabel 3 berikut:

Tabel 3.

Rata-Rata Efek Tidak Terhadap Kemampuan Mengelola Diri

No	Indikator Mengelola diri	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	Siklus 4
1	Bertanggungjawab terhadap tindakan-tindakan yang diambil	51.7	55	62.5	71.7
2	Membuat rencana kerja (pembelajaran) secara sistematis	83.3	81.7	85	88.3
3	Melaksanakan rencana kerja (pembelajaran) secara konsisten	60	63.3	68.8	70
4	Bersikap tenang dalam menghadapi situasi penuh	75	80	82.5	86.7

	tekanan				
5	Melakukan evaluasi diri dan mengupayakan per-baikannya guna peningkatan kinerja (prestasi belajar)	81.7	81.7	83.8	86.7
6	Memiliki keyakinan akan kemampuan untuk menyelesaikan pekerjaan (tugas-tugas perkuliahan)	51.7	60	65	65
7	Mengelola berbagai sumberdaya yang dimiliki untuk menghasilkan unjuk kerja terbaik	66.7	68.3	73.8	83.3
	Rata-rata	67.16	70.00	74.49	78.81

Pada awal siklus diperoleh kemampuan mengelola diri dalam hal Bertanggungjawab terhadap tindakan-tindakan yang diambil. Memiliki keyakinan akan kemampuan untuk menyelesaikan pekerjaan (tugas-tugas perkuliahan) berada pada kategori rendah (51,7). Setelah refleksi dilakukan melalui remedial kelompok dan klasikal disetiap siklus diperoleh peningkatan untuk semua kemampuan mengelola diri, sehingga siklus ke 4, diperoleh secara total rata-rata kemampuan mengelola diri berada pada kategori tinggi (78,81). Hal ini menurut Rolheiser dan Ross (2013) ketika melakukan penilaian sendiri performansinya, mahasiswa terdorong untuk menetapkan tujuan yang lebih tinggi (*goals*). Untuk itu, mahasiswa harus melakukan usaha yang lebih keras (*effort*). Kombinasi dari *goals* dan *effort* ini menentukan prestasi (*achievement*); selanjutnya prestasi ini berakibat pada penilaian terhadap diri (*self-judgment*) melalui kontemplasi seperti pertanyaan, 'Apakah tujuanku telah tercapai?' Akibatnya timbul reaksi (*self-reaction*) seperti 'Apa yang aku dapatkan dari prestasi yang diusahakan?'. Kedua penulis menekankan asesmen-diri adalah kombinasi dari komponen *self-judgment* dan *self-reaction*.

Lebih lanjut klasifikasi kemampuan mengelola diri dalam lima kategori seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Kemampuan Mengelola Diri

Kategori	Rentang Skor	Siklus 1		Siklus 2		Siklus 3		Siklus 4	
		Jml	%	Jml	%	Jml	%	Jml	%
Rendah sekali	$0 \leq N \leq 39$	3	9,4	0		0	0	0,0	0,0

Kategori	Rentang Skor	Siklus 1		Siklus 2		Siklus 3		Siklus 4	
		Jml	%	Jml	%	Jml	%	Jml	%
Rendah	$40 \leq N \leq 55$	10	31,3	3	9.4	0	0	0,0	0,0
Sedang	$56 \leq N \leq 65$	13	40,6	16	50.0	10	31.3	10	31.3
Tinggi	$66 \leq N \leq 79$	6	18,8	13	40.6	22	68.8	19	59.4
Tinggi Sekali	$80 \leq N \leq 100$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3	9.4
Total		32		32		32		32	

Berdasarkan statistik deskriptif tersebut, secara umum kemampuan mahasiswa dalam mengelola diri di akhir siklus 59,4% dalam kategori tinggi dan 9,4% mahasiswa mempunyai kemampuan mengelola diri dalam kategori tinggi sekali.

Pengembangan kemampuan berfikir kritis mahasiswa melalui *self-assessment* pada pembelajaran evaluasi Pembelajaran Fisika memberikan implikasi pentingnya *self-assessment*. *Self-assessment* merupakan suatu elemen kunci dalam asesmen autentik, dimana pembelajaran yang dikendalikan sendiri oleh mahasiswa (*self-regulated learning*). Asesmen diri mengharuskan keterlibatan langsung mahasiswa dalam mengintegrasikan pengetahuan, ketrampilan dan sikap. Mahasiswa mengatur pembelajaran mereka secara mandiri, mereka membuat pilihan-pilihan, memilih kegiatan-kegiatan pembelajaran, dan merencanakan bagaimana menggunakan waktu dan sumber belajar mereka. Mereka memiliki kebebasan untuk memilih kegiatan-kegiatan menantang, berani mengambil resiko, membuat kemajuan pembelajaran mereka sendiri, dan menyelesaikan tujuan-tujuan yang diinginkan. Karena mereka memegang kendali atas pembelajaran mereka sendiri, mereka dapat memutuskan bagaimana menggunakan sumber belajar yang tersedia bagi mereka di dalam atau di luar kelas. Mahasiswa yang mengatur diri sendiri pembelajaran mereka tersebut (*self-regulated learners*) bekerja sama dengan mahasiswa lain dalam bertukar ide, mencari bantuan bila diperlukan, dan memberikan dukungan kepada teman sebaya mereka. Akhirnya, *self-regulated learners* atau mahasiswa secara mandiri mengatur kinerja mereka sendiri dan mengevaluasi kemajuan dan hasil belajar mereka sendiri.

Hasil penelitian mengindikasikan melalui self assessment dapat meningkatkan capaian kemampuan berfikir kritis untuk pemecahan masalah dan kemampuan mengelola diri dari kategori sedang menjadi kategori baik. Dan Hasil-hasil implementasi pembelajaran melalui self-assessment menunjukkan hasil yang positif dalam menilai capaian pembelajaran mahasiswa. Hal ini sejalan dengan pendapat Allen & Velden (2005) yang menyatakan bahwa pada self-assessment, individu diminta untuk menilai tingkat keterampilan mereka sendiri pada domain yang berbeda-beda. Jönsson (2008) juga menyatakan penilaian otentik dapat memberikan data yang lebih valid tentang kompetensi mahasiswa. Hasil-hasil

analisis menunjukkan, sebanyak 68,5% mahasiswa menunjukkan kemampuan pemecahan masalah dalam kategoritinggi dan tinggi sekali, serta sebanyak 80,0% mahasiswa menunjukkan kemampuan mengelola diri sendiri dalam kategori tinggi dan tinggi sekali. Secara rata-rata, hasil ini dapat dimaknai sebagai indikasi kemampuan *employability skills* mahasiswa dalam kategori baik. Sejalan dengan pendapat McMillan & Hearn (2008) yang menyebutkan penilaian diri sendiri (*self-assessment*) menghendaki mahasiswa menilai pekerjaan mereka sendiri, berdasarkan bukti dan kriteria yang jelas, untuk tujuan memperbaiki kinerja masa depan. Melalui asesmen diri mahasiswa dapat melihat kelebihan maupun kekurangannya, untuk selanjutnya kekurangan ini menjadi tujuan perbaikan (*improvement goal*). Melalui perbaikan prosesbelajar, model penilaian ini dapat mengembangkan kemampuan mahasiswa dalam menerapkan pengetahuan dan keterampilannya untuk pemecahan masalah-masalahnyata, serta membuat mahasiswa lebih bertanggungjawab terhadap proses dan pencapaiantujuan belajarnya. Pembelajaran model ini tentu memberikan proses pembelajaran kepada mahasiswa melalui penilaian diri secara terus menerus terhadap capaian pembelajaran mahasiswa. Hasil penelitian ini menjadi dasar dalam melakukan perbaikan guna meningkatkan kinerja di masa mendatang.

KESIMPULAN

Keterlibatan mahasiswa dalam penilaian diri, menuntut mereka lebih berkreasi, belajar jujur, adil, tanggung jawab, berani mengkritisi diri sendiri, disiplin, meningkatkan kompetensi, percaya diri, meningkatkan konsentrasi belajar, menggunakan waktu dengan baik, terus menerus melakukan perbaikan, semangat/motivasi bekerja. Dengan demikian mahasiswa akan bisa berfikir kritis mengetahui kelemahan dan kekuatan dirinya. Modelini telah memenuhi prinsip-prinsip dasar penilaian, yakni prinsip validitas, prinsip reliabilitas, terfokus pada kompetensi, komprehensif, prinsip objektivitas, dan prinsip mendidik. Berdasarkan hasil-hasil proses refleksi dapat disimpulkan bahwa kemampuan pemecahan masalah dan kemampuan mengeloladiri mahasiswa dalam kategori baik. Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan melihat implikasi penerapan pembelajaran *authentic* dan penilaian juga *authentic* pada semua. Penelitian lanjutan juga diperlukan dengan menggunakan kelas control sehingga bisa dibedakan hasilnya.

REFERENSI

- Andrade, H. & Valtcheva, A. (2009). Promoting learning and achievement through self-assessment. *Theory Into Practice*, 48, 12-19.
- Allen, Jim., Raamakers, Ger & Velden. (2005). Measuring Competencies of Higher Education Graduates. *Enhancing Alumni Research : European and American Perspectives, New Directions for Institutional Research*. (126) : 49-59
- Boud, D. 1995. *Enhancing Learning through Self-Assessment*. London: Kogan Page.
- Djaali, H & Pudji, Mulyono. 2008. *Pengukuran Dalam Bidang Pendidikan*. Jakarta: Grasindo.

- Djamas, Djusmaini.dkk. 2012. Korelasi Antara Keterampilan dengan Karakter Berfikir Kritis dan Hasil Belajar Fisika Siswa dalam Pembelajaran Berbasis Problem Based Learning (PBL) Kelas X SMAN 5 Padang. *Pillar of Physics Education*. 4 : 73
- Festiyed (2015), *Inovasi Pembelajaran MIPA Untuk Mewujudkan Lulusan Yang Bermutu*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional, STKIP Tapanuli Selatan Padang Sidempuan 29 Januari 2016.
- Huiqing Zheng, Jianbin Huang, and Ying Chen (2012) Effects of Self-assessment Training on Chinese Students' Performance on College English Writing Tests *Polyglossia* Volume 23, October 2012.
- Kimberley A. Grant (2014). *Comparing Student and Teacher Self-Assessment Practices*. In P. Preciado Babb (Ed.). *Proceedings of the IDEAS: Rising to Challenge Conference*, pp. 159-168. Calgary, Canada: Werklund School Education, University of Calgary.
- O'Malley, J.M. & Valdez Pierce, L. (1996). *Authentic Assessment for English Language Learners*. New York: Addison-Wesley Publishing Company.
- Popham, W.J. (1995). *Classroom Assessment, What Teachers Need to Know*. Boston: Allyn and Bacon.
- Sasikarn Howchatturat (2014). *Promoting Assessment for Learning By Using Self-Assessment in an ESP Course*. Proceedings of the International Conference: DRAL 2 / ILA 2014.
- W.Wiggins, Arthur and M.Wynn, Charles. (2004). *Five Biggest Unsolved Problems in Science*. Wiley Publishing, inc(Technische Universiteit Delft) (www.jf.hfi.fisika.net, diakses 28 Juni 2006).
- Waters, R.,McCracken, M. (1997) Assessment And Evaluation in Problem-Based Learning, Stipes Publishing Frontiers in Education 1997 27th Annual Conference. Teaching and Learning in an Era of Change Frontiers in Education Conference, Pittsburgh. Georgia Institute of Technology. doi 10.1109%2Ffie.1997.635894.
- Lian G. Oyata (2015). Urgensi Sikap Mahasiswa Menilai Kemampuan Diri Dalam Belajar Melalui Asesmen Diri (Self-Assessment). *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam* ISSN 2338-6673 E ISSN 2442-8280 Volume 3 Nomor 1 Februari 2015 Halaman 58-67
- Linn, R.L, Grondlund, N.E. 2000. *Measurement and Assessment In Teaching* . Eighth edition. New Jersey: Merrill an imprint of Prentice Hall.
- Rolheiser dan Ross (2013), *Student Self-Evaluation: What Research Says And What Practice Shows*, Trent Valley Centre in Peterborough, Ontario, and Professor of Curriculum, Teaching, and Learning at the Ontario Institute for Studies in Education at the University of Toronto.

Spiller, D. 2009. Assessment matters: Selfassessment and peer assessment. Tersedia pada <http://www.pdfspiller.com/...> Tanggal 21 Januari 2015.

Willey, K. & Gardner, A. P. 2007. Investigating the capacity of self and peer assessment to engage student and incese their desire to learn

TINGKAT KETERLAKSANAAN PENDEKATAN CONTEXTUAL TEACHING AND LEARNING DALAM PEMBELAJARAN FISIKA DI KELAS X SMAN PEKANBARU

Zulhelmi¹⁾, Mitri Irianti¹⁾, Eka Lestari

Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan

Universitas Riau

email: emi_zain@yahoo,co,id

ABSTRACT

The purpose of this study was to describe the level of adherence to the approach Contextual Teaching and Learning in learning physics in class X SMA N Pekanbaru Year 2010/2011. The population of this research is all physics teachers who teach in class X of SMAN Pekanbaru. Samples taken by total sampling with a total of 23 people and a class of students from each school were used as a sample. The method used is survey method with technical data questionnaire technique, whereas for data analysis wear teknig percentage. The result showed that the average level of CTL in learning physics by teachers was 72.5% in both categories and by students was 65% in both categories. From the results of data analysis can be concluded that the CTL approach in teaching physics in class X SMA N Pekanbaru already performing well.

Keywords: Approach Contextual Teaching and Learning, Learning Physics

PENDAHULUAN

Sekolah merupakan tempat berlangsungnya proses pendidikan secara utuh dan sistematis. Di sekolah anak dapat memperoleh ilmu pengetahuan dan mengembangkan ilmu pengetahuannya serta belajar mengembangkan minat dan bakat yang dimilikinya. Belajar merupakan hal yang sangat dasar bagi manusia dan merupakan proses yang tidak ada hentinya. Belajar merupakan proses yang berkesinambungan yang mengubah pembelajar dalam berbagai cara (Suparno, 2000). Belajar adalah proses perubahan perilaku berkat pengalaman dan latihan, artinya tujuan kegiatan perubahan tingkah laku, baik yang menyangkut pengetahuan, keterampilan maupun sikap.

Setiap sekolah dituntut untuk dapat menerapkan pembelajaran yang mampu membuat siswa aktif dalam menemukan sendiri pengetahuannya, mampu memecahkan masalah-masalah yang ditemukan dalam pembelajaran bukan hanya belajar untuk menghafal apa yang telah diberikan oleh guru dan belajar untuk mendapatkan nilai yang tinggi dibandingkan teman-temannya termasuk dalam bidang studi fisika di SMA. Namun kenyataan di lapangan, guru hanya menciptakan pembelajaran yang menuntut hasil belajar siswa yang bagus dibandingkan proses yang harus ditempuh oleh siswanya, guru semakin mengesampingkan

pembelajaran yang seharusnya dapat membuat siswa aktif dan kreatif yang mampu mengaitkan konsep-konsep fisika dengan fenomena-fenomena alam yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari siswa. Sedangkan tuntutan kurikulum menghendaki agar pendekatan pembelajaran sesuai dengan kehidupan dunia nyata siswa,

Salah satu pendekatan pembelajaran yang dapat digunakan untuk mengaktifkan siswa adalah dengan pendekatan *Contextual Teaching and Learning* (CTL). Pendekatan CTL ini merupakan suatu pendekatan pembelajaran yang menekankan kepada proses keterlibatan siswa secara penuh untuk dapat menemukan materi yang dipelajari dan menghubungkannya dengan situasi kehidupan nyata, sehingga mendorong siswa untuk dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Pendekatan CTL adalah pendekatan pembelajaran yang mengaitkan isi pelajaran dengan lingkungan sekitar siswa atau dunia nyata siswa, sehingga akan membuat pembelajaran lebih bermakna (*meaningful learning*), karena siswa mengetahui pelajaran yang diperoleh di kelas akan bermanfaat dalam kehidupannya sehari-hari. Pendekatan CTL dengan berbagai langkahnya menyebabkan pembelajaran lebih menarik dan menyenangkan bagi siswa, juga dapat meningkatkan motivasi siswa untuk belajar (M. Nur, 2003). Pendekatan kontekstual (CTL) merupakan salah satu pendekatan pembelajaran yang dianjurkan dalam penerapan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan. Oleh sebab itu pendekatan pembelajaran kontekstual ini perlu dikembangkan. Namun kenyataannya selama ini pendekatan CTL tersebut pada umumnya belum dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Hasil penelitian Murtiani dkk (2012) menyatakan bahwa pendekatan CTL sudah diterapkan, tetapi belum sepenuhnya, karena pada umumnya guru belum mampu untuk merancang pendekatan CTL. Langkah-langkah dari pendekatan CTL sebahagian saja baru yang diterapkan, sehingga pembelajaran di kelas kurang menarik dan menyenangkan bagi siswa. Hal ini menyebabkan siswa kurang termotivasi untuk belajar Fisika, sehingga aktivitas belajar Fisika siswa rendah, (2) Pembelajaran Fisika yang dilaksanakan pada umumnya kurang berkaitan dengan alam nyata siswa, sehingga kurang menarik dan membosankan, karena guru pada umumnya kurang mampu menganalisis aplikasi dari konsep-konsep Fisika dalam kehidupan nyata siswa, (3) Hasil belajar Fisika siswa masih rendah, ditandai dengan KKM (kriteria ketuntasan minimal) mata pelajaran Fisika SMPN Kota Padang pada umumnya 65.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan tingkat keterlaksanaan Pendekatan CTL dalam pembelajaran fisika di kelas X SMA N se-Kota Pekanbaru. Kontribusi yang diharapkan dari penelitian ini adalah Sebagai masukan bagi guru fisika SMA dalam menerapkan pendekatan CTL dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan hasil belajar siswa sesuai dengan kurikulum yang berlaku.

KAJIAN LITERATUR

Fisika merupakan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan alam secara langsung, fisika mengajarkan kita untuk selalu menghargai alam sebagai sumber ilmu pengetahuan. fisika juga mempelajari hubungan konsep-konsep fisika dengan kehidupan nyata, dan pengembangan sikap dari siswa. Fisika sebagai ilmu dasar memegang peranan penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dalam kegiatan pembelajaran guru tidak hanya memberikan pengetahuan kedalam pikiran siswa namun harus memberikan kegiatan-

kegiatan yang mendorong siswa untuk belajar secara aktif, karena belajar akan lebih bermakna jika anak mengalami apa yang dipelajarinya, bukan mengetahuinya. Fisika merupakan kegiatan manusia berupa pengetahuan, gagasan, dan konsep yang terorganisir tentang alam sekitar yang diperoleh dari pengalaman. Oleh karena itu pendekatan pembelajaran yang dipilih guru hendaknya dapat memenuhi keinginan dari hakekat pembelajaran fisika.

Pendekatan CTL merupakan konsep belajar yang membantu guru mengaitkan antara materi yang diajarkan dengan situasi dunia nyata siswa dan mendorong siswa untuk dapat membuat hubungan antara pengetahuan yang dimilikinya dengan penerapannya dalam kehidupan mereka sehari-hari sebagai anggota keluarga dan sebagai masyarakat (Sagala, 2008). Pembelajaran kontekstual merupakan prosedur pendidikan yang bertujuan membantu peserta didik memahami makna bahan pelajaran yang mereka pelajari dengan cara menghubungkannya dengan konteks kehidupan mereka sendiri dalam lingkungan sosial dan budaya masyarakat (Suprijono, 2010). Dengan penggunaan pendekatan CTL ini, diharapkan hasil pembelajaran yang akan dicapai lebih bermakna bagi siswa. Proses pembelajaran berlangsung alamiah dalam bentuk kegiatan siswa bekerja dan mengalami, bukan mentransfer pengetahuan dari guru ke siswa. Strategi pembelajaran lebih dipentingkan dari pada hasil. Dalam kontekstual, tugas guru adalah membantu siswa mencapai tujuan. Maksudnya, guru lebih banyak berurusan dengan strategi daripada memberi informasi. Tugas guru mengelola kelas sebagai sebuah tim yang bekerjabersama untuk menemukan sesuatu yang baru bagi anggota kelas (siswa). Sesuatu

Penerapan pendekatan CTL ini, diharapkan hasil pembelajaran yang akan dicapai lebih bermakna bagi siswa. Proses pembelajaran berlangsung alamiah dalam bentuk kegiatan siswa bekerja dan mengalami, bukan mentransfer pengetahuan dari guru ke siswa. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Diyan Lisdianto (2010) menyatakan bahwapenerapan CTL berbasis model cooperative Learning dapat meningkatkan motovasi belajar dan ketuntasan belajar siswa kelas X₅ SMAN 5 Surakarta TA 2009/2010.

Perbedaan yang mencolok antara pendekatan CTL dengan pembelajaran konvensional adalah

Tabel 1

Perbedaan Pembelajaran Tradisional dan CTL

No.	CTL	Tradisional
1	Pemilihan informasi berdasarkan kebutuhan siswa	Pemilihan informasi ditentukan oleh guru
2	Siswa terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran	Siswa secara pasif menerima informasi

3	Pembelajaran dikaitkan dengan kehidupan nyata/masalah yang disimulasikan	Pembelajaran sangat abstrak dan teoritis
4	Selalu mengaitkan informasikan dengan pengetahuan yang telah dimiliki siswa	Memberikan tumpukan informasi kepada siswa sampai saatnya diperlukan
5	Cenderung mengintegrasikan beberapa bidang	Cenderung terfokus pada satu bidang (disiplin) tertentu
6	Siswa menggunakan waktu belajarnya untuk menemukan, menggali, berdiskusi, berpikir kritis, atau mengerjakan proyek dan pemecahan masalah (melalui kerja kelompok)	Waktu belajar siswa sebagian besar dipergunakan untuk mengerjakan buku tugas, mendengar ceramah, dan mengisi latihan yang membosankan (melalui kerja individual)
7	Perilaku dibangun atas kesadaran diri	Perilaku dibangun atas kebiasaan
	Keterampilan dikembangkan atas dasar pemahaman	Keterampilan dikembangkan atas dasar latihan
10	Hadiah dari perilaku baik adalah kepuasan diri	Hadiah dari perilaku baik adalah pujian atau nilai (angka) rapor

11	Siswa tidak melakukan hal yang buruk karena sadar hal tersebut	Siswa tidak melakukan sesuatu yang buruk karena takut akan
12	Perilaku baik berdasarkan motivasi intrinsik	Perilaku baik berdasarkan motivasi ekstrinsik
13	Pembelajaran terjadi diberbagai tempat, konteks dan setting	Pembelajaran hanya terjadi dalam kelas
14	Hasil belajar diukur melalui penerapan penilaian autentik	Hasil belajar diukur melalui kegiatan akademik dalam bentuk tes/ujian/ulangan.

(Team Yustisia, 2008).

Pembelajaran kontekstual melibatkan tujuh komponen utama (kunci CTL) dari pembelajaran produktif yaitu :

1. Konstruktivisme (*constructivism*)
2. Bertanya (*questioning*)
3. Menemukan (*inquiry*)
4. Masyarakat Belajar (*learning community*)
5. Pemodelan (*modeling*)
6. Refleksi (*reflection*)
7. Penilaian sebenarnya (*authentic assessment*)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di SMA N se kota Pekanbaru pada Tahun Pelajaran 2010/2011 dari Bulan Januari sampai Mei 2011. Jenis penelitian adalah penelitian survey. Populasi adalah seluruh guru fisika yang mengajar di kelas X SMAN Pekanbaru dan yang menjadi sampel adalah seluruh anggota populasi (sampel jenuh). Jumlah sampel sebanyak 23 orang. Instrumen yang digunakan untuk mendapatkan data penelitian adalah angket “Tingkat Keterlaksanaan Pendekatan CTL di SMAN Kota Pekanbaru” yang dikembangkan oleh peneliti berdasarkan 7 kunci pokok CTL. Angket sebelum disebarkan ke sampel penelitian terlebih dahulu sudah dilakukan uji coba dengan nilai reliabilitasnya 0,94. Jumlah butir angket sebanyak 40 butir. Teknik pengumpulan data adalah teknik angket yang diberikan kepada seluruh sampel penelitian. Untuk mengecek kembali (*crosscheck*) tingkat keterlaksanaan pendekatan CTL dari pandangan siswa maka diambil responden satu kelas

dari tiap-tiap sekolah sampel dengan memodifikasi angket yang diberikan kepada guru. Analisis data menggunakan analisis deskriptif dengan teknik persentase yakni

Tingkat Keterlaksanaan CTL =

$$\frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100 \%$$

Untuk mengkategorikan tingkat Keterlaksanaan CTL dipakai kriteria sbb

Tabel 2.

Kriteria Tingkat Keterlaksanaan CTL

No	Interval (%)	Kategori
1	$25 \leq X < 44$	Kurang Baik
2	$44 \leq X < 63$	Cukup Baik
3	$63 \leq X < 81$	Baik
4	$81 \leq X \leq 100$	Sangat Baik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis data tingkat keterlaksanaan pendekatan CTL dalam pembelajaran fisika di SMAN se Kota Pekanbaru dapat di lihat pada Tabel 3.

Tabel 3.

Tingkat Keterlaksanaan Pendekatan CTL dalam Pembelajaran Fisika Kelas X di SMA N Kota Pekanbaru oleh Guru

NO	Nama Sekolah	Tingkat Keterlaksanaan CTL (%)							Rata-rata	Kategori
		1	2	3	4	5	6	7		
1	SMAN 1	65,0	75,0	67,5	67,5	67,5	62,5	67,5	67,5	Baik
2	SMAN 2	82,5	85,0	65,0	77,5	67,5	72,5	60,0	72,9	Baik
3	SMAN 3	62,5	85,0	62,5	70,0	67,5	75,0	62,5	69,3	Baik
4	SMAN 4	82,5	80,0	75,0	65,0	57,5	75,0	45,0	68,6	Baik
5	SMAN 5	57,5	92,5	52,5	55,0	62,5	62,5	70,0	64,6	Baik
6	SMAN 6	72,5	77,5	60,0	50,0	67,5	65,0	47,5	62,9	Baik
7	SMAN 7	62,5	95,0	62,5	65,0	67,5	75,0	72,5	71,4	Baik
8	SMAN 8	90,0	92,5	77,5	80,0	82,5	70,0	75,0	81,1	Baik
9	SMAN 9	77,5	92,5	70,0	80,0	75,0	82,5	62,5	77,1	Baik
10	SMAN 10	75,0	90,0	70,0	80,0	70,0	77,5	67,5	75,7	Baik

11	SMAN 11	87,5	90,0	77,5	77,5	75,0	75,0	75,0	79,6	Baik
12	SMAN 12	75,0	82,5	60,0	80,0	70,0	70,0	65,0	71,8	Baik
13	SMAN 13	70,0	90,0	45,0	52,5	57,5	62,5	50,0	61,1	Cukup Baik
14	SMAN 14	75,0	100,0	62,5	82,5	67,5	82,5	57,5	75,4	Baik
Rata-rata		73,9	87,7	64,8	70,2	68,2	72,0	62,7	71,4	Baik
Kategori		Baik	Sangat Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	

Tingkat keterlaksanaan Pendekatan CTL dalam pembelajaran fisika di SMAN kelas X Kota Pekanbaru oleh guru menunjukkan hasil yang sudah mengembirakan karena rata-rata adalah 71,4 % pada kategori baik. Indikator kunci CTL yang sudah terlaksana dengan sangat baik adalah bertanya (87,7%) sedangkan yang perlu lebih diterapkan lagi pada indikator refleksi.

Tabel 4.

Tingkat Keterlaksanaan Pendekatan CTL dalam Pembelajaran Fisika Kelas X di SMA N Kota Pekanbaru menurut Siswa

NO	Nama Sekolah	Tingkat Keterlaksanaan CTL (%)							Rata-rata	Kategori
		1	2	3	4	5	6	7		
1	SMAN 1	62,5	62,5	62,5	70,0	62,5	62,5	57,5	62,86	Baik
2	SMAN 2	62,5	62,5	57,5	60,0	55,0	55,0	52,5	57,86	Cukup Baik
3	SMAN 3	72,5	80,0	67,5	75,0	75,0	75,0	72,5	73,93	Baik
4	SMAN 4	67,5	75,0	65,0	72,5	67,5	70,0	60,0	68,21	Baik
5	SMAN 5	65,0	75,0	60,0	65,0	65,0	70,0	62,5	66,07	Baik
6	SMAN 6	67,5	70,0	62,5	67,5	65,0	67,5	62,5	66,07	Baik
7	SMAN 7	70,0	80,0	65,0	67,5	67,5	80,0	60,0	70,00	Baik
8	SMAN 8	67,5	70,0	60,0	70,0	70,0	57,5	67,5	66,07	Baik
9	SMAN 9	70,0	70,0	65,0	70,0	67,5	72,5	60,0	67,86	Baik
10	SMAN 10	65,0	75,0	60,0	60,0	62,5	65,0	60,0	63,93	Baik
11	SMAN 11	65,0	82,5	65,0	72,5	65,0	75,0	62,5	69,64	Baik
12	SMAN 12	62,5	67,5	60,0	67,5	57,5	70,0	60,0	63,57	Baik
13	SMAN 13	60,0	67,5	60,0	65,0	55,0	67,5	52,5	61,07	Cukup Baik
14	SMAN 14	67,5	82,5	62,5	67,5	65,0	80,0	57,5	68,93	Baik
Rata-rata		66,1	72,9	62,3	67,9	64,3	69,1	60,5	66,15	Baik
Kategori		Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Cukup Baik	Baik	

Tingkat keterlaksanaan Pendekatan CTL dalam pembelajaran fisika di SMAN kelas X Kota Pekanbaru menurut tanggapan siswa menunjukkan hasil rata-rata adalah 66,5 % pada kategori baik. Indikator kunci CTL yang sudah terlaksana lebih naik adalah bertanya (72,9%) sedangkan yang perlu lebih diterapkan lagi pada indikator refleksi.

Bila dicermati tanggapan yang diberikan guru atau pun siswa terhadap tingkat pelaksanaan pendekatan CTL di kelas X SMAN se Kota Pekanbaru hampir sama yaitu rata-rata berada pada kategori baik. Begitu juga untuk indikator kunci CTL yang paling tinggi maupun rendah juga sama. Jika dilihat pula berdasarkan sekolah maka yang paling rendah tingkat pelaksanaan pendekatan CTL pada pembelajaran Fisika di kelas X adalah SMA 13, baik menurut siswa mau pun guru.

Untuk dapat terlaksana dengan baik pendekatan CTL seorang guru sebaiknya dalam pembelajaran fisika berusaha mengembangkan pemikiran bahwa siswa akan belajar lebih bermakna dengan cara bekerja sendiri, menemukan sendiri dan mengkonstruksi sendiri pengetahuan dan ketrampilan baru yang dipelajarinya. Guru fisika berusaha agar dapat melakukan sejauh mungkin kegiatan inkuiri untuk semua topik. Kembangkan sifat keinginan (*curiosyti*) siswa dengan cara bertanya. Usahakan oleh guru fisika agar dapat menerapkan juga model pembelajaran kooperatif agar terbentuk masyarakat belajar (belajar dalam kelompok-kelompok). Guru hendaklah bisa menjadi model atau memberi contoh dalam pembelajaran fisika seperti memodelkan penggunaan jangka sorong, mikrometer sekrup, termometer dll dan . melakukan refleksi pada akhir pertemuan agar siswa memperoleh konsep fisika yang sama dan tidak terjadi miskonsepsi, begitu juga dalam memberikan penilaian, hendaknya menerapkan penilaian otentik yang betul-betul menunjukkan kemampuan siswa. Permasalahan terbesar yang dihadapi para siswa saat ini adalah mereka belum bisa menghubungkan antara apa yang mereka pelajari dalam pembelajaran fisika dan bagaimana pengetahuan itu akan digunakan untuk kehidupannya nanti.. Hal ini dikarenakan cara mereka memperoleh informasi dan motivasi diri belum tersentuh oleh pendekatan yang dapat membantu mereka. Para siswa kesulitan untuk memahami konsep-konsep fisika, karena pendekatan mengajar yang selama ini digunakan oleh pendidik (guru) hanya terbatas pada penyajian informasi. Oleh karena itu diperlukan suatu pendekatan yang benar-benar bisa memberi jawaban dari masalah ini. Inilah sebabnya guru fisika dapat menerapkan pendekatan CTL

Contextual Teaching and Learning (CTL) adalah sistem pembelajaran yang cocok dengan kinerja otak, untuk menyusun pola-pola yang mewujudkan makna, dengan cara menghubungkan muatan akademis fisika dengan konteks kehidupan sehari-hari siswa.. Hal ini penting diterapkan agar informasi yang diterima tidak hanya disimpan dalam memori jangka pendek, yang mudah dilupakan, tetapi dapat disimpan dalam memori jangka panjang sehingga akan dihayati dan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. kehidupan nyata yang ada di sekitar mereka. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa pikiran secara alami akan mencari makna dari hubungan individu dengan lingkungan sekitar. Berdasarkan pemahaman di atas, menurut pembelajaran kontekstual kegiatan pembelajaran tidak harus dilakukan di dalam ruang kelas, tapi bisa di laboratorium, lapangan, atau tempat-tempat lainnya. Mengharuskan pendidik (guru) untuk pintar-pintar memilih serta mendesain lingkungan belajar yang betul-betul berhubungan dengan kehidupan nyata sehingga siswa memiliki pengetahuan/ ketrampilan yang dinamis dan fleksibel dalam pembelajaran fisika. Dalam

lingkungan seperti itu, para siswa dapat menemukan hubungan bermakna antara ide-ide abstrak materi fisika dengan aplikasi praktis dalam konteks dunia nyata; konsep diinternalisasi melalui menemukan, memperkuat, serta menghubungkan. Sebagai contoh, materi fisika yang mempelajari tentang konduktivitas termal dapat mengukur bagaimana kualitas dan jumlah bahan bangunan mempengaruhi jumlah energi yang dibutuhkan untuk menjaga gedung saat terkena panas atau terkena dingin.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data penelitian tentang tingkat keterlaksanaan pendekatan CTL di kelas X SMA N se-Kota Pekanbaru dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan rata-rata tingkat keterlaksanaan pendekatan CTL termasuk kategori baik. Berdasarkan 7 indikator pendekatan CTL, tingkat keterlaksanaan sebagai berikut :

1. Indikator konstruktivisme baik
2. Indikator bertanya kategori sangat baik
3. Indikator inkuiri kategori baik
4. Indikator masyarakat belajar kategori baik
5. Indikator pemodelan kategori baik
6. Indikator refleksi termasuk kategori baik
7. Indikator penilaian otentik kategori baik

Berdasarkan kesimpulan hasil penelitian, maka penulis menyarankan :

1. Pendekatan CTL (*Contextual Teaching and Learning*) harus diterapkan dalam pembelajaran fisika agar peserta didik menjadi aktif untuk menggali dan menemukan konsep fisika
2. Bagi peneliti selanjutnya dapat mencari salah satu materi pelajaran fisika atau bidang ilmu yang berbeda dalam menggunakan pendekatan CTL (*Contextual Teaching and Learning*) untuk meningkatkan mutu pendidikan dimasa yang akan datang.

REFERENSI

- Diyan Lisdianto, 2010, *Penerapan CTL Berbasis Cooperative Learning Dapat Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa , Kelas X5 SMAN 5Surakarta TP 2009/2010*, eprintst uns.ac.id
- Murtiani dkk, 2012, *Penerapan Pendekatan CTL Berbasis Lesson Study Dalam meningkatkan Kualitas pembelajaran Fisika Di SMPN Kota Padang*, Vol 1 No 1 (2012) ejournal unp.ac.id
- Sagala, S., 2008, *Konsep dan Makna Pembelajaran*, Alfabeta, Bandung
- Suparno, S. A., 2000, *Membangun Kompetensi Belajar*, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Suprijono, A., 2010, *Cooperative Learning Teori dan Aplikasi Paikem*, Pustaka Belajar, Yogyakarta.

Team Yustisia, 2008, Panduan Lengkap KTSP (Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan),Pustaka Yustisia, Yogyakarta

PENGEMBANGAN KECERDASAN KOMPREHENSIF DALAM MATERI PEMBELAJARAN HAKIKAT FISIKA DAN PROSEDUR ILMIAH

**Zulhendri Kamus¹⁾, Gusnedi²⁾, Faradillah³⁾, Junaidy Syam⁴⁾, Fitri Indah Sari⁵⁾,
Eurumi Farania⁶⁾.**

^{1,2,3,4,5} FMIPA

Universitas Negeri Padang

email: zul_fi@fmipa.unp.ac.id

Abstract

The implementation of learning in curriculum 2013 should be able to develop the holistic competences. Based on this curriculum, instructional and nurturant effect as learning modus are achieved by interaction between students and learning materials. Contents of learning materials is not only physics concepts and laboratory skills, but it able to build religious and social intelligences or called the comprehensive intelligence. Now, learning materials is only contain knowledge and skills alone. The purpose of this research is to develop the contents of physics learning materials with comprehensive intelligence. Specifically in this article, the development of comprehensive intelligence is done for the science of physics and scientific methods. Type of research is the research and development method. Research conducted has been able to produce the physics learning materials contain comprehensive intelligence with validation category is very good. This physics learning materials were elaborated intellectual intelligence from knowledge of the science of physics and scientific methods, kinesthetic intelligence from laboratory skills, religious intelligence about the high confidence for the greatness of the Almighty God based on knowledge of the science of physics and scientific methods. The next, the knowledge and laboratory skills can be to build emotional and social intelligence.

Keywords: Comprehensive intelligence, learning material, the science of physics, scientific methods.

PENDAHULUAN

Pencapaian kompetensi menjadi tolak ukur keberhasilan proses pembelajaran yang dialami oleh peserta didik di setiap satuan pendidikan. Kompetensi yang harus dicapai menurut kurikulum 2013 terdiri dari kompetensi sikap religius, sikap sosial, pengetahuan dan keterampilan. Semua kompetensi inti ini harus dicapai secara utuh atau komprehensif. Penilaian yang dilakukan terhadap kompetensi siswa sesuai dengan karakteristik mata pelajaran.

Mata pelajaran fisika mempelajari tentang sifat dan fenomena alam yang terjadi di jagat raya dan didasarkan pada pengamatan dan eksperimen. Proses penyelidikan menjadi bagian penting dalam ilmu fisika sebagai bagian dari kerja ilmiah yang memerlukan keterampilan dan sikap ilmiah. Pada kerja ilmiah, peserta didik dilatih dalam melakukan pengamatan berbagai fakta, membangun konsep, prinsip, teori dengan menggunakan keterampilan berpikir kritis, kreatif, analitis dan divergen. Hasil yang diharapkan dari kerja ilmiah yang dilakukan adalah terbentuknya sikap dan perilaku peserta didik dalam kehidupan sehari-hari dan juga terbentuk kesadaran akan keindahan, keteraturan alam, dan meningkatkan keyakinannya terhadap Tuhan Yang Maha Esa[1]. Sesuai harapan kurikulum 2013, sikap religius dan sosial dari peserta didik akan dapat dibentuk melalui pengetahuan dan keterampilan yang diperolehnya dari mata pelajaran fisika.

Peran seorang guru melalui kompetensi profesionalnya diharapkan mampu mewujudkan tercapainya kompetensi peserta didik yang komprehensif, salah satunya melalui mata pelajaran fisika. Beberapa kompetensi profesional yang harus dimiliki oleh seorang guru antara lain menguasai disiplin ilmu, karakteristik peserta didik, metode dan model pembelajaran, penilaian dan lain-lain[2]. Penguasaan disiplin ilmu berkaitan dengan materi pembelajaran yang diklasifikasikan dalam bentuk fakta, konsep, prinsip, prosedur, sikap atau nilai menjadi keharusan bagi guru. Fakta, konsep/hukum dan prinsip fisika yang mengatur gejala alam yang terjadi diharapkan mampu dimiliki peserta didik melalui pengembangan materi pembelajaran oleh guru. Pengamatan dan eksperimen yang difasilitasi guru melalui prosedur kerja ilmiah diharapkan mampu membentuk keterampilan dan sikap ilmiah dari peserta didik. Apabila pengembangan materi pembelajaran ini mampu dilakukan oleh guru dengan baik terhadap peserta didik, maka kompetensi peserta didik secara komprehensif dapat dicapai dengan baik melalui materi fisika.

Pengembangan materi fisika diarahkan pada pengetahuan tentang fakta, konsep/hukum dan prinsip. Penyelidikan dari pengetahuan yang diperoleh melalui kegiatan eksperimen di laboratorium akan melahirkan keterampilan ilmiah dalam bentuk keterampilan dalam menemukan masalah, memilih instrumen pengukuran, menggunakan instrumen, melakukan pengukuran, mengolah data hasil pengukuran, melaporkan dan mempersentasikan hasil eksperimen. Berdasarkan pengetahuan fisika dan keterampilan melalui kerja ilmiah di laboratorium yang dimiliki akan terbentuk sikap ilmiah seperti jujur, tekun, kerjasama, gigih, optimis, menyadari kelemahan yang dimiliki sehingga timbul kesalahan dalam kegiatan eksperimen dan menyadari kekuasaan Tuhan Yang Maha Esa. Produk dari proses yang dialami peserta didik dalam rangka penguasaan materi fisika yang dikembangkan ini dalam bentuk prestasi atau hasil belajar.

Arah pengembangan materi ke pembentukan kompetensi pengetahuan dikenal dengan kecerdasan intelektual. Selanjutnya, materi fisika untuk pencapaian kompetensi keterampilan disebut kecerdasan kinestetik. Kemudian, materi fisika untuk mewujudkan kompetensi sikap sosial diistilahkan dengan kecerdasan sosial dan emosional. Terakhir, pengembangan materi fisika untuk pembentukan kompetensi sikap religius atau disebut dengan kecerdasan religius. Pengembangan materi fisika secara menyeluruh ini disebut dengan kecerdasan komprehensif. Pengembangan materi ini akan mampu mewujudkan implementasi kurikulum 2013 untuk mata pelajaran fisika.

Pada saat ini, materi fisika masih disajikan dalam bentuk pengetahuan dan keterampilan dalam bentuk eksperimen di laboratorium. Pengembangan materi fisika ke arah pembentukan nilai-nilai sikap sosial dan religius berdasarkan materi pengetahuan dan keterampilan mata pelajaran fisika masih belum dilakukan. Penelitian pengembangan kecerdasan komprehensif dari materi fisika penting menjadi dilakukan. Pada artikel ini, pengembangan kecerdasan komprehensif diarahkan ke materi pembelajaran hakekat fisika dan prosedur ilmiah.

KAJIAN KECERDASAN KOMPREHENSIF

Menurut Rencana Strategis Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, visi pendidikan Indonesia pada tahun 2025 adalah menghasilkan insan yang cerdas komprehensif dan kompetitif. Kecerdasan komprehensif dari insan Indonesia adalah cerdas spiritual, cerdas emosional, cerdas sosial, cerdas intelektual, dan cerdas kinestetis yang dimiliki secara utuh, artinya satu kecerdasan tidak bisa berdiri sendiri untuk menentukan keberhasilan seseorang tetapi saling terkait satu dengan yang lainnya.

Konsep kecerdasan spiritual pertama kali digagas dan dipopulerkan oleh Zohar, D dan Marshall, I[3]. Melalui riset yang komprehensif mereka membuktikan bahwa sesungguhnya kecerdasan manusia yang paling tinggi terletak pada kecerdasan spiritualnya. Menurut mereka ada dua hal yang merupakan unsur fundamental dari kecerdasan ini yaitu aspek nilai dan makna. Kecerdasan spiritual lebih dikaitkan dengan nilai-nilai moral keagamaan atau bersifat vertikal. Seseorang yang memiliki kecerdasan spiritual yang memadai mampu menjalankan ajaran agamanya secara optimal dan maksimal, namun tidak secara picik, eksklusif, fanatik atau prasangka.

Wujud dari cerdas spiritual yang dimiliki oleh seseorang yaitu beraktualisasi diri melalui olah hati/kalbu untuk menumbuhkan dan memperkuat keimanan, ketakwaan dan akhlak mulia termasuk budi pekerti luhur dan kepribadian unggul. Bentuk aktualisasi diri terkait dengan kecerdasan spiritual dapat dilihat dari berkepribadian unggul dan gandrung akan keunggulan, bersemangat juang tinggi, mandiri, pantang menyerah, pembangun dan pembina jejaring, bersahabat dengan perubahan, inovatif dan menjadi agen perubahan, produktif, sadar mutu, berorientasi global, pembelajaran sepanjang hayat dan menjadi rahmat bagi semesta alam.

Istilah kecerdasan emosional dan sosial diperkenalkan pertama kali oleh Piter Salovey dari Harvard University dan Jhon Mayer dari University of New Hampshire. Mereka menyatakan bahwa kecerdasan emosional dan sosial adalah kemampuan mengetahui perasaan sendiri dan perasaan orang lain, serta menggunakan perasaan tersebut menuntun pikiran perilaku seseorang[4]. Sejalan dengan hal tersebut, Goleman, D menyatakan kecerdasan emosional adalah kemampuan untuk mengenal perasaan diri sendiri dan orang lain untuk memotivasi diri sendiri dan mengelola emosi dengan baik di dalam diri dan hubungan[5].

Cerdas emosional dan sosial adalah beraktualisasi diri melalui olah rasa untuk meningkatkan sensitivitas dan apresiativitas akan kehalusan dan keindahan seni dan budaya, serta kompetensi untuk meng-ekspressikannya. Selain itu, kecerdasan emosional dan sosial adalah beraktualisasi diri melalui interaksi sosial yang membina dan memupuk hubungan timbal balik. Demokratis, empatik dan simpatik, men-junjung tinggi hak asasi manusia, ceria

dan percaya diri, menghargai kebhinekaan dalam bermasyarakat dan bernegara, berwawasan kebangsaan dengan kesadaran akan hak dan kewajiban warga negara adalah bentuk aktualisasi kecerdasan emosional dan sosial.

Cerdas intelektual yaitu beraktualisasi diri melalui olah pikir untuk memperoleh kompetensi dan kemandirian dalam ilmu pengetahuan dan teknologi. Aktualisasi insan intelektual yaitu berpikir kritis, kreatif, inovatif dan imajinatif. Sedangkan cerdas kinestetis adalah beraktualisasi diri melalui olah raga untuk mewujudkan insan yang sehat, bugar, berdayatahan, sigap, terampil, dan trengginas serta aktualisasi insan adiraga.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian dan pengembangan (Research and Development, R&D) yaitu menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut[6] Ada banyak model dan langkah-langkah dari penelitian dan pengembangan yang dapat digunakan. Secara prinsip, semua model penelitian dan pengembangan ini memiliki langkah-langkah utama yang sama yaitu mendesain produk berdasarkan kebutuhan, pembuatan produk, uji produk, penggunaan produk dan produksi massal. Berarti produk merupakan bagian yang penting pada penelitian.

Instrumen pengumpul data penelitian ada empat macam yaitu: lembar uji validitas, lembar uji kepraktisan, lembar observasi kecerdasan komprehensif, dan lembar tes hasil belajar. Teknik analisis data yang digunakan adalah metoda deskriptif, analisis statistik deskriptif, metoda grafik, analisis regresi linear dan korelasi, dan analisis perbandingan berkorelasi.

Tahapan penelitian yang telah dilakukan sampai pada penggunaan produk dalam skala luas[7,8]. Berdasarkan ujicoba penggunaan produk berupa buku ajar tersebut dilakukan revisi dalam bentuk pengembangan kecerdasan komprehensif yang lebih baik dari materi pembelajaran fisika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengembangan kecerdasan komprehensif dalam materi pembelajaran hakekat fisika dan prosedur ilmiah dijabarkan dalam kedalam empat kecerdasan yaitu kecerdasan intelektual, kinestetik, religius, sosial dan emosional.

a. Kecerdasan Intelektual

Kecerdasan intelektual dari materi pembelajaran fisika ini berisi fakta, konsep/hukum dan prinsip. Fisika berasal dari bahasa Yunani yang berarti “alam”. Fisika adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari sifat dan gejala pada benda-benda di alam yang tidak hidup atau materi dalam lingkup ruang dan waktu. Gejala gejala ini pada mulanya adalah apa yang dialami oleh indra kita, misalnya penglihatan menemukan optika atau cahaya, pendengaran menemukan pelajaran tentang bunyi, dan indra peraba yang dapat merasakan panas.

Menurut Kamus Umum Bahasa Indonesia Fisika adalah ilmu alam, ilmu tentang zat dan energy, seperti panas, cahaya, dan bunyi, ilmu yang membahas materi, energi, dan interaksinya. Alam merupakan ciptaan Tuhan Yang Maha Esa. Dengan demikian hendaknya setelah mempelajari sifat dan gejala pada benda-benda di alam pada pembelajaran Fisika ini

dapat menumbuhkan kekaguman kita kepadanya karena pada alam ini terdapat tanda-tanda kekuasaannya.

Fisika merupakan ilmu yang sangat fundamental diantara semua Ilmu Pengetahuan Alam. Misalnya saja pada Kimia, susunan molekul dan cara-cara praktis dalam mengubah molekul tertentu menjadi yang lain menggunakan metode penerapan hukum-hukum Fisika. Biologi juga harus bersandar ketat pada ilmu fisika dan kimia untuk menerangkan proses-proses yang berlangsung pada makhluk hidup. Konsep-konsep dasar fisika tidak saja mendukung perkembangan fisika itu sendiri, tetapi juga mendukung perkembangan ilmu lain dan teknologi. Ilmu fisika menunjang riset murni maupun terapan. Ahli-ahli geologi dalam risetnya menggunakan metode-metode gravimetri, akustik, listrik dan mekanika. peralatan modern di rumah-rumah sakit menerapkan prinsip ilmu fisika dan Ahli-ahli astronomi memerlukan optik spektografi dan teknik radio. Fisika menjadi dasar berbagai pengembangan ilmu dan teknologi. Kaitan antara Fisika dan disiplin ilmu lain membentuk disiplin ilmu yang baru, misalnya dengan ilmu astronomi membentuk ilmu astrofisika, dengan biologi membentuk biofisika, dengan ilmu kesehatan membentuk Fisika medis, dengan ilmu bahan membentuk Fisika material, dengan geologi membentuk geofisika, dan lain-lain.

Tujuan mempelajari Ilmu Fisika adalah agar kita dapat mengetahui bagian-bagian dasar dari benda dan mengerti interaksi antara benda-benda, serta mampu menjelaskan mengenai fenomena-fenomena alam yang terjadi. Tinjauan suatu fenomena dari bidang Fisika tertentu akan memperoleh hasil yang sama apabila di tinjau dari bidang Fisika lain. Ilmu Fisika juga menunjang riset murni maupun terapan. Hal ini terbukti dengan pemanfaatan ilmu Fisika dalam bidang geologi, kedokteran, meteorologi (ilmu cuaca), oseanologi (ilmu kelautan), astronomi, dan seismologi.

Manfaat lain mempelajari Fisika adalah dapat menumbuhkan kekaguman kita kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah menciptakan alam semesta. Selain itu mempelajari Fisika juga mengasah kita untuk berpikir dan bersikap secara ilmiah dan tidak tertutup kemungkinan kita akan menghasilkan suatu produk yang memanfaatkan ilmu Fisika yang nantinya akan bermanfaat untuk diri kita sendiri dan orang banyak.

Pengukuran adalah suatu proses perbandingan sesuatu dengan sesuatu yang lain yang dianggap sebagai patokan (standar) yang disebut satuan. Misalnya, saat melakukan kegiatan pengukuran panjang meja dengan pensil. Dalam kegiatan tersebut artinya kamu membandingkan panjang meja dengan panjang pensil. Panjang pensil yang digunakan adalah sebagai satuan. Sesuatu yang dapat diukur dan dapat dinyatakan dengan angka disebut besaran, sedangkan perbandingan dalam suatu pengukuran disebut satuan. Satuan yang digunakan untuk melakukan pengukuran dengan hasil yang sama atau tetap untuk semua orang disebut satuan baku, sedangkan satuan yang digunakan untuk melakukan pengukuran dengan hasil yang tidak sama untuk orang yang berlainan disebut satuan tidak baku.

Kegiatan mengukur merupakan salah satu upaya manusia dalam mencari dan mengembangkan ilmu pengetahuan dengan jalan yang benar yang dimulai dengan pengamatan (observasi), pengukuran dan pengambilan data, hingga pengambilan keputusan dalam menyusun kesimpulan. Langkah mengukur harus dilakukan dengan tepat, teliti, jujur, dan sabar agar ilmu pengetahuan yang dikembangkan benar-benar bermanfaat bagi manusia dan peradaban dunia. Beberapa pengukuran yang dilakukan oleh manusia ada yang tidak tepat sehingga hasilnya tidak dapat dipastikan. Ketidakpastian pengukuran yang dilakukan oleh

manusia dan alat ukur yang diciptakan oleh manusia muncul dari berbagai faktor, diantaranya keterbatasan ketepatan setiap alat ukur dan ketidakmampuan membaca sebuah instrumen diluar batas bagian terkecil yang ditunjukkan. Adanya banyak faktor yang menyebabkan kemungkinan terjadinya kesalahan dalam suatu pengukuran, menjadikan kita tidak mungkin mendapatkan hasil pengukuran yang tepat benar. Oleh karena itu, kita harus menuliskan ketidakpastiannya setiap kali melaporkan hasil dari suatu pengukuran. Cara penulisan untuk menyatakan hasil ketidakpastian suatu pengukuran dapat menggunakan $x = (x_0 \pm \Delta x)$, dengan x merupakan nilai pendekatan hasil pengukuran terhadap nilai benar, x_0 merupakan nilai hasil pengukuran dan Δx merupakan ketidakpastiannya (angka taksiran ketidakpastian).

b. Kecerdasan Kinestetik

Kecerdasan kinestetik merupakan keterampilan yang dibentuk melalui kegiatan pengukuran besaran dasar dari berbagai benda menggunakan jangka sorong, mikrometer, neraca dan stopwatch. Kegiatan eksperimen di laboratorium menggunakan lembaran kerja siswa tentang pengukuran menggunakan berbagai alat ukur besaran panjang, massa dan waktu.

KESIMPULAN

Berdasarkan rekomendasi dari hasil analisis potensi dan masalah hingga ujicoba pemakaian produk dalam bentuk buku ajar telah dilakukan revisi dalam bentuk pengembangan nilai-nilai kecerdasan komprehensif yang baik dan jelas. Nilai-nilai kecerdasan komprehensif yang dikembangkan adalah untuk materi pembelajaran hakekat fisika dan prosedur ilmiah. Buku ajar Fisika yang berisi kecerdasan komprehensif memiliki tingkat validasi sangat baik dengan nilai berkisar dari 86,46 sampai 91,57, efektif digunakan dalam pembelajaran siswa di kelas dan memiliki pengaruh dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

REFERENSI

- Badan Standar Nasional Pendidikan (2007). Panduan Penilaian Kelompok Mata Pelajaran Kewarganegaraan dan Kepribadian. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Uno, Hamzah. B (2012). Profesi Kependidikan Problema, Solusi, dan Reformasi Pendidikan di Indonesia. Jakarta: Penerbit Bumi Aksara.
- Zohar, D. Marshall, I. (2007). SQ: Kecerdasan Spiritual. Bandung: Mizan.
- Tikollah, M. Ridwan, Iwan Triyuwono, dan H. Unti Ludigdo. (2006). Pengaruh Kecerdasan Intelektual, Kecerdasan Emosional, dan Kecerdasan Spiritual Terhadap Sikap Etis Mahasiswa Akuntansi (Studi pada Perguruan Tinggi Negeri di Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan). Simposium Nasional Akuntansi 9 , 23-26 Agustus 2006 : 1-25.
- Goleman, D. (2007). Emotinal Intelligence: Kecerdasan Emosional. Mengapa EI lebih Penting daripada IQ. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Sugiyono, (2010). Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Alfabeta, Bandung.

Zulhendri, K. (2015). Validitas Pengembangan Nilai-Nilai Sosial Dalam Materi Fisika Kelas X SMA Pada Bahan Ajar Bermuatan Kecerdasan Komprehensif. Jurnal Eksakta Vol. 2 Tahun XVI Juli 2015, Padang.

Zulhendri, K. (2016). Implementasi Buku Teks Fisika Bermuatan Kecerdasan Komprehensif Pada Pembelajaran Peserta Didik Kelas X SMA Kota Padang Menggunakan Pendekatan Saintifik. Jurnal Eksakta Vol. 2 Tahun XVII Juli 2016, Padang.

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN FISIKA BERBASIS RISET UNTUK
MENINGKATKAN KREATIVITAS SISWA**

Usmeldi

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Abstract

Physics was one of the subjects in high school (SMA). The preliminary survey showed that many students were less creative, so that them difficult to master the concept of physics. Therefore implement research-based physics learning. This research aims to determine the effectiveness of research-based learning physics to improve the students' creativity. The research used a quasi-experiment method with pretest-posttest control group design. The subjects were students of tenth grade in SMA Negeri 3 Bukittinggi. Data was collected using observation sheets, creativity tests, and questionnaire responses of students to the implementation of learning. The results showed that research-based learning physics effective to improve the students' creativity, in terms of: (1) the improve of students' creativity experimental class medium category, (2) there was a significant difference between the scores average of students' creativity experimental class and control class, (3) the score average of students' creativity of experiment class higher than the control class, (4) the majority of students stated that research-based physics learning can be implemented. Suggestions on physics teacher to implemented research-based learning.

Keywords: Research-based learning, creativity.

PENDAHULUAN

Salah satu usaha pemerintah untuk meningkatkan kualitas pendidikan adalah memperbarui kurikulum. Kurikulum 2013 menuntut pembelajaran dilaksanakan berbasis aktivitas dengan karakteristik (1) interaktif dan inspiratif, (2) menyenangkan, menantang, dan memotivasi siswa untuk berpartisipasi aktif, (3) kontekstual dan kolaboratif, (4) memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian siswa, (5) sesuai dengan bakat, minat, kemampuan dan perkembangan fisik serta psikologis siswa (Permendikbud, 2014). Kurikulum 2013 menekankan pada pendekatan ilmiah yang terdiri atas lima kegiatan yaitu mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan (Hosnan, 2014).

Fisika pada hakikatnya adalah kumpulan pengetahuan, cara berpikir dan penyelidikan (Trianto, 2012). Mata pelajaran fisika merupakan salah satu mata pelajaran yang membutuhkan bahan ajar yang menyajikan kegiatan yang mendukung siswa dalam mempelajari fenomena alam, melalui studi literatur dan penelitian. Sesuai dengan tujuan pembelajaran fisika yaitu mengembangkan pengalaman untuk dapat merumuskan masalah, mengajukan dan menguji hipotesis melalui percobaan, merancang dan merakit instrumen

percobaan, mengumpulkan dan mengolah, menafsirkan data serta mengkomunikasikan hasil percobaan secara lisan.

Hasil observasi terhadap guru dan siswa di SMAN 3 Bukittinggi ditemukan bahwa pembelajaran Fisika belum berhasil dengan baik. Guru mampu menyiapkan perangkat pembelajaran dengan baik, tetapi pelaksanaan pembelajaran belum berpusat pada siswa. Metode ceramah masih dominan dalam pembelajaran. Kegiatan eksperimen jarang dilakukan. Bahan ajar yang digunakan masih berupa buku paket dan modul dari penerbit. Siswa mengalami kesulitan dalam belajar. Siswa belum mampu bertanggung jawab terhadap tugasnya dan belum disiplin, dibuktikan dengan adanya keterlambatan dalam pengumpulan tugas-tugas yang diberikan guru. Kesulitan belajar siswa berdampak pada ketuntasan belajar mereka terutama pada kompetensi pengetahuan. Rata-rata persentase ketuntasan belajar siswa kelas X MIPA SMA Negeri 3 Bukittinggi pada ujian semester ganjil 2016/2017 adalah 54,7% tuntas. Keadaan ini menunjukkan banyaknya siswa yang mengalami kesulitan dalam menyelesaikan masalah dan soal fisika.

Hasil analisis siswa terhadap indikator kreativitas diperoleh rata-rata 46,6% berarti kreativitas siswa harus ditingkatkan lagi. Hasil penilaian terhadap indikator kreativitas adalah: (1) 61,3% siswa yang mampu berpikir lancar dalam pembelajaran (*fluency*). (2) 63,5% siswa yang mampu berpikir secara fleksibel (*flexibility*). (3) 58,7% siswa yang mampu mengembangkan pemikiran dirinya sendiri (*originality*). (4) 52,8% yang mampu berpikir lebih rinci dan mendalam (*elaboration*). Secara keseluruhan terlihat bahwa kreativitas siswa masih rendah (rata-rata 59,1). Rofi'udin (2000) menyatakan bahwa terjadi keluhan tentang rendahnya kemampuan berpikir kreatif yang dimiliki oleh lulusan pendidikan dasar sampai perguruan tinggi, karena pendidikan berpikir belum ditangani dengan baik. Oleh karena itu penanganan kemampuan berpikir kritis-kreatif sangat penting diintegrasikan dalam setiap mata pelajaran.

Hasil observasi terhadap pelaksanaan pembelajaran menunjukkan bahwa siswa enggan berpartisipasi dalam pembelajaran Fisika. Guru sudah menerapkan beberapa model pembelajaran namun guru masih sering menerapkan model pembelajaran yang kurang melibatkan peran aktif siswa. Kebanyakan siswa hanya menerima materi dari ceramah yang diberikan oleh guru. Keaktifan siswa dalam menemukan dan membangun pengetahuannya kurang dituntut dalam proses pembelajaran. Guru Fisika seharusnya dapat memilih model pembelajaran yang dapat meningkatkan kreativitas siswa. Oleh karena itu untuk meningkatkan aktivitas siswa dalam pembelajaran diperlukan model pembelajaran yang sesuai, salah satunya adalah model pembelajaran berbasis riset. Penerapan model pembelajaran ini diharapkan dapat meningkatkan kreativitas siswa.

Metode pembelajaran yang tidak melibatkan aktivitas siswa, tidak dapat meningkatkan kreativitas siswa. Untuk dapat membangkitkan aktivitas belajar siswa dalam proses pembelajaran adalah dengan mengganti model pembelajaran yang digunakan dalam proses pembelajaran. Pembelajaran dengan metode ceramah dan tanya jawab membuat siswa jenuh dan tidak kreatif. Suasana belajar yang diharapkan adalah pembelajaran yang dapat menjadikan siswa sebagai subjek yang dapat berupaya memecahkan masalah dari materi yang sedang dipelajari, sedangkan guru bertindak sebagai motivator dan fasilitator. Situasi belajar yang diharapkan adalah situasi yang dapat membuat siswa meningkatkan kreativitasnya.

Model pembelajaran berbasis riset dipilih dalam penelitian dengan beberapa pertimbangan. (1) Model pembelajaran berbasis riset termasuk ke dalam model pembelajaran dengan menggunakan pendekatan konstruktivistik, siswa dijadikan sebagai pusat pembelajaran (*student centered*) sehingga model tersebut dianggap dapat membuat siswa berperan aktif dalam proses pembelajaran. Belajar aktif merupakan hal yang sangat dibutuhkan oleh siswa untuk memperoleh hasil yang maksimum dalam pembelajaran. Ketika siswa menjadi pasif atau siswa hanya menerima materi yang diberikan oleh guru, maka ada kecenderungan bagi siswa untuk mudah melupakan materi pelajaran yang telah diterima. (2) Model pembelajaran berbasis riset dapat digunakan pada siswa dengan tingkat kemampuan intelektual yang beragam, sehingga tidak perlu memisahkan antara anak yang tingkat kemampuan intelektual yang tinggi dan anak dengan kemampuan intelektual menengah ke bawah. (3) Model pembelajaran berbasis riset melatih siswa menganalisis masalah dan memecahkannya melalui penelitian sederhana. (4) Model pembelajaran berbasis riset dapat diterapkan dalam tiap jenjang pendidikan dan tiap mata pelajaran.

Berdasarkan pada kondisi pembelajaran Fisika yang telah diuraikan maka dilakukan penelitian tentang efektivitas pembelajaran fisika berbasis riset untuk meningkatkan kreativitas siswa SMA. Masalah dalam penelitian dirumuskan sebagai berikut: Bagaimana efektivitas pembelajaran berbasis riset untuk meningkatkan kreativitas siswa? Tujuan penelitian adalah untuk mengungkapkan efektivitas pembelajaran berbasis riset untuk meningkatkan kreativitas siswa.

KAJIAN LITERATUR

a. Pembelajaran berbasis Riset

Pembelajaran berbasis riset mengintegrasikan riset di dalam proses pembelajaran. Pembelajaran berbasis riset bersifat multifaset yang mengacu kepada berbagai macam metode pembelajaran. Pembelajaran berbasis riset memberi kesempatan kepada siswa untuk mencari informasi, menyusun hipotesis, mengumpulkan data, menganalisis data, dan membuat kesimpulan atas data yang sudah tersusun. Prahmana (2015) mendefinisikan pembelajaran berbasis riset sebagai sistem pembelajaran yang bersifat otentik *problem solving* dengan sudut pandang formulasi permasalahan, penyelesaian masalah dan pengkomunikasian manfaat hasil penelitian sehingga siswa dapat menumbuhkan kemandirian belajar, kemampuan kritis, kreatif dan komunikasi yang baik.

Riset merupakan suatu aktivitas untuk menemukan, mengembangkan, dan menguji kebenaran suatu pengetahuan dan menyimpulkan temuan-temuan yang didapatkan (Wardoyo, 2013). Pembelajaran berbasis riset merupakan pembelajaran yang didasarkan pada pendekatan penelitian (riset) sebagai langkah pelaksanaannya. Artinya bahwa proses pembelajaran yang berlangsung merupakan implementasi perpaduan dari karakteristik penelitian dan pembelajaran yang bermakna. Pembelajaran berbasis riset merupakan metode pembelajaran *authentic learning* (harus ada contoh nyata), *problem solving* (menjawab kasus dan kontekstual), *cooperative learning* (bersama), *contextual (hands on and minds on)* dan *inquiry discovery approach* (menemukan sesuatu) yang didasarkan pada filosofi konstruktivisme (yaitu pengembangan diri dari siswa yang berkesinambungan dan berkelanjutan (Prahmana, 2015). Arifin (2010) menyatakan bahwa dengan pembelajaran

berbasis riset siswa dapat (1) mempunyai pemahaman konsep dasar dan metodologi yang kuat, (2) memecahkan masalah secara kreatif, logis dan sistematis, (3) mempunyai sikap ilmiah yang selalu mencari kebenaran, terbuka, dan jujur. Langkah-langkah model pembelajaran berbasis riset menurut Usmeldi (2016) yaitu, (1) Guru menjelaskan prosedur riset, (2) siswa merumuskan masalah, (3) studi literatur, (4) merumuskan hipotesis, (5) mengumpulkan data melalui eksperimen, (6) menganalisis data, (7) menyimpulkan hasil riset dan (8) mengkomunikasikan hasil riset.

b. Kreativitas

Kreatif merupakan ekspresi gagasan dan perasaan serta penggunaan berbagai macam cara. Dalam pembelajaran siswa harus memiliki kreativitas tinggi. Kreativitas didefinisikan sebagai aktivitas kognitif untuk menghasilkan suatu pandangan yang baru mengenai suatu bentuk permasalahan dan tidak dibatasi pada hasil yang pragmatis (selalu dipandang menurut kegunaannya). Permendikbud No 81A tentang implementasi kurikulum 2013 dijelaskan bahwa untuk mencapai kualitas yang sesuai dengan tuntutan kurikulum, kegiatan pembelajaran perlu menggunakan prinsip yang: (1) berpusat pada siswa, (2) mengembangkan kreativitas siswa, (3) menciptakan kondisi menyenangkan dan menantang.

Greenstein (2012) menjelaskan bahwa kreativitas ditandai oleh kemampuan menciptakan, menghadirkan, menginvestasikan, membentuk, menghasilkan sesuatu yang baru melalui kemampuan imajinasi. Hal ini dapat diartikan bahwa kreativitas merupakan kebiasaan berpikir tajam. Kreativitas menggerakkan imajinasi untuk mengungkapkan kemungkinan-kemungkinan baru atau ide baru sebagai pengembangan dari ide lama. Hal ini berguna dalam memecahkan permasalahan dari berbagai sudut pandang yang berbeda.

Menurut Yusro (2015) berpikir kreatif adalah cara baru dalam melihat dan mengerjakan sesuatu yang memuat empat aspek yaitu kefasihan, keluwesan, keaslian dan keterincian. Kreativitas adalah kemampuan seseorang untuk mencipta yang ditandai dengan orisinalitas dalam berekspresi yang bersifat imajinatif. Gunawan (2003) menyatakan berpikir kreatif adalah kemampuan untuk menggunakan struktur berpikir yang rumit untuk menghasilkan ide yang baru dan orisinal. Berpikir kreatif meliputi kemahiran (kemampuan menghasilkan ide), fleksibilitas (kemampuan menghasilkan ide-ide yang berbeda), originalitas (kemampuan menghasilkan ide yang unik), elaborasi (kemampuan menghasilkan hal yang bersifat detail/ terperinci), sintesis (kemampuan menggabungkan komponen atau ide menjadi suatu rangkaian pemikiran yang baru. Munandar (2009) menyatakan aspek *fluency* (kelancaran) meliputi kemampuan; (1) menyelesaikan masalah dan memberikan banyak jawaban terhadap masalah tersebut, (2) lancar dalam mengemukakan ide mengenai pemecahan masalah, (3) cepat melihat kekurangan pada suatu objek. Aspek *flexibility* (keluwesan) meliputi kemampuan; (1) menggunakan beragam strategi penyelesaian masalah, (2) memberikan pandangan yang berbeda dengan orang lain terhadap suatu masalah, (3) Menghasilkan gagasan-gagasan yang seragam. Aspek *originallity* (kebaruan) meliputi kemampuan; (1) menggunakan strategi yang bersifat baru, unik, atau tidak biasa untuk menyelesaikan masalah, (2) memberikan contoh atau pernyataan yang bersifat baru, unik, atau tidak biasa. Aspek *elaboration* (keterincian) meliputi kemampuan; (1) menjelaskan secara terperinci, runtut, dan koheren terhadap jawaban atau situasi tertentu, (2) memperluas suatu gagasan.

Anwar (2012), berfikir kreatif adalah cara baru dalam melihat dan mengerjakan sesuatu yang memuat empat aspek antara lain, *fluency*, *flexybility*, *originality* keaslian, dan *elaboration*. Aspek *fluency* berkaitan dengan cara siswa membangun ide. Kelancaran dalam berfikir kreatif mengacu pada beragamnya jawaban benar yang diberikan kepada siswa. Dalam aspek ini, jawaban yang berbeda belum tentu dianggap beragam. Aspek *flexybility* dalam berfikir kreatif mengarah pada kemampuan siswa untuk memecahkan masalah dengan beragam cara penyelesaian yang berbeda. Penggunaan cara yang berbeda ini diawali dengan memandang permasalahan yang diberikan dari sudut pandang yang berbeda. Aspek *originality* jawaban atau cara penyelesaian berkaitan dengan berapa siswa yang memberikan jawaban atau cara penyelesaian tersebut. Semakin jarang siswa memberikan suatu jawaban yang sama atau cara penyelesaian yang sama, semakin tinggi tingkat keaslian jawaban tersebut. Namun aspek ini juga tetap harus mempertimbangkan kesesuaian dan kemanfaatan jawaban. Aspek *elaboration* berkaitan dengan kemampuan siswa untuk menjelaskan secara runtut, rinci dan saling terkait antara satu langkah dengan langkah yang lain.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuasi dengan desain *pretest-posttest* grup kontrol (Creswell, 2008). *Pre-test* dan *post-test* diberikan pada siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan menggunakan soal yang sama. Penelitian dilaksanakan pada siswa siswa kelas X MIPA SMA Negeri 3 Bukittinggi dalam mata pelajaran Fisika. Tahap penelitian adalah: (1) melakukan survei pendahuluan, (2) menyusun perangkat pembelajaran berbasis riset (rencana pelaksanaan pembelajaran, lembar kerja siswa, dan asesmen), (3) memvalidasi perangkat pembelajaran, (4) menyusun instrumen penelitian, (5) melakukan ujicoba perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian, (6) menganalisis data uji coba, (7) memberikan *pre-test*, (8) memberikan perlakuan dengan melaksanakan pembelajaran berbasis riset pada siswa kelas eksperimen, sedangkan siswa kelas kontrol melaksanakan pembelajaran konvensional, (9) memberikan *post-test*, (10) menganalisis data dan menginterpretasi hasil yang diperoleh. Instrumen yang digunakan dalam penelitian berupa: lembar observasi, tes kreativitas, dan angket tanggapan siswa terhadap pelaksanaan pembelajaran. Lembar observasi digunakan dalam melakukan survei pendahuluan.

Data tes kreativitas dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui kreativitas siswa dalam pembelajaran. Efektivitas penerapan pembelajaran ditinjau dari kreativitas dan tanggapan siswa terhadap pelaksanaan pembelajaran. Peningkatan kreativitas siswa dianalisis dengan menghitung rata-rata skor *gain* dinormalisasi dari skor *pre-test* dan *post-test* kreativitas. Perbedaan rata-rata skor kreativitas siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol dianalisis dengan menggunakan uji-t. Data tanggapan siswa terhadap pelaksanaan pembelajaran dianalisis dengan membandingkan rata-rata skor dengan kategori skor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas pembelajaran fisika berbasis riset dalam meningkatkan kreativitas siswa ditinjau dari: (1) peningkatan kreativitas siswa, (2) perbedaan rata-rata skor kreativitas siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol, dan (3) tanggapan siswa terhadap pelaksanaan

pembelajaran. Selanjutnya dianalisis masing-masing aspek ini untuk mengetahui efektivitas penerapan model pembelajaran.

a. Peningkatan Kreativitas Siswa

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat indikator kreativitas dapat dimunculkan dalam pembelajaran berbasis riset. Berdasarkan rata-rata persentase setiap indikator kreativitas siswa, diketahui bahwa indikator *fluency* yang paling banyak dimiliki oleh siswa adalah berpikir *flexibility* dengan nilai persentase 89,1%, sedangkan indikator berpikir kreatif yang paling sedikit dimiliki oleh siswa adalah berpikir *elaboration* dengan nilai persentase 75,8% seperti Tabel 1.

Tabel 1.

Rata-rata Kreativitas Siswa

Indikator Kreativitas	Rata-rata (%)	
	Sebelum	Sesudah
<i>Fluency</i>	61,3	85,7
<i>Flexibility</i>	63,5	89,1
<i>Originality</i>	58,7	78,3
<i>Elaboration</i>	52,8	75,8

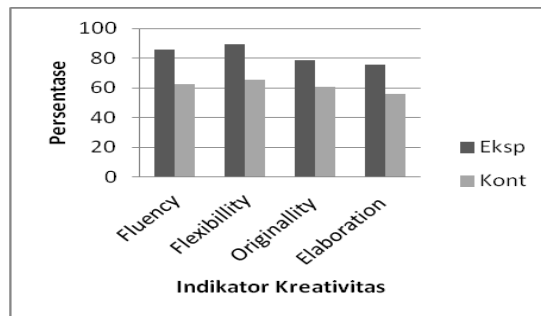
Rata-rata kreativitas siswa sebelum pembelajaran berbasis riset adalah 59,1% dan setelah pembelajaran adalah 82,2%. Kreativitas siswa setelah pembelajaran termasuk kategori baik. Peningkatan kreativitas siswa setelah pembelajaran dapat diketahui dengan menghitung rata-rata skor *gain* dinormalisasi ($\langle g \rangle$) dari skor kreativitas sebelum dan sesudah pembelajaran. Setelah melalui proses analisis data diperoleh rata-rata skor $\langle g \rangle$ sebesar 0,57. Peningkatan kreativitas siswa setelah pembelajaran termasuk kategori sedang.

b. Perbedaan Rata-rata Skor Kreativitas Siswa Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

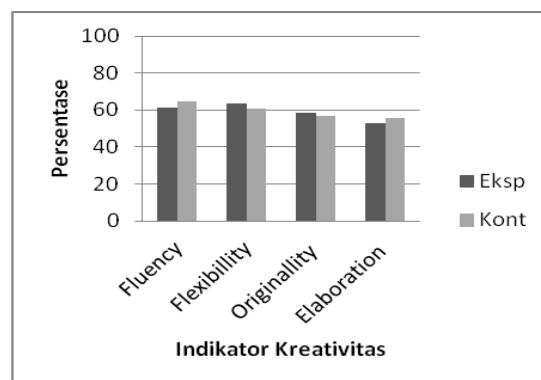
Sebelum menganalisis data untuk mengetahui perbedaan rata-rata skor kreativitas siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol, dengan menggunakan uji-t, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas distribusi data dan uji homogenitas data. Hasil uji normalitas distribusi data menunjukkan bahwa skor kreativitas siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol sebelum pembelajaran berdistribusi normal pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Hasil yang sama untuk data kreativitas siswa sesudah pembelajaran. Hasil uji homogenitas data kreativitas siswa sebelum pembelajaran menunjukkan bahwa data kreativitas siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah homogen ($\alpha = 0,05$), demikian juga data kreativitas data kreativitas siswa sesudah pembelajaran.

Berdasarkan hasil uji normalitas distribusi data dan uji homogenitas data kreativitas siswa kelas eksperimen dan kontrol maka dapat ditetapkan bahwa uji beda rata-rata kreativitas siswa dapat menggunakan uji-t (dengan rumus untuk data normal dan homogen). Setelah dilakukan uji beda rata-rata terhadap data kreativitas siswa sebelum pembelajaran diperoleh hasil bahwa rata-rata skor kreativitas siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak berbeda secara signifikan ($\alpha = 0,05$). Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kreativitas siswa

sebelum pembelajaran adalah sama pada kedua kelas tersebut. Uji beda rata-rata skor kreativitas siswa sesudah pembelajaran menunjukkan bahwa rata-rata skor kreativitas siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol berbeda secara signifikan ($\alpha = 0,05$). Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kreativitas siswa sesudah pembelajaran berbeda dalam kedua kelas tersebut. Rata-rata skor kreativitas siswa kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol. Visualisasi rata-rata skor kreativitas siswa sebelum dan sesudah pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Rata-rata Skor Kreativitas Siswa Sebelum Pembelajaran



Gambar 2. Rata-rata Skor Kreativitas Siswa Sesudah Pembelajaran

c. Tanggapan Siswa terhadap Pelaksanaan Pembelajaran

Hasil analisis data tanggapan siswa terhadap pelaksanaan pembelajaran menunjukkan bahwa rata-rata skor tanggapan siswa sebesar 80,7 dengan standar deviasi sebesar 3,9 dan termasuk kategori baik. Kategori skor tanggapan siswa diperoleh berdasarkan rata-rata skor

ideal dan standar deviasi ideal. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa dapat melaksanakan pembelajaran berbasis riset.

Berdasarkan hasil analisis data yang telah diuraikan di atas dapat ditunjukkan bahwa: (1) peningkatan kreativitas siswa kelas eksperimen termasuk kategori sedang, (2) terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata skor kreativitas siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol, (3) rata-rata skor kreativitas siswa kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol, (4) rata-rata skor tanggapan siswa terhadap pelaksanaan pembelajaran termasuk kategori baik. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pembelajaran fisika berbasis riset efektif untuk meningkatkan kreativitas siswa.

d. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran fisika berbasis riset efektif untuk meningkatkan kreativitas siswa. Kreativitas merupakan proses siswa dalam menggunakan kemampuan berpikirnya. Kreativitas termasuk kompetensi ranah pengetahuan. Oleh sebab itu penilaian kreativitas siswa menggunakan soal-soal uraian yang kompleks. Berdasarkan hasil analisis kreativitas siswa pada pertemuan pertama masih banyak siswa yang rendah kreativitasnya. Hal ini disebabkan karena pada pertemuan pertama siswa belum terbiasa dengan model pembelajaran yang digunakan. Mereka sulit mengikuti tahap pembelajaran berbasis riset. Dalam pembelajaran berbasis riset siswa diberikan permasalahan yang harus dipecahkan melalui hipotesis dan diuji dengan eksperimen. Kegiatan seperti ini mampu membangkitkan rasa ingin tahu siswa untuk mempelajari materi ajar lebih lanjut. Kemampuan untuk memecahkan masalah dilatih dalam pembelajaran berbasis riset. Kemampuan memecahkan masalah fisika dipengaruhi oleh kreativitas siswa (Sambada, 2012). Damayanti (2014) dalam penelitiannya menemukan bahwa penerapan model pembelajaran pemecahan masalah dapat meningkatkan kreativitas siswa. Selain itu dalam pembelajaran berbasis riset terdapat kegiatan eksperimen, diskusi, presentasi, dan menyusun laporan.

Pada pembelajaran berbasis riset dimunculkan indikator-indikator kreativitas sehingga indikator ini dapat ditumbuh kembangkan pada siswa. Setiap pertemuan indikator kreatif dilatih secara terus-menerus sehingga menjadi kebiasaan bagi siswa. Dampaknya terjadi peningkatan kreativitas siswa. Menurut Aunurrahman (2010) salah satu faktor intern dalam belajar adalah kebiasaan. Kebiasaan belajar merupakan perilaku belajar seseorang yang telah tertanam dalam waktu yang relatif lama, sehingga memberikan ciri dalam aktivitas belajar yang dilakukannya.

Peningkatan kreativitas siswa merupakan dampak dari pembelajaran berbasis riset. Menurut Prahmana (2015) pembelajaran berbasis riset dapat menumbuhkan kreativitas siswa. Untuk memperoleh peningkatan kreativitas siswa yang tinggi diperlukan waktu yang relatif lama. Hal ini untuk membiasakan siswa terhadap indikator kreativitas tersebut. Pada penelitian hanya dilakukan untuk empat pertemuan, maka peningkatan yang dihasilkan masih dalam kategori sedang. Kreativitas membutuhkan proses pada pembelajaran sehingga diperlukan waktu yang lebih lama untuk mengembangkan keterampilan tersebut. Solusinya ialah menggunakan beberapa materi pada penelitian berikutnya sehingga pertemuan pembelajaran lebih banyak. Hal ini sesuai dengan Nickerson (Zubaidah, 2013) yang menyatakan bahwa kemampuan berpikir selalu berkembang dan dapat dipelajari.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran fisika berbasis riset efektif untuk meningkatkan kreativitas siswa, dalam hal: (1) peningkatan kreativitas siswa kelas eksperimen termasuk kategori sedang, (2) terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata skor kreativitas siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol, (3) rata-rata skor kreativitas siswa kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol, (4) sebagian besar siswa dapat melaksanakan pembelajaran berbasis riset. Saran pada guru fisika supaya dapat menerapkan pembelajaran berbasis riset.

REFERENSI

- Anwar, N. M. et al. (2012). Relationship of Creative Thinking with Academic Achievements of Secondary School Students. *International Interdisciplinary Journal of Education*. Vol. 1(3).
- Arifin, Pepen (2010). *Makalah Seminar Nasional Research Based Learning*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Aunurrahman (2010). *Belajar dan Pembelajaran*. Bandung: Alfabeta
- Greenstein (2012). *Assessing 21st Century Skill a Guide to Evaluating Mastery and Authentic Learning*. United States of America: Corwin.
- Creswell, J.W. (2008). *Research Design: Qualitative and Quantitative Approaches*. New Delhi: SAGE Publications.
- Damayanti, D.R., Agung Nugroho Catur S., dan Sri Yamtinah (2014). Upaya Peningkatan Kreativitas dan Prestasi Belajar Melalui Penerapan Model Pembelajaran Problem Solving disertai Hierarki Konsep pada Materi Hidrolisis Garam Siswa Kelas XI Semester Genap SMA Negeri 1 Ngeplak tahun pelajaran 2013/2014. *Jurnal Pendidikan Kimia*. Vol. 3(4),p.118-125.
- Gunawan, Adi. W. (2003). *Genius Learning Strategy*. Jakarta: Gramedia.
- Hosnan (2014). *Pendekatan Saintifik dan Konstektual dalam Pembelajaran Abad 21*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Munandar, Utami (2009). *Kreativitas dan Keberbakatan Strategi Mewujudkan Potensi Kreatif*. Jakarta: Gramedia.
- Permendikbud No 81A tahun 2013 tentang Implementasi Kurikulum,.
- Permendikbud Nomor 103 Tahun 2014 tentang pembelajaran
- Prahmana, Rully (2015). *Penelitian Pendidikan Matematika Pembelajaran Berbasis Riset*. Jakarta: Ruko Jambusari.

- Rofi'uddin, A. (2000). Model Pendidikan Berpikir Kritis-Kreatif untuk Siswa Sekolah Dasar. *Majalah Bahasa dan Seni*. Vol. 1(28). p.72-94.
- Sambada, Dwi (2012). Peranan Kreativitas Siswa terhadap Kemampuan Memecahkan Masalah Fisika dalam Pembelajaran Kontekstual. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*. Vol. 2(2). p.37-47.
- Trianto (2012). *Model Pembelajaran IPA Terpadu*. Jakarta: Bumi Aksara
- Usmeldi (2016). Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Riset untuk Meningkatkan Kompetensi Fisika Siswa SMA. *Laporan Penelitian Tim Pascasarjana*. Padang: UNP.
- Wardoyo, Sigit (2013). *Pembelajaran Berbasis Riset*. Jakarta: Akademia.
- Yusro, Andista Candra (2015). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis SETS untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa. *Jurnal PFK* Vol (1) No (2) 61-66. Madiun: Program Studi Pendidikan Fisika IKIP PGRI.
- Zubaidah, S., Yuliati, L., Mahanal, S. (2013). *Model dan Metode Pembelajaran SMP IPA*. Malang: Universitas Negeri Malang.

PENERAPAN PEMBELAJARAN BERBASIS WEB UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS BELAJAR ELEKTRONIKA DASAR MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA

M. Rahmad^{1,2}

¹Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau
yemma.mr2012@gmail.com

Norazah Mohd. Nordin²

²Fakulti Pendidikan University Kebangsaan Malaysia
drnmn@ukm.edu.my

ABSTRACT

The purpose of this research is to improve the learning activity of Basic Electronics student Study Program of Physics Education University of Riau. The form of research is a classroom action research (CAR) consisting of two cycles. Each cycle consists of three and two meetings. Research subjects consist of Basic Electronic lecturer and physics education student taking Basic Electronics course, in odd semester of academic year 2016/2017. While the object of research is the application of web-based learning to improve student learning activities. The results showed there was an increase in student learning activity from before action, first cycle and after the second cycle. Thus the application of web-based learning in Basic Electronics learning can improve the learning activities of Physics Education Study Program students.

Keywords: learning activity, basic electronics, web-based learning

PENDAHULUAN

Tersedianya teknologi dan informasi yang mengalami perkembangan pesat, dapat membantu kegiatan pembelajaran di era abad 21, sebagai penyedia informasi dan berbagai fasilitas lainnya. Era globalisasi mendorong proses integrasi teknologi dan informasi dalam dunia pendidikan. Implementasinya dalam suatu pembelajaran memanfaatkan teknologi dengan menggunakan berbagai platform pembelajaran online berbasis web (Donnelly, 2013).

Penggunaan pembelajaran berbasis web dalam pendidikan saat ini, dianggap sebagai sesuatu sistem belajar-mengajar yang inovatif (Lentell 2012; Papachristos et al., 2011). Pengajaran dan Pembelajaran (P&P) berasaskan web adalah konsep yang mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam sistem pendidikan. Ianya merupakan satu perkembangan pendidikan sebagai hasil kemajuan dibidang TIK, yang merujuk kepada

penggunaan teknologi TIK dalam memudahkan mengakses informasi untuk meningkatkan pengetahuan dan prestasi mahasiswa (Norazah & Ngau, 2009).

Implementasi TIK di Program Studi Pendidikan Fisika hingga saat ini telah dilaksanakan, namun masih belum maksimal, karena pada umumnya baru pada tingkat untuk penghantaran tugas menggunakan e-mail, penelusuran melalui google, presentasi PPT, dan penayangan video pembelajaran yang relevan. Dengan penggunaan TIK pada tahap tersebut, sudah tentu berpengaruh terhadap proses pembelajaran, seperti masih belum maksimalnya aktivitas pelajar dalam mengikuti pembelajaran suatu mata kuliah. Terkait dengan kondisi tersebut tentu saja berpengaruh pada setiap matakuliah yang disediakan dalam kurikulum Pendidikan Fisika. Salah satunya adalah mata kuliah Elektronika Dasar yang disajikan dengan bobot 3 sks. Selain itu penggunaan metode pembelajaran dan pengajaran masih cenderung dilaksanakan secara umum, dimana tenaga pengajar cenderung lebih aktif dalam proses pembelajaran dibanding mahasiswa, sehingga kurang melibatkan keaktifan mahasiswa. Akibatnya pencapaian akademik mahasiswa pada mata kuliah Elektronika Dasar belum stabil (Tim Borang FKIP 2014).

Berdasarkan kajian Rahmad & Sahal (2012) mendapatkan hasil tentang pembelajaran Elektronika Dasar, dimana sebahagian mahasiswa mengalami kesukaran dalam memahami konsep yang terkait rangkaian elektronika dan aktivitas pembelajaran belum terwujud secara maksimal, sehingga berpengaruh terhadap hasil belajar mahasiswa yang mengikuti perkuliahan Elektronika Dasar.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka pembelajaran harus dipersiapkan sedemikian rupa sehingga berpusat kepada mahasiswa. Keterlibatan mahasiswa secara aktif dan dinamis harus menjadi tujuan utama pembelajaran. Dengan demikian, dalam pembelajaran tenaga pengajar perlu menentukan model pembelajaran yang tepat (Rita, 2014).

Pembelajaran terkini hendaknya dapat memfasilitasi serangkaian kegiatan yang memberi ruang bagi munculnya aktivitas mahasiswa dan terjadinya interaksi sosial. Mahasiswa terlibat langsung secara aktif dalam membangun makna pembelajaran bagi dirinya, baik secara individual maupun kelompok (Trianto, 2016; Wayan Suana 2016).

Salah satu model atau pendekatan pembelajaran yang dapat digunakan pada pembelajaran berbasis web adalah dengan *Problem Based Learning* (PBL). Kajian yang telah menerapkan pembelajaran secara atas talian dengan pendekatan PBL diantaranya kajian (Norazah & Tamil 2013) yang menggunakan pendekatan PBL dalam pembelajaran dan pengajaran secara *online* dibidang teknik yang mampu mengembangkan kompetensi lulusan yang inovatif. Tambouris et al. (2012) telah menggunakan satu rangka kerja terpadu antara PBL dengan teknologi web yang mendukung berbagai aktivitas pembelajaran seperti kerjasama, kemitraan dan pembelajaran aktif, sehingga pembelajaran menggunakan *e-learning* dipandang sebagai sistem pendidikan moderen. Pembelajaran yang dikemas dengan baik menggunakan TIK (berbasis web) dengan menerapkan PBL, dapat memperbaiki proses pengajaran dan pembelajaran, sehingga dapat meningkatkan aktivitas belajar (Andri et al. 2015; Wiznia et al. 2012). Selain dari itu, juga memperbaiki sikap mahasiswa serta meningkatkan interaksi antara mahasiswa dan antara mahasiswa dengan tenaga pengajar melalui aktivitas seperti *forum, facebook, messege* (Erica & Maria 2013).

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan kajian penerapan pembelajaran berbasis web untuk meningkatkan aktivitas belajar Elektronika Dasar bagi mahasiswa Pendidikan Fisika.

KAJIAN LITERATUR

Belajar merupakan suatu proses kompleks yang terjadi pada semua orang dan berlangsung seumur hidup dimulai sejak dilahirkan sampai akhir hayat. Salah satu tanda bahwa seseorang telah belajar ialah adanya perubahan tingkah laku. Perubahan tingkah laku tersebut meliputi perubahan yang bersifat pengetahuan (*kognitif*), keterampilan (*psikomotorik*) maupun *afektif* yang menyangkut nilai dan sikap (Arief et al. 2009). Suatu usaha manusia untuk membina pengetahuan dalam dirinya melalui proses belajar dinyatakan sebagai aktivitas belajar. Aktivitas belajar dapat diketahui dari kegiatan belajar yang dilakukan seseorang (Martinis Yamin, 2007).

Aktivitas belajar adalah proses pembelajaran yang dapat dirancang tenaga pengajar supaya mahasiswa aktif dalam pembelajaran seperti bertanya, menjawab dan menyampaikan gagasan yang dilakukan secara perseorangan maupun secara berkelompok untuk memahami perasaan, nilai-nilai, dan sikap (Silberman 2009; Hartono 2008).

Aktivitas belajar adalah kegiatan dimana mahasiswa aktif bertanya kepada tenaga pengajar maupun kepada teman, mahasiswa aktif mengemukakan pendapat, mahasiswa aktif memberikan sumbangan terhadap respon mahasiswa yang kurang relevan atau salah, mahasiswa aktif dalam mencari jawaban atas permasalahan yang diberikan dan mahasiswa aktif secara mandiri maupun secara berkelompok dalam mengerjakan tugas yang diberikan (Darwan Syah, 2009).

Aktivitas belajar dapat ditingkatkan melalui pembelajaran secara tatap muka dan diintegrasikan melalui interaksi secara *online*. Perpaduan interaksi fisik, peralatan digital, seluruh ruang pembelajaran bersama, dan interaksi secara online, membuat mahasiswa lebih aktif, karena pembelajaran tidak hanya dalam kelas tetapi juga dapat terjadi di luar kelas (Andri et al 2015; Afendi Hamat et al. 2012). Penggunaan akses wikipedia, fasebook, google melalui pembelajaran online juga merupakan bagian aktivitas yang dapat disediakan untuk memudahkan bagi mahasiswa mencari informasi yang terkait dengan topik yang dipelajari (Wang et al 2015; Halizah Omar et al 2012; Nader Ale Ebrahim et al. 2014).

Penggunaan multimedia seperti video pada laman web menjadi bagian penting bagi aktivitas pengguna dalam mengeksplorasi video yang diberikan untuk melengkapi sistem pembelajaran (Gregory et al. 2014; Steve & <https://www.google.co.id/search?hl=id&tbm=p&tbn=bks&q=inauthor:%22G+Phillip+Cartwright%22> Phillip 2012). Demikian juga dengan sistem pembelajaran secara *online* yang menggunakan PBL akan meningkatkan penyertaan pemakai melalui berbagai aktivitas yang disediakan (Wiznia et al. 2012).

Aktivitas melalui kegiatan diskusi termasuk proses mengubah pengalaman menjadi pengetahuan, melalui kegiatan bertukar pikiran tentang suatu permasalahan. Aktivitas ini sangat bermakna bagi mahasiswa karena: mahasiswa terlibat langsung dalam pengalaman yang diperoleh, dimana mahasiswa mencari pengalaman sendiri. Dengan melakukan sendiri, mahasiswa dapat mengembangkan seluruh aspek peribadinya secara terpadu, meningkatkan

kerjasama yang harmoni dikalangan mahasiswa, bekerja menurut minat dan kemampuan sendiri, memupuk disiplin kelas secara wajar dan suasana belajar menjadi demokratis, mempererat hubungan sosial dan masyarakat, pengajaran diadakan secara realistis dan konkrit, sehingga mengembangkan pemahaman dan berfikir kritis. pengajaran menjadi lebih bermakna sebagaimana aktivitas dalam kehidupan di masyarakat (Hamalik Oemar 2004).

Diskusi dalam proses belajar mengajar adalah suatu cara penyajian informasi dimana peserta dihadapkan pada suatu permasalahan yang bersifat bermasalah untuk didiskusikan dan dipecahkan bersama (Daryanto 2009). Metode diskusi boleh digunakan dalam semua kelas, baik besar maupun kecil. Tidak diragukan lagi bahwa diskusi di kelas kecil akan lebih berkesan dibanding kelas besar, tetapi kelas besar sebaiknya jangan jadi penghalang tenaga pengajar untuk mendorong keikutsertaan semua mahasiswa. Aktivitas diskusi menurut Hisyam Zaini et al. (2011) sangat sesuai apabila tenaga pengajar melakukan hal-hal yaitu: membantu mahasiswa belajar berfikir untuk menyelesaikan suatu permasalahan, membantu mahasiswa menilai secara logika, serta bukti-bukti bagi kedudukan dirinya atau kedudukan yang lain, memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk menformulasikan penerapan suatu prinsip, membantu mahasiswa menyadari suatu permasalahan dan menyelesaikan dengan menggunakan informasi yang diperoleh dari bacaan,

Ceramah atau lainnya, menggunakan bahan-bahan dari ahli-ahli lain dalam kelompoknya, mengembangkan minat untuk belajar yang lebih jauh, dan memperoleh umpan balik yang cepat tentang seberapa jauh suatu tujuan tercapai.

Aktivitas diskusi dalam pengajaran dan pembelajaran melalui penggunaan ICT dapat melatih keterampilan berfikir tingkat tinggi dikalangan mahasiswa dengan pembelajaran konstruktivisme sosial melalui fasilitas *chatting/pesan, forum* (Sara Brierton et al. 2016). Aktivitas diskusi disokong oleh perhatian mahasiswa pada pembelajaran secara *online* yaitu sewaktu mereka terlibat dalam interaksi dengan peralatan fisik, digital, ruang pembelajaran bersama, dan secara *online* (Andri et al. 2015; Simon et al. 2012).

Aktivitas mahasiswa dapat ditinjau dari beberapa aspek seperti bertanya dan menyampaikan gagasan, mengikuti kegiatan diskusi membaca dan membuat catatan mahasiswa, memberi respon, mendemonstrasikan pemahaman melalui diskusi, menggunakan teknologi ICT dalam belajar, interaksi atas talian, *facebook*, dan menyelesaikan masalah (Trianto et al. 2016; Delialioglu & Yildirim 2007).

METODE PENELITIAN

Bentuk penelitian ini adalah penelitian *classroom action research* atau penelitian tindakan kelas (PTK). PTK dalam kajian ini untuk mendeskripsikan peningkatan aktivitas belajar mahasiswa dengan pembelajaran berbasis web menggunakan PBL pada perkuliahan Elektronika Dasar (topik teori dan rangkaian dioda). PTK ini lebih menekankan pada proses pembelajaran daripada hasil akhir pembelajaran itu sendiri (Suharsimi dkk., 2015; Legiman, 2010).

Penelitian ini dilaksanakan di FKIP Universitas Riau. Subjek penelitian adalah Dosen Elektronika Dasar dan Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika yang mengikuti mata kuliah Elektronika Dasar pada semester ganjil tahun akademik 2016/2017 yaitu lokas

3B yang berjumlah 34 orang (putra 3 orang dan putri 31 orang). Objek penelitian yaitu penerapan pembelajaran berbasis web untuk meningkatkan aktivitas belajar mahasiswa.

Penelitian tindakan kelas ini dijalankan menurut prosedur pada Gambar 1.



Gambar 1. Siklus PTK (Suharsimi et al., 2015 Legiman. 2010)

Tahapan pelaksanaan setiap siklus (Edi Prajitno, 2008; Suharsimi, 2015) diuraikan seperti penjelasan berikut;

- Perencanaan*; melakukan penyusunan instrumen dan pembagian kelompok, Perencanaan penyediaan sarana dan media yang diperlukan, dan rencana tindakan penerapan pembelajaran berbasis web (dapat diakses di <http://key-elearning.com>).
- Pelaksanaan tindakan*; mendeskripsikan langkah-langkah implementasi pembelajaran *online* dengan pendekatan PBL pada topik teori dan rangkaian dioda.
- Pengamatan*, tahap pengamatan mendeskripsikan instrumen monitoring yang digunakan dalam mengamati pelaksanaan tindakan dan kejadian selama pelaksanaan tindakan, penentuan petugas monitoring.
- Refleksi*; mendeskripsikan pelaksanaan refleksi terhadap implementasi tindakan berdasarkan hasil pengamatan

Instrumen pengumpul data menggunakan lembar observasi aktivitas dan catatan lapangan. Sedangkan teknik analisis data hasil observasi aktivitas mahasiswa terlebih dahulu diolah secara kuantitatif data setiap item (aspek) dengan menghitung persentasenya. Hasil persentase jawaban responden diinterpretasikan dalam kriteria persentase menurut Tabel 1.

Tabel 1.

Kriteria Interpretasi Skor Aktivitas Mahasiswa

Persentase (%)	Kategori
0 – 20.9	Sangat Kurang
21 – 40.9	Kurang
41 – 60.9	Cukup

61 – 80.9	Memuaskan
81 - 100	Sangat Memuaskan

Sumber: Adaptasi dari Riduwan, 2010.

Aspek Aktivitas diadaptasi dari (Trianto dkk. 2016; Rita 2014; Wayan 2016) yaitu: bertanya dan mengemukakan pendapat, aktif dalam mengikuti kegiatan diskusi, menanggapi pertanyaan atau pendapat, mempresentasikan hasil diskusi, membuka tutorial, mendownload modul/LKM, membuka video pembelajaran, diskusi melalui *forum*, *upload* tugas, dan mengikuti kuis *online*.

Kriteria penarikan kesimpulan dalam penerapan pembelajaran Elektronika Dasar berbasis web ini dinyatakan meningkat apabila hasil analisis menunjukkan peningkatan pada setiap aspek aktivitas mulai dari tahap sebelum tindakan, siklus 1 sampai kepada siklus 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data diperoleh data aktivitas belajar sebelum pemberian tindakan yaitu pembelajaran tidak dilakukan secara *online* menerusi web sebagaimana pada Tabel 2. Aktivitas yang diamati sebelum tindakan meliputi 4 aspek dengan perolehan skor terendah pada aspek bertanya dengan kategori kurang 25.7% dan hanya satu aspek pada kategori cukup (51.4%) yaitu aspek diskusi. Secara keseluruhan kategori kurang (35.0%). Hasil ini menunjukkan bahwa aktivitas mahasiswa dalam pembelajaran Elektronika Dasar masih kurang dan perlu dilakukan tindakan untuk meningkatkan aktivitas belajar mahasiswa.

Tabel 2.

Aktivitas Belajar Mahasiswa Sebelum Tindakan.

N o	Aktivitas	Persentase (%)	Kategori
1	Bertanya dan mengemukakan pendapat	25.7	Kurang
2	Aktif dalam mengikuti kegiatan diskusi	51.4	Cukup
3	Menanggapi pertanyaan atau pendapat	34.3	Kurang
4	Mempersentasikan hasil diskusi	28.6	Kurang
	Keseluruhan	35.0	Kurang

Setelah dilaksanakan tindakan pada siklus 1 menggunakan web <http://key-elearning.com> diperoleh data aktivitas seperti pada Tabel 3. Hasil analisis aktivitas belajar pada siklus

1, diperoleh aspek aktivitas terendah yaitu pada aspek menanggapi, mempresentasikan dan forum dengan kategori kurang dan cukup. Kurangnya ketiga aspek tersebut karena masih terdapat mahasiswa tidak mengakses web pembelajaran secara langsung, mereka hanya menumpang pada teman sekelompok sehingga tidak dapat mengakses lebih leluasa. Sedangkan aspek tertinggi yaitu aspek diskusi dan mengerjakan kuis *online*, Pada aspek tersebut mahasiswa dituntut melaksanakan diskusi menyelesaikan masalah dan menjawab kuis, namun ternyata belum seluruh mahasiswa mengikuti secara maksimal. Selain itu terdapat mahasiswa yang berhalangan hadir ketika perkuliahan dilaksanakan. Jika dibandingkan dengan sebelum tindakan, maka siklus 1 sudah menunjukkan peningkatan aktivitas yang lebih baik. Secara keseluruhan kategori aktivitas siklus 1 yaitu 61.3% (kategori memuaskan).

Tabel 3.

Aktivitas Belajar Mahasiswa Siklus 1

No	Aktivitas	Persentase (%)	Kategori
1	Bertanya dan mengemukakan pendapat	55.9	Cukup
2	Aktif dalam mengikuti kegiatan diskusi	85.3	Sangat memuaskan
3	Menanggapi pertanyaan atau pendapat	47.1	cukup
4	Mempersentasikan hasil diskusi	41.2	Cukup
5	Membuka Tutorial Elektronika dasar	77.5	Memuaskan
6	Mendownload LKM/Modul	70.6	Memuaskan
7	Membuka video pembelajaran	60.8	Cukup
8	Diskusi melalui <i>forum</i>	26.5	Kurang
9	Meng- <i>upload</i> tugas	64.2	Memuaskan
10	Mengerjakan kuis online	82.4	Sangat Memuaskan
	Keseluruhan	61.3	Memuaskan

Setelah dilakukan analisis dan refleksi pada siklus 1. Maka dilakukan upaya peningkatan pada setiap aspek aktivitas terutama yang masih dianggap rendah yaitu aspek

bertanya, menanggapi, presentasi, dan forum. Untuk bertanya dikondisikan supaya setiap kelompok lebih dari satu orang yang bertanya, aspek menanggapi memberikan kesempatan pada kelompok lain membantu menanggapi, aspek presentasi dikondisikan agar semua anggota bagi kelompok yang presentasi mendapat kesempatan dan memberi kesempatan kepada beberapa kelompok mempresentasikan hasil diskusinya.

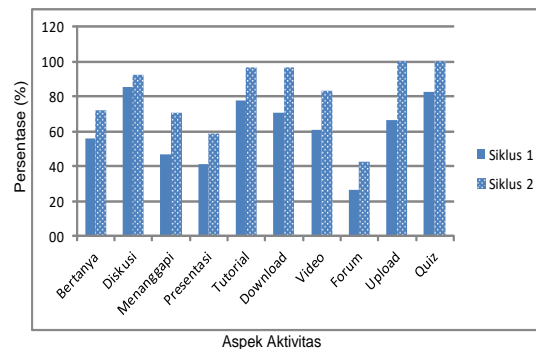
Hasil analisis pemberian tindakan pada siklus 2 ditunjukkan pada Tabel 4. Data menunjukkan terdapat dua aspek berkategori cukup yaitu mempresentasikan dan *forum*. Meskipun aspek mempresentasikan kategori cukup, tetapi tetap mengalami peningkatan. Hal ini karena pada setiap pertemuan tidak semua kelompok mempresentasikan. Untuk aspek *forum* juga meningkat walaupun tidak terlalu tinggi, hal ini karena mahasiswa mempunyai pilihan yang lain seperti *facebook*, sms, WhatsApp, BBM, sehingga hanya sebagian yang menggunakan fasilitas *forum*. Untuk aspek aktivitas yang lain telah mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan aktivitas pada siklus 1 dengan skor keseluruhan 81.5% (kategori sangat memuaskan). Kajian PTK ini sejalan dengan kajian (Rita, 2014; Wayan Suana, 2016; Trianto et al. 2016) yang hasilnya mengalami peningkatan aktivitas pembelajaran bagi pelajar yang menjadi subjek kajian.

Tabel 4 Aktivitas Belajar Mahasiswa Siklus 2

No	Aktivitas	Persentase (%)	Kategori
1	Bertanya dan mengemukakan pendapat	72.1	Memuaskan
2	Aktif dalam mengikuti kegiatan diskusi	92.6	Sangat memuaskan
3	Menanggapi pertanyaan atau pendapat	70.6	Memuaskan
4	Mempersentasikan hasil diskusi	58.8	Cukup
5	Membuka Tutorial Elektronika dasar	97.1	Sangat memuaskan
6	Mendownload LKM/Modul	97.1	Sangat memuaskan
7	Membuka video pembelajaran	83.8	Sangat Memuaskan
8	Diskusi melalui forum	42.6	Cukup
9	Meng- <i>upload</i> tugas	100	Sangat memuaskan
10	Mengerjakan kuis <i>online</i>	100	Sangat memuaskan
11	Keseluruhan	81.5	Sangat memuaskan

Gambar grafik menunjukkan bahwa setelah refleksi pada siklus 1 dan dilanjutkan dengan perencanaan siklus 2, ternyata semua aspek aktivitas mengalami peningkatan. Aspek yang mengalami peningkatan yang tinggi yaitu aspek menanggapi, mengakses tutorial, *download* bahan, membuka video, *upload* tugas dan *quis*, sedangkan yang mengalami peningkatan sedikit antara siklus 1 dan 2 yaitu pada aspek diskusi, namun demikian aspek diskusi sudah mengalami peningkatan yang cukup tinggi pada siklus.

1. Secara keseluruhan menunjukkan peningkatan pada setiap aspek aktivitas.



Gambar 2. Grafik aktivitas pembelajaran Elektronika Dasar siklus 1 dan 2.

Penerapan pembelajaran berbasis web dengan PBL dalam pembelajaran Elektronika Dasar (pada topik teori dan rangkaian dioda) dapat meningkatkan 10 aspek aktivitas. Sehingga pembelajaran berbasis web dapat digunakan dalam pembelajaran Elektronika Dasar di Program Studi Pendidikan Fisika. Namun demikian untuk pengembangan lebih lanjut masih perlu dikaji berbagai aspek lain yang belum dikaji seperti untuk peningkatan aktivitas lainnya, terhadap mata kuliah lainnya, konten yang berkualitas dan kemampuan berfikir kritis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh dalam penelitian ini, disimpulkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis web dalam kuliah Elektronika Dasar di Program Studi Pendidikan Fisika semester ganjil tahun akademik 2016/2017 dapat meningkatkan aktivitas belajar mahasiswa pada siklus 1 dan siklus 2.

Diharapkan pembelajaran berbasis web dapat ditumbuhkembangkan lagi melalui kajian lanjut terkait mata kuliah lainnya, konten yang lebih berkualitas, kemampuan berfikir kritis dan meningkatkan aspek lainnya.

REFERENSI

- Afendi Hamat, Mohamed Amin Embi & Haslinda Abu Hassan. 2012. The Use of Social Networking Sites among Malaysian University Students. *International Education Studies* 5(3): 56-66.
- Andri, I., Christina, V., Panayiotis, Z., Tomaž, K. & Matija, P. 2015. Creative Multimodal Learning Environments and Blended Interaction for Problem-Based Activity in HCI Education. *TechTrends* 59(2): 47-56.
- Arief, S. Sadiman, R. Rahardjo, Anung Haryono & Rahardjito. 2009. *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatan*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

- Darwan Syah. 2009. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Diadit Media.
- Daryanto. 2009. *Panduan Proses Pembelajaran Kreatif dan Inovatif*. Jakarta: Kurnia Publisher.
- Delialioglu, O., & Yildirim, Z. 2007. Students' perceptions on effective dimensions of interactive learning in a blended learning environment. *Educational Technology & Society* 10(2): 133-146.
- Donnelly, R. 2013. [The role of the PBL tutor within blended academic development](#). *Journal of Innovations in Education & Teaching International* 50(2): 133-143.
- Edi Prajitno. 2008. Metode Penelitian Dalam Penelitian Tindakan Kelas. Makalah Pelatihan PTK Bagi Guru Di Propinsi DIY. Lembaga Penelitian UNY.
- Erica M.-S. & Maria J. E.-G. 2013. Case study of a problem-based learning course of physics in a telecommunications engineering degree. *European Journal of Engineering Education* 38(4): 408-416.
- Gregory, K. M., Ramesh, N., Julien van, H., Stephanie, P., Ramakant, N., Chen Sun, Amirhossein H., Dennis C. K., Koen E. A. van de Sande, Arnold W. M. S. & Cees G. M. S. 2014. Evaluating multimedia features and fusion for example-based event detection. *Machine Vision and Applications* 25:17-32.
- Halizah Omar, Mohamed Amin Embi & Melor Md Yunus. 2012. Learners' use of communication strategies in an online discussion via facebook. *Procedia- Social and Behavioral Sciences* 64: 535-544.
- Hamalik Oemar. 2004. *Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Rosda Karya.
- Hartono, 2008. *PAIKEM Pembelajaran Aktif, Inovatif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan*. Pekanbaru: Zanafa.
- Hisyam Zaini, Bermawy Munthe & Sekar Ayu Aryani. 2011. *Strategi Pembelajaran Aktif*, Yogyakarta: CTSD UIN Sunan Kalijaga.
- Legiman. 2010. *Penelitian Tindakan Kelas (PTK)*. Yogyakarta.
- Lentell, H. 2012. Distance learning in British Universities: is it possible? *Journal of Open Learning* 27(1): 23-36.
- Martinis Yamin. 2007. *Kiat Membelajarkan Siswa*, Jakarta: Gaung Persada Press.
- Nader Ale Ebrahim, Hadi Salehi, Mohamed Amin Embi, Mahmoud Danaee, Marjan Mohammad jafari, Azam Zavvari, Masoud Shakiba & Masoomah Shahbazi-Moghadam. 2014. Equality of Google Scholar with Web of Science Citations: Case of Malaysian Engineering Highly Cited Papers. *Modern Applied Science* 8(5): 63-69.

- Norazah, Mohd. Nordin, Ngau, C-H. 2009. Pembangunan dan penilaian bahan pengajaran dan pembelajaran berasaskan web-*webquest* bagi mata pelajaran ICT (*Development and Evaluation of Webquest for Information and Communication Technology Subject*). *Jurnal Pendidikan Malaysia* 34(1): 111-129.
- Norazah Mohd Nordin & Tamil, S. S. 2013. Problem based learning pendekatan dalam merancang e-konten untuk rekayasa. *J. Asian Social Science* 9(10): 300-306.
- Papachristos, D., N. Alafodimos, K. Arvanitis K. Vassilakis, M. Kalogiannakis, P. Kikilias, E., & Zafeiri. 2010. An educational model for asynchronous e-learning. a case study in higher technology education. *iJAC Journal* 3(1): 32-36.
- Rahmad, M. & Sahal, M. 2012. Pengembangan Perangkat Perkuliahan Rangkaian Dasar Aplikasi Transistor Bipolar. *Prosiding SEMIRATA Bidang MIPA BKS-PTN Wilayah Barat di Medan*.
- Riduwan. 2010. *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Rita Oktavinora. 2014. Peningkatan aktivitas belajar mahasiswa mata kuliah telaah kurikulum matematika sd menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw di Program Studi Pendidikan Matematika UMMY Solok. *LEMMA* Vol. I (1):61-68.
- Sara Brierton, Elizabeth Wilson, Mark Kistler, Jim Flowers & David Jones. 2016. A comparison of higher order thinking skills demonstrated in synchronous and asynchronous online college discussion posts. *NACTA Journal* 60(1): 14-21.
- Silberman. 2009. *Active Learning, 101 Cara Belajar Siswa Aktif*. Yogyakarta: Nusamedia.
- Simon P. B., Ross K. G. & Karon L. Mc. 2012. Student-generated content: using PeerWise to enhance engagement and outcomes in introductory physics courses. *AIP Conf. Proc.* 1413: 123-126.
- Steve, C. & [Phillip, G. C.](#) 2012. *Designing and Producing Media-Based Training*. USA: CRC Press.
- Suharsimi, A., Suhardjono & Supardi. 2015. *Penelitian Tindakan Kelas*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Tambouris, E., Panopoulou, E., Tarabanis, K., Ryberg, T., Buus, L., Peristeras, V., Lee, D., & Porwol, L. 2012. Enabling Problem Based Learning through Web 2.0 Technologies: PBL 2.0. *Journal of Educational Technology & Society* 15(4): 238-251.
- Tim Borang FKIP. 2014. *Borang Akreditasi Program Studi Pendidikan Fisika FKIP*. Pekanbaru: FKIP Universitas Riau.
- Triyanto et al. 2016. Penerapan blended-problem based learning Dalam pembelajaran biologi. *Jurnal Pendidikan* 1(7):1252-1260.

- Wang, D. X., Gao, X. & Peter, A. 2015. DIKEA: Exploiting Wikipedia for keyphrase extraction. *Web Intelligence* 13: 153-165.
- Wayan Suana. 2016. Meningkatkan Aktivitas Kolaboratif dan Pemahaman Konsep Mahasiswa pada Perkuliahan Fisika Dasar I melalui Lesson Study. *Jurnal EduMatSains*, Vol. 1 (1):1-14.
- Wiznia, D., Korom, R., Marzuk, P., Safdieh, J. & Grafstein, B. 2012. PBL 2.0: enhancing problem-based learning through increased student participation. *Journal of Medical Education Online* 17: 1-5.

SIKAP MAHASISWA TERHADAP MATAKULIAH FISIKA DASAR DI PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN UNIVERSITAS JAMBI

Titi Nurjanah ¹⁾, Astalini ²⁾, Wawan Kurniawan ³⁾

¹Mahasiswa Pendidikan Fisika FKIP,

Universitas Jambi

Email: titynur7@gmail.com

ABSTRAK

Sikap guru yang baik tersebut tidak muncul begitu saja. Perlu adanya pelatihan dan pendidikan yang tepat untuk menumbuhkan sikap yang baik di dalam diri guru. Salah satu lembaga yang dapat melatih dan mendidik calon guru agar menjadi guru berkompeten dan memiliki sikap yang baik adalah Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan. Tujuan pada penelitian untuk mengetahui sikap mahasiswa dan kendala sikap mahasiswa terhadap matakuliah Fisika Dasar di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jambi. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian kualitatif. Adapun populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa calon guru fisika angkatan 2016 di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jambi. Adapun jumlah keseluruhan mahasiswa pendidikan fisika angkatan 2016 yakni; 80 peserta Fisika Reguler, 4 orang Fisika mandiri, 20 orang Fisika PGMIPAU jadi total jumlah mahasiswa sebagai populasi penelitian ada 104 orang. Uji kredibilitas dilakukan dengan cara triangulasi. Triangulasi dalam pengujian kredibilitas ini diartikan sebagai pengecekan data dari berbagai sumber dengan berbagai cara, dan berbagai waktu. Dengan demikian terdapat triangulasi sumber, triangulasi teknik pengumpulan data, dan waktu. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sikap mahasiswa terhadap mata kuliah Fisika Dasar meliputi lima sub dimensi sikap. Kelima sub dimensi sikap itu ialah persepsi terhadap dosen fisika dasar, konsep diri dalam fisika dasar, kesenangan terhadap pelajaran fisika dasar, ketertarikan memperbanyak waktu mempelajari fisika dasar dan ketertarikan berkarir di bidang fisika. Sikap mahasiswa program studi pendidikan fisika angkatan 2016 terhadap kelima sub dimensi sikap tersebut dapat disimpulkan baik.

Keywords: Triangulasi Data, Sikap Mahasiswa, Persepsi

PENDAHULUAN

Program Studi Pendidikan Fisika adalah suatu program dari FKIP Universitas Jambi yang mendidik dan mempersiapkan mahasiswa calon guru Fisika tidak hanya berkompeten dalam bidang Fisika, tetapi juga memiliki sikap yang baik untuk diteladani siswanya nanti. Sama halnya dengan program studi yang lain, program studi pendidikan Fisika juga memiliki banyak mata kuliah. Salah satu mata kuliah yang wajib untuk dipelajari oleh mahasiswa calon guru Fisika adalah mata kuliah Fisika Dasar. Hal ini dikarenakan Fisika Dasar sebagai mata kuliah fundamental yang materinya di pelajari di Sekolah Menengah Atas (SMA). Oleh karena itu, mahasiswa calon guru Fisika harus memiliki sikap yang baik terhadap mata kuliah Fisika Dasar.

Sikap mahasiswa calon guru Fisika terhadap mata kuliah Fisika Dasar terdiri atas lima sikap yaitu: persepsi terhadap dosen Fisika Dasar, konsep diri dalam Fisika Dasar, kesenangan terhadap pelajaran Fisika Dasar, ketertarikan memperbanyak waktu mempelajari Fisika Dasar dan ketertarikan berkarir dibidang Fisika Dasar. Kelima sikap diatas terdapat didalam *Test of Science-Related Attitude* (TOSRA). Selain itu, kelima sikap tersebut penting untuk dimiliki mahasiswa program studi Pendidikan Fisika supaya menjadi guru Fisika yang berkompeten dan memiliki sikap yang baik. Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yang mengacu kepada latar belakang tersebut adalah: Bagaimana sikap mahasiswa terhadap matakuliah Fisika Dasar di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jambi. Bagaimana kendala sikap mahasiswa terhadap matakuliah Fisika Dasar di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jambi.

Tujuan pada penelitian untuk mengetahui sikap mahasiswa terhadap matakuliah Fisika Dasar dan mengetahui kendala sikap mahasiswa terhadap matakuliah Fisika Dasar di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jambi.

SIKAP

“Sikap dalam bahasa inggris disebut attitude, sedangkan istilah attitude sendiri berasal dari bahas latin “aptus” yang berarti keadaan siap secara mental yang bersifat untuk melakukan kegiatan”[1].“Istilah sikap (attitude) berasal dari bahasa Latin, “aptitude” yang berarti kemampuan, sehingga sikap dijadikan acuan apakah seseorang mampu atau tidak mampu pada pekerjaan tertentu”. Sedangkan menurut Chaplin (1975) dalam [2] “Sikap atau pendirian adalah satu predisposisi atau kecenderungan yang relative stabil dan langsung terus menerus untuk bertingkah laku atau untuk mereaksi dengan cara tertentu”. Menurut Ajzen & Fishbein (1980) dalam [3], “Attitude is defined as a function of beliefs. In other words, a person who believes that performing the behavior will cause the positive outcomes will have a favorable attitude toward performing this behavior”. Sikap didefinisikan sebagai fungsi dari keyakinan. Dengan kata lain, orang yang percaya bahwa melakukan perilaku akan menyebabkan hasil positif akan memiliki sikap yang menguntungkan terhadap melakukan perilaku tersebut. Kemudian menurut [4], “Sikap adalah kecenderungan yang relatif stabil dan berlangsung terus menerus untuk bereaksi terhadap suatu hal”. Bahwa sikap adalah kemampuan, pola perilaku, pendirian

dan mental yang terus menerus dilakukan. Selain itu sikap memiliki tiga komponen yang saling berhubungan yaitu: emosi, kognitif dan perilaku.

Oleh sebab itu, seorang guru khususnya guru Fisika hendaknya memiliki sikap yang baik terhadap mata kuliah Fisika Dasar. Hal ini dikarenakan, materi Fisika Dasar digunakan saat guru tersebut mengajar di SMA. Dengan demikian, guru yang memiliki sikap yang baik terhadap Fisika Dasar akan mengajar dengan baik pula. sikap yang digunakan hanya lima dari tujuh sikap TOSRA. Hasil pengembangan [5] sebagai pengembang instrument sikap memilih lima sikap dari tujuh sikap TOSRA yang berkaitan dengan sikap terhadap pelajaran sains. Adapun lima sikap tersebut adalah *Social Implications of Science, Normality of Scientists, Enjoyment of Science Lessons, Leisure Interest in Science, and Career Interest in Science* (dampak sains terhadap masyarakat, berjiwa ilmuan, kesenangan terhadap pelajaran sains, kenyamanan minat terhadap Sains dan ketertarikan berkarir dalam sains). Menurut [6] Sikap terhadap Sains “Mengandung enam dimensi dengan delapan item untuk setiap dimensi. Enam dimensi tersebut ialah: a) persepsi terhadap guru Sains, b) kesulitan terhadap Sains, c)kepentingan Sains dalam masyarakat, d) konsep diri dalam Sains, e) kesenangan dalam Sains dan f) motivasi dalam Sains”. Berdasarkan beberapa sumber tersebut, peneliti dapat menyimpulkan bahwa sikap terhadap sains adalah pola perilaku seseorang terhadap sains itu sendiri. Adapun contoh sikap terhadap sains seperti sikap terhadap guru sains, sikap berkarir dibidang sains, ketertarikan terhadap pelajaran sains, dan dampak sains dalam masyarakat.

2. Persepsi Terhadap Dosen Fisika

Persepsi merupakan tanggapan (penerimaan) langsung dari suatu serapan atau merupakan proses seseorang mengetahui beberapa hal melalui panca inderanya [6] Selain itu, menurut Kotler (1994: 21) persepsi merupakan proses seorang individu memilih, mengorganisir, dan menafsirkan masukan-masukan informasi untuk menciptakan sebuah gambaran yang bermakna tentang dunia [6]. Berdasarkan definisi tersebut, persepsi dapat diartikan sebagai tanggapan, penafsiran, pengindraan dan pengorganisasian seorang individu terhadap suatu obyek.

3. Kesenangan Terhadap Matakuliah Fisika Dasar

Kesenangan dapat diartikan dengan senang atau suka terhadap pelajaran Fisika Dasar. Hal ini akan terjadi apabila mahasiswa calon guru Fisika memiliki sikap positif terhadap mata kuliah Fisika Dasar. Sikap positif dapat terbentuk tidak hanya dari faktor internal, tetapi juga dapat dari faktor eksternal. Faktor internal adalah faktor yang bersumber dari dalam diri mahasiswa seperti gemar mengerjakan soal-soal yang menggunakan rumus Fisika. Sedangkan faktor eksternal adalah faktor yang berasal dari luar diri mahasiswa seperti guru atau dosen mengajar Fisika dengan cara yang menarik sehingga mahasiswa menjadi senang belajar Fisika.

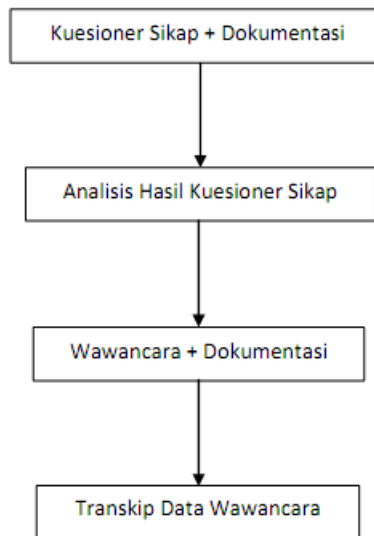
Ketertarikan memperbanyak waktu belajar adalah suatu keharusan bagi seorang pelajar salah satunya mahasiswa. Belajar tidak hanya terjadi dikelas saat seorang guru atau dosen menjelaskan materi. Akan tetapi, belajar dapat terjadi dimana saja dan kapan saja. Ketertarikan berasal dari kata tertarik yang berarti suka akan suatu hal. Tertarik memperbanyak waktu belajar khususnya Fisika Dasar merupakan sikap positif yang harus dimiliki mahasiswa calon guru

Fisika. Hal ini dikarenakan, waktu yang diberikan selama belajar dikelas Fisika Dasar tidak cukup untuk menjelaskan dan menyelesaikan permasalahan mengenai Fisika Dasar. Sehingga, sikap ini penting untuk dimiliki mahasiswa khususnya calon guru Fisika.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu [7]. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian kualitatif.

Adapun populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa calon guru fisika angkatan 2016 di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jambi. Adapun jumlah keseluruhan mahasiswa pendidikan fisika angkatan 2016 yakni; 80 peserta Fisika Reguler, 4 orang Fisika mandiri, 20 orang Fisika PGMIPAU jadi total jumlah mahasiswa sebagai populasi penelitian ada 104 orang.

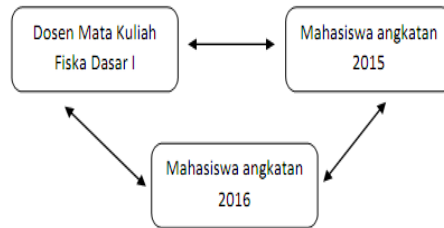


Gambar 1. Prosedur Pengumpulan data

Prosedur pengumpulan data yang pertama, peneliti menyebarkan kuesioner atau angket kepada seluruh mahasiswa calon guru Fisika angkatan 2016. Angket ini diberikan untuk mengetahui bagaimana sikap mahasiswa terhadap mata kuliah Fisika Dasar I. Data angket kemudian dianalisis dan disajikan dengan diagram lingkaran. Pada tahap ini dilakukan dokumentasi berupa foto mahasiswa saat mengisi angket. Kedua, tahap ini peneliti melakukan wawancara. Wawancara ini dilakukan kepada seluruh mahasiswa calon guru Fisika angkatan 2016 yang sedang mengontrak mata kuliah Fisika Dasar I. Hal tersebut dilakukan karena, peneliti ingin mengetahui kendala sikap seluruh mahasiswa calon guru Fisika angkatan 2016

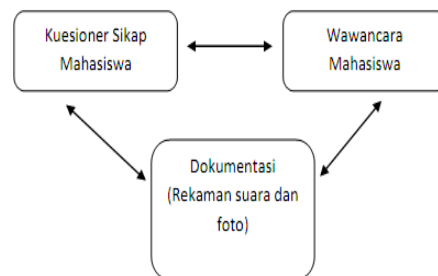
terhadap mata kuliah Fisika Dasar I. Selain itu, tahap ini juga dilakukan dokumentasi berupa rekaman suara saat wawancara.

Pada penelitian ini, uji kredibilitas dilakukan dengan cara triangulasi. Triangulasi dalam pengujian kredibilitas ini diartikan sebagai pengecekan data dari berbagai sumber dengan berbagai cara, dan berbagai waktu. Dengan demikian terdapat triangulasi sumber, triangulasi teknik pengumpulan data, dan waktu [7] Pada penelitian ini, triangulasi juga dilakukan seperti gambar berikut:



Gambar 2. Triangulasi Sumber data

Triangulasi sumber data dilakukan pada mahasiswa calon guru fisika angkatan 2015 dan 2016 serta Dosen mata Kuliah Fisika Dasar. Hal ini dilakukan agar data yang diperoleh tidak hanya bersumber dari satu sumber data saja. Selain itu, pada penelitian ini dilakukan juga triangulasi teknik pengumpulan data. Triangulasi pengumpulan data dimulai dari pemberian angket kepada mahasiswa. Selama pemberian angket dilakukan dokumentasi berupa foto. Kemudian dilakukan wawancara dan juga dokumentasi berupa rekaman suara. Tiga teknik pengumpulan data tersebut dilakukan selama penelitian. Adapun yang terakhir adalah triangulasi waktu pengumpulan data. Penelitian ini rencananya akan dilaksanakan dari pagi, siang hingga sore.



Gambar 3. Triangulasi teknik pengumpulan data

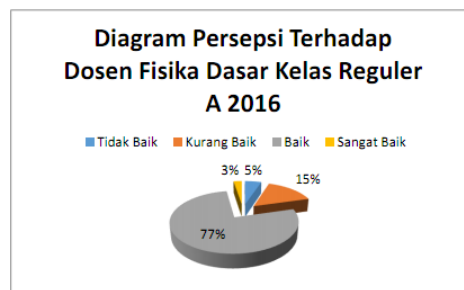
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data penelitian, peneliti menggunakan instrument penelitian dari [5] program studi pendidikan fisika fakultas keguruan dan ilmu pendidikan Universitas Jambi. Instrument pengumpulan data yang digunakan berupa pedoman wawancara, angket dan dokumentasi. Data sikap mahasiswa terhadap mata kuliah fisika dasar di program studi pendidikan fisika fakultas keguruan dan ilmu pendidikan Universitas Jambi diambil dengan

wawancara, angket dan dokumentasi terhadap 96 mahasiswa program studi pendidikan fisika Universitas Jambi angkatan 2016 yang terdiri dari tiga kelas yaitu regular A, regular B dan PGMIPAU. Adapun hasil wawancara, angket dan dokumentasi tentang sikap mahasiswa terhadap mata kuliah fisika dasar di program studi pendidikan fisika Universitas Jambi sebagai berikut:

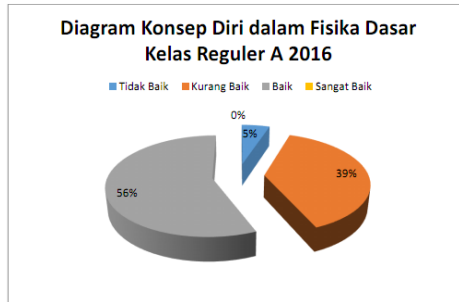
Dari hasil penelitian pada gambar 4, dapat diketahui bahwa bagian pembahasan pada penelitian ini akan dibagi menjadi lima sub dimensi sikap. Adapun sub dimensi sikap yang akan dibahas pada penelitian ini meliputi persepsi terhadap dosen fisika dasar, konsep diri dalam fisika dasar, kesenangan terhadap pelajaran fisika dasar, ketertarikan memperbanyak waktu mempelajari fisika dasar dan ketertarikan berkarir dibidang fisika. Kelima sub dimensi sikap ini akan dibahas berdasarkan hasil angket, wawancara dan dokumentasi.

Pertama, persepsi mahasiswa program studi pendidikan fisika angkatan 2016 terhadap dosen fisika dasar dapat dikategorikan baik. Hal ini terlihat dari rata-rata hasil angket yang menggambarkan presentase persepsi mahasiswa terhadap dosen fisika dasar baik yaitu antara 70% - 80%. Klasifikasi sikap baik ini terbukti dari hasil wawancara mahasiswa yang mengatakan bahwa dosen fisika dasar selalu hadir tepat waktu, berkomunikasi dengan baik didalam kelas, dapat memotivasi mahasiswa dalam belajar fisika dasar, menguasai materi, mengaitkan materi fisika dasar dengan kehidupan sehari-hari, memberikan perlakuan yang sama kepada seluruh mahasiswa dan memberikan toleransi keterlambatan.



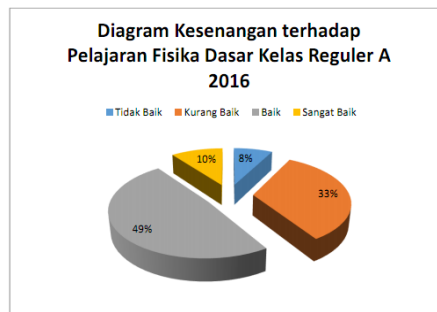
Gambar 4. Persepsi Terhadap Dosen Fisika Dasar Kelas Reguler A 2016

Kedua, konsep diri mahasiswa program studi pendidikan fisika angkatan 2016 terhadap matakuliah fisika dasar rata-rata baik. Adapun presentase sikap baik ini yaitu antara 50% - 80%. Konsep diri mahasiswa terhadap mata kuliah fisika dasar dapat terlihat dari kepercayaan diri mahasiswa mengenai kemampuannya menguasai materi fisika dasar yang telah diajarkan. Selain itu, konsep diri mahasiswa terhadap mata kuliah fisika dasar juga dapat terlihat dari sedikitnya kendala atau kesulitan yang dimilikinya selama mengikuti mata kuliah fisika dasar.



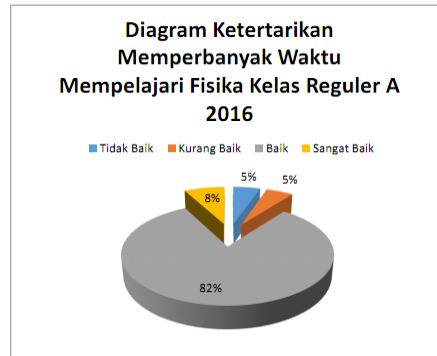
Gambar 5. Konsep Diri dalam Fisika Dasar Kelas Reguler A 2016

Ketiga, kesenangan terhadap pelajaran fisika dasar mahasiswa program studi pendidikan fisika angkatan 2016 pada dasarnya memiliki sikap baik. Rata-rata presentase sikap baik mahasiswa mengenai kesenangan terhadap pelajaran fisika dasar yaitu antara 40% - 80%. Hal ini terlihat dari pernyataan mahasiswa yang menyatakan suka atau kurang suka terhadap mata kuliah fisika dasar dengan berbagai alasan.



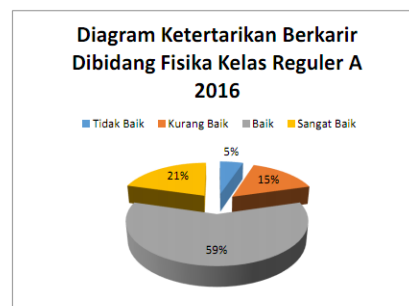
Gambar 6. Kesenangan terhadap Matakuliah Fisika Dasar Kelas Reguler A 2016

Keempat, ketertarikan mahasiswa program studi pendidikan fisika angkatan 2016 memperbanyak waktu mempelajari fisika dasar rata-rata memiliki sikap baik yaitu antara 70% - 80%. Sikap baik ini terlihat dari kebiasaan mahasiswa yang belajar fisika dasar dirumah selain belajar dikelas. Kemudian terlihat dari sikap mahasiswa yang menyediakan waktu khusus untuk mempelajari fisika dasar seperti les privat atau menargetkan belajar fisika dasar 1 jam setiap hari atau 2 kali dalam satu minggu.



Gambar 7. Ketertarikan Memperbanyak waktu mempelajari Fisika Dasar Kelas Reguler A 2016

Kelima, ketertarikan mahasiswa program studi pendidikan fisika angkatan 2016 berkarir dibidang fisika rata-rata baik yaitu antara 50% - 70%. Ketertarikan ini terlihat dari keinginan mahasiswa berkarir dibidang fisika setelaha lulus kuliah seperti menjadi guru fisika, dosen fisika dan tenaga laboratorium.



Gambar 8. Ketertarikan berkarir di bidang Fisika Kelas Reguler A 2016

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sikap mahasiswa terhadap mata kuliah Fisika Dasar Di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jambi meliputi lima sub dimensi sikap. Kelima sub dimensi sikap itu ialah persepsi terhadap dosen fisika dasar, konsep diri dalam fisika dasar, kesenangan terhadap pelajaran fisika dasar, ketertarikan memperbanyak waktu mempelajari fisika dasar dan ketertarikan berkarir di bidang fisika. Sikap mahasiswa program studi pendidikan fisika angkatan 2016 terhadap kelima sub dimensi sikap tersebut dapat disimpulkan baik. Hal ini terbukti dari hasil angket, hasil wawancara dan hasil dokumentasi yang dikumpulkan oleh peneliti.

REFERENSI

- Fakhruddin, “*Sikap Ilmiah Siswa dalam Pembelajaran Fisika dengan Penggunaan Media Komputer melalui Model Kooperatif Tipe Stand pada Siswa Kelas X3 SMA Negeri I Bangkinang Barat*”, Jurnal Geliga Sains 4(1), ISSN 1978- 502X, 2010, hal.19
- Anwar, Herson, 2009. *Penilaian Sikap Ilmiah dalam Pembelajaran Sains*. Jurnal Pelangi Ilmu, 2(5):103.
- Chia-Chi Chiang, “*Effects Of A Feeding Skills Training Program On Knowledge, Attitude, Perceived Behavior Control, Intention, And Behavior Of Formal Caregivers Toward Feeding Dementia Patients In Taiwan Nursing Homes*”, Case Western Reserve University.
- Munayyaroh dkk, “*Efektivitas Pelaksanaan Asistensi Praktikum Fisika Dasar II Terhadap Sikap Sains Mahasiswa Semester II Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Purworejo*”, Jurnal Radiasi, Volume.III No.2, hal.116.
- Zanaton, Iksan, 2006. *Sikap Terhadap Sains dalam Kalangan Pelajar Sains di Peringkat Menengah dan Matrikulasi*. Pertanika J.Soc & Hum. 14(2). Hal: 136.
- Pramesti, Hernawati & Anggraeni Puspa Dhewi, Wenny, 2006. *Persepsi Mahasiswa terhadap Profesionalisme Dosen di Lingkungan Perguruan Tinggi Swasta di Surakarta*. Jurnal Ekonomi dan Kewirausahaan, 6(1):52-53.
- Sugiyono, 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

EFFECTIVENESS OF PHYSICS LEARNING BASED ON MULTI REPRESENTATION TO GAIN THE STUDENTS PHYSICS EDUCATION REPRESENTATION ABILITY

Yennita

FKIP, Universitas Riau

email: yennita_caca@yahoo.com

ABSTRACT

The aim of this research is to determine the effectiveness of learning physics-based multiple- representation to gain students representation capability in physic school Isubject in FKIP Universitas Riau. The expected benefits of this research is to further examine the success rate of students by using multi representative approach. This research was conducted on 42 students of physic school 1 course. The design of the research is pre-experimental one group pretest-posttest. From the research, based on the indicators of representation ability; which are to formulate information, to from a representation, to make the consistency of representation and finally to solve the problems using the representation which obtained with medium category, so it was declared that learning methods is effective. Furthermore, the ability of the students to present the representation seen in various forms of representation;, verbal representation, mathematical representation, and graphs representation. in each form of it, the quality was raised So it can be concluded that learning physics with multiple representations is effective to train student representation ability in physic education.

Keywords: learning effectiveness, multiple-representations, representation ability.

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika adalah suatu interaksi antara pelajar dan pengajar atau sumber belajar yang digunakan dalam situasi edukatif dalam mempelajari fenomena dan gejala alam secara empiris, logis, sistematis dan rasional yang melalui serangkaian produk sains, proses sains, dan sikap ilmiah (Mikrajudin, 2013). Pembelajaran fisika tentu terdiri dari banyak konsep dan prinsip yang pada umumnya bersifat sangat abstrak. Kesulitan banyak dihadapi oleh sebagian besar pelajar dalam menginterpretasi berbagai konsep dan prinsip fisika sebab mereka dituntut harus mampu menginterpretasi pengetahuan fisika tersebut secara tepat dan tidak samar-samar atau tidak mendua arti. Kemampuan pelajar dalam mengidentifikasi dan menginterpretasi konsep-konsep fisika jelas merupakan prasyarat penting bagi penggunaan konsep-konsep untuk

membuat inferensi-inferensi yang lebih kompleks atau untuk pemecahan soal fisika yang berkaitan dengan konsep-konsep tersebut.

Pembelajaran di Perguruan Tinggi pada cabang ilmu fisika semakin banyak terdapat konsep fisika yang bersifat abstrak bila dibandingkan dengan pembelajaran di SMA yang membutuhkan berbagai representasi agar dapat dikomunikasikan secara lebih efektif seperti melalui grafik atau diagram dan gambar. Monika (2013) menyatakan guru/dosen masih jarang menggunakan grafik, gambar ataupun diagram sebagai bentuk representasi lain dari sebuah konsep, namun mereka cenderung lebih menggunakan penjelasan verbal, serta pelajar tidak ditantang untuk menjelaskan konsep fisika yang sama dengan menggunakan representasi lain.

Berkaitan dengan hal di atas, sejalan dengan yang ditemukan penulis saat mengajar mata kuliah 'Fisika Sekolah 1'. Dimana mata kuliah ini berisi tentang materi setara fisika SMA yang lebih dikuatkan pemahaman konsep fisiknya sebagai persiapan mengajar sebagai seorang guru. Dalam mengerjakan soal kuis sebagian besar mahasiswa kesulitan menjawab soal dengan format representasi gambar dan grafik. Hal ini dibuktikan pada tahun sebelumnya, dari 40 orang mahasiswa hanya 7 orang saja yang menjawab benar tentang representasi grafik dan 8 orang menjawab benar untuk soal representasi gambar dalam penyelesaiannya.

Muchtar (2014) juga menyebutkan umumnya dalam mata pelajaran fisika ketika pelajar diminta untuk menyelesaikan masalah terutama pada materi dinamika partikel, pelajar sering melakukan dua kesalahan dalam menggambarkan *free body diagram* yaitu: (1) tidak lengkap menggambar gaya-gaya pada diagram benda bebas yang ditinjau, (2) menggambar gaya-gaya yang bekerja pada benda atau sistem benda secara berlebihan (ada gaya yang tidak bekerja pada benda tetapi tergambar pada diagram benda bebas). Begitu pula pada Materi Kinematika yang memerlukan kemampuan pemecahan masalah yang kompleks, artinya pelajar tidak hanya menghafalkan rumus, namun pelajar harus mengembangkan kemampuan representasinya secara gambar, diagram dan matematis. Akan menjadi kesulitan pelajar untuk menyelesaikan soal-soal fisika jika mereka tidak kuat dalam merepresentasikan konsep-konsepnya menjadi berbagai bentuk (Rizky *dkk*, 2014).

Rosengrant, D., *dkk* (2005) menyatakan bahwa representasi membantu pelajar membentuk pengetahuan dan pemecahan masalah. pelajar menggunakan representasi untuk membantu mereka memahami situasi masalah serta untuk mengevaluasi hasilnya. Dua kecenderungan dikembangkan dari berbagai penelitian terakhir ini, yaitu bagaimana pelajar menggunakan berbagai representasi ketika memecahkan permasalahan dan bagaimana format representasi yang berbeda mempengaruhi kinerja pelajar dalam pemecahan masalah. Sehingga patut dipertimbangkan untuk melatih bagaimana mahasiswa menggunakan berbagai representasi (multirepresentasi) ketika memecahkan permasalahan dan mempelajari bagaimana cara terbaik melakukan pemecahan masalah menggunakan berbagai representasi.

Penelitian sebelumnya tentang penggunaan Multirepresentasi ini telah dilakukan oleh Suhandi, *dkk* (2007) dengan judul "Pendekatan Multirepresentasi dalam Pembelajaran Usaha dan Energi dan Dampaknya Terhadap Pemahaman Konsep Mahasiswa". Hasil yang didapat adalah penggunaan multirepresentasi dapat mempertajam dan mengokohkan konsep, mengurangi

keraguan, karena suatu konsep akan lebih terang ketika disajikan kedalam berbagai representasi. Penelitian lainnya juga dilakukan Fitria, *dkk* (2013) yang menyatakan bahwa efektivitas penggunaan model PBL dengan pendekatan multirepresentasi tergolong tinggi dalam menurunkan persentase rata-rata kesulitan pelajar serta meningkatkan kemampuan multirepresentasi pelajar. Hal ini senada dengan Abdurahman, *dkk* (2011), menyatakan pelajar belajar lebih efektif ketika mereka mengolah informasi dengan berbagai macam cara sehingga pendekatan multirepresentasi untuk belajar dan mengajar menjadi sesuatu yang sangat berpotensi menghasilkan proses pembelajaran yang efektif.

Bertolak dari hal di atas maka suatu tantangan bagi penulis untuk menghadirkan pembelajaran yang dapat melatih dan meningkatkan kemampuan representasi mahasiswa agar dapat menkonstruksi informasi secara maksimal dalam memecahkan suatu masalah kompleks dalam pembelajaran fisika. Maka pendekatan multirepresentasi dapat dijadikan suatu alternatif bagi dosen untuk mengkonstruksi konsep fisika kedalam berbagai representasi, tidak hanya representasi matematis tetapi representasi-representasi lain yakni representasi verbal, gambar atau diagram, serta representasi grafik yang masih sedikit sekali digunakan dalam pembelajaran.

Dengan demikian melalui pendekatan multirepresentasi, mahasiswa akan diarahkan untuk menganalisis, menguraikan, menggambarkan serta menyajikan konsep kedalam bentuk format berbeda yang beragam. Cara penyajian seperti ini diperkirakan sesuai digunakan pada pembelajaran fisika terutama materi Dinamika partikel yang banyak menggunakan representasi diagram untuk membentuk persamaan baru.

KAJIAN LITERATUR

Multirepresentasi adalah suatu cara menyatakan suatu konsep melalui berbagai cara dan bentuk diantaranya dalam bentuk verbal, gambar, grafik, diagram dan matematika. Dikatakan multi representasi apabila konsep yang sama disampaikan dengan lebih dari satu representasi (Zainuri, 2013).

Izsak dan Sherin dalam M. Yusuf (2009) menyatakan bahwa pengajaran dengan melibatkan multirepresentasi memberikan konteks yang kaya bagi pelajar untuk memahami suatu konsep. Multirepresentasi memiliki tiga fungsi utama seperti yang diungkapkan oleh Ainsworth (2001) yaitu sebagai pelengkap, pembatas interpretasi dan pembangun pemahaman.

Sedangkan menurut Zainuri (2013) diadaptasi dari Ainsworth fungsi Multirepresentasi dalam pembelajaran fisika dijabarkan sebagai berikut :

- 1) Multi representasi digunakan untuk memberikan representasi yang berisi informasi pelengkap.
 - a) Multi representasi melengkapi proses untuk mendapatkan penjelasan mengenai suatu konsep tertentu atau dalam memecahkan soal fisika
 - b) Multi representasi melengkapi informasi. Multi representasi berfungsi untuk menyampaikan informasi dalam bentuk yang berbeda. Multi representasi digunakan untuk melengkapi suatu representasi yang tidak mencukupi untuk menyampaikan informasi atau mungkin terlalu sulit bagi pelajar untuk mengartikan representasi tersebut. Selain itu, multi representasi berfungsi untuk menarik kesimpulan dari representasi yang

beragam. Hal ini memungkinkan satu representasi menyediakan kebutuhan informasi yang mendukung untuk menarik kesimpulan

- 2) Multi representasi digunakan untuk membatasi kemungkinan kesalahan menginterpretasi dalam menggunakan representasi yang lain. Hal ini dapat dicapai melalui dua cara yaitu memanfaatkan representasi yang bisa dikenal untuk mendukung interpretasi dari representasi yang kurang biasa dikenal atau lebih abstrak dan menggali sifat-sifat inheren satu representasi untuk membatasi interpretasi representasi kedua.
- 3) Multi representasi dapat digunakan untuk mendorong pelajar membangun pemahaman yang lebih dalam. Pada fungsi ini, multi representasi dapat digunakan untuk meningkatkan abstraksi, membantu generalisasi, dan untuk membangun hubungan antar representasi-representasi. Meningkatkan abstraksi yaitu dengan menyediakan beragam representasi sehingga pelajar dapat mengkonstruksi pemahaman mereka sendiri. Multi representasi untuk membantu generalisasi antara lain menggunakan berbagai bentuk representasi untuk menyediakan informasi dalam memecahkan soal dan merepresentasikan konsep yang sama dengan menggunakan representasi yang berbeda atau multi representasi.

Menurut Dufresne, dkk. (2004), representasi yang khusus digunakan dalam pembelajaran fisika mempunyai tiga cara (*modes*). Ketiga cara tersebut adalah: (a) sebagai cara atau alat untuk menguraikan persoalan (*problems*) yang terjadi ketika pelajar membuat atau menggambar sketsa situasi fisis dan melengkapi informasi, (b) sebagai pokok persoalan ketika pelajar secara eksplisit diminta untuk membuat grafik atau mencari nilai suatu besaran fisis menggunakan grafik, dan (c) sebagai langkah atau prosedur formal ketika pelajar diminta untuk menggambar diagram. Abdurrahman, dkk, (2011) menyatakan terdapat dua motivasi yang patut dipertimbangkan dalam pembelajaran berbasis multi representasi, yaitu bagaimana pelajar menggunakan berbagai representasi ketika memecahkan permasalahan dan mempelajari bagaimana cara terbaik mengajarkan pemecahan masalah menggunakan berbagai format representasi.

Selanjutnya, M.Yusuf (2009) juga menyebutkan langkah-langkah penggunaan multirepresentasi dalam proses pembelajaran sebagai berikut :

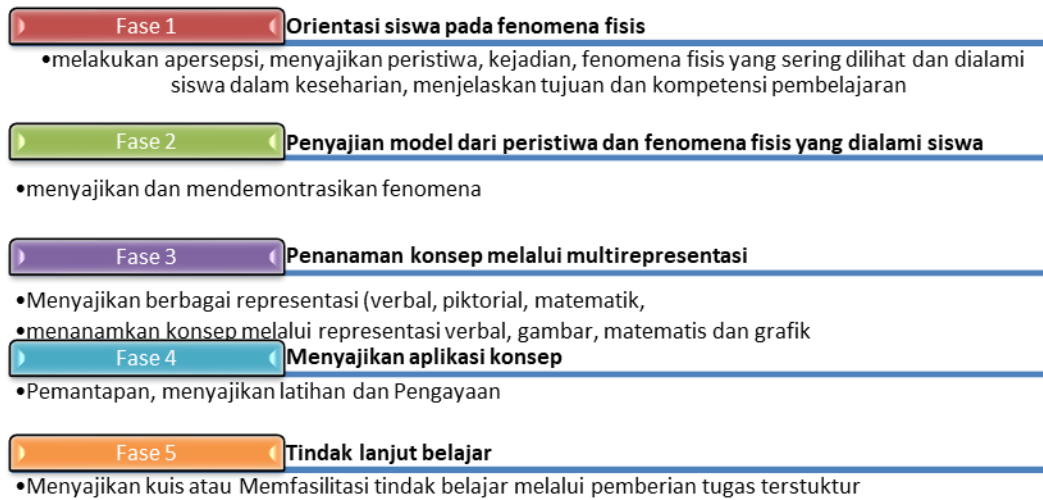
- 1) Mengidentifikasi konsep-konsep kunci

Setiap representasi dapat membantu pelajar untuk memahami dan menggunakan konsep-konsep kunci dalam fisika. Langkah awal adalah mengidentifikasi konsep-konsep tersebut dan memikirkan bagaimana pelajar dapat mengambil manfaat dari representasi-representasi yang disajikan.

- 2) Mengonstruksi representasi lain

Dengan konsep kunci yang ada dalam pikiran, kita dapat membuat representasi tipe lain yang berfokus pada konsep yang sama. Dari representasi verbal dapat dibuat representasi lain, misalnya gambar, grafik, matematik, atau yang lainnya. Demikian juga sebaliknya untuk representasi-representasi yang lain. Dengan memberikan banyak representasi suatu konsep akan memberikan banyak kesempatan kepada pelajar untuk memahami konsep tersebut melalui berbagai cara sesuai dengan jenis kecerdasan (menurut teori multikecerdasan) dan gayabelajar pelajar. Selain itu, merepresentasi konsep dari satu tipe representasi ke representasi lain akan memberikan kesempatan kepada pelajar untuk lebih memahami konsep yang bersangkutan. Hal ini karena merepresentasi ulang suatu konsep berarti kita melakukan proses pengulangan

terhadap konsep tersebut. Adapun tahap-tahap pembelajaran fisika berbasis multirepresentasi seperti ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pendekatan Multirepresentasi diadaptasi dari Suhandi (2012)

Fisika merupakan bidang yang mempelajari tentang gejala-gejala alam yang dikaji secara matematis melalui berbagai simbol-simbol. Konsep – kosep fisika tidak hanya bersifat konkrit namun juga sebagian besar bersifat abstrak. Sehingga dalam menyajikan suatu konsep tidak hanya melalui satu representasi.

Representasi merupakan kemampuan seseorang untuk mengkomunikasikan suatu konsep dari suatu masalah yang digunakan untuk menemukan solusi dengan suatu cara yang berbeda-beda berdasarkan interpretasi pikirannya menjadi lebih bermakna (Muchtar, 2014). Sedangkan Kemampuan representasi adalah kemampuan menginterpretasikan dan menerapkan berbagai representasi dalam menjelaskan konsep fisika maupun permasalahan dalam fisika (Kohl dan Noah, 2006).

Dalam kehidupan sehari-hari secara naluriah manusia sebenarnya sudah berkomunikasi menggunakan berbagai bentuk representasi dalam menyampaikan dan menerima informasi. Rosengrant, *et al* (2007) menyebutkan bahwa “A representation is something that symbolizes or stands for objects and or processes. Examples in physics include words, pictures, diagrams, graphs, computer simulations, mathematical equations, etc.”

Rosengrant, *et al* (2009) mengatakan bahwa ketika pelajar berada dalam kursus yang secara konsisten menekankan penggunaan diagram benda bebas, mayoritas dari mereka menggunakan diagram sendiri untuk membantu memecahkan masalah ujian bahkan ketika mereka tidak menerima arahan untuk menggambar diagram. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pelajar yang menggambar diagram dengan benar secara signifikan lebih berhasil dalam memperoleh jawaban yang tepat. Artinya, pelajar yang berhasil memperoleh jawaban yang tepat cenderung menggunakan lebih dari satu representasi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Airey J

dan Linder C yang dikutip dari Abdurrahman, *dkk* (2011) mengungkapkan melalui representasi yang multimodal akan menciptakan suasana pembelajaran dengan peran aktif seluruh potensi yang dimiliki oleh pelajar, mengaktifkan kemampuan belajar (*learning ability*) pelajar baik *minds-on* maupun *hands-on*, merupakan faktor yang sering menjadi masalah dalam pembelajaran fisika.

Ada beberapa kemampuan merepresentasikan suatu informasi secara multiple yang dimiliki peserta didik. Berikut merupakan aspek kemampuan Multirepresentasi yang harus dimiliki peserta didik menurut Etkina (2010) :

1. Mampu memformulasikan informasi dari representasi dengan benar. Pada kemampuan ini, peserta didik diharapkan dapat membuat suatu representasi dari informasi-informasi yang telah diperoleh pada materi.
2. Mampu menyusun representasi baru dari representasi sebelumnya. Peserta didik diharapkan dapat membuat representasi yang berbeda dari representasi sebelumnya mengenai materi.
3. Mampu mengevaluasi perbedaan representasi secara konsisten dan memodifikasinya jika perlu. Pada kemampuan ini, peserta didik membuat beberapa representasi mengenai materi yang telah direpresentasikan oleh guru. Tentunya beberapa representasi yang dibuat berbeda satu sama lainnya dan berkesesuaian antara setiap representasi pada materi yang sama.
4. Mampu menggunakan representasi untuk menyelesaikan soal. Dalam menyelesaikan soal-soal mengenai materi hendaknya peserta didik menggunakan beberapa representasi. Representasi yang digunakan peserta didik beragam dan berkesesuaian antara satu sama lainnya

M. Yusuf (2009) menyebutkan bahwa dalam fisika format representasi yang dapat dimunculkan antara lain :

- 1) Deskripsi verbal
Untuk memberikan definisi dari suatu konsep, verbal adalah satu cara yang tepat untuk digunakan.
- 2) Gambar/diagram
Suatu konsep akan menjadi lebih jelas ketika dapat kita representasikan dalam bentuk gambar. Gambar dapat membantu memvisualisasikan sesuatu yang masih bersifat abstrak. Dalam fisika banyak bentuk diagram yang sering digunakan (sesuai konsep), antara lain : diagram gerak, diagram bebas benda (*free body diagram*), diagram garis medan (*field line diagram*), diagram rangkaian listrik (*electrical circuit diagram*), diagram sinar (*ray diagram*), diagram muka gelombang (*wave front diagram*), diagram energi keadaan (*energy state diagram*)
- 3) Grafik
Penjelasan yang panjang terhadap suatu konsep dapat kita representasikan dalam satu bentuk grafik. Oleh karena itu kemampuan membuat dan membaca grafik adalah keterampilan yang sangat diperlukan. Grafik balok energi (*energy bar chart*), grafik balok momentum (*momentum bar chart*), merupakan grafik yang sering digunakan dalam merepresentasi konsep-konsep fisika.
- 4) Matematis
Representasi matematik dapat digunakan untuk mencari jawaban kuantitatif terhadap pemecahan soal.

METODE PENELITIAN

Responden dalam kajian ini adalah 42 mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UR yang mengambil mata kuliah Fisika Sekolah I. Penelitian ini merupakan penelitian pra-eksperimen dengan rancangan *one group pretest-posttest design*. Rancangan penelitian ini menurut Gall, Call & Borg dalam Setyosari (2010) meliputi tiga langkah, yaitu pelaksanaan *pretest* untuk mengukur variabel terikat (O_1); pelaksanaan perlakuan atau eksperimen (X) ; dan pelaksanaan *postes* (O_2) untuk mengukur hasil atau dampak terhadap variabel terikat.

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah tes hasil belajar kemampuan representasi mahasiswa. Instrumen pengumpulan data ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan dan efektivitas pembelajaran Tes yang digunakan pada penelitian ini adalah tes uraian yang berjumlah 5 soal yang masing-masing soal terdiri dari 4 indikator representasi. Agar dapat mengukur kemampuan representasi mahasiswa, maka soal tersebut dibuat berdasarkan aspek kemampuan representasi yakni memformulasikan informasi, membuat representasi baru, konsistensi, dan memecahkan masalah menggunakan representasi (Verbal, Matematis, Grafik, dan Gambar).

Untuk melihat bagaimana kemampuan representasi berdasarkan aspek kemampuan representasi *Multiple Ways* digunakan rumus :

$$\text{Skor tiap aspek} = \frac{\text{skor}}{\text{skor maks}} \times 100\%$$

Untuk menentukan tingkat efektivitas pembelajaran, digunakan rumus Hake sebagai berikut (Hake,1999) :

$$g = \frac{S_f - S_i}{S_m - S_i}$$

dimana,

$N - gain$ = gain yang dinormalisasi

S_i = rata-rata skor *pretest*

S_f = rata-rata skor *posttest*

S_{max} = skor maksimum

Tinggi rendahnya gain yang dinormalisasi ($N-gain$) dapat diklasifikasikan sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1.

Klasifikasi *gain* yang dinormalisasi

Gain	Predikat	Efektifitas
$\geq 0,7$	Tinggi	Sangat efektif

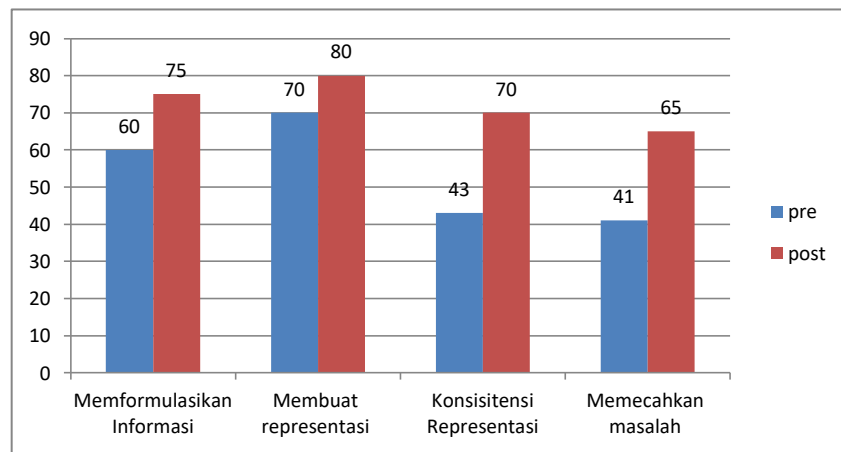
$0,7 > N_{gain} \geq 0,3$	Sedang	Efektif
$< 0,3$	Rendah	Kurang efektif

(Hake,1999)

Pembelajaran dikatakan efektif bila gain yang didapatkan lebih besar atau sama dengan 0,3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis peningkatan kemampuan representasi mahasiswa yaitu kemampuan memformulasikan informasi, membentuk representasi baru, konsistensi representasi dan memecahkan masalah menggunakan representasi melalui penerapan pembelajaran berbasis multirepresentasi terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kemampuan kemampuan representasi mahasiswa setiap aspek

Berdasarkan hasil analisis yang terdapat pada Gambar 1 di atas, terlihat adanya peningkatan kemampuan representasi pada setiap aspek. Hal tersebut ditandai dengan adanya peningkatan rata-rata skor *pretest* ke rata-rata skor *posttest*

Artinya kemampuan mahasiswa dalam menyerap dan menerima materi pembelajaran juga berbeda. Keempat aspek kemampuan representasi sebenarnya telah dilatihkan kepada mahasiswa pada setiap tahap pembelajaran berbasis multirepresentasi ini, sehingga terjadi peningkatan pada seluruh aspek kemampuan representasi yaitu memformulasikan informasi, membentuk representasi baru, konsistensi representasi dan memecahkan masalah menggunakan representasi yang baru.

a. Memformulasikan Informasi

Setelah hasil tes dianalisa didapat rata-rata skor pada *pretest* yaitu sebesar 60 dan rata-rata skor pada *posttest* sebesar 75. Artinya, setelah diberi perlakuan untuk melatih aspek memformulasikan informasi, kemampuan pada aspek ini meningkat. Hal ini sesuai dengan fungsi pendekatan multirepresentasi itu sendiri yaitu multirepresentasi sebagai pelengkap

informasi, sehingga melalui pembelajaran berbasis multirepresentasi ini pelajar dilatih menggunakan representasi sebagai pelengkap informasi. Dalam Ainsworth (2001) dikatakan bahwa multirepresentasi dapat mengeksplorasi perbedaan informasi yang relevan.

b. Membuat Representasi Baru

Pada aspek membuat representasi baru ini, hasil *pretest* mahasiswa sebesar 70. sedangkan hasil *posttest* didapat skor 80, Hal ini dikarenakan dalam membuat representasi baru banyak faktor yang harus dikuasai mahasiswa agar secara utuh dapat mengkonversi konsep kedalam berbagai bentuk representasi, salah satunya yaitu pemahaman konsep yang benar atas suatu data yang akan direpresentasikan. Dalam M. Yusuf (2009) disebutkan bahwa dalam membentuk suatu representasi pelajar harus terlebih dahulu mengkonstruksi konsep kunci dari suatu kasus/persoalan. Dengan konsep kunci yang ada dalam pikiran, kita dapat membuat representasi tipe lain yang berfokus pada konsep yang sama. Pelajar sering kali salah dalam mengidentifikasi konsep-konsep kunci ini sehingga representasi yang dibuat menjadi tidak tepat.

c. Konsistensi Representasi

Setelah diberi perlakuan untuk melatih aspek konsistensi representasi, kemampuan pada aspek ini meningkat dari 43 menjadi 70. Hal ini dikarenakan dalam proses pembelajaran berbasis multirepresentasi, dosen menyajikan konsep kedalam berbagai representasi (verbal, matematis, gambar, dan grafik) dimana pada tahap ini mahasiswa tugas secara berkelompok dan saling bertukar informasi untuk memecahkan masalah menggunakan lebih dari satu representasi. Melalui tugas inilah pelajar dilatih membuat lebih dari satu representasi dari suatu kasus yang sama sehingga mahasiswa diarahkan untuk selalu menggunakan lebih dari satu representasi yang berkesesuaian dari suatu konsep agar pelajar terlatih dalam membuat representasi yang berkesesuaian satu sama lain.

d. Memecahkan Masalah Menggunakan Representasi

Pada *pretest* rata-rata skor mahasiswa adalah 41 dan pada *posttest* rata-rata skor mahasiswa adalah 65. Artinya setelah diberi perlakuan diperoleh peningkatan dengan Pada saat *pretest* pelajar kesulitan menyelesaikan soal ini karena pada penyelesaiannya dituntut representasi gambar terlebih dahulu dimana pada tes kemampuan awal untuk representasi gambar diperoleh skor paling rendah.

Namun setelah diberi perlakuan yaitu berupa pembelajaran berbasis multirepresentasi pelajar telah dibiasakan membuat berbagai representasi termasuk representasi gambar baik dari lembar tugas maupun latihan soal. Menurut Ainsworth (2001) pelajar akan melakukan pemecahan masalah dengan representasi yang baik selama proses pembelajarannya pun diberikan representasi-representasi, sehingga pelajar akan terbiasa memecahkan masalah dengan multirepresentasi.

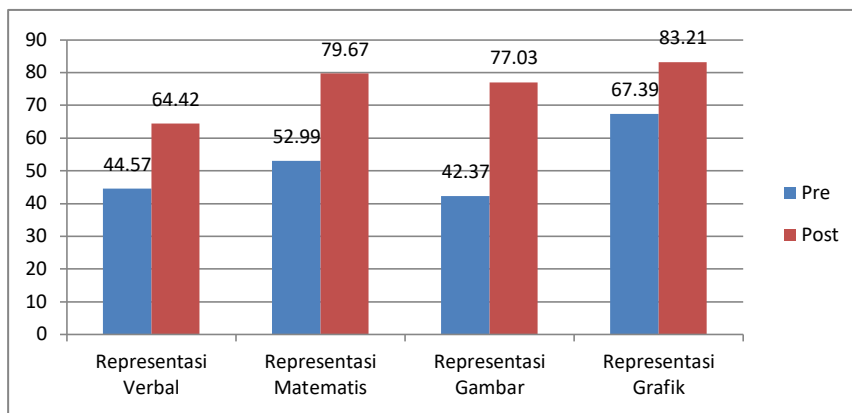
Kemampuan representasi dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan kemampuan memformulasikan informasi, membentuk representasi baru, mengevaluasi konsistensi representasi dan menggunakan representasi dalam memecahkan masalah. Tiap sub kemampuan representasi adalah empat hal yang berbeda dan tingkatan yang sama, namun keempatnya saling melengkapi satu sama lain. Kemampuan memformulasikan informasi digunakan untuk melengkapi informasi pada representasi yang dibentuk oleh pelajar. Selanjutnya

evaluasi terhadap representasi yang telah dibuat perlu dilakukan agar tidak ada informasi dan proses yang tertinggal sehingga masalah dapat dipecahkan menggunakan representasi tersebut. Artinya, ketika pelajar mampu memformulasikan informasi, maka untuk sub kemampuan lainnya kemungkinan siswa juga mampu. Tetapi ketika pelajar tidak mampu memformulasikan informasi, pelajar juga tidak mampu menggunakan representasi dalam memecahkan masalah.

Menurut pandangan aliran pengolahan informasi (*information processing*) orang menghadapi *problem* bila ada tujuan yang ingin dicapai, tetapi belum ditemukan sarana untuk sampai pada tujuan itu. Jika bentuk dan isi representasi itu tepat, yaitu sungguh-sungguh mewakili *problem* yang dihadapi, pemecahannya dapat dilakukan. Namun jika representasi pada awal proses berpikir memecahkan *problem* kurang mengena, bahkan salah, berarti akan diaktifkan pula informasi yang tidak relevan sehingga pemecahan *problem* tidak akan ditemukan (Winkel, 2007).

Kemampuan Representasi Verbal, Matematis, Gambar dan Grafik

Pada penelitian ini terdapat 4 indikator soal dimana setiap indikator disajikan kedalam bentuk representasi yang berbeda-beda yaitu membuat gambar, membuat grafik, memberikan penjelasan secara verbal serta mengerjakan pemecahan secara matematik. Adapun dari hasil analisis data tentang peningkatan setiap format representasi melalui penerapan pembelajaran berbasis multirepresentasi berdasarkan Gambar 3.



Gambar 3. Kemampuan representasi mahasiswa

a. Representasi verbal

Representasi verbal terdiri dari dua bentuk yaitu secara lisan dan tertulis. Dalam pembelajaran berbasis multirepresentasi ini dosen telah melatih kepada mahasiswa. Dari analisa data skor rata-rata kemampuan representasi verbal pada *pretest* adalah 44. sedangkan skor rata-rata *posttest* adalah 64.

[Tom Reardon](#) (2014) menyatakan bahwa suatu permasalahan yang dipresentasikan secara geometris, matematis, dan analisis, permasalahan tersebut haruslah disimpulkan secara verbal. Pada tes awal mahasiswa belum terbiasa menkomunikasikan jawaban akhir mereka secara verbal. Namun setelah diberi perlakuan yaitu berupa pembelajaran berbasis multirepresentasi ini mahasiswa telah dilatihkan untuk merepresentasikan hasil jawaban yang mereka

dapatkan dari penyelesaian matematis kedalam representasi verbal.

a. Representasi Matematis

Pada kemampuan representasi matematis, rata-rata skor *pretest* mahasiswa sebesar 52 dan hasil *posttest* 79 . Dalam proses pembelajaran sebagian besar mahasiswa telah terbiasa menggunakan bahasa aljabar. Tom Reardon (2014) menyatakan bahasa aljabar sangat membantu dalam mengungkapkan situasi matematis, dimana notasi aljabar memungkinkan pelajar untuk mengungkapkan pikiran yang rumit

dengan kata-kata. Penggunaan bahasa aljabar sendiri tentunya telah dilatihkan dalam pembelajaran berbasis multirepresentasi. Karena pada materi fisika terutama hukum Newton memang banyak menggunakan notasi aljabar untuk menamai gaya-gaya yang berkerja pada benda yang kemudian ditulis secara matematis berdasarkan prinsip hukum newton untuk memecahkan masalah terkait gerak.

b. Representasi Gambar

Pada aspek representasi gambar, rata-rata hasil *pretest* mahasiswa sebesar 42. dan hasil *posttest* 77. Hal ini dikarenakan tidak semua mahasiswa memahami situasi soal secara utuh sehingga dalam membuat representasi gambar banyak banyak yang keliru menafsirkannya. Sehingga banyak mahasiswa yang menngambarkan dengan cara yang salah seperti jarak ketikan sama besar padahal benda bergerak dipercepat. Pada proses pembelajaran sebenarnya telah dilatihkan agar dalam membentuk suatu representasi langkah pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi konsep kunci. Namun tidak semua mahasiswa mampu memahami konsep kunci yang diinginkan untuk digunakan dalam membentuk suatu representasi.

c. Representas Grafik

Pada aspek representasi grafik, rata-rata hasil *pretest* mahasiswa sebesar 67 dan hasil *posttest* 83. Artinya pembelajan berbasis multirepresentasi ini dapat melatih kemampuan menyajikan representasi grafik dengan baik. Hal ini dikarenakan pada proses pembelajaran mahasiswa sudah terbiasa membuat representasi grafik baik dari tugas diskusi maupun pada latihan yang diberikan.

Efektivitas Pembelajaran

Efektivitas adalah suatu kondisi yang menunjukkan tingkat tercapainya suatu tujuan yang telah direncanakan sebelumnya. Menurut Suharsimi Arikunto (2004) Efektivitas adalah taraf tercapainya suatu tujuan yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini Setelah dilakukan perlakuan diperoleh peningkatan kemampuan representasi yang didapat dari rumus *gain*

ternormalisasi *Hake*. Pada penelitian ini digunakan tes kemampuan representasi dengan 4 indikator aspek kemampuan representasi. Berdasarkan aspek kemampuan representasi ini ternyata pada aspek memformulasikan informasi, konsistensi representasi dan memecahkan masalah menggunakan representasi diperoleh *peningkatan* sehingga efektivitas pembelajaran dinyatakan efektif.

Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan Samsul Bahri (2012) bahwa dalam pembelajaran, terdapat keterkaitan secara fungsional antara representasi internal dan representasi eksternal. Representasi internal dapat distimulasi oleh representasi eksternal yang diamati. Artinya dalam melatih kemampuan representasi mahasiswa haruslah distimulus dengan pendekatan berbagai representasi dalam pembelajaran sehingga representasi internal dapat dibangun secara tepat.

Efektivitas pembelajaran dilihat dari nilai *gain* yang diperoleh dari rata-rata skor mahasiswa pada tiap aspek seperti terlihat pada Tabel.

Tabel 2.

Pengkategorian Efektivitas Pembelajaran

Aspek	Indikator	Gain	Kategori	Efektivitas
Memformulasikan informasi	Mampu memformulasikan informasi dari grafik	0.37	Sedang	Efektif
Membuat representasi baru	Mampu membuat representasi baru untuk menjelaskan suatu kasus	0.33	Sedang	Efektif
Konsistensi representasi	Mampu membuat beberapa representasi yang berkesuaian	0.47	Sedang	Efektif
Memecahkan masalah	Mampu memecahkan masalah menggunakan representasi untuk menyelesaikan permasalahan gerak	0.41	Sedang	Efektif
Rata-rata skor		0,40	Sedang	Efektif

Kategori efektivitas pembelajaran berdasarkan rata-rata skor *pretest* dan *postest* mahasiswa terhadap kemampuan representasi yang dilatihkan secara keseluruhan mencapai *gain* dengan kategori Tinggi. Oleh karena itu, efektivitas pembelajaran fisika berbasis multirepresentasi ini dinyatakan efektif.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa pembelajaran fisika berbasis multirepresentasi efektif untuk melatih kemampuan representasi mahasiswa. Sehubungan dengan simpulan hasil penelitian, maka penulis menyarankan agar dalam proses pembelajaran di dalam kelas guru hendaknya dapat memaksimalkan penggunaan berbagai representasi dalam menjelaskan suatu konsep tidak hanya representasi verbal dan matematis saja tetapi juga representasi gambar dan grafik untuk melatih kemampuan representasi mahasiswa yang tentunya sangat berguna dalam pembelajaran fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, s. (2001). *The Function of Multiple Representation Computers and Education*. 33,131-152. (Online). <http://www.cs.pitt.edu/~chopin/references/tig/ainsworth.pdfpdf>. (diakses tanggal 7 September 2014)
- Abdurrahman, dkk. 2011. Implementasi Pembelajaran Berbasis Multi Representasi. *Cakrawala Pendidikan*, (Februari 2011, Th. XXX, No. 1). Institut Teknologi Bandung, dan Monash University. Bandung
- Etkina, Eugenia, dkk. (2010). Rubric Scientific Ability to Represent Information in Multiple Ways. (online). (<http://paer.rutgers.edu/ScientificAbilities>, diakses 13 Maret 2014)
- Fitria, dkk. Penggunaan Model Problem Based Learning dengan Multirepresentasi Pada Usaha dan Energi di SMA. Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Untan
- Gay, L.R. 2009. *Educational Research Competencies for Analysis and Applications*. Pearson International Edition, New Jersey
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing Change/Gain Scores*. [online]. <http://www.physics.indiana.edu/~sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf>. (diakses 7 September 2014)
- Kohl, Patrick B dan Noah D. Finkelstein. (2006) . Effects of Representation on Student Solving Physics Problems: A Fine-Grained Characterization. (Physical Review Special Topics – Physics Education research 1, 010104). (online). (<http://prstper.aps.org/pdf/PRSTPER/v2/il/e010106>, diakses 30 Desember 2013).
- Mukhtar, Novita Anggraini. 2014. *Pengembangan Instrumen Assessment Isomorphic Dan Rubriknya Pada Materi Hukum II Newton Berbasis Multirepresentasi..* Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.
- M. Yusup. (2009). *Multirepresentasi Dalam Pembelajaran Fisika*. Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sriwijaya. Palembang
- Mikrajudin Abdullah. 2013. *Fisika SMA dan MA untuk kelas X Semester 2*. Esis. Bandung
- Rizky, G., 2014. *Kemampuan Multirepresentasi Siswa SMA dalam Menyelesaikan Soal-Soal Hukum Newton*. Program Studi Pendidikan Fisika. Universitas Tanjung Pura
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Heuvelen, A.V. 2007. An Overview of Recent Research on Multiple Representations. Rutgers, The State University of New Jersey GSE, 10 Seminary Place, New Brunswick NJ, 08904. (diakses tanggal 3 Agustus 2014).
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Heuvelen, A.V. 2009. Do students use and understand free-body diagrams?. (Online). Journal Physics Education Research, Volume 1, No.01.40. Tersedia: <http://prstper.aps.org/pdf/PRSTPER/v5/i1/e010108> (diakses tanggal 3 Agustus 2014).

Setyosari, P. (2010). Metode penelitian pendidikan dan pengembangan. Kencana Prenada Media Group, Jakarta

Suhandi dan Wibowo F.C. 2012. Pendekatan Multirepresentasi Dalam Pembelajaran Usaha-Energi Dan Dampak Terhadap Pemahaman Konsep Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 8 (2012) 1-7. FKIP Univesitas Pendidikan Indonesia. Bandung

Suryosubroto, 1997. Proses Belajar mengajar di Sekolah, Cetakan Pertama, PT. Rineka Cipta, Jakarta

Zainuri, Rendiyansah . 2013. *Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika Berbasis Multi Representasi Pada Materi Pokok Suhu Dan Kalor*. Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.

|

EFEKTIVITAS LKPD BERORIENTASI KOMPLEKSITAS KONTEN DAN PROSES KOGNITIF UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA SMA/MA

Harman Amir¹⁾ Amali Putra¹⁾ Vera Yunita³⁾

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾ Mahasiswa Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

harman_unp@yahoo.com

ABSTRACT

The purpose of learning Physics is to develop knowledge and students' thinking ability. Teaching materials that can improve students' competence is needed, such as worksheet. This research was aimed to produce a content complexity and cognitive process oriented worksheet, which is valid, practical, and effective to be used in teaching and learning Physics at SMA/MA. The type of the research was research and development with 4D development model (define, design, development and disseminate). Disseminate phase was not implemented due to time and budget limitation. The research subject was a class of students. Moreover, the research procedure included front-end analysis, students' need analysis, task analysis, concept analysis, learning objectives analysis, test preparation, media selection, format selection, making draft, expert validation, product revision, and limited testing. Further, instrument used for data collection was a validation sheet, sheet practicalities, students' responses questionnaire also pretest and posttest. The result of this research, which is about content complexity and cognitive process oriented worksheet in material about forces on the elastic material, can be presented in two studies. First, worksheet is developed using the 4D model with the findings' guided model syntax containing scientific approach. Second, the worksheet produced is located in the criteria of very valid and very practical to be used in teaching Physics with the respective values 3.43 and 3.45 also effective to improve the knowledge of students.

Keywords : *worksheet, content, cognitive processes, scientific approach, 4D*

Sains mempelajari tentang alam baik makhluk hidup maupun benda mati dan segala sesuatu yang berkaitan dengannya. Salah satu cabang dari Sains yang mempelajari tentang alam tersebut adalah Fisika. Pada dasarnya Fisika ialah mata pelajaran yang cukup menarik untuk dipelajari karena didalamnya dapat dipelajari gejala-gejala atau fenomena-fenomena dalam kehidupan sehari-hari. Dengan mempelajari Fisika diharapkan siswa dapat mengembangkan kompetensi dasarnya yang masih dalam bentuk potensi yang berupa kemampuan berfikir, bertindak, dan bersikap, menjadi kompetensi yang diwujudkan dalam ranah sikap, pengetahuan dan keterampilan.

Pembelajaran fisika diharapkan bertujuan untuk mengembangkan pengetahuan peserta didik serta melatih kemampuan berfikir peserta didik. Hal tersebut berguna untuk melatih peserta didik menyelesaikan permasalahan yang ditemuinya menggunakan pengetahuan yang telah dimilikinya. Tujuan pembelajaran fisika tersebut haruslah menjamin peserta didik memiliki pencapaian kompetensi yang berkualitas.

Proses pembelajaran disekolah diharapkan dapat melengkapi kebutuhan pengetahuan dan peningkatan proses kognitif dalam rangka membangun kompetensi peserta didik. Pembelajaran yang demikian adalah pembelajaran yang lebih mengutamakan kegiatan peserta (*student center*) melalui pendekatan ilmiah. Salah satu cara yang bisa dilakukan oleh guru adalah mengembangkan bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran seperti Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Dikarenakan bahan ajar merupakan salah satu faktor penunjang yang menentukan keberhasilan proses pembelajaran, tetapi ketersediaan bahan ajar tersebut dirasakan sangat kurang.

Pemerintah melalui Kemendikbud sudah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan pembelajaran agar pembelajaran yang terlaksana menjadi berkualitas sesuai dengan tuntutan kurikulum 2013. Diantaranya dengan melakukan penyempurnaan kurikulum dari Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) menjadi Kurikulum 2013, melakukan pelatihan guru untuk memahami Kurikulum 2013 serta memperbaiki sarana dan prasarana yang dapat menunjang proses pembelajaran.

Berbagai macam upaya telah banyak dilakukan oleh pemerintah, namun kenyataan yang dihadapi pencapaian kompetensi peserta didik belum sesuai dengan apa yang diinginkan dan diusahakan oleh pemerintah. Salah satunya ditandai dengan rendahnya kompetensi pengetahuan Fisika peserta didik. Berdasarkan hasil penelitian awal ^[7] mengemukakan bahwa kualitas pencapaian kompetensi peserta didik jika ditinjau dari 6 tingkatan proses kognitif dan 4 dimensi pengetahuan pada konten pelajaran fisika masih cukup rendah. Hal ini disebabkan kompetensi yang dimiliki peserta didik mayoritas berada pada level 1 (mengingat), diikuti pada level 2 (memahami) dan level 3 (menerapkan). Sedangkan untuk level 4 (menganalisa), level 5 (mengevaluasi), dan level 6 (berkreasi) masih sangat sedikit dan cenderung belum terlihat.

Konten yang dimaksud^[1] berisi pengetahuan yang dapat dibedakan atas 4 dimensi yaitu Pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif. Kemudian ^[1] tujuan pendidikan dideskripsikan menjadi enam kategori tingkatan proses kognitif berdasarkan

taksonomi Bloom revisi yang terdiri dari mengingat, memahami, menggunakan, menganalisis, mengevaluasi, dan berkreasi.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan pada beberapa sekolah guna melengkapi data keadaan awal ditemukan bahwa pembelajaran yang dilaksanakan sudah menggunakan pendekatan saintifik, namun kualitas dari pelaksanaannya masih kurang. Hal tersebut juga terlihat dari masing-masing tahapan pada pendekatan saintifik yang belum terlaksana dengan baik dalam proses pembelajaran.

Tahapan – tahapan dalam pendekatan saintifik umumnya masih kurang dilakukan oleh peserta didik dengan baik. Mulai dari tahapan mengamati, dimana peserta didik masih cenderung kurang memperhatikan arahan yang diberikan oleh guru. Kemudian tahapan menanya, dimana peserta didik masih cenderung kurang aktif dalam proses pembelajaran dan cenderung diam dalam kegiatan pembelajaran. Sedangkan untuk tahapan mencoba, menalar, dan mengkomunikasikan peserta didik cenderung masih bermalasan-malasan dalam melakukan percobaan dan mendiskusikan dengan teman sekelompoknya.

Hasil dari wawancara juga menunjukkan bahwa pengetahuan yang diberikan pada peserta didik baru diberikan sampai pengetahuan prosedural saja. Seharusnya agar pengetahuan yang dimiliki peserta didik dapat berkembang, pengetahuan yang diberikan harus sesuai dengan Taksonomi Bloom revisi mulai dari pengetahuan faktual, konseptual, prosedural sampai metakognitif. Dan untuk kisi-kisi soal ujian fisika baru melatih kemampuan berfikir peserta didik sampai tingkatan yang keempat yaitu menganalisis, sedangkan untuk tingkat yang kelima dan keenam belum terlihat. Seharusnya agar kemampuan berfikir peserta didik dapat terlatih dengan baik, tingkatan proses berfikir yang dilatihkan harus dari tingkat yang sederhana (C1) sampai tingkatan yang paling rumit (C6).

Setelah melakukan wawancara, dilakukan juga observasi kelas guna mengecek kebenaran dari hasil wawancara tersebut. Melalui observasi kelas terlihat bahwa pembelajaran masih belum sepenuhnya berpusat pada peserta didik (*student center*), artinya dalam pembelajaran guru masih mendominasi kegiatan pembelajaran. Dalam pembelajaran, guru cenderung memberikan informasi pada peserta didik secara langsung menggunakan metode ceramah sehingga peserta didik kurang dilatih untuk menemukan pengetahuan secara mandiri. Seharusnya peserta didik dibimbing oleh guru untuk menemukan suatu pemahaman atau pengetahuan sehingga peserta didik bisa mengembangkan kemampuan berfikir yang dimilikinya.

Selain wawancara dan observasi kelas dilakukan juga analisis dokumentasi. Pada analisis dokumentasi terlihat bahwa bahan ajar yang digunakan oleh guru pada proses pembelajaran adalah buku paket dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang dibeli dari penerbit. Buku paket dan LKPD yang digunakan guru tersebut belum memenuhi kelengkapan konten dan proses kognitifnya. LKPD yang digunakan hanya memuat pengetahuan faktual, konseptual dan prosedural saja, pengetahuan metakognitif yang sangat diperlukan oleh peserta didik untuk mengembangkan kemampuan dirinya masih belum tersedia. Kemudian, LKPD yang dipakai oleh guru tersebut tidak digunakan untuk tiap pertemuan, melainkan hanya digunakan untuk materi pelajaran tertentu saja dan LKPD yang digunakan tersebut umumnya berisi pertanyaan-pertanyaan yang hanya membutuhkan kemampuan berfikir tingkat rendah saja untuk menjawabnya (C1-C3).

Angket juga diberikan kepada peserta didik untuk melengkapi kebutuhan awal dari penelitian ini.. Berdasarkan hasil analisis terhadap angket tersebut diperoleh bahwa peserta didik masih belum bisa untuk mengembangkan kemampuan menganalisis dan menguji hipotesis terhadap suatu materi. Hal tersebut tentunya berkaitan dengan kemampuan berfikir peserta didik yang masih belum dikembangkan. Peserta didik juga memberikan komentar terhadap LKPD yang digunakan masih belum membantu untuk memahami konsep dan LKPD tersebut belum menggunakan bahasa yang jelas dan mudah dimengerti oleh peserta didik. Dari segi tampilan, peserta didik mengharapkan LKPD bisa dibuat lebih menarik baik dari segi bentuk, warna maupun ilustrasinya sehingga peserta didik bersemangat untuk mempelajarinya.

LKPD yang dikembangkan tersebut disusun berdasarkan berdasarkan sistematika yang sesuai dengan aturannya. Secara umum ^[4] LKPD terdiri atas judul, petunjuk belajar (petunjuk peserta didik), kompetensi yang akan dicapai, materi pembelajaran, informasi pendukung, tugas-tugas dan langkah-langkah kerja, serta penilaian.

LKPD yang didesain menggunakan pendekatan saintifik dan juga didasarkan pada model temuan terbimbing, ^[5] model temuan terbimbing efektif untuk mendorong keterlibatan dan motivasi peserta didik seraya membantu mereka mendapatkan pemahaman mendalam tentang topik-topik yang jelas. Jadi, untuk menunjang pembelajaran, LKPD yang akan dikembangkan menggunakan model temuan terbimbing yang mengandung pendekatan saintifik (5M).

Berdasarkan data yang diperoleh melalui observasi kelas, wawancara, analisis dokumentasi dan analisis angket peserta didik, disimpulkan bahwa guru belum menyiapkan bahan ajar yang berisi kelengkapan konten dan tingkatan proses berfikir sesuai dengan tuntutan kurikulum. Salah satu cara mengatasi permasalahan tersebut adalah mendesain dan mengetahui keefektivan bahan ajar seperti Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang berorientasi pada kompleksitas konten dan proses kognitif yang menjamin kelengkapan konten (4 dimensi pengetahuan) yang akan dipelajari peserta didik serta disusun berdasarkan tingkatan proses berpikir (C1-C6) peserta didik .

Penelitian ini bertujuan untuk : 1) Mendeskripsikan kevalidan LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif yang telah dikembangkan. 2) Mendeskripsikan efektivitas LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif pada pembelajaran fisika

METODE PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan adalah jenis penelitian dan pengembangan (*research and developement*). Penelitian ini menggunakan model pengembangan 4D yang direduksi menjadi 3D. Penelitian dibedakan atas uji coba terbatas (ahli) untuk mendapatkan validitas dan praktikalitas produk. Sebagai subjek uji coba terbatas terdiri atas 1 kelas peserta didik SMA/MA.

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap untuk mengembangkan LKPD yang berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif. Tahap-tahap dari pengembangan LKPD ini adalah tahap pendefinisian, tahap perancangan, dan tahap pengembangan. Pada tahap pendefinisian dilakukan penetapan dan pendefenisian syarat-syarat yang dibutuhkan dalam pembelajaran.

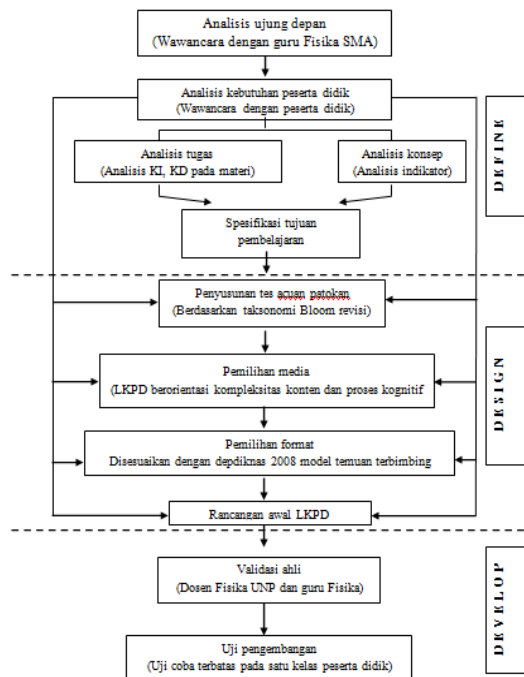
Langkah-langkah yang harus dilakukan pada tahap define^[8] diantaranya: (1) Analisis awal dan akhir diawali dengan mengobservasi proses pembelajaran di beberapa sekolah yang ada di kota padang. Hal yang dilihat pada saat observasi ada 4 yaitu keterlaksanaan pendekatan saintifik, dimensi pengetahuan, tingkatan proses kognitif yang dilatihkan serta penggunaan bahan ajar atau LKPD dalam pembelajaran. Selain observasi ke beberapa sekolah di kota padang, juga dilakukan wawancara kepada beberapa guru dari sekolah yang berbeda untuk memperkuat hasil analisis; (2) Analisis peserta didik, dengan mempelajari karakteristik peserta didik, misalnya kebutuhan peserta didik menurut tuntutan kurikulum. Hal tersebut dilakukan dengan memberikan lembar angket kepada satu kelas peserta didik dimana memuat penilaian sikap, pengetahuan, dan keterampilan diri dalam pembelajaran fisika; (3) Analisis tugas, dilakukan untuk melihat rincian isi materi ajar secara garis besarnya. Hal tersebut dilakukan dengan cara memberikan lembar angket kepada peserta didik yang memuat pertanyaan tentang tugas yang selama ini diberikan oleh guru kepada mereka; (4) Analisis konsep, dilakukan analisis terhadap konsep-konsep yang akan diajarkan pada materi yang diinginkan. Setelah linearisasi KI-3 dan KI-4 dilakukan, maka ditentukanlah sub materi yang akan diajarkan, konsep-konsep apa yang harus diketahui oleh peserta didik dalam mempelajari materi yang diinginkan tersebut; (5) Perumusan tujuan pembelajaran, analisis tugas dan analisis konsep pada materi gaya pada bahan elastis menjadi dasar untuk menyusun assesmen. Dalam merancang asesmen, digunakan kata kerja operasional taksonomi Bloom revisi ranah kognitif. Kata kerja operasional taksonomi Bloom revisi ini mencakup tingkatan proses berpikir C1 s.d C6, yang dipadukan dengan 3 dimensi pengetahuan (pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural). Sehingga asesmen yang dijadikan sebagai soal tes akan sejalan dengan tujuan pembelajaran.

Tahap kedua yang dilakukan adalah tahap perancangan yang bertujuan untuk merancang LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif. Adapun langkah langkahnya adalah: (1) penyusunan tes acuan, Dari data pendahuluan telah diketahui bahwa peserta didik mengalami kesulitan dalam kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta (C4 s.d C6). Sehingga tes yang akan dibuat disusun berdasarkan kompleksitas konten dan proses kognitif; (2) Pemilihan media, dipilih media yang cocok untuk mempresentasikan isi pengajaran. Proses ini meliputi penyesuaian antara analisis tugas dan konsep, serta kebutuhan peserta didik. Dalam penelitian ini, media yang dipilih berupa LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif pada gaya pada bahan elastis; (3) Pemilihan format dalam pengembangan LKPD ini dimaksudkan untuk merancang isi pembelajaran, pemilihan strategi, pendekatan, metode pembelajaran, dan sumber belajar. LKPD ini disusun berdasarkan sintaks model temuan terbimbing, karena model temuan terbimbing adalah salah satu model yang cocok digunakan untuk pembelajaran Fisika dan dalam sintaks model temuan terbimbing telah memuat pendekatan saintifik; (4) Rancangan awal, peneliti membuat produk awal (*prototype*) atau rancangan produk. Tahap ini dilakukan untuk membuat LKPD dan asesmen yang sesuai dengan kerangka isi hasil analisis kurikulum dan materi. Tahap ini diisi dengan kegiatan menyiapkan kerangka konseptual model LKPD yang dikembangkan.

Tahap terakhir adalah tahap pengembangan yang bertujuan untuk menghasilkan bentuk akhir LKPD setelah melalui revisi berdasarkan masukan dari para pakar ahli dan berdasarkan data hasil uji coba. Langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut: (1) Validasi

ahli, Validasi ahli merupakan teknik untuk memvalidasi atau menilai kelayakan rancangan produk. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap LKPD yang telah di desain yang dilakukan oleh 3 orang dosen Fisika dan 2 orang guru Fisika. Berdasarkan masukan dari para ahli (dosen Fisika dan guru Fisika), LKPD yang telah disusun direvisi untuk membuat LKPD yang lebih valid, praktis, mudah digunakan, dan memiliki kualitas yang tinggi; (2) Uji coba pengembangan yang dilakukan berupa uji coba terbatas terhadap satu kelas peserta didik. Uji coba dilakukan untuk mendapatkan masukan berupa respon, reaksi, komentar guru dan peserta didik sebagai sasaran pengguna model, dan para pengamat terhadap perangkat pembelajaran yang telah disusun. Hasil uji coba digunakan untuk memperbaiki desain LKPD.

Prosedur pengembangan LKPD yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Prosedur penelitian

Instrumen pengumpulan data yang digunakan dikelompokkan menjadi tiga macam yaitu (1) Instrumen validasi yang diisi oleh validator yaitu dosen dan guru; (2) Instrument praktikalitas berisi pernyataan mengenai produk yang dikembangkan untuk mengetahui tingkat kepraktisan dari produk tersebut; dan (3) Instrumen Efektivitas yang menyangkut pencapaian kompetensi peserta didik untuk aspek penguasaan konsep peserta didik. Instrumen penilaian penguasaan konsep peserta didik disusun untuk ke-3 dimensi pengetahuan pada materi Gaya pada bahan elastis, serta kompleksitas aspek proses kognitif untuk aspek C1 s.d C6 berupa lembaran yang berisi kumpulan soal-soal (Pre-test dan Post-test) yang akan digunakan untuk mengetahui tingkat penguasaan peserta didik terhadap materi pembelajaran. Agar tes dapat menjadi alat ukur yang baik dilakukan langkah-langkah sebagai berikut: (a) Membuat kisi-kisi soal uji coba tes akhir dengan menggunakan kata kerja operasional Taksonomi Bloom revisi; (b) Menyusun soal uji coba berdasarkan kisi-kisi yang telah dibuat, yakni berbentuk soal objektif sebanyak 40 butir; (c) Melakukan uji coba soal tes akhir. Hasil uji coba yang telah dilakukan selanjutnya dianalisis untuk mengetahui validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya beda soal. Untuk selanjutnya diperoleh soal tes akhir.

Secara umum data yang diperoleh dari instrumen validasi dan praktikalitas dianalisis secara kuantitatif dengan perhitungan skor mengikuti skala Likert dengan langkah-langkah sebagai berikut : (a) Memberikan skor untuk setiap item jawaban, sangat baik (5), baik (4), cukup (3), kurang (2), dan sangat kurang (1); (b) Menjumlahkan skor tiap validator untuk seluruh indikator; (c) Memberikan nilai validitas dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{\text{Jumlah skor}}{\text{Skor Maksimum}} \times 4 \quad (1)$$

Dari hasil analisis tersebut akan didapatkan kesimpulan tentang kelayakan LKPD dilihat dari tingkat kevalidan dan kepraktisannya, dengan menggunakan kriteria sebagai berikut : sangat valid/ sangat praktis untuk rentang 3,24-4; valid/praktis untuk rentang 2,44-3,2; cukup valid/cukup praktis untuk rentang 1,64-2,4; kurang valid/kurang praktis untuk rentang 0,84-1,6; dan tidak valid/tidak praktis untuk rentang 0-0,8.

Sedangkan metode analisis data keefektifan produk yang dikembangkan ditinjau dari penilaian peningkatan pemahaman peserta didik melalui nilai pretest dan posttest. Analisis tersebut dilakukan dengan menggunakan rumus gain score, yaitu :

$$\langle g \rangle = \frac{\langle S_{\text{post}} \rangle - \langle S_{\text{pre}} \rangle}{100\% - \langle S_{\text{pre}} \rangle} \quad (2)$$

Besar faktor g dapat dikategorikan sebagai berikut untuk kriteria tinggi $\langle g \rangle$ berada pada nilai $>0,7$; untuk kriteria sedang $\langle g \rangle$ berada diantara 0,3 dan 0,7; sedangkan untuk kriteria rendah $\langle g \rangle$ berada pada nilai $<0,3$.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Pengembangan LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif terdiri atas tiga tahapan. Yaitu tahap pendefinisian, perancangan, dan pengembangan. Tahap pertama yang dilakukan adalah tahap pendefinisian yang bertujuan untuk mengetahui kebutuhan pengembangan LKPD fisika SMA untuk materi Gaya pada bahan elastis.

Pada tahap pendefinisian ada 5 langkah yang dilakukan, yaitu: (1) Analisis awal akhir yang diperoleh melalui observasi dan wawancara. Disimpulkan bahwa pendekatan saintifik masih belum dilaksanakan dengan baik dalam proses pembelajaran, dimensi pengetahuan yang diberikan kepada peserta didik umumnya masih berupa pengetahuan konseptual saja, dan untuk tingkatan proses kognitif yang dilatihkan baru sampai pada tingkatan yang keempat yaitu menganalisis. Kemudian, dalam proses pembelajaran guru sudah menggunakan bahan ajar ataupun LKPD namun bahan ajar atau LKPD tersebut masih diperoleh dari penerbit. Berdasarkan hasil tersebut menjadi dasar diperlukannya pengembangan suatu bahan ajar dalam hal ini LKPD yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan peserta didik sesuai dengan standar kelulusan yang diharapkan. LKPD yang sesuai untuk dikembangkan adalah LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif untuk meningkatkan kompetensi peserta didik; (2) Analisis peserta didik, dilakukan dengan memberikan angket kepada peserta didik dan disimpulkan bahwa peserta didik membutuhkan bahan ajar khususnya LKPD dengan penjabaran secara sederhana dan dalam kegiatan pembelajaran digunakan model/metode yang mampu mengeksplor diri peserta didik sehingga peserta didik lebih aktif dan dapat meningkatkan minat peserta didik terhadap fisika. Maka dari itu sangat sesuai

dalam pembelajaran di kelas diterapkan model pembelajaran temuan terbimbing (*guide discovery*) dengan pendekatan saintifik. Berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan^[7] diperoleh bahwa kualitas pencapaian peserta didik ditinjau dari proses kognitif dan dimensi pengetahuan pada konten pelajaran fisika masih rendah. Peserta didik mayoritas masih berada pada low order thinking, sedangkan untuk high order thinking masih sangat sedikit dan cenderung tidak muncul. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif pada materi gaya pada bahan elastis diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang dialami peserta didik; (3) Analisis tugas, diperoleh bahwa dalam pembelajaran materi gaya pada bahan elastis terdapat berbagai bentuk tugas yang dapat dikerjakan diantaranya latihan soal pada buku paket, dan LKPD serta dengan membuat resume, mencari bahan-bahan yang berkaitan di perpustakaan ataupun di internet; (4) Analisis konsep, Elastisitas berada pada KD 3.6 yaitu Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari. Sedangkan untuk KD 4.6 Mengolah dan menganalisis hasil percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan. Materi tersebut kemudian dihubungkan dengan langkah-langkah pembelajaran model temuan terbimbing dimana model pembelajarn ini dapat digunakan untuk membentuk keterlaksanaan pembelajaran secara optimal dengan tujuan akhir meningkatkan kompetensi peserta didik; (5) Analisis tujuan pembelajaran, dikembangkan berdasarkan indikator yang dikembangkan berdasarkan KI dan KD yang mengacu kepada kata kerja operasional Taksonomi Bloom revisi.

Tahap kedua adalah tahap perancangan yang terdiri dari 4 langkah, yaitu: (1) penyusunan soal uji coba yang dibuat berdasarkan kompleksitas konten dan proses kognitif yang berpedoman pada taksonomi Bloom revisi. Soal Uji Coba yang dibuat berjumlah 40 soal, setelah diuji cobakan ternyata terdapat 10 soal yang dibuang dilihat dari daya beda dan tingkat kesukaran soal. Sehingga soal uji coba menjadi 30 soal yang digunakan untuk *pretest* dan *postest*; (2) Pemilihan media yaitu LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif pada gaya pada bahan elastic; (3) Pemilihan format model temuan terbimbing; (4) rancangan awal yang berisi halaman judul/cover, daftar isi, petunjuk umum, kompetensi yang akan dicapai, indikator pencapaian kompetensi, dan isi LKPD.

Tahap ketiga adalah tahap pengembangan dengan melakukan validasi, praktikalisasi, dan efektivitas terhadap LKPD yang telah dikembangkan. Hasil validasi LKPD digunakan untuk mengetahui apakah LKPD yang dikembangkan sudah layak dan tepat untuk digunakan dalam pembelajaran. Secara ringkas hasil dari validasi LKPD oleh 5 orang validator disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validasi LKPD

No	Aspek Penilaian	Nilai Validitas	Kriteria
1	Kompleksitas TPK Dalam Indikator	3,38	Sangat Valid
2	Kompleksitas Konten	3,31	Sangat Valid
3	Persyaratan LKPD	3,63	Sangat Valid

4	Komponen Model Temuan Terbimbing	3,34	Sangat Valid
5	Kompleksitas TPK Dalam Instrumen Evaluasi	3,46	Sangat Valid
Rata-Rata		3,42	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata validitas LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif adalah sebesar 3,42 dengan kriteria sangat valid. Hal tersebut memperlihatkan bahwa LKPD yang dikembangkan telah valid, baik dari aspek Kompleksitas TPK dalam indikator pencapaian, kompleksitas konten, persyaratan LKPD, komponen model temuan terbimbing, dan Kompleksitas TPK dalam instrumen evaluasi sehingga LKPD ini dapat digunakan dalam pembelajaran.

Selama proses validasi, para validator memberikan saran-saran yang menjadi dasar pertimbangan untuk merevisi LKPD tersebut. Saran-saran validator tersebut diantaranya menambahkan contoh-contoh untuk meningkatkan kompleksitas konten, memperkaya pengetahuan metakognitif, memperjelas gambar, menyederhanakan kalimat, memberikan fasilitas untuk temuan terbimbing, memperbaiki penulisan besaran vektor, dan memberikan panduan peserta didik untuk menarik kesimpulan.

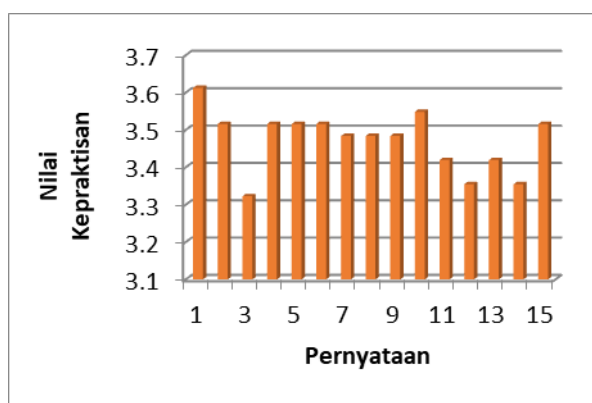
Setelah proses validasi selesai, langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah melakukan uji coba untuk mengetahui kepraktisan dari LKPD yang dikembangkan. Uji praktikalitas dilakukan oleh guru Fisika dan peserta didik. Uji pratikalitas terhadap guru dilakukan pada saat pembelajaran menggunakan LKPD telah selesai dilaksanakan. Secara ringkas hasil uji paktikalitas menurut guru disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Praktikalitas menurut guru

No	Aspek penilaian	Nilai praktikalitas	Kriteria
1	Kelengkapan LKPD	3,67	Sangat praktis
2	Cakupan LKPD	3,50	Sangat praktis
3	Penyajian LKPD	3,50	Sangat praktis
4	Manfaat LKPD	3,33	Sangat praktis
5	Peluang Implementasi Bahan Ajar	3,17	Praktis
Rata-rata		3,43	Sangat praktis

Dalam proses uji praktikalitas guru juga memberikan saran-saran untuk memperbaiki kualitas dari LKPD tersebut. Saran-saran dari guru tersebut diantaranya menambahkan contoh-contoh untuk meningkatkan kompleksitas konten serta menambahkan pengetahuan metakognitif.

Selain teradap guru, uji praktikalitas juga dilakukan oleh peserta didik. Uji praktikalitas tersebut diberikan kepada peserta didik setelah pembelajaran menggunakan LKPD Berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif selesai.



Gambar 2. Hasil plotting nilai kepraktisan LKPD menurut respon peserta didik

Gambar 2 diatas merupakan hasil plot nilai kepraktisan LKPD menurut respon peserta didik. Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa nilai dari setiap respon peserta didik terhadap LKPD sudah berada pada kategori baik. Hasil penilaian pada setiap indikator yang terdapat pada semua komponen penilaian LKPD menunjukkan bahwa 7 indikator berada pada kategori sangat praktis, dan 8 indikator berada pada kategori praktis. Berdasarkan nilai dari kelimabelas indikator tersebut diperoleh nilai rata-rata sebesar 3,47. Dengan demikian, nilai semua komponen pada instrumen respon peserta didik terhadap LKPD berada pada kategori praktis.

Secara ringkas hasil uji praktikalitas oleh peserta didik disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji praktikalitas LKPD oleh peserta didik

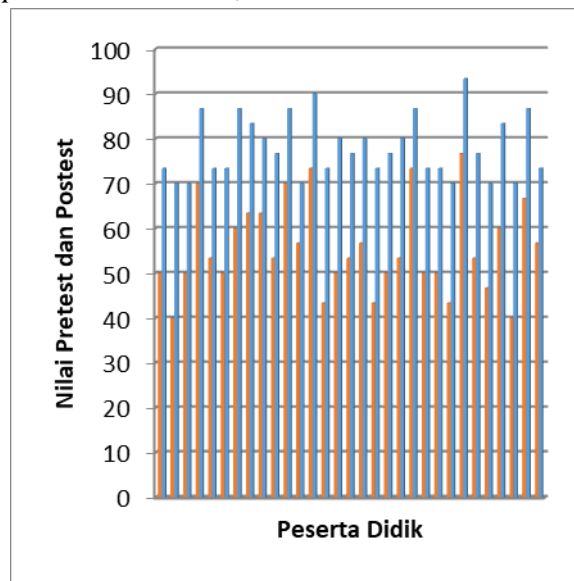
No	Aspek penilaian	Nilai praktikalitas	Kriteria
1	Tanggapan LKPD	3,50	Sangat Praktis
2	Pemahaman LKPD	3,50	Sangat Praktis
3	Penilaian LKPD	3,41	Sangat Praktis
	Rata-rata	3,47	Sangat Praktis

Dalam proses uji praktikalitas peserta didik juga memberikan saran-saran untuk memperbaiki kualitas dari LKPD berorientasi kompleksitas konten an proses kognitif tersebut. Saran-saran dari peserta didik tersebut antara lain menambahkan link video yang berkaitan dengan materi serta memperbanyak contoh-contoh soal.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa LKPD yang dikembangkan sudah bersifat praktis digunakan dalam pembelajaran fisika, baik dari tanggapan guru maupun dari respon peserta didik. Dengan nilai rata-rata uji praktikalitas adalah 3,45 yang berada pada kriteria sangat praktis.

Efektivitas penggunaan dari LKPD bisa kita peroleh dengan melihat peningkatan hasil belajar peserta didik. Hasil belajar diambil selama pembelajaran berlangsung menggunakan LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif pada materi gaya pada bahan elastis. Peningkatan hasil belajar peserta didik tersebut didapatkan melalui perbedaan rata-rata hasil *pretest* dan rata-rata hasil *posttest*. Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai rata-rata *pretest* kelas XI IPA 2 adalah 55,48. Setelah dilakukan pembelajaran pada materi gaya pada

bahan elastis menggunakan LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif diperoleh nilai rata-rata *posttest* sebesar 77,84.



Gambar 3. Hasil nilai pretest dan posttest peserta didik

Dari hasil pretest dan posttest seperti Gambar 3 tersebut dilakukan perhitungan menggunakan N-Gain untuk masing-masing peserta didik. Setelah melakukan perhitungan, dari 31 peserta didik yang melakukan pretest-posttest didapatkan 1 orang peserta didik yang mendapatkan kriteria gain tinggi yaitu berada pada rentang besar dari 0,7. Sedangkan untuk 30 peserta didik yang lainnya mendapatkan kriteria gain sedang dengan rentang gain diantara 0,3 sampai 0,7.

Secara umum juga dilakukan perhitungan menggunakan N-Gain untuk melihat keefektifan LKPD tersebut dan diperoleh nilai 0,5 untuk peningkatan kompetensi peserta didik. Hal tersebut memperlihatkan bahwa LKPD yang digunakan sudah dapat dikatakan efektif untuk meningkatkan pengetahuan peserta didik.

2. Pembahasan

Dalam pembahasan ini akan dijelaskan hasil yang dicapai dalam penelitian, kendala dan keterbatasan yang dihadapi, beberapa solusi alternatif, serta rekomendasi untuk mengatasi masalah. Hasil penelitian ini meliputi deskripsi produk, hasil validasi oleh tenaga ahli, hasil uji kepraktisan dan hasil uji keefektifan dari penggunaan LKPD.

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh validator yakni 3 orang dosen dan 2 orang guru Fisika dapat diketahui bahwa LKPD yang dikembangkan valid untuk digunakan dalam proses pembelajaran Fisika SMA. Komponen penilaian dalam validitas produk ini terdiri dari kompleksitas tingkatan proses kognitif dalam indikator pencapaian, kompleksitas konten, persyaratan LKPD, komponen model temuan terbimbing, dan kompleksitas tingkatan proses kognitif dalam instrumen evaluasi.

Nilai validitas yang didapatkan dari analisis terhadap lembar validasi menunjukkan bahwa masih ada beberapa komponen yang perlu diperbaiki dan ditambahkan. Sedangkan untuk komponen persyaratan LKPD yang terdiri atas persyaratan didaktik, konstruksi, dan teknis memiliki nilai validitas yang tinggi. Artinya, LKPD yang dikembangkan sudah sesuai

dengan syarat-syarat pembuatan bahan ajar dalam hal ini LKPD. Hal tersebut juga memperlihatkan bahwa^[3] dalam menyusun suatu bahan ajar dalam hal ini LKPD harus memenuhi syarat didaktik, konstruksi dan syarat teknis.

Dengan adanya penilaian yang telah dilakukan oleh dosen dan guru sebagai validator, maka hasil yang diperoleh tersebut menyatakan bahwa LKPD yang telah dikembangkan dapat digunakan dengan revisi yang sesuai. Hal ini menunjukkan bahwa^[2] dalam penelitian pengembangan, produk awal yang dikembangkan harus divalidasi atau direvisi berdasarkan masukan para ahli sebelum digunakan. Maka dari itu, setelah melakukan revisi produk berdasarkan hasil validasi, LKPD tersebut siap digunakan dalam proses pembelajaran.

Setelah selesai pembelajaran menggunakan LKPD tersebut, maka dilakukan uji praktikalitas yang dilakukan oleh guru Fisika dan peserta didik. Hasil uji praktikalitas menurut guru dianalisis berdasarkan instrumen lembar praktikalitas terhadap LKPD yang terdiri atas 5 aspek penilaian, yaitu Kelengkapan, Cakupan, Penyajian, Manfaat, dan Peluang Implementasi. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa LKPD yang dikembangkan sudah bersifat praktis. Suatu produk^[6] dikatakan mempunyai kepraktisan yang baik jika kemungkinan untuk menggunakan produk itu besar. Selain hal tersebut, produk dikatakan praktis dapat dilihat dari kemudahan penggunaannya dan manfaat penggunaan produk.

Peserta didik juga diminta untuk memberikan respon terhadap LKPD yang dikembangkan, terdapat 3 komponen dalam instrumen yang diberikan kepada peserta didik yaitu Tanggapan, Pemahaman, dan Penilaian. Berdasarkan nilai yang diperoleh dapat diketahui bahwa LKPD yang dikembangkan sudah praktis untuk digunakan pada proses pembelajaran Fisika SMA. Namun, untuk kesempurnaan LKPD ada beberapa hal yang perlu diperbaiki sesuai saran dari guru dan peserta didik terhadap LKPD tersebut.

Efektivitas LKPD dilihat berdasarkan hasil belajar pada kompetensi pengetahuan. Hasil belajar diambil selama pembelajaran berlangsung menggunakan LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif pada materi gaya pada bahan elastis. Pada pertemuan pertama dilakukan *pretest* untuk melihat kesiapan peserta didik pada materi Gaya pada bahan elastis. Soal *Pretest* dibuat mengacu kepada indikator yang telah dibuat yang berorientasi pada kompleksitas konten dan proses kognitif. Sebelum melakukan *pretest*, soal *pretest* terlebih dahulu diuji validitas nya dan reliabilitasnya sehingga didapatkan 30 soal objektif. Hasil yang diperoleh menunjukkan masih rendahnya kesiapan dan pengetahuan awal peserta didik terhadap materi gaya pada bahan elastis yang akan dipelajari. Rata-rata hasil *pretest* peserta didik diperoleh sebesar 55,48.

Pada pertemuan kedua dan ketiga peneliti melakukan pembelajaran menggunakan LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif pada materi gaya pada bahan elastis. Pembelajaran dilaksanakan menggunakan model temuan terbimbing dengan pendekatan saintifik. Peneliti menemukan kendala dalam waktu pelaksanaan penelitian dikarenakan adanya acara lain di sekolah di luar dugaan, maka dari itu solusi yang peneliti lakukan adalah menggabungkan 2 kegiatan praktikum pada satu pertemuan yaitu pertemuan ketiga.

Setelah pembelajaran materi gaya pada bahan elastis selesai dilaksanakan, dilakukanlah *posttest* pada pertemuan keempat. Hasil *posttest* menunjukkan rata-rata capaian peserta didik 77,83. Dari hasil *pretest* dan *posttest* tersebut dilakukan perhitungan menggunakan N-Gain dan diperoleh nilai 0,5 untuk peningkatan kompetensi peserta didik.

LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif yang dikembangkan secara umum dapat meningkatkan pengetahuan peserta didik karena sudah memenuhi kelengkapan konten dan proses kognitif dalam pembuatannya. Hal tersebut juga sesuai dengan pendapat^[1] yang menyatakan bahwa kelengkapan pengetahuan dapat meningkatkan pengetahuan seiring dengan strategi yang digunakan pada pembelajaran sains. Dan kelengkapan pengetahuan juga dapat meningkatkan pengetahuan peserta didik dari subjek materi yang sebelumnya kurang menarik bagi peserta didik tersebut.

Setelah dilakukan penelitian ini, jika dilihat dari data awal pada tahap pendefinisian maka 3 aspek yang dilihat dalam pembelajaran sudah mengalami peningkatan. Aspek pertama yaitu pendekatan saintifik, dimana pada aspek ini sudah memiliki nilai persentase yang merata artinya kegiatan-kegiatan pada pendekatan saintifik sudah dapat terlaksana dengan baik. Aspek kedua adalah dimensi pengetahuan yang terlaksana dalam pembelajaran, dimana pada aspek ini kemampuan metakognitif peserta didik sudah mengalami peningkatan dari sebelumnya dan untuk kemampuan yang lain sudah terlaksana dengan cukup baik. Sedangkan untuk aspek tingkatan proses kognitif yang dilatihkan, peserta didik sudah cukup baik dalam menjawab pertanyaan sampai tingkat empat sedangkan untuk tingkatan kelima dan enam sudah sedikit meningkat dari sebelumnya. Hal tersebut memperlihatkan bahwa LKPD yang telah dikembangkan dapat mengoptimalkan pelaksanaan pendekatan saintifik serta dapat meningkatkan pengetahuan peserta didik dilihat dari dimensi pengetahuan dan tingkatan proses kognitifnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengembangan dan penelitian yang telah dilaksanakan, diperoleh kesimpulan bahwa LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif pada materi gaya pada bahan elastis di desain menggunakan model pengembangan 4D yang direduksi menjadi 3D. LKPD yang dikembangkan menggunakan sintaks model temuan terbimbing dan menggunakan pendekatan saintifik.

LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif pada materi gaya pada bahan elastis yang dikembangkan berada pada kriteria sangat valid, sangat praktis, dan efektif digunakan untuk meningkatkan pengetahuan peserta didik. Dengan nilai masing-masing dari kriteria yaitu 3,43; 3,45 dan 0,5 untuk uji N-Gain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, L.W & Krathwohl, D.R. 2001. *A taxonomy for learning, teaching, and assesing: a revision of bloom's taxonomy of educational of objecttives* (Rev. Ed). New York : Addison Wesley
- Borg W.R dan Gall M.D. 2002. *Educational Research: An Introduction*. New York : Longman.
- Darmodjo, hendro dan Kaligis. 1993. *Pendidikan IPA*. Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Dirjen Dikti.
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas.

- Eggen, Paul & Kauchak Don. 2012. *Strategi dan Model Pembelajaran*. Jakarta : PT Indeks.
- Purwanto, M. N. 2009. *Prinsip-prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Putra, Amali. 2015. "Physics Learning Oriented Content Complexity and Cognitive Process for Improving Student Scientific Competence on High School in Padang." *The International Conference on Mathematics, Science, Education and Technology (Icomset)*. Hlm 125-131.
- Thiagarajan, Sivasailam, Dorothy S. Semmel & Melvyn I Samme (1974). *Instructional Development for Training Teacher for Exceptional Chindren*. Minnesota : India University.

ANALISIS POLA PIKIR DAN PERILAKU LINGKUNGAN MAHASISWA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA FKIP UNRI TERHADAP LINGKUNGAN HIDUP DI KAMPUS FKIP UNRI

Muhammad Syafi'i⁽¹⁾, M. Nor⁽²⁾

Dosen Program Studi Pendidikan Fisika. FKIP Universitas Riau, Pekanbaru

Abstrak

Universitas Riau mempunyai permasalahan lingkungan yang sangat fundamental, salah satunya adalah, pencemaran air, udara, sampah dan banyak hal lain yang terjadi di kampus FKIP di Universitas Riau. Penelitian ini bertujuan untuk: (i) untuk menentukan sejauh mana pola pikir dan perilaku lingkungan mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Unri terhadap lingkungan hidup di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Riau ; (ii) untuk menguji / menganalisis apakah ada hubungan antara jenis kelamin, pola pikir dan perilaku peduli lingkungan mahasiswa Pendidikan Fisika di Kampus FKIP UNRI. Dari hasil penelitian yang diperoleh bahwa pola pikir dan perilaku mahasiswa Pendidikan Fisika terhadap kepedulian lingkungan hidup di Kampus FKIP UNRI, sebagai berikut: (i) mayoritas responden atau 50-58% dari responden memiliki skor yang baik tentang pola pikir lingkungan; (ii) ada 53%-65% dari responden menyadari bahwa responden salah dalam menjaga kualitas lingkungan di kampus FKIP Universitas Riau ; (iii) kesadaran lingkungan masih rendah, terbukti dari jawaban responden , di mana jawabannya jarang terlibat (JT) adalah jawaban terbanyak, terbukti dengan jumlah skor (40-53 %). Dari hasil pengujian hubungan antara variabel jenis kelamin, dengan pola pikir dan perilaku mahasiswa prodi pendidikan fisika FKIP Unri terhadap lingkungan di kampus FKIP Unri diperoleh kesimpulan bahwa: (i) Jenis Kelamin tidak berhubungan dengan pola pikir dan perilaku tentang lingkungan , jenis kelamin tidak juga berhubungan dengan kepedulian terhadap kualitas lingkungan Kampus FKIP Unri ; (ii) pola pikir berkaitan dengan perilaku mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Unri, pola pikir juga terkait dengan kepedulian terhadap menjaga kualitas lingkungan di Kampus FKIP Unri.

Kata kunci: Pola Pikir, Perilaku , Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNRI, Kualitas Lingkungan, Kampus FKIP UNRI

PENDAHULUAN

Krisis lingkungan hidup global yang kita alami dewasa ini telah meluas menjadi permasalahan yang fundamental, segala bentuk masalah lingkungan hidup yang dihadapi saat ini di dunia maupun di Indonesia lebih banyak disebabkan oleh kesalahan fundamental-filosofis dalam pemahaman dan cara pandang manusia mengenai dirinya. Salah satu masalah yang dihadapi di Provinsi Riau adalah masalah pengelolaan lingkungan hidup. Sejauh ini terdengar upaya yang dilakukan oleh pemerintah setempat untuk mengupayakan pengelolaan lingkungan hidup. Namun sejauh ini pula lingkungan hidup tetap menjadi masalah utama. Proses pembangunan pengetahuan tentang lingkungan juga terjadi di Perguruan Tinggi di Provinsi Riau, Seperti Universitas Riau (UR) sebagai perguruan tinggi negeri di Provinsi Riau, salah satu fakultas yang ada di UR adalah Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Riau. FKIP UR diharapkan mampu menciptakan guru sebagai tenaga pendidik yang profesional terhadap bidangnya dan juga menjadi pioner peduli terhadap lingkungan. Namun sejauh ini masalah lingkungan hidup masih terjadi di kampus FKIP UR.

Mahasiswa masih kurang nyaman untuk melakukan perkuliahan dikarenakan masih banyaknya sampah yang berserakan baik didalam kelas maupun di pekarangan kampus, adanya polusi terhadap pencemaran udara di kampus, serta masalah drainase dan wc yang tidak bersih masih menjadi kendala besar di kampus FKIP UR. Sementara di FKIP UR telah memberikan stimulan terhadap mahasiswa mengenai lingkungan hidup dengan cara memberikan mata kuliah pendidikan lingkungan pada kurikulum di FKIP UR. Setiap mahasiswa di setiap program studi wajib mendapatkan mata kuliah pendidikan lingkungan sebanyak 2 SKS sebagai wujud kebijakan FKIP UR untuk menciptakan calon guru yang peduli dengan lingkungan. Termasuk Program Studi Pendidikan Fisika yang merupakan salah satu program studi yang ada di FKIP UR.

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UR di Provinsi Riau cukup berkembang, berdiri pada tahun 1994 dengan jumlah mahasiswa yang aktif pada tahun akademik 2016-2017 berjumlah 283 orang dengan jumlah mahasiswa sebanyak 42 orang dan mahasiswi sebanyak 241 orang. Jumlah tersebut memberikan kontribusi yang besar pada sektor akademik maupun non akademik di FKIP UR, termasuk berkontribusi terhadap masalah dan pengelolaan lingkungan di kampus FKIP UR. Mata kuliah pendidikan lingkungan wajib diambil mahasiswa pada semester 3 (tiga) tahun kedua pada kurikulum program studi pendidikan fisika FKIP UR.

Sejalan dengan hal diatas, hasil Asari (2001) mengungkapkan bahwa siswa pramuka memiliki pengetahuan dan sikap kepedulian yang tinggi terhadap lingkungan hidup. Hal ini disebabkan oleh kurikulum dalam latihan kepramukaan. Pengetahuan lingkungan siswa yang mengikuti kegiatan kepramukaan (siswa pramuka) diperoleh melalui : (i) pengalaman nyata dalam kegiatan kepramukaan yang dilakukan di lingkungan alam; (ii) pencapaian Syarat Kecakapan Umum (SKU) yang menambah wawasan lingkungan hidup; (iii) pencapaian Syarat Kecakapan Khusus (SKK) dala bidang lingkungan hidup; dan (iv) kegiatan kepramukaan seperti Lomba Tingkat (LT). Jambore, Perkemahan, dan lain-lain.

Permasalahan lingkungan hidup merupakan masalah yang sangat kompleks yang harus segera diatasi, salah satunya adalah, pencemaran air, pencemaran udara, limbah sampah, dan banyak lagi hal lain yang terjadi di kampus FKIP UR. Semuanya membutuhkan upaya-upaya sadar dari civitas akademika FKIP UR terutama mahasiswa dan mahasiswi yang peduli untuk dapat membantu pemecahan masalah tersebut, untuk itu pulalah penelitian ini dilakukan dan

mencoba untuk merumuskan permasalahan dalam bentuk pertanyaan penelitian : (i). Bagaimana pola pikir dan perilaku lingkungan mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Unri terhadap lingkungan hidup di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Riau; (ii). Apakah ada hubungan antara jenis kelamin, pola pikir dan perilaku peduli lingkungan mahasiswa Pendidikan Fisika di Kampus FKIP UNRI

Tujuan penelitian ini adalah : (i) untuk menentukan sejauh mana pola pikir dan perilaku lingkungan mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Unri terhadap lingkungan hidup di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Riau ; (ii) untuk menguji / menganalisis apakah ada hubungan antara jenis kelamin, pola pikir dan perilaku peduli lingkungan mahasiswa Pendidikan Fisika di Kampus FKIP UNRI

Hipotesis dalam penelitian ini adalah : terdapat hubungan diantara variabel jenis kelamin, pola pikir, perilaku dan kepedulian terhadap lingkungan hidup. Populasi adalah mahasiswa yang aktif program studi Pendidikan Fisika FKIP UR, yang sudah mengambil mata kuliah pendidikan lingkungan. Penelitian ini mencoba untuk melihat hubungan antara variabel pola pikir dan perilaku dengan variabel jenis kelamin mahasiswa/wi Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UR.

TINJAUAN PUSTAKA.

Pola Pikir,

Pola pikir adalah pola-pola dominan yang menjadi acuan utama seseorang untuk bertindak. Pola yang menetap dalam pikiran bawah sadar seseorang. Pengalaman yang direkam dalam pikiran bawah sadar membentuk pola pikir. Pengalaman yang dimiliki seseorang dapat bersifat positif maupun negatif . Tanpa disadari lingkungan sekitar kita dapat membentuk pola pikir negatif yang dapat merusak diri sendiri.

Pola pikir akan terbentuk melalui “ IMPRINT “ yaitu proses pembiasaan diri atau pengalaman yang direkam sejak masa kecil pada seseorang. Sedangkan imprinting adalah suatu proses reaksi tingkah laku yang diperoleh orang selama masih sangat muda dalam kehidupan. Ada dua jenis pola pikir (mindset), yaitu :

1. Pola Pikir Tetap (fixed mindset), yaitu pola pikir yang tidak dapat ditingkatkan. Ini adalah pola pikir yang negatif, pesimis , tidak percaya diri , puas dengan keadaan yg sekarang.

2. Pola Pikir Berkembang (growth mindset), yaitu pola pikir (pandangan) yang dapat dikembangkan melalui praktik, pelatihan, cara/metode yang tepat. Ini adalah pola pikir yang positif dan optimis, selalu ingin berusaha, berjuang terus, percaya bahwa bisa lebih maju.

Dari dua jenis jenis pola pikir diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa intinya adalah agar kita sadar bahwa pola pikir manusia itu bisa dirubah dan dikembangkan , oleh karena itu terus kembangkan kemampuan dan potensi diri Anda untuk lebih baik dan sukses. Tidak perlu menyembunyikan kekurangan atau kegagalan Anda, tapi carilah jalan keluarnya. Anda mempunyai peluang berkembang secara tidak terbatas , tergantung pada usaha , perjuangan dan doa Anda. “Penemuan terbesar dari generasi kita adalah bahwa manusia dapat mengubah kehidupan mereka dengan mengubah cara berpikir mereka (William James)”.

Pola pikir pelajar dapat berubah dan di rubah. Merubah pola pikir/mindset seseorang hendaknya dengan cara lebih dahulu merubah kepercayaan atau keyakinannya (belief). Menurut Bill Gould Pakar Transformational Thingking bahwa manusia terdiri atas 3 sistem :

1.Sistem Perilaku (behavior system)

Sistem Perilaku / Behavior System adalah cara kita berinteraksi dengan dunia luar, juga interaksi kita dengan realitas sebagaimana kita mengerti realitas itu. Perilaku mempengaruhi pengalaman dan sebaliknya, kemudian pengalaman mempengaruhi sistem berpikir kita. Itulah sebabnya apabila ada usaha seseorang utk merubah sistem perilaku kita, biasanya kita akan menolak & marah.

2.Sistem Berpikir (Thingking system)

Sistem Berpikir (Thingking System) berlaku sebagai filter dua arah yang menerjemahkan berbagai kejadian atau pengalaman yang kita alami menjadi suatu kepercayaan. Selanjutnya kepercayaan ini akan mempengaruhi tindakan kita, sehingga menciptakan realitas bagi diri kita. Dengan mempelajari ketrampilan berpikir yang baru, kita dapat merubah sistem kepercayaan dan sistem perilaku kita.

3.Sistem Kepercayaan (Belief system).

Sistem Kepercayaan atau Belief System adalah inti dari segala sesuatu yg kita yakini sebagai realitas, kebenaran, nilai hidup dan segala sesuatu yang kita tahu mengenai dunia ini. Merubah kepercayaan (belief) merupakan hal yang sangat sulit. Belief (kepercayaan) adalah sesuatu yang kita yakini benar, sehingga begitu kita meyakini sesuatu sebagai hal yang benar, maka kita akan sulit mengubah keyakinan kita itu

Tahapan dari pola pikir selanjutnya adalah pola sikap atau tingkah laku yang merupakan cara atau upaya yang dilakukan seseorang untuk melaksanakan pola pikir yang diyakininya. Dari pola sikap yang tergambar secara sosial dan individu itulah kita bisa melakukan analisa bagaimana pola pikir seseorang. Perilaku atau akhlak merupakan tingkah laku atau tanggapan seorang terhadap lingkungan, sifat-sifat kejiwaan, akhlak atau budi pekerti yang menjadi ciri khas seorang. secara etimologi akhlak berasal dari kata khalafa yang berarti mencipta, membuat, atau menjadikan. Akhlak adalah kata yang berbentuk mufrad, jamaknya adalah khalafun, yang berarti tabiat, adat atau khalakun yang berarti kejadian, buatan, ciptaan. Jadi akhlak (perilaku) adalah tabiat atau sistem perilaku yang dibuat manusia, bisa baik atau buruk tergantung kepada tata nilai yang dipakai sebagai landasan. Sedangkan menurut Notoatmodjo (2003) dalam Skinner merumuskan bahwa “perilaku merupakan respon atau reaksi seseorang terhadap stimulus atau rangsangan dari luar”. Oleh karena perilaku ini terjadi melalui proses adanya stimulus terhadap organisme, dan kemudian organisme tersebut merespons, maka teori Skinner ini disebut teori “S-O-R” atau Stimulus-Organisme-Respon.

Perilaku

Menurut Edward C. Tolman (dalam Bonnes, M & G. Secchiaroli 1995), bahwa perilaku adalah sesuatu yang secara tegas mendasari fisik dan detil fisiologis, dalam kaitan dengan proses penerimaan rangsangan, proses konduktor dan proses efektor dalam diri manusia. Menurut Baker dalam buku Sarwono W (1992) bahwa tingkah laku tidak hanya ditentukan oleh lingkungan dan sebaliknya, melainkan kedua hal itu saling menentukan dan tidak dapat dipisahkan. Menurut Baker dalam buku Environmental Psychology, A Physico-sosial introduction (Bonnes, M & G Secchiaroli 1995), bahwa pengaturan perilaku ini sebagai gejala perilaku lingkungan, yang dibatasi oleh pola aktifitas manusia dan bukan manusia dengan sistem kekuatan yang terpadu dan terkendali yang memelihara aktifitas mereka pada kondisi seimbang. Berdasarkan teori bahwa manusia masih mempunyai kecenderungan untuk selalu

mengerti lingkungan dimana ini merupakan salah satu ciri utama manusia sebagai makhluk berakal sehat (S. Kaplan dalam Sarwono 1992)

Lingkungan Hidup

Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup, termasuk didalamnya manusia dan perlakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya (UU. No. 23/ 1997). Lingkungan hidup sebagai suatu sistem yang terdiri dari 3 sub-sistem, yaitu : Lingkungan alam (ecosystem), lingkungan social (Sociosystem), dan lingkungan buatan (technosystem) dimana ketiga sub sistem ini saling berinteraksi (saling mempengaruhi) satu dan lainnya dalam membentuk suatu ketahanan. Ketahanan masing-masing subsistem ini akan mempengaruhi kondisi seimbang okosistem dan ketahanan lingkungan hidup secara keseluruhan. Dimana kondisi ini akan memberikan jaminan suatu yang berkelanjutan yang tentunya akan memberikan peningkatan kualitas hidup setiap makhluk hidup didalamnya.

Lingkungan Alam (Ecosystem)

Ekosistem merupakan sistem mesin produksi di planet bumi (ecosphere) ini, menyediakan bagi kita segala macam kebutuhan kehidupan manusia, seperti air untuk diminum, makanan untuk kita makan, serat untuk pakaian, dan lain-lain. Manusia tergantung pada keberlanjutan suatu ekosistem yang sehat. Apabila kesehatan ekosistem terganggu, maka akan mengganggu kehidupan manusia. Ekosistem merupakan tatanan kesatuan secara utuh menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi.

Lingkungan Sosial (Sociosystem)

Manusia adalah makhluk sosial dan menurut F.E Darling dalam bukunya Social Behavior dan Survival (1952) bahwa provisi teritorial lebih memenuhi kebutuhan psikologis daripada fisiologis dan kebutuhan ini dipenuhi dalam 3 faktor, yaitu keamanan , perangsang, dan identitas diantara 3 faktor ini, identitas adalah yang terkuat kemudian stimulasi dan sekuriti, yang seringkali dikorbankan untuk mengejar 2 faktor lainnya. Motivasi manusia lebih kearah sosial dari pada biologis, selanjutnya menurutnya bahwa motivasi utama manusia ini adalah untuk mengejar superioritas dan motivasi-motivasi lainnya adalah ekspresi dari tujuan tersebut, yaitu tujuan manusia untuk menyempurnakan dirinya dan berkompensasi untuk menutupi kekurangan dan inferioritasnya. Hubungan manusia dengan manusia (interaksi antar manusia) dan hubungan manusia dengan alamnya yang terjadi didalam satu kesatuan ruang. Didalam interaksi sosial ini dipengaruhi oleh beberapa aspek sosial, yaitu tingkah laku manusia apabila berhadapan dengan sesamanya. Interaksi antar manusia dapat berlangsung dalam hal hubungan antara manusia induvidu dengan manusia induvidu lainnya, manusia induvidu dengan kelompok atau masyarakat, kelompok manusia dengan kelompok manusia lainnya. Interaksi sosial ini pula bergantung pada karakteristik masing-masing pihak, kareakteristik relasi antara kedua pihak itu, dan situasi dan konteks, dimana interaksi itu berlangsung. Pada saat ini terjadi interaksi antara dua pihak berlangsung pula “pertukaran hal-hal tertentu “. Rasa puas atau kurang puas dengan hasil suatu interaksi sosial yang diantaranya tergantung juga dari “hasil pertukaran” tersebut. Yang dipertukarkan adalah “resources” (sesuatu yang dapat diberikan oleh satu orang kepada orang lain).

Lingkungan Buatan (Technosystem)

Lingkungan buatan atau dikenal dengan lingkungan binaan atau lingkungan fisik, yaitu lingkungan yang dibuat oleh manusia dan tidak secara alami terbentuk. Lingkungan

perkotaan dan lingkungan perdesaan adalah contoh lingkungan buatan atau lingkungan binaan. Ekspresi lingkungan fisik akan mengakibatkan dampak bagi lingkungan sosial merupakan argumen kuat didukung dengan pandangan Amos Rapoport (1980) tentang tiga pengaruh lingkungan fisik bagi manusia, yaitu :

1. *Environmental determinism*, dimana lingkungan fisik mempengaruhi persepsi dan tingkah laku manusia, contohnya bila halaman rumah dipagar setinggi 3 meter, orang tidak bisa melihat keluar dan kedalam halaman tersebut, namun bila pagar tersebut dibuat 1,5 meter, maka akan terjadi kontak antara orang luar dan di dalam halaman pagar.
2. *Environmental possibilism*, dimana lingkungan fisik mungkin dapat memberikan kesempatan / hambatan – hambatan terhadap tingkah laku manusia. Contohnya, bila membuat kompleks permukiman yang tidak memiliki fasilitas umum seperti taman bermain anak-anak, dapat menghambat kreatifitas anak-anak, atau bahkan sebaliknya taman rekreasi memberikan kesempatan bagi anak-anak untuk bermain dan berkreatifitas.
3. *Environmental probabilism*, dimana lingkungan fisik memberikan pilihan-pilihan yang berlainan bagi tingkah laku manusia dan bahwa ada beberapa pilihan yang mungkin terjadi dari pada pilihan lainnya. Contoh, jika orang membuat halaman rumah, barangkali akan digunakan sebagai tempat menjemur pakaian, tempat bermain atau tempat menumpuk barang rongsokan.

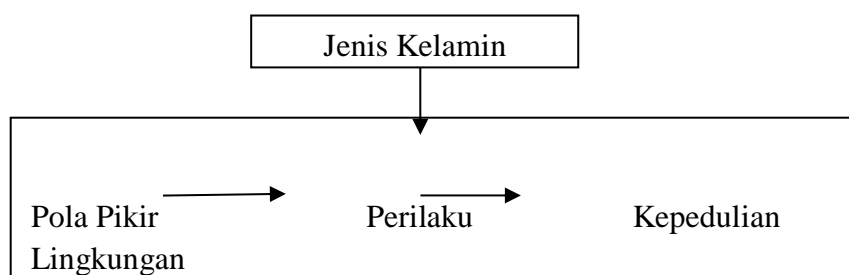
Kualitas Lingkungan Hidup

Dimaksud dengan kualitas lingkungan hidup adalah derajat kemampuan lingkungan untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia (*basic needs*) pada tempat dan dalam waktu tertentu. Kemampuan lingkungan ini mencakup fisikokimiawi, estetika, budaya dan lain-lain. Tentunya kemampuan-kemampuan ini diwujudkan oleh masing-masing sub-sistem yang ada di dalam sistem lingkungan hidup, dimana secara keseluruhan ketiga sub-sistem ini akan memberikan “support”/ dukungan bagi kehidupan manusia.

Menurut Abraham H. Maslow, kebutuhan dasar manusia terdiri dari : (1) kebutuhan fisiologis, (2) kebutuhan akan jaminan keamanan; (3) kebutuhan akan hidup berkelompok; (4) kebutuhan akan suatu pengakuan atau penghargaan ; (5) kebutuhan untuk mengembagkan diri/self actualization. Kondisi tiga sub-sistem dalam lingkungan hidup yang semakin merosot kualitasnya akan memberikan dampak yang sangat membahayakan kehidupan kita manusia. Sumberdaya alam yang tidak berkualitas atau nyaris punah, suatu saat tidak lagi memberikan ketersediaan sumber pangan (makanan), papan dan sandang (pakaian) bagi manusia.

Kerangka Konsep

Jenis kelamin Pendidikan Fisika FKIP Universitas Riau mempengaruhi pola pikir, dan serta kepeduliannya terhadap lingkungan hidup di kampus FKIP Universitas Riau (Gambar1).



Gambar 1. Kerangka Konsep

METODE PENELITIAN

Desain penelitian yang digunakan adalah survei yang bersifat korelasional, dimana tidak dilakukan perlakuan atau intervensi tertentu terhadap populasi sampel dan pendataan dilakukan pada satuan waktu tertentu. Penelitian dilakukan di kampus FKIP UR. Waktu penelitian dari Tanggal 6 Januari 2017 sampai dengan 5 Pebruari 2017. Populasi adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Riau yang sudah mengambil mata kuliah pendidikan lingkungan.

Tabel 1

Angkatan	Jenis Kelamin		Jumlah
	L	P	
2013	5	27	32
2014	14	36	50
2015	8	53	61
Total			143

Dari populasi mahasiswa tersebut diambil sampel berdasarkan perhitungan Pengambilan sampel berdasarkan *Metode slovin*, dengan tahapan sebagai berikut: (i) dari seluruh mahasiswa pendidikan Fisika FKIP UR diambil yang masih aktif dari berbagai angkatan yang sudah mengambil mata kuliah pendidikan lingkungan , diambil angkatan 2015, 2014 dan 2013 ; (ii) ditelusuri berapa jumlah untuk masing-masing angkatan; (iii)masing-masing angkatan diambil sampel secara random, sehingga memenuhi minimal responden yaitu sebesar 106 sampel. Besar Sampel, diperoleh dari perhitungan besar sampel berdasarkan rumus :

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

dimana

n : jumlah sampel

N : jumlah populasi

e : batas toleransi kesalahan (*error tolerance*)

Data dikumpulkan dengan wawancara terarah, dengan menggunakan kuesioner yang telah disiapkan terlebih dahulu. Data yang telah diambil dilakukan melalui wawancara secara langsung pada mahasiswa yang terpilih sebagai responden. Penilaian lingkungan dilakukan, berdasarkan hasil analisis hubungan yang dilakukan pada variabel, jenis kelamin dengan pola pikir dan perilaku peduli lingkungan.

Distribusi Responden menurut variabel Pola Pikir, Perilaku dan Kepedulian

Ada tiga variabel yang ditanyakan pada 106 responden, di mana masing-masing mahasiswa terhadap lingkungan hidup. Variabel yang diperkirakan terikat dan bebas di dalam penelitian ini adalah jenis kelamin dan variabel lainnya adalah, pola pikir, perilaku dan kepedulian. Hubungan diantara variabel di atas ingin dilihat terhadap lingkungan hidup. Analisis data dilakukan dengan menggunakan analisis *Chi Square* . Rumus sebagai berikut:

$$\chi^2 = \frac{N(|AD - BC| - \frac{N}{2})^2}{(A+B)(C+D)(A+C)(B+D)}$$

N = Jumlah sampel

A = Kelompok sampel mahasiswa dengan kategori positif

B = Kelompok sampel mahasiswa dengan kategori negatif

C = Kelompok sampel mahasiswa yang kategori negatif untuk variabel yang diteliti

D = Kelompok sampel mahasiswa dengan kategori positif untuk variabel yang diteliti

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Responden

Dari perhitungan sampel, terpilih 126 responden sebagai sampel dalam penelitian ini (tabel 2).

Tabel 2

Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

Angkatan	Jenis Kelamin		Jumlah
	L	P	
2013	5	21	26
2014	14	16	30
2015	8	42	50
Total			106 (100%)

Responden telah menjawab sesuai pengetahuan, sikap dan kepedulian mereka yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan hidup di kampus FKIP UR . Distribusi masing-masing responden berdasarkan 3 variabel tersebut, sebagai berikut:

Variabel Pola Pikir

Dari 106 orang responden distribusi yang diberikan untuk variabel pola pikir dapat dilihat bahwa untuk pertanyaan pertama tentang cara membuang sampah yang benar sebagian besar responden sudah memiliki pola pikir yang benar karena 68 orang atau 64% memberikan jawaban yang benar yaitu memasukkan sampah ke dalam plastik, kemudian memisahkan organik dan anorganik, dan membuangnya ditempat pembuangan sampah sementara. Sementara 19 orang atau 18 % responden menjawab memasukkan sampah plastik, kemudian membuangnya ke tempat sampah yang telah disediakan, 18 orang atau 17% menjawab

membuang sampah ditempat yang disediakan, dan 1 orang sisanya mahasiswa menjawab membuang sampah di jalanan (tabel 1). Tidak ada satupun responden yang menjawab tidak tahu cara membuang sampah yang benar. Dari jawaban yang diberikan oleh responden, sebenarnya tampak bahwa pola pikir mahasiswa sudah terbangun dengan baik tentang cara pembuangan sampah yang benar sudah dimiliki oleh sebagian besar responden.

Tabel 3 Pertanyaan 1 Tentang pola pikir cara membuang sampah yang benar

No	Pertanyaan	n	%
1	Tidak Tahu	-	-
2	Membuang sampah di jalanan	1	1
3	Membuang sampah di tempat sampah yang telah ada	18	17
4	Memasukkan sampah ke plastik kemudian membuahkan ke tempat yang telah disediakan	19	18
5	Memisahkan sampah organik dan anorganik lalu dimasukkan ke plastik, membuang ke tempat sampah	68	64
JUMLAH		106	100

Pencemaran udara di lingkungan kampus FKIP Universitas Riau belum dirasakan atau mempunyai dampak yang tidak baik kepada civitas akademika. Hal ini terbukti dari 91 orang atau 85,7% responden memilih jawaban tersebut, sementara 9 orang mahasiswa atau 8,5 % responden menjawab hanya mempengaruhi pada mahasiswa yang merokok saja. 4 orang mahasiswa mengatakan pencemaran udara mempengaruhi seluruh civitas akademika. Dan masing-masing 1 orang responden mengatakan tidak tahu dan pencemaran udara hanya mempengaruhi sebagian mahasiswa saja. Dari jawaban diatas tampak bahwa membangun pola pikir terhadap dampak pencemaran udara sudah terjaga dan sangat baik. (tabel 4).

Tabel 4 Pertanyaan 2 Apakah pencemaran udara sudah berpengaruh kepada civitas akademika FKIP Universitas Riau

No	Pertanyaan	n	%
1	Tidak Tahu	1	1
2	Belum	91	85,7
3	Mempengaruhi sebagian mahasiswa saja	1	1
4	Mempengaruhi mahasiswa yang merokok saja	9	8,5
5	Mempengaruhi seluruh civitas akademika	4	3,8
JUMLAH		106	100

Berbagai pandangan diberikan oleh para responden khususnya tentang kemampuan ruang terbuka hijau mengatasi pencemaran. 60 orang atau 56,5% responden mengatakan ada namun luasnya belum memadai. 9 orang atau 8,5 % menjawab sangat minim dan belum berfungsi, 33 orang menjawab cukup memadai dan 4 orang sisanya menjawab kurang tahu. Tidak ada satupun responden yang menjawab tidak tahu. Dari jawaban diatas, pengetahuan para responden sudah baik karena sebagian besar dari mereka mengetahui bahwa ruang terbuka hijau sudah ada namun luasnya belum memadai karena sebagai sarana untuk mengatasi pencemaran (tabel 5)

Tabel 5 Pertanyaan 3 Tentang kemampuan ruang terbuka hijau mengatasi pencemaran

No	Pertanyaan	n	%
1	Tidak Tahu	-	-
2	Kurang tahu	4	3,8
3	Cukup Memadai	33	31,2
4	Sangat Minim dan belum berfungsi	9	8,5
5	Ada namun luasnya belum memadai	60	56,5
JUMLAH		106	100

Seperti yang kita ketahui bahwa unsur Hg yang terdapat pada limbah cair berbahaya bagi kesehatan manusia. Untuk pertanyaan ini 34 orang atau 32,1 % responden menjawab benar, sementara 28 orang atau 26,4% responden mengatakan kurang tepat, tetapi oleh unsur Hg dan Cd. Sebanyak 18 orang atau 17% responden menjawab salah, 15 orang atau 14,1% responden menjawab tidak tahu, dan sisanya sebanyak 11 orang atau 10,4% menjawab kurang tepat karena selain unsur Hg juga terdapat unsur Cd dan Ar. Dengan banyaknya responden menjawab dengan kurang tepat, menunjukkan bahwa pola pikir responden tentang unsur yang berbahaya pada limbah cair masih perlu ditingkatkan (tabel 6).

Tabel 6 Pertanyaan 4 Tentang Hg adalah unsur yang berbahaya pada limbah cair

No	Pertanyaan	n	%
1	Tidak Tahu	15	14,1
2	Benar	34	32,1
3	Salah	18	17
4	Kurang tepat, tetapi Hg dan Cd	28	26,4
5	Kurang Tepat, tetapi Hg, Cd, dan Ar	11	10,4
JUMLAH		106	100

Ada berbagai bentuk kebijakan kelembagaan FKIP Universitas Riau tentang pengelolaan lingkungan hidup. Untuk pertanyaan tersebut pilihan jawaban tertinggi yang diberikan responden adalah ada kebijakan tetapi tidak didukung sarana prasarana yaitu dijawab oleh 58 orang atau 54,7% responden, jawaban tertinggi kedua adalah ada tetapi hanya diketahui sebagian kelompok saja dijawab sebanyak 26 orang atau 24,5%. Untuk jawaban tidak ada hanya menjawab sebanyak 4 orang atau 3,8 % dan yang menjawab belum tahu adanya kebijakan sebanyak 18 orang atau 17 % dan tidak ada satupun responden yang menjawab tidak tahu. Dari jawaban yang diberikan tampak pembangunan pola pikir mahasiswa atau responden tentang masalah kebijakan sudah terbangun dalam pikiran mahasiswa.

Tabel 7

Pertanyaan 5 Kebijakan kelembagaan FKIP Universitas Riau tentang pengelolaan lingkungan hidup

No	Pertanyaan	n	%
1	Tidak Tahu	-	-
2	Belum tahu	18	17
3	Tidak ada	4	3,8
4	Ada, Hanya diketahui sebagian kelompok saja	26	24,5
5	Ada, tetapi tidak didukung sarana Prasarana	58	54,7
JUMLAH		106	100

Ada satu pertanyaan terbuka yang diberikan kepada responden yaitu mengenai fasilitas umum apa saja yang diketahui oleh responden. Sebagian besar responden bisa menyebutkan jenis atau macam fasilitas umum dengan benar yaitu lima atau lebih dari lima jenis fasilitas umum sebanyak 61 orang atau 57,5 % responden. Jawaban yang diberikan diantaranya adalah, toilet, parkir, kantin, mushola, tempat sampah dan lain sebagainya. Sedangkan 45 orang atau 42,5 % responden lainnya memberikan jawaban bervariasi dari 1 hingga 4 jenis fasilitas umum. Dari jawaban diatas tampak bahwa pola pikir responden tentang fasilitas umum yang mereka ketahui cukup baik karena sebanyak 57,5 % responden dapat memberikan jawaban yang memadai (tabel 8)

Tabel 8

Pertanyaan 6 tentang sebutkan fasilitas umum yang diketahui

No	Pertanyaan	n	%
1	Satu Jenis	20	18,9
2	Dua Jenis	7	6,6

3	Tiga Jenis	13	12,3
4	Empat Jenis	5	4,7
5	Lima Jenis	61	57,5
JUMLAH		106	100

Variabel Perilaku

Selain memberikan daftar pertanyaan tentang variabel pola pikir , pernyataan tentang variabel perilaku juga diajukan kepada responden yang sama dengan hasil seperti pada tabel Tabel 9. Instrumen Perilaku terhadap lingkungan hidup, dimana pernyataan tentang pencemaran udara mempengaruhi civitas kampus reponden menjawab 29 % sangat tidak setuju, 1,8 % responden menjawab tidak setuj, 40,6 setuju dan 54,7 sangat setuju. Lebih lanjut tentang dampak pencemaran udara hanya mempengaruhi sekelompok tempat saja36,8 % responden menjawab sangat tidak setuju dengan jumlah 39 orang, 53,8 % tidak setuju dengan jumlah 57 orang, 7,6 % setuju, dan 1,8 % sangat setuju.

Pernyataan lain yang diberikan kepada responden adalah tentang kebutuhan ruang hijau dirakaan harus memadai sebanyak 1% atau 1 orang responden menjawab sangat tidak setuju, 1% juga responden menjawab tidak setuju, 45,2 % atau 48 orang responden menjawab setuju dan 52,8% atau 56 orang responden menjawab sangat setuju. Lebih lanjut pertanyaan berikutnya kepada responden tentang selokan-selokan di kampus sudah mulai tercemar dan tersumbat, responden menjawab 1 orang atau 1 % sangat tidak setuju, sebanyak 3,7 atau 4 orang menjawab tidak setuju, 30,2 atau 32 responden menjawab setuju dan 65,1 menjawab sangat setuju. Untuk rasa kesetiakawanan dan gotong royong antar mahasiswa sudah berkurang tidak ada yang menjawab sangat tidak setuju, 17 % atau 18 responden menjawab tidak setuju, 58,5% atau 62 orang setuju dan 24,5 sangat setuju.

Kebijakan kelembagaan dalam bidang lingkungan belum menyentuh bagian yang esensial dari lingkungan hidup responden menjawab 9 mahasiswa atau 8,5 % tidak setuju, 65,1% atau 69 responden menjawab setuju dan 28 responden atau 26,4 % sangat setuju,dan tidak ada satupun responden menjawab sangat tidak setuju. Ketersedian runga terbuka hijau lebih dikalahkan oleh keperluan pembangunan kampus, Persoalan sampah sudah memasuki tahap krisis, Peran serta Dosen dalam memberikan arti pentingnya menjaga lingkungan hidup masih kuran dan Peran serta mahasiswa untuk menjaga lingkungan semakin tidak diraskan dapat dilihat pada tabel 9 berikut ini :

Tabel 9

Instrumen Perilaku terhadap lingkungan hidup.

No	Pernyataan	STS		TS		S		SS	
		n	%	n	%	n	%	n	%
1	Pencemaran udara mempengaruhi civitas kampus	3	2,9	2	1,8	43	40,6	58	54,7
2	Pencemaran udara hanya mempengaruhi sekelompok tempat saja	39	36,8	57	53,8	8	7,6	2	1,8
3	Kebutuhan ruang hijau dirasakan harus memadai	1	1	1	1	48	45,2	56	52,8
4	Selokan-selokan di kampus sudah mulai tercemar dan tersumbat	1	1	4	3,7	32	30,2	69	65,1
5	Rasa kesetiakawanan dan gotong royong antar mahasiswa sudah berkurang	-	-	18	17	62	58,5	26	24,5
6	Kebijakan kelembagaan dalam bidang lingkungan belum menyentuh bagian yang esensial dari lingkungan hidup	-	-	9	8,5	69	65,1	28	26,4
7	Ketersediaan runga terbuka hijau lebih dikalahkan oleh keperluan pembangunan kampus	-	-	7	6,6	32	30,2	67	63,2
8	Persoalan sampah sudah memasuki tahap krisis	1	1	4	3,6	54	51,8	47	44,4
9	Peran serta Dosen dalam memberikan arti pentingnya menjaga lingkungan hidup masih kurang	-	-	10	9,4	51	48,1	45	42,5
10	Peran serta mahasiswa untuk menjaga lingkungan semakin tidak diraskan	1	1	24	22,6	45	42,4	36	34

Variabel Kepedulian

Untuk mengetahui persepsi responden tentang pengelolaan lingkungan hidup, selain ditanyakan melalui variabel pola pikir dan perilaku di mana hasilnya sudah dijabarkan di atas, juga ditanyakan tentang variabel kepedulian. Jawaban yang diperoleh dari 106 responden yang sama adalah sebagai berikut:

Untuk kepedulian, Melakukan Pembakaran sampah, Merawat Kendaraan untuk mengurangi emisi, Menanam / memelihara tanaman sekitar lingkungan kampus, Menggunakan bahan-bahan plastik yang tidak ramah lingkungan, Terlibat dalam kegiatan gotong royong lingkungan kampus, Peduli pada sesama mahasiswa yang terkena penyakit, Meningkatkan kedisiplinan waktu, Ikut serta mensosialisasikan program pemerintah untuk melestarikan lingkungan, Menggunakan barang-barang yang masih bisa dimanfaatkan seperti kertas, plastik, botol dsb, Memanfaatkan dan menjaga kebersihan fasilitas umum, Mengurangi berpergian dengan kendaraan untuk tujuan yang dekat, Membuang sampah pada tempatnya dapat dilihat pada tabel 10. Tentang instrumen kepedulian terhadap lingkungan hidup.

Tabel 10

Instrumen Kepedulian terhadap lingkungan hidup.

No	Pernyataan	HST		ST		JT		TPT	
		n	%	n	%	n	%	n	%
1	Melakukan Pembakaran sampah	13	12,2	30	28,3	34	32	29	27,5
2	Merawat Kendaraan untuk mengurangi emisi	24	22,7	24	22,7	38	35,7	20	18,9
3	Menanam / memelihara tanaman sekitar lingkungan kampus	22	20,7	38	35,8	37	35	9	8,5
4	Menggunakan bahan-bahan plastik yang tidak ramah lingkungan	15	14,1	38	35,9	37	34,9	16	15,1
5	Terlibat dalam kegiatan gotong royong lingkungan kampus	19	17,9	22	20,7	54	51	11	10,4
6	Peduli pada sesama mahasiswa yang terkena penyakit	10	9,4	66	62,3	26	24,6	4	3,7
7	Meningkatkan kedisiplinan waktu	9	8,4	38	35,9	56	52,8	3	3,2
8	Ikut serta mensosialisasikan program pemerintah untuk melestarikan lingkungan	9	8,4	52	49	41	38,8	4	3,8
9	Menggunakan barang-barang yang masih bisa dimanfaatkan seperti kertas, plastik, botol dsb	15	14,1	43	40,7	40	37,7	8	7,5
10	Memfaatkan dan menjaga kebersihan fasilitas umum	9	8,5	40	37,6	37	35	20	18,9
11	Mengurangi berpergian dengan kendaraan untuk tujuan yang dekat	10	9,4	41	38,7	50	47,2	5	4,7
12	Membuang sampah pada tempatnya	15	14,2	39	36,8	43	40,6	9	8,4

Hubungan Antara Jenis Kelamin dengan Pola pikir

Data responden yang ada dianalisis antara jenis kelamin dan pola pikir dengan menggunakan uji *Chi square* dengan perhitungan seperti Tabel 11

Tabel 11

Hasil perhitungan antara jenis kelamin dengan pola pikir

I		Pola pikir		
		-	+	
Jenis kelamin	L	7	20	27
	P	39	40	79
		46	60	106
			X^2	57,14

Hipotesis

H0: Tidak ada hubungan antara jenis kelamin dengan pola pikir H1 : Terdapat hubungan antara Jenis kelamin dengan pola pikir.

Tingkat Signifikansi

Tingkat signifikansi yang digunakan adalah 5% (0,05) df=1 dengan nilai X2 Tabel (X2T) = 3,84. Dengan kriteria pengujian; H0 diterima apabila nilai $X2 \leq 3,84$, H0 ditolak apabila nilai $X2 > 3,84$

Nilai X2 Hitung

Dari tabel di atas didapat nilai $X2H = 57,14$ dan $X2H \leq X2T$ yang berarti H0 ditolak, dengan demikian ada hubungan antara jenis kelamin dengan Pengetahuan. Perbedaan jenis kelamin menunjukkan perbedaan pola pikir lingkungan dan tampak bahwa mahasiswa dengan jenis kelamin laki-laki cenderung memiliki hubungan yang positif dengan pola pikir. Hal ini dapat terjadi karena, mahasiswa laki-laki lebih mempunyai kesempatan belajar dan menyerap polapikir. Walaupun pada dasarnya hal ini tidak benar dalam banyak penelitian.

Beberapa penelitian menunjukkan tidak ada hubungan antara jenis kelamin dengan pola pikir.

Hubungan Antara Jenis Kelamin dengan Perilaku

Data responden yang ada dianalisis antara jenis kelamin dan perilaku dengan menggunakan uji Chi square dengan perhitungan seperti Tabel 12.

Tabel 12

Hasil perhitungan antara jenis kelamin dengan perilaku lingkungan

II		Perilaku		
		-	+	
Jenis kelamin	L	2	25	27
	P	2	77	79
		4	102	106
			X^2	1,72

Hipotesis

H0: Tidak ada hubungan antara jenis kelamin dengan perilaku . H1: Terdapat hubungan antara jenis kelamin dengan perilaku

Tingkat Signifikansi

Tingkat signifikansi yang digunakan adalah 5% (0,05) df=1, dengan nilai X2 Tabel (X2T) = 3,84. Dengan kriteria pengujian; H0 diterima apabila nilai $X2 \leq 3,84$, H0 ditolak apabila nilai $X2 > 3,8$.

tabel di atas didapat nilai $X2H = 1,72$ dan $X2H \leq X2T$ yang berarti H0 diterima. Dengan demikian tidak ada hubungan antara jenis kelamin dengan sikap dari mahasiswa.

Hubungan Antara Jenis Kelamin dengan Kepedulian

Data responden yang ada dianalisis antara jenis kelamin dan kepedulian dengan menggunakan uji Chi square dengan perhitungan seperti Tabel 13.

Tabel 13

Hasil perhitungan antara jenis kelamin dengan kepedulian

III		Kepedulian		
		-	+	
Jenis kelamin	L	12	15	27
	P	30	49	79
		42	64	106
			X ²	1,72

Hipotesis

H0 : Tidak ada hubungan antara jenis kelamin dengan kepedulian. H1 : Terdapat hubungan antara jenis kelamin dengan kepedulian.

Tingkat Signifikansi

Tingkat signifikansi yang digunakan adalah 5% (0,05) df=1, dengan nilai X2 Tabel (X2T) = 3,84. Dengan kriteria pengujian; H0 diterima apabila nilai $X2 \leq 3,84$, H0 ditolak apabila nilai $X2 > 3,84$

Nilai X2 Hitung

Dari tabel di atas didapat nilai $X2H = 1,32$ dan $X2H \leq X2T$ yang berarti H0 diterima, dengan demikian tidak ada hubungan antara jenis kelamin dengan kepedulian. Artinya tidak ada hubungan antara jenis kelamin dengan kepedulian. Baik untuk mahasiswa laki-laki maupun perempuan.

Hubungan Antara Pola pikir dengan perilaku

Data responden yang ada dianalisis antara Pola pikir dan perilaku dengan menggunakan *uji Chi square* dengan perhitungan seperti Tabel 13.

Tabel 13

Hasil perhitungan antara pola pikir dengan perilaku

IV		perilaku		
		-	+	
Pola pikir	-	2	25	27
	+	2	77	79
		42	64	106
			X ²	6,24

Hipotesis

H0: pola pikir tidak ada hubungan dengan perilaku; H1: Terdapat hubungan antara pola pikir dengan perilaku .

Tingkat Signifikansi

Tingkat signifikansi yang digunakan adalah 5% (0,05) df=1, dengan nilai X2 Tabel (X2T) = 3,84. Dengan kriteria pengujian; H0 diterima apabila nilai $X2 \leq 3,84$, H0 ditolak apabila nilai $X2 > 3,84$

Nilai X2 Hitung

Dari tabel di atas ini didapat nilai $X2H = 65,47$ dan $X2H \leq X2T$ yang berarti H0 ditolak, dengan demikian ada hubungan antara pola pikir dengan perilaku Mahasiswa Hal di atas

sejalan dengan beberapa penelitian, bahwa semakin manusia memiliki pola pikir semakin manusia mampu untuk berperilaku atau mengemukakan perilakunya, artinya ada korelasi antara pola pikir dengan perilaku.

Hubungan Antara Pola Pikir dengan Kepedulian

Data responden yang ada dianalisis antara jenis kelamin dan kepedulian dengan menggunakan uji *Chi square* dengan perhitungan seperti Tabel 14.

Tabel 14

Hasil perhitungan antara pola pikir dengan perilaku

V		perilaku		
		-	+	
Pola pikir	-	12	15	27
	+	27	52	79
		39	67	106
			χ^2	27,60

Hipotesis

H0 : Tidak ada hubungan antara pola pikir dengan kepedulian. H1 : Terdapat hubungan antara pola pikir dengan kepedulian

Tingkat Signifikansi

Tingkat signifikansi yang digunakan adalah 5% (0,05) $df=1$, dengan nilai χ^2 Tabel (χ^2_T) = 3,84. Dengan kriteria pengujian; H0 diterima apabila nilai $\chi^2 \leq 3,84$, H0 ditolak apabila nilai $\chi^2 > 3,84$

Nilai χ^2 Hitung

Dari tabel di atas ini didapat nilai $\chi^2_H = 27,60$ dan $\chi^2_H \leq \chi^2_T$ yang berarti H0 ditolak, dengan demikian ada hubungan variabel pola pikir dengan Kepedulian. Hasil di atas dapat dijelaskan, bahwa mahasiswa yang kuliah mempunyai pengetahuan positif mempunyai kepedulian yang positif pula. Proses mahasiswa dari tahu kemudian menjadi peduli membutuhkan waktu yang cukup lama, namun disini terlihat, bahwa ada hubungan antara pola pikir mahasiswa dengan kepedulian, hal ini di dukung oleh apa yang dikemukakan oleh Syamsudin (1977) bahwa dalam membangun pola pikir sampai pada tahap mahasiswa peduli melalui tahapan, pertama pada tahap mahasiswa sadar, kedua tahap minat, ketiga tahap penilaian, keempat tahap mencoba dan yang kelima tahap adopsi, pada tahap terakhir ini, mahasiswa sudah mulai untuk mempraktekkan hal-hal yang diketahuinya dengan keyakinan, melakukan tindakan dalam bentuk peduli.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa:

Pola pikir, perilaku dan kepedulian mahasiswa Pendidikan Fisika FKIP Universitas Riau terhadap lingkungan hidup di kampus FKIP Universitas Riau, sebagai berikut:

- 1) Sebagian besar responden atau 50%-58% jumlah responden memiliki nilai yang baik terhadap pola pikir tentang lingkungan hidup.

- 2) Ada 53%-65% responden menyadari bahwa perilaku salah dalam upaya menjaga kualitas lingkungan hidup di kampus FKIP Universitas Riau .
- 3) Kepedulian terhadap lingkungan hidup masih rendah, ini terbukti dari jawaban responden terhadap instrumen kepedulian, di mana jawaban jarang terlibat (JT) adalah jawaban yang paling banyak di jawab (40%-53%)

Hasil uji hubungan antara variabel jenis kelamin, mahasiswa pendidikan fisika FKIP Universitas Riau dengan pola pikir, perilaku dan kepeduliannya terhadap lingkungan hidup di Kampus Fkip Universitas Riau diperoleh kesimpulan bahwa:

- 1) Jenis kelamin tidak berhubungan dengan perilaku, jenis kelamin berhubungan dengan pola pikir tentang lingkungan hidup dan jenis kelamin tidak berhubungan dengan kepedulian terhadap kualitas lingkungan di kampus FKIP Universitas Riau .
- 2) Pola pikir berhubungan dengan perilaku mahasiswa pendidikan fisika , Pola pikir juga berhubungan dengan kepedulian terhadap kualitas lingkungan hidup di kampus FKIP Universitas Riau

Saran-saran

Berdasarkan kesimpulan di atas maka dapat disarankan beberapa hal, yaitu:

- a. Civitas Akademika FKIP Universitas Riau yang juga berfungsi mengelola lingkungan hidup, mengefektifkan sosialisasi dan kampanye mengenai fungsi lingkungan hidup bagi kehidupan manusia, bagaimana meningkatkan kualitas lingkungan hidup yang di dalamnya ada sumberdaya alam, mempromosikan lingkungan sehat bagi seluruh komponen kampus.
- b. Pendidikan tentang lingkungan hidup khususnya pada mata kuliah Pendidikan lingkungan sesungguhnya tidak hanya mendapatkan nilai baik saja yang dapat menjadi panutan dan beretika di dalam lingkungan kampus tempat dimana mahasiswa menimba ilmu . Untuk itu, diharapkan bahwa pendidikan lingkungan hidup harus lebih banyak memahami masalah sosial, filsafat serta etika lingkungan hidup.
- c. pengelolaan lingkungan dengan sungguh-sungguh sehingga sumberdaya alam dan lingkungan yang dimiliki oleh Indonesia khususnya dan dunia pada umumnya dapat benar-benar dipelihara dengan baik demi kehidupan manusia.
- d. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang jenis kelamin mana yang lebih peduli terhadap lingkungan serta yang memiliki pengetahuan yang lebih baik tentang lingkungan hidup. Dan perlu dikaji lebih lanjut, faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi perbedaan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Allport, G.W. 1954. *Hand Book of Social Psychology*. Cambridge:Addison-Wesley Publishing Company. Inc

Asari, 2001. *Pengetahuan, Sikap, dan Kepedulian Terhadap Lingkungan Hidup (Studi Kasus: Perbedaan antara Siswa Pramuka dengan Siswa bukan Pramuka pada Lima SLTP Negeri Jakarta Timur*. Tesis Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia

- Bonnes, M and G. Secchiaroli. 1995. *Environmental Psychology A Psycho-Social Introduction*. Sage Publications. London
- Dayakisni T. dan Hudaniah. 2001. *Psikologi Sosial*. Penerbit UMM Malang
- Djarwanto, 1989. *Statistik Nonparametrik* Penerbit BPFE Yogyakarta
- Krech, D. 1962. *Teori-teori Dasar Tentang Tingkah Laku Sosial*. Terjemahan oleh Wahjoedi. Penyelenggaraan Pendidikan Pasca sarjana, Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi. IKIP Malang.
- Kumurur A. Veronika, *Pengetahuan, Sikap dan Kepedulian Mahasiswa Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan Terhadap Lingkungan Hidup Kota Jakarta*, Ekoton, Vol : 8 Oktober 2008
- Sarlito Wirawan Sarwono. 1992. *Psikologi Lingkungan*. PT. Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta
- Syamsudin, S, 1977. *Dasar-Dasar Penyuluhan dan Modernisasi Pertanian*, Penerbit Binacipta
- Von Glasersfeld, E. 1996. *Introduction: Aspects of Constructivism* (in) C. Coscot (Ed.), *Constructivism: Theory, Perspectives, and Practice*. New York: Longman.
- Wawolumaja, C. 2001. *Instrumentasi Penelitian Kedokteran/Kesehatan dan Perilaku*. Seri Nomor 3. Universitas Indonesia. Jakarta
- Wawolumaja, C. 2001. *Survey Epidemiologi Sederhana Bidang Perilaku Kedokteran/Kesehatan* Seri Nomor 1. Universitas Indonesia.

ANALISIS PERSEPSI MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA TERKAIT PENTINGNYA PEMBELAJARAN FISIKA BERMAKNA YANG MENERAPKAN UNSUR KEARIFAN LOKAL SUMATERA BARAT

Renol Afrizon, Hidayati, Rio Anshari

¹Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
email: renol.afrizon@yahoo.com¹⁾

ABSTRAK

Mahasiswa jarang memulai permasalahan kehidupan sehari-hari di awal penyajian materi fisika. Tujuan penelitian adalah untuk mendeskripsikan persepsi mahasiswa terkait pentingnya pembelajaran fisika bermakna. Penelitian ini menggunakan metode survei. Penelitian ini berfokus pada tahap deskripsi gejala. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan angket. Teknik analisis yang digunakan untuk mengolah data adalah teknik persentase. Subjek penelitian adalah mahasiswa yang mengambil matakuliah fisika SMA/MA dan SMK Kelas XI pada semester Januari-Juni 2017. Hasil penelitian yang diperoleh adalah berikut ini. 1) 63,86% mahasiswa hanya menguasai materi dengan cara hafalan sehingga sering mengalami miskonsepsi. 2) 55 % lebih mahasiswa dapat memahami model dan pendekatan pembelajaran yang dianjurkan kurikulum 2013 tetapi sulit untuk menerapkannya. 3) 50% lebih mahasiswa tidak mengalami kesulitan menemukan referensi pembelajaran terkait permasalahan di alam dan di sekitar mahasiswa. 4) lebih dari 50% mahasiswa belum mengenal dan belum menjadikan kearifan lokal sebagai sumber belajar. 5) lebih dari 87% mahasiswa berpendapat bahwa menggunakan kearifan lokal di awal pembelajaran fisika dapat menjadikan pembelajaran lebih bermakna. Kesimpulan penelitian adalah gambaran pemahaman mahasiswa mengenai pentingnya pembelajaran bermakna yang memuat unsur kearifan lokal sehingga dapat dijadikan dasar untuk mengeksplorasi konsep-konsep fisika pada kearifan lokal yang ada di Sumatera Barat.

Kata Kunci: pembelajaran fisika, pembelajaran bermakna, kearifan lokal, Sumatera Barat

PENDAHULUAN

Mahasiswa pendidikan fisika merupakan calon guru fisika yang perlu dibekali dengan berbagai mata kuliah yang dapat menunjang penelaahan materi fisika sekolah menengah.

Program studi pendidikan fisika telah menyediakan beberapa matakuliah, salah satunya adalah fisika SMA/MA dan SMK Kelas XI. Kemendikbud (2016: 3) menjelaskan beberapa tujuan pembelajaran fisika di SMA/MA yang harus dimiliki peserta didik adalah: 1) memahami fenomena alam di sekitarnya, berdasarkan hasil pembelajaran sains melalui bidang-bidang fisika; 2) menyelesaikan masalah yang dihadapi dalam kehidupannya, terutama memilih di antara cara-cara yang telah dikenal manusia berdasarkan pertimbangan ilmiah; 3) mengenali dan menghargai peran fisika dalam memecahkan permasalahan umat manusia; dan 4) memahami dampak dari perkembangan fisika terhadap perkembangan teknologi dan kehidupan manusia di masa lalu, maupun potensi dampaknya di masa depan bagi dirinya, orang lain, dan lingkungannya.

Suparno (2007: 2) mengemukakan unsur yang terpenting dalam pembelajaran fisika yang baik adalah: (1) peserta didik yang belajar, (2) guru yang mengajar, (3) bahan pelajaran, dan (4) hubungan antara guru dan peserta didik. Bagian penting dalam pembelajaran fisika adalah bagaimana cara menjadikan peserta didik aktif belajar fisika. Semua usaha guru harus diarahkan untuk memfasilitasi dan memotivasi agar peserta didik berminat mempelajari fisika itu sendiri. Komunikasi guru dan peserta didik juga penting dijalin sehingga dapat saling mendukung. Pihak guru diharapkan menguasai bahan yang mau diajarkan, melaksanakan pembelajaran sesuai dengan karakteristik dan perkembangan peserta didik, dan dapat menyusun bahan sehingga mudah diterima secara baik oleh peserta didik.

Guru fisika harus berusaha keras menguasai bahan yang akan diajarkan sehingga tidak menimbulkan miskonsepsi pada diri peserta didik. Guru fisika harus terus mengembangkan diri dengan mempelajari konsep fisika secara mendalam. Pengembangan bahan ajar oleh guru fisika SMA harus lebih tinggi atau setingkat universitas sehingga dapat memberikan wawasan lebih luas kepada peserta didik. Sumber belajar fisika yang dapat digunakan untuk menambah pengetahuan dalam mengembangkan bahan ajar seperti internet, buku-buku fisika dasar, seminar, lokakarya, bertanya pada tenaga ahli, dan alam sekitar. Pembelajaran melibatkan alam sekitar sebagai sumber belajar akan mampu menunjang penerapan pembelajaran fisika sesuai tuntutan kurikulum 2013.

Pemberlakuan kurikulum 2013 juga menuntut seorang guru agar menggunakan pendekatan saintifik di dalam pembelajarannya. Model pembelajaran yang dianjurkan di dalam pembelajaran sesuai kurikulum 2013 adalah model *discovery learning*, *inquiry learning*, *problem based learning*, *project based learning* (Permendikbud nomor 22 tahun 2016). Model *inquiry learning* memulai sintaknya dengan cara observasi/mengamati sebuah fenomena. Model *discovery learning* memulainya dengan tahap *stimulation* (memberi stimulus); bacaan, atau gambar, atau situasi, sesuai dengan materi pembelajaran/topik/tema. Model *problem based learning* harus mengorientasikan pada masalah di awal kegiatan pembelajarannya. Model *project based learning* menganjurkan agar mengamati lebih dalam terhadap pertanyaan yang muncul dari fenomena yang ada. Jadi, semua model pembelajaran fisika yang dianjurkan oleh kurikulum 2013 memulai pembelajarannya dengan fenomena/masalah yang ada di alam dan di sekitar peserta didik.

Penulis telah melakukan wawancara dengan dosen fisika FMIPA UNP yang mengampu matakuliah pembelajaran mikro. Dari hasil wawancara penulis diperoleh kenyataan bahwa mahasiswa pendidikan fisika kesulitan dalam mengaitkan konsep fisika dengan permasalahan yang ada dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, penulis juga melakukan analisis terhadap

tugas yang dikerjakan oleh mahasiswa pendidikan fisika yang mengambil matakuliah fisika SMA/MA dan SMK Kelas XI. Tugas yang dikerjakan oleh mahasiswa berupa *mind map* terkait kajian materi fisika yang dikuasai oleh mahasiswa. Hasil analisis terhadap *mind map* kajian materi diperoleh beberapa temuan: 1) 12,50% mahasiswa hanya menyajikan sub judul materi, 2) 51,19% mahasiswa hanya menyajikan konsep berupa rumus-rumus fisika, 3) 27,38% mahasiswa menyajikan konsep-konsep fisika berupa rumus fisika yang dilengkapi ilustrasi gambar, dan 4) hanya 8,93% mahasiswa yang menyajikan konsep-konsep fisika dilengkapi ilustrasi gambar dan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari.

Jarangnya mahasiswa yang mampu mengaitkan konsep fisika dengan peristiwa kehidupan sehari-hari menimbulkan kesulitan tersendiri bagi mahasiswa dalam merancang permasalahan di awal penyajian materi fisika SMA. Dengan demikian, perlu dikembangkan sumber belajar yang ada dalam kehidupan sehari-hari. Kearifan lokal yang ada pada suatu daerah merupakan salah satu sumber belajar yang ada di alam yang dan dekat dengan peserta didik. Kearifan lokal sesungguhnya mengandung banyak sekali keteladanan dan kebijaksanaan hidup. Pentingnya mengajarkan kearifan lokal dalam pembelajaran merupakan bagian upaya meningkatkan ketahanan nasional. Budaya Indonesia khususnya Sumatera Barat merupakan sumber kearifan lokal yang mampu bertahan karena semuanya merupakan kenyataan hidup yang tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, perlu disediakan bahan kajian konsep fisika yang memuat unsur kearifan lokal Sumatera Barat.

Sebelum mengkaji konsep fisika yang memuat unsur kearifan lokal Sumatera Barat, maka perlu dilakukan survei deskriptif. Survei ini diberikan kepada mahasiswa pendidikan fisika FMIPA UNP yang sedang mengambil matakuliah fisika SMA/MA dan SMK Kelas XI dan pembelajaran mikro. Hal ini karena mahasiswa yang bersangkutan telah berusaha menerapkan kompetensi guru fisika di kelas. Survei deskriptif bertujuan untuk melihat sejauh mana penguasaan materi fisika mahasiswa, kemampuan mahasiswa menyajikan materi, persepsi yang dimiliki mahasiswa terkait pentingnya pembelajaran fisika bermakna.

KAJIAN LITERATUR

Kemendikbud (2016: 3) mengemukakan bahwa pengembangan kurikulum fisika SMA/MA dilakukan dalam rangka mencapai dimensi kompetensi pengetahuan, kerja ilmiah, serta sikap ilmiah sebagai perilaku sehari-hari dalam berinteraksi dengan masyarakat, lingkungan dan pemanfaatan teknologi. Penyajian pembelajaran fisika relevan dengan kerangka pengembangan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Kearifan lokal dapat menunjang unsur sains dalam kehidupan sehari-hari dan lingkungan pada kerangka ini. Hal ini tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pengembangan IPA
(Sumber: Kemendikbud (2016: 3))

Doddy Soedigdo, Ave Harysakti, dan Tari Budayanti Usop (2014: 38-40) mengemukakan wujud kearifan lokal dapat dikategorikan ke dalam dua aspek, yaitu kearifan lokal yang berwujud nyata (*tangible*) dan yang tidak berwujud (*intangible*). Kearifan lokal *tangible* (berwujud fisik) meliputi: 1) kearifan lokal yang tertuang dalam bentuk catatan tertulis seperti primbon dan praksi (budaya tulis di atas lembaran daun lontar), 2) karya-karya arsitektur/bangunan tradisional misalnya Rumah Gadang, dan 3) benda cagar budaya, karya seni/kerajinan tangan tradisional misalnya keris dan batik. Sedangkan, kearifan lokal *intangible* (tidak berwujud) meliputi petuah-petuah yang disampaikan secara verbal dan turun-temurun dapat berupa nyanyian, kidung yang mengandung ajaran-ajaran tradisional.

Pemaknaan terhadap kearifan lokal dalam dunia pendidikan masih sangat kurang. Istilah yang sering digunakan dalam struktur kurikulum adalah muatan lokal. Pemaknaannya terhadap muatan lokal masih bersifat formal karena muatan lokal kurang mengeksplorasi kearifan lokal. Muatan lokal hanya sebatas bahasa dan tari daerah yang diajarkan kepada peserta didik. Dunia pendidikan memiliki tantangan yang sangat kompleks dewasa ini. Hal ini terlihat dari mulai memudar dan ditinggalkannya nilai-nilai lokal seiring dengan pengaruh kemajuan global di bidang sains dan teknologi. Oleh karena itu, eksplorasi terhadap kekayaan luhur budaya bangsa sangat perlu untuk dilakukan.

Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah mengkaji konsep-konsep fisis yang terkandung pada kearifan lokal yang sudah ada. Hal ini perlu dikaji secara mendalam sehingga dapat dijadikan referensi oleh mahasiswa pendidikan fisika dalam merancang pembelajaran yang menggunakan pendekatan saintifik. Pengetahuan baru yang menerapkan unsur kearifan lokal dapat memberi manfaat pada diri peserta didik. Hal ini akan membuat pembelajaran fisika yang dirancang oleh mahasiswa calon guru akan menjadi lebih bermakna. Ausabel dan Novak dalam Dahar (2011: 98) mengemukakan kebaikan belajar bermakna, yaitu: (a) informasi yang dipelajari secara bermakna lebih lama dapat diingat daripada belajar hafalan, (b) mempermudah proses belajar berikutnya untuk hal-hal yang mirip diakibatkan asimilasi pengetahuan baru.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian survei. Survei dapat dilakukan untuk berbagai penelitian yang bertujuan deskriptif, eksplanatif, dan eksploratif (Morrison, 2015: 165). Penelitian yang telah dilaksanakan berupa survei yang bertujuan deskriptif. Hasil survei ini memberikan gambaran karakteristik mahasiswa pendidikan fisika terkait penguasaan materi fisika, penyajian materi fisika, dan persepsi pentingnya pembelajaran fisika bermakna. Gambaran ini dapat dijadikan dasar untuk mengeksplorasi penerapan konsep-konsep fisika pada unsur kearifan lokal budaya Sumatera Barat.

Rincian langkah kegiatan yang telah dilaksanakan pada tahap ini adalah melaksanakan survei deskriptif kepada 83 mahasiswa pendidikan fisika. Penelitian ini sedang berlangsung pada semester Januari-Juni 2017 di Jurusan Fisika FMIPA UNP. Subjek dari penelitian ini adalah mahasiswa yang mengambil perkuliahan fisika SMA/MA dan SMK Kelas XI. Pengumpulan data dilakukan dengan angket. Teknik analisis yang digunakan untuk mengolah data adalah teknik persentase dan disajikan pada grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Penelitian

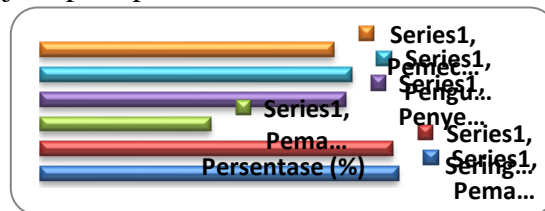
Kondisi perkuliahan Fisika SMA/MA dan SMK Kelas XI dapat dideskripsikan dalam dua kategori yaitu deskripsi penguasaan dan penyajian materi fisika mahasiswa pendidikan fisika UNP saat ini dan deskripsi persepsi mahasiswa terkait dampak pembelajaran yang memuat permasalahan yang ada di alam dan di sekitar peserta didik. Kedua deskripsi dijelaskan secara detil berikut ini.

1) Deskripsi Penguasaan dan Penyajian Materi Fisika oleh Mahasiswa Pendidikan Fisika UNP

Hasil analisis kondisi deskripsi penguasaan dan penyajian materi fisika mahasiswa pendidikan fisika UNP dapat dijabarkan dalam beberapa hal berikut ini.

a) Deskripsi Penguasaan Materi Fisika Mahasiswa

Penguasaan materi fisika mahasiswa dapat diketahui dengan menyebarkan angket pada perkuliahan Fisika SMA/MA dan SMK Kelas XI. Hasil analisis deskripsi penguasaan materi fisika mahasiswa tersaji seperti pada Gambar 2.

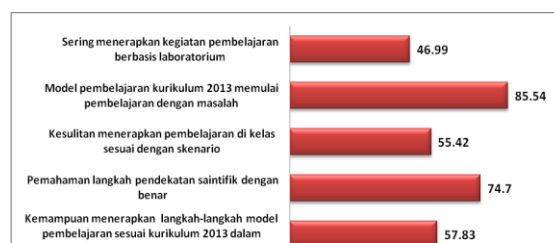


Gambar 2. Hasil Analisis Penguasaan Materi Fisika Mahasiswa Pendidikan Fisika UNP

Berdasarkan Gambar 2, pemahaman konsep fisika mahasiswa secara benar berada pada persentase tertinggi, yakni 73,49%. Meskipun demikian, 72,29% mahasiswa masih sering mengalami miskonsepsi dalam menguasai konsep fisika. Dari segi keruntutan penguasaan materi fisika, terlihat hanya 34,94% mahasiswa yang mampu menguasai secara runtut sehingga mengakibatkan lebih 60% mahasiswa menyelesaikan permasalahan fisika secara coba-coba. Disamping itu, penguasaan materi fisika oleh mahasiswa masih mendominasi dengan cara hafalan. Hal ini berdampak signifikan (62,65%) pada penyelesaian masalah fisika yang langsung menggunakan rumus tanpa memahami maksud permasalahan tersebut secara mendetil dan mendalam.

b) Deskripsi Penyajian Materi dalam Perkuliahan Fisika SMA/MA dan SMK Kelas XI

Hasil penyebaran angket memberikan gambaran bagaimana cara mahasiswa menyajikan materi dalam perkuliahan fisika SMA/MA dan SMK Kelas XI. Deskripsi ini terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Analisis Penyajian Materi Fisika di Pembelajaran di Kelas

Gambar 3 memperlihatkan kemampuan mahasiswa dalam menyajikan materi fisika di dalam kelas. 59,04% mahasiswa langsung menyajikan materi fisika secara utuh. Dari segi pemahaman mahasiswa terkait kurikulum 2013, terlihat 74,70% mahasiswa memahami langkah-langkahnya pendekatan saintifik dengan benar, 85 % lebih mahasiswa dapat memahami model pembelajaran yang dianjurkan kurikulum 2013. 55% mahasiswa mampu merancang pada skenario tetapi sulit untuk menerapkannya di kelas. Selain itu, 47% mahasiswa yang hanya menerapkan kegiatan pembelajaran berbasis laboratorium.

c) Deskripsi Pemanfaatan Sumber Belajar dalam Penguasaan dan Penyajian Materi Fisika

Sumber belajar dimanfaatkan sebagai referensi dalam menguasai dan menyajikan materi fisika. Pemanfaatan sumber belajar oleh mahasiswa dilihat melalui angket. Hasil analisisnya seperti pada Gambar 4.

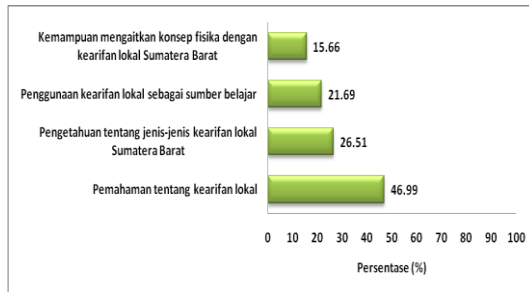


Gambar 4. Hasil Analisis Pemanfaatan Sumber Belajar

Gambar 4 memperlihatkan bahwa mahasiswa lebih banyak menggunakan buku paket fisika SMA/MA daripada internet sebagai referensi dalam penguasaan dan penyajian materi fisika. 46,99% mahasiswa kesulitan dalam mencari referensi permasalahan fisika dalam mengawali kegiatan pembelajaran. Sedangkan, jumlah mahasiswa yang kesulitan menemukan penerapan konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari dan dekat dengan mahasiswa dibawah 45%.

d) Deskripsi Pemanfaatan Kearifan Lokal Sebagai Sumber Belajar

Salah satu sumber belajar yang dekat dengan mahasiswa dan ada dalam kehidupan sehari-hari adalah kearifan lokal. Hasil analisis pemanfaatan kearifan lokal sebagai sumber belajar terdapat pada Gambar 5.

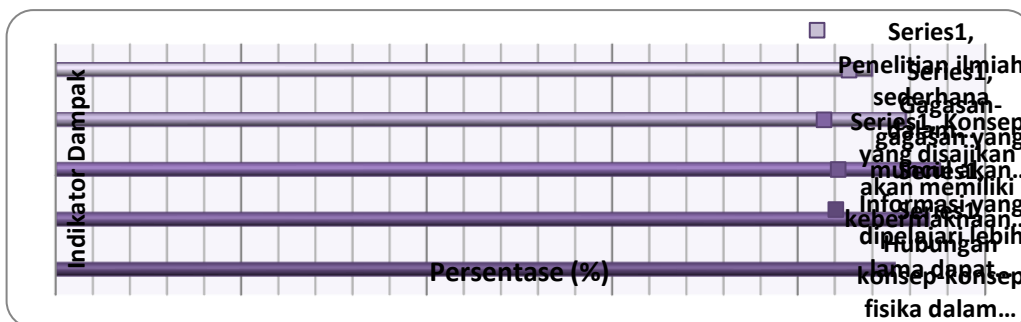


Gambar 5. Hasil Analisis Pemanfaatan Kearifan Lokal sebagai Sumber Belajar

Pemanfaatan kearifan lokal sebagai sumber belajar oleh mahasiswa masih rendah. Hal ini dibuktikan hanya 46,99% mahasiswa yang paham tentang kearifan lokal; 26,51% mahasiswa yang mengetahui jenis-jenis kearifan lokal Sumatera Barat; dan hanya 21,69% mahasiswa yang menggunakannya sebagai sumber belajar. Rendahnya pemanfaatan kearifan lokal dalam kegiatan pembelajaran fisika berdampak pada jumlah mahasiswa yang mampu mengaitkan konsep fisika dengan kearifan lokal Sumatera Barat juga rendah yaitu hanya 15,66%.

2) Persepsi mahasiswa terkait dampak pembelajaran yang memuat permasalahan yang ada di alam dan di sekitar peserta didik

Mahasiswa pendidikan fisika diminta pendapatnya terkait dampak jika mahasiswa tersebut menerapkan pembelajaran fisika yang memuat permasalahan di alam dan di sekitar peserta didik. Hasil analisis persepsi mahasiswa terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Analisis Persepsi Mahasiswa

Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa lebih dari 87% mahasiswa memiliki persepsi jika pembelajaran fisika memuat permasalahan yang ada dalam kehidupan sehari-hari dan dekat dengan peserta didik akan menimbulkan dampak positif. Dampak positif yang dihasilkan dalam pembelajaran, diantaranya: 1) hubungan konsep-konsep fisika dalam menyelesaikan permasalahan dapat dijelaskan, 2) informasi yang dipelajari lebih lama dapat diingat oleh peserta didik, 3) konsep yang disajikan akan memiliki kebermaknaan secara logis, 4) gagasan-gagasan yang muncul akan relevan dengan struktur kognitif peserta didik, 5)

penelitian ilmiah sederhana dalam menemukan konsep fisika dapat diterapkan. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran fisika yang akan terlaksana akan bermakna bagi calon guru dan peserta didik nantinya.

b. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: a). mahasiswa hanya menguasai materi dengan cara hafalan sehingga sering mengalami miskonsepsi. b) mahasiswa dapat memahami model dan pendekatan pembelajaran yang dianjurkan kurikulum 2013 tetapi sulit untuk menerapkannya. c) mahasiswa tidak mengalami kesulitan menemukan referensi pembelajaran terkait permasalahan di alam dan di sekitar mahasiswa. d) lebih separuh mahasiswa belum mengenal dan belum menjadikan kearifan lokal sebagai sumber belajar. Jadi, perkuliahan Fisika SMA/MA dan SMK Kelas XI saat ini belum sepenuhnya bermakna bagi mahasiswa.

Pembelajaran akan lebih bermakna apabila pembelajaran yang dirancang berawal dari permasalahan kehidupan sehari-hari dan dekat dengan peserta didik sehingga memotivasi peserta didik untuk menyukai pembelajaran yang berlangsung. Salah satu sumber yang dapat dijadikan referensi adalah bahan kajian konsep fisika terkait kearifan lokal misalnya, mengkaji konsep fisika pada Rumah Gadang. Nurma Ali Ridwan dalam Wikantiyoso, Respati dan Pindo Tutuko (2009: 7) mengemukakan bahwa kearifan lokal (*local wisdom*) dapat dipahami sebagai usaha manusia dengan menggunakan akal budinya (kognisi) untuk bertindak dan bersikap terhadap sesuatu, objek, atau peristiwa yang terjadi dalam ruang tertentu. Dengan demikian, diharapkan mahasiswa lebih memiliki minat, motivasi dan wawasan dalam mengaitkan permasalahan fisika kehidupan sehari-hari dengan pembelajaran sesuai dengan anjuran kurikulum 2013.

Hasil persepsi mahasiswa pendidikan fisika menunjukkan bahwa pembelajaran bermuatan kearifan lokal memberi dampak terhadap pembelajaran fisika. Pembelajaran fisika menjadi lebih bermakna bagi mahasiswa sebagai calon guru dan peserta didik nantinya. Hal ini dikarenakan proses pembelajaran fisika bermuatan kearifan lokal dapat mengaitkan informasi yang baru dengan informasi yang telah ada pada diri peserta didik. Selain itu, pembelajaran fisika juga menghasilkan sesuatu yang berguna dan lebih bermanfaat bagi peserta didik ketika mereka telah dewasa seperti desain rumah tahan gempa yang telah diwariskan oleh nenek moyang kita seperti rumah gadang. Hal ini sejalan dengan teori Ausabel bahwa belajar bermakna merupakan suatu proses dikaitkannya informasi baru pada konsep-konsep relevan yang terdapat dalam struktur kognitif seseorang (Dahar, 2011: 95).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kondisi perkuliahan Fisika SMA/MA dan SMK Kelas XI yang telah berlangsung, diperoleh beberapa kesimpulan: a). Pertama, 63,86% mahasiswa hanya menguasai materi dengan cara hafalan sehingga sering mengalami miskonsepsi. b) Kedua, 55 % lebih mahasiswa dapat memahami model dan pendekatan pembelajaran yang dianjurkan kurikulum 2013 tetapi sulit untuk menerapkannya. c) Ketiga, 50% lebih mahasiswa tidak mengalami kesulitan menemukan referensi pembelajaran terkait permasalahan di alam dan di sekitar mahasiswa. d) Keempat, lebih dari 50% mahasiswa belum mengenal dan belum menjadikan kearifan lokal sebagai sumber belajar. e) Kelima, lebih dari 87% mahasiswa

berpendapat bahwa menggunakan kearifan lokal sebagai permasalahan di awal pembelajaran fisika dapat membuat pembelajaran menjadi lebih bermakna. Hal ini dapat dijadikan dasar perlunya mengeksplorasi konsep-konsep fisika pada kearifan lokal yang ada di Sumatera Barat.

REFERENSI

Dahar, R.W. 2011. *Teori-Teori Belajar dan Pembelajaran*. Bandung: Erlangga.

Doddy Soedigdo, Ave Harysakti, dan Tari Budayanti Usop. 2014. *Elemen-Elemen Pendorong Kearifan Lokal pada Arsitektur Nusantara*. Jurnal Perspektif Arsitektur, Vol. 9 No.1 hal: 37-47, ISSN: 1907 – 8536

Kemendikbud. 2016. *Silabus Mata Pelajaran Fisika Sekolah Menengah Atas/ Madrasah Aliyah (SMA/MA)*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Morrison. 2015. *Metode Penelitian Survei*. Jakarta: Prenadamedia Group.

Permendikbud nomor 22 Tahun 2016 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Suparno, P. 2007. *Metodologi Pembelajaran Fisika Konstruktivistik & Menyenangkan*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma

Wikantiyoso, Respati dan Pindo Tutuko. 2009. *Kearifan Lokal dalam Perencanaan dan Perancangan Kota yang Berkelanjutan*. Malang: Group Konservasi Arsitektur & Kota

UPAYA PENINGKATAN KETERAMPILAN KOMUNIKASI DAN BERPIKIR KRITIS MELALUI MODEL PROBLEM BASED LEARNING MAHASISWA PENDIDIKAN BIOLOGI PADA MATA KULIAH FISIKA DASAR 1

Muhammad Nor, Zuhdi Maaruf, M. Syafi'i

Jurusan PMIPA FKIP Universitas Riau

Pekanbaru-28293

m.noer.mt@gmail.com¹⁾

ABSTRACT

Based on observation in basics physics 1 lecturing process in biology education there are difficulties in processing information to be communication effectively and observe the problem to develop the critical thinking competence. This research aims to explain the increase of verbal communication skill and critical thinking in solving problem thorough based learning approach. This research is research is Classroom Action Research (CAR) conducted in two cycles. Every cycle consist of four steps: planning, action, observation and reflection. The numbers of subjects are 35 college students of the first semester of 2016/2017 who attend basic physics 1 the lectures of Environmental Biology at the Faculty of Teacher Education UR. The instruments used are communication questionnaire and critical thinking ability test. The data collected through observation and post test in the end of the cycle. The result is analyzed in descriptive using percentage. The result showed that there was an increase of percentage in student's verbal communication ability 78.50% in cycle I to 84.25% in cycle II. Then, there was an increase in critical thinking ability from 53.83% in cycle I and 61.83% in cycle II. It can be concluded that application of problem based learning approach can cause the increase of verbal communication and critical thinking abilities in college students.

Keywords: Problem based learning, critical thinking

PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu pelajaran yang berkaitan erat dengan cara mencari tahu dan mempelajari fenomena serta gejala-gejala alam secara sistematis. Oleh karena itu, mata pelajaran fisika sangat baik untuk melatih dan meningkatkan kemampuan siswa dalam menalar, menganalisa dan berfikir kritis. Pentingnya penguasaan keterampilan komunikasi merupakan hal yang urgen dalam konteks pembelajaran, baik pada domein pendidikan di tingkat dasar maupun pendidikan perguruan tinggi. Hal ini menjadikan sektor pendidikan baik formal maupun non formal memegang peranan sangat penting dan strategis dalam

membangun suatu masyarakat berpengetahuan yang memiliki keterampilan: (1) melek teknologi dan media; (2) melakukan komunikasi efektif; (3) berpikir kritis; (4) memecahkan masalah; dan (5) berkolaborasi (Wahyono dan Pujiriyanto, 2010).

Menurut Rusiyanti (2009) berpikir kritis adalah merupakan suatu kemampuan mahasiswa untuk berpikir kompleks, menggunakan proses – proses berpikir mendasar berupa penalaran yang logis sehingga dapat memahami, menganalisis dan mengevaluasi serta dapat menginterpretasikan suatu argumen sesuai dengan penalarannya, sehingga dapat menentukan apa yang harus diyakini dan dilakukan

Beberapa penelitian telah menunjukkan penggunaan model *Problem Based Learning* dapat meningkatkan kemampuan berfikir kritis siswa, sebagaimana yang telah dibuktikan oleh Haobin Yuan,dkk (2008) yang telah berhasil meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada sarjana-sarjana muda keperawatan di Cina. Hal senada dikemukakan oleh Agnes Tiwari dkk (2006) yang mengatakan bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada perkembangan kemampuan berfikir kritis antara siswa yang mengikuti kelas *Problem Based Learning* (PBL) dan kelas reguler. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Sendaq dan Odabas pada tahun 2009 juga telah membuktikan keefektivitasan *Problem Based Learning* dalam meningkatkan kemampuan berfikir kritis (Alias Masek, 2011).

Berdasarkan beberapa data di atas peneliti menduga bahwa pembelajaran dengan model *Problem Based Learning* juga akan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada mata kuliah Fisika Dasar 1. Dengan *Problem Based Learning* diharapkan mampu menstimulasi mahasiswa sehingga mengembangkan kemampuan berfikir kritis mahasiswa tersebut dan dapat memberikan pemahaman terhadap pembelajaran fisika dasar 1 akan meningkat demi tercapainya hasil belajar mahasiswa menjadi lebih baik.

Pemecahan masalah merupakan fokus dalam pembelajaran sains, artinya sebelum mahasiswa belajar konsep , prinsip, teori dan hukum hukum sains maka terlebih dahulu mahasiswa harus melalui sesuatu yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Belajar pemecahan masalah pada hakikatnya belajar berfikir yaitu berpikir mengaplikasikan pengetahuan-pengetahuan yang telah diperoleh sebelumnya untuk memecahkan masalah-masalah baru yang belum pernah dijumpai.

Mata kuliah fisika dasar 1 merupakan salah satu mata kuliah wajib di jurusan Pendidikan MIPA, yang mana mata kuliah ini merupakan mata kuliah pada semester 1 yang wajib diambil oleh mahasiswa di Program Studi Pendidikan Biologi. Karakteristik materi kuliah yang perlu dipelajari untuk kelanjutan dari mata kuliah lainnya. Mata kuliah ini biasanya melakukan pembelajaran dengan diberikan tugas, bekerja secara berkelompok dan individu. Terkadang mahasiswa juga mengerjakan tugas membuat makalah kelompok dan diskusi yang kemudian dipresentasikan didepan kelas. Mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam mengkomunikasikan tugas secara tepat sesuai dengan tuntutan materi perkuliahan. Adapun kesulitan yang dihadapi mahasiswa dalam proses pembelajaran antara lain :

1. Dalam aspek keterampilan komunikasi dalam proses pembelajaran, mahasiswa cenderung kurang memperhatikan tata cara berkomunikasi yang efektif baik secara verbal/lisan maupun tulisan, sehingga produk yang dihasilkan mahasiswa hanya memenuhi kewajiban rutinitas tugas dari dosen dan kurang menggambarkan kemampuan berkomunikasi yang sesuai dengan tuntutan komunikasi ilmiah.

2. Dalam aspek keterampilan berpikir kritis, indikasi keterlibatan ketika mahasiswa

melakukan kegiatan diskusi tanya jawab dalam forum diskusi kelas. Sebahagian besar dari pertanyaan dan jawaban belum menggambarkan suatu kualitas berpikir kritis dalam memecahkan suatu permasalahan yang menjadi isu penting dalam topik bahasan. Hal ini mengakibatkan proses pembelajaran tidak maksimal dalam pemecahan masalah yang seharusnya didapatkan oleh dosen secara terencana.

Berdasarkan hasil studi awal diskusi bersama rekan sejawat, pengalaman penulis di jurusan PMIPA FKIP Universitas Riau dan juga sebagai dosen pengampu mata kuliah fisika dasar 1 dalam kegiatan proses perkuliahan ditemukan kesulitan dalam proses belajar - mengajar. Fenomena yang terjadi mengharuskan perlu dilakukan langkah perbaikan proses perkuliahan Fisika Dasar 1, disamping mahasiswa diharapkan mampu menguasai aspek konten materi perkuliahan juga aspek lain berupa keterampilan seperti komunikasi dan berfikir kritis merupakan hal yang urgen dalam mengembangkan kemampuan kompetensi perkuliahan tersebut.

A. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan keterampilan komunikasi mahasiswa pada mata kuliah fisika dasar 1 terutama berdiskusi dan presentasi dikelas masih belum maksimal dan terkesan tidak terstruktur dengan baik serta berfikir kritis mahasiswa belum optimal, maka perlu dikaji melalui penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah peningkatan keterampilan komunikasi mahasiswa melalui model Problem Based Learning?
2. Bagaimanakah peningkatan kemampuan berfikir kritis mahasiswa melalui model Problem Based Learning?

B. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan keterampilan mahasiswa dalam pemecahan masalah dan peningkatan kemampuan berpikir kritis dalam pemecahan masalah mahasiswa pendidikan biologi pada mata kuliah fisika dasar 1.

C. KONTRIBUSI PENELITIAN

Kontribusi yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan masukan untuk perbaikan proses pembelajaran khususnya mata kuliah fisika dasar 1 dalam upaya peningkatan kualitas proses pembelajaran di perguruan tinggi.
2. Setelah penelitian ini dilakukan diharapkan dapat melahirkan satu artikel ilmiah yang dimuat di Jurnal Terakreditasi Nasional dan satu Seminar Nasional.
3. Sebagai bahan masukan bagi para pendidik untuk mengembangkan keterampilan belajar dan hasilnya membuat bahan ajar dan artikel.

2. Kajian Literatur dan Pengembangan Landasan Teoritik

1. Komunikasi Efektif

Komunikasi merupakan terjemahan kata *communication* yang berarti perhubungan atau perkabaran. *Communicate* berarti memberitahukan atau berhubungan. Secara etimologis, komunikasi berasal dari bahasa latin *communicatio* dengan kata dasar *communis* yang berarti sama. Secara terminologis, komunikasi diartikan sebagai pemberitahuan sesuatu (pesan) dari satu pihak ke pihak lain dengan menggunakan suatu media.

Komunikasi sebagai pertukaran kompleks antara pikiran, gagasan, atau informasi baik verbal atau non verbal (Chitty, 2001, dalam Marquis, 2010). Nursalam (2007) menyatakan bahwa komunikasi merupakan suatu seni untuk menyusun dan menghantarkan suatu pesan dengan

cara yang mudah sehingga orang lain dapat mengerti dan menerima maksud dan tujuan pemberi pesan.

Jadi komunikasi adalah proses penyampaian pesan baik verbal dan non verbal yang dapat dimengerti orang lain sehingga mencapai maksud dan tujuan dari orang lain. Komunikasi dilakukan oleh pihak yang memberitahukan (komunikator) kepada pihak penerima (komunikan). Komunikasi efektif adalah komunikasi yang terjadi apabila sesuatu (pesan) yang diberitahukan komunikator dapat diterima dengan baik atau sama oleh komunikan, sehingga tidak terjadi salah persepsi.

1) Unsur unsur Komunikasi

Untuk dapat berkomunikasi secara efektif kita perlu memahami unsur-unsur komunikasi, antara lain:

- a. Komunikator, Pengirim (*sender*) yang mengirim pesan kepada komunikan dengan menggunakan media tertentu. Unsur yang sangat berpengaruh dalam komunikasi, karena merupakan awal (sumber) terjadinya suatu komunikasi.
- b. Komunikan, Penerima (*receiver*) yang menerima pesan dari komunikator, kemudian memahami, menerjemahkan dan akhirnya memberi respon.
- c. Media, Saluran (*channel*) yang digunakan untuk menyampaikan pesan sebagai sarana berkomunikasi. Berupa bahasa verbal maupun non verbal, wujudnya berupa ucapan, tulisan, gambar, bahasa tubuh, bahasa mesin, sandi dan lain sebagainya.
- d. Pesan, Isi komunikasi berupa pesan (*message*) yang disampaikan oleh Komunikator kepada Komunikan. Kejelasan pengiriman dan penerimaan pesan sangat berpengaruh terhadap kesinambungan komunikasi.
- e. Tanggapan, Merupakan dampak (*effect*) komunikasi sebagai respon atas penerimaan pesan. Diimplentasikan dalam bentuk umpan balik (*feed back*) atau tindakan sesuai dengan pesan yang diterima.

2. Berfikir Kritis

Menurut Buzzle (2005), berpikir kritis berbeda dengan berpikir biasa atau berpikir rutin. Berpikir kritis merupakan proses berpikir intelektual di mana pemikir dengan sengaja menilai kualitas pemikirannya, pemikir menggunakan pemikiran yang reflektif, independen, jernih dan rasional

Berpikir kritis juga berguna untuk mengekspresikan ide-ide. Pemikiran kritis memiliki peran penting dalam menilai manfaat ide-ide baru, memilih ide-ide yang terbaik, dan memodifikasinya jika perlu, sehingga bermanfaat di dalam melakukan pekerjaan-pekerjaan yang memerlukan kreativitas.

Proses pembelajaran setiap jenjang pendidikan seharusnya menitik beratkan pada pengembangan berpikir kritis siswa. Namun Corebima (2001) menengarai bahwa secara umum pembelajaran IPA, penalaran tidak pernah dikelola secara langsung terencana atau sengaja. Padahal seharusnya pemberdayaan berpikir kritis yang terkait dengan pembelajaran sains dilakukan sejak dini secara rutin dan dilaksanakan sebagai bagian yang utuh dalam pembelajaran.

Suatu kajian lain, Inch, *et al* (2009) mengemukakan bahwa berpikir kritis dapat membantu mahasiswa dalam mengkaji gagasan-gagasan yang rumit secara sistematis untuk dapat memahami permasalahan yang muncul atau implikasinya kelak. Sehingga merumuskan delapan elemen berpikir kritis yakni : Pertanyaan terhadap masalah (*Question at issue*),

tujuan (*purpose*), informasi (*information*), konsep (*concept*), asumsi (*assumption*), sudut pandang (*view of point*), interpretasi dan inferensi (*interpretation and inference*), terakhir adalah implikasi dan akibat (*implication and consequence*) seperti beliau jabarkan melalui Tabel.1

Tabel.1 Keterampilan Berpikir Kritis Model Inch

No	Aspek Fungsi Keterampilan Berpikir kritis	Indikator Berpikir kritis
1	Mempertanyakan sesuatu yang diperlukan (<i>Question at issue</i>)	Membuat pertanyaan berdasarkan fenomena atau data
2	Ada kebutuhan yang sesuai dengan tujuan atau hasil yang akan dicapai (<i>Purpose</i>)	a. Mengidentifikasi nilai-nilai b. Mendiskripsikan c. Menjelaskan d. Merumuskan
3	Adanya informasi yang sesuai sbagai bahan untuk mengembangkan gagasan dan mensintesa pemikiran baru (<i>Information</i>)	Menganalisis data atau permasalahan berdasarkan informasi yang ada
4	Konsep: pada teori, defenisi, aturan, hukum yang mengarahkan pikiran atau tindakan (<i>Concept</i>) Konsep memberikan dukungan pada keputusan –keputusan yang dibuat	a. Menjelaskan konsep dari materi bahasan c. Mendiskripsikan konsep d. Menjelaskan persamaan dan perbedaan e.Mengidentifikasi konsep
5	Asumsi : merupakan anggapan dasar yang tidak perlu dibuktikan kebenarannya (<i>Assumption</i>)	Membuat asumsi tentang suatu hal berdasarkan data fenomena
6	Sudut pandang dalam menalar atau berpikir yang melibatkan proses interpretasi dalam memahami sesuatu	Memberi sudut pandang tentang suatu hal berdasarkan data /fenomena dengan argumentasi yang logis.

	(<i>Point of view</i>)	
7	Interpretasi dan inferensi (<i>Interpretation and inference</i>)	Membuat interpretasi tentang suatu hal dan membuat kesimpulan (inferensi) berdasarkan data
8	Implikasi dan akibat –akibat (<i>Implication and Consequences</i>)	Menjelaskan implikasi hubungan fenomena Mendiskripsikan berbagai akibat fenomena.

Sumber : Inch E,*et al* (2009)

3. Strategi Pembelajaran Berbasis Masalah

Menurut Nurhadi (2004) bahwa pengajaran berbasis masalah (*problem-based learning*) adalah suatu pendekatan pengajaran yang menggunakan masalah dunia nyata sebagai suatu konteks bagi siswa untuk belajar tentang cara berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah serta untuk memperoleh pengetahuan dan konsep yang esensial dari materi pelajaran. Dalam hal ini, inti pembelajaran berbasis masalah adalah menggunakan masalah dunia nyata sebagai konteks bagi siswa untuk berpikir kritis dan pemecahan masalah.

Pendapat Moffit (dalam Umaedi, 2002) dalam pembelajaran berbais masalah, siswa terlibat aktif dalam penyelidikan untuk pemecahan masalah yang mengintegrasikan ketrampilan dan konsep dari berbagai isi materi pelajaran, mensintesa, dan mempresentasikan penemuannya kepada orang lain.

Salah satu model pembelajaran yang mengarah pada kemampuan berpikir kritis siswa adalah pembelajaran berdasarkan masalah (PBM) atau *Problem Based Learning* (PBL). Pembelajaran berdasarkan masalah dapat memotivasi siswa untuk melakukan investigasi dan pemecahan masalah pada situasi kehidupan nyata serta merangsang siswa untuk menghasilkan sebuah produk / karya. PBM dikembangkan untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis, memecahkan masalah, dan keterampilan intelektual. Asumsi utama dalam pembelajaran berbasis masalah yaitu bahwa permasalahan dijadikan sebagai pemandu, sebagai kesatuan dan alat evaluasi, sebagai contoh, dan sebagai sarana untuk melatih siswa.

Hipotesis Tindakan

Yang menjadi hipotesis tindakan dalam penelitian ini adalah :

1. Model PBL dapat meningkatkan ketrampilan komunikasi mahasiswa dalam pemecahan masalah pada perkuliahan Fisika Dasar 1 .
2. Model PBL dapat meningkatkan ketrampilan berfikir kritis mahasiswa dalam pemecahan masalah pada perkuliahan Fisika Dasar 1.

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Desain penelitian yang peneliti gunakan merujuk pada desain *action research* yang dikemukakan oleh Kemmis & Mc Taggart (1998) dan Zuber-Skeerrit (1996) dimana satu

putaran siklus terdiri dari beberapa langkah yaitu adalah : 1. Perencanaan 2. Pelaksanaan 3. Pengamatan 4. Evaluasi dan Refleksi

Penelitian dirancang menjadi dua siklus dengan tahapan pada masing – masing siklus adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan

Pada penelitian ini tahap perencanaan merupakan segala bentuk langkah persiapan dan rencana tindakan yang akan dilakukan dalam proses pembelajaran antara lain :

- a) Menyiapkan Perangkat pembelajaran seperti RKPP (Silabus) dan RP (SAP).
- b) Menyiapkan bahan ajar/ Hand -out /Modul
- c) Menyiapkan lembaran kerja mahasiswa
- d) Menyiapkan media pembelajaran/power point
- e) Menyiapkan dan menyusun instrumen penelitian, berupa lembaran observasi, tes kemampuan berpikir kritis, catatan lapangan.

2. Pelaksanaan

Pelaksanaan yang akan dilakukan pada pembelajaran mata kuliah fisika dasar 1 yang menggunakan pendekatan Problem Based Learning adalah :

- a. Pada tahap pertama dosen memberikan informasi berkaitan kegiatan dengan kegiatan materi fisika dasar 1 yang akan dijelaskan menggunakan strategi pembelajaran PBL. Kemudian mahasiswa dikelompokkan masing – masing kelompok terdiri dari 7 orang yang dipilih secara acak.
- b. Setiap mahasiswa dalam kelompok terlebih dahulu ditugaskan untuk membaca tentang permasalahan fisika dasar 1 yang akan dipelajari.
- c. Kemudian dosen memberikan lembar kerja kelompok pada setiap kelompok. Berupa masalah yang harus mereka selesaikan secara kelompok dengan menggunakan keterampilan komunikasi dan berpikir kritis.
- d. Mahasiswa bekerja sama, berdiskusi dan terlibat secara aktif dalam kegiatan belajar untuk menyelesaikan tugas kelompok dengan waktu yang ditentukan.
- e. Dosen menunjuk salah satu kelompok untuk mempresentasikan hasil pekerjaannya dan mahasiswa dari kelompok lain mengikuti sesi presentasi dengan memperhatikan bahasan materi diskusi dan ditunjuk salah seorang anggota kelompok untuk mengamati untuk mengamati menggunakan lembar observasi terhadap keterampilan komunikasi lisan.
- f. Pada masing – masing siklus, dosen memberikan satu topik permasalahan yang sama kepada setiap kelompok, kemudian dosen mengarahkan mahasiswa untuk menghubungkan pengalaman yang ada dengan permasalahan yang dihadapkan pada mahasiswa dengan tujuan untuk menemukan solusi pemecah masalah dengan beripikir kritis.

3. Pengamatan

Dilakukan selama proses belajar mengajar berlangsung, pada aspek keterampilan komunikasi, peneliti hanya memfokuskan pada aspek komunikasi lisan dilakukan ketika mahasiswa melakukan kegiatan presentasi dikelas dengan menggunakan keterampilan komunikasi lisan.

4. Evaluasi dan Refleksi

Pada evaluasi dilakukan analisis terhadap hasil pelaksanaan proses kegiatan pembelajaran, berupa data pencapaian kemampuan komunikasi belajar mahasiswa dan data hasil tes keterampilan berpikir kritis.

Berdasarkan pelaksanaan tahap observasi dan evaluasi sebelumnya, data yang diperoleh selanjutnya menjadi bahan refleksi bagi peneliti untuk perbaikan pembelajaran berikutnya (pada siklus II). Refleksi yang dilakukan dalam penelitian tindakan kelas ini adalah memikirkan ulang dan mencari serta menemukan kekurangan – kekurangan yang dilakukan

mulai dari tahap persiapan sampai pelaksanaan tindakan kelas. Refleksi dilaksanakan agar tidak terjadi kesalahan yang berulang pada tindakan kelas berikutnya.

A. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah :

1. Observasi

Dalam penelitian ini terdapat dua pedoman observasi yaitu observasi keterampilan komunikasi dan observasi kemampuan berfikir kritis. Observasi keterampilan komunikasi dibatasi pada aspek komunikasi lisan.

2. Angket/ Kuisisioner

Angket dibagikan pada mahasiswa berupa angket keterampilan komunikasi dan tes yang diberikan pada awal dan akhir siklus pembelajaran bertujuan untuk mengetahui peningkatan dan perbaikan keterampilan berkomunikasi selama proses setiap siklus pembelajaran. Adapun rubrik keterampilan komunikasi lisan mahasiswa ini mengandung tiga domein indikasi, antara lain:

- a. Kemampuan mengorganisasi bahan yang dipresentasikan
- b. Kontak mata
- c. Pengiriman atau penyampain informasi

Tabel.2

Rubrik Keterampilan Komunikasi Lisan Mahasiswa

Domain	Skor			
	4	3	2	1
<i>Organisasi</i>	Presentasi berisi urutan logis dan menyediakan penjelasan secara elaborasi yg jelas	Presentasi berisi urutan logis, namun tidak berhasil untuk menguraikan	Presentasi tidak mengikuti urutan logis penjelasannya melompat-lompat)	Presentasi terindikasi tidak logis urutan Informasi
<i>Kontak Mata</i>	Presenter jarang kembali ke catatan, Mempertahankan kontak mata dengan para peserta diskusi seluruhnya	Presenter mempertahankan kontak mata dengan sebagian besar peserta waktu diskusi tetapi sering kembali ke catatan	Presenter membaca sebagian laporan, namun kadang-kadang membuat kontak mata dengan	Presenter membaca seluruh catatan laporan, dan tidak ada kontak mata dengan peserta.

Domain	Skor			
	4	3	2	1
			peserta	
<i>Pengiriman pesan /penyampaian Informasi</i>	Presenter berbicara jelas dan keras cukup untuk semua peserta untuk dapat mendengar,tidak membuat kesalahan gramatikal,dlm mengucapkan semua kata-kata dengan tepat dan benar.	Presenter berbicara jelas dan keras cukup untuk didengar oleh sebagian besar peserta untuk mendengar, melakukan relatif sedikit kesalahan gramatikal, dan pengucapan kata-kata dengan benar	Suara presenter adalah relatif jelas, namun terlalu rendah untuk didengar oleh orang-orang di belakang ruangan. Presenter membuat beberapa kesalahan gramatikal, dan mispronounces beberapa istilah	Presenter bergumam, mispronounces ,dan membuat serius dan terjadinya kesalahan gramatikal seluruh tampilan presentasi. Presenter berbicara kurang jelas terlalu pelan suaranya untuk didengar oleh seluruh peserta.

(diadaptasi dari Student Learning Outcomes, Oversight Committee spring 2012-fall 2013)

3. Instrumen berupa tes pemecahan masalah.

Data hasil kemampuan keterampilan berpikir kritis diperoleh dari skor yang diperoleh mahasiswa setelah mengikuti tes pada setiap akhir siklus.

4. Dokumentasi

Dokumentasi diperoleh dari hasil kuisioner, daftar kelompok mahasiswa, perangkat pembelajaran, modul, foto-foto kegiatan proses pembelajaran.

B. Teknik Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan akan dianalisis. Analisis data dilakukan melalui tiga tahap, yaitu reduksi data, paparan data, dan penyimpulan.

a. Data Aspek keterampilan komunikasi lisan

Data yang diperoleh dari lembar observasi, diolah dengan cara menghitung frekuensi yang muncul terhadap aspek keterampilan tersebut. Data dikonversikan dalam bentuk prosentase, melalui rumus :

$$P = \frac{F}{N} \times 100 \% \quad (\text{Sugiyono.2011: 105}).$$

P = Persentase munculnya aspek keterampilan komunikasi lisan mahasiswa

F = Jumlah frekuensi skor indikator yang muncul yang memenuhi indikasi keterampilan

N = Jumlah total responden

Kemudian untuk mengetahui nilai skor rata-rata (*rating*) pencapaian keterampilan komunikasi lisan, menggunakan skala likert rentang 1 – 4 seperti dijelaskan pada Tabel.2 dibawah ini.

Tabel.3

Konversi rentang Skor skala Likert dan Kategori

Rentang skor dalam skala Likert	Rentang Skor (%)	Kategori
3,50 – 4,00	87,5 % - 100 %	Amat baik
3,00 - 3,49	75,0 % - 87,25 %	Baik
2,50 - 2,99	62,5 % - 74,75 %	Cukup baik
2,00 - 2,49	50,0 % - 62,25 %	Kurang baik
1,00 - 1,99	25 % - 49 %	Sangat kurang

b. Data Tes Kemampuan Berpikir kritis

Teknik pengolahan data yang dilakukan secara analisis diskriptif, selanjutnya dalam menentukan kemampuan berpikir kritis mahasiswa adalah dengan menggunakan persamaan:

$$SKB = \frac{\sum Sn}{N} \times 100$$

SKB = Skor daya serap kemampuan berpikir kritis

$\sum Sn$ = Jumlah perolehan skor jawaban yang benar

N = jumlah skor maksimal

Untuk mengetahui daya serap rata – rata dari mahasiswa rata –rata menggunakan persamaan:

Persentase daya serap klasikal

$$DSK = \frac{\text{jumlah siswa yang memperoleh nilai} \geq 65}{\text{jumlah mahasiswa}} \times 100\%$$

Kategori Skor yang diperoleh jika

85 % - 100 % Amat baik

70 % - 84 % Baik

50 % - 69 % Cukup baik

0 % - 49 % Kurang baik

(Diknas, 2006)

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan merupakan jenis penelitian tindakan kelas, yang bertujuan untuk memperbaiki proses pembelajaran pada mata kuliah Fisika Dasar 1 mahasiswa pendidikan biologi FKIP Universitas Riau. Dengan pendekatan kualitatif, merupakan alasan peneliti untuk dapat lebih jauh mengkaji dan menganalisis secara lebih konkret tentang permasalahan yang muncul di lapangan untuk dapat diperbaiki terutama dalam meningkatkan keterampilan komunikasi dan kemampuan berpikir kritis yang menjadi fokus obyek yang diteliti pada perkuliahan fisika dasar 1.

Adapun yang menjadi subjek penelitian adalah mahasiswa semester ganjil 2016/2017 yang mengikuti perkuliahan fisika dasar 1 program studi pendidikan biologi FKIP UR berjumlah 35 orang. Pertimbangan peneliti mengambil kelas tersebut sebagai subjek penelitian karena peneliti merupakan tenaga pendidik mata kuliah tersebut.

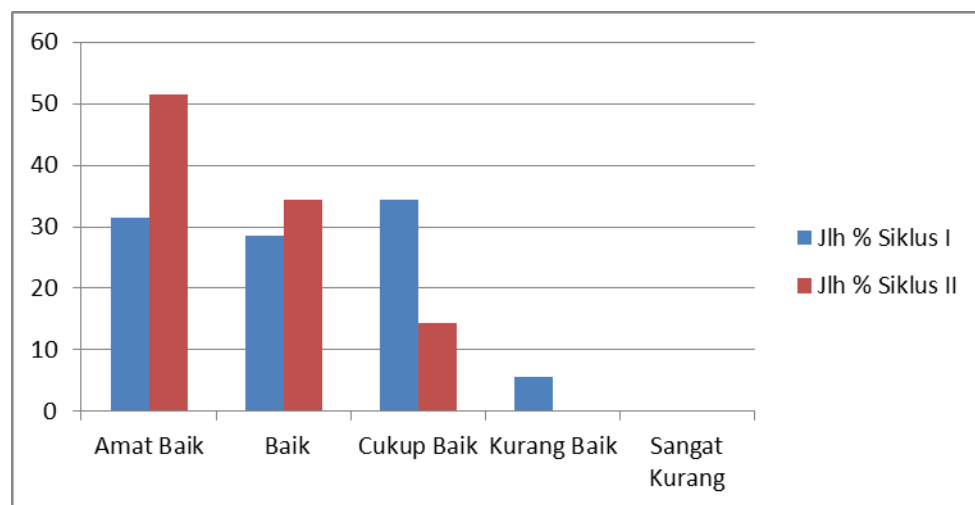
Instrumen penelitian yang digunakan berupa tes dan kuisioner pada siklus I dan II. Kuisioner digunakan untuk mengungkapkan data tentang keterampilan komunikasi lisan mahasiswa dalam melaksanakan proses pembelajaran pada mata kuliah fisika dasar 1. Data penelitian dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan penelitian tindakan kelas ini yang telah mengupayakan peningkatan terhadap 2 jenis keterampilan mahasiswa yang pada dasarnya merupakan keterampilan yang sangat membantu mereka dalam meningkatkan kualitas proses pembelajaran mereka selama ini yang hanya terfokus pada penguasaan materi perkuliahan. Adapun hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1) Hasil Observasi Keterampilan Komunikasi Lisan

Observasi keterampilan komunikasi lisan (*Oral communication skill*) dilakukan pada saat kegiatan presentasi diskusi kelas siklus I dan siklus II menggunakan lembar observasi keterampilan komunikasi lisan dan dilaksanakan oleh observer meliputi tiga domein komponen indikator keterampilan komunikasi yakni 1) Organisasi 2) Kontak mata 3) Pengiriman/penyampaian informasi. Untuk melihat secara keseluruhan hasil observasi pencapaian mahasiswa terhadap tiga domein komponen keterampilan ini apat dijelaskan melalui Gambar.4. 1 dibawah ini:



Gambar.4.2 Diagram Hasil Pencapaian Keterampilan Komunikasi Lisan Mahasiswa Pada Siklus I dan Siklus II

Dilihat dari gambar.1 diatas, setelah diadakan refleksi pada siklus II terjadi peningkatan pada keterampilan komunikasi lisan mahasiswa. Berdasarkan Tabel.4.1, rekapitulasi hasil skor yang dicapai dari tiga komponen keterampilan komunikasi lisan pada siklus I dapat diungkapkan bahwa prosentase jumlah mahasiswa yang menguasai keterampilan komunikasi lisan ketika mereka melaksanakan presentasi di depan kelas hampir separoh tergolong cukup baik, sedangkan pada siklus II dapat diungkapkan bahwa lebih dari separoh siswa yang menguasai keterampilan lisan dengan persentase 51,4 %.

Tabel.4.1 Hasil Observasi Keterampilan komunikasi dalam Komponen Mengorganisasikan materi pada Siklus 1 dan Siklus 2

Skor	Indikator Mengorganisasi (Organisation)	Siklus I		Siklus II		Peningkatan (%)
		F	%	F	%	
4	Presentasi berisi urutan logis dan menyediakan penjelasan secara elaborasi materi yang jelas	12	34,3	21	60,0	27,5
3	Presentasi berisi urutan logis, namun tidak berhasil untuk menguraikan/ mengelaborasi materi secara luas	19	54,3	12	34,3	20
2	Presentasi tidak mengikuti urutan logis (penjelasannya melompat-lompat)	4	11,4	2	5,7	5,7
1	Presentasi terindikasi tidak logis urutan informasi	-	-	-	-	-

Berdasarkan Tabel 4.1. yang menjelaskan tentang keterampilan komunikasi mahasiswa melalui kegiatan presentasi di depan forum diskusi kelas, diperoleh gambaran bahwa dalam melakukan kegiatan presentasi dan ketika mengorganisasikan materi yang akan disampaikan pada peserta forum, mahasiswa yang melakukan presentasi pada siklus I, meskipun materi yang disampaikan memiliki urutan yang logis atau sistematis materi yang cukup baik namun mereka belum mampu mengelaborasi materi dengan baik, terkesan terlalu terfokus pada konten yang dipaparkan pada *slide power point* dan kurang berupaya agar konten yang disampaikan lebih kreatif dan informatif. Namun, pada siklus II, mahasiswa sudah mampu lebih baik lagi dalam keterampilan berkomunikasi yang baik dan mengorganisasikan materi

karena telah dilakukan refleksi, terdapat peningkatan pada keterampilan komunikasi lisan dalam komponen mengorganisasikan sebanyak 27,5%.

Tabel.4.2. Hasil Observasi Keterampilan Komunikasi untuk Komponen Kontak mata (*Eye Contact*) pada Siklus I dan II

Skor	Indikator Kontak mata (<i>Eye contac</i>)	Siklus I		Siklus II		Peningkatan (%)
		F	%	F	%	
4	Presenter jarang kembali ke catatan, mempertahankan kontak mata dengan para peserta diskusi pada seluruh momen presentasi	6	17,1	10	28,6	10
3	Presenter mempertahankan kontak mata dengan sebahagian besar peserta pada waktu diskusi,tetapi sering kembali ke catatan	7	20,0	16	45,7	25,7
2	Presenter membaca sebahagian besar laporan, namun kadang-kadang membuat kontak mata dengan peserta	15	42,9	6	17,1	24,9
1	Presenter membaca seluruh nya dalam melaporkan hasil diskusi, tidak ada kontak mata dengan peserta.	7	20,0	3	8,6	11,4

Berdasarkan hasil evaluasi dan analisis yang dilakukan pada keterampilan komunikasi lisan diperoleh catatan mengenai kendala yang dihadapi mahasiswa dalam melaksanakan tugas presentasi untuk melaporkan hasil diskusi kelompok. Kendala yang dihadapi dan perlu dilakukan perbaikan adalah indikator komponen kontak mata. Pada siklus I, menunjukkan bahwa sebagian besar presentasi yang dilakukan mahasiswa masih terfokus pada kegiatan membaca *slide power point* dan kurang memperhatikan *audience*, sehingga materi laporan yang disampaikan kurang menguasai bahan materi yang disampaikan pada *audience*. Hal ini dikarenakan mahasiswa kurang percaya diri dari dalam diri mahasiswa untuk tampil di depan kelas dan merasa belum saling mengenal ketika awal masuk pada siklus I. Pada siklus II menjelaskan bahwa ada kecenderungan perbaikan pencapaian keterampilan mahasiswa dalam komponen kontak mata. Pada siklus II, hampir setengah dari mahasiswa selama presentasi yang dilakukan dengan penuh percaya diri, mempertahankan kontak mata dengan *audience* dan jarang kembali ke catatan *slide power point*, ini berarti terdapat peningkatan sebesar 10% dari kondisi sebelumnya dengan kategori amat baik.

Tabel 4.3. Hasil Observasi Keterampilan Komunikasi Lisan untuk Komponen Pengiriman/Penyampaian Informasi pada Siklus I dan II

Skor	Indikator	Siklus I		Siklus II		Peningkatan (%)
		F	%	F	%	
4	Presenter berbicara jelas dan keras cukup untuk semua peserta untuk mendengar, tidak membuat kesalahan gramatikal dan mengucapkan semua kata-kata dengan benar dan tepat.	10	28,6	14	40,0	11,4
3	Presenter berbicara jelas dan keras cukup untuk didengar oleh sebahagian besar peserta/audien, relatif sedikit melakukan kesalahan gramatikal umumnya pengucapan kata-kata dengan benar	20	57,1	18	51,4	5,7
2	Presenter bersuara relatif jelas, namun terlalu rendah untuk didengar oleh orang-orang yg duduk di belakang ruangan. Presenter juga membuat beberapa kesalahan gramatikal, dan mispronounces pada beberapa istilah	5	14,3	3	8,6	5,7
1	Presenter bergumam, mispronounces, dan membuat kesalahan gramatikal yang serius di seluruh presentasi Presenter berbicara kurang jelas terlalu pelan suaranya untuk didengar oleh seluruh peserta.	-	-	-	-	-

Berdasarkan Tabel 4.3. Pencapaian mahasiswa pada komponen keterampilan pengiriman/penyampaian informasi di siklus II, diperoleh gambaran bahwa terdapat hampir separoh (40%) mahasiswa yang tampil melaksanakan presentasi di depan kelas memiliki indikasi mampu berbicara dengan jelas, tepat dan benar serta tidak membuat kesalahan gramatikal ketika mengucapkan kata – kata sehingga dapat didengar dengan baik oleh seluruh *audience* forum diskusi. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan jumlah persentase mahasiswa sebesar 11,4 % jika dibandingkan hasil yang dicapai mahasiswa pada siklus I yakni sebesar 28,6%.

2) Hasil Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Setelah melalui proses pembelajaran yang terlaksana melalui dua siklus, kemampuan berpikir kritis mahasiswa mengalami peningkatan. Hal ini dapat di lihat melalui data hasil analisis keterampilan berpikir kritis seperti dijelaskan melalui Tabel.4 dibawah ini:

Tabel 4.4.

Perbandingan Perolehan Persentase Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Siklus I dan Siklus II

No	KATEGORI	Siklus 1		Siklus II		Peningkatan
		JLH	%	JLH	%	%
1	Amat Baik	1	2,9	14	40,0	37,1
2	Baik	7	20,0	9	25,7	5,7
3	Cukup Baik	18	51,4	10	28,6	22,8
4	Kurang baik	9	25,7	2	5,7	20,0
Jumlah Total		35	100	35	100	

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan bahwa keterampilan berpikir kritis mahasiswa memiliki banyak kendala meliputi komponen keterampilan berpikir kritis dan ini tergambar pada pencapaian hasil tes yang belum maksimal pada siklus I. hal ini dibuktikan dengan data yang terlihat pada Tabel 4.4. diatas bahwa mayoritas mahasiswa masih perlu bimbingan yang lebih maksimal dalam proses pembelajaran siklus berikutnya, peneliti sesungguhnya menyadari bahwa untuk melakukan kegiatan bimbingan yang dapat menghasilkan suatu keterampilan berpikir kritis yang maksimal membutuhkan latihan dan rentang waktu yang lama karena mengingat pada proses mengubah pola pikir kebiasaan individu mahasiswa tidak dapat dilakukan dalam waktu yang singkat. Keterbatasan waktu penelitian yang dilakukan mengharuskan peneliti merancang perbaikan secara tepat terutama pada komponen yang urgen untuk diperbaiki yang memiliki hasil tes yang rendah.

Tabel 4.5.

Perbandingan Skor Hasil Komponen Fungsi Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Pada Siklus I dan Siklus II

Komponen fungsi berpikir kritis	Siklus I			Siklus II		
	Jumlah	Prosentase (%)	Kategori	Jumlah	Prosentase (%)	Kategori
Mempertanyakan sesuatu masalah (Question at Issue)	13	37,1	Kurang Baik	23	65.7	Cukup Baik

Komponen fungsi berpikir kritis	Siklus I			Siklus II		
	Jumlah	Prosentase (%)	Kategori	Jumlah	Prosentase (%)	Kategori
Ada kebutuhan yang sesuai dengan tujuan atau hasil yang akan dicapai (<i>Purpose</i>)	10	28,6	Kurang Baik	21	60,0	Cukup baik
Adanya informasi yang sesuai sebagai bahan untuk mengembangkan gagasan dan mensintesa pemikiran baru (<i>Information</i>)	20	57,1	Cukup Baik	25	71,4	Baik
Konsep: pada teori, defenisi, aturan, hukum yang mengarahkan pikiran atau tindakan Konsep memberikan dukungan pada keputusan –keputusan yang dibuat (<i>Concept</i>)	13	37,1	Kurang Baik	21	60	Cukup Baik
Asumsi : merupakan anggapan dasar yang tidak perlu dibuktikan kebenarannya (<i>Assumption</i>)	9	25,7	Kurang Baik	20	57,1	Cukup baik
Sudut pandang dalam menalar atau berpikir yang melibatkan proses interpretasi dalam memahami sesuatu (<i>Point of view</i>)	8	22,9	Kurang Baik	18	51,4	Cukup baik
Interpretasi dan inferensi (<i>Interpretation and inference</i>)	11	31,4	Kurang Baik	19	54,28	Cukup baik
Implikasi dan akibat –akibat	12	34,3	Kurang	25	71,4	Baik

Komponen fungsi berpikir kritis	Siklus I			Siklus II		
	Jumlah	Prosentase (%)	Kategori	Jumlah	Prosentase (%)	Kategori
(<i>Implication and Consequences</i>)			Baik			

Berdasarkan Tabel 4.5. Kendala siklus I pada komponen pertanyaan terhadap masalah (*question at issue*) dimana mahasiswa diharapkan mampu merumuskan permasalahan yang mereka bahas melalui wacana yang mereka diskusikan secara berkelompok sebagai langkah awal dalam memecahkan masalah yang dihadapi namun kendala yang muncul adalah kemampuan mahasiswa mengidentifikasi masalah belum terwujud secara maksimal. Kemudian pada komponen identifikasi tujuan (*purpose*) yakni suatu keterampilan berpikir kritis dalam mengkaji permasalahan, apakah relevan antara tujuan dan hasil yang dicapai setelah melalui proses *problem based learning* yang dilakukan terhadap permasalahan tersebut. Dalam hal ini dari hasil tes menunjukkan bahwa sebahagian besar mahasiswa masih ragu menentukan dan mengidentifikasi tujuan yang tepat, penyebabnya adalah proses penyelidikan /inkuiri yang dilakukan belum terlaksana dengan baik dan terkesan tidak diperhatikan ketika pelaksanaan diskusi kelompok.

Pada komponen Informasi (*information*), merupakan komponen keterampilan berpikir kritis yang digunakan untuk menjawab pertanyaan atau permasalahan yang mereka kaji dalam diskusi, informasi yang relevan merupakan bahan untuk mengembangkan gagasan dan mensintesa pemikiran baru. Bahan informasi ini dapat berbentuk data statistik, fakta dari saksi mata, observasi individu, pengalaman serta sumber-sumber lain yang dapat membantu untuk menjawab pertanyaan (Paul dan Eder dalam Inch *et al*, 2009). Keterbatasan dalam menghimpun informasi yang relevan dari berbagai sumber merupakan faktor penyebab lemahnya keterampilan berpikir kritis mereka dalam menyelesaikan permasalahan, hal ini tergambar dengan hasil tes yang diperoleh hanya mencapai prosentase skor 57,1%.

Selanjutnya dalam komponen fungsi keterampilan berpikir kritis berbentuk konsep konsep (*concepts*) berupa teori definisi aturan dan hukum yang mengarahkan kerangka berpikir dan tindakan yang memberi dasar untuk mengambil suatu keputusan, merupakan komponen yang berkategori kurang baik yaitu 37,1%. Namun pada siklus II mahasiswa dapat melakukan peningkatan dengan prosentase sebesar 60%.

Pada fungsi keterampilan komponen asumsi (*assumptions*) merupakan fungsi keterampilan berpikir kritis yang bertujuan untuk kemampuan mahasiswa membuat anggapan dasar tanpa memerlukan pembuktian kebenarannya, dengan kemampuan membuat asumsi yang baik mahasiswa dapat membentuk alur garis pemikiran atau penalaran yang baik sebaliknya jika asumsi yang dibuat salah maka akan terjadi kekeliruan penalaran. Berdasarkan hasil evaluasi tentang kemampuan membuat asumsi ini ditemui kendala antara lain mahasiswa masih sulit membedakan antara membuat asumsi dengan membuat inferensi, sehingga muncul kesalahan persepsi dalam melakukan argumentasi ketika mereka

melaksanakan diskusi di forum kelas . Begitu juga dalam hal komponen sudut pandang (*point of view*) yang merupakan suatu kemampuan berpikir kritis dalam menginterpretasi suatu fenomena didasari oleh hasil cara berpikir, sikap dan pengalaman yang mereka alami, pengalaman dapat diperoleh dari hasil berdiskusi dengan teman dan referensi melalui bahan informasi yang mereka miliki. Kendala yang dihadapi mahasiswa umumnya kurangnya intensitas diskusi ketika melakukan tugas kelompok. Keterbatasan waktu dan faktor dominasi beberapa anggota kelompok menyebabkan kendala bagi anggota lain untuk meningkatkan kemampuan mereka dalam melatih kemampuan mengeluarkan gagasan yang didasari oleh sudut pandang (*point of view*) individu .

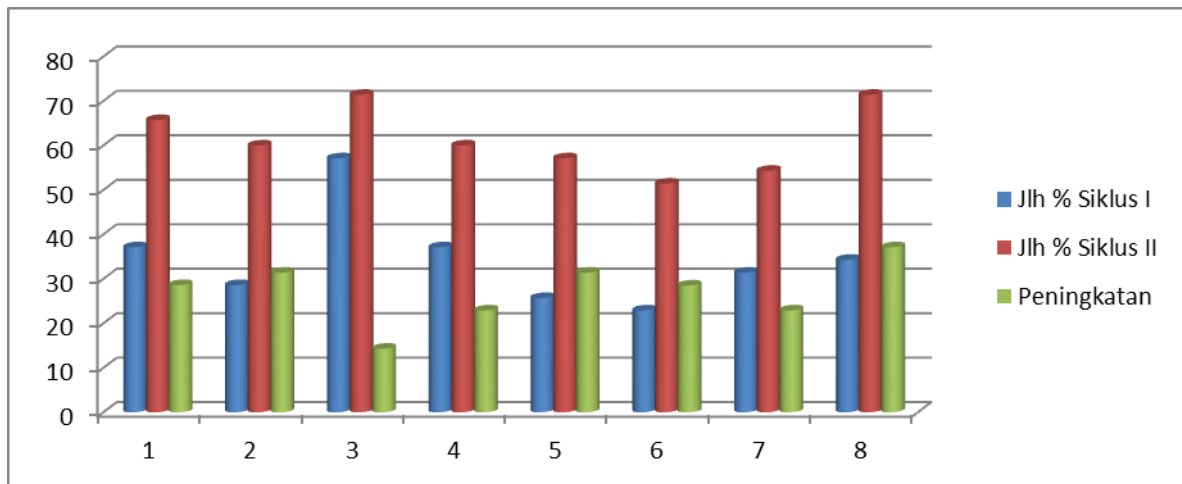
Dalam proses berpikir ketika menginterpretasi dan menginferensi suatu fenomena akan terbentuk apabila berhasil memadukan informasi , konsep asumsi, sudut pandang yang telah dimiliki kepada gagasan baru yang akan disampaikan, interpretasi diperlukan untuk memahami data sehingga dapat mengambil suatu kesimpulan. Pada komponen Asumsi (*asumption*) dan komponen sudut pandang (*point of view*) mendapatkan skor yang paling rendah diantara kedelapan komponen keterampilan berpikir kritis pada siklus I.

Setelah menarik suatu kesimpulan akan menghasilkan suatu implikasi dan konsekuensi (*implication and consequences*) sebagai hasil bernalar dan berpikir kritis. Kendala yang dihadapi mahasiswa ketika mereka menerapkan komponen ini adalah terbatasnya data informasi sebagai bahan rujukan yang relevan, sehingga interpretasi dan inferensi yang dibuat umumnya masih bersifat dangkal dan tidak menggambarkan suatu gagasan yang lebih informatif dan kompleks. Pada siklus II, komponen implikasi dan konsekuensi (*implication and consequences*) mendapatkan skor terbesar diantara kedelapan komponen keterampilan berpikir kritis lainnya sebesar 71,4%.

Berdasarkan Tabel 4. pada siklus I hanya 1 orang mahasiswa yang memiliki nilai dengan kategori amat baik dan hanya 7 mahasiswa (20%) yang memiliki nilai dengan kategori kurang baik, sedangkan pada siklus II terdapat 14 mahasiswa (40%) yang memiliki nilai dengan kategori amat baik dan hanya 2 mahasiswa yang mendapatkan nilai dengan kategori kurang baik.

Hal ini menunjukkan adanya peningkatan prosentase jumlah mahasiswa terhadap seluruh kategori hasil skor nilai keterampilan berpikir kritis mereka di siklus ke dua melalui pembelajaran *problem based learning*.

Hasil tindakan yang dilakukan peneliti yang dilakukan pada siklus II, ternyata cukup berkontribusi positif bagi kemampuan berpikir kritis mahasiswa sehingga adanya peningkatan keterampilan tersebut. Indikasi meningkatnya keterampilan berpikir kritis mahasiswa antara lain lebih aktifnya forum tanya jawab dalam diskusi serta makin terarahnya penyajian materi diskusi dan argumentasi yang digunakan peserta yang banyak menghasilkan gagasan baru. Perolehan hasil analisis dari tes keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada delapan komponen keterampilan berpikir kritis siklus I dan siklus II, dapat diperlihatkan melalui diagram pada Gambar 4.2 :



Gambar 4. 2. Diagram Peningkatan Skor Hasil Tes Ket Berpikir Kritis Pada Siklus I dan Siklus II

Keterangan :

Nomor komponen keterampilan berpikir kritis pada diagram (Gambar 4.3).

1. Mempertanyakan Masalah (*Question at Issue*)
2. Kebutuhan akan tujuan hasil (*Purpose*)
3. Informasi (*Information*)
4. Konsep (*Concept*)
5. Asumsi (*Assumption*)
6. Sudut Pandang (*Point of view*)
7. Interpretasi dan inferensi (*Interpretation and Inference*)
8. Implikasi dan konsekuensi (*Implication and Consequence*)

KESIMPULAN

Simpulan yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan pada mahasiswa pendidikan biologi FKIP Universitas Riau pada mata kuliah fisika dasar 1 ini adalah terjadi peningkatan keterampilan komunikasi dan berpikir kritis mahasiswa dalam proses pembelajaran menggunakan pendekatan *problem base learning*. Hal ini terjadi karena siswa telah melalui beberapa tahapan dalam proses penelitian tindakan kelas yang telah dilakukan peneliti. Evaluasi dan refleksi yang dilakukan membuat siswa dapat memperbaiki cara belajar, sehingga sebagian besar dari jumlah mahasiswa telah memiliki keterampilan dalam berkomunikasi lisan secara efektif dan memiliki keterampilan berpikir kritis dalam memecahkan masalah yang diberikan.

Penelitian tindakan kelas ini merupakan upaya alternatif bagi proses peningkatan kualitas pendidikan khususnya pada perguruan tinggi. Berbagai keterampilan belajar yang seharusnya dimiliki mahasiswa seperti keterampilan komunikasi dan berpikir kritis kurang mendapat perhatian khusus bagi dunia pendidikan kita. Evaluasi belajar yang dilakukan selama ini masih didominasi pada kemampuan kognitif, sehingga kemampuan mahasiswa serta keterampilan-keterampilan yang justru dipakai dalam proses pembelajaran mereka kurang diperhitungkan. Penelitian ini diharapkan mampu memberi inspirasi bagi kita semua bahwa banyak hal yang perlu dibenahi terutama bagaimana suatu proses pembelajaran di

kelas memberi peluang sebesar-besarnya bagi peserta didik untuk mengembangkan berbagai kemampuan mereka terutama dalam mengelola informasi, berkomunikasi yang efektif dan berpikir kritis agar dapat membantu kelancaran proses pendidikan mereka dan dapat pula mereka gunakan dalam kehidupan sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

Alias Masek. 2011. *The Effect of Problem Based Learning on Critical Thinking Ability: A Theoretical and Empirical Review*. International Review of Social Sciences and Humanities Vol.2, No.1 (2011), pp. 215-221 ISSN 2248-9010 (Online), ISSN 2250-0715 (Print). Faculty of Technical and Vocational Education, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.

Arikunto, S. 2008. *Penelitian Tindakan Kelas*. Jakarta: Bumi Aksara.

Corebima, A.D. 2005. Pengukuran Kemampuan Berpikir kritis. *Makalah disampaikan pada Pelatihan dan Lokakarya PBMP (Pemberdayaan Berpikir kritis Melalui Pertanyaan) bagi Para Guru dan Mahasiswa Sains Biologi dalam Rangka RUKK VA*. 25 Juni 2005 di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang

Cottrell S. 2005. *Critical thinking skills: Developing effective analysis and argument*. Houndmills, Basingstoke, Hampshire, RG21 6XS, England: Macmillan Publishers Limited.

Devi Dias Sari. 2012. Penerapan Model *Problem Based Learning (PBL)* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Pada Pembelajaran IPA Kelas VIII SMP Negeri 5 Sleman. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.

Haobin Yuan dkk. 2008. *Promoting Critical Thinking Skills Through Problem Based Learning*. Journal of Soc.Sci. and Human Vol. 2(2) 2008. Chiang Mai University. China (diakses 22 September 2015)

Jonner Hasugian. 2008. Urgensi Literasi Informasi dalam Kurikulum Berbasis Kompetensi di Perguruan Tinggi. *Jurnal Studi Perpustakaan dan Informasi*, 4 (2), 38-43

Kelly J, Hokanson B 2009. *Study guides and strategies: Reading critically*. Interactive Media (DHA 4384) School of Design, University of Minnesota. www.studygs.net/crtthk.html (diakses 10 November 2016)

Moeleong, L, J . 2007. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: Remaja Rosdakarya.

Mc Taggart, R. 1991. *Action Research*. Melbourne: Deakin University Press.

PENINGKATAN KETERAMPILAN LITERASI INFORMASI, KOMUNIKASI, DAN HASIL BELAJAR MELALUI PENDEKATAN SAINTIFIK. PERKULIAHAN SEJARAH FISIKA MAHASISWA FKIP UNIVERSITAS RIAU

Zuhdi M, Muh Nor

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UnivRiau

E-Mail : Zuhdim @Yahoo.co.id

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan peningkatan kemampuan Literasi Informasi komunikasi lisan mahasiswa melalui pendekatan saintifik . Penelitian ini adalah Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang dilakukan dalam dua siklus. Setiap siklus terdiri dari empat langkah: perencanaan, tindakan, pengamatan, dan refleksi. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa semester genap 2015/2016 yang mengikuti perkuliahan Sejarah Fisika program studi pendidikan Fisika FKIP UR dengan jumlah 40 orang. Instrument pengumpul data penelitian adalah angket Literasi Informasi lembar observasi komunikasi dan tes hasil belajar . Data penelitian dikumpulkan melalui pengamatan dan pemberian tes hasil belajar diakhir siklus. Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif menggunakan persentase. Hasil analisis data diperoleh gambaran terjadinya peningkatan prosentase daya serap rata-rata mahasiswa pada kemampuan literasi informasi yakni pada siklus I adalah 70,0 % dengan kategori cukup baik , siklus II adalah 85,5 % dengan kategori baik .Kemampuan komunikasi lisan meningkat dari 78,50 % pada siklus I menjadi 85,46 % pada siklus II.Selanjutnya dalam hasil belajar mahasiswa terjadi peningkatan prosentase daya serap rata-rata yakni dari 53,83 % pada siklus I menjadi 61,83% pada siklus II. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penerapan pendekatan Saintifik dapat mengakibatkan terjadinya proses peningkatan kemampuan literasi informasi, komunikasi lisan dan hasil belajar dalam perkuliahan Sejarah Fisika mahasiswa semester genap 2015/2016 program studi pendidikan fisika FKIP Universitas Riau.

Key word : Literasi Informasi, komunikasi , pendekatan Saintifik.

PENDAHULUAN

Sejarah Fisika merupakan mata kuliah yang memiliki karakteristik membutuhkan kemampuan mahasiswa dalam menggali sumber informasi secara terintegrasi dari berbagai sumber informasi baik digital maupun non digital serta kemampuan mengkomunikasikan informasi tersebut secara baik. Persoalan di lapangan muncul ketika peneliti menemukan adanya mahasiswa yang mengalami kesulitan dalam upaya menemukan informasi secara tepat sesuai dengan tuntutan materi perkuliahan,kemudian kesulitan dalam berkomunikasi ketika kegiatan berdiskusi baik didalam kelompok maupun di forum diskusi kelas. Hal

demikian mengakibatkan kurang maksimal hasil belajar rata rata mahasiswa seperti pada kegiatan perkuliahan semester sebelumnya semester genap tahun 2014/2015, dengan daya serap rata-rata 65,0 % . Selanjutnya lebih jauh berdasarkan hasil refleksi peneliti yang dilakukan sebelumnya terhadap mata kuliah tersebut pada mahasiswa tahun akademis 2014/2015 melalui survei terbatas tentang kemampuan literasi informasi, kemampuan komunikasi terhadap mata kuliah ini, terungkap bahwa sebahagian besar mahasiswa (68%) dalam mengerjakan tugas membuat karya tulis ilmiah individu maupun kelompok serta diskusi presentasi kelas menemukan beberapa kendala antara lain seperti kajian materi diskusi yang disajikan

perkuliahan Sejarah Fisika cenderung terbatas pada topik materi bahasan dan tidak menggambarkan upaya yang lebih eksploratif terhadap keluasan dan kedalaman bahasan materi, hal ini dikarenakan faktor keterbatasan kemampuan mahasiswa untuk mengakses informasi secara efektif, meskipun 95% mereka menggunakan media internet untuk mengakses informasi mencari sumber literatur dan dapat mereka lakukan secara tak terbatas namun hasil yang diperoleh tidak menggambarkan kemampuan literasi informasi yang sesuai tatanan literasi informasi yang harus mereka kuasai di perguruan tinggi. Hal ini disebabkan mereka belum memiliki keterampilan dalam memilih dan memilah informasi relevan yang dapat menunjang penguasaan materi yang menjadi topik kajian.

Kemudian dalam aspek kemampuan keterampilan komunikasi dalam pembelajaran, baik secara lisan maupun tertulis, mahasiswa cenderung kurang memperhatikan tata cara berkomunikasi yang efektif sehingga produk yang dihasilkan mahasiswa hanya memenuhi kewajiban rutinitas tugas dari dosen dan kurang menggambarkan kemampuan berkomunikasi yang sesuai dengan tuntutan komunikasi ilmiah. Faktor penyebab dominan adalah lemahnya keterampilan berkomunikasi secara lisan di forum diskusi presentasi.

pendekatan Santifik pada perkuliahan Sejarah Fisika 2). Untuk mendiskripsikan proses peningkatan Selanjutnya konsep pendidikan moderen memiliki peranan sangat penting dan strategis dalam membangun suatu masyarakat berpengetahuan yang mampu menghadapi tantangan globalisasi ,dan disinilah peranan perguruan tinggi sebagai ujung tombak untuk mewujudkan suatu generasi berkualitas yang berkarakteristik memiliki berbagai keterampilan antara lain : (1) teknologi informasi (2) melakukan komunikasi efektif; (3) berpikir kritis; (4) memecahkan masalah; dan (5) berkolaborasi. (Pumphrey.Slater,2002: 17), Penggunaan pendekatan Sainifik untuk meningkatkan penguasaan mahasiswa terhadap dua keterampilan tersebut merupakan fokus tujuan yang ingin dicapai penelitian ini

Keterampilan literasi informasi di perguruan tinggi pada umumnya berdasarkan paradigma dalam ruang lingkup keterampilan mencari, menemukan, dan menggunakan informasi, yang lebih mengarah pada keterampilan teknis Kemudian Kuhlthau (1988) memberikan sudut pandang yang tidak jauh berbeda, yaitu bahwa literasi informasi lebih mengarah ke *functional literacy*, yang mencakup kemampuan membaca dan menggunakan informasi dalam kehidupan sehari-hari, termasuk mengetahui suatu informasi yang diperlukan dan menelusuri informasi untuk mengambil keputusan yang tepat. Sedangkan Jan Olsen dan Coons dalam Behrens (1994) memandang literasi informasi dengan cakupan yang lebih luas. Mereka

mendefinisikan literasi informasi sebagai pemahaman peran dan kekuatan informasi, yakni : memiliki kemampuan untuk menemukan, memanggil ulang informasi; mempergunakannya dalam pengambilan keputusan; serta memiliki kemampuan untuk menghasilkan serta memanipulasi informasi dengan menggunakan proses elektronik. Selanjutnya Chin Y,C (2001) menjelaskan bahwa peranan literasi informasi bagi mahasiswa antara lain :

- 1). Literasi informasi sangat penting untuk kesuksesan belajar seumur hidup.
- 2). Literasi informasi merupakan kompetensi utama dalam era informasi.
- 3). Literasi informasi memberi kontribusi pada perkembangan pengajaran dan pembelajaran.

Literasi informasi pada perguruan tinggi pada hakekatnya bermanfaat dalam pembelajaran sepanjang hayat yang akan menjadi dasar dalam pekerjaan dan karier di masa yang akan datang. Lebih lanjut menurut Gunawan (2008) kemampuan keterampilan komunikasi lisan mahasiswa dalam pemecahan masalah melalui pendekatan Saintifik pada

Hasil analisis permasalahan dan penyebab permasalahan yang terjadi mengharuskan perlu dilakukan langkah perbaikan proses perkuliahan Sejarah Fisika , disamping mahasiswa diharapkan mampu menguasai aspek konten materi perkuliahan juga aspek lain berupa ketrampilan seperti literasi

informasi dan komunikasi, merupakan hal yang urgen dalam mengembangkan kemampuan kompetensi perkuliahan tersebut. Kompetensi mahasiswa dalam mengikuti perkuliahan tidak terlepas dari paradigma implementasi Kurikulum Berbasis Kompetensi di perguruan tinggi sebagaimana diatur dalam Surat Keputusan Menteri Pendidikan Nasional no 232/U/2000 dan SK no 045/U/2002 serta UU.no 20 Sisdiknas 2003

Salah satu upaya alternatif perbaikan yang dapat dilakukan peneliti adalah berupaya meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam literasi informasi, berkomunikasi melalui pendekatan saintifik didasari pertimbangan bahwa pendekatan ini memberi tantangan mahasiswa dalam memecahkan berbagai persoalan bagaimana memperoleh informasi dan mengkomunikasikannya secara maksimal agar lebih bermakna sesuai dengan anjuran Lawson (1995), bahwa suatu proses pembelajaran itu akan lebih bermakna jika dimulai dengan pemberian pertanyaan atau masalah yang sifatnya menantang tentang suatu fenomena, kemudian menugaskan peserta didik untuk melakukan suatu aktifitas, memusatkan pada pengumpulan dan penggunaan bukti, bukan sekedar penyampaian informasi secara langsung dan penekanan pada hal yang bersifat hapalan. Lebih lanjut Lawson (1995) menyarankan bahwa proses pengajaran sains lebih menekankan pada prinsip sebagaimana alur sains itu bekerja (*teach science as science is done*).

Rumusan masalah yang dicari jawaban melalui penelitian ini adalah 1). Bagaimanakah proses peningkatan kemampuan keterampilan literasi informasi mahasiswa melalui pendekatan Saintifik pada perkuliahan Sejarah Fisika 2). Bagaimanakah proses peningkatan kemampuan keterampilan komunikasi lisan mahasiswa melalui pendekatan Sanitifik pada perkuliahan Sejarah Fisika 3). Bagaimanakah proses peningkatan hasil belajar kemampuan

keterampilan berpikir kritis mahasiswa melalui pendekatan Santifik pada perkuliahan Sejarah Fisika

Adapun tujuan yang akan dicapai pada kajian dari penelitian ini adalah 1) Untuk mendiskripsikan proses peningkatan keterampilan literasi informasi mahasiswa dalam pemecahan masalah melalui

literasi informasi bagi dunia perguruan tinggi merupakan suatu keharusan karena dibutuhkan dalam mengimplementasikan kurikulum berbasis kompetensi yang juga mengharuskan peserta didik untuk memanfaatkan sumber informasi dalam berbagai format agar proses pembelajaran dapat terlaksana dengan efektif

The Big6 adalah model literasi informasi yang dikembangkan oleh Michael B. Eisenberg dan Robert E. Berkowitz pada tahun 1987 (Gunawan, 2008). Menurut model ini literasi informasi terdiri dari enam keterampilan dan dua belas langkah, dimana setiap keterampilan terdiri dari dua langkah. Adapun keenam keterampilan tersebut adalah seperti berikut:

Tabel 1. : Model Keterampilan Literasi Informasi The Big 6.

6 Keterampilan	12 Langkah
1. Perumusan Masalah	1.1. Merumuskan masalah
	1.2 Mengidentifikasi yang diperlukan
2. Strategi Pencarian Informasi	2.1 Menentukan sumber
	2.2 Memilih sumber terbaik
3. Lokasi dan Akses Informasi	3.1. Mengalokasi sumber secara intelektual dan fisik
	3.2. Menemukan informasi di dalam sumber
4. Pemanfaatan Informasi	4.1. Membaca, mendengar, meraba..dsb
	4.2. Mengekstraksi informasi yang relevan
5. Sintesis	5.1. Mengorganisasi informasi dari pelbagai sumber
	5.2. Mempresentasi

informasi tersebut

6.1. Mengevaluasi hasil (efektivitas)

6.2. Mengevaluasi proses (efisiensi)

6. Evaluasi

Model literasi informasi The Big 6, merupakan model yang menjadi rujukan dalam penelitian ini.

2. Komunikasi dalam Pembelajaran

Keterampilan komunikasi, menurut Miftah (2009) ditinjau dari aspek kegiatan proses pendidikan, bahwa dalam suatu proses komunikasi akan melibatkan dua komponen manusia, yakni pengajar sebagai komunikator dan pelajar sebagai komunikan. Efektifitas keterampilan komunikasi dalam proses pembelajaran mahasiswa/pelajar, disamping ditentukan oleh suatu perencanaan strategi pembelajaran oleh pengajar juga ditentukan oleh upaya mereka sendiri untuk berpartisipasi aktif dalam setiap proses pembelajaran yang mereka alami. Lebih lanjut Miftah menyatakan bahwa dalam proses pembelajaran peran komunikasi kelompok dalam bentuk diskusi dapat berlangsung efektif, disebabkan oleh dua hal yakni : (a) materi yang didiskusikan meningkatkan intelegualitas, (b) komunikasi dalam diskusi bersifat *intra communication* dan *inter communication*. *Intra communication* atau intrakomunikasi bermakna adalah komunikasi yang terjadi pada diri seseorang dengan dirinya sendiri sebagai persiapan untuk melakukan *intercommunication* dengan orang lain

Berdasarkan kajian lebih mendalam oleh lembaga pengembangan komunikasi pendidikan *Student Learning Outcomes* yang dirilis melalui *Oversight committee spring 2012*, bahwa pengembangan keterampilan komunikasi dapat dilakukan oleh sekolah dengan mengembangkan kemampuan keterampilan komunikasi verbal/lisan peserta didik. Dalam konteks berkomunikasi secara lisan terdapat tiga komponen yakni :

- (1) Mengorganisasi pesan informasi yang akan disampaikan pada audien, menyangkut bagaimana pesan tersebut tertata dengan logis serta menyediakan penjelasan secara elaborasi.
- (2) Kontak mata, dimana penyampai pesan senantiasa mempertahankan kontak mata dengan peserta agar pesan yang disampaikan menjadi lebih efektif.
- (3), Pengiriman/penyampaian informasi oleh pembicara hendaklah menggunakan bahasa dengan pengucapan yang tepat dan jelas serta vokal yang cukup keras sehingga mudah didengar oleh semua peserta .

3. Pendekatan Saintifik

Proses pembelajaran dapat dipadankan dengan suatu proses ilmiah. Pendekatan ilmiah diyakini sebagai titian emas perkembangan dan pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik. Dalam pendekatan atau proses kerja yang memenuhi kriteria

ilmiah, para ilmuwan lebih mengedepankan penalaran induktif (*inductive reasoning*) dibandingkan dengan penalaran deduktif (*deductivereasoning*).

Dalam pendekatan atau proses kerja yang memenuhi kriteria ilmiah, para ilmuwan lebih mengedepankan penalaran induktif (*inductive reasoning*) dibandingkan dengan penalaran deduktif (*deductivereasoning*).

Penalaran deduktif melihat fenomena umum untuk kemudian menarik simpulan yang spesifik. Sebaliknya, penalaran induktif memandang fenomena atau situasi spesifik untuk kemudian menarik simpulan secara keseluruhan.

Penalaran induktif menempatkan bukti-bukti spesifik ke dalam relasi idea yang lebih luas. Metode ilmiah umumnya menempatkan fenomena unik dengan kajian spesifik dan detail untuk kemudian merumuskan simpulan umum.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian tindakan kelas, yang dilaksanakan dengan dua siklus. Masing-masing siklus terdiri dari tiga pert memperbaiki proses pembelajaran pada mata kuliah Sejarah Fisika mahasiswa pendidikan Fisika FKIP Universitas Riau Pekanbaru. Dengan pendekatan kualitatif, merupakan alasan peneliti untuk dapat lebih jauh mengkaji dan menganalisis secara lebih konkret tentang permasalahan yang muncul di lapangan untuk dapat diperbaiki terutama dalam meningkatkan kemampuan literasi informasi, komunikasi dan hasil belajar yang menjadi fokus obyek yang diteliti pada perkuliahan Fisika lingkungan. Adapun subyek penelitian ini adalah mahasiswa semester genap 2015/2016 yang mengikuti perkuliahan Sejarah Fisika program studi pendidikan Fisika FKIP UR dengan jumlah 40 orang. Data pada penelitian ini diperoleh dari hasil observasi, hasil wawancara, dan hasil belajar siswa. Sedangkan sumber datanya adalah mahasiswa, peneliti, dan teman sejawat. Teknik pengumpulan data selama penyusunan laporan penelitian tindakan kelas menggunakan teknik tes, wawancara, dan observasi. Sedangkan teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dengan menggunakan teknik persentase. Selanjutnya, dilakukan penafsiran terhadap hasil analisis tersebut yang disajikan secara naratif. Sedangkan, data hasil wawancara serta catatan lapangan yang jenis datanya berupa pernyataan-pernyataan juga dianalisis secara kualitatif menggunakan analisis logis, yaitu dengan menyusun data tersebut secara naratif dan sistematis sehingga dapat ditarik simpulan secara logis (Japa, 1999). Selanjutnya, simpulan diambil berdasarkan hubungan logis yang terjadi antara hasil analisis tes tulis, observasi, wawancara, dan catatan lapangan. dari sumber.

PEMBAHASAN

Pelaksanaan penelitian tindakan kelas ini yang telah mengupayakan peningkatan terhadap dua jenis keterampilan mahasiswa yang pada dasarnya merupakan keterampilan yang sangat membantu mereka dalam meningkatkan kualitas proses pembelajaran mereka yang selama ini hanya banyak terfokus pada penguasaan materi perkuliahan.

Berbagai keterampilan yang bersifat life skill kurang terakomodasi secara maksimal dalam kurikulum pendidikan kita baik ditingkat dasar,tingkat menengah bahkan perguruan tinggi.

Hal ini disebabkan sistem kurikulum pendidikan kita belum memberi ruang yang tepat tentang bagaimana menerapkan dan mengembangkan berbagai aspek keterampilan pembelajaran yang justru diperlukan oleh peserta didik untuk digunakan dalam kehidupan nyata mereka sehari-hari.

Kelemahan sistem pada kurikulum pembelajaran tersebut juga dialami oleh seluruh institusi pendidikan di dunia dan diakui oleh UNESCO, dan lebih jauh sistem pembelajaran pada kurikulum ini mereka sebut sistem kurikulum konvensional abad 20, mengingat pesatnya perkembangan teknologi dunia di era digital sehingga muncul gagasan agar dunia menerapkan sistem pembelajaran yang menekankan berbagai bentuk keterampilan belajar yang relevan dengan perkembangan teknologi seperti keterampilan komunikasi, literasi informasi, pemecahan masalah, berpikir kritis, kolaborasi, Interpersonal yang disebut sebagai keterampilan belajar abad ke 21. Menurut Dede (2009), bahwa dalam menerapkan proses pembelajaran pada sistem konvensional, pengetahuan dipisahkan dari keterampilan dan disajikan sebagai kebenaran yang diwahyukan, bukan sebagai pemahaman yang ditemukan dan dibangun oleh peserta didik.

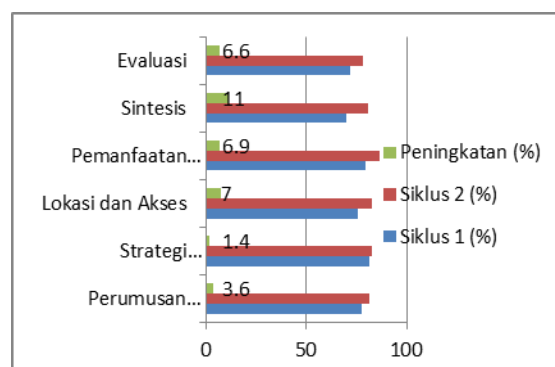
Pemisahan ini menghasilkan siswa belajar data yang hanya berhubungan topik bukannya belajar bagaimana untuk lebih jauh memahami hal dunia nyata secara kontekstual hadir di sekitar mereka sebagai suatu asimilasi informasi.

Adapun hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

a. Peningkatan Keterampilan Literasi Informasi Mahasiswa Siklus I dan Siklus II.

Berdasarkan hasil analisis skor rata-rata kelas perbandingan kemampuan mahasiswa terhadap enam langkah kompetensi literasi informasi pada siklus I dan siklus II, diperoleh peningkatan kemampuan sebesar 5,8%. Meskipun peningkatan kemampuan keterampilan literasi informasi terjadi tidak terlalu besar (5,8%), namun secara kualitatif telah terjadi perubahan sikap dan cara pandang mahasiswa terhadap proses pemanfaatan teknologi dalam memperoleh informasi yang berkualitas. Mahasiswa sudah mulai memahami bahwa untuk menemukan suatu sumber informasi yang tepat harus melalui suatu proses penelusuran yang tepat pula.

Secara lebih rinci data analisis perbandingan skor rata-rata kelas dari enam langkah kompetensi keterampilan literasi informasi dapat disajikan melalui diagram pada Gambar 1.

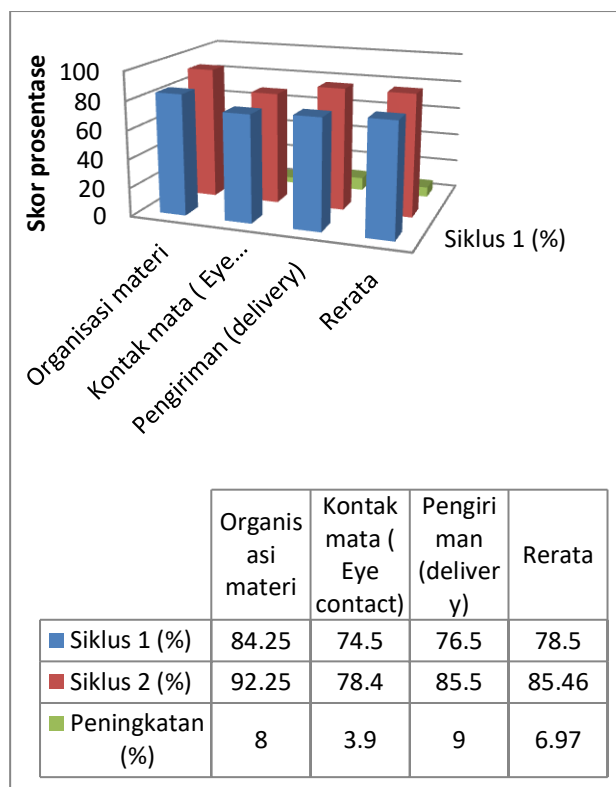


Gambar 1: Hasil Pencapaian Keterampilan Literasi Informasi Mahasiswa pada siklus 1 dan siklus II

Diagram pada Gambar 1, menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan keterampilan literasi mahasiswa dari siklus 1 ke siklus II, diindikasikan adanya perolehan selisih prosentase skor rata-rata di enam langkah kompetensi keterampilan. Peningkatan terbesar dialami pada prosentase skor rata-rata aspek langkah kompetensi keterampilan **sintesis** yakni sebesar 11 %, hal ini bermakna bahwa setelah mahasiswa berhasil menemukan informasi dari berbagai sumber, dalam rentang proses penerapan Sainifik dari mulai siklus I hingga berakhir di siklus II, mereka mengalami kemajuan terbesar dalam mengorganisasikan informasi dari berbagai sumber untuk dijadikan suatu sumber informasi yang baru dan bermanfaat sehingga mereka mampu pula mempresentasikan atau mempublikasikannya kepada forum diskusi kelas. Kemudian diikuti aspek kompetensi keterampilan lokasi dan akses 7%, evaluasi mengalami peningkatan sebesar 6,6 %, perumusan masalah 3,6 % dan peningkatan yang terkecil terdapat pada komponen keterampilan strategi pencarian informasi 1,4 %. Secara keseluruhan semua aspek langkah keterampilan tersebut mengalami peningkatan dari skor rata-rata 70 % dengan katagori cukup pada siklus I menjadi 85,5 % dengan katagori baik pada siklus II, dengan peningkatan sebesar 15,5 % ,Peningkatan dapat terjadi disebabkan tindakan yang dilakukan melalui proses pembelajaran menerapkan pendekatan saintifik berdampak positif terhadap peningkatan keterampilan literasi informasi mahasiswa . karena dalam pendekatan Sainifik terdapat kaitan fungsional kegiatan pembelajaran dengan kegiatan keterampilan literasi informasi yang pada esensi nya kegiatan meliputi mengkaji masalah realistik, tugas terbuka , pemikiran tingkat tinggi, pembinaan metakognitif, *self-regulated learning*, *self-assessment*, kerja kelompok, Interdisipliner, dapat digunakan berbagai tingkatan kelas pendidikan (Chamberlin & Moon, 2002).

b. Peningkatan Keterampilan Komunikasi Lisan Siklus I dan Siklus II.

Selanjutnya jika dilihat pencapaian keterampilan komunikasi lisan mahasiswa berdasarkan komponen keterampilan tersebut dapat digambarkan melalui grafik pada Gambar 2:



Gambar 2. Diagram Batang Hasil Keterampilan Komunikasi Lisan Berdasarkan Komponen Keterampilan pada Siklus I dan Siklus II

Hasil penelitian menunjukkan melalui prose yg terjadi pada kegiatan perkuliahan melalui pendekatan saintifik ada peningkatan daya serap rata kemampuan komunikasi lisan mahasiswa sebesar sebesar 6,97 % proses .hal ini tidak terlepas dari latihan mereka dalam berkomunikasi melalui presentasi ketika berdiskusi di kelas.

c. Peningkatan hasil belajar kognitif.

Tabel : Peningkatan Hasil Belajar Kognitif Siswa

Hasil Belajar Kognitif	Siklus I	Siklus II	Peningkatan	Ket
Rata-rata	53,83	61,83	8,00	Meningkat

Hasil belajar kognitif diukur melalui tes yang dilakukan pada setiap akhir siklus. Soal tes akhir siklus terdiri dari soal uraian dengan jenjang kognitif yang berbeda. Berdasarkan hasil tes yang dilakukan pada penelitian ini diperoleh bahwa hasil belajar kognitif siswa mengalami peningkatan dari siklus I dan siklus II. Hasil belajar kognitif siswa mencapai rerata daya serap 53,83 % Pada siklus II sebesar 61,83% berarti ada peningkatan sebesar 8 %. Peningkatan hasil belajar kognitif mahasiswa ini mengindikasikan bahwa menerapkan pendekatan saintifik

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan rumusan masalah dan pembahasan yang telah diuraikan , maka kesimpulan yang dapat diambil peneliti adalah sebagai berikut.

1. Secara keseluruhan dengan pendekatan Santifik yang diterapkan dalam proses pembelajaran mata kuliah Sejarah Fisika , mengakibatkan terjadinya proses peningkatan keterampilan Literasi Informasi mahasiswa.
2. Secara keseluruhan dengan pendekatan Sainifik yang diterapkan dalam proses pembelajaran mata kuliah Fisika lingkungan, mengakibatkan terjadinya proses peningkatan pada keterampilan komunikasi lisan mahasiswa.
3. Secara keseluruhan dengan pendekatan Sainifik yang diterapkan dalam proses pembelajaran mata kuliah Fisika lingkungan, mengakibatkan terjadinya proses peningkatan pada hasil belajar kognitif mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- American Library Association. 1989. "Presidential Committee on Information Literacy : Final Report." www.ala.org/acrl/legalis.html - 69k akses 10 Januari 2013.
- Arismundar, W. 2003. "Komunikasi Dalam Pendidikan". Makalah *Apresiasi dan Pengabdian Guru Besar dan Dosen Senior*, Departemen Teknik Mesin ITB. 27 September 2003. pp 9-12.
- Arends, R.I. 2008. *Learning to Teach*. New York: McGraw-Hill.
- Arikunto, S. 2008. *Penelitian Tindakan Kelas*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Association of College and Research Libraries.(ACRL).2000. " Information Literacy Competency Standards for Higher Education . <http://www.ala.org/content/NavigationMenu/ACRL/Standard> and *Guidelines/Information Literacy Competency Standards for Higher Education.htm.*; diakses 23 April 2013.
- Behrens, Shirley J. 1994. "A Conceptual Analysis and Historical Overview of Information Literacy." *College & Research Libraries* 56 : 309 – 322.
- Brotosiswoyo,B 2000. "Hakekat Pembelajaran Fisika di Perguruan Tinggi", dalam *Hakekat Pembelajaran MIPA dan Kiat Pembelajaran Fisika di Perguruan Tinggi*. Jakarta: PAU-UT
- Chan Yuen Chin, Mandy. 2001. "Rethinking Information Literacy – A Study of Hong Kong University Students. available at : [www.cite.hku.hk/events/citers2003/Archive/MSc_presentation/MandyChan CITERS03.ppt](http://www.cite.hku.hk/events/citers2003/Archive/MSc_presentation/MandyChan/CITERS03.ppt) , pp 1-8. diakses 25 April 2013.
- Dede, Chris .2009. " A Comparative Framework 21st Century skill " available at: <http://www.21stcenturyskills.org> diakses 10. Mei 2013.

Duldt-Batley BW. 1997. Coaching Winners: How to teach Critical Thinking. in Critical Thinking across the Curriculum Project , Longview Community College. Lee's Summit. Missouri

Davis, Phil. 1996. Information Literacy: From Theory and Research to Developing an Instructional Model.: <http://www.mannlib.cornell.edu/~pmd8/literacy/html.kses> 20 April 2013.

DISAIN LABORATORIUM VIRTUAL MELALUI ICT PADA MATA PELAJARAN FISIKA SMA

Masril, Hidayati, Yenni Darvina
FMIPA Universitas Negeri Padang
E-mail : masril_qch@yahoo.com¹⁾

ABSTRACT

One of the problems found in the implementation of the curriculum of 2013 is not all competency skills can be performed well. Therefore, to overcome these problems, virtual laboratory designed to improve the mastery of concepts of physics. One of the design objectives virtual laboratory is to improve the quality of education and learning in physics in high school. The method used in this study is a research method development four D model with the definition phase , design phase , development phase, and dissemination phase. Research has reached the stage of development and has been tested valid specialist. The instrument used in the research is a questionnaire consisting of: 1) the material substance; 2) The display of visual communication; 3) instructional design; 4) the use of software; and 5) Linguistic. The results obtained to test the validity in general has been very good category (85.6), so that the design of virtual labs designed can already be used in high school.

Keywords: Curriculum 2013, the virtual laboratory, the quality of education

PENDAHULUAN

Untuk meningkatkan mutu pendidikan, secara umum sudah banyak dilakukan secara intensif indikator-indikator peningkatan mutu pendidikan diantaranya peningkatan kompetensi guru melalui pelatihan, pengadaan buku dan alat pelajaran, pengadaan dan perbaikan sarana dan prasarana pendidikan, dan peningkatan mutu manajemen sekolah. Namun demikian, berbagai indikator mutu pendidikan yang dilakukan belum menunjukkan peningkatan kualitas yang berarti. Gejala umum yang tampak adalah tidak adanya peningkatan yang berarti nilai Ujian Nasional (UN) dari tingkat SD sampai tingkat SMA (Diknas, 2010). Masih rendahnya nilai UN terutama dalam mata pelajaran fisika yang diperoleh siswa disebabkan oleh pemahaman konsep yang kurang baik.

Dalam belajar fisika ada dua aspek yang tidak terpisahkan, yaitu fisika sebagai produk (pengetahuan fisika yang berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori) dan fisika sebagai proses (kerja ilmiah). Oleh sebab itu, pembelajaran fisika harus memperhatikan karakteristik ilmu fisika sebagai proses dan produk (BSNP, 2006).

Pada kenyataannya upaya yang dilakukan pemerintah dalam membenahi sistem pendidikan di Indonesia masih menghadapi banyak persoalan. Salah satu di antara persoalan itu adalah rendahnya mutu lulusan pendidikan di Indonesia, baik di tingkat Sekolah Dasar,

Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama, Sekolah Menengah Umum bahkan Perguruan Tinggi. Hasil penelitian tentang penilaian motivasi belajar level internasional yang dilakukan oleh Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) melalui Programme for International Student Assessment (PISA) pada tahun 2012 menunjukkan bahwa Indonesia berada pada peringkat ke-64 dari 65 negara untuk skor sains dan matematika, hal ini menunjukkan bahwa kompetensi sains yang dimiliki siswa masih rendah sehingga perlu adanya peningkatan agar kualitas pendidikan di Indonesia dapat meningkat.

Salah satu penyebab rendahnya prestasi siswa dalam pembelajaran adalah terbatasnya sarana laboratorium pada sekolah menengah di Indonesia, padahal kegiatan laboratorium merupakan suatu keharusan untuk membangun pembelajaran bermakna pada diri siswa. Laboratorium berfungsi sebagai tempat untuk menguji, meneliti dan membuktikan teori yang ada, terkadang dalam lingkungan sekolah keadaan laboratorium belum memadai sarana dan prasarannya. Berdasarkan hasil observasi yang penulis lakukan di sekolah-sekolah Menengah Tingkat Atas (SMA) di Kota Padang diperoleh hasil bahwa sebagian besar sekolah tidak punya fasilitas praktikum yang lengkap untuk menunjang pelaksanaan kurikulum 2013 sehingga banyak materi yang harus dipraktikkan tidak dilakukan kegiatan praktikum, akibatnya banyak konsep pembelajaran yang terabaikan. Berdasarkan pengalaman peneliti dalam penelitian hibah bersaing tahun 2015, ditemukan beberapa kelemahan pembelajaran di sekolah, diantaranya ketika Lembar Kerja Siswa (LKS) untuk praktikum sudah dirancang sesuai dengan tuntutan kurikulum, ternyata praktikum tidak bisa dilaksanakan karena tidak adanya sarana praktikum yang tersedia.

Secara teoritis, proses pembelajaran di kelas maupun di laboratorium mencakup dalam mengembangkan tiga ranah yaitu kognitif, afektif dan psikomotor. Untuk mencapai tiga ranah tersebut dibutuhkan keseimbangan antara penyampaian teori dan kegiatan praktikum. Terutama dalam materi tertentu, praktikum sangat dibutuhkan. Hal tersebut dapat terjadi karena kegiatan di kelas hanya dapat menilai ranah kognitif sedangkan pelaksanaan praktikum dapat mencakup penilaian dalam ranah afektif dan psikomotorik siswa. Kegiatan di dalam kelas dan di laboratorium dalam proses pembelajaran merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan karena saling berkaitan antara satu dengan yang lain untuk mencapai tujuan dalam pembelajaran tersebut. Disamping itu sebagian besar konsep fisika bersifat abstrak sehingga sulit untuk dipahami secara langsung.

Dalam menangani masalah tersebut, peran guru sangat diperlukan, karena guru merupakan *agent of change*. Oleh karena itu dibutuhkan berbagai strategi dan inovasi pembelajaran untuk menanggulangi ketidakmemadainya sarana dan prasarana laboratorium tanpa harus meninggalkan pencapaian ranah kognitif, afektif dan psikomotor tersebut.

Oleh sebab itu, untuk mengatasi kendala dalam kegiatan praktikum dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah dengan pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), yang ditunjang dengan penggunaan komputer sebagai perangkat TIK, misalnya eksperimen semu (virtual lab). Meskipun virtual lab bukan kegiatan yang sesungguhnya, tetapi siswa dapat melakukan praktikum seperti praktikum sesungguhnya. Virtual laboratory (virtual lab) merupakan salah satu proses pembelajaran berbasis TIK yang dapat dijadikan sebagai solusi alternatif pembelajaran dengan metode praktikum. Virtual lab sudah banyak dikembangkan, contoh yang sudah banyak digunakan adalah yang dikembangkan oleh University of Colorado, yaitu Physics Education Technology (PhET). Di

dalam PhET terdapat simulasi yang bersifat teori dan percobaan yang melibatkan pengguna secara aktif. Pengguna dapat memanipulasi kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan eksperimen, sehingga selain dapat membangun konsep, PhET juga dapat digunakan untuk memunculkan keterampilan proses sains.

Oleh sebab itu, dalam rangka melaksanakan kurikulum 2013 di SMA dan untuk memenuhi tuntutan kurikulum, penulis tertarik untuk merancang laboratorium virtual melalui ICT untuk mata pelajaran fisika SMA.

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pendekatan Keterampilan Proses

Keterampilan proses adalah salah satu metode pengajaran yang menekankan pada bagaimana bahanpelajaran itu diajar-kan dan dipelajari (Tabrani dalam Soegeng, 2000:67). Menurut Soegeng (2000:68) dalam belajar keterampilan proses, peserta didik harus aktif. Belajar keterampilan tidak dapat dipisahkan dengan belajar konsep. Keduanya merupakan garis kontinu. Belajar konsep menekankan pada penghayatan konsep sedangkan keterampilan proses menekankan pada perolehan dan pemahaman fakta dan prinsip. Belajar keterampilan proses tidak mungkin terjadi jika tidak ada materi atau bahan yang dipelajari. Sebaliknya, belajar konsep tidak akan terjadi jika tidak ada keterampilan proses pada tiap peserta didik yang belajar. Suryosubroto (2009:60-62) menguraikan secara luas dan operasional langkah-langkah keterampilan proses, yaitu:

1. Perumusan Tujuan, Kegiatan ini untuk mengarahkan siswa pada pokok permasalahan agar siswa siap, baik secara mental, emosional, maupun fisik. Kegiatan ini antara lain berupa:
 - a. Pengulasan langsung pengalaman yang pernah dialami siswa atau guru.
 - b. Pengulasan bahan pengajaran yang pernah dipelajari sebelumnya.
 - c. Kegiatan-kegiatan yang menggugah dan mengarahkan perhatian siswa antara lain meminta pendapat, menunjukkan gambar, slide, atau benda lain.
2. Proses Belajar Mengajar. Proses belajar mengajar hendaknya selalu mengikutkan siswa secara aktif guna mengembangkan kemampuan siswa, antara lain kemampuan mengamati, menginterpretasikan, meramal kan, mengaplikasikan konsep, merencana kan dan melaksanakan penelitian, serta mengkomunikasikan hasil penelitian.
 - a. Pengamatan adalah penggunaan indra secara optimal dalam rangka memperoleh informasi secara memadai. Pengamatan bertujuan untuk melakukan pengamatan yang terarah tentang gejala atau fenomena tertentu.
 - b. Interpretasi hasil pengamatan yang bertujuan untuk menyimpulkan hasil pengamatan yang telah dilakukan berdasarkan pola hubungan antara hasil pengamatan yang satu dengan yang lainnya
 - c. Peramalan, hasil interpretasi kemudian digunakan untuk meramalkan atau memperkirakan kejadian yang belum diamati atau akan diamati.
 - d. Aplikasi konsep adalah menggunakan konsep yang telah dipelajari dalam situasi baru atau dalam penyelesaian masalah.
 - e. Perencanaan penelitian yang bertolak pada seperangkat pertanyaan untuk menguji kebenaran hipotesis tertentu.
 - f. Pelaksanaan penelitian bertujuan agar siswa lebih memahami pengaruh variabel yang satu dengan variabel yang lain.
 - g. Komunikasi bertujuan mengkomuni kasikan proses dan hasil penelitian kepada berbagai pihak yang berkepen-tingan, baik dalam bentuk kata-kata, grafik, bagan, maupun tabel, secara lisan atau tertulis.

Berdasarkan uraian di atas, pendekatan keterampilan proses adalah metode yang berorientasi pada cara belajar siswa aktif dan proses penemuan sains melalui serangkaian aktivitas yang menitik beratkan pada keterampilan siswa untuk menemukan konsep.

2.2 Laboratorium Virtual (*Virtual Laboratory*)

Dalam menerapkan pendekatan proses, maka laboratorium merupakan salah satu untuk proses penemuan sains melalui serangkaian aktivitas. Penemuan-penemuan sains dilakukan melalui eksperimen di laboratorium. Fisika merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari perilaku dari fenomena/gejala yang ada di alam dalam lingkup ruang dan waktu. Dalam mengungkap fenomena/gejala alam diperlukan rangkaian proses penelitian seperti pengamatan dan pengukuran. Oleh sebab itu ilmu fisika juga disebut sebagai ilmu eksperimental. Eksperimen atau praktikum adalah kegiatan untuk mengamati, menguji dan membuktikan teori sehingga didapatkan pengembangan teori secara ilmiah.

Dengan sebutan ilmu eksperimental maka kedudukan praktikum dalam pembelajaran fisika menjadi sangat penting. Salah satu alasan adalah karena sebagian besar konsep fisika bersifat abstrak sehingga sulit untuk dipahami secara langsung. Adanya praktikum memungkinkan pemahaman konsep menjadi lebih mudah dan peserta didik dapat belajar untuk melakukan penyelidikan dan mengumpulkan bukti-bukti dari berbagai sumber, mengembangkan penjelasan dari data, dan berkomunikasi serta mempertahankan kesimpulan (NSTA, 2004: 1).

Pelaksanaan praktikum juga terkait dengan tujuan pembelajaran fisika sebagai proses, yaitu meningkatkan keterampilan berpikir peserta didik sehingga mereka tidak hanya mampu dan terampil dalam bidang psikomotorik, melainkan juga mampu berpikir sistematis, objektif, dan kreatif (Gunawan & Liliyasi, 2012). Sesuai dengan tuntutan kurikulum 2013, yang menetapkan salah satu kompetensi inti adalah kelompok keterampilan. Kompetensi ini menekankan pada proses pembelajaran ilmiah yang berguna bagi pembentukan keterampilan peserta didik.

Kegiatan praktikum fisika di tingkat SMA diarahkan pada suatu pembuktian, pemahaman, dan penerapan dari konsep, hukum atau teori fisika yang dipelajari. Namun demikian tidak semua percobaan dapat dilakukan secara langsung di laboratorium, karena topik-topik itu banyak yang abstrak, seperti dalam fisika modern, energy, dan lain sebagainya. Selain mahalnya peralatan praktikum, rancangan praktikum langsung juga sulit dilakukan karena konsepnya yang abstrak. Padahal konsep fisika yang abstrak perlu memanfaatkan kegiatan praktikum untuk mempermudah peserta didik dalam memahami konsep tersebut.

Alternatif solusi yang mulai dikembangkan untuk mengatasi permasalahan di atas adalah memanfaatkan komputer sebagai media informasi dalam kegiatan pembelajaran. Termasuk juga dalam kegiatan praktikum. Komputer dapat digunakan untuk memodifikasi praktikum dan menampilkan praktikum lengkap dalam bentuk virtual, terutama untuk konsep fisika yang abstrak (Gunawan & Liliyasi, 2012).

Praktikum dengan menggunakan komputer disebut dengan *virtual laboratory*. *Virtual laboratory* adalah serangkaian alat-alat laboratorium yang berbentuk perangkat lunak (*software*) komputer berbasis multimedia interaktif, yang dioperasikan dengan komputer dan dapat mensimulasikan kegiatan di laboratorium seakan-akan pengguna berada pada

laboratorium sebenarnya (Imron, 2012). Sedangkan menurut Budhu (2002: 2) *virtual laboratory* objek multimedia interaktif yang kompleks dan termasuk bentuk digital baru, dengan tujuan pembelajaran implisit atau eksplisit.

Dengan adanya *virtual laboratory* kesulitan peserta didik dalam memahami konsep fisika dan kesulitan guru dalam merancang praktikum fisika dapat diatasi. *Virtual laboratory* juga meminimal kan biaya dalam pengadaan alat dan bahan praktikum. Penjelasan lebih detail tentang manfaat *virtual laboratory* diberikan oleh Farreira (2010) di bawah ini.

- 1) Mengurangi keterbatasan waktu, jika tidak ada cukup waktu untuk mengajari seluruh peserta didik di dalam laboratorium hingga mereka paham.
- 2) Mengurangi hambatan geografis, jika terdapat peserta didik yang lokasi tempat tinggalnya jauh dari sekolah.
- 3) Ekonomis, tidak membutuhkan bangunan laboratorium, alat-alat dan bahan-bahan seperti pada laboratorium konvensional.
- 4) Meningkatkan kualitas eksperimen, karena memungkinkan untuk diulang untuk memperjelas keraguan dalam pengukuran di laboratorium.
- 5) Meningkatkan efektivitas pembelajaran, karena peserta didik akan semakin lama menghabiskan waktunya untuk praktikum secara berulang-ulang,
- 6) Meningkatkan keamanan dan keselamatan, karena tidak berinteraksi dengan alat dan bahan yang nyata.

Sedangkan kelemahan dalam pemanfaatan *virtual laboratory* adalah:

- 1) Peserta didik harus terkoneksi internet atau menggunakan komputer untuk menjalankan simulasi suatu praktikum.
- 2) Kurangnya pengalaman di laboratorium nyata, sehingga terjadi kebingungan peserta didik dalam merangkai dan mengoperasikan alat di *virtual laboratory*.
- 3) *Virtual laboratory* tidak memberikan pengalaman praktikum secara nyata.

Melalui pembelajaran praktikum dengan memanfaatkan *virtual laboratory* diharapkan proses pembelajaran fisika menjadi lebih menarik dan interaktif sehingga berakibat pada peningkatan proses berpikir dan hasil belajar fisika peserta didik. Dengan demikian, perkembangan teknologi informasi membantu upaya pembangunan kemajuan dunia pendidikan.

Dengan adanya *virtual laboratory* kesulitan peserta didik dalam memahami konsep fisika dan kesulitan guru dalam merancang praktikum fisika dapat diatasi.

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan termasuk dalam penelitian pengembangan (*Research and Development (R & D)*) karena penelitian pengembangan terdiri dari 3 komponen besar yaitu adanya Model Pengembangan, Prosedur Pengembangan, dan Uji Coba Produk..

Model R & D yang digunakan dalam *pengembangan* laboratorium virtual adalah model 4-D (*four D model*). Menurut Thiagarajan (1974) tahap-tahap penelitian pengembangan yang dilakukan adalah pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*development*), dan penyebaran (*dessiminate*).

3.2 Objek Penelitian

Sebagai objek dalam penelitian yang dilakukan adalah perangkat laboratorium virtual yang disusun dalam bentuk LKS. LKS ini divalidasi oleh para ahli di bidang masing-masing sebanyak lima orang.

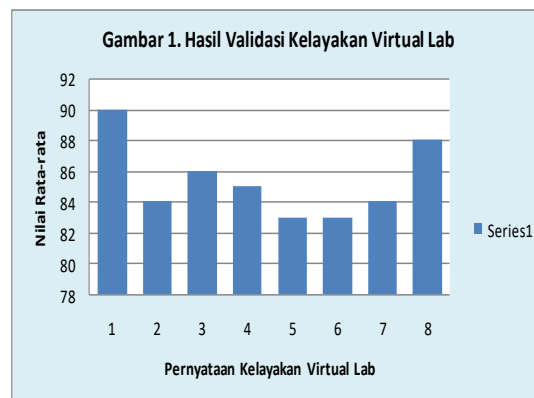
3.3. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian adalah melalui angket yang terdiri dari lima indikator yaitu kelayakan isi, penggunaan bahasa, penyajian, kegrafisan, dan produk laboratorium virtual yang dikembangkan. Data yang diperoleh dideskripsikan melalui grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

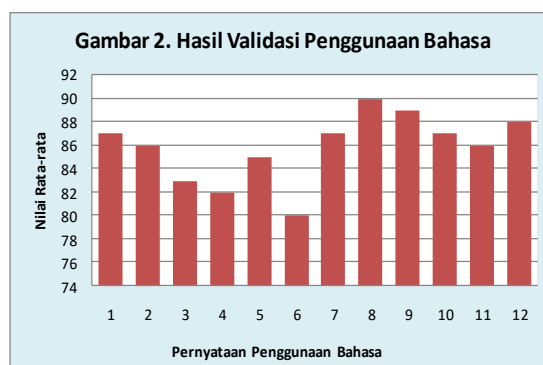
a. Hasil Validasi Indikator Kelayakan Isi

Hasil validasi laboratorium virtual untuk indikator kelayakan isi diperoleh dari nilai setiap pernyataan dari indikator yang terdiri dari 8 pernyataan yaitu : 1) kesesuaian materi dengan KI dan KD; 2) Kesesuaian dengan kebutuhan siswa; 3) kesesuaian dengan kebutuhan laboratorium virtual; 4) kebenaran substansi materi; 5) kesesuaian materi dengan kehidupan sehari-hari; 6) manfaat untuk penambahan wawasan pengetahuan; 7) kesesuaian latihan dan evaluasi dengan materi; 8) kesesuaian dengan nilai-nilai, moralitas, sosial. Hasil yang diperoleh dari setiap pernyataan indikator kelayakan di diplot pada gambar 1:



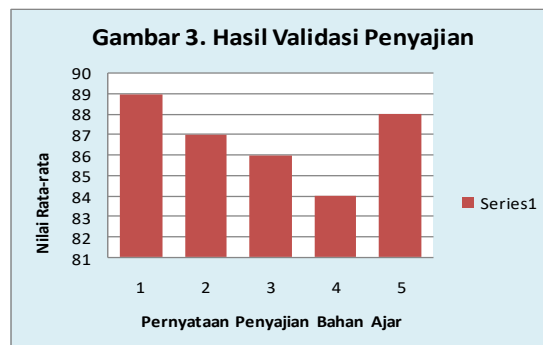
b. Hasil Validasi Indikator Penggunaan Bahasa

Hasil validasi virtual lab untuk indikator penggunaan bahasa diperoleh dari nilai setiap pernyataan dari indikator yang terdiri dari 12 pernyataan yaitu 1) keterbacaan, 2) kepadatan ide, 3) keindahan gaya bahasa, 4) penggunaan panjang pendeknya kalimat, 5) cara membangun kalimat, 6) cara membangun paragraf, 7) penggunaan tanda baca, 8) cara penulisan istilah-istilah fisika, 9) cara penulisan persamaan fisika, 10) cara penulisan judul tabel dan gambar, 11) kejelasan informasi, dan 12) penggunaan bahasa secara efektif dan efisien. Hasil yang diperoleh dari setiap pernyataan indikator penggunaan bahasa di diplot pada gambar 2:



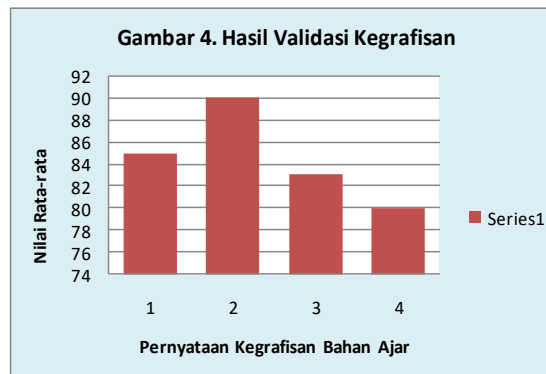
c. Hasil Validasi Indikator Penyajian Laboratorium Virtual

Hasil validasi Laboratorium Virtual untuk indikator penyajian diperoleh dari nilai setiap pernyataan dari indikator yang terdiri dari 5 pernyataan yaitu : 1) Kejelasan tujuan; 2) Urutan penyajian; 3) Pemberian motivasi; 4) Interaktivitas (stimulus dan respond); dan 5) Kelengkapan informasi. Hasil yang diperoleh dari setiap pernyataan indikator penyajian Laboratorium Virtual di diplot pada gambar 3.



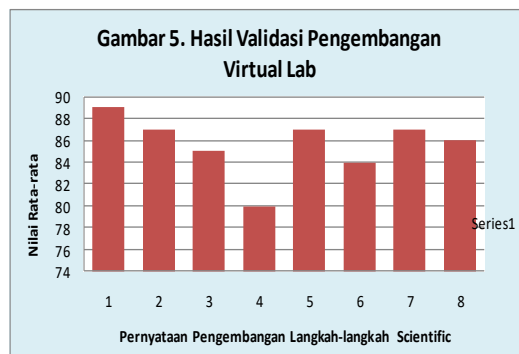
d. Hasil Validasi Indikator Kegrafisan Laboratorium Virtual

Hasil validasi Laboratorium Virtual untuk indikator kegrafisan diperoleh dari nilai setiap pernyataan dari indikator yang terdiri dari 5 pernyataan yaitu : 1) penggunaan font (jenis dan ukuran); 2) lay out, tata letak; 3) ilustrasi, grafis, gambar, foto; dan 4) desain tampilan. Hasil yang diperoleh dari setiap pernyataan indikator kegrafisan virtual lab di diplot pada gambar 4.



e. Hasil Validasi Indikator Langkah-langkah Laboratorium Virtual yang Dikembangkan

Hasil validasi Laboratorium Virtual untuk indikator Laboratorium Virtual yang dikembangkan diperoleh dari nilai setiap pernyataan dari indikator yang terdiri dari 8 pernyataan yaitu : 1) Rancangan; 2) Keterkaitan dengan konsep; 3) Kemudahan akses; 4) Interaktif; 5) Penuntun yang dikembangkan ; 6) Kedalaman materi; 7) Memenuhi semua KD; 8) Evaluasi dalam bentuk quiz memadai. Hasil yang diperoleh dari setiap pernyataan indikator Laboratorium Virtual yang dikembangkan di diplot pada gambar 5.



Berdasarkan hasil yang diperoleh dari setiap indikator virtual lab dapat dijelaskan sebagai berikut : Nilai indikator untuk indikator kelayakan isi secara umum sudah menunjukkan indikator yang baik karena virtual lab yang dirancang sudah menunjukkan kesesuaian materi dengan kompetensi dasar yang ada dan menunjukkan adanya kesesuaian dengan kebutuhan siswa, artinya kompetensi dasar yang dituntut oleh kurikulum sudah bisa tercapai dengan baik. Ditinjau dari segi manfaat virtual lab yang dikembangkan sangat bermanfaat dalam memenuhi kebutuhan praktikum untuk seluruh kompetensi dasar yang ada sehingga tidak ada lagi KD yang tidak bisa dipraktikkan. Dalam pengembangan lembar kerja siswa, setiap materi diuraikan sesuai dengan tuntutan praktikum yang ada sehingga memudahkan siswa untuk membuktikan konsep-konsep yang ada dalam materi. Di samping itu langkah-langkah untuk mempelajari virtual lab dibuat serinci mungkin sehingga memudahkan siswa untuk menggunakan virtual lab yang dikembangkan.

Nilai indikator untuk indikator penggunaan bahasa secara umum sudah menunjukkan nilai validitas tinggi. Hal ini disebabkan kepadatan ide dalam mengembangkan kalimat, cara membangun kalimat, cara membangun paragraf, cara penulisan judul tabel dan gambar, dan penggunaan bahasa secara efektif dan efisien sudah sesuai dengan ejaan yang disempurnakan. Disamping itu tingginya nilai validitas ini disebabkan dalam pengembangan virtual lab banyak mengungkapkan ide-ide yang baru yang memudahkan siswa untuk mempelajari virtual lab yang dikembangkan.

Nilai indikator untuk indikator penggunaan pengembangan virtual lab sudah menunjukkan nilai validitas tinggi karena virtual lab memberikan motivasi dan interaktivitas (stimulus dan respond). Secara teoritis, pemberian motivasi dapat meningkatkan keaktifan anak sehingga prestasinya juga dapat meningkat. Di samping itu penyajian virtual lab yang dilengkapi dengan animasi yang menarik bagi siswa juga dapat meningkatkan minat siswa untuk mempelajarinya sehingga siswa tertarik untuk mempelajarinya. Penyajian virtual lab melalui ICT memudahkan siswa untuk belajar dimana saja dan kapan saja.

Nilai indikator untuk indikator kegrafisan virtual lab sudah menunjukkan nilai validitas tinggi, hal ini disebabkan oleh penggunaan font yang bervariasi, lay out dan tata letak yang tersusun rapi, ilustrasi gambar yang menarik dan desain tampilan sudah baik. Disamping itu ilustrasi gambar diberi warna yang menarik dan dilengkapi dengan keterangan yang lengkap.

Hasil validasi Laboratorium Virtual untuk indikator Laboratorium Virtual yang dikembangkan sudah berkategori tinggi karena nilai setiap pernyataan dari indikator yang dikembangkan sudah tinggi seperti : rancangan, Keterkaitan dengan konsep, Kemudahan akses,

Interaktif, penuntun yang mudah dipahami, kedalaman materi, dan Evaluasi dalam bentuk quiz yang interaktif.

Berdasarkan hasil validasi dan saran-saran yang diberikan oleh validator perlu dilakukan revisi terhadap desain produk yang dihasilkan. Revisi yang dilakukan terutama menyangkut kedalaman materi, format tulisan, tampilan, dan yang lebih penting lagi adalah langkah-langkah penggunaan virtual lab. Secara umum dapat dikatakan bahwa produk virtual lab berbasis ICT telah memiliki deskripsi yang baik sebagai salah satu virtual lab fisika karena telah sesuai dengan konsep rancangan sebuah virtual lab, berdasarkan teori dan penelitian yang ada sebelumnya. Produk virtual lab ini dapat digunakan untuk pembelajaran kurikulum 2013 tingkat sekolah menengah atas SMA/MA.

KESIMPULAN DAN SARAN.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Hasil uji validitas virtual lab termasuk kategori tinggi dengan nilai validasi 85,6
2. Virtual lab yang dirancang ini sudah dapat digunakan untuk pembelajaran kurikulum 2013 di SMA.

5.2 Saran

Dalam rangka persiapan menuju kurikulum nasional diberlakukan, diharapkan virtual lab dikembangkan untuk mata pelajaran lain di SMP dan SMA seperti IPA SMP.

REFERENSI

Budhu, M. 2002. *Virtual Laboratories for Engineering Education*. Paper Presented at International Conference on Engineering Education. Manchester, U.K. August 18-21.

Depdiknas, 2010, *Badan standar Nasional Pendidikan*, Jakarta :

Gunawan & Liliyasi. 2012. *Model Virtual Laboratory Fisika Modern untuk Meningkatkan Disposisi Kritis Calon Guru*. Cakrawala

Farreira, MJM. 2010. "Intelligent classrooms and smart software: Teaching and learning in today's university", *Springer Science and Business Media*. Springer publications.

National Science Teachers Association (NSTA). 2004. *Position statement on scientific inquiry*. online, <http://www.nsta.org/about/positions/inquiry.aspx>

OECD. 2013. *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Mathematics, Reading and Science*. <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results.html>.

Santoso, Soegeng. 2000. *Problematika Pendidikan dan Cara Pemecahannya*. Jakarta: Kreasi Pena Gading.

Suryosubroto. 2009. *Proses Belajar Mengajar Di Sekolah* . Jakarta: Rineka Cita.

Thiagarajan, S., Semmel, D. S & Semmel, M. I. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Minneapolis, Minnesota: Leadership Training Institute/Special Education, University of Minnesota.

Wini Rizky Gustiani, 2014, *Peranan Phet-Ss Dalam Membangun Konsep Kelarutan Dan Hasil Kali Kelarutan Serta Keterampilan Proses Sains Siswa Sma Kelas XI* Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

KARAKTERISTIK BAHAN AJAR FISIKA BERORIENTASI PADA KOMPLEKSITAS KONTEN DAN PROSES KOGNITIF UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA SMA

Amali Putra ¹⁾, Adree Octova ²⁾

¹ FMIPA Universitas Negeri Padang

email: amali.unp@gmail.com¹⁾

email: adree.octova@gmail.com²⁾

Abstrak

Physics as part of science has characteristics as a body of knowledge, a way of thinking, and a way of investigating. In order to implemented all aspects through learning in school, it's necessary teaching materials that based on physics characteristics. One form of teaching materials is textbook. Through R & D, has developed textbook of physics for senior high school class X based on curriculum 2013 and oriented to content complexity and cognitive process, with the following characteristics: a) discussing four dimensions of knowledge, b) practicing six levels of cognitive process, c) oriented in contextual learning and scientific approach, d) functioning of factual knowledge as learning refrence, e)making conceptual, procedural, and metacognitive knowledge as the output through students learning experiences, and f) balancing the achievement of Low Order Thinking with High Order Thinking to level aspects of students cognitive process. The development is done by applied ADDIE model, the development results carried out until the trial limited with involved 4 expert judgments, and concluded that the developed textbook is very decent category and can be implemented in learning physics in school.

Keywords: *characteristics, complexity, content, cognitive process, scientific approach.*

PENDAHULUAN

Konsep pendidikan di Indonesia seperti dicantumkan pada pasal 1 UU RI No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Sisdiknas), menggambarkan bahwa aktivitas pendidikan, bertujuan untuk mengembangkan potensi peserta didik yang sudah dibawa sejak lahir, yaitu kemampuan berpikir, bertindak dan bersikap. Pengembangan dan peningkatan potensi ini sangat tergantung pada pengalaman peserta didik dalam aktivitas belajarnya sehingga potensi ini menjadi “kompetensi” dalam 3 dimensi, yaitu pengetahuan, ketrampilan, dan sikap yang merupakan landasan dari tujuan pendidikan.

Dalam Bab II Pasal 3 dalam UU tentang Sisdiknas dikemukakan bahwa tujuan pendidikan nasional, adalah dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa. Yaitu

mengembangkan potensi peserta didik agar menjadi manusia yang: 1) beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, 2) berakhlak mulia, 3) sehat, 4) berilmu, 5) cakap, 6) kreatif, 7) mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta 8) bertanggung jawab. Ke delapan aspek tersebut, diharapkan dapat dicapai melalui pendidikan yang dituangkan dalam tujuan kurikulum, mulai dari pendidikan dasar, menengah sampai pendidikan tinggi. yang didasari oleh falsafah negara Indonesia, yaitu Pancasila. Dihubungkan dengan kurikulum 2013 pada pendidikan dasar dan menengah, tujuan pendidikan adalah untuk mempersiapkan manusia Indonesia agar memiliki kemampuan hidup sebagai pribadi dan warga negara yang beriman, produktif, kreatif, inovatif, dan afektif serta mampu berkontribusi pada kehidupan bermasyarakat, berbangsa, bernegara, dan peradaban dunia.

Jika ditelaah dengan baik, setiap pembelajaran, bertujuan agar peserta didik memperoleh pengetahuan melalui pengelolaan kemampuan berfikir (proses kognitif). Implikasinya, bahwa setiap pembelajaran harus berisi pengetahuan yang berguna bagi peserta didik untuk hidup di masyarakat, melalui pembelajaran yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berfikir, sehingga terjadi peningkatan, dan berguna untuk memecahkan masalah yang ditemui dalam kehidupan kelak.

Fisika sebagai salah satu mata pelajaran yang dipelajari pada jenjang pendidikan SMA/MA, Dalam Standar isi pada Kurikulum 2013 (Kemdikbud,2016), pembelajaran fisika SMA/MA, konten kurikulum fisika dinyatakan secara lengkap (kompleksitas konten) terdiri dari 4 dimensi pengetahuan(P1–P4), yaitu : pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan pengetahuan metakognitif. Sedangkan tingkat proses kognitif yang dilatihkan secara lengkap (kompleksitas proses kognitif) terdiri dari 6 level (C1-C6), yaitu:mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, dan berkreasi (mencipta).

Sebagai pengetahuan ilmiah, dalam kurikulum 2013(Kemdikbud, 2014), diisyaratkan agar pembelajaran fisika, dilaksanakan secara kontekstual dengan pendekatan ilmiah (pendekatan saintifik) yang paling tidak berisi 5 kegiatan ilmiah (5M) yaitu : mengamati, menanya, mencoba, menalar dan mengkomunikasikan. Jika aspek konten, proses kognitif, dan pendekatan ilmiah ini dilaksanakan pendidik secara holistik, diperkirakan ketrampilan dan sikap peserta didik akan berkembang sejalan dengan penambahan pengetahuannya.

Kenyataan yang dihadapi, hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa dari beberapa siswa berprestasi pada beberapa SMA Negeri di Kota Padang, pencapaian kompetensi siswa masih rendah, ditinjau dari kompleksitas konten (4 dimensi pengetahuan), dan 6 tingkatan proses kognitif. Mayoritas tingkatan proses kognitif mereka masih berada pada level 1, 2, dan 3, sedangkan untuk level 4, 5, dan 6 masih sangat sedikit dan cenderung tidak muncul. Dari hasil

observasi dan analisis buku guru dan buku pengangan siswa, tidak ditemukan konten pelajaran yang berisi ke 4 dimensi pengetahuan secara proporsional. Sebagian besar berisi dimensi pengetahuan konseptual, diikuti dengan pengetahuan faktual. Pengetahuan prosedural sangat sedikit dan pengetahuan metakognitif hampir tidak ada. Dari hasil analisis asesmen yang dilakukan guru terhadap siswa juga masih berada dalam rentang C1 – C4.

Salah satu cara, agar pelaksanaan pembelajaran berpusat pada siswa (berorientasi pada aktivitas siswa), diperlukan bahan ajar yang kondusif. Yaitu bahan ajar yang memberikan secara lengkap pengetahuan fisika yang dibutuhkan, disertai latihan setiap tingkat proses kognitif yang menjadi tujuan pembelajaran, dan dilaksanakan dengan pendekatan saintifik.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan ini, dirasakan perlu dikembangkan bahan ajar yang berorientasi pada kompleksitas konten dan proses kognitif untuk pembelajaran fisika SMA/MA.

Telah dikembangkan model bahan ajar, yang karakteristiknya, didasari pada karakteristik pelajaran fisika sesuai dengan tuntutan kurikulum 2013 dari sisi konten, proses, dan tingkat proses kognitif yang dilatihkan, merujuk pada taksonomi Bloom Revisi seperti yang dikembangkan Anderson dan Krathwohl (2001) sebagai taksonomi untuk pencapaian tujuan pendidikan yang diterapkan dalam pembelajaran fisika pada aspek pengetahuan.

KAJIAN LITERATUR DAN RAN-CANGAN MODEL HIPOTETIK

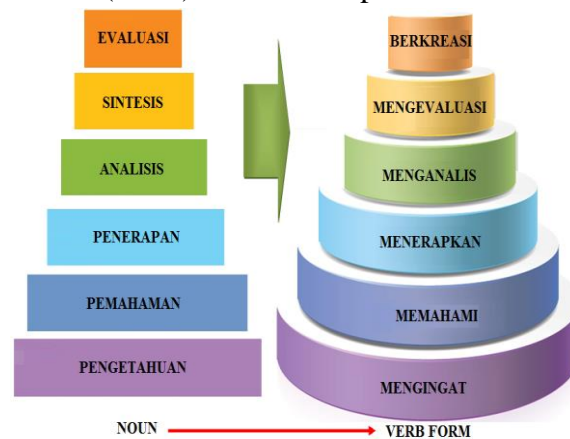
Fisika sebagai pengetahuan tentang fakta, dipelajari di SMA/MA, dengan objek kajian berupa materi, energi, serta berbagai interaksi yang terkait didalamnya, dalam bentuk fenomena alam. Fisika dituangkan dalam bentuk konsep, prinsip, hukum-hukum, teori, aturan, dan prosedur, yang senantiasa tumbuh dan berkembang berdasarkan hasil penyelidikan, sebagai wujud pemenuhan keingintahuan, mengikuti langkah-langkah metode ilmiah. Dengan mempelajari fisika diharapkan berkembang dimensi *pengetahuan*, yang berdampak pada perkembangan *ketrampilan* dan *sikap* ilmiah siswa, sejalan dengan penambahan pengetahuannya. Perencanaan perolehan pembelajaran ini, dituangkan dalam taksonomi tujuan pendidikan.

Taksonomi tujuan pendidikan, merupakan suatu kategorisasi tujuan pendidikan, yang umumnya digunakan oleh negara-negara di dunia sebagai dasar untuk merumuskan tujuan kurikulum dan tujuan pembelajaran, yang dikenal dengan taksonomi Bloom, karena pertama kali diperkenalkan oleh Benjamin Samuel Bloom, Englehart, Furst, Hill dan Krathwohl pada akhir tahun 1956. Taksonomi ini terdiri dari 3 domain sebagai tujuan pendidikan, dan merupakan kerangka dari tingkat-tingkat kecakapan yang harus dicapai oleh peserta didik sebagai taksonomi tujuan pendidikan.

Ketiga domain yang dimaksud adalah : *domain* kognitif, afektif dan psikomotor. Domain kognitif berisi perilaku-perilaku yang menekankan pada aspek intelektual, seperti pengetahuan, pengertian, dan keterampilan berpikir; domain afektif berisi perilaku-perilaku yang menekankan pada aspek perasaan dan emosi, seperti minat, sikap, apresiasi, dan cara penyesuaian diri; dan domain psikomotor berisi perilaku-perilaku yang menekankan aspek keterampilan motorik dan ketrampilan intelektual seperti menulis, mengetik, mengikuti prosedur, mengoperasikan komputer. merumuskan hipotesis, mengendalikan variabel, menyelidiki dan sebagainya. Oleh Ki Hajar Dewantoro, ke tiga ranah tersebut diungkapkan dengan istilah cipta, rasa, dan dankarsa. (<http://sakban3.blogspot.co.id/2013/05/perbedaan-konsep-ki-hajar-dewantara.html>)

Dalam sejarahnya, taksonomi tujuan pendidikan untuk ranah kognitif yang dikemukakan oleh Bloom tahun 1956, pada mulanya terdiri dari 6 level berupa kata sifat (noun), dari level terendah sampai tertinggi (C1 s.d C6) yaitu : Pengetahuan (C1), Pemahaman (C2), Penerapan (C3), Analisa (C4), Sintesa (C5) dan Evaluasi (C6). Pada tahun 1994, salah seorang murid Bloom, Lorin Anderson dan Krathwohl memperbaiki taksonomi ini agar sesuai dengan kemajuan zaman. Hasil perbaikan tersebut dipublikasikan pada tahun 2001 dengan nama Revisi Taksonomi Bloom.

Perubahan yang pertama yang dilakukan adalah perubahan kata kunci setiap level taksonomi dari kata sifat (noun) menjadi kata kerja (verb). Perubahan kedua adalah perubahan pada semua level, dengan urutan yang masih sama, yaitu dari urutan terendah hingga tertinggi. Perubahan ketiga adalah melengkapi taksonomi untuk aspek kognitif yang selama ini terdiri dari 1 dimensi (kognitif saja), menjadi 2 dimensi (perpaduan antara aspek pengetahuan dengan aspek kognitif). Pada perubahan ke tiga ini, untuk setiap tingkatan proses kognitif akan gayut terhadap 4 dimensi pengetahuan (P1-P4) yang dihubungkan dengan Kata Kerja Operasional (KKO). Perubahan pertama dan ke dua ditunjukkan pada



Gambar 1 (diadopsi dari :Anderson dan Krathwohl (2001 : 268)

- a. Taksonomi Bloom Tahun 1956 b. Taksonomi Bloom Revisi Tahun 2001

Gambar 1. Enam Level Proses Kognitif

Enam tingkatan proses kognitif yang dikembangkan Anderson dan Krathworhl tahun 2001, yaitu level C1-C6 adalah kemampuan kemampuan : mengingat, memahami, menerapkan, menga-nalisis, mengevaluasi, dan berkreasi (Gambar 1 b). dan Keempat dimensi pengeta-huan yang dimaksud adalah : pengetahuan faktual (P1), pengetahuan konseptual (P2), pengetahuan prosedural (P3), dan pengetahuan metakognitif (P4). Gambaran kombinasi dimensi dimensi pengetahuan dan tingkatan proses kognitif tersebut disajikan oleh matrik pada Tabel 1

Tabel 1.

Matrik Kombinasi 4 Dimensi Pengetahuan dengan 6 Tingkat Proses Kognitif

		6 Tingkat Proses Kognitif					
		Mengingat	Memahami	Menerapkan	Menganalisis	Mengevaluasi	Berkreasi
4 Dimensi Pengetahuan	P. Faktual	KKO	KKO	KKO	KKO	KKO	KKO
	P. Konseptual	KKO	KKO	KKO	KKO	KKO	KKO
	P. Prosedural	KKO	KKO	KKO	KKO	KKO	KKO
	P. Metakognitif	KKO	KKO	KKO	KKO	KKO	KKO

(diadopsi dari :Anderson dan Krathwohl (2001 : 160)

Perpaduan ini dapat dipahami, karena setiap tingkatan proses kognitif yang dilatihkan selalu melibatkan pengetahuan yang dipelajari siswa pada setiap pembelajaran. Melalui

pengembangan ke dua aspek penting dalam pencapaian kompetensi pengetahuan siswa secara holistik ini, apabila diikuti dengan penerapannya dalam proses pembelajaran diperkirakan pencapaian kompetensi siswa akan semakin baik.

Dalam satuan terkecil mata pelajaran pada tiap satuan pendidikan, tujuan pendidikan dinyatakan dalam rumusan tujuan pembelajaran yang dibutuhkan untuk mengukur perilaku spesifik peserta didik dan sebagai indikator atau penanda tercapainya tujuan proses belajar mengajar apakah peserta didik sudah menerima pesan pembelajaran yang terkandung dalam materi yang disampaikan guru atau tidak. Tujuan yang akan dicapai dalam pembelajaran dapat dipakai guru untuk memandu arah pelajaran dan pembuatan instrumen evaluasi, karena dalam setiap tujuan terkandung perilaku peserta didik yang akan diukur sesuai dengan materi dan kompetensi dasar yang sudah disampaikan dengan menggunakan KKO yang menganut satu tingkah laku.

Dalam perumusan tujuan pembelajaran, kebiasaan yang dianut guru, berpedoman pada pendapat Hamzah B.Uno (2008) yang mengemukakan formula ABCD sebagai akronim dari : *audience, behaviour, conditioning*, dan *degree*. Dengan tujuan yang jelas dan operasional, diharapkan guru maupun peserta didik akan memiliki kejelasan tentang : apa yang harus dicapai, apa yang harus dilakukan untuk mencapainya, materi yang bagaimana yang perlu disiapkan guru, serta bagaimana menyampaikannya akan tergambar jelas dalam tujuan spesifik tersebut.

Ada beberapa persyaratan yang harus dimiliki rumusan tujuan pembelajaran, yaitu : a) *Learner Oriented*, yaitu berpatokan kepada perilaku yang *visible* dapat dilakukan siswa. Dalam perumusan tujuan, kata siswa secara eksplisit harus dituliskan. dan b) *Operational*, yaitu rumusan tujuan harus dibuat secara spesifik dan operasional sehingga mudah untuk mengukur tingkat keberhasilannya dengan menggunakan KKO.

Formula ABCD, menurut Hamzah B.Uno (2008), unsur *Conditioning* (C) berada diawal kalimat tujuan, baru diikuti unsur yang lain. Formula ini dapat dijelaskan sebagai berikut : A= *Audience*, artinya sasaran sebagai pem-belajar yang perlu dijelaskan secara spesifik untuk siapa tujuan pembelajaran tersebut diberikan. Contohnya siswa kelas X, siswa kelas XI, siswa kelas XII dsb.

B = *Behaviour*, adalah perilaku spesifik yang diharapkan dimunculkan siswa setelah pembelajaran berlangsung yang dirumuskan dalam bentuk KKO. Contohnya kata : mengklasifikasi, membedakan, mengidentifikasi, meng-urutkan, memilah, merinci, membedakan, meng-identifikasi, mengklasifikasikan, dan lainnya.

C= *Conditioning*, yaitu keadaan yang harus dipenuhi atau dikerjakan siswa pada saat dilakukan pembelajaran. Contohnya : dengan percobaan sederhana, dengan mengamati, dengan menyimak penjelasan guru, dengan membaca buku sumber, dengan menggunakan jangka sorong, dengan menggunakan internet, dan sebagainya

D= *Degree*, adalah derajat atau tingkat keberhasilan terendah yang harus dipenuhi dalam mencapai perilaku yang diharapkan. Penentuan ini tergantung jenis dan tingkat kepentingan materi pelajaran. Misalnya : 4 jenis, 3 kelompok, 2 buah contoh, 4 macam, dengan tepat, dengan benar dan sebagainya.

Merujuk pada taksonomi Bloom revisi, yang mengkombinasikan 4 dimensi pengetahuan dengan 6 tingkatan proses kognitif, dalam perumusan tujuan pembelajaran memakai rumus Baker (ABCD) + K dengan K, merupakan singkatan dari *Knowledge* (pengetahuan). Dengan

adanya aspek *Condition*(C), dalam rumusan tujuan pembelajaran berfungsi sebagai pembeda antara Indikator Pencapaian Kom-petensi (IPK) dengan tujuan pembelajaran, dan kondisi pembelajaran yang akan diciptakan guru dalam pencapaian tujuan pembelajaran.

Sebagai contoh, IPK tertulis : “*Siswa da-pat merepresentasikan diagram bebas benda dalam menyelesaikan soal berkenaan dengan gaya dan gerak benda* “. Dalam bentuk tujuan pembelajaran dapat ditulis sebagai : “ *Dengan contoh yang diberikan guru pada LKS, siswa dapat merepresentasikan diagram bebas benda dalam menyelesaikan soal berkenaan dengan gaya dan gerak benda, dengan benar.* Komponen ABCD+K pada kalimat tujuan pembelajaran dapat di uraikan sebagai berikut :

A = *Audience* : siswa

B = *Behavior* : merepresentasikan diagram Bebas benda

C= *Condition* : dengan contoh yang diberikan guru pada LKS

D= *Degree* : dengan benar

K= *Knowledge* : menyelesaikan soal berkenaan dengan gaya dan gerak benda

Untuk pencapaian tujuan pembelajaran tersebut diperlukan bahan ajar (*teaching material*). Yaitu bagian dari sumber belajar, baik tertulis maupun tidak tertulis, yang disusun secara sistematis, menampilkan secara utuh kompetensi yang akan di kuasai siswa dalam pembelajaran. Contohnya buku teks, LKS, Hand Out, Modul, LDS dan sebagainya. Dengan bahan ajar memungkinkan siswa dapat mempelajari suatu kompetensi secara runtut dan sistematis sehingga secara akumulatif mampu menguasai semua kompetensi yang menjadi tujuan pembelajaran (Depdikbud, 2008, Andi Prastowo, 2012)

Lebih lanjut, Depdikbud (2008) menye-butkan bahwa bahan ajar berfungsi sebagai: pedoman guru dalam mengarahkan pembela-ajaran untuk membangun kompetensi siswa, pedoman bagi siswa dalam mewujudkan kom-petensi yang harus dikuasainya sebagai tujuan pembelajaran, dan sebagai alat evaluasi penca-paian tujuan pembelajaran. Dengan demikian, sebuah bahan ajar yang baik, paling tidak mencakup: petunjuk belajar, kompetensi atau tujuan yang akan dicapai, konten atau materi pelajaran, informasi pendukung, latihan-latihan, petunjuk kerja atau lembar kerja, evaluasi dan respon atau balikan terhadap hasil evaluasi.

Fisika sebagai bagian dari sains, menurut Chiappetta (1994), memiliki karakteristik : merupakan kumpulan pengetahuan (a body of knowledge), cara berpikir (a way of thinking), dan cara untuk penyelidikan (a way of invest-igating). Merujuk kepada pengembangan taksonomi Bloom menurut Anderson dan Krathworth (2001) yang membagi pengetahuan atas 4 dimensi, yaitu pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual, pengetahuan prose-dural, dan pengetahuan metakognitif.

Pengetahuan faktual, adalah pengetahuan tentang fakta yang ditemui dalam kehidupan. Yang termasuk kedalam pengetahuan faktual adalah : a) **pengetahuan tentang terminologi** melingkupi label, serta simbol verbal dan non verbal seperti kata, angka, tanda, dan gambar) Dalam fisika nama besaran, simbol besaran dan satuannya termasuk besaran fakta. b) **pengetahuan tentang detail, detail dan elemen-elemen yang spesifik**, berkenaan dengan peristiwa, lokasi, orang, tanggal, sumber informasi dan sebagainya. Dalam pelajaran fisika, contoh pengetahuan faktual dalam bentuk peristiwa (fenomena) adalah : a) air mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, b) kutub-kutub baterai apabila dihubungkan dengan sebuah kabel terhadap kutub-kutub sebuah bola lampu senter membentuk rangkaian tertutup, maka bola lampu lampu akan menyala. c) air dalam gelas yang berisi telur, jika air

diberi garam secara terus menerus dan di aduk, maka telur yang tadinya terbenam akan naik keatas, menjadi melayang dan mengapung.dan sebagainya.

Pengetahuan Konseptual, merupakan pengetahuan tentang kategori, klasifikasi, dan hubungan antara dua atau lebih kategori atau klasifikasi. Yang termasuk kedalam pengetahuan ini adalah : a) **pengetahuan tentang klasifikasi dan ketegori**, seperti; klasifikasi alat ukur panjang yang memiliki nilai skala terkecil 1mm, 0,1 mm, 0,01 mm. 0,02 mm, atau 0,05 mm. Pembagian benda/zat atas 3 kategori ; benda padat, cair, dan gas. b) **pengetahuan tentang prinsip dan generalisasi**, seperti prinsip kekekalan energi, prinsip gerak jatuh bebas, hukum Archimedes, hukum Ohm dan sebagainya. c) **pengetahuan tentang teori, model, dan struktur**. Contohnya teori ketidakpastian Heisenberg, model atom Bohr, perbedaan struktur zat padat, cair, dan gas.

Pengetahuan Prosedural, adalah pengetahuan tentang beragam proses, cara melakukan sesuatu atau rangkaian langkah yang harus diikuti dalam mengerjakan sesuatu. Yang termasuk kedalam pengetahuan ini adalah : a) **pengetahuan tentang algoritma**, seperti algoritma dalam penyelesaian soal dinamika, algoritma dalam membubuh suatu model skala pada termometer zat cair dan sebagainya b) **pengetahuan tentang teknik dan metode**, contohnya metode atau teknik penjumlahan vektor secara poligon, jajaran genjang atau metode uraian. c) **pengetahuan tentang kriteria**, atau persyaratan berlakunya persamaan bernoulli, persyaratan berlakunya persamaan gas ideal dan sebagainya.

Pengetahuan Metakognitif, adalah pengetahuan tentang kognisi secara umum, dan kesadaran akan kognisi diri sendiri. Yang termasuk kedalam pengetahuan ini adalah ; a) **pengetahuan strategis**, yaitu mencakup pengetahuan tentang berbagai strategi yang dapat digunakan siswa, yang dikelompokkan dalam 3 kategori, yaitu : 1) strategi pengulang-ulang, seperti strategi untuk mengingat materi pelajaran, membuat akronim mejihikubiniu, dan sebagainya, 2) strategi mengelaborasi dengan menggunakan beragam menemonik, seperti strategi untuk memaknai teks, memahami pelajaran dan sebagainya, dan 3) strategi mengorganisasi, seperti strategi membuat garis besar atau sketsa materi pelajaran dalam bentuk peta-peta kognitif contohnya peta konsep, peta pikiran dalam memahami suatu materi pelajaran. b) **pengetahuan mengenai tugas-tugas kognitif termasuk pengetahuan kontekstual dan kondisional**, contohnya pengetahuan tentang syarat gerak jatuh bebas, syarat berlakunya persamaan Bernoulli dan sebagainya. serta c) **pengetahuan diri**, berkenaan dengan kekuatan dan kelemahan diri sendiri, sebagai komponen penting dari metakognisi, contohnya pengetahuan diri sendiri tentang bagian mana dari pengetahuan tentang fluida statis yang dikuasai siswa dengan mendalam dan yang hanya diketahui dengan dangkal, dsb.

Fisika sebagai proses berfikir, dikembangkan melalui tingkat-tingkat proses berfikir yang terdiri dari 6 tingkatan yang disusun secara hierarkhi seperti yang dikembangkan oleh Anderson dan Krathwoth (2001:66-88). Dimana untuk mengembangkan tingkat-tingkat proses kognitif yang lebih tinggi (high order thinking = HOT) bermula dari tingkatan yang lebih rendah (*Low Order Thinking* =LOT), yang termasuk LOT adalah kemampuan mengingat, kemampuan memahami, dan kemampuan menerapkan. Sedangkan yang termasuk HOT adalah kemampuan menerapkan, kemampuan menganalisa, kemampuan mengevaluasi dan kemampuan berkreasi.

Untuk memahami fisika sebagai proses penyelidikan, dalam pembelajaran, seperti di

amanatkan kurikulum 2013 diterapkan melalui pendekatan saintifik minimal mengandung 5 kegiatan utama (5M) : mengamati (mengobser-vasi), menanya (membangun hipotesis), mencoba (menyelidiki), menalar (assosiasi), dan mengkomunikasikan (menyampaikan kesimpulan /hasil pembelajaran). Penerapan pendekatan saintifik ini, hendaknya tergambar dalam bahan ajar yang dikembangkan guru. Model-model pembelajaran yang memuat ke 5 komponen tersebut, seperti model pembelajaran berbasis proyek, model pembelajaran berbasis masalah, inkuiri/discovery learning, Problem Based Learning dan lain sebagainya (Kemdikbud : 2014)

Fisika merupakan pengetahuan yang diperoleh berdasarkan fakta, maka pengetahuan faktual merupakan bagian utama yang harus ada sebagai acuan pembelajaran. Berdasarkan pengetahuan faktual ini dikembangkan pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural melalui kegiatan pembelajaran. Ketiga pengetahuan ini akan menjadi bekal bagi siswa untuk memecahkan berbagai permasalahan fisika yang relevan dalam berbagai konteks dan kondisi tertentu. Sehingga diperoleh pengetahuan yang strategis dan tepat untuk memecahkan masalah fisika yang dihadapi, sesuai dengan penguasaan diri siswa tentang berbagai pengetahuan yang telah dipelajarinya. Pengetahuan strategis yang demikian dikenal dengan pengetahuan meta-kognitif.

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, mengisyaratkan bahwa pengembangan bahan ajar yang kondusif, adalah beranjak dari tujuan pembelajaran yang dirumuskan berdasarkan KI dan KD, rancangan model hipotetik pengembangan bahan ajar, disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Model Hipotetik Pengembangan Bahan ajar

Dengan merujuk pada kompleksitas konten dan tingkat proses kognitif yang terdapat pada kurikulum 2013 untuk pembelajaran Fisika SMA, bahan ajar yang dikembangkan berisi komponen komponen seperti ditunjukkan oleh Tabel 2

Tabel 2 :

KOMPONEN BAHAN AJAR YANG DIKEMBANGKAN	
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	BERDASARKAN KI, KD DAN INDIKATOR
B. ACUAN PEMBELAJARAN	PENGETAHUAN FAKTUAL
1. Besaran dan satuan terkait 2. Istilah-istilah penting dalam pembelajaran 3. Fenomena dan objek Pengamatan Latihan <i>Mengingat</i> Konsep	
C. LATIHAN MEMBANGUN KONSEPSI SISWA	PENGETAHUAN KONSEPTUAL
1. Latihan mengamati 2. Latihan menanya 3. Latihan menalar Latihan <i>Mengahami</i> Konsep	
D. MENGENAL BERBAGAI PROSEDUR MEMECAHKAN MASALAH	PENGETAHUAN PROSEDURAL
4. Latihan mencoba 5. Latihan menalar 6. Latihan mengkomunikasikan Latihan <i>Menerapkan</i> Konsep	
E. MENGEMBANGKAN KREATIFITAS MEMECAHKAN MASALAH	PENGETAHUAN METAKOGNITIF
Latihan <i>Menganalisa</i> Latihan <i>Mengevaluasi</i> Latihan <i>Berkreasi</i>	
F. TUGAS TERSTRUKTUR	KESEIMBANGAN LOW ORDER THINKING DAN HIGH ORDER THINKING

Berdasarkan diagram alir yang dikemukakan pada Gambar 2, dan ringkasan komponen bahan ajar yang tunjukkan pada Tabel 2, karakteristik umum bahan ajar yang dikembangkan berpedoman kepada rambu-rambu yang ditetapkan oleh Depdiknas (2008). Sedangkan karakteristik khusus bahan ajar, merujuk pada rambu-rambu kurikulum 2013 dan Taksonomi Bloom Revisi yang dikembangkan oleh Anderson dan Krathworth(2001). Karakteristik khusus bahan ajar yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Membahas 4 dimensi pengetahuan
2. Melatihkan 6 tingkatan proses kognitif
3. Berorientasi pada pembelajaran konteks-tual dengan unsur 5 m pada pendekatan saintifik
4. Memfungsikan pengetahuan faktual sebagai acuan pembelajaran
5. Menjadikan pengetahuan-pengetahuan : konseptual, prosedural, metakognitif sebagai aspek perolehan pengalaman belajar siswa,
6. Menyeimbangkan pencapaian Low Order Thinking dengan High Order Thinking untuk aspek tingkatan proses kognitif siswa.

METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan adalah metode Penelitian dan pengembangan (*Research And Development*), menggunakan model ADDIE (R.M Branch, 2009), merupakan akronim dari *Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate* dalam 5 tahap, yaitu : a) tahap analisis kebutuhan; b) tahap disain model ;c) tahap pengembangan model ; d. tahap implementasi model; dan e) tahap evaluasi model .

Instrumen yang digunakan dikelompokkan atas 3 macam: (1) instrumen validasi, (2) instrumen praktikalitas dan (3) instrumen efektifitas. **Instrumen validasi**, menyangkut: a) Model dan kelengkapan dimensi konten pembelajaran dan proses kognitif Fisika; b) Orientasi pendekatan saintifik dalam pembelajaran ; dan c) Model dan kelengkapan cakupan tingkatan instrument evaluasi pencapaian kompetensi siswa. **Instrumen Praktikalitas**. berupa lembar observasi dan angket yang terdiri dari: (1) lembar observasi (pengamatan) keterlaksanaan disain pembelajaran; (2) lembar observasi kemampuan guru mengelola pembelajaran; (3) lembar observasi aktivitas siswa dalam pembelajaran; (4) angket respon siswa terhadap pelaksanaan pembelajaran; dan (5) tes pencapaian kompetensi siswa. **Instrumen Efektifitas**, menyangkut pencapaian kompetensi ilmiah siswa untuk aspek penguasaan konsep siswa. Instrumen penilaian penguasaan konsep siswa, disusun untuk ke 4 dimensi pengetahuan pada konten/materi fisika, serta kompleksitas aspek proses kognitif untuk aspek C1 s.d C6 berupa lembar yang berisi kumpulan soal-soal yang akan digunakan untuk mengetahui tingkat penguasaan siswa terhadap materi pelajaran. Prosedur penyusunan tes hasil belajar dimulai dengan menyusun kisi-kisi tes dengan soal dalam bentuk pilihan ganda dengan 5 pilihan jawaban, dilengkapi dengan alasan jawaban siswa. Instrumen ini digunakan setelah memenuhi validitas dan reliabilitasnya.

Dalam menguji validitas, praktikalitas dan efektifitas model pembelajaran yang dikembangkan menggunakan statistik deskriptif, yaitu menghitung jumlah skor total dari penilaian yang dilakukan oleh validator dan responden, kemudian menghitung rerata penilaian disain. Sehubungan ini peneliti dapat membuat kisi-kisi instrumen validitas, prak-

tikalitas dan efektifitas disain, kemudian menerjemahkan kisi-kisi tersebut kedalam instrumen observasi berupa lembar *ceklist*, dimana peneliti melakukan penilaian terhadap proses implementasi disain, melakukan pengecekan terhadap beberapa bagian yang sudah sesuai dan yang belum sesuai untuk penyempurnaan. Dengan cara ini akan dapat diketahui berbagai kelemahan (inefisiensi) dari model yang dikembangkan.

Pengembangan draf buku ajar sampai dengan uji coba terbatas dilakukan selama 8 bulan dari April sampai dengan Nopember 2016. Dalam pengembangan buku ajar melibatkan 9 orang mahasiswa tugas akhir. Uji validasi buku ajar melibatkan 4 orang expert judgment dari 4 sekolah yang telah menjalankan kurikulum 2013.

Data yang diperoleh dalam penelitian pengembangan buku ajar berupa data penilaian atau tanggapan ahli, beserta masukan berupa kritik dan saran perbaikan yang terdapat pada angket. Data kuantitatif dianalisis dengan perhitungan nilai rata-rata yang diperoleh dari nilai angket kelayakan berupa 1, 2, 3, 4. Data-data tersebut kemudian dianalisis sehingga diperoleh tingkat kelayakan bahan ajar. Penentuan teknis analisis rata-rata berdasarkan pada Arikunto (2005) menyatakan bahwa untuk mengetahui peringkat nilai akhir pada setiap butir angket penelitian, jumlah nilai yang diperoleh dibagi dengan banyaknya responden yang menjawab angket penilaian tersebut. Kategori analisis rata-rata yang digunakan untuk menentukan tingkat kelayakan bahan ajar (Arikunto, 2009) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Kelayakan Bahan Ajar

Rata-rata	Kategori
3,26 – 4,00	Sangat Layak
2,51 – 3,25	Layak
1,76 – 2,50	Kurang layak
1,00 – 1,75	Tidak layak

(Arikunto, 2009)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil validasi buku ajar berdasarkan angket yang diisi oleh *expert judgment* diperoleh data untuk 4 aspek yang divalidasi yaitu aspek-aspek : kompleksitas dimensi pengetahuan, kompleksitas tingkatan proses kognitif, aspek persyaratan buku ajar, dan aspek komponen pendekatan saintifik, disajikan sebagai berikut :

A. Aspek kompleksitas dimensi Pengetahuan

Kompleksitas dan kualitas dimensi pengetahuan yang dituangkan dalam bahan ajar dijabarkan dengan 11 item instrumen dalam bentuk angket diperoleh data disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rerata skor kelayakan bahan ajar ditinjau dari kompleksitas dimensi pengetahuan

No.	Aspek yang dinilai	JML BTR	Skor Validator				Re-rata	Kategori
			V1	V2	V3	V4		
1	Pengetahuan Faktual	2	7	7	8	7	3,6	Sangat layak
2	Pengetahuan Konseptual	3	10	11	11	12	3,7	
3	Pengetahuan Prosedural	3	11	11	10	11	3,6	
4	Pengetahuan Metakognitif	3	11	11	11	10	3,6	
Jumlah item		11	39	40	40	40	3,61	

Data pada Tabel 4 menunjukkan rata-rata skor sebesar 3,61 berada pada kategori sangat layak.

B. Aspek kompleksitas tingkatan proses kognitif

Kompleksitas dan kualitas tingkat-tingkat proses kognitif yang dituangkan dalam bahan ajar dijamin dengan 19 item instrumen dalam bentuk angket diperoleh data disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rerata skor kelayakan bahan ajar ditinjau dari kompleksitas tingkatan proses kognitif

ASPEK ASPEK KOMPLEKSITAS TINGKAT PROSES KOGNITIF								
No.	Aspek yang dinilai	JML BTR	Skor Validator				Re- rata	Kategori
			V1	V2	V3	V4		
1	Kemampuan mengingat	2	7	7	8	7	3,6	Sangat layak
2	Kemampuan memahami	7	27	26	27	25	3,8	
3	Kemampuan menerapkan	2	7	8	8	7	3,8	
4	Kemampuan menganalisa	3	11	11	11	10	3,6	
5	Kemampuan mengevaluasi	2	7	7	8	7	3,6	
6	Kemampuan berkreasi	3	11	10	11	11	3,6	
Jumlah item		19	70	69	73	67	3,65	

Data pada tabel 5 menunjukkan rata-rata skor sebesar 3,65 berada pada kategori sangat layak

C. Aspek persyaratan bahan ajar

Aspek persyaratan sebuah bahan ajar pengetahuan dijamin dengan 20 item instrumen dalam bentuk angket diperoleh data disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rerata skor kelayakan ditinjau dari persyaratan bahan ajar

No.	Aspek yang dinilai	JML BTR	Skor Validator				Re- rata	Kategori
			V1	V2	V3	V4		
1	Persyaran didaktik	5	19	18	18	17	3,6	Sangat layak
2	Persyaratan konstruksi	10	37	37	36	38	3,7	
3	Persyaratan teknis	5	19	18	18	17	3,6	
Jumlah item		20	75	73	72	72	3,63	

Data pada tabel 4 menunjukkan rata-rata skor sebesar 3,63 berada pada kategori sangat layak

D. Aspek komponen pendekatan saintifik

Aspek komponen pendekatan saintifik yang dituangkan dalam bahan ajar dijamin dengan 20 item instrumen dalam bentuk angket diperoleh data disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rerata skor kelayakan bahan ajar ditinjau dari ketersediaan komponen pendekatan saintifik

KOMPENEN PENDEKATAN SAINTIFIK								
No.	Aspek yang dinilai	JML BTR	Skor Validator				Re- rata	Kategori
			V1	V2	V3	V4		
1	Acuan pembelajaran	3	11	10	11	12	3,7	Sangat layak
2	Pengamatan	3	9	12	11	12	3,7	
3	Pemberian Masalah	3	10	10	11	12	3,6	
4	Penyelidikan	3	12	9	10	12	3,6	
5	Diskusi dan konfirmasi	3	10	11	11	11	3,6	
6	Kesimpulan dan komunikasi	3	12	11	11	12	3,8	
7	Penutup dan penerapan	2	7	8	8	7	3,8	
Jumlah item		20	71	71	73	78	3,66	

Data pada tabel menunjukkan rata-rata skor sebesar 3,61 berada pada kategori sangat layak

Secara keseluruhan diperoleh rata rata skor sebesar 3,64 berada pada kategori sangat layak

KESIMPULAN

Secara keseluruhan hasil pengembangan buku ajar sampai uji coba terbatas diperoleh kesimpulan bahwa bahan ajar yang dikembangkan berada pada kategori sangat layak. Sehubungan dengan karakteristik bahan ajar yang dikembangkan dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Pada dasarnya tujuan pendidikan dirumuskan untuk pengembangan kompetensi peserta didik dalam 3 dimensi, yaitu dimensi kognitif, afektif, dan psikomotor.
2. Kurikulum 2013 mengakomodir pencapaian tujuan pendidikan dalam bentuk keseimbangan antara kompetensi pengetahuan, ketrampilan dan sikap.
3. Tujuan dari pendidikan yang diharapkan oleh kurikulum 2013 adalah terjadinya perubahan sikap dan ketrampilan peserta didik sejalan dengan perubahan pengetahuannya.
4. Taksonomi Bloom revisi yang dikembangkan oleh Anderson dan Krathwohl (2010) dalam 2 dimensi yang mengkombinasikan 6 tingkatan proses kognitif dengan 4 dimensi pengetahuan. Taksonomi ini merupakan penyempurnaan dari taksonomi Bloom (1956) yang masih satu dimensi untuk aspek kognitif saja, ditambah dengan beberapa perubahan lainnya.
5. Merujuk pada taksonomi Bloom Revisi, dalam menuliskan tujuan pembelajaran, yang diimplementasikan pada pelajaran fisika, yang semula menggunakan rumus ABCD, disempurnakan menjadi rumus ABCD+K, dengan K merupakan akronim dari *Knowledge*(Pengetahuan).
6. Karakteristik bahan ajar yang dikembangkan adalah berkenaan karakteristik fisika sebagai : kumpulan pengetahuan (*a body of knowledge*), cara berpikir (*a way of thinking*), dan cara untuk penyelidikan (*a way of investigating*).

REFERENSI

- Anderson, L.W., dan Krathwohl, D.R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assesing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Addison Wesley Longman, Inc.
- Arikunto, S, Jabar, C. (2009). *Evaluasi Program Pendidikan Jakarta*: Bumi Aksara.
- Bloom, B. S. ed. et al., (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook 1, Cognitive Domain*. New York: David McKay.
- Branch, Robert M.(2009). *Instructional Design : "The ADDIE Approach*. New York Dordrecht Heidelberg London : Springer
- Collette, A, T. & Chiappetta, Eugene, L. (1994). *Science Instruction in The Middle and Secondary School*. Third Edition, New York. Maxwell Macmillan International.
- Depdiknas, (2003). Bab 1 dan 2 UU RI No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Sisdiknas).

Depdiknas, (2008), Panduan Pengembangan Bahan Ajar. Dirjen Manajemen Pendi-dikan Dasar Dan Menengah, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas Depdiknas (hal. 6 -8)

Hamzah B. Uno.(2008). Perencanaan Pembela-jaran. Jakarta: PT Bumi Aksara.

Kemdikbud. (2016). Silabus Mata Pelajaran Fisika SMA/MA Menurut Pengembangan Kurikulum 2013. Jakarta.

_____ (2014). Kebijakan dan Dinamika Perkembangan Kurikulum 2013. Jakarta

_____ (2014). Lampiran 10c. Kurikulum 2013:” Panduan Mata Pelajaran (PMP) Fisika SMA Kelompok Peminatan”

Prastowo, Andi. (2012). Panduan Kreatif Membuat Bahan ajar Inovatif: Mencip-takan Metode Pembelajaran yang Mena-rik dan Menyenangkan. Jogjakarta: DIVA Press

Prihantoro, Agung. (2014). “Kerangka Lan-dasan Untuk Pembelajaran, Pengajaran dan Asesmen”: Revisi Taksonomi Pendi-dikan Bloom. (Terjemahan dari judul asli : “A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing : A Revision of Bloom’s Taxonomy of Educational”. naskah dari Lorin W Anderson, dan David R Krath-wohl,2001). Yogyakarta : Pustaka Pelajar .

Sakban L. (2013)”Perbedaan Konsep Ki Hajar Dewantoro dengan Bloom”**Error! Hyperlink reference not valid.**

PERAN MULTIMEDIA VIRTUAL LERNING TERHADAP PENINGKATAN KOMPETENSI PSIKOMOTOR FISIKA SISWA SMA PEKANBARU

Muhammad Nasir

¹Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Pendidikan Fisika, Universitas Riau
email: muhammad.nasir@lecturer.unri.ac.id

Abstract:

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kontribusi multimedia Virtual learning terhadap peningkatan kompetensi kognitif dan kompetensi psikomotor fisika siswa SMA Pekanbaru. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metoda quasi eksperimen. Kelas eksperimen diberikan pembelajaran dengan menggunakan virtual media learning dan kelas eksperimen dengan menggunakan pembelajaran dengan eksperimen. Setelah pembelajaran kedua kelas diberikan tes psikomotor kemudian dilakukan analisis statistik. Hasil analisis menunjukkan bahwa $r_{y \text{ kognitif}} = 0,561$ dengan $Y = 44,304 + 0,606 x_1$ dan $r_{y \text{ psikomotor}} = 0,606$ dengan persamaan $Y = 90,619 + 0,852 x_1$. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat peran positif antara multimedia virtual learning terhadap positif terhadap kompetensi psikomotor siswa SMA Pekanbaru. Dengan demikian multimedia virtual learning dapat meningkatkan kompetensi psikomotor fisika siswa di SMA Pekanbaru.

Keywords : Kompetensi psikomotor, multimedia virtual learning, SMA Pekanbaru

PENDAHULUAN

Latar Belakang Penelitian

Salah satu tujuan Utama Belajar fisika di SMA adalah Mengembangkan kemampuan berpikir analitis induktif dan deduktif dengan menggunakan konsep dan prinsip fisika untuk menjelaskan berbagai peristiwa alam dan menyelesaikan masalah baik secara kualitatif maupun kuantitatif, menguasai pengetahuan, konsep dan prinsip fisika, serta memiliki pengetahuan, keterampilan dan sikap ilmiah. (Depdiknas, 2007)

Masalah yang penting dalam pembelajaran Fisika adalah rendahnya kualitas pembelajaran peserta didik. Kualitas proses dan hasil belajar Fisika ditentukan oleh banyak faktor, salah satunya ketersediaan sarana laboratorium. Kegiatan laboratorium merupakan hal yang penting dalam pembelajaran Fisika, karena aspek produk, proses, dan sikap peserta didik dapat lebih dikembangkan.

Sutrisno (2012) menyatakan bahwa melalui kegiatan laboratorium dapat melatih sikap ilmiah dan meningkatkan aktivitas peserta didik dalam memahami konsep pelajaran. Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan kegiatan laboratorium adalah sumber daya yang

mencakup, bahan dan peralatan, ruang dan perabot, tenaga laboran, serta teknisi. Selain itu, tidak semua percobaan dapat dilakukan bukan hanya karena tidak ada alatnya, tetapi karakteristik percobaan itu sendiri yang melibatkan proses dan konsep-konsep abstrak (Muhammad Nasir, 2014) Disamping itu faktor keamanan menjadi pertimbangan selanjutnya disebabkan oleh bahaya yang akan mengancam bila dilakukan percobaan misalkan Arus AC, Transformator atau pemuaian, dll, sehingga diperlukan sebuah alternatif agar kegiatan percobaan termasuk pada konsep-konsep abstrak tetap dapat dilakukan.

Salah satu solusi jika peralatan laboratorium tidak memadai adalah memanfaatkan media pembelajaran berupa laboratorium virtual (Lab-Vir). Pemanfaatan Lab-Vir diharapkan dapat meningkatkan aktivitas peserta didik. Sutrisno (2012) menyatakan bahwa aktivitas pembelajaran dapat dilakukan secara individu dan kelompok secara fleksibel melalui Teknologi Informasi dan Komunikasi (ICT). Pada prinsipnya, bentuk aktivitas pembelajaran berbasis TIK disusun untuk membantu dalam membangun konsep-konsep, prosedur pengetahuan dan menyatakan ungkapan peserta didik dalam belajar. “Pembelajaran berorientasi aktivitas sebagai suatu pendekatan yang menekankan pada aktivitas peserta didik secara optimal untuk memperoleh hasil belajar secara seimbang” (Sanjaya, 2009). Aktivitas belajar hendaknya menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran. Peserta didik terlibat secara aktif dalam proses, berinteraksi, dan berkomunikasi dengan sesamanya serta merefleksikan apa yang telah mereka pelajari.

Banyak SMA di Pekanbaru, tidak memiliki sarana laboratorium yang memadai, ini terjadi disebabkan oleh banyak faktor, antara lain : (1) bahan yang tidak ada karena mahal, setiap kali percobaan harus dibeli karena barang habis pakai, (2) peralatan yang rusak, (3) teknisi labor atau laboran yang tidak ada, (4) faktor keamanan yang tidak memadai dan lain-lain.

Hasil penelitian Muhamad Nasir, dkk (2017) bahwa boratorium virtual (LabVir) dapat digunakan sebagai laboratorium pembelajaran fisika. Sebagai laboratorium virtual, LabVir lebih hemat, karena tidak ada alat atau komponenen listrik dan elektronik yang akan rusak, lebih aman karena tidak ada resiko tersengat listrik dan lebih mudah dalam penyajian karena perangkatnya lebih sedikit.

Setiap eksperimen pasti akan melatih kemampuan atau keterampilan kognitif dan Keterampilan Psikomotor. Oleh karena itu penulis merasa perlu melakukan penelitian sejauh mana peran Laboratorium Virtual dalam meningkatkan keterampilan Psikomotor, yang diberi judul **Peran multimedia virtual lerning terhadap peningkatan kompetensi psikomotor fisika siswa SMA Pekanbaru**

TINJAUAN PUSTAKA DAN PENELITIAN RELEVAN

Laboratorium Virtual (Lab-Vir) memanfaatkan komputer untuk mensimulasikan sesuatu yang rumit,perangkat percobaan yang mahal atau mengganti percobaan di lingkungan berbahaya (Mahanta dan Sarma, 2012). Lab-Vir memungkinkan peserta didik memvisualisasikan dan berinteraksi dengan gejala yang akan mereka alami jika melakukan percobaan di laboratorium nyata (Martínez, dkk., 2011). Selanjutnya, Dobrzański dan Honysz (2011), dan Tatli dan Ayas (2012) menyatakan bahwa Lab-Vir sebagai faktor pendukung untuk memperkaya pengalaman dan memotivasi peserta didik untuk melakukan percobaan secara interaktif dan mengembangkan aktivitas keterampilan bereksperimen.

Dengan demikian Lab-Vir dapat didefinisikan sebagai serangkaian program komputer yang dapat memvisualisasikan gejala yang abstrak atau percobaan yang rumit jika dilakukan di laboratorium nyata, sehingga dapat meningkatkan aktivitas belajar dalam upaya mengembangkan keterampilan yang dibutuhkan dalam pemecahan masalah.

Putri Sarini (2012), mendapati dalam penelitiannya bahwa terdapat perbedaan hasil belajar dan motivasi belajar siswa yang belajar dengan virtual eksperimen dengan eksperimen sebenarnya. Lebih lanjut hasil penelitian ini mendapati bahwa siswa yang belajar dengan virtual eksperimen mendapatkan hasil belajar yang lebih baik dengan siswa yang belajar dengan eksperimen konvensional sedangkan motivasi belajar siswa yang belajar dengan virtual eksperimen lebih baik dari siswa yang belajar dari siswa yang belajar dengan eksperimen sebenarnya.

Choiron (2013) berpendapat bahwa pelaksanaan pembelajaran dengan menggunakan komputer efektif karena dapat memperluas dan mempermudah akses masuknya informasi dalam pembelajaran dengan cepat, dapat membantu memvisualisasikan materi-materi yang bersifat abstrak, dapat menampilkan materi pembelajaran menjadi lebih menarik, dan memungkinkan terjadinya interaksi dengan materi yang sedang dipelajari. Berdasarkan hal tersebut, pemanfaatan komputer dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami pelajaran.

Hasil penelitian Ferreira (2012), mendapati bahwa beberapa manfaat yang dapat diperoleh dengan menggunakan media laboratorium virtual adalah ekonomis, meningkatkan kualitas kegiatan percobaan karena memungkinkan untuk diulang untuk memperjelas keraguan dalam pengukuran di laboratorium, meningkatkan efektivitas pembelajaran, keamanan, dan keselamatan siswa. Pembelajaran dengan multimedia dalam bentuk laboratorium virtual dapat membuat proses pembelajaran menjadi lebih menarik, lebih interaktif, jumlah waktu mengajar dapat dikurangi, kualitas belajar dapat ditingkatkan, dan proses belajar mengajar dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja.

Salah satu aplikasi laboratorium virtual adalah simulasi Physics Education Technology (PhET). The PhET Team (2015) menjelaskan bahwa PhET adalah sebuah situs yang menyediakan simulasi pembelajaran fisika dan kimia yang diberikan secara gratis oleh Universitas Colorado untuk kepentingan pengajaran di kelas atau dapat digunakan untuk kepentingan belajar individu. Simulasi dirancang secara interaktif, sehingga penggunaannya dapat melakukan pembelajaran secara langsung. Berdasarkan hal tersebut, simulasi PhET dapat dijadikan suatu pendekatan pembelajaran yang membutuhkan.

Adams, dkk. (2008) menemukan bahwa saat para siswa berinteraksi dengan simulasi PhET ketika proses pembelajaran berlangsung, siswa dapat menggambarkan materi yang awalnya sulit untuk dipahami gambarannya. Desain pada simulasi yakni memiliki tata letak, penggunaan simulasi alat, bantuan, dan representasi percobaan yang sebenarnya dengan baik, sehingga efektif dalam proses kegiatan pembelajaran. Kegiatan pembelajaran dengan menggunakan simulasi PhET membutuhkan LKS sebagai alat bantu bagi siswa dalam melakukan kegiatan pembelajaran.

IPA adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari gejala-gejala melalui serangkaian proses yang dikenal dengan proses ilmiah dan hasilnya terwujud sebagai produk ilmiah yang tersusun atas tiga komponen terpenting berupa konsep, prinsip dan teori yang berlaku secara *universal*. Hakikat IPA mesti tercermin dalam tujuan pendidikan dan metode mengajar yang

digunakan. Dengan demikian pembelajaran IPA pada tingkat pendidikan manapun harus dikembangkan dengan memahami berbagai pandangan hidup yang dipandang sebagai suatu instrumen untuk mencapai kesejahteraan dan kebahagiaan sosial manusia (Trianto, 2012).

Fisika merupakan bagian dari Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang berkaitan dengan cara mencari tahu tentang fenomena alam secara sistematis sehingga proses pembelajarannya bukan hanya sekedar penguasaan pengumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep atau prinsip-prinsip saja, tetapi juga merupakan suatu proses penemuan yang memerlukan proses berfikir yang lebih baik (Ratni Sirait, 2013).

Pada tingkat SMA/MA, fisika dipandang penting untuk diajarkan sebagai mata pelajaran tersendiri dengan beberapa pertimbangan. *Pertama*, selain memberikan bekal ilmu kepada siswa, mata pelajaran fisika dimaksudkan sebagai wahana untuk menumbuhkan kemampuan berpikir yang berguna untuk memecahkan masalah di dalam kehidupan sehari-hari. *Kedua*, mata pelajaran fisika perlu diajarkan untuk tujuan yang lebih khusus yaitu membekali peserta didik pengetahuan, pemahaman dan sejumlah kemampuan yang dipersyaratkan untuk memasuki jenjang pendidikan yang lebih tinggi serta mengembangkan ilmu dan teknologi. Pembelajaran fisika dilaksanakan secara ilmiah untuk menumbuhkan kemampuan berpikir, bekerja dan bersikap ilmiah serta berkomunikasi sebagai salah satu aspek penting kecakapan hidup (BSNP, 2006). Adapun tujuan dan fungsi mata pelajaran Fisika di SMA/MA adalah agar peserta didik memiliki kemampuan sebagai berikut (Depdiknas, 2006): (1) Membentuk sikap positif terhadap fisika dengan menyadari keteraturan dan keindahan alam serta mengagungkan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa. (2) Memupuk sikap ilmiah yaitu jujur, obyektif, terbuka, ulet, kritis dan dapat bekerjasama dengan orang lain. (3) Mengembangkan pengalaman untuk dapat merumuskan masalah, mengajukan dan menguji hipotesis melalui percobaan, merancang dan merakit instrumen percobaan, mengumpulkan, mengolah dan menafsirkan data, serta mengkomunikasikan hasil percobaan secara lisan dan tertulis. (4) Mengembangkan kemampuan bernalar dalam berpikir analisis induktif dan deduktif dengan menggunakan konsep dan prinsip fisika untuk menjelaskan berbagai peristiwa alam dan menyelesaikan masalah baik secara kualitatif maupun kuantitatif. (5) Menguasai konsep dan prinsip fisika serta mempunyai keterampilan mengembangkan pengetahuan dan sikap percaya diri sebagai bekal untuk melanjutkan pendidikan pada jenjang yang lebih tinggi serta mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

1. Hasil Belajar Psikomotor

Hasil belajar psikomotor tampak dalam bentuk keterampilan (*skill*) dan kemampuan bertindak individu. Ada enam tingkatan keterampilan, yakni :

1. Gerakan refleks (keterampilan pada gerakan yang tidak sadar).
2. Keterampilan pada gerakan-gerakan dasar.
3. Kemampuan perseptual, termasuk didalamnya membedakan visual, membedakan auditif, motoris dan lain-lain.
4. Kemampuan dibidang fisik, misalnya kekuatan, keharmonisan dan ketepatan.
5. Gerakan-gerakan *skill*, mulai dari keterampilan sederhana sampai pada keterampilan yang kompleks.
6. Kemampuan yang berkenaan dengan komunikasi *non-decursive* seperti gerakan ekspresif dan interpretatif.

Seseorang yang berubah tingkat kognisinya sebenarnya dalam kondisi tertentu telah berubah pula sikap dan prilakunya. Hasil belajar psikomotor ini ada yang tampak pada saat

proses belajar mengajar berlangsung dan ada pula yang tampak setelah ia menerima pengamalan belajar tertentu. Hasil belajar ini sebenarnya adalah tahap lanjutan dari hasil belajar afektif yang baru tampak dalam kecenderungan-kecenderungan untuk berperilaku (Nana Sudjana, 2008).

Menurut Dave (1967) dalam penjelasannya mengatakan bahwa hasil belajar psikomotor dapat dibedakan menjadi lima tahap, yaitu (1) imitasi, menirukan gerakan yang dilakukan oleh orang lain. Contohnya peserta didik mampu mengelompokkan alat dan bahan yang dilakukan oleh gurunya. (2) Manipulasi, melakukan gerakan berbeda dengan yang diajarkan. Contohnya peserta didik melakukan manipulasi rangkaian alat dengan desain pengelompokan sendiri. (3) Presisi, yaitu melakukan gerakan yang tepat atau akurat. Contohnya peserta didik menggunakan alat yang tepat untuk menghitung besar tegangan listrik yang mengalir pada rangkaian. (4) Artikulasi, yaitu memberikan sentuhan seni dengan menggabungkan beberapa hal yang hasilnya sebuah harmoni. Contohnya peserta didik membuat sebuah rangkaian dengan rapi dan memiliki nilai tersendiri. (5) Naturalisasi, Gerakan yang berkualitas menjadi bagian dari dimana yang ketika dilakukan terjadi secara refleks. Contoh dalam membuat sebuah rangkaian peserta didik yang nampaknya sudah terbiasa dalam penggunaan alat-alat laboratorium sehingga menciptakan hasil yang akurat.

2. Metode Penerapan

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Jenis penelitian yang digunakan adalah kuasi eksperimen dengan *design The Posttest – Only Control Groups Design*. Dalam design ini terdapat dua kelompok yang masing-masing dipilih secara *random*. Kelompok pertama diberi perlakuan (X) dan kelompok lain tidak. Kelompok yang diberi perlakuan yaitu kelompok eksperimen dan kelompok yang tidak diberi perlakuan yaitu kelompok kontrol. Kedua kelompok ini kemudian dikenakan pengukuran atau observasi (tes) yang sama. Secara sederhana rancangan penelitian ini dapat digambarkan seperti Gambar 1.

<u>Kelas Eksperimen</u>	R	X	O ₁
<u>Kelas Kontrol</u>	R		O ₂

Gambar.1 Rancangan *The posttest – Only Control Groups Design*

Keterangan:

Kelas Eksperimen : Kelompok kelas yang diberi perlakuan berupa media Laboratorium Virtual

Kelas Kontrol : Kelompok kelas dengan eksperimen

R : Kelas yang dipilih secara *random*

X : Perlakuan dengan menerapkan media Laboratorium Virtual

O₁ : Skor *Posstest* kemampuan psikomotor fisika kelas eksperimen

O₂ : Skor *posstest* kemampuan psikomotor fisika kelas kontrol

Data dalam penelitian ini di kumpulkan dengan cara memberikan test psikomotor kepada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol yang telah dibelajarkan materi listrik dinamis dengan menggunakan virtual laboratorium untuk kelas eksperimen dan pembelajaran dengan metoda eksperimen pada kelas kontrol. Pembelajaran yang diberikan sesuai dengan RPP yang

telah disusun sebelumnya menurut silabus dan diberikan LKS. Soal test yang diberikan juga telah disusun sedemikian rupa mengacu kepada indikator pembelajaran.

Data dianalisis dengan teknik analisis deskriptif dan teknik analisis inferensial. Teknik analisis deskriptif dilakukan Analisis deskriptif akan menggambarkan bagaimana hasil belajar psikomotor fisika siswa menggunakan media Laboratorium Virtual pada materi listrik dinamis di kelas eksperimen dengan kriteria daya serap siswa.

Daya serap siswa didefinisikan sebagai kemampuan siswa terhadap penguasaan materi yang disajikan dalam proses pembelajaran. Daya serap siswa tersebut dapat dihitung dari perbandingan antara skor yang diperoleh oleh siswa terhadap skor maksimum yang telah ditetapkan. Untuk mengetahui daya serap yang diperoleh siswa digunakan ketentuan:

$$\text{Daya Serap} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100 \% \quad (1)$$

Tabel. 1 Kategori Daya Serap Siswa

Interval (%)	Kategori Daya Serap
85 – 100	Amat baik
70 – 84	Baik
50 – 69	Cukup baik
0 – 49	Kurang baik

(Depdiknas, 2007)

Sementara analisis inferensial dilakukan untuk melakukan generalisasi dari sampel terhadap semua poulasi tentang terhadap kontribusi atau peranan Lab-Vir terhadap hasil belajar psikomotor Siswa SMA Di Pekanbaru. Kesimpulan dari sampel yang akan diberlakukan untuk populasi memiliki peluang kesalahan dan kebenaran (kepercayaan) yang dinyatakan dalam bentuk persentasi. Bila peluang kesalahan 5% maka taraf kepercayaan 95%, bila peluang kesalahan 1% maka taraf kepercayaan 99%. Peluang kesalahan dan kepercayaan ini disebut dengan taraf signifikan

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Deskriptif

Dari data hasil belajar psikomotor fisika siswa ang diolah menggunakan persamaan (1), diperoleh daya serap hasil belajar psikomotor di kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah seperti Tabel.2

Tabel.2

Kategori Rata-rata Daya Serap Hasil Belajar Psikomotor

Interval Daya Serap Siswa	Kategori Daya Serap Siswa	Kelas Eksperimen		Kelas Kontrol	
		Jumlah Siswa	Persen- tase (%)	Jumlah Siswa	Persen- tase (%)
85-100	Amat Baik	27	87	22	71
70-84	Baik	4	13	8	25,8
50-69	Cukup Baik	-	-	1	3,2
0-49	Kurang Baik	-	-	-	-
Rata-rata Daya Serap		90,68		88,53	

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa daya serap yang diperoleh siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol pada hasil belajar psikomotor berbeda-beda. Daya serap hasil belajar psikomotor siswa dengan menggunakan media simulasi *virtua-Lab* lebih tinggi dibandingkan dengan kelas yang belajar dengan menggunakan eksperimen di kelas kontrol. Hal ini terlihat dari siswa yang berada pada kategori amat baik dan kategori baik di kelas eksperimen lebih dominan dengan persentase 87 % dan 13 %. Sedangkan pada kelas kontrol siswa yang berada pada kategori amat baik dan siswa yang berada pada kategori baik, serta cukup baik memiliki persentase 71%, 35,8% dan 3,2%. Selain itu, rata-rata daya serap siswa di kelas eksperimen dengan persentase 90,68 %, sedangkan rata-rata daya serap siswa dikelas kontrol dengan persentase 88,53 %, keduanya berada pada kategori yang sama.

Daya serap rata-rata kemampuan psikomotor untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol pada setiap indikator soal terangkum pada Tabel 3

Tabel. 3

Daya Serap Kemampuan Psikomotor Fisika Siswa pada Tiap Indikator

Indikator Kemampuan Psikomotor	Kelas Eksperimen		Kelas Kontrol	
	Rata-rata Daya Serap	Kategori Daya Serap	Rata-rata Daya Serap	Kategori Daya Serap
Imitasi (P1)	76,34	B	88,25	AB
Manipulasi (P2)	95,70	AB	77,42	B
Preisisi (P3)	100	AB	98,92	AB
Daya Serap Rata-rata	90,68	AB	88,53	AB

Ket : AB = Amat Baik, B = Baik, CB = Cukup Baik, KB = Kurang Baik

Tabel 3 memperlihatkan bahwa daya serap hasil belajar psikomotor fisika siswa pada setiap indikator di kelas eksperimen dengan menggunakan media *virtual-lab* lebih tinggi dari pada kelas kontrol dengan eksperimen. Adapun rata-rata daya serap tertinggi pada kelas eksperimen yaitu pada indikator P3 dengan persentase 100,00%, berada pada kategori amat baik. Sedangkan rata-rata daya serap terendah berada pada indikator P1 dengan persentase 76,34 %, berada pada kategori baik.

2. Analisis Inferensial

Hasil Analisis inferensial yang dilakukan dengan menggunakan Independent Samples t-Test untuk menguji apakah ada perbedaan hasil belajar psikomotor siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan multi media virtual learning dengan hasil belajar psikomotor fisika siswa yang dibelajarkan dengan metoda eksperimen. Secara deskriptif kelas eksperimen dan kontrol dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4

Uji-t Perbandingan hasil belajar keterampilan Psikomotor Fisika siswa yang belajar dengan Laboratorium Virtual dengan siswa yang belajar menggunakan metoda eksperimen.

Groups	N	Rerata	Standar Deviasi	Nilai-t	Signifikan
Ekperimen	31	88.68	9.29	1,025	0,310*
Kontrol	31	90.67	7.09		

*Signifikan pada $p < 0.05$

0.05

Berdasarkan hasil uji-t pada tabel.4 menunjukkan bahwa nilai signifikansi sebesar 0,310. Nilai signifikansi ini lebih besar dari 0,05 sehingga kedua kelas memiliki nilai variansi yang sama dengan t hitung 1,025. Dengan demikian hasil menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol.

Hipotesis yang diuji (H_0) dalam penelitian ini yaitu tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil belajar psikomotor fisika siswa yang menggunakan media simulasi *laboratorium Virtual* dengan ekperimen. Berdasarkan ketentuan *t-test polled varians* $n_1 \neq n_2$ maka t tabel diperoleh $dk = n_1 + n_2 - 2$ ($dk = 31 + 31 - 2 = 60$), maka diperoleh **t tabel** = 2,000. Sehingga diperoleh $t_{hitung} < t_{tabel}$ ($1,025 < 2,000$) artinya **Ho diterima**. Artinya tidak terdapat perbedaan yang sigfinifikan antara hasil belajar psikomotor fisika siswa di kelas yang menggunakan media Laboratorium Virtual dengan siswa yang belajara dengan eksperimen.

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisa data dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa Media Laboratorium Virtual sebagai sarana belajar fisika di Sekolah Mengah Atas Pekanbaru mempunyai peranan yang sama dengan laboratorium biasa, Sehingga dengan demikian dapat digunakan sebagai media pembelajaran Fisika di Sekolah Menengah Atas.

DAFTAR PUSTAKA

- Muhammad Nasir, dkk (2017), Development and Evaluation of Virtual Physics Laboratory As Multimedia Learning Physics On Senior High Schools (SMA) Pekanbaru, Riau. Proceeding International Conference Vol. 1 No.1 tahun 2017. ISSN : 2579-4089
- Putri Sarini (2012), Influence of Virtual Experiment on the Outcomes of Learning Physics by Considering the Motivation of Students at the SMA Negeri 1 Singaraja, Journal of Interactive Learning Research. Vol. 19 (4), 551-577.
- The PhET Team. 2015. PhET (Intective Simulations). (Online): <http://www.PhET.colorado.edu/in/>. diakses 3 Maret 2016).
- Adams,W.K.,Reid,S.,LeMaster,R.,McKag an, S., Perkins, K., Dubson, M. & Wieman, C.E. 2008. A Study of Educational Simulations Part II – Interface Design. Journal of Interactive Learning Research. Vol. 19 (4), 551-577.

- Choiron, M. 2013. Memanfaatkan Media ICT dalam Pembelajaran (Online): (<http://www.teknologi.kompasiana.com/terapan/2013/11/28/memanfaatkan-media-ict-dalam-pembelajaran-614758.html>). diakses 3 Maret 2016).
- Imron, M. (2012). Memanfaatkan lab. Virtual.(Online):(<http://www.mazguru.wordpress.com/2012/04/19/ayo-memanfaatkan-laboratoriumvirtual>). diakses 12 Maret 2016).
- Lailiyah, E. 2009. Perbandingan Efektivitas Metode Simulasi Javascript terhadap Demonstrasi dan Ceramah dalam Meningkatkan kemampuan Siswa untuk Materi Pemuaian dan Wujud Zat. *Jurnal Pembelajaran Fisika Sekolah Menengah*. Vol. 1 (1), 9-13.
- Muhammad Nasir, 2014. Development And Evaluation of Effectiveness of Computer Assisted Physics Instruction, *International education Studies* Vol.7 no. 13; 2014, Canadian Center Of Science and Education, International Journal, ISSN 1913 E-ISSN 1913-9039.
- Nasution, K. 2013. Aplikasi Pembelajaran dalam Perspektif Pendekatan Saintifik.(Online):(<http://www.sumut.kemendiknas.go.id/file/file/TULISANPENGAJAR/nqtx1392172430.pdf>). diakses 19 Maret 2016).
- Nur, M. H. R. 2013. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika yang Bersinergi dengan Media Lab. Virtual PhET pada Materi Sub Pokok Bahasan Fluida Bergerak di MAN 2 Gresik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*. Vol. 2 (3), 162-166.
- Prihatiningtyas, S., Prastowo T., & Jatmiko B. 2013. Implementasi Simulasi PhET dan KIT Sederhana untuk Mengajarkan Keterampilan Psikomotor Siswa pada Pokok Bahasan Alat Optik. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. Vol. 2 (1), 18-22.
- Podolefsky, N. S., Wendy K. A., Kelly L., & Katherine K. P. 2010. Characterizing Complexity of Computer Simulations and Implications for Student Learning. *AIP Conference Proceedings*.

IMPLEMENTATION DISCOVERY LEARNING MODLE IN PHYSICS CLASSROOM SMPN 2 KOTA BENGKULU

Indra Sakti, Chendya TW

Program Studi Fisika JPMIPA FKIP Universita Bengkulu

Jl Raya Kandang Limun Bengkulu 38123

Email : indrasakti.jb@gmail.com

Abstract

The objective of the research is to increase of student activities and increace result study of students by using discovery learning modle for kalor in class VIIF SMPN 2 Kota Bengkulu. The Object research or respondent is student in 35 person in class VIIF SMPN 2 Kota Bengkulu. This research used in three cycle with four steps are planning, acting, observating and reflection. The result of the research are; (1) students activities increased; 25 infirst cycle, increase to 26,5 in second cycle, and increase agains become 30 in thirth cycle. (2) the average of result study of students is 75,26 in infirst cycle, increase to 78,09 in second cycle, and increase agains become 79,91 in thirth cycle.

Keywords : discovery learning modle, activities, achievement.

1. Pendahuluan

Ilmiah perlu kumpulan Ford, et al., dengan metode bridge and lam dengan ren, 1990). p fenomena ikap ilmiah tis, kreatif, adap alam. Melalui proses IPA dapat dikembangkan keterampilan mengobservasi, menjelaskan, berpikir, memecahkan masalah, dan membuat keputusan (Yager, 1996). Hal ini bersesuaian dengan maksud pembelajaran fisika yaitu untuk mendidik siswa agar mampu mengembangkan observasi dan eksperimentasi serta berpikir taat asas melalui: mengamati, memahami, dan memanfaatkan gejala-gejala alam yang melibatkan zat (materi) dan energi (Depdiknas, 2003). Oleh karena itu, pengembangan kemampuan mengamati, menanya, mencoba, menganalisa dan mengkomunikasikan adalah tergolong sebagai pendekatan saintifik dan direkomendasikan dalam Kurikulum 2013.

Pembelajaran fisika dengan pendekatan saintifik menuntut adanya proses penemuan dan sikap ilmiah layaknya seorang ilmuwan. Fisika adalah ilmu pengetahuan yang menggunakan metode ilmiah dalam prosesnya. IPA menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar siswa mampu menjelajahi dan memahami gejala alam secara ilmiah (P.Rahayu dkk, 2012). Mata pelajaran IPA juga menekankan peserta didik untuk mengkonstruksi dan menemukan pengetahuannya lewat percobaan khususnya fisika. Menurut Koes (2003) dalam L.U. Ali (2013) bahwa salah satu kunci untuk pembelajaran IPA harus melibatkan siswa secara aktif untuk berinteraksi secara konkrit. Esensi pendekatan saintifik yang menekankan pada bagaimana siswa menemukan suatu pengetahuan melalui proses ilmiah ini dapat menumbuhkan sikap ilmiah, berpikir kritis, kreatif serta berpikir logis.

Berdasarkan observasi di SMP Negeri 2 Kota Bengkulu khususnya kelas VII F sudah menerapkan Kurikulum 2013, diidentifikasi terdapat beberapa masalah, antara lain adalah : (1) prestasi belajar masih rendah, hal ini terlihat pada ulangan harian yaitu hanya 35% siswa yang tuntas dan ujian tengah semester hanya 55 % yang tuntas berdasarkan ketuntasan minimal; (2) masih kurang antusiasnya siswa belajar; (3) Evaluasi pembelajaran pada penilaian kognitif saja, belum mengenai aspek psikomotor dan proses pembelajaran.

Pelaksanaan pembelajaran dengan penerapan kurikulum 2013 di SMP Negeri 2 Bengkulu telah berlangsung selama 3 tahun, yaitu sejak tahun ajaran 2014/2015. Dengan demikian dapat diduga pelaksanaan pembelajaran berlangsung dengan suasana menyenangkan dan hasil belajar siswa kategori baik. Hasil belajar menurut Bloom (1976) mencakup prestasi belajar, kecepatan belajar, dan afektif. Andersen (1981) sependapat dengan Bloom bahwa karakteristik manusia meliputi cara yang tipikal dari berpikir, berbuat, dan perasaan. Tipikal berpikir berkaitan dengan ranah kognitif, tipikal berbuat berkaitan dengan ranah psikomotor, dan tipikal perasaan berkaitan dengan ranah afektif. Ranah afektif mencakup watak perilaku seperti perasaan, minat, sikap, emosi, atau nilai. Ketiga ranah tersebut merupakan karakteristik manusia sebagai hasil belajar dalam bidang pendidikan.

Menurut Popham (1995), ranah afektif menentukan keberhasilan belajar seseorang. Orang yang tidak memiliki minat pada pelajaran tertentu sulit untuk mencapai keberhasilan belajar secara optimal. Seseorang yang berminat dalam suatu mata pelajaran diharapkan akan mencapai hasil pembelajaran yang optimal. Oleh karena itu semua guru harus mampu membangkitkan minat semua siswa untuk mencapai kompetensi yang telah ditentukan. Selain itu ikatan emosional sering diperlukan untuk membangun semangat kebersamaan, semangat persatuan, semangat nasionalisme, rasa sosial, dan sebagainya. Untuk itu semua dalam merancang program pembelajaran, satuan pendidikan harus memperhatikan ranah afektif.

Keberhasilan pembelajaran pada ranah kognitif dan psikomotor dipengaruhi oleh kondisi afektif siswa. Siswa yang memiliki minat belajar dan sikap positif terhadap pelajaran fisika akan merasa senang mempelajari mata pelajaran tersebut, sehingga dapat mencapai hasil pembelajaran yang optimal. Walaupun para guru sadar akan hal ini, namun belum banyak tindakan yang dilakukan guru secara sistematis untuk meningkatkan minat siswa. Oleh karena itu untuk mencapai hasil belajar yang optimal, dalam merancang program pembelajaran dan kegiatan pembelajaran bagi siswa, guru harus memperhatikan karakteristik afektif siswa.

Untuk menjawab tantangan tersebut diperlukan suatu model pembelajaran yang inovatif dan kreatif dalam proses pembelajaran, sehingga *output* yang dihasilkan mengalami peningkatan aktivitas dan hasil belajar. Salah satu model pembelajaran yang mampu membuat siswa untuk berpikir secara aktif dan bekerja ilmiah di dalam proses pembelajaran adalah model pembelajaran penemuan (*discovery learning model*). Model ini menekankan pentingnya pemahaman struktur atau ide-ide penting terhadap suatu disiplin ilmu, melalui keterlibatan siswa secara aktif dalam pembelajaran. Pembelajaran *discovery* merupakan suatu model pembelajaran yang dikembangkan oleh J. Bruner berdasarkan pada pandangan kognitif tentang pembelajaran dan prinsip-prinsip konstruktivis (Depdiknas, 2005). Sejalan yang disampaikan oleh Slavin (1994) dalam Widiadnyana (2014) bahwa siswa belajar melalui keterlibatan aktif dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip, dan guru mendorong siswa untuk mendapatkan pengalaman dengan melakukan kegiatan yang memungkinkan mereka menemukan konsep dan prinsip-prinsip untuk diri mereka sendiri.

Proses pembelajaran penemuan (*discovery learning model*) memberi kesempatan kepada siswa untuk kegiatan pembelajaran yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menemukan sesuatu secara sistematis sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya dengan penuh percaya diri. Model pembelajaran penemuan (*discovery learning model*) memiliki kelebihan yaitu menjadikan siswa lebih aktif dalam pembelajaran, dan siswa dapat memahami benar konsep yang telah dipelajari, jawaban yang diperoleh akan menimbulkan rasa puas oleh siswa (Purwanto, 2012). Dalam mengaplikasikan model pembelajaran penemuan (*discovery learning model*) guru berperan sebagai pembimbing dengan memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar secara aktif, mencari informasi dari berbagai sumber sebagaimana guru harus dapat mengarahkan kegiatan belajar siswa sesuai dengan tujuan pembelajaran yang dilakukan didalam kelas.

Dengan demikian, berdasarkan uraian sebagaimana tersebut di atas, dipandang perlu melakukan penelitian tentang implementasi model pembelajaran penemuan (*discovery learning model*) dengan pendekatan saintifik dapat meningkatkan aktivitas belajar dan hasil belajar siswa pada konsep kalor dan perpindahannya di kelas VII F SMP Negeri 2 Kota Bengkulu, dengan rumusan masalah adalah (1) apakah pembelajaran *discovery* dengan pendekatan saintifik dapat meningkatkan aktivitas belajar siswa di kelas VII F SMP Negeri 2 Kota Bengkulu dan (2) Apakah penerapan pembelajaran *discovery* dengan pendekatan saintifik dalam pembelajaran dapat meningkatkan hasil belajar siswa di kelas VII F SMP Negeri 2 Kota Bengkulu. Adapun tujuan penelitian adalah (1) Mendeskripsikan peningkatan aktivitas belajar siswa dalam pembelajaran *discovery* dengan pendekatan saintifik; (2) Menghitung peningkatan hasil belajar siswa dengan penerapan pembelajaran *discovery* dengan pendekatan saintifik.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat; (1) bagi siswa sebagai informasi pembelajaran dan pengalaman langsung dengan penerapan model pembelajaran *discovery* dengan pendekatan saintifik melalui kegiatan pengalaman mengamati, menanya, mencoba, menginterpretasi dan mengkomunikasikan. (2) bagi guru sebagai informasi dalam menerapkan pembelajaran dengan penerapan model *discovery* dengan pendekatan saintifik. (3) bagi kepada sekolah sebagai masukan informasi tentang penerapan penelitian oleh guru dalam rangka upaya peningkatan kinerja pembelajaran guru.

2. KAJIAN TEORITIS

A. Pengertian Pendekatan Saintifik

Pembelajaran dengan pendekatan saintifik adalah proses pembelajaran yang dirancang sedemikian rupa agar peserta didik aktif mengkonstruksi konsep, hukum atau prinsip melalui tahapan-tahapan (Daryanto, 2014:51). Hal ini sejalan dengan apa yang dikatakan Ridwan A. Sani (2014:53) yaitu berdasarkan teori Dyer, “pendekatan saintifik dalam pembelajaran memiliki komponen proses pembelajaran antara lain mengamati (*observing*), menanya (*questioning*), mencoba (*experimenting*), menalar (*associating*), jejaring (*networking*).

Imas Kurniasih (2014:33) menyatakan bahwa pembelajaran dengan pendekatan saintifik memiliki karakteristik sebagai berikut; (a) berpusat pada siswa, (b) melibatkan keterampilan proses sains dalam mengkonstruksi konsep, hukum atau prinsip, (c) melibatkan proses-proses kognitif yang potensial dalam merangsang perkembangan intelek, khususnya keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa, (d) dapat mengembangkan karakter siswa. Lebih lanjut dijelaskan bahwa tujuan pembelajaran dengan metode saintifik adalah, (a) meningkatkan kemampuan intelek, khususnya kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa, (b) membentuk kemampuan siswa dalam menyelesaikan suatu masalah secara sistematis, (c) terciptanya kondisi pembelajaran dimana siswa merasa bahwa belajar itu merupakan suatu kebutuhan, (d) diperolehnya hasil belajar yang tinggi.

B. Pengertian Model Discovery Learning

Model *discoveri* dalam bahasa Indonesia sering disebut sebagai model penemuan. Menurut Hosnan (2014:281) “pembelajaran penemuan (*discovery*) merupakan suatu model pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan pandangan konstruktivisme”. Model ini menekankan pada pentingnya pemahaman struktur atau ide-ide penting terhadap suatu disiplin ilmu, melalui keterlibatan siswa secara aktif dalam pembelajaran. Dalam pembelajaran *discoveri*, pembelajaran yang dirancang sedemikian rupa sehingga siswa mudah menemukan konsep dan prinsip melalui proses mental sendiri.

Jauwad dan Supriyono (2015:50) berpendapat bahwa pembelajaran *discoveri* adalah model pembelajaran yang mengatur siswa memperoleh pengetahuan yang belum diketahuinya bukan melalui pemberitahuan langsung, namun ditemukan secara mandiri. Purwanto, dkk, 2012 mengungkapkan model pembelajaran *discoveri* merupakan kegiatan pembelajaran yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menemukan sesuatu (benda, manusia atau peristiwa) secara sistematis, kritis, logis analitis sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya dengan penuh percaya diri selaras. Sund (1975) dalam Suryosubroto (2008:179) juga berpendapat bahwa *discoveri* adalah proses mental siswa mengasimilasikan sesuatu konsep atau sesuatu prinsip. Proses mental tersebut misalnya : mengamati, menggolong-golongkan, membuat dugaan, menjelaskan, mengukur, membuat kesimpulan dan sebagainya.

Hosnan (2014 : 283) mengemukakan bahwa pembelajaran *discovery* mempunyai prinsip yang sama dengan *inquiry* dan *problem solving*. Persamaan ketiganya yakni pembelajaran menekankan pada ditemukannya konsep atau prinsip yang sebelumnya yang belum diketahui. Namun, untuk pembelajaran *discoveri* masalah yang dihadapkan kepada siswa merupakan masalah yang direkayasa oleh guru.

Dalam mengaplikasikan model pembelajaran *discoveri* guru berperan sebagai pembimbing dengan memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar secara aktif, mencari informasi sebanyak-banyaknya dari berbagai sumber sebagaimana pendapat guru harus dapat membimbing dan mengarahkan kegiatan belajar siswa sesuai dengan tujuan. Kondisi seperti ini ingin merubah kegiatan belajar mengajar yang *teacher oriented* menjadi *student oriented*.

Pada pembelajaran *discoveri* siswa didorong untuk belajar sendiri melalui keterlibatan aktif dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip. Guru mendorong siswa agar mempunyai pengalaman dan melakukan eksperimen dengan memungkinkan siswa menemukan prinsip atau konsep bagi diri mereka sendiri. Pembelajaran *discoveri* ini adalah suatu model untuk mengembangkan cara belajar siswa aktif dengan menemukan sendiri, menyelidiki sendiri, maka hasil yang diperoleh akan tahan lama dalam ingatan, tidak akan mudah dilupakan siswa. Dengan belajar *discoveri*, siswa juga bisa belajar berpikir analisis dan mencoba memecahkan sendiri problem yang dihadapi. Kebiasaan ini akan dilakukan siswa dalam kehidupan sehari-hari.

Menurut Syah (2004) dalam Abidin (2014:177) menyatakan bahwa dalam mengaplikasikan *discoveri* di proses pembelajaran, ada beberapa tahapan yang harus dilaksanakan. Tahapan atau langkah-langkah tersebut yaitu : 1) Stimulasi (*Stimulation*), 2)Menyatakan masalah (*Problem Statement*), 3) Pengumpulan Data (*Data Colection*), 4) Pengolahan data, 5) Pembuktian, 6) Menarik kesimpulan”.

Pada tahap stimulasi siswa dihadapkan pada suatu hal yang membuat siswa bertanya-tanya dan dirangsang untuk melakukan kegiatan penyelidikan guna menjawab hal tersebut. Masalah yang dihadapkan sejalan dengan adanya informasi yang belum disajikan guru. Selanjutnya menyatakan masalah yaitu siswa diarahkan untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin masalah yang relevan dengan bahan pelajaran, kemudian salah satunya dipilih dan dirumuskan dalam bentuk hipotesis. Sedangkan pada tahap pengumpulan data siswa ditugaskan untuk melakukan kegiatan eksplorasi, pencarian, dan penelusuran dalam rangka mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang relevan untuk membuktikan benar atau tidaknya suatu hipotesis yang telah diajukannya. Kegiatan ini dapat dilakukan melalui aktivitas wawancara, kunjungan lapangan, dan atau kunjungan pustaka.

Selanjutnya pada tahap pengolahan data siswa mengolah data dan informasi yang telah diperolehnya baik melalui wawancara, observasi, dan sebagainya, lalu ditafsirkan. Kemudian dilakukanlah pembuktian untuk melakukan pemeriksaan secara cermat dan membuktikan benar atau tidaknya suatu hipotesis, dihubungkan dengan hasil pengolahan data. Tahapan terakhir yaitu menarik kesimpulan, yang dapat dijadikan prinsip umum dengan memperhatikan hasil verifikasi suatu data. Menurut Syah dalam Abidin (2014:178), tahapan model pembelajaran *discoveri* secara lebih jelas pada tabel 2.1.

C. Pengertian Aktivitas Belajar

Kurikulum 2013 merupakan kurikulum berbasis kompetensi yang menekankan pembelajaran berbasis aktivitas yang bertujuan memfasilitasi siswa memperoleh sikap, pengetahuan, dan keterampilan” (Kemendikbud, 2015 : 5). Penerimaan pelajaran jika dengan aktivitas siswa sendiri, kesan itu tidak akan berlaku begitu saja tetapi dipikirkan,

diolah kemudian dikeluarkan lagi dalam bentuk yang berbeda. Siswa akan bertanya, mengajukan pendapat, menimbulkan diskusi dengan guru. Dalam proses pembelajaran, guru perlu menimbulkan aktivitas siswa dalam berpikir maupun berbuat. Dalam berbuat siswa dapat menjalankan perintah, melaksanakan tugas, membuat grafik, diagram, inti sari dari pelajaran yang disajikan oleh guru” (Slameto, 2010 : 37).

D. Pengertian Hasil Belajar

Dimiyati (2009: 3) menyatakan bahwa “hasil belajar merupakan hasil dari suatu interaksi tindak belajar siswa dan tindak mengajar guru”. Hasil belajar adalah suatu pencapaian tujuan pengajaran guru dan peningkatan kemampuan mental siswa. Setiap proses belajar mempengaruhi perubahan perilaku pada domain tertentu pada diri siswa, tergantung perubahan yang diinginkan terjadi sesuai dengan tujuan pendidikan. Menurut Bloom dalam Agus Suprijono (2012 : 6-7) “hasil belajar mencakup kemampuan kognitif, afektif dan psikomotorik”. Domain kognitif adalah domain yang mencakup kegiatan otak. Artinya, segala upaya yang menyangkut aktivitas otak termasuk ke dalam ranah kognitif. Domain kognitif ini terdiri atas 6 (enam) tingkatan yaitu pengetahuan (*knowledge*), tingkat pemahaman (*comprehension*), tingkat penerapan (*application*), tingkat analisis (*analysis*), tingkat sintesis (*synthesis*), dan tingkat evaluasi (*evaluation*).

Tabel 2.1 Tahapan pembelajaran *Discovery Learning Model*

Tahapan	Aktifitas Guru dan Peserta Didik
1. <i>Stimulation/</i> Pemberian Rangsangan	Siswa dihadapkan pada suatu permasalahan agar timbul keinginan untuk menyelidiki sendiri. Dalam proses pembelajaran guru dapat memulai dengan mengajukan pertanyaan, anjuran membaca buku.
2. <i>Problem</i> <i>Statement/</i> Identifikasi masalah	Guru memberi kesempatan pada siswa untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin masalah yang relevan dengan bahan pelajaran. Kemudian dipilih salah satu untuk dirumuskan dalam bentuk hipotesis.
3. <i>Data</i> <i>Collection/</i> Pengumpulan Data	Guru memberikan kesempatan pada siswa untuk mengumpulkan data sebanyak-banyaknya. Pada tahap ini berfungsi untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis.
4. <i>Data</i> <i>Processing/</i> Pengolahan Data	Data yang diperoleh siswa melalui membaca literatur, mengamati objek dapat diolah dengan cara tertentu serta ditafsir pada tingkat kepercayaan tertentu. Siswa melakukan pemeriksaan secara cermat untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis. Verifikasi berjalan baik dan kreatif jika guru memberi kesempatan

Nana Sudjana (1995:33) juga mengungkapkan bahwa “hasil belajar adalah suatu akibat dari proses belajar dengan menggunakan alat pengukuran, yaitu berupa tes yang disusun secara terencana, baik tes tertulis, tes lisan maupun tes perbuatan”. Hasil belajar adalah bagian yang sangat penting dan tidak terpisahkan dalam proses pembelajaran. Hasil belajar diketahui setelah adanya evaluasi atau penilaian hasil belajar.

Dengan demikian hasil belajar digunakan untuk mengetahui sejauh mana siswa berhasil mencapai tujuan pembelajaran dan memperoleh perubahan perilaku setelah proses pembelajaran sehingga dapat diperoleh gambaran tentang pencapaian program pendidikan. Hasil belajar juga penting bagi guru sebagai umpan balik untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan guru dalam mengajar sehingga dapat memperbaiki proses pembelajaran selanjutnya. Hasil belajar berupa sikap religius dan sosial, pengetahuan, dan keterampilan sebagai hasil belajar dengan impementasi model pembelajaran penemuan (*discovery learning model*) berbasis pendekatan saintifik

E. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian tindakan kelas (*Classroom Action Research*). Desain penelitian yang dilaksanakan dalam tiga siklus, dimana setiap siklus terdiri dari empat tahap, yaitu 1) Tahap perencanaan (*planing*), 2) Tahap tindakan (*Acting*), 3) Tahap pengamatan (*Observating*), 4) Tahap refleksi (*Reflection*).

Subjek penelitian ini adalah seluruh siswa kelas VII F SMP Negeri 2 Kota Bengkulu tahun ajaran 2015/2016 yang berjumlah 35 orang siswa yang terdiri dari 18 siswa laki-laki dan 17 siswa perempuan. Penelitian ini dilaksanakan pada 29 Febuari–19 Maret 2016. Kelas ini dipilih karena (1) siswa di kelas ini memiliki nilai rata-rata rapor yang baik (2) siswa di kelas ini pasif dalam proses pembelajaran (3) siswa tidak bersemangat belajar fisika. Instrumen yang digunakan dalam penilitian ini berupa tes hasil belajar setiap siklus, lembar observasi, dan lembar penilaian keterampilan. Materi fisika yang dibelajarkan adalah Kalor dan Perpindahannya dan untuk siklus I tentang Energi panas, kalor, dan kalor pada perubahan suhu benda, siklus II tentang Kalor pada perubahan wujud benda dan siklus III tentang Perpindahan Kalor. Validasi instrumen dilakukan adalah validasi konten/isi, dimana untuk validitas ahli dilakukan oleh dosen, dan Validasi Ahli Teknis oleh guru fisika SMPN 2 Kota Bengkulu.

Data penelitian ini berupa: a) data kualitaif, yaitu data aktivitas siswa dan guru peneliti, da b) data kuantitatif, yaitu data hasil belajar siswa berupa aspek kognitif dan psikomotor. Data hasil observasi aktivitas siswa dianalisis dengan berpedoman pada Memes (2001), menyatakan bila nilai aktivitas siswa $> 75,6$ maka dikategorikan aktif. Bila $59,4 < \text{skor aktivitas} < 75,6$, maka dikategorikan cukup aktif. Bilai skor aktivitas $< 59,4$ maka dikategorikan kurang aktif.

Penilaian hasil belajar menurut Arikunto (2001), menyatakan bahwa bila nilai siswa > 66 maka dikategorikan baik, bila $55 < \text{nilai siswa} < 66$ maka dikategorikan cukup baik, bila nilai siswa < 55 maka dikategorikan kurang baik.

F. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Data Siklus I

Pembelajaran siklus I dilakukan pada tanggal 1 Maret 2016. Tindakan yang dilakukan dalam siklus I adalah melaksanakan pembelajaran dengan menerapkan pendekatan Saintifik menggunakan model pembelajaran penemuan (*discovery learning model*), pada materi kalor dan perubahannya dengan sub konsep energi panas, kalor, dan kalor pada perubahan suhu benda. Adapun hasil penelitian yang diperoleh adalah sebagai berikut:

a. Deskripsi Data Hasil Observasi Aktivitas Siswa

Data hasil observasi aktivitas siswa dalam proses pembelajaran model discoveri dengan pendekatan saintifik pada tiap siklus dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Data Aktivitas Siswa Siklus I, II dan III

Siklus	Kategori	Jumlah	% Siswa	% Aktivitas Siswa
Siklus I	Aktif	7	20,00	60,14
	Cukup aktif	13	37,14	
	Kurang aktif	15	42,86	
	Jumlah	35	100	
Siklus II	Aktif	18	51,43	75,97
	Cukup aktif	15	42,86	
	Kurang aktif	2	5,71	
	Jumlah	35	100	
Siklus III	Aktif	30	80,71	80,23
	Cukup aktif	3	8,57	
	Kurang aktif	2	5,71	
	Jumlah	35	100	

Adapun keterampilan siswa dilihat dari langkah proses pembelajaran model discoveri dengan pendekatan saintifik adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Data Aktivitas Siswa Siklus I, II dan III

No	Keterampilan Siswa dalam Langkah Proses Pembelajaran	Siklus		
		1	2	3
1	Stimulus/Pemberian rangsangan	3	3	3
2	Identifikasi masalah	2,5	2,5	3
3	Pengumpulan data/Eksperimen	2,5	3	2,5
4	Pengolahan data	2	2,5	3
5	Pembuktian	2	2,5	3
6	Menyimpulkan	2,5	2,5	3
Jumlah		14,5	16	17,5

Berdasarkan data tersebut, rata rata skor aktifitas belajar siswa yaitu meningkat pada setiap siklus. Tabel 2 menunjukkan bahwa aktivitas siswa pada siklus I adalah rata-rata

sebesar 14,5, kemudian meningkat pada siklus II menjadi 16, dan meningkat lagi pada siklus III menjadi 17,5.

b. Deskripsi Data Hasil Belajar Fisika Siswa

Hasil belajar pada siklus I terdiri dari aspek kognitif, dan psikomotor. Hasil belajar aspek kognitif yang dimaksud dalam penelitian ini adalah tes hasil belajar tiap akhir siklus. Tes ini berupa tes esai berjumlah 5 butir soal yang telah valid. Siswa mengerjakan tes siklus I dalam waktu 10 menit. Hasil belajar siswa pada tiap siklus dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Data Hasil Belajar Siswa pada tiap Siklus

No	Deskripsi Hasil Belajar Siswa	Nilai siklus	Nilai siklus	Nilai siklus
I	Kognitif			
	a. Nilai Terendah			6
	b. Nilai Tertinggi			9
	c. Nilai Rata-rata	75,26	78,09	78,91
	d. Standar Deviasi	10,09	11,97	8,
	e. Jumlah Siswa yang tuntas	24	26	27 orang
	f. Daya Serap Klasikal(%)	75,26 %	78,09 %	78,91 %
	g. Ketuntasan Belajar Klasikal	68,57 %	74,28 %	77,14 %
I	Psikomotor	75,71	77,86	79,29

c. Deskripsi Data Hasil Penilaian Psikomotor

Hasil penilaian psikomotor siswa berpedoman pada lembar penilaian keterampilan siswa. Penilaian psikomotor digunakan untuk melihat kemampuan siswa dalam melaksanakan tindakan selama melakukan percobaan. Dari hasil observasi terhadap keterampilan siswa pada siklus I, II dan III dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4 Data Hasil Observasi psikomotor siswa pada tiap Siklus

No	Aspek	Siklus I	Siklus II	Siklus III
1	Menggunakan Alat	84	87	88
2	Merumuskan Hipotesis	80	81	83
3	Deskripsi Pengamatan	79	70	81
4	Mempresentasikan Hasil Pengamatan	75	79	81
	Jumlah	2650	2725	2775
	Rata-rata	75,71	77,86	79,29

Untuk melihat jumlah siswa berdasarkan keterampilannya dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5 Persentase Keterampilan Siswa tiap Siklus

Kategori	Nilai	Siklus I		Siklus II		Siklus III	
		Jlh	%	Jlh	%	Jlh	%
Sangat terampil	A	1	3	5	14	6	17
Terampil	B	26	74	23	66	24	69
Cukup terampil	C	8	23	7	20	5	14
Tidak terampil	D	0	0	0	0	0	0

2. Pembahasan

a. Deskripsi aktivitas siswa dalam pembelajaran

Aktivitas siswa selalu mengalami peningkatan tiap siklusnya. Pada siklus I, persentase aktivitas siswa sebesar 60,14% dengan kategori cukup aktif. Pada siklus ini, masing-masing kelompok terlihat cukup aktif dan senang pada saat identifikasi masalah dan pengumpulan data. Pada siklus II, persentase aktivitas siswa sebesar 75,97% dengan kategori aktif dan mengalami kenaikan sebesar 15,83%. Hal ini dikarenakan siswa nampak semakin aktif dalam setiap langkah pembelajaran.

Pada siklus III, persentase aktivitas siswa sebesar 80,23% dengan kategori aktif dan mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan siklus II sebesar 4,26%. Pada siklus ini, terlihat adanya peningkatan yang signifikan.

Hasil analisis dari ketiga siklus tersebut, menunjukkan adanya peningkatan aktivitas siswa dalam pembelajaran.

b. Deskripsi aktivitas guru peneliti

Pada siklus I, aktivitas guru peneliti tergolong baik. Meskipun demikian, ada beberapa indikator yang belum guru lakukan secara baik, misalnya pada membimbing siswa mengidentifikasi masalah dan mengolah data,

Pada siklus II, telah menunjukkan adanya peningkatan yang lebih baik. Kekurangan siklus ini adalah guru belum mampu memotivasi dan menciptakan kondisi belajar yang kondusif untuk pembelajaran dengan melakukan percobaan, karena beberapa siswa cenderung terlalu lalu lalang dalam kelas sambil mengolok-olok temannya.

Pada siklus III, pembelajaran *discoveri* yang dikelola guru dinilai semakin baik lagi bila dibandingkan dua siklus sebelumnya. Hal ini terlihat dari semua aspek aktivitas yang sesuai dengan pembelajaran *discoveri* telah dilakukan guru peneliti dengan baik sekali, didukung oleh antusiasme siswa itu sendiri yang semakin baik.

c. Deskripsi hasil belajar siswa pada ranah kognitif dan psikomotor

Berdasarkan data hasil belajar siswa, dapat dilihat bahwa rata-rata hasil belajar siswa mengalami kenaikan pada setiap siklus. Pada siklus I, untuk ranah kognitif siswa mempunyai rata-rata sebesar 75,26 dengan kategori aktif dengan standar deviasi sebesar 10,09. Namun pada siklus I ini masih ada siswa yang tidak tuntas yaitu sebanyak 11 orang siswa dan yang tuntas sebanyak 24 orang siswa. Pada siklus I berdasarkan data diatas dapat dijelaskan bahwa menunjukkan kemampuan siswa kurang merata, terdapat rentang nilai siswa yang tinggi, yang berarti proses pembelajaran yang dilakukan belum baik.

Berdasarkan tabel 5 pada siklus I, skor rata-rata keterampilan siswa adalah 75,71. Hal ini menunjukkan bahwa aspek keterampilan siswa pada siklus I berada pada kategori terampil (B). Skor tertinggi yaitu aspek menggunakan alat, siswa sudah terampil (B) dalam melaksanakannya. Secara keseluruhan baik menggunakan alat, merumuskan hipotesis, deskripsi pengamatan, dan mempersentasikan hasil pengamatan siswa sudah terampil.

Berdasarkan data pada tabel 6 pada siklus I, keterampilan siswa didapatkan 1 orang siswa pada kategori sangat terampil, 26 orang siswa pada kategori terampil, dan 8 orang siswa pada kategori cukup terampil. Pada aspek keterampilan siklus I ini didapatkan lebih dari 75 % siswa berada pada kategori terampil. Masih ada 8 orang siswa yang berada pada kategori kurang terampil, sehingga masih perlu untuk meningkatkan aspek keterampilan siswa dalam pembelajaran melalui percobaan.

Pada siklus II rata-rata skor nilai siswa yaitu 78,09 dengan standar deviasi sebesar 11,97. Namun pada siklus II ini masih ada siswa yang tidak tuntas yaitu sebanyak 9 orang siswa dan yang tuntas sebanyak 26 orang siswa. Standar deviasi yang besar ini berarti terdapat kesenjangan antara nilai tertinggi siswa sebesar 100 dan nilai terendah siswa sebesar 59 sehingga proses pembelajaran yang dilakukan belum baik.

Pada siklus II, keterampilan siswa diperoleh rata-rata skor adalah 77,86 dan masuk dalam predikat B. Hal ini menunjukkan bahwa aspek keterampilan siswa pada siklus I berada pada kategori terampil (B). Untuk aspek dengan skor tertinggi yaitu aspek menggunakan alat, siswa sudah terampil (B) dalam melaksanakannya. Secara keseluruhan baik menggunakan alat, merumuskan hipotesis, deskripsi pengamatan, dan mempersentasikan hasil pengamatan siswa sudah terampil.

Pada siklus II, berdasarkan penilaian keterampilan siswa yang telah dilakukan didapatkan

5 orang siswa pada kategori sangat terampil, 23 orang siswa pada kategori terampil, dan 7 orang siswa pada kategori cukup terampil. Pada aspek keterampilan siklus II ini didapatkan lebih dari 80 % siswa berada pada kategori terampil. Masih ada 7 orang siswa yang berada pada kategori kurang terampil, sehingga masih perlu untuk meningkatkan aspek keterampilan siswa dalam melakukan percobaan.

Pada siklus III rata-rata skor nilai siswa yaitu 78,91 dengan standar deviasi sebesar 8,33. Namun pada siklus III ini masih ada siswa yang tidak tuntas yaitu sebanyak 8 orang siswa dan yang tuntas sebanyak 27 orang siswa. Standar deviasi sebesar 8,33 berarti terdapat sedikit kesenjangan yaitu antara nilai tertinggi siswa sebesar 95 dan nilai terendah siswa sebesar 67 sehingga proses pembelajaran yang dilakukan sudah baik.

Pada siklus III, keterampilan siswa dengan skor rata-rata adalah 79,29 dan masuk dalam predikat B. Hal ini menunjukkan bahwa aspek keterampilan siswa pada siklus III

berada pada kategori terampil (B). Untuk aspek dengan skor tertinggi yaitu aspek menggunakan alat, siswa sudah terampil (B) dalam melaksanakannya. Secara keseluruhan baik menggunakan alat, merumuskan hipotesis, deskripsi pengamatan, dan mempersentasikan hasil pengamatan siswa sudah terampil.

Pada siklus III, berdasarkan penilaian keterampilan siswa yang telah dilakukan didapatkan 6 orang siswa pada kategori sangat terampil, 24 orang siswa pada kategori terampil, dan 5 orang siswa pada kategori cukup terampil. Hasil belajar pada ranah keterampilan siklus III ini didapatkan lebih dari 85 % siswa berada pada kategori terampil.

Berdasarkan ketiga siklus diatas terlihat bahwa siklus II mengalami kenaikan rata-rata dari siklus I sebesar 75,26 menjadi 78,09. Hal ini dikarenakan siklus I sub konsep energi panas, kalor pada perubahan suhu, lebih sulit dibandingkan dengan siklus II yaitu sub konsep kalor pada perubahan wujud benda dan karena pada siklus I siswa belum terbiasa pada proses pembelajaran dan mulai terbiasa pada siklus II. Selain itu siklus III juga mengalami kenaikan rata-rata dari siklus II sebesar 78,09 menjadi 78,91. Hal ini karena siswa telah terbiasa dengan proses pembelajaran.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut 1) Implementasi model pembelajaran penemuan (*discovery learning model*) dengan pendekatan saintifik pada konsep Kalor dan perubahannya dapat meningkatkan aktivitas belajar siswa kelas VII F SMP Negeri 2 Kota Bengkulu terbukti pada siklus I skor rata-rata aktivitas belajar siswa sebesar 25 dengan katagori baik, meningkat pada siklus II yaitu 26,5 dengan katagori baik dan meningkat lagi pada siklus III sebesar 30 dengan katagori baik, dan 2) Implementasi model pembelajaran penemuan (*discovery learning model*) dengan pendekatan saintifik pada konsep Kalor dan perubahannya dapat meningkatkan hasil belajar siswa kelas VII F SMP Negeri 2 Kota Bengkulu. Hal ini ditunjukkan data untuk siklus I ketuntasan hasil belajar ranah pengetahuan skor rata-rata siswa 75,26 dengan ketuntasan 68, 57%, dan skor rata-rata ranah keterampilan 75,71. Pada siklus II dengan ketuntasan 74,28% dengan rata-rata skor 78,09 dan skor rata-rata ranah keterampilan sebesar 77,86. Pada siklus III dengan ketuntasan 77,14% dan skor rata-rata ranah keterampilan sebesar 79,29.

b. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan perbaikan penelitian dimasa yang akan datang adalah:1) Guru harus memahami betul langkah-langkah pendekatan saintifik dan model pembelajaran penemuan (*discovery learning model*).2) Untuk meningkatkan variabel berupa aktivitas belajar siswa, hasil belajar berupa aspek pengetahuan, aspek sikap religius dan sosial, dan aspek keterampilan sebaiknya dilakukan dengan cara bertahap, kontinu, berkelanjutan dan membutuhkan waktu yang sedikit panjang agar mendapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Yunus. 2014. *Desain Sistem Pembelajaran dalam Konteks Kurikulum 2013*. Bandung : Refika Aditama.
- Ali, L. 2013. *Pengelolaan Pembelajaran IPA ditinjau dari hakikat sains pada SMP*. E-Journal Program Pasca Sarjana Universitas Pendidikan Ganesha Vol.3.
- Arikunto, S. 2009. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta : PT Bumi Aksara.
- _____, 2010. *Penelitian Tindakan Kelas*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Daryanto. 2014. *Pendekatan Pembelajaran Sainifik Kurikulum 2013*. Yogyakarta: Gava Media.
- Depdiknas. 2005. *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Sekolah Dasar*. Jakarta : Depdiknas.
- Dimiyati dan Mudjiono. 2009. *Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Djaali, dkk. 2000. *Pengukuran dalam Bidang Pendidikan*. Jakarta : PPS UNJ.
- Hosnan, M. 2014. *Pendekatan saintifik dan Kontekstual Dalam Pembelajaran Abad 21*. Bogor: Ghalia Indonesia
- Jauwad, Husen dan Supriyono. 2015. *Penerapan Model Guided Discovery Pada Materi Kalor Kelas X Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sma Al- Mahadul Islami*. JIPF Universitas Surabaya Vol.4.
- Kemendikbud. 2014. *Materi Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013*. Jakarta: Kemendikbud
- Kemendikbud. 2015. *Panduan Penilaian Untuk Sekolah Menengah Pertama*. Jakarta: Kemendikbud
- Kunandar. 2011. *Langkah Mudah Penelitian Tindakan Kelas Sebagai Pengembangan Profesi Guru*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Kurniasih, Imas. 2014. *Sukses Mengimplementasikan Kurikulum 2013*. Jakarta: Kata Pena
- Purwanto. 2012. *Penerapan Model Pembelajaran Guided Discovery Learning Pada Materi Cahaya untuk Meningkatkan Hasil Belajar*. Semarang : UPEJ1 (1) (2012) ISSN No 2257-6935/Mei/2012.
- Rahayu, P. 2012. *Pengembangan Pembelajaran IPA Terpadu Menggunakan Model Pembelajaran Problem Base Melalui Lesson Study*. E-Journal Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Semarang. JPII 1 (1)(2012) 63-70.

- Sani, Ridwan.A. 2014. *Pembelajaran Sainifik untuk Implementasi Kurikulum 2013*. Jakarta : PT Bumi Aksara.
- Slameto. 2010. *Belajar dan Faktor – Faktor yang Mempengaruhinya*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Sudjana, Nana. 2006. *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Suprijono, Agus. 2012. *Cooperative Learning Teori dan Aplikasi Paikem*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Suryosubroto. 1997. *Proses Belajar-Mengajar di Sekolah*. Jakarta: Rineka Cipta
- Widiadnyana, I.W. 2014. *Pengaruh Model Discovery Learning Terhadap Pemahaman Konsep IPA dan Sikap Ilmiah Siswa*. E-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Vol 5.

PENGARUH PEMBELAJARAN GENERATIF BERBASIS STRATEGI KONFLIK KOGNITIF TERHADAP KOMPETENSI MAHASISWA DALAM MATA KULIAH ALGORITMA DAN PEMOGRAMAN KOMPUTER

Akma¹⁾, Harman Amir²⁾

Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Hamka, Air Tawar Barat 25131

Akmamdatuk@Gmail.com¹⁾

ABSTRAK

Permasalahan dalam pembelajaran Algoritma dan Pemograman Komputer adalah lemah kemampuan mahasiswa dalam menganalisis dan mendisain algoritma untuk pemograman komputer. Kemampuan analisis yang lemah berdampak terhadap kompetensi mahasiswa dalam mata kuliah Algoritma dan Pemograman Komputer. Penerapan model pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif diperkirakan dapat meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam membuat algoritma dan pemograman komputer. Untuk itu telah dilaksanakan penelitian yang bertujuan mengetahui pengaruh pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif terhadap kompetensi mahasiswa dalam mata kuliah Algoritma dan Pemograman Komputer. Penelitian eksperimen dengan after-before design bersiklus ini mengambil sampel 40 orang mahasiswa Jurusan Fisika yang mengambil mata kuliah Algoritma dan Pemograman Komputer di Jurusan Fisika FMIPA UNP dengan metoda cluster random sampling. Data dianalisis menggunakan Anova pengukuran berulang (Spanova). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang berarti pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif terhadap kompetensi mahasiswa dalam Algoritma dan Pemograman Komputer di Jurusan Fisika FMIPA UNP Padang.

Kata kunci: Pembelajaran Generatif, Konflik Kognitif, Algoritma, Pemograman

PENDAHULUAN

Mata kuliah Algoritma dan Pemograman Komputer (APK) merupakan mata kuliah prasyarat untuk mata kuliah, Fisika Komputasi, Fisika Komputasi Lanjut dan beberapa mata kuliah lainnya di Jurusan Fisika FMIPA UNP Padang. Mahasiswa pada mata kuliah ini harus memahami dengan baik 5 (lima) kegiatan utama yaitu merumuskan masalah, membuat desian (algoritma) pemecahan masalah, menterjemahkan algoritma menjadi diagram alir dan pengkodean dalam suatu bahasa pemograman komputer, serta menggunakan logika dan operasi aritmatika dalam pemecahkan masalah (Akmam, 2012). Permasalahan yang muncul

pada akhir-akhir ini pada perkuliahan APK adalah mahasiswa kesulitan membangun pengetahuan melalui prosedur ilmiah atau pengetahuan dan keterampilan prosedural mahasiswa sulit terbentuk dengan baik. Akar permasalahannya adalah lemahnya kemampuan generatif mahasiswa. Kemampuan generatif diperlukan agar mahasiswa memiliki pemahaman konseptual yang mendalam. Pemahaman konseptual diperlukan untuk mendapatkan solusi kuantitatif dari permasalahan kualitatif (Cowan, 1998). Jadi solusinya kuantitatif dari fenomena Fisika dapat diperoleh dengan baik dengan formulasi yang jelas dan algoritma yang sesuai serta pemahaman konseptual yang mendalam

Lemahnya kemampuan generatif mahasiswa berdampak terhadap rendahnya aktivitas dan hasil belajar mahasiswa dalam mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer. Agar mahasiswa dapat membangun konseptual dan pengetahuan dalam belajar, perlu diterapkan suatu model pembelajaran yang mampu mendorong mahasiswa berpartisipasi aktif dalam pembelajaran seperti pembelajaran generatif. Melalui penerapan model pembelajaran generatif berbasis konflik kognitif akan mampu meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam pembuatan algoritma dan pemrograman komputer.

Agar mahasiswa memahami dengan baik kegiatan di atas, mahasiswa perlu memahami dengan baik pendekatan saintifik yang merupakan pilar utama dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Komponen penting dalam pendekatan saintifik adalah meningkatkan rasa keingintahuan (*Foster a sense of wonder*), meningkatkan keterampilan mengamati (*Encourage observation*), melakukan analisis (*Push for analysis*) dan berkomunikasi (*Require communication*). Jadi dalam pendekatan ilmiah (*scientific approach*) dalam pembelajaran terdapat 5 (lima) langkah kegiatan utama yaitu mengamati, menanya, menalar, mencoba, membentuk jejaring. Mahasiswa yang didik dengan pendekatan generatif diharapkan membiasakan diri membangun pengetahuan melalui berpikir kritis.

Berpikir kritis merupakan berpikir berdasarkan alasan reflektif untuk pembuatan keputusan tentang apa yang harus dilakukan. Berpikir kritis dapat dicapai dengan mudah apabila mahasiswa mempunyai karakteristik sebagai pemikir yang kritis. Berpikir kritis memungkinkan mahasiswa untuk menemukan kebenaran di tengah melimpahnya kejadian dan informasi yang mengelilingi mereka setiap hari (Johnson, 2012). Terdapat beberapa arti berpikir kritis antara lain: 1) Berpikir bertujuan untuk mencapai penilaian yang kritis terhadap apa yang akan kita lakukan dengan alasan yang logis; 2) Memakai standar penilaian sebagai hasil dari berpikir kritis dalam membuat keputusan; 3) Menerapkan berbagai strategi yang tersusun dan memberikan alasan untuk menentukan dan menerapkan standar tersebut; dan 4) Mencari dan menghimpun informasi yang dapat dipercaya untuk dipakai sebagai bukti yang dapat mendukung suatu penilaian (Hassoubah, 2004). Dengan berpikir kritis diharapkan mahasiswa mampu untuk berpendapat secara terorganisasi sehingga dapat melakukan evaluasi secara sistematis terhadap bobot pendapat pribadi mereka (Johnson, 2012). Prosedur memecahkan masalah melalui pendekatan ilmiah dituangkan dalam langkah kerja yang sistematis. Salah satu langkah kerja sistematis tersebut dapat dibuat dalam bentuk algoritma.

Algoritma merupakan prosedur yang terdiri dari himpunan perintah atau pernyataan yang merincikan suatu rangkaian operasi penyelesaian suatu masalah atau suatu kelompok masalah. Algoritma berupa set aturan untuk melakukan perhitungan secara manual atau dengan mesin dengan langkah-langkah atau prosedur yang jelas untuk mencapai hasil yang diinginkan (Suarga, 2012). Aksi yang harus dilaksanakan dirinci secara jelas untuk setiap

kasus. Tiap langkah dalam algoritma didefinisikan secara persis, artinya setiap permasalahan dirinci secara jelas dan tiap algoritma harus mempunyai masukan dan mempunyai satu atau lebih keluaran (Munir, 1999). Mahasiswa diharapkan pada mata kuliah ini membangun suatu perencanaan, khususnya memuat perencanaan melalui program komputer. Model pembelajaran mempertimbangkan perkembangan kognitif mahasiswa dikenal dengan model pembelajaran generatif.

Model pembelajaran generatif pada awalnya disusun dengan mengintegrasikan perkembangan kognitif pembelajaran manusia, kemampuan manusia, pengolahan informasi, dan interaksi perlakuan kecerdasan (Tan, et. al, 2008). *Generative learning* adalah proses aktif dari pengkonstruksian hubungan antara pengetahuan baru dengan yang lama. Inti sari dari model *generative learning* adalah pemikiran tidak merupakan suatu konsumen pasif dari informasi (Mason, 2006). Mahasiswa berpartisipasi dalam pembelajaran generatif secara aktif dalam proses pembelajaran dan menghasilkan pengetahuan dengan pembentukan hubungan mental antar konsep. Pembelajaran generatif adalah suatu teori yang melibatkan pengintegrasian secara aktif ide baru. Terdapat empat elemen dalam strategi pembelajaran generatif dapat dibagi ke dalam yaitu mengingat kembali (recall), pengintegrasian (integration), peorganisasian (organization), dan perluasan (elaboration). Model pembelajaran generatif memiliki empat komponen penting yaitu proses motivasi (motivational processes), proses belajar (the learning processes), proses penciptaan pengetahuan (the knowledge creation processes), dan proses generasi (the processes of generation). Pembelajaran generatif dalam pelaksanaannya dibagi ke dalam empat fase yakni fase permulaan (preliminary), fase pemusatan (focus), fase tantangan (challenge) dan fase aplikasi (application) dalam bentuk pembuatan algoritma.

a. Fase permulaan

Aktivitas dosen adalah memberikan tugas awal kepada mahasiswa melalui membaca referensi sesuai topik yang akan dipelajari, tugas observasi terhadap kenapa orang dengan dapat menyelesaikan masalah dengan baik, dan mengetahui penguasaan awal mahasiswa melalui tanya jawab. Aktivitas mahasiswa pada fase ini adalah menyelesaikan tugas baca dengan membuat ringkasan, melakukan observasi terhadap kenapa orang dengan mudah menyelesaikan masalah, mengerjakan kuis, dan memberikan tanggapan terhadap pertanyaan dosen.

b. Fase pemusatan

Aktivitas dosen adalah menyediakan pengalaman motivasi, mengajukan pertanyaan *open ended*, menginterpretasikan respon mahasiswa, menginterpretasikan dan menjelaskan pandangan mahasiswa. Aktivitas mahasiswa pada fase ini adalah ikut serta dalam aktivitas ilmiah memahami konsep pemrograman komputer yang dihubungkan dengan konsep baru, mengajukan pertanyaan tentang fenomena dan aktivitas, membuat variabel bebas dan terikat, membuat diagram alir pemecahan masalah, mengklarifikasi diagram alir, mempresentasikan pada grup kecil dan keseluruhan kelas.

c. Fase tantangan

Aktivitas dosen pada fase ini adalah memfasilitasi perubahan dari pandangan, membimbing pelaksanaan proses sains melalui kegiatan praktikum di laboratorium, mendorong penggunaan teknologi seperti komputer dan internet untuk sumber belajar. Disisi lain aktivitas mahasiswa adalah melaksanakan proses ilmiah di laboratorium, memikirkan

algoritma dan langkah-langkah kerja dan membandingkan algoritma yang dibuat dengan karya orang lain,

d. Fase Membuat Algoritma

Aktivitas dosen adalah merancang algoritma untuk memecahkan masalah dan membuat ide baru dalam merancang diagram alir, membantu mahasiswa mengklarifikasi algoritma dan mendorong suatu suasana baru dimana mahasiswa membuat diagram alir secara verbal solusi dari masalah dan mengimplementasikan bentuk pengkodean program pada komputer. Aktivitas mahasiswa pada fase ini adalah memecahkan problem praktis menggunakan konsep baru dalam bentuk latihan soal dan membuat algoritma, mempresentasikan algoritma yang dibuat pada mahasiswa lain, mendiskusikan algoritma dan menganjurkan membuat algoritma yang detail dari algoritma yang dipresentasikan.

Salah satu alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah mengembangkan pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif berdasarkan standar proses agar peserta didik dapat mengaitkan pengetahuannya secara utuh. Piaget dengan teori konstruktivisme menyatakan ketika seseorang membangun pengetahuan memerlukan asimilasi yang efektif antara konsep lama dengan kenyataan baru (konsep baru). Strategi konflik kognitif cukup efektif untuk mengatasi miskonsepsi pada peserta didik dalam rangka membentuk keseimbangan ilmu yang lebih tinggi (Yu-Fen, 2010). Rangsangan konflik kognitif dalam pembelajaran membantu proses asimilasi menjadi lebih efektif dan bermakna dalam pembentukan intelektualitas peserta didik. Penciptaan konflik kognitif dalam proses pembelajaran merupakan suatu upaya membiasakan dan memberikan pengalaman kepada peserta didik bagaimana menghadapi situasi yang tidak dikehendaki serta memberikan tantangan dan kesempatan kepada peserta didik untuk memantapkan pengetahuan dan ketrampilan yang akan mereka miliki. Pemberian konflik kognitif membantu peserta didik merefleksi terhadap konsepsi, penjelasan fenomena yang mereka pelajari sehingga dapat mengembangkan aktivasi fenomena yang didapatkan (Aldo: 2016). Hal ini mendorong peserta didik berpikir kritis dan memahami konsep secara utuh, sehingga miskonsepsi mereka berkurang/hilang. Berdasarkan hal di atas ajukan hipotesis kerja penelitian (H_1) yaitu terdapat pengaruh yang berarti pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif terhadap kompetensi mahasiswa dalam algoritma dan pemograman komputer.

METODE PENELITIAN

Populasi penelitian ini adalah mahasiswa yang mengambil mata kuliah Algoritma dan Pemograman Komputer Semester Juli-Desember 2016. Populasi terdiri dari 3 seksi perkuliahan dengan jumlah total mahasiswa 123 orang. Jumlah sampel diambil menggunakan rumus Isaac dan Michael dengan kesalahan 1% (Sugiyono, 2015). Jumlah penelitian sebanyak 72 orang, dengan masing-masing 32 orang dari program studi Fisika dan 40 orang program studi Pendidikan Fisika. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan dua kali pertemuan dalam seminggu dimana 1 kali pertemuan (2 x 50 menit) untuk kuliah teori dikelas dan 1 kali pertemuan (2 x 60 menit) untuk praktikum (Akmam dan Amir, 2016). Data penelitian diperoleh dari ujian blok yang dilaksanakan setiap 5 minggu perkuliahan melalui test teori dan test praktikum.

Kegiatan penelitian terdiri dari beberapa tahap. Pertama; melakukan identifikasi

peranan kemampuan pemrograman komputer di lingkungan yang relevan dengan materi pelajaran; Kedua; menyiapkan kelompok mahasiswa dan memberi tanggungjawab kepada mahasiswa untuk menyelesaikan tugas yang diberikan; Ketiga, mempersiapkan tata cara membuat pemrograman sederhana. Terakhir, mempersiapkan instrumen penelitian meliputi aktivitas mahasiswa dalam proses pembelajaran dan lembaran test konflik kognitif dengan mengadopsi test yang dikembangkan (Youngho et. al 2003). Analisis data dilaksanakan dalam dua bentuk analisis yaitu analisis reflektif dan analisis deskriptif. Analisis reflektif digunakan untuk melihat pelaksanaan pembelajaran sehubungan dengan usaha mencapai tujuan pembelajaran. Jadi analisis reflektif berfungsi untuk menentukan perencanaan lanjut dari suatu siklus ke siklus berikutnya (Jackson, 2009). Analisis deskriptif menggunakan statistik *Spanova* untuk melihat pengaruh pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif terhadap kompetensi mahasiswa dalam mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer. Statistik deskriptif yang digunakan meliputi rata-rata, simpangan baku, skor tertinggi dan terendah.

Kegiatan observasi dilakukan untuk mengamati semua indikator aktivitas mahasiswa dalam perkuliahan dan praktikum. Hasil pegamatan dievaluasi setelah proses pembelajaran berlangsung. Kelemahan-kelemahan atau kendala yang diamati oleh observer diperbaiki pada kegiatan berikutnya dan kekuatan yang ada direkomendasikan dilaksanakan pada berikutnya. Tes kompetensi yang digunakan telah diuji validitas dan realibilitasnya.

HASIL PENELITIAN

Data yang dikumpulkan untuk fokus untuk menjawab pertanyaan tentang apakah pengaruh pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif terhadap kompetensi mahasiswa dalam mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer adalah signifikan. Deskriptif menggambarkan tentang jumlah responden, rata-rata, simpangan baku untuk kedua variable bebas. Hasil analisa data menunjukkan bahwa skor rata-rata mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer untuk kelas eksperimen (rata-rata blok minggu-1 = 65,67) lebih rendah dari kelas kontrol (rata-rata blok minggu-1 = 66.60). Skor rata-rata mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer kelas eksperimen (rata-rata blok minggu-2 = 67.28) mendekati sama dengan kelas kontrol (rata-rata blok minggu-2 = 67.42). Namun, skor rata-rata mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer kelas eksperimen (rata-rata blok minggu-3 = 81,59) lebih tinggi dari kelas kontrol (rata-rata blok minggu-3 = 70,37) (Akman dan Amir, 2016).

Grafik 1, menunjukkan bahwa ada pengaruh interaksi skor mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer kelas eksperimen dan kelas kontrol selama tiga blok minggu pengukuran, di mana rata-rata skor mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer kelas eksperimen (diberi pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif) meningkat secara linear yang curam dari blok minggu-1 pertama hingga blok minggu-3, sedangkan rata-rata skor mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer kelas kontrol (tanpa diberikan pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif) meningkat secara linear namun landai selama tiga blok minggu pengukuran (Lihat Gambar 1). Ini menunjukkan bahwa pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif dapat meningkatkan kompetensi mahasiswa pada mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer.

Signifikansi pengaruh pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif dapat meningkat kompetensi mahasiswa pada mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer dianalisa menggunakan statistik Spanova. Nilai F menggunakan nilai Huynh-Feldt menunjukkan ada pengaruh utama bagi variabel bebas yaitu **Minggu** [$F(2.00, 140.00) = 36.15, P < .05$] dan pengaruh interaksi **Minggu * Kelas** [$F(2.00, 140.00) = 14.49, p < .05$] adalah signifikan (lihat Tabel 2). Analisis ini menunjukkan bahwa hipotesis H_0 ditolak. Hal ini berarti bahwa pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif berpengaruh secara signifikan dan berefek interaksi terhadap kompetensi mahasiswa pada mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer

Hasil perbandingan pasangan menunjukkan bahwa setelah mengontrol kesalahan 1 dengan menggunakan metode Bonferroni, skor rata-rata mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer pada blok minggu-2 lebih tinggi dari blok minggu-1 secara signifikan. (Perbedaan skor rata-rata mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer blok minggu-2 - blok minggu-1 adalah 1.21, $p < .05$). Nilai rata-rata skor mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer pada blok minggu-3 juga lebih besar dari blok minggu-2 secara signifikan, (perbedaan nilai rata-rata blok minggu-3 - blok minggu-2 adalah 8.63, $p < .05$) (lihat Tabel 3). Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa secara signifikan, ada peningkatan rata-rata skor mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer mahasiswa dari blok minggu-1 sampai blok minggu-3

PEMBAHASAN

Tujuan penelitian yang dilaksanakan adalah untuk mengetahui signikansi pengaruh pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif terhadap kompetensi mahasiswa dalam mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer. Hipotesis yang dikemukakan dalam penelitian adalah terdapat pengaruh yang signifikan pengaruh pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif terhadap kompetensi mahasiswa dalam Algoritma dan Pemrograman Komputer. Data pendukung untuk menguji hipotesis ini dikumpulkan dalam tiga hadapan, dimana setiap tahap terdiri dari 5 minggu. Kompetensi mahasiswa dilihat berdasarkan skor rata-rata hasil test kongnitif berupa pembuatan algoritma dan test psikomotor berupa nilai test praktikum berdasarkan masalah yang diberikan.

Hasil analisa data menunjukkan bahwa skor rata-rata mata kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer untuk kelas dengan pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif (kelas eksperimen) lebih rendah dari kelas dengan pembelajaran tidak dengan generatif berbasis strategi konflik kognitif (kelas kontrol) hal disebabkan adanya miskonsepsi mahasiswa pada awal pelaksanaan perkuliahan. Miskonsepsi dapat menghalangi pencapaian mahasiswa dalam belajar (Barke, 2013). Miskonsepsi pada diri mahasiswa akan menimbulkan konflik kognitif dalam diri seseorang (Hansik et.al, 2010). Apabila konflik kognitif yang adalah dalam diri seseorang (mahasiswa) tidak terselesaikan dengan baik akan menimbulkan miskonsepsi karena mereka gagal mengkontruksi pengalaman belajarnya sehingga mereka akan keliru menyelesaikan yang diberikan. Hal inilah yang diperkirakan belum tanpak mengaruh model yang diberikan terhadap kompotensi mahasiswa.

Berdasarkan hasil catatan harian yang dibuat mulai minggu ke-11, maka sudah mulai dapat menyesuaikan diri dengan model pembelajaran. Mahasiswa sudah mulai berpikir kritis dalam mengembangkan kreativitasnya. Berpikir kreatif dan hirarkis akan meningkatkan pemahaman mahasiswa tarhadap apa yang mereka kerjakan (Johnson, 2012). Mahasiswa

telah mulai dapat menyusun algoritma dengan baik sesuai dengan konsep perencanaan algoritma. Penyusunan algoritma sudah sesuai dengan yang dianjurkan (Munir, 1999 & Surga, 2012). Kondisi yang diperkirakan menyebabkan peningkatan curam kenaikan kompetensi mahasiswa yang diberi perkuliahan dengan pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif.

Pembelajaran generatif dapat membantu mahasiswa memahami konsep dengan baik. Mahasiswa terbiasa mengkonstruksi pengalaman belajarnya dengan baik akan meningkatkan kompetensi yang mereka miliki untuk membangun pengetahuan dan keterampilan (Radhiah et al, 2015; Trespalacios, 2008 & Tan, et al, 2008). Hal sesuai dengan belajar generatif menyelesaikan permasalahan konflik kognitif dalam diri seseorang. Konflik kognitif yang dialami mahasiswa apabila dapat diselesaikan dengan baik, akan dapat mengurangi miskonsepsi dalam pikiran mahasiswa. Konflik kognitif yang merupakan ada ketidakcocokan dalam pikiran (pengahuan lama) mahasiswa dengan informasi yang diperoleh selama belajar (informasi baru). Agar kompetensi mahasiswa meningkat konsep yang lama dalam pikiran harus direvisi mahasiswa secara sadar (Toka & Askar, 2002; Yu-Fen, 2010). Penelitian ini dapat dilihat sebagai replikasi sebagai dari penelitian (Trespalacios, 2008). Penelitian dilaksanakan pada permasalahan yang berbeda, karena kedua penelitian sebelumnya hanya melihat aspek kognitif pada mata kuliah sains. Implementasinya adalah pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif baik digunakan dalam pembelajaran Algoritma dan Pemograman Komputer. Namun penelitian lebih lanjut dengan jumlah sampel yang lebih banyak dan pengontrolan variabel moderator lain perlu dilakukan. Pembuktian untuk mata kuliah lain juga perlu dilakukan karena setiap mata kuliah mempunyai karakteristik tersendiri.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif terhadap kompetensi mahasiswa dalam Algoritma dan Pemograman Komputer. Hasil ditinjau dari skor rata-rata hasil test kognitif berupa pembuatan algoritma dan test psikomotor berupa nilai test praktikum berdasarkan masalah yang diberikan. Pembelajaran generatif dapat membantu mahasiswa memahami konsep dengan baik.

SARAN

Konflik kognitif yang dialami mahasiswa apabila dapat diselesaikan dengan baik, akan dapat mengurangi miskonsepsi dalam pikiran mahasiswa untuk itu pada awal dosen harus berupaya memahami ketidakcocokan dalam pikiran (pengahuan lama) mahasiswa dengan informasi yang diperoleh selama belajar (informasi baru). Implementasinya adalah pembelajaran generatif berbasis strategi konflik kognitif baik digunakan dalam pembelajaran Algoritma dan Pemograman Komputer. Namun penelitian lebih lanjut dengan jumlah sampel yang lebih banyak dan pengontrolan variabel moderator lain perlu dilakukan.

REFERENSI

- Akmam, Masril & Yurnetti. (2012), Peningkatan Kecakapan Ilmiah Mahasiswa Melalui Penerapan Model Pembelajaran Generatif Berbantuan LPSTA Pada Mata Kuliah Dasar-Dasar Pemrograman Komputer Berbasis Lesson Study, *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan MIPA dan Pendidikan MIPA UNP Padang*. 276-286.
- Akmam dan Harman Amir, (2016), Pengaruh Pembelajaran Generatif Berbasis Strategi Konflik Kognitif Terhadap Kompetensi Mahasiswa dalam Mata Kuliah Algoritma dan Pemrograman Komputer di Jurusan Fisika FMIPA UNP Padang, *Laporan Penelitian*.
- Barke H.D, (2013), Structure of Matter – Diagnosis of Misconceptions and Challenge, *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina*, 40, 21-30.
- Cowan, J., (1998), *One Becoming an Innovative University Teacher. Reflection in Action*. SRHE/Open University Press, Buckingham
- Gyoungho, L., Jaesool, K., Sang-Suk P., Jung-Whan, K., Hyeok-Gu, K. & Hac-Kyoo, P. (2003). Development of an Instrument for Measuring Cognitive Conflict in Secondary-Level Science Classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (6), 585–603
- Hassoubah, Z.I. (2004). *Developing Creative & Critical Thinking Skills*. Bandung, Nuansa
- Hunsik, K., Lawrence, C. S., Sukjin K.& Taehee, N. (2010). Cognitive conflict and situational interest as factors influencing conceptual change, *International Journal of Environmental & Science Education International Journal of Enviro*, <http://www.ijese.com/>
- Jackson, S. L. (2009), *Research Methods and Statistics: A Critical Thinking Approach, Third Edition*. Wadsworth: Cengage Learning Davis Drive Belmont, USA
- Johnson, Elaine B., terjemahan A. Chaedar Alwasilah, 2012, CTL (Contextual Teaching & Learning), Penerbit Kaifa Bandung.
- Mason, G. (2006). *Generative learning*. George Mason University.
- Moussiaus, S.J. & Norman, J.T. (1997). Constructivist Teaching Practices: Perception of Teachers and Students, Wayne State University, *e-jurnal*. [www. Perception.edu/Constructivist.html](http://www.Perception.edu/Constructivist.html)
- Munir, R. (1999). *Algoritma dan Pemrograman Dalam Bahasa Pascal dan C*. Bandung: Informatika.
- Radhiahm, A.R., Norah, M.N. & Norasykin, M. Z. (2015). Meta-analysis on Element of Cognitive Conflict Strategies with a Focus on Multimedia Learning Material Development, *International Education Studies*. 8(13). 913-923

Suarga. (2012). *Algoritma dan Pemrograman*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Sugiyono. (2015). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Penerbit Alfabeta.

Tan, W.C., Omar, M., Zuraidah, A.R., Siti, F.M.D. & Hanafi, A., (2008). Generative Learning Objects for Collaborative Learning and Critical Thinking: A Proposed Conceptual Framework, *Malaysian Journal of Distance Education* 10(1), 129–141.

Toka, Y. & Askar, P. (2002). The Effect of Cognitive Conflict and Conceptual Change Text on Student's Achievement Related First Degree Equation With Unknown, *Hecettepe Universite Egitim Fakultesi Dirgisi*. 2, 211-217.

Trespacios, J.H., (2008), The Effects of Two Generative Activities on Learner Comprehension of Part-Whole Meaning of Rational Numbers Using Virtual Manipulatives. Dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg.

Yu-Fen Yang (2010). Cognitive Conflicts and Resolutions in Online Text Revisions: Three Profiles, *International Forum of Educational Technology & Society (IFETS)*. 5(2), 61-73

Tabel 1: Descriptive Statistics

	Kelas	Mean	Std. Deviation	N
Blok Minggu1	Kelas Kontrol	66.60	6.61	30
	Kelas Eksprimen	65.67	11.82	42
	Total	66.06	9.94	72
Blok Minggu2	Kelas Kontrol	67.42	10.79	30
	Kelas Eksprimen	67.28	11.70	42
	Total	67.34	11.26	72
Blok Minggu3	Kelas Kontrol	70.37	6.53	30
	Kelas Eksprimen	81.59	8.27	42
	Total	76.91	9.38	72

Tabel 2:
 Tests of Within-Subjects Effects
 Measure: MEASURE_1

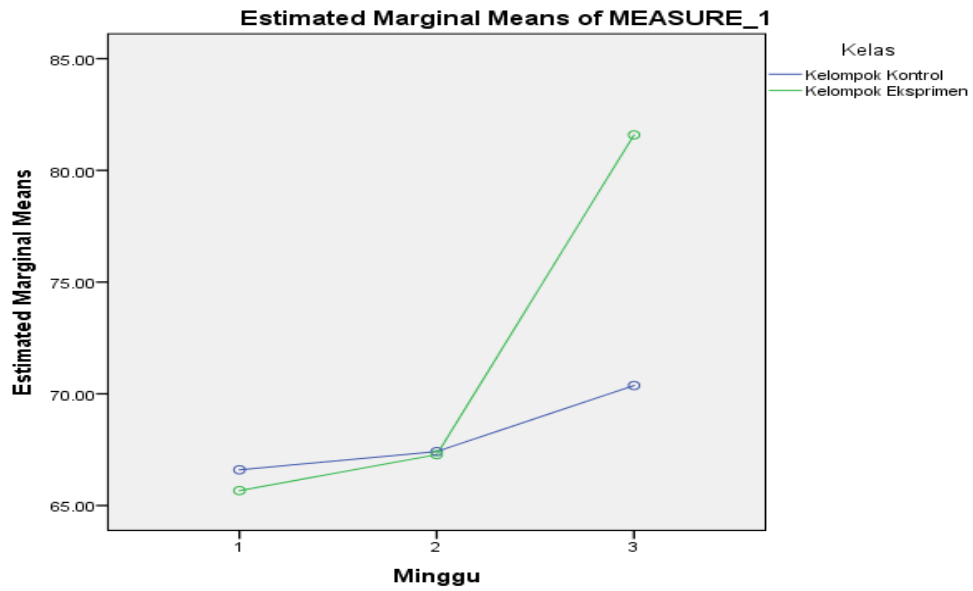
Source		Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Minggu	Sphericity Assumed	4035.116	2	2017.558	36.15	.000	72.308	1.000
	Greenhouse-Geisser	4035.116	1.988	2029.353	36.15	.000	71.888	1.000
	Huynh-Feldt	4035.116	2.000	2017.558	36.15	.000	72.308	1.000
	Lower-bound	4035.116	1.000	4035.116	36.15	.000	36.154	1.000
Minggu * Kelas	Sphericity Assumed	1617.242	2	808.621	14.49	.000	28.981	.999
	Greenhouse-Geisser	1617.242	1.988	813.348	14.49	.000	28.812	.999
	Huynh-Feldt	1617.242	2.000	808.621	14.49	.000	28.981	.999
	Lower-bound	1617.242	1.000	1617.242	14.49	.000	14.490	.964
Error(Minggu)	Sphericity Assumed	7812.605	140	55.804				
	Greenhouse-Geisser	7812.605	139.186	56.131				
	Huynh-Feldt	7812.605	140.000	55.804				
	Lower-bound	7812.605	70.000	111.609				

a. Computed using alpha = .05

Catatan : Satu minggu terdiri dari 5 minggu.

Tabel 3: Pairwise Comparisons
 Measure: MEASURE_1

(I) Minggu	(J) Minggu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-1.214	1.214	.962	-4.190	1.763
	3	-9.846*	1.288	.000	-13.006	-6.686
2	1	1.214	1.214	.962	-1.763	4.190
	3	-8.632*	1.285	.000	-11.784	-5.481
3	1	9.846*	1.288	.000	6.686	13.006
	2	8.632*	1.285	.000	5.481	11.784



Gambar 1: Grafik perbandingan laju perubahan kompetensi mahasiswa dengan pembelajaran model generatif berbasis strategi konflik kognitif dengan tanpa pembelajaran generative dalam mata kuliah Algoritma dan Pemograman Komputer

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR FISIKA BERBASIS KONTAKSTUAL PADA PEMBELAJARAN GUIDED INQUIRY UNTUK KELAS XI SMA/MA

Hufri

FMIPA UNP Padang

hufri_unp@yahoo.ac.id

Abstract

This research aims to produce teaching materials physics based-contextual to the learning guided-inquiry class XI SMA valid, practical and effective. Teaching materials developed are in the form of LKPD, at KD Applying the concept of momentum and impulse, as well as the law of conservation of momentum in daily life. This research method using research and development (R & D). The research procedure consisted of the preliminary study phase, prototyping phase, and assessment phase. Instruments collecting research data, namely: the validity of the test sheet, practicality test sheet, and the achievement test. Data analysis technique used is descriptive statistical analysis. Based on test results obtained validation by experts, for very valid RPP (89.03%) and for LKPD also very valid (87.34%). Furthermore, to test the practicalities of the teacher's lesson plan that is 92.90% (very practical), while for LKPD 90.94% (very practical), and of students is 75.22% (practical). Furthermore, based on the test results of paired t test obtained the result of significance $0.004 < 0.05$, and obtained the value $t = -3.184$. This indicates better value than the value posttest pretest. So it can be concluded that the physics-based instructional materials guided inquiry contextual learning in the learning process of physics in class XI SMA / MA feasible in terms of validity, the practicalities and effectiveness.

Keywords: LKPD, contextual, guided inquiry

PENDAHULUAN

Kegiatan utama, pada pendidikan adalah belajar. Proses belajar dan pembelajaran merupakan serangkaian kegiatan yang tidak terpisahkan antara satu sama lain. Belajar menurut Morgan dalam Syaiful Sagala (2003:13) adalah “setiap perubahan yang relative menetap dalam tingkah laku yang terjadi sebagai suatu hasil dari latihan dan pengalaman”. Belajar merupakan usaha untuk menuju kearah perubahan tingkah laku yang lebih baik, sehingga terjadi proses berfikir yang mampu menimbulkan pengalaman baru bagi

pembelajar. Jadi setelah mengikuti proses belajar maka diharapkan siswa memperoleh pengalaman baru sebagai hasil dari interaksi dengan lingkungan.

Berdasarkan analisis penyelidikan literatur yang telah dilakukan oleh ahli pendidikan menganjurkan bahwa siswa harus lebih banyak bekerja dari pada mendengar. Mereka harus membaca, menulis, berdiskusi, ikut serta dalam pemecahan masalah. Suatu yang sangat penting dalam hal ini adalah siswa terlibat secara aktif dalam pembelajaran, menggunakan keahlian berpikir lebih tinggi dalam mengerjakan tugas seperti analisis, sintesis dan evaluasi. Dalam konteks ini strategi untuk mendorong keaktifan siswa dalam pembelajaran didefinisikan sebagai instruksional aktivitas yang melibatkan siswa dalam mengerjakan sesuatu tugas atau pekerjaan dan berpikir tentang apa yang mereka kerjakan (Bonwell, C.C : 2000).

Pembelajaran meliputi dua aspek penting yakni pengertian yang dibangun oleh individual dan proses bagaimana pembentukan pengertian tersebut. Dua diantara 9 prinsip pembelajaran yang penting dikemukakan oleh Hein.G.E (1991) yaitu : 1). Pembelajaran adalah suatu proses aktif dimana siswa menggunakan input pengindra dan membangun pengertiannya. 2). Seseorang belajar untuk belajar sebagaimana mereka belajar. Jadi dapat dikatakan bahwa pembelajaran terdiri dari dua bagian yaitu pembangunan pengertian (*constructing meaning*) dan pembangunan sistem (*constructing system*).

Colin Marsh (1996:10) juga menyatakan bahwa guru harus memiliki kompetensi mengajar, memotivasi peserta didik, membuat model instruksional, mengelola kelas, berkomunikasi, merencanakan pembelajaran dan mengevaluasi. Guru menyadari bahwa dalam pembelajaran perlu keterlibatan siswa secara aktif dalam membangun pengetahuannya. guru lebih banyak bertindak sebagai fasilitator dan motivator. Pembelajaran yang berkualitas merupakan faktor penting untuk mencapai tujuan pendidikan. Sesuai standar proses seharusnya pembelajaran dapat dilakukan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi siswa untuk berpartisipasi aktif (UU Sisdiknas No.20 tahun 2003). Untuk dapat menerapkan pembelajaran tersebut, guru harus dapat menggunakan strategi, metoda, model pembelajaran dan bahan ajar yang dapat membantu siswa dalam membangun pengetahuannya.

Bahan ajar yang tersedia hendaknya bahan ajar yang dapat mengoptimalkan peserta didik dalam membentuk ilmu pengetahuannya sendiri. Sebagaimana Kukla mengatakan dalam Wardoyo (2013: 22) semua konsep yang didapat oleh setiap peserta didik merupakan suatu hasil dari proses konstruksi dan kenyataan yang terbangun merupakan hasil interpretasi dari masing-masing peserta didik. Oleh karena itu, agar pengetahuan itu dapat dibentuk sendiri oleh peserta didik, hendaknya bahan ajar yang tersedia dapat mengoptimalkan peserta didik dalam membentuk ilmu pengetahuannya sendiri.

Piaget dalam Huda (2014: 42) menyatakan bahwa, Peserta didik mengkonstruksi pengalamannya sendiri bukan salinan dari guru. Sanjaya (2006:255) menyatakan bahwa *contextual teaching and learning* (CTL) adalah suatu strategi pembelajaran yang menekankan kepada proses keterlibatan siswa secara penuh untuk dapat menemukan materi yang dipelajari dan menghubungkannya dengan situasi kehidupan nyata sehingga mendorong siswa untuk dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

CTL menekankan pada proses keterlibatan siswa untuk menemukan materi, menghubungkan materi yang dipelajari dengan situasi kehidupan nyata, dan menerapkannya

dalam kehidupan. CTL mempunyai 7 asas, Sanjaya (2006:264) yaitu konstruktivisme. inkuiri. *questioning*. *learning community*. pemodelan. refleksi. dan *authentic assessment*. Asas kedua yaitu inkuiri yang artinya proses pembelajaran didasarkan pada pencarian dimana pengetahuan bukan sejumlah fakta hasil dari mengingat melainkan hasil dari proses menemukan sendiri.

Menurut Sanjaya (Dirman, 2014:97) menyatakan bahwa pembelajaran inquiry adalah rangkaian kegiatan pembelajaran yang menekankan pada proses berpikir secara kritis dan analitis untuk mencari dan menemukan sendiri jawaban dari suatu masalah yang dipertanyakan. W.Gulo (2008:84) menyatakan bahwa “Metode *Guided Inquiry* berarti suatu kegiatan belajar yang melibatkan seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menyelidiki suatu permasalahan secara sistematis. logis. analitis. sehingga dengan bimbingan dari guru mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya dengan penuh percaya diri”

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan bahan ajar fisika berbasis kontekstual pada pembelajaran *quided inquiry* untuk kelas XI SMA yang valid. praktis dan efektif.

KAJIAN LITERATUR

Karakteristik pembelajaran fisika menurut kurikulum 2013 yang terdapat didalam permendikbud nomor 54 tahun 2013 adalah sebagai berikut :

- 1) Materi disusun seimbang. yaitu susunan materi harus mencakup seluruh kompetensi secara seimbang baik kompetensi sikap. pengetahuan. dan keterampilan
- 2) Pendekatan yang digunakan dalam pembelajaran fisika berdasarkan pengamatan. pertanyaan. pengumpulan data. penalaran. dan penyajian hasil melalui pemanfaatan berbagai sumber belajar.
- 3) Materi fisika diperkaya dengan kebutuhan siswa untuk berpikir kritis dan analitis.
- 4) Materi fisika mengandung pengetahuan faktual. konseptual. prosedural. dan metakognitif dalam ilmu pengetahuan dan teknologi.
- 5) Pembelajaran fisika membentuk kemampuan berfikir dan bertindak secara efektif dan kreatif dalam aspek abstrak maupun konkret.

Jadi pembelajaran fisika mencakup dalam tiga aspek yaitu pengetahuan. sikap dan keterampilan. Untuk mewujudkannya diperlukan bahan ajar, bahan ajar menggunakan pendekatan saintifik dalam bentuk LKPD berbasis kontekstual pada pembelajaran *quided inquiry* untuk menumbuhkan sikap kreatif dan meningkatkan daya analisis pada diri peserta didik.

Bahan ajar merupakan sumber belajar yang mendukung proses pelaksanaan pembelajaran. Andi Prastowo (2011:116) “Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktur dalam melaksanakan pembelajaran”. Bahan ajar kontekstual adalah seperangkat materi pembelajaran yang disusun dan ditulis secara sistematis dan dalam penyajian materi tersebut dihubungkan dengan kehidupan sehari-hari. Dengan adanya bahan ajar kontekstual ini siswa lebih mudah memahami materi pembelajaran yang diberikan oleh guru sehingga membuat pembelajaran lebih bermakna bagi siswa. LKPD sesuai yang diungkapkan oleh Prastowo (2014: 269) bahwa, LKPD merupakan suatu bahan ajar cetak berupa lembar-lembar kertas yang berisi materi, ringkasan, dan petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran yang harus dikerjakan peserta didik, baik bersifat teoritis maupun praktis yang

mengacu kepada kompetensi dasar yang harus dicapai. Jadi, dalam mendesain LKPD berpedoman kepada kompetensi dasar yang harus di capai oleh peserta didik dalam pembelajaran.

Pembelajaran kontekstual merupakan suatu proses pendidikan yang bertujuan membantu siswa melihat makna dalam bahan pelajaran yang mereka pelajari dengan cara menghubungkannya dengan konteks kehidupan mereka sehari-hari yaitu dengan konteks lingkungan pribadinya, sosialnya dan budayanya. Pembelajaran kontekstual adalah pengajaran yang memungkinkan siswa memperkuat, memperluas dan menerapkan pengetahuan dan keterampilan akademisnya. Pembelajaran kontekstual terjadi ketika siswa menerapkan dan mengalami apa yang diajarkan dengan mengacu pada masalah-masalah riil yang berasosiasi dengan peranan dan tanggung jawab mereka sebagai anggota keluarga, masyarakat, siswa, dan selaku pekerja (Kunandar, 2007 : 295).

Pembelajaran kontekstual menurut John Dewey (1960:75) bahwa siswa akan belajar dengan baik jika apa yang dipelajari terkait dengan apa yang telah diketahui dan dengan kegiatan yang atau peristiwa yang akan terjadi disekelilingnya. Pembelajaran ini menekankan pada daya pikir yang tinggi, transfer ilmu pengetahuan, mengumpulkan dan menganalisis data, memecahkan masalah-masalah tertentu baik secara individu maupun kelompok.

Melalui pembelajaran kontekstual diharapkan konsep-konsep dari materi pelajaran dapat diintegrasikan dalam konteks kehidupan nyata dengan harapan siswa dapat memahami apa yang dipelajarinya dengan lebih baik. Pada pembelajaran kontekstual menghendaki siswa belajar secara bermakna yaitu dengan menghubungkan pengetahuan awal siswa dengan materi yang sedang dipelajarinya dan sekaligus memperhatikan faktor kebutuhan individual siswa. Tugas guru dalam pembelajaran kontekstual adalah memberikan kemudahan belajar kepada peserta didik, dengan menyediakan berbagai sarana dan sumber belajar yang memadai. Guru bukan hanya menyampaikan materi pembelajaran yang berupa hapalan, tetapi mengatur lingkungan yang memungkinkan peserta didik belajar.

Sanjaya (2009:272) mengemukakan keunggulan pembelajaran kontekstual adalah dapat menekankan aktivitas berpikir siswa secara penuh, baik fisik maupun mental, menjadikan siswa belajar bukan dengan cara menghafal, tetapi proses berpengalaman dalam kehidupan nyata. Jadi dengan pembelajaran kontekstual akan mampu menciptakan pembelajaran lebih bermakna dan *rill* sehingga menumbuhkan pemahaman konsep kepada siswa yang akan menjadikan siswa lebih produktif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *Research and Development (R&D)*. Prosedur penelitian yang digunakan yaitu model pengembangan Plomp yang terdiri atas *fase preliminar research*, *fase prototipe*, dan *fase assesmen* (Plomp.T.2010:15). Pada *fase preliminar research*, dilakukan analisis kurikulum, bahan ajar, siswa, dan analisis materi pembelajaran serta teori penunjang pengembangan perangkat pembelajaran. Pada fase kedua didesain perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian. Bahan ajar yang dikembangkan dalam penelitian ini yaitu RPP, dan LKPD. Fase ketiga melakukan dua kegiatan utama yaitu uji validasi, kepraktisan dan uji coba terbatas perangkat pembelajaran. Untuk validasi dilakukan oleh 5 orang validator.

Objek penelitian terdiri dari bahan ajar fisika berbasis kontekstual pada pembelajaran *guided inquiry* dan siswa sebagai objek pengguna bahan ajar. Kegiatan penelitian difokuskan untuk menghasilkan dan menguji bahan ajar fisika berbasis kontekstual pada pembelajaran *guided inquiry* yang memiliki kriteria yang baik, valid, praktis, dan efektif. Uji coba produk dan uji coba pemakaian bahan ajar fisika berbasis kontekstual pada pembelajaran *guided inquiry* yang dihasilkan dilakukan kepada siswa kelas XI SMAN 7 Padang. Perlakuan terhadap siswa diberikan dalam bentuk penggunaan bahan ajar fisika berbasis kontekstual pada pembelajaran *guided inquiry* dalam pembelajaran menurut standar proses.

Instrumen pengumpulan data yang digunakan berupa wawancara, lembaran abservasi, angket, dan instrumen tes. Data hasil uji validasi perangkat pembelajaran berbasis kontekstual pada pembelajaran *guided inquiry* dianalisis dengan menggunakan rumus.

$$\text{Nilai Validitas} = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100\% \quad (1)$$

Klasifikasi nilai validitas yang digunakan pada penelitian ini yaitu sangat valid dan valid.

Kepraktisan perangkat pembelajaran yang dibuat dianalisis dengan menggunakan rumus.

$$\text{Nilai kepraktisan} = \frac{\text{jumlah semua skor}}{\text{skor maksimum}} \times 100\% \quad (2)$$

Klasifikasi nilai kepraktisan yang digunakan pada penelitian ini, adalah pada rentangan praktis dan sangat praktis

Analisa perbandingan digunakan untuk menganalisis siswa sebelum dan sesudah diberi perlakuan. Dari hasil analisis akan diketahui sejauh mana keefektifan perangkat pembelajaran berorientasi *guided inquiry* dalam pembelajaran Fisika. Untuk menganalisis keefektifan produk digunakan uji t berpasangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan yang dihasilkan dalam bentuk RPP dan LKPD (Lembaran Kerja Peserta Didik). Pengolahan data hasil validasi lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. asil Validasi RPP Kelas XI SMA/MA

No	Aspek	Nilai Rata-rata Tiap Aspek (%)	Kriteria
1	Kelengkapan RPP	Lengkap	Lengkap
2	Kelayakan Isi RPP	86,8	Sangat valid
3	Penggunaan Bahasa dalam RPP	91,25	Sangat valid
	Rata-rata	89,03	Sangat valid

Hasil validasi pada Tabel 1 menunjukkan bahwa RPP berbasis kontekstual pada pembelajaran *guided inquiry* dalam proses pembelajaran fisika di kelas XI SMA/MA sudah dapat dilaksanakan dalam proses pembelajaran.

Untuk validasi LKPD diperoleh seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Validasi LKPD Kelas XI SMA/MA

No	Aspek	Nilai Rata-rata Tiap Aspek (%)	Kriteria
1	Kelengkapan LKPD	Lengkap	Lengkap
2	Kelayakan Isi LKPD	88,85	Sangat valid
3	Penggunaan Bahasa dalam LKPD	83,18	Sangat valid
4	Kegrafisan LKPD	90,00	Sangat valid
	Rata-rata	87,34	Sangat valid

Hasil validasi pada Tabel 2 diperoleh validasi LKPD yaitu dengan kriteria sangat valid. Jadi LKPD berbasiskan kontekstual pada pembelajaran *guided inquiry* dalam proses pembelajaran fisika di kelas XI SMA/MA sudah dapat dilaksanakan dalam proses pembelajaran.

Untuk hasil praktikalitas oleh guru dan siswa berdasarkan data dari angket yan diberikan diperoleh hasil sebagai berikut. Hasil praktikalitas kepada guru dan peserta didik dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Tabel 3.

Hasil Praktikalitas Guru terhadap RPP

No	Pernyataan	Nilai (%)	Kriteria
A	Kelengkapan RPP	Lengkap	Lengkap
B	Isi RPP	94,53	Sangat Praktis
C	Penyajian RPP	93,75	Sangat Praktis
D	Mamfaat RPP	91,67	Sangat Praktis
E	Peluang Implementasi RPP	91,67	Sangat Praktis
	Rata-rata	92,90	Sangat Praktis

Tabel 3 menunjukkan bahwa, rata-rata kepraktisan RPP berdasarkan penilaian guru untuk setiap komponen yaitu berada pada kriteria sangat praktis dan keseluruhan kepraktisan RPP jugaberada pada kriteria sangat praktis.

Tabel 4.

Hasil Praktikalitas Guru terhadap LKPD

No	Pernyataan	Nilai (%)	Kriteria
A	Kelengkapan LKPD	Lengkap	Lengkap
B	Isi LKPD	91,67	Sangat Praktis
C	Penyajian LKPD	82,50	Sangat Praktis
D	Mamfaat LKPD	93,75	Sangat Praktis
E	Peluang Implementasi LKPD	95,83	Sangat Praktis
	Rata-rata	90,94	Sangat Praktis

Tabel 4 menunjukkan bahwa, kepraktisan LKPD berdasarkan penilaian guru untuk setiap komponen yaitu berada pada kriteria sangat praktis dan keseluruhan kepraktisan LKPD yaitu berada pada kriteria sangat praktis.

Tabel 5 .

Hasil Praktikalitas Peserta Didik terhadap LKPD

No	Pernyataan	Nilai (%)	Ket.
----	------------	-----------	------

No	Pernyataan	Nilai (%)	Ket.
1	LKPD ini sangat praktis dan mudah dimengerti	75,0	Praktis
2	Saya dapat belajar mandiri dengan menggunakan LKPD ini	72,3	Praktis
3	Gambar serta tampilannya yang menarik membantu saya dalam memahami materi fisika yang saya pelajari	78,6	Praktis
4	Pembelajaran fisika dengan menggunakan LKPD ini membuat saya cepat memahami materi fisika yang saya sedang pelajari	69,6	Praktis
5	Penyajian materi dalam LKPD singkat, jelas dan sangat mudah dipelajari	68,8	Praktis
6	Saya dapat belajar mandiri dengan menggunakan LKPD ini	76,8	Praktis
7	Belajar menggunakan LKPD ini membuat saya mampu menghubungkan materi yang saya pelajari dengan kehidupan sehari-hari	80,4	Sangat Praktis
8	LKPD ini dapat meningkatkan pemahaman saya terhadap materi fisika yang saya pelajari	72,3	Praktis
9	Pembelajaran menggunakan LKPD ini meningkatkan kemampuan saya dalam belajar kelompok	71,4	Praktis
10	Penyajian materi dalam LKPD ini lebih praktis dan dapat dipelajari berulang-ulang	74,1	Praktis
11	Pembelajaran dengan adanya bahan ajar ini dapat membuat saya merasakan pembelajaran lebih bermakna	80,4	Sangat Praktis
12	Pembelajaran dengan menggunakan LKPD ini meningkatkan kemampuan saya dalam mengeluarkan pendapat	83,0	Sangat Praktis
	Jumlah	902,7	
	Rata-rata	75,22	Praktis

Tabel 5 menunjukkan bahwa, kepraktisan LKPD berdasarkan penilaian peserta didik untuk setiap pertanyaan yaitu berada pada kriteria praktis, sedangkan pada pertanyaan tentang belajar menggunakan LKPD dapat menghubungkan materi yang saya pelajari dengan kehidupan sehari-hari, adanya bahan ajar ini dapat membuat siswa merasakan pembelajaran lebih bermakna dan menggunakan LKPD ini meningkatkan kemampuan saya dalam mengeluarkan pendapat berada pada kriteria sangat praktis, dan rata-rata keseluruhan kepraktisan LKPD yaitu berada pada kriteria praktis.

Berdasarkan data hasil pretest dan posttest yang diberikan kepada siswa, selanjutnya dilakukan analisis secara statistik apakah terdapat peningkatan hasil belajar siswa setelah diberikan pembelajaran menggunakan LKPD. Pengujian menggunakan SPSS 20, maka diperoleh deskripsi dari kedua data seperti pada Tabel 6.

Tabel 6.

Deskripsi Data Pretest dan Posttest

	N	Minim um	Maxim um	Mean	Std. Deviation
Pretest	27	40,0	80,0	62,96	11,182
Posttest	27	56,0	88,0	71,41	9,779

Untuk membandingkan hasil pretes terhadap postes dari peserta maka terlebih dahulu dilakukan uji normalitas data. Hasil normalitas data adalah seperti pada Tabel 7.

Tabel 7.

Hasil Uji Normalitas Data

	Shapiro-Wilk
--	--------------

	Statistic	df	Sig.
Pretest	,953	27	,256
Posttest	,935	27	,093

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 7 diperoleh hasil pretest dengan signifikansi $0,256 > 0,05$ dan untuk data posttest dengan signifikansi $0,093 > 0,05$. Jadi dapat disimpulkan bahwa baik data hasil pretes dan hasil postes terdistribusi secara normal.

Selanjutnya untuk melihat perbedaan dari hasil pretes terhadap postes dilakukan dilakukan *uji paired t test*. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8.

Hasil Uji Paired t Test

		Paired Differences				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Pair 1	Posttest - Pretest	-8,44	13,78	2,65	-13,897	-2,992

<i>Paired t Test</i>				
		t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Posttest - Pretest	-3,184	26	,004

Berdasarkan hasil uji *paired t test* pada Tabel 8, maka diperoleh hasil signifikansi $0,004 < 0,05$, dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat perbedaan antara hasil pretes dengan postes, dan diperoleh nilai $t = -3,184$. Hal ini menunjukkan nilai posttest lebih baik dari nilai pretest.

Jadi berdasarkan penjelasan dan data-data yang dijelaskan di atas, telah di hasilkan bahan ajar fisika berbasis kontekstual pada pembelajaran *quided inquiry* untuk kelas XI SMA/MA layak ditinjau dari validitas, praktikalitas dan efektivitasnya.

KESIMPULAN

Sesuai dengan tujuan penelitian yaitu terciptanya bahan ajar fisika berbasis kontekstual pada pembelajaran *quided inquiry* dalam proses pembelajaran siswa kelas XI SMA yang valid. Berdasarkan hasil uji validasi oleh ahli diperoleh, untuk RPP sangat valid (89,03 %) dan untuk LKPD juga sangat valid (87,34 %). Selanjutnya untuk uji praktikalitas dari guru untuk RPP yaitu 92,90 % (sangat praktis), sedangkan untuk LKPD 90,94 % (sangat praktis), dan dari siswa yaitu 75,22 % (praktis).

Berdasarkan nilai pretest yang dilakukan sebelum penggunaan perangkat pembelajaran yang didesain dan posttest sesudah penggunaan perangkat pembelajaran berbasis kontekstual pada pembelajaran *quided inquiry*, diperoleh nilai terendah pada pretest adalah 40 dan nilai tertinggi yaitu 80 untuk nilai rata-rata yaitu 62,96,. Sedangkan pada posttest diperoleh nilai terendah pada adalah 56 dan nilai tertinggi yaitu 88 untuk nilai rata-rata yaitu 71,41. Selanjutnya berdasarkan hasil uji *paired t test* diperoleh hasil signifikansi 0,004

$< 0,05$, dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat perbedaan antara hasil pretes dengan postes, dan diperoleh nilai $t = -3,184$. Hal ini menunjukkan nilai postest lebih baik dari nilai pretest.

Jadi dapat disimpulkan bahwa bahan ajar fisika berbasis kontekstual pada pembelajaran *guided inquiry* untuk kelas XI SMA/MA layak ditinjau dari validitas, praktikalitas dan efektivitasnya.

REFERENSI

Andi Prastowo. 2011. *Bahan Ajar Inovatif*. Jogjakarta: Diva Press

Charles C. Bonwell, (2000), *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*, Green Mountain Falls

Colin Marsh. (1996). *Handbook for beginning teachers*. Sydney : Addison. Wesley Longman Australia Pty Limited

G. E. Hein, (2006) "*Progressive education and museum education*, Latest book now available from left coast Press.

Huda, Miftahul. 2014. *Model-model Pengajaran dan Pembelajaran*. Yogyakarta. Pustaka Pelajar.

Dewey, J. (1960). *How we think : A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process* (New edition). Lexington, MA: D. C. Heath and Company. (Original work published 1933).

Dirman, 2014. *Pengembangan Potensi Didik: Dalam Rangka Implementasi Standar Proses Pendidikan Siswa*, Jakarta, Rineka Cipta

Kemendikbud. 2013. *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 54 Tahun 2013 tentang SKL* . Jakarta: Kemendikbud

Kunandar. 2007. *Guru Profesional Implementasi Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) dan Sukses dalam Sertifikasi Guru*. Jakarta : Raja Grafindo Persada

Plomp.T:2010.*Educational Design Research: An Introduction to Educational Design Research*. Editors: Tjeerd Plomp & Neinke Nieveen. Enschede.3rd print March 2010. SLO. Netherlands institute for curriculum development.

Sagala, Syaiful. (2003). *Konsep dan Makna Pembelajaran*. Bandung CV Alfabeta

Sanjaya, Wina. 2009. *Strategi pembelajaran berorientasi standar proses pendidikan*. Jakarta: Kencana

Wardoyo, Sigit M. 2013. *Pembelajaran Konstruktivisme*. Bandung. Alfabeta.

W. Gulo. 2008. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Gramedia

EFFORTS TO IMPROVE ABILITY PROBLEM SOLVING THROUGH PROBLEM SOLVING METHODS ASSISTED PROBLEM SHEET (PS)

Desy Hanisa Putri¹⁾ dan Andik Purwanto²⁾

¹⁾ FKIP UNIVERSITAS BENGKULU

email: desyhanisaputril@gmail.com¹⁾

Abstract

This study aims to improve problem-solving abilities of students in the subject of Mathematical Physics I through the application of Problem Solving methods assisted Problem sheet (PS). This study is Classroom Action research that consists of several phases: planning, action, observation, and reflection. The subjects were all students of third semester of academic year 2016/2017 Odd numbered 37 people. Collecting data using the test problem solving and observation sheet of students' learning activities. Data were analyzed descriptively quantitatively determine the average value and the level of students' ability to solve problems. Results obtained cycle-I's ability to recognize a problem obtained an average grade 74.59% (B), for the ability to plan strategies 72.34% (B), for the ability to implement strategies 76.22% (B) and to evaluate the ability of the solution obtained 67.03% (C) while the 2nd cycle to the ability to recognize problems obtained an average grade 74.59% (B), for the ability to plan strategies 80.81% (A), for the ability to implement strategies 80.27% (A) and to evaluate the ability of the solution obtained 69.05% (C). From the results it can be concluded that the application of the proficiency level problem solving method aided problem sheet media can enhance problem-solving abilities in mathematical physics I

Keywords : problem-solving abilities, Problem Solving method, Problem sheet (PS)

PENDAHULUAN

Fisika Matematika I adalah salah satu matakuliah wajib yang ada di program studi pendidikan fisika FKIP Universitas Bengkulu dengan bobot 4 SKS. Matakuliah ini mempelajari persamaan-persamaan matematika atau pun metode-metode aljabar yang digunakan untuk memecahkan soal-soal atau pun permasalahan fisika yang bersifat empiris. Matakuliah Fisika Matematika I dijadikan matakuliah prasyarat untuk matakuliah Fisika matematika II, artinya matakuliah ini menjadi sangatlah penting untuk berada dalam kategori “tuntas” oleh mahasiswa

Berdasarkan hasil observasi dan analisis pada proses perkuliahan, mahasiswa merasa penyelesaian soal-soal penerapan dalam bidang fisika yang ada pada mata kuliah Fisika Matematika I masih dirasa sangat sulit diselesaikan oleh mahasiswa karena perhitungan, fungsi-fungsi yang digunakan, dan persamaan yang dirasa rumit untuk diaplikasikan kedalam pemecahan masalah. Kemampuan mahasiswa untuk memecahkan masalah dalam penyelesaian soal-soal aplikasi fisika memang masih sangat belum maksimal. Prosedur atau tahapan yang mereka gunakan dalam memecahkan masalah belumlah terorganisir dengan runut sehingga menjadi salah satu faktor mempersulit penyelesaian soal-soal aplikasi fisika. Hal tersebut akhirnya berdampak pada hasil belajar mahasiswa.

Upaya untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada mahasiswa salah satunya adalah dengan menggunakan metode pembelajaran yang sejalan yakni metode pembelajaran berbasis masalah. Pembelajaran berbasis masalah memiliki keunggulan sebagai berikut; (a) Merupakan teknik yang cukup bagus untuk lebih memahami isi pelajaran, (b) Menantang kemampuan siswa serta memberikan kepuasan untuk menemukan pengetahuan baru bagi siswa, (c) Dapat meningkatkan aktivitas belajar pembelajaran siswa, (d) Dapat membantu siswa bagaimana mentransfer pengetahuan mereka untuk memahami masalah dalam kehidupannya, (e) Dapat membantu siswa mengembangkan pengetahuan barunya dan bertanggungjawab dalam pembelajaran yang mereka lakukan, (f) Dapat memperlihatkan kepada siswa bahwa setiap mata pelajaran pada dasarnya merupakan cara berpikir, dan sesuatu yang harus dimengerti oleh siswa, bukan hanya sekedar belajar dari guru atau dari buku-buku saja, (g) Dianggap lebih menyenangkan dan disukai siswa, (h) Mengembangkan kemampuan siswa untuk berpikir kritis dan mengembangkan kemampuan mereka untuk menyesuaikan dengan pengetahuan baru, (i) Dapat mengembangkan minat siswa untuk secara terus-menerus belajar dalam Sanjaya (2008). Oleh sebab itu, mahasiswa tidak saja harus memahami konsep yang relevan dengan masalah yang menjadi pusat perhatian tetapi juga memperoleh pengalaman belajar yang berhubungan dengan keterampilan menerapkan metode ilmiah dalam pemecahan masalah dan menumbuhkan pola berpikir kritis. Bila pembelajaran dimulai dengan suatu masalah, apalagi kalau masalah tersebut bersifat kontekstual, maka dapat terjadi kesetimbangan kognitif pada diri mahasiswa. Keadaan ini dapat mendorong rasa ingin tahu sehingga memunculkan bermacam-macam pertanyaan disekitar masalah, sehingga pada saat proses pembelajaran terjadi umpan balik mahasiswa baik dari segi pertanyaan maupun permasalahan yang dirasakan langsung oleh mahasiswa karena proses pembelajaran lebih mudah dipahami jika berkaitan dengan lingkungan.

Metode pembelajaran yang dirasa cocok untuk diterapkan dalam matakuliah fisika matematika I ini adalah metode *Problem Solving*. John Dewey dalam Trianto (2007: 17) menjelaskan 6 langkah metode pemecahan masalah (*problem solving*), yaitu: a) Merumuskan masalah, yaitu langkah peserta didik menentukan masalah yang dipecahkan. b) Menganalisis masalah, yaitu langkah peserta didik meninjau masalah secara kritis dari berbagai sudut pandang. c) Merumuskan hipotesis, yaitu langkah peserta didik merumuskan berbagai kemungkinan pemecahan sesuai dengan pengetahuan yang dimilikinya. d) Mengumpulkan data, yaitu langkah peserta didik mencari dan menggambarkan informasi yang diperlukan untuk pemecahan masalah. e) Pengujian hipotesis, yaitu langkah peserta didik mengambil atau merumuskan kesimpulan sesuai dengan penerimaan dan penolakan hipotesis yang

diajukan. f) Merumuskan rekomendasi pemecahan masalah, yaitu langkah peserta didik menggambarkan rekomendasi yang dapat dilakukan sesuai dengan rumusan hasil pengujian hipotesis yang diajukan

Media belajar yang bisa dimanfaatkan pada perkuliahan fisika Matematika I ada banyak macamnya, salah satunya adalah pemanfaatan *Problem Sheet*. *Problem sheet* merupakan perangkat pembelajaran berupa lembaran yang berisi panduan bagi mahasiswa untuk melakukan suatu kegiatan pemecahan masalah secara terstruktur. Pada *Problem Sheet* tersebut perlu adanya petunjuk-petunjuk singkat mengenai hal-hal yang akan diselesaikan, dihitung dan lain-lain agar mahasiswa dapat bekerja secara teratur. *Problem Sheet* berbasis *Problem solving* terdiri dari komponen-komponen dalam pembelajaran namun dalam *Problem Sheet* berbasis *Problem solving* dijabarkan sesuai dengan kecerdasan yang akan diintegrasikan dalam matakuliah yang akan disampaikan. Pengintegrasian tersebut dapat dilakukan dalam Pengembangan *Problem Sheet* berbasis *Problem solving*.

Hasil penelitian yang dilakukan Putri, D.H (2012) menyatakan bahwa kemampuan *problem solving* siswa yang dibelajarkan melalui pemberian *problem sheet* berbasis *problem solving* lebih baik dibandingkan dengan kemampuan *problem solving* siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan LKS konvensional. *Problem Sheet* berbasis *Problem solving* memerlukan perancangan dan pengorganisasian agar dapat berhasil dengan baik sesuai dengan tujuan pembelajaran dan kecerdasan yang akan dikembangkan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merancang pembelajaran berbasis *Problem solving*, diantaranya; 1) memilih kompetensi pembelajaran dan kecerdasan yang akan dikembangkan, 2) mengorganisir kecerdasan yang akan dikembangkan dalam pembelajaran, 3) mengumpulkan aneka bahan dan sumber, 4) merancang kegiatan dan proyek, dan 5) mengimplementasikan Konsep

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penting dilakukan penelitian tentang “Upaya meningkatkan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa pada mata kuliah Fisika Matematika I melalui metode *Problem solving* menggunakan media *Problem Sheet*”

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian tindakan kelas (PTK). Menurut Sukmadinata (2008) penelitian tindakan kelas merupakan suatu pencarian sistematis yang dilaksanakan oleh para pelaksana program dalam kegiatannya sendiri (guru, dosen, kepala sekolah, konselor) dalam mengumpulkan data tentang pelaksanaan kegiatan, keberhasilan dan hambatan yang dihadapi, untuk kemudian menyusun rencana dan melakukan kegiatan-kegiatan penyempurnaan.

Subyek dalam penelitian ini adalah mahasiswa semester 3A tahun ajaran 2016/2017 yang berjumlah 37 orang.

Prosedur pelaksanaan penelitian ini dilakukan secara siklus menggunakan prosedur alur dalam Penelitian Tindakan Kelas, terdiri dari empat tahap yaitu 1) tahap perencanaan, 2) tahap pelaksanaan tindakan, 3) observasi, 4) refleksi.

Upaya memperoleh data hasil kemampuan pemecahan masalah belajar mahasiswa melalui metode *Problem solving* berbantuan *Problem Sheet (PS)* persiklus digunakan tes uraian. Tes dilaksanakan pada setiap akhir siklus. Instrumen tes yang baik harus memenuhi syarat analisis soal yakni validitas dan reliabilitas. Untuk mengetahui pemenuhan kriteria-

kriteria tersebut, maka instrumen yang digunakan dalam penelitian ini harus melalui pengujian dan perhitungan. Indikator penelitian yang digunakan untuk mengukur kemampuan memecahkan masalah seperti pada tabel 1

Tabel 1

Indikator penilaian kemampuan memecahkan masalah

Tahap Memecahkan Masalah	Indikator
Mengenali masalah	Identifikasi masalah berdasarkan konsep dasar (<i>deep feature</i>) Membuat daftar besaran yang diketahui Menentukan besaran yang ditanyakan
Merencanakan strategi	Membuat diagram benda bebas/sketsa yang menggambarkan permasalahan Menentukan persamaan yang tepat untuk pemecahan masalah
Menerapkan strategi	Mensubstitusi nilai besaran yang diketahui ke persamaan Melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yang dipilih
Mengevaluasi soal	Mengevaluasi kesesuaian dengan konsep Mengevaluasi satuan

Instrumen non-test yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar observasi. Data observasi berupa lembar observasi aktivitas dosen dan aktivitas belajar mahasiswa, yang bertujuan untuk mengontrol kegiatan dosen dan mahasiswa selama proses pembelajaran berlangsung. Setiap instrumen dilengkapi dengan rubrik sebagai acuan untuk setiap penilaian aktivitas belajar mahasiswa maupun aktivitas dosen.

Data kuantitatif dan dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif. Teknik analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui hasil belajar fisika dari kemampuan pemecahan masalah siswa sehubungan dengan penguasaan konsep materi, yaitu dengan melihat hasil dari tes di setiap konsep. Melalui analisis deskriptif dapat diperoleh hasil kemampuan pemecahan masalah melalui *daya serap klasikal dan ketuntasan belajar klasikal*.

Tabel 2.

Penilaian Kemampuan mahasiswa Memecahkan Masalah

Persamaan	Keterangan
Kemampuan Individu $Ni = \frac{SK}{ST} \times 100\%$	<i>Ni</i> =kemampuan menerapkan langkah-langkah memecahkan masalah <i>SK</i> =skor total yang diperoleh mahasiswa pada masing-masing tahap

	$ST =$ skor total tiap tahap
Kemampuan mahasiswa secara klasikal $KM = \frac{K'}{N} \times 100\%$	$KS =$ Persentase Kemampuan mahasiswa secara kelas $K' =$ Jumlah mahasiswa yang menjawab benar pada masing-masing tahap $N =$ Jumlah mahasiswa

a. Daya serap klasikal

$$KB = \frac{\text{jumlah skor tertinggi yang dicapai mahasiswa}}{\text{jumlah mahasiswa} \times \text{jumlah skor ideal (maksimum)}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

b. Ketuntasan belajar secara klasikal

$$KB = \frac{N'}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

KB = ketuntasan belajar secara klasikal

N' = jumlah mahasiswa yang nilainya ≥ 70

N = jumlah mahasiswa keseluruhan (Trianto, 2011;241)

Perolehan hasil analisis kemampuan pemecahan masalah dapat dikonversi kedalam nilai yang berbentuk Huruf seperti pada tabel 3.

Tabel 3.

Konversi Hasil Kemampuan pemecahan masalah

No	SKOR	Konversi Nilai Huruf
1	80-100	A
2	70-79	B
3	58-69	C
4	45-57	D
5	<45	E

Data observasi digunakan untuk merefleksi siklus yang dilakukan dan diolah menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata skor} = \frac{\text{jumlah skor}}{\text{jumlah pengamat}} \dots\dots\dots (3)$$

Skor tertinggi = jumlah butir observasi \times skor tertinggi tiap butir observasi.

Untuk observasi aktivitas dosen skor tertinggi tiap butir observasi = 3 sedangkan jumlah butir observasi adalah 12, maka skor tertinggi adalah 36. Kisaran nilai untuk setiap kriteria pengamatan adalah:

$$\text{Kisaran nilai tiap kriteria} = \frac{\text{skor tertinggi keseluruhan}}{\text{skor tertinggi tiap butir observasi}} = \frac{36}{3} = 12 \dots\dots\dots (4)$$

Jadi kisaran nilai untuk kriteria pengamatan adalah:

Tabel 4.

Interval Kategori Penilaian Observasi Aktivitas Dosen

N o	Interval	Kriteria Penilaian
1	12-19	Kurang
2	20-27	Cukup
3	28-36	Baik

Untuk observasi aktivitas mahasiswa skor tertinggi tiap butir observasi = 3 sedangkan jumlah butir observasi adalah 12, maka skor tertinggi adalah 36.

Kisaran nilai untuk setiap kriteria pengamatan adalah:

$$\text{Kisaran nilai tiap kriteria} = \frac{\text{skor tertinggi keseluruhan}}{\text{skor tertinggi tiap butir observasi}} = \frac{36-12}{3} = 8 \dots\dots(5)$$

Jadi kisaran nilai untuk kriteria pengamatan adalah:

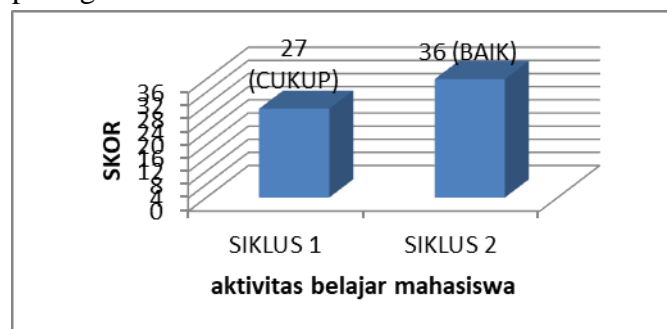
Tabel 5.

Interval Kategori Penilaian Observasi Aktivitas mahasiswa

N o	Interval	Kriteria Penilaian
1	12-19	Kurang
2	20-27	Cukup
3	28-36	Baik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas belajar mahasiswa selama proses perkuliahan fisika matematika I yang menerapkan metode *problem solving* berbantuan media *problem sheet* mengalami peningkatan dari kategori Cukup pada siklus ke-1 meningkat menjadi kategori Baik pada siklus ke-2. Seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Aktivitas belajar mahasiswa melalui penerapan metode *problem solving* berbantuan *problem sheet*

Penerapan metode *problem solving* berbantuan media *problem sheet* untuk setiap siklusnya sudah dijalankan sesuai dengan tahapannya. Aktivitas belajar mahasiswa pun dapat diamati sesuai dengan tahapan-tahapan metode *problem solving* berbantuan media *problem*

sheet. Namun disiklus pertama aktivitas mahasiswa secara keseluruhan masih dalam kategori cukup. Hal tersebut dikarenakan ada beberapa tahapan *problem solving* di siklus ke-1 yang belum dijalankan dengan maksimal oleh mahasiswa. Tahapan-tahapan yang aktivitasnya belum maksimal tersebut yakni : 1) tahapan merumuskan masalah, 2) tahapan menganalisis masalah, 3) merumuskan hipotesis, 4) tahapan mengumpulkan data , 5) tahapan merekomendasikan pemecahan masalah.

Aktivitas yang belum maksimal disiklus ke-1 disebabkan karena ada beberapa individu didalam kelompok (2-3 orang) belum memberikan sumbangsi dalam penyelesaian *problem sheet* untuk tahapan merumuskan masalah, menganalisis masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data dan merekomendasikan pemecahan masalah. Aktivitas mahasiswa pada siklus ke-1 direfleksi dan disiklus ke-2 semua aspek aktivitas sudah dalam kategori Baik.

Tahapan-tahapan *problem solving* disiklus 1 dan siklus 2 memang dapat memfasilitasi aktivitas belajar setiap mahasiswa didalam kelompoknya sehingga permasalahan yang ada dalam problem sheet dapat terselesaikan meskipun disiklus ke-1 rekomendasi pemecahan masalah masih dalam bimbingan penuh dosen pengampu. Hal ini sejalan dengan pendapat (Sanjaya W, 2010: 221) bahwa *problem solving* memiliki keunggulan : a) Pemecahan masalah (*problem solving*) merupakan teknik yang cukup bagus untuk lebih memahami isi pelajaran. b) Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat menantang kemampuan peserta didik serta memberikan kepuasan untuk menemukan pengetahuan baru. c) Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat meningkatkan aktivitas pembelajaran peserta didik. d) Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat membantu peserta didik bagaimana mentransfer pengetahuan mereka untuk memahami masalah dalam kehidupan nyata. e) Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat membantu peserta didik untuk mengembangkan pengetahuan barunya dan bertanggung jawab dalam pembelajaran yang mereka lakukan. f) Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat mengembangkan minat peserta didik untuk secara terus- menerus belajar sekalipun belajar pada pendidikan formal berakhir

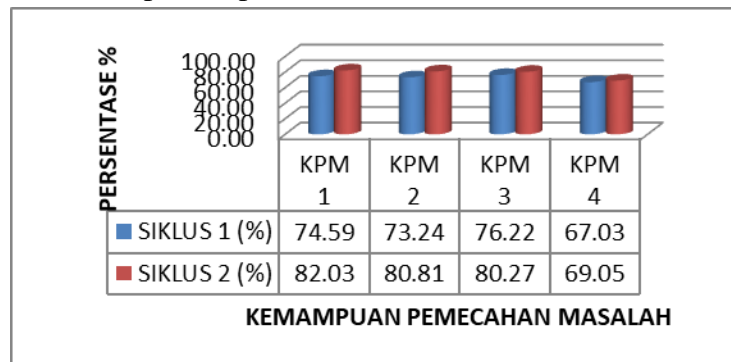
Kemampuan pemecahan masalah pada mata kuliah fisika matematika 1 ini posesnya dilatihkan dengan menggunakan bantuan media *problem sheet*. Media *problem sheet* ini adalah lembar kerja mahasiswa yang didalamnya memfasilitasi tahapan-tahapan pemecahan masalah sehingga aspek-aspek kemampuan pemecahan masalah dapat dimiliki oleh mahasiswa.

Masalah yang diambil pada *Problem sheet* yang digunakan untuk siklus 1 dan siklus ke-2 adalah masalah kontekstual yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. permasalahan kontekstual yang diambil dapat membantu membangun pengetahuan mahasiswa merumuskan permasalahan dengan lebih mudah.

Pada penelitian ini ada empat tahapan yang dilihat dalam pemecahan masalah. Keempat aspek tersebut dituangkan sebagai bentuk kemampuan pemecahan masalah yang dimiliki oleh mahasiswa secara individu dan kalsikal.

Dari gambar 2. terlihat bahwa kemampuan pemecahan masalah meningkat setiap siklusnya walaupun masih ada aspek-aspek kemampuan pemecahan masalah yang masih berada dibawah standar kelulusan minimal (70%). Aspek kemampuan pemecahan masalah yang masih dibawah 70% tersebut adalah aspek kemampuan mengevaluasi solusi. Kemampuan mengevaluasi solusi memang merupakan tahapan terakhir dalam tahapan pemecahan masalah. Tahapan ini memang memiliki tingkat kompleksitas yang lebih tinggi

dibandingkan ketiga tahapan sebelumnya. Sejalan dengan yang dikemukakan (Gintings, 2008: 211). bahwa tahapan pemecahan masalah sangat bergantung pada kompleksitas masalahnya. Untuk masalah yang kompleks karena kecakupan dan dimensinya luas, maka langkah-langkah pemecahan masalah dengan pendekatan akademik. Permasalahan yang sederhana dengan cakupan dan dimensi yang sempit dan praktis dapat dipecahkan dengan tahapan-tahapan yang sederhana dan praktis pula



Gambar 2. Grafik presentase (%) kemampuan pemecahan masalah untuk siklus 1 dan siklus 2

KESIMPULAN

Penerapan metode *problem solving* berbantuan media *problem sheet* dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa pada mata kuliah fisika matematika 1 TA Ganjil 2016/2017.

REFERENSI

- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Bandung: Rineka Cipta
- , 2013. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan (Edisi Revisi, Cet. 12)*. Jakarta: Bumi Aksara
- , 2014. *Penelitian Tindakan Kelas*. Jakarta : Bumi Aksara
- Daryanto. 2011. *Media Pembelajaran*. Bandung : PT sarana Tutorial Nuraini Sejahtera
- Dimiyati, Mudjiono. 2009 : *Belajar Dan Pembelajaran* . Jakarta : Rineka Cipta.
- Djamarah, Bahri dan Zain Aswan. 1996. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta : Rineka Cipta
- Rusman. 2008. *Model-Model Pembelajaran : Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Jakarta : Rajawali Press
- , 2011. *Model-Model Pembelajaran : Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada
- Sanjaya, Wina. 2008. *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Kencana Predana Media Group

- , 2010. *Perencanaan Dan Desain Sistem Pembelajaran*. Jakarta: Prenada Media Group
- Sudjana, N. 1989. *Dasar-Dasar Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Sinar Baru
- Sujarwanto, A. Hidayat, dan Wartono. 2014. *Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika Pada Modeling Instruction Pada Siswa SMA Kelas XI*. Program Studi Pendidikan Fisika Pascasarjana Universitas Negeri Malang, Indonesia. JPII 3 (1) (2014) 65-78
- Sukmadinata, Nana Syaodih. 2008. *Metode Penelitian Pendidikan*, Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- Syaodih,Nana. 2011. *Metode Penelitian Pendidikan*. Jakarta: PT Remaja Rosdakarya
- Trianto. 2007. *Model – Model Pembelajaran Inovatif Berorientasi Konstruktivistik*. Jakarta : Prestasi Pustaka Publisher
- Trianto. 2010. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Jakarta: Prenada Media
- Wena, Made. 2009. *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer*. Jakarta: Bumi Aksara

AN ASSESSMENT OF HIGHER ORDER THINKING SKILLS OF STUDENTS IN PHYSICS LEARNING OF SMA CLASS XI

Syaiful Rochman

Pendidikan Fisika FKIP, Universitas Bengkulu

Email : srochman@unib.ac.id

ABSTRACT

This research aim to get the measurement results as a description of high order thinking skills of students in class XI physics school in the Bengkulu Tengah. This research is the descriptive research. There are five steps in conducting this research i.e. the study of theory, research of questions, the manufacture of grain test, measurement, and conclusions. This research has been implemented in Bengkulu Tengah. The instruments were validated by the experts and then tested on 95 students. Furthermore, the instruments that have been validated were used to measure the learner's competence. The total samples taken in this research amounted to 148 students. The results measurement results show that there are 0% student in the very high category, 22.9% in the high category, 57.4% in medium category, 18.9% in the low category, and 0.67% in low category. Domination ability to analyze (C4), the ability to evaluate (C5), and the ability to create (C6) respectively is the ability to analyze 34.38%, 32.89% evaluate the ability, and the ability to create 32.71%. Over all and average the high-level thinking skills of students at Bengkulu Tengah are included in the medium category.

Keyword: Higher Order Thinking Skills, Physics, Students

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan bagian yang penting dalam kemajuan sumber daya manusia. Pendidikan awalnya dipahami sebagai pendidikan budi pekerti, mempersiapkan keterampilan, dan akhirnya sebagai investasi sumber daya manusia masa depan. Pembangunan pendidikan saat ini seharusnya menjadi bagian integral dari pembangunan sumber daya manusia. Hal itu sejalan dengan amanat kurikulum 2013 yang menghendaki kemampuan manusia yang berkualitas tinggi. Dengan kemampuan tersebut, diharapkan mampu bersaing di era globalisasi. Mengantisipasi tuntutan era globalisasi tersebut, pendidikan dirancang untuk meningkatkan kinerja yang berkualitas tinggi melalui proses pembelajaran.

Prestasi Indonesia salah satunya dapat dilihat dari hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) PISA dan *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS). Menurut data PISA, pada tahun 2009 posisi Indonesia berada pada posisi 40, namun pada tahun 2012 berada pada posisi 64 dari 65 negara peserta (Kemendikbud, & OECD, 2013). Selanjutnya berdasarkan data TIMSS, pada tahun 2007 skor Indonesia mencapai 427 dari 500 skor rata-rata dunia, namun pada tahun 2011 turun 21 angka menjadi 406 dari 500 skor rata-rata dunia (TIMSS & PIRLS, 2011). Salah satu Provinsi yang ada di Indonesia adalah Propinsi Bengkulu. Sebagai provinsi pelajar seharusnya Provinsi Bengkulu berada pada level atas, khususnya dalam mata pelajaran Sains (fisika). Kenyataannya, Provinsi Bengkulu belum mampu bersaing secara Nasional. Hasil Ujian Nasional (UN) tahun 2012/2013 dalam mata pelajaran fisika, Provinsi Bengkulu dengan nilai rata-rata hasil ujian 6,12 menduduki urutan ke-32 dari 33 Provinsi. Salah satu fokus Kota/Kabupaten yang terdapat di Provinsi Bengkulu pada UN tahun ajaran 2012/2013 dengan hasil rendah adalah Kabupaten Bengkulu Tengah dengan rata-rata hasil ujian mata pelajaran fisika 5,66 (Puspendik, 2013). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kualitas daya saing peserta didik dari Indonesia di mata dunia.

Dalam rangka memenuhi kualitas sumber daya manusia, salah satu cara yang digunakan adalah meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Berpikir tingkat tinggi diperlukan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan secara kreatif, dan inovatif. Guna mengatasi persoalan tersebut, peserta didik tingkat SMA perlu diarahkan untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*). Dalam konteks pengembangan fisika, para peserta didik perlu dibiasakan untuk menggunakan *Higher Order Thinking Skills* (berpikir tingkat tinggi).

Gardner (2013, p.154) mengatakan unsur terpenting dalam pembelajaran fisika adalah mendorong dan memotivasi siswa agar belajar aktif. Hal tersebut diperkuat dengan pendapat Arwood (2011, p.130) menyatakan bahwa berpikir bisa menghubungkan dari satu konsep ke konsep lain dengan rangkaian berpikir, berbicara, membaca, menulis, melihat, mendengarkan, dan menghitung.

Brookhart (2010, p.3) mendefinisikan berpikir tingkat tinggi sebagai proses transfer dari sebuah masalah kemudian masalah tersebut dicari solusinya menggunakan cara berpikir kritis. Secara terpisah Anderson dan Krathwohl's Taksonomi (2010, p.100) merevisi level kognitif tersebut menjadi dua, yaitu; cara berpikir tingkat rendah (*lower order thinking*) terdapat pada level mengingat (C1), memahami (C2), dan mengaplikasikan (C3), sedangkan cara berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking*) berada pada tingkatan menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), dan mencipta (C6). Costa (1991, p.63) menyampaikan bahwa dalam berpikir tingkat tinggi dibagi menjadi empat golongan, yaitu memecahkan masalah, membuat keputusan, berpikir kritis, dan berpikir kreatif. Bogan (2005, p.46) menemukan dalam berpikir tingkat tinggi akan terjadi ketika individu menerima informasi asing dan “memanggil” informasi lama yang tersimpan dalam memori.

Observasi awal guru fisika SMA di provinsi Bengkulu Tengah menunjukkan bahwa sebagian besar sekolah, baik pada tes pertengahan semester maupun tes pada akhir semester menggunakan tes dikotomi. Tes pilihan ganda yang digunakan di SMA untuk tes hasil belajar mata pelajaran fisika baru mengukur kemampuan mengingat, memahami, dan menerapkan. Profil berpikir tingkat tinggi peserta didik dapat diketahui dengan menguji peserta didik

dalam hal memecahkan masalah yang disajikan dalam bentuk tes. Untuk itu, diperlukan soal-soal yang termasuk *Higher Level Question* (HLQ). Miri, David, & Uri (2007, p.366) mengungkapkan bahwa “*if one persistently teaches for enhancing higher-order thinking skills, there are chances for success*. Penilaian dapat memberikan rangsangan kepada peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Selanjutnya Nitko dan Brookhart (2011, p.3) mendefinisikan pada sebuah penilaian merupakan proses untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan untuk mengambil keputusan tentang peserta didik, sistem kurikulum, program pada sekolah, dan kebijakan tertentu.

Observasi di Kabupaten Bengkulu Tengah menunjukkan bahwa tes di SMA disusun oleh guru yang mengampu mata pelajaran, begitu juga untuk tes fisika. Instrumen penilaian ulangan tengah semester dan tes akhir semester disiapkan oleh musyarawah kerja kepala sekolah (MKKS) dengan cara menunjuk beberapa orang guru yang menyusunnya. Instrumen penilaian yang digunakan umumnya berupa pilihan ganda. Instrumen penilaian yang berupa tes fisika belum banyak yang dilengkapi karakteristiknya, yakni: kesulitan, validitas, dan reliabilitas.

Validitas adalah pengukuran seberapa tepat instrumen atau alat ukur yang akan digunakan. Sudaryono (2012, p.138) mengatakan bahwa validitas instrumen tes adalah penggunaan item dan kecermatan seperangkat atau satuan alat ukur dalam melakukan fungsinya. Popham (2003, p.43) menyampaikan bahwa tujuan validitas sangat berhubungan dengan pencapaian evaluasi yang akan dilaksanakan. Makna validitas instrumen merupakan kegiatan atau tahapan yang mengukur instrumen yang akan digunakan pada saat mengukur. Selain itu, fungsi validitas adalah mengukur seberapa jauh instrumen tersebut mampu mencerminkan dengan teliti mengenai ciri objek atau keadaan yang sesungguhnya dari hasil pengukuran. Borg & Gall (2007, p.195) memiliki lima standar dalam menginterpretasikan validasi, yaitu : (1) isi dari item tes, (2) tanggapan responden, (3) struktur internal, (4) hubungan antar variabel, dan (5) hasil dari tes. Selanjutnya (Ebel & Frisbie, 1986, p.90) validitas dapat diperoleh melalui validitas isi, validitas konkuren dan validitas konstrak.

Colton, & Covert (2008, p.74) mengatakan “*Reliability is the extent to which an instrumen produces the same information at a given time or over a period of time. Some synonyms for reliability are stable, dependable, repeatable, consistent, constant, and regular*” Pernyataan itu menjelaskan bahwa reliabilitas adalah sejauh mana suatu instrumen dapat menghasilkan informasi yang sama, stabil, konsisten dalam pada waktu tertentu atau dalam satu periode waktu. Beberapa padanan kata untuk reliabilitas stabil, diandalkan, berulang, konsisten, konstan, dan teratur. Menurut Baniky & Fos (2000, p.11) menyatakan bahwa rentang reliabilitas berkisar antara 0 sampai dengan 1. Pada kenyataannya sangat jarang sekali rentang tersebut mendapatkan nilai pengukuran 1, jika mendapat pengukuran 1 maka item tes tersebut sangat istimewa. Sumintono & Widhiarso (2013, p.109) memberikan rentang bahwa nilai reliabilitas < 0,67 termasuk lemah, 0,67-0,80 termasuk cukup, 0,81-0,90 termasuk bagus, 0,91-0,94 termasuk bagus sekali, dan > 0,94 termasuk istimewa.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat diketahui bahwa penelitian ini dilakukan untuk menggali informasi serta mengidentifikasi kemampuan berpikir tingkat tinggi. Maka penelitian ini berusaha memberikan kontribusi dalam pendidikan khususnya pada proses pembelajaran fisika yaitu dengan studi penilaian (*assessment*) melalui tes kepada siswa dalam

pelaksanaan sistem pembelajaran. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan pijakan pengembangan sistem pembelajaran fisika di Kabupaten Bengkulu Tengah berbasis berpikir tingkat tinggi dimasa mendatang.

Kerangka berpikir dalam penelitian ini dimulai dari keberhasilan proses pembelajaran di kelas dipengaruhi oleh banyak faktor, baik dari peserta didik, pendidik, metode pembelajaran, serta bahan ajar yang digunakan. Diketahui bahwa penerapan pembelajaran berpikir tingkat tinggi akan membiasakan peserta didik untuk berpikir tingkat tinggi sehingga dapat mempersiapkan pola pikir peserta didik dalam menghadapi tantangan abad 21. Tantangan tersebut mengharuskan setiap peserta didik untuk berpikir kreatif, inovatif dan aplikatif.

Tujuan hasil pengukuran kemampuan berpikir tingkat tinggi adalah mengetahui tingkat kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik yang ada di Kabupaten Bengkulu Tengah. Hasil yang dicapai dalam pengukuran antara lain berdasarkan asal sekolah, dan berdasarkan ranah kognitif taksonomi Bloom (C4, C5, dan C6). Setelah melakukan pengukuran, akan memberikan masukan kepada peserta didik, guru, dan sekolah. Berdasarkan masukan tersebut, diharapkan dapat memperbaiki kemampuan berpikir tingkat tinggi pada sistem pembelajaran di Kabupaten Bengkulu Tengah.

Fisika merupakan ilmu pengetahuan yang terbangun atas konsep, teori, azas, prinsip, dan hukum yang jelas dan rinci. Memahami fenomena fisika menuntut kemampuan berpikir tingkat rendah sampai berpikir tingkat tinggi. Kemampuan berpikir tingkat rendah meliputi C1, C2, dan C3, sedangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi meliputi C4, C5, dan C6. Agar kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik dapat berkembang dengan baik dan dapat digunakan, maka harus ditingkatkan pada saat proses pembelajaran berlangsung yang meliputi aktivitas dan asesmen dalam pembelajaran.

Tes memberikan rangsangan kepada peserta didik yang selanjutnya akan menghasilkan respon. Jika asesmen hanya mengukur kemampuan berpikir tingkat rendah, maka peserta didik hanya bekerja pada kemampuan berpikir tingkat rendah. Sangat jauh berbeda apabila asesmen yang diterapkan menuntut peserta didik berpikir tingkat tinggi, maka peserta didik akan termotivasi mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Maka dari itu, diperlukan instrumen asesmen kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika. Instrumen asesmen dalam kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, namun untuk lebih memahami alur berpikir peserta didik maka tes pilihan ganda beralasan dapat digunakan. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan pilihan ganda beralasan untuk mengetahui dan menggambarkan kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika di kabupaten Bengkulu Tengah. Akhirnya, dari hasil penelitian ini guru-guru, khususnya guru fisika dapat menyusun tes yang mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik.

Agar instrumen asesmen berpikir tingkat tinggi dapat digunakan dengan baik, maka harus memenuhi kriteria instrumen, antara lain: validitas dan reliabilitas. Validitas isi dan validitas konstruk merupakan kriteria yang harus dipenuhi instrumen ini. Berdasarkan standar isi fisika yang terdiri dari kompetensi inti dan kompetensi dasar dikembangkan menjadi indikator-indikator keberhasilan pembelajaran. Atas dasar tersebut maka materi fisika disusunlah menjadi matrik berpikir tingkat tinggi fisika. Berpedoman dari hal tersebut, maka disusunlah kisi-kisi instrumen tes. Berdasarkan kisi-kisi tersebut akan diuraikan

menjadi item tes untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika. Instrumen yang sudah valid dan reliabel diharapkan dapat digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika. Instrumen yang dibuat dan divalidasi secara isi dan empiris akan digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap peserta didik SMA yang ada di Kabupaten Bengkulu Tengah. Hasil pengukuran dengan menggunakan instrumen ini akan menggambarkan kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika peserta didik kelas XI SMA di daerah Bengkulu Tengah

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Penelitian yang mengungkapkan dan menggambarkan suatu peristiwa yang terjadi pada kondisi sekarang. Deskripsi yang diungkapkan adalah kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik mengenai kemampuan berpikir tingkat tinggi pada mata pelajaran fisika di Kabupaten Bengkulu Tengah. Pendekatan yang akan digunakan dalam penelitian deskriptif ini adalah pendekatan kuantitatif

B. Waktu dan Tempat Penelitian

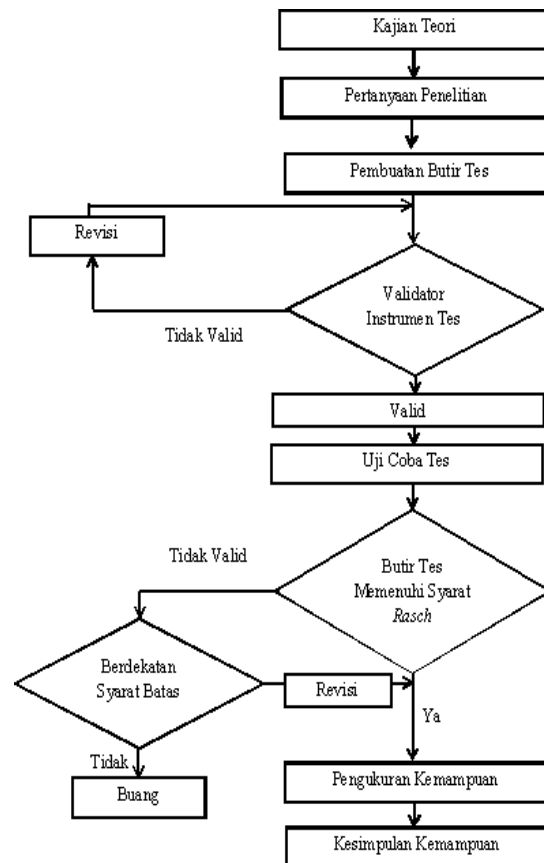
Penelitian dilaksanakan di SMA kelas XI wilayah Kabupaten Bengkulu Tengah terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi mata pelajaran fisika. Waktu penelitian berlangsung selama tiga bulan, yaitu bulan Maret sampai Mei 2015 pada semester genap 2014/2015.

C. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah peserta didik SMA di Kabupaten Bengkulu Tengah kelas XI IPA tahun ajaran 2014/2015. Jumlah sekolah SMA di Bengkulu Tengah seluruhnya ada delapan sekolah. Dari delapan sekolah, diambil lima sekolah sampel secara *purposive sampling*. Jumlah responden untuk uji coba empiris dalam penelitian ini sebanyak empat kelas dengan jumlah peserta didik 95. Jumlah responden untuk pengukuran adalah 148 siswa.

D. Prosedur

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini mengadaptasi prosedur Wallace yang terdiri dari lima tahap yaitu: (1) kajian teori, (2) pertanyaan penelitian, (3) pembuatan item tes, (4) pengukuran, dan (5) kesimpulan (Effendi & Tukiran, 2012, p.25).



Gambar 1. Desain Rencana Penelitian

Pembuatan item tes dilakukan karena belum ada instrumen yang sesuai dengan kebutuhan peneliti. Rancangan pembuatan item tes yang akan dilakukan adalah (1) merancang instrumen tes, (2) validasi ahli instrumen tes, dan (3) validasi empiris instrumen tes. Perancangan tes terdiri atas: perancangan perangkat tes dan uji validasi konten oleh ahli, jika ada item yang belum memenuhi syarat dilakukan revisi terlebih dahulu sampai tes valid secara konten. Setelah perancangan tes selesai, instrumen tes divalidasi secara empiris. Prosedur yang akan dilakukan dalam pembuatan instrumen berpikir tingkat tinggi dapat dilihat pada gambar 1.

E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Data penelitian ini merupakan data. Data yang diperoleh berupa hasil validasi ahli materi dan ahli evaluasi, dan data respon jawaban peserta didik. Data hasil validasi ahli diperoleh melalui lembar validasi, data respon jawaban peserta didik diperoleh ketika peserta didik menjawab item soal kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa tes. Instrumen tes berbentuk soal tes sebagai alat ukur kemampuan peserta didik mengenai kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika.

F. Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul akan diinput ke dalam *Exce*, kemudian dirubah dalam format *notepad*. Data yang telah dikumpul beserta jawaban diberikan skor dengan empat kategori, yaitu 1, 2, 3, atau 4.

Agar mudah melakukan analisis maka sebagai contoh data diatur sebagai berikut.

AAAAAAAAA4424244444.....
 BBBBBBBB4442443333.....
 CCCCCCCC1121144444.....

 EEEEEEEEE4241324311.....
 FFFFFFFFFF.....2442443223.....

Berdasarkan format *notepad*, huruf yang berupa “A,B,C, D, dan seterusnya” merupakan kode peserta didik. Tanda berupa angka merupakan hasil skor yang diperoleh oleh peserta didik. Penentuan skor peserta didik mengacu pada penskoran politomus dengan empat kategori, yaitu: Skor 4, jika peserta didik mampu menjawab pilihan jawaban dengan benar dan mampu memberi pilihan alasan dengan benar., Skor 3, jika peserta didik tidak mampu menjawab pilihan jawaban dengan benar dan mampu memberi pilihan alasan dengan benar., Skor 2, jika peserta didik mampu menjawab pilihan jawaban dengan benar dan tidak mampu memberi pilihan alasan dengan benar., dan Skor 1, jika peserta didik mampu menjawab pilihan jawaban dengan benar dan tidak mampu memberi pilihan alasan dengan benar.

Analisis data dalam penelitian ini mencari validasi, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan normalitas pada uji coba empiris. Guna memudahkan analisis, dianalisis menggunakan bantuan komputer program *Microsoft Exel Office 2010*, *SPSS*, dan *winstep3.73*.

Analisis data kualitatif dilakukan oleh validator ahli mengenai item tes yang dilihat dari segi materi, konstruksi, dan bahasa. Validasi isi dilakukan sebelum item tes digunakan. Lembar jawaban peserta didik yang telah dikoreksi akan dianalisis secara kuantitatif.

Validitas instrumen dalam penelitian ini dilakukan dengan validasi konstruk validasi isi, validasi bahasa, dan validasi empiris. Validasi konstruk dilakukan dengan membuat kisi-kisi instrumen dan selanjutnya digunakan teknik *judgment expert*. Validasi item tes dilakukan oleh dua orang ahli dalam bidang pendidikan fisika. Item tes yang tidak layak akan diperbaiki, setelah diperbaiki akan dilakukan validasi empiris.

Reliabilitas suatu tes menunjukkan ketetapan atau ketelitian suatu alat evaluasi. Suharsimi (2013, p.100) menyebutkan hasil tetap yang diberikan oleh sebuah instrumen tes menandakan bahwa instrumen tersebut memiliki taraf kepercayaan yang tinggi. Tujuan pengukuran reliabilitas tes dilakukan untuk mengetahui derajat *kejegan*, konsistensi dan stabilitas data atau temuan terhadap ukuran mengenai yang diukur. Sumintono & Wihiarso (2013, p.109) reliabilitas pada kecocokan *output wisteps* dilihat dari *item reliability* dengan kriteria: (1) tergolong lemah apabila *item reliability* <0,67, tergolong cukup apabila *item reliability* 0,67-0,80, tergolong bagus apabila *item reliability* 0,81-0,90, tergolong bagus sekali apabila *item reliability* 0,91-0,94, dan tergolong istimewa apabila *item reliability* >0,94.

Uji normalitas pada penelitian ini digunakan untuk menguji kenormalan pada data validasi instrumen tes. Irianto (2012, p.272) mengatakan bahwa normalitas adalah salah satu cara yang digunakan untuk menunjukkan bahwa penyebaran data yang diambil dalam sampel penelitian mewakili populasi. Apabila sampel yang diambil tidak berdistribusi normal maka penarikan kesimpulan menjadi salah. Freud & Wilson (2003, p.127) menyatakan bahwa taraf

signifikan yang digunakan untuk normalitas adalah 0,05, apabila signifikansi yang didapatkan lebih dari atau sama dengan 0,05 maka data berdistribusi normal.

Tingkat kesukaran merupakan karakteristik yang akan digunakan dalam menentukan indeks kesukaran. Dengan memanfaatkan analisis menggunakan program *winsteps* diperoleh indeks kesukaran dengan cara melihat *measure* pada tampilan *winsteps*. Kesimpulan dalam melihat tingkat kesukaran mengacu pada soal dianggap baik, yaitu soal-soal sedang adalah soal-soal yang memiliki indeks kesukaran 0,30 sampai dengan 0,07” (Azwar, 2010, p.179).

Analisis data penelitian diperoleh rata-rata kemampuan peserta didik secara keseluruhan, skor maksimal, dan skor minimal. Nilai rata-rata digunakan untuk menghitung rata-rata skor yang diperoleh peserta didik. Larson & Farber (2012, p.65) Perhitungan rata-rata peserta didik menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\sum x}{N}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, dapat dijelaskan bahwa μ merupakan rata-rata, $\sum x$ merupakan jumlah skor yang diperoleh peserta didik, dan N merupakan jumlah peserta didik.

Analisis data pengukuran kemampuan peserta didik dianalisis menggunakan program *Microsoft Excel* yang nantinya akan terbagi menjadi lima kategori kriteria. Penetapan standar kelulusan atau standar pencapaian kompetensi menggunakan standar yang diadaptasi dari tanwey adalah 60%, maka acuan yang dapat digunakan $90\% \leq x$ maka “A (sangat tinggi)”, $75\% \leq x < 90$ maka “B (tinggi)”, $60\% \leq x < 75\%$ maka “C (sedang)”, $40\% \leq x < 60\%$ maka “D (rendah)”, dan jika $x < 40\%$ maka “E (sangat rendah)”.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil analisis validasi ahli pada item tes menunjukkan bahwa item tes yang digunakan telah memenuhi standar kompetensi dan kompetensi dasar. Kriteria secara materi, secara konstruksi, dan secara bahasa pada instrument ini telah terpenuhi. Hal itu menunjukkan bahwa tes yang digunakan memenuhi validitas isi yang baik. Secara spesifikasi, terdapat 14 item soal yang kurang memenuhi kriteria karena kolerasi antara jawaban terhadap alasan pilihan jawaban tidak logis. Tujuh item tes belum baik berdasarkan kriteria konstruksi, dan tujuh item tes belum baik berdasarkan bahasa. Faktor yang menyebabkan item tes kurang baik adalah kesalahan dalam mengecek konsep, dan kesalahan dalam pengetikan.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa kesalahan disebabkan item tes yang dibuat kurang memberikan informasi untuk mencari kunci jawaban yang akurat, sehingga membuat peserta didik salah dalam membaca ketika mengerjakan item tes. Selain itu, akan menyebabkan kerancuan bagi peserta didik jika membaca item tes tersebut. Hal itu sesuai dengan pendapat Tayibnapi (2008, p.200) yang mengatakan bahwa produk tes untuk penilaian hasil belajar, seorang penulis item tes harus memberikan informasi yang jelas termasuk grafik, peta, gambar, dan keterangan berupa tulisan. Penjelasan tersebut sesuai dengan Mardapi (2008, p.157) yang menjelaskan bahwa dalam telaah penulisan tes pilihan ganda harus menggunakan bahasa yang komunikatif dan menggunakan tata bahasa yang baku.

Pada aplikasi *winstep*, dilakukan analisis kecocokan untuk setiap model logistik yang dimaksudkan untuk mengetahui apakah responden seluruh peserta tes terhadap suatu item *fit*

(cocok) dengan model yang dipilih. Berdasarkan hasil analisis, model dua parameter logistik adalah model yang cocok dengan item dapat dilihat pada Tabel 1. Estimasi reliabilitas yang diperoleh dalam tahap uji coba adalah 0,92. Berdasarkan parameter estimasi ini, instrumen tes ini reliabel dan memiliki kestabilan yang cukup tinggi serta dapat digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik SMA di Kabupaten Bengkulu Tengah.

Tabel 1. Rangkuman Estimasi pada Tahap Validasi dan Tahap Pengukuran

No	Uraian	Estimasi Validasi
1	Tingkat Kesukaran	1,04 – (-1,05)
2	Skor rata-rata dan simpangan baku	323, dan 1 ± 36,5
3	Reliabilitas	0,92
4	Nilai rata-rata dan simpangan baku <i>Infit</i> MNSQ	1,04, dan ± 0,18
5	Nilai rata-rata dan simpangan baku <i>Outfit</i> MNSQ	1,01, dan ± 0,22

Validitas pada empiris membuktikan bahwa semua item tes secara rata-rata *fit*. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain : (1) item tes yang buat mengikuti prosedur, (2) item tes yang dikembangkan sesuai dengan indikator-indikator yang diturunkan dari aspek kemampuan berpikir tingkat tinggi dan materi fisika, (3) item tes yang terdiri dari 50 item tes telah diuji melalui validitas isi, dan (4) pengambilan data dan pengukuran dilaksanakan dengan sungguh-sungguh sehingga peserta didik sungguh-sungguh dalam mengerjakan. Carter, (2010, p.20) menjelaskan bahwa “*The social validity criterion using empirically validated procedures*”. Hal tersebut berarti bahwa validasi kriteria sosial menggunakan prosedur validasi empiris. Selanjutnya Effendi (2012, p.178) mengungkapkan bahwa kesungguhan responden mengerjakan item tes saat pengambilan data akan mempengaruhi hasil tes.

Hasil pengukuran kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika pada peserta didik kelas XI SMA di kabupaten Bengkulu Tengah menunjukkan bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika SMA kelas XI di Bengkulu Tengah termasuk dalam kategori sedang. Skor maksimal yang dicapai dari keseluruhan peserta didik di Kabupaten Bengkulu Tengah adalah 121 atau mencapai 84% dari skor total. Skor minimal pada peserta didik dikabupaten Bengkulu tengah adalah 57 atau 40%. Secara rata-rata dari skor total, kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik mencapai skor 98,3 atau mencapai persentase 68 %. Hal itu menunjukkan bahwa kemampuan rata-rata peserta didik di Kabupaten Bengkulu Tengah termasuk dalam kategori sedang. Hasil pengukuran ini didapatkan secara ringkas pada Tabel 2.

Tabel 2.

Rangkuman Hasil Pengukuran Peserta Didik Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi

Asal Sekolah	Sangat Tinggi	Tinggi	Sedang	Rendah	Sangat Rendah
SMA 01	0	15	29	9	1
SMA 02	0	3	9	2	0
SMA 03	0	6	23	5	0
SMA 04	0	5	12	3	0
SMA 05	0	5	12	9	0

Kemampuan kemampuan berpikir tingkat tinggi di kelas XI SMA Kabupaten Bengkulu Tengah pada setiap sekolah juga termasuk sedang karena lebih dari 50% peserta didik termasuk dalam kategori sedang. Hal tersebut disebabkan oleh sistem pembelajaran yang mirip yaitu menggunakan ceramah, penugasan, dan catatan. Pembelajaran sistem penugasan paling tinggi masih dalam kreteri analisis (C4). Selain C4, yang paling sering digunakan adalah ingatan (C1), pemahaman (C2), dan aplikasi (C3). Sesuai dengan pendapat Kuswana (2011, p.21) kegiatan yang menggunakan dan membiasakan kerja otak untuk menempatkan keahliannya yang meliputi analisis, menyimpulkan, dan evaluasi akan mudah dalam berpikir tingkat tinggi. Faktor lain yang menyebabkan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik di Kabupaten Bengkulu Tengah masih dalam kategori sedang ditinjau dari proses pembelajaran dan ulangan yang berlangsung. Pembelajaran yang dilakukan oleh guru belum terbiasa menggunakan kemampuan berpikir tingkat tinggi sehingga hal tersebut tidak membiasakan peserta didik dalam menggunakan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Kemudian, pada saat ulangan, latihan-latihan tes serta ulangan tengah semester/semester yang dilakukan oleh guru belum menunjukkan item tes yang menggambarkan kemampuan berpikir tingkat tinggi.

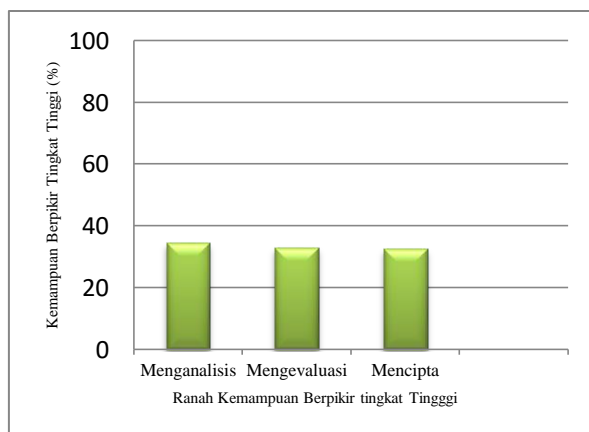
Dari kelima sekolah tersebut terletak dalam kecamatan yang berbeda, dan suku berbeda. Dari budaya tersebut akan membedakan pola berpikir para peserta didik. Lichona (2012, p.48) secara umum budaya diturunkan dari orang tua dan anak, sehingga apa yang orang tua alami akan membentuk kepribadian anak, maka bertahun tahun kebiasaan dan budaya tersebut akan melekat. Dari itu baik dan buruknya yang dilakukan anak juga dipengaruhi oleh budaya. Lebih lanjut secara sains Zuchdi (2011, p.27) mengungkapkan bahwa kemampuan sains peserta didik akan meningkat baik secara prinsip dan konsep apabila lingkungan dan teknologi mendukung karena hal itu berkaitan dengan proses dasar sains dan proses terbentuknya sains.

Tabel 3.
Persentase Aspek Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Peserta Didik

No	Sekolah	Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (%)				
		SMA 01	SMA 02	SMA 03	SMA 04	SMA 05
Aspek						
1	Menganalisis	33.8	35.3	35.4	34.8	33.5
2	Mengevaluasi	32.8	32.4	32.9	32.5	33.5
3	Menciptakan	33.4	32.3	31.6	32.7	32.9

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa kemampuan mengevaluasi dan kemampuan menciptakan memiliki dominasi tiga berbanding dua. Hal tersebut dapat dilihat pada kemampuan mengevaluasi SMA 01, 02, dan 03 lebih baik daripada kemampuan mencipta, sedangkan SMA 04 dan SMA 05 kemampuan mencipta lebih baik dibandingkan dengan kemampuan mengevaluasi

Berdasarkan Gambar 2, Dilihat dari urutan kognitif taksonomi Bloom, secara berturut-turut kemampuan menganalisis secara keseluruhan sebanyak 34,38%, kemampuan mengevaluasi sebanyak 32,89 %, dan kemampuan mencipta sebanyak 32,71%. Hal tersebut juga menjelaskan dan dapat dijadikan sebagai indikator bahwa kemampuan mencipta adalah kemampuan berpikir tingkat tinggi dengan level paling tinggi. Jadi wajar jika peserta didik di kelas XI SMA Kabupaten Bengkulu Tengah didominasi pada kemampuan menganalisis, dan paling lemah dalam kategori mencipta. Selain itu, pada proses pembelajaran di kabupaten Bengkulu Tengah belum memanfaatkan laboratorium. Seharusnya pemanfaatan laboratorium sekolah bisa menunjang dan merangsang peserta didik untuk membiasakan berpikir evaluatif dan kreatif.



Gambar 2. Dominasi Setiap Aspek Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi

Berdasarkan kemampuan berpikir tingkat tinggi setiap ranah, dapat menjelaskan bahwa kemampuan mencipta adalah kemampuan berpikir tingkat tinggi dengan level paling tinggi. Jadi wajar jika peserta didik di kelas XI SMA Kabupaten Bengkulu Tengah didominasi pada kemampuan menganalisis, dan paling lemah dalam kategori mencipta. Selain itu, pada proses pembelajaran di kabupaten Bengkulu Tengah belum memanfaatkan laboratorium. Seharusnya pemanfaatan laboratorium sekolah bisa menunjang dan merangsang peserta didik untuk membiasakan berpikir evaluatif dan kreatif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Persentase rata-rata kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik mencapai 68%, termasuk dalam kategori sedang. Skor maksimal yang dicapai dari keseluruhan peserta didik

kelas XI di Kabupaten Bengkulu Tengah dalam kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika 84% dari skor total, hal tersebut termasuk dalam kategori tinggi. Skor minimal pada peserta didik di Kabupaten Bengkulu Tengah adalah 40%, hal tersebut termasuk kategori sangat rendah. Kemampuan menganalisis (C4), kemampuan mengevaluasi (C5), dan kemampuan menciptakan (C6) secara berturut-turut adalah kemampuan menganalisis 34,38%, kemampuan mengevaluasi 32,89 %, dan kemampuan mencipta 32,71%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika peserta didik kelas XI SMA di Kabupaten Bengkulu Tengah berdasarkan latar belakang sekolah. Faktor yang menyebabkan perbedaan kemampuan berpikir tingkat tinggi adalah budaya dan karakter. Dari budaya tersebut akan membedakan pola berpikir para peserta didik.

Kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika peserta didik kelas XI SMA di Kabupaten Bengkulu pada ranah menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta terdapat perbedaan. Dari tiga kategori tersebut, mencipta merupakan kemampuan yang paling lemah. Hal tersebut disebabkan proses evaluasi dalam pembelajaran di Kabupaten Bengkulu Tengah menggunakan kemampuan berpikir tingkat rendah.

Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, disarankan untuk peneliti selanjutnya mengontrol kesungguhan peserta didik dalam mengerjakan instrumen tes. Peneliti dalam penelitian ini tidak masuk ke ruang kelas sehingga tidak mengetahui dengan lengkap proses pembelajaran yang terjadi, maka peneliti selanjutnya disarankan dapat mengamati pembelajaran di kelas sehingga mengetahui proses pembelajaran yang berlangsung. Penelitian ini hanya mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi kognitif, maka disarankan untuk penelitian selanjutnya mengukur kemampuan afektif dan kognitif. Instrumen tes yang digunakan dalam penelitian ini berupa instrumen tes objektif, maka untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan instrumen tes subjektif dengan jawaban terbuka.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, L.W., & Krathwohl, D.R. (2010). *Kerangka landasan untuk pembelajaran, pengajaran, dan asesmen (terjemahan Agung Prihantoro)*. New York: Addition Wesley Longman. (buku asli diterbitkan tahun 2001).
- Arwood, E. L., (2011). *Language function an introduction to pragmatic assessment and intervention for higher Order thinking and better literacy*. Philadelphia : Jessica Kingsley Publishers.
- Azwar, S. (2010). *Tes prestasi. Fungsi dan pengembangan pengukuran prestasi belajar*. Edisi Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Banicky. L.A., & Foss. H.K. (2000). *Assessing Student Learning, Policy Team Development: Delaware School Boards/Administrative Leadership Initiative*. Delaware: Delaware Educational Reserch and Development Center.

- Bogan, Y. K.H., & Porter, R..C.(2005). *On the Ball with Higher-Order Thinking*. ProQuest Research Library, 36, 46-47.
- Brookhart, S.M. (2010) *Assess higher-order thinking skills in your classroom*. Alexandria : ASCD.
- Carter, S.L. (2010). *The Social Validity Manual: a Guide to Subjective Evaluation of Behavior Intervention*. Oxford. Academi Press.
- Colton, D., & Covert.R.W. (2008). *Designing and Constructing Instruments for Social Research and Evaluation*. San Francisco: John Wiley & Sons.Inc.
- Costa, A.L. (1991). *Developing minds: programs for teaching thinking (Rev.Ed)*. Volume 2. Alexandria : ASCD.
- Ebel, R.L., & Frisbie. D.A. (1979). *Essentials of educational measurement (5rd ed.)*.. New Dehli. Prentice-Hall. Inc.
- Efendi, S., & Tukiran. (2012). *Metode Penelitian Survei*. Jakarta: LP3ES.
- Freud & Wilson. (2003). *Statistical Methods*. London: Academic Press.
- Gardner, Howard. (2013). *Multiple Intelligences (terjemahan Yelvi Andri Zaimul)*. New York : Basic Books. (buku asli terbitan tahun 2006).
- Borg. W.R., Gall. M.D., & Gall, J.P., (2007). *Educational Research*. USA : Pearson.
- Irianto, A. (2012). *Statistik : Konsep Dasar, Aplikasi, dan Pengembangannya*. Jakarta: Kencana.
- Kemendikbud & OECD (2013). PISA (*Programme for International Student Assessment*. [online]. Tersedia: <http://litbang.kemdikbud.go.id/index.php/survei-internasional-pisa> [1september 2014].
- Kuswana.W.S. (2011). *Taksonomi Berpikir*. Bandung: Rosda Karya.
- Larson,R., & Farber, B. (2012). *Elementary Statistics Picturing the world*. Boston: Pearson
- Lichona, T. (2012). *Mendidik untuk Membentuk Karakter (terjemahan juma abdu wamungo)*. New York : (buku asli diterbitkan tahun 1989).
- Mardapi, D. (2008). *Teknik penyusunan instrument tes dan nontes*. Yogyakarta: Mitra Cendikia.

- Miri, B., & David, B.C., & Uri, Z. (2007). *Purposely Teaching for the Promotion of Higher-order Thinking Skills: A Case of Critical Thinking*. Springer Science. 37,366.
- Nitko, A.J., & Brookhart, S.M. (2011). *Educational Assessment of Students (6rd ed.)*. Boston : Pearson.
- Popham, W.J. (2003). *Test better, Teach Better : The Instructional Role of Assessment*. Virginia: ASCD.
- Puspendik (2013). *Laporan hasil ujian nasional tahun ajaran 2012/2013 SMA/MA*. Jakarta: Puspendik.
- Sudaryono. (2012). *Dasar-dasar Evaluasi Pembelajaran*. Tangerang: Graha Ilmu
- Suharsimi, A. (2013). *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara
- Sumintono, B., & Widhiarso, W. (2013). *Aplikasi Model Rasch untuk Penelitian Ilmu-ilmu Sosial*. Cimahi: Trim Komunikata Publishing House.
- Tayibnapi, F.Y. (2008) *Evaluasi Program dan Instrumen Evaluasi*. Jakarta: Rineka Cipta
- TIMSS & PIRLS. 2011. International Study Centre [Online] tersedia di. www.oecd.org/pisa/46643496.pdf.*
- Zuchdi, D. (2011). *Pendidikan Karakter Dalam Persepektif Teori dan Praktik*. Yogyakarta: UNY Press

UPAYA MENUMBUHKAN SIKAP RELIGIUS DENGAN MIND MAP BERNUANSA HIKMAH GRAVITASI PADA MEKANIKA

Letmi Dwiridal

FMIPA Universitas Negeri Padang

Email : letmidwiridal@gmail.com

ABSTRACT

Permenristekdikti number 44 in 2015 on the National Standards for Higher Education, to an attitude of "obeyed to God the which the almighty and must be able to religious attitude". Based on initial reflection concluded that the understanding of physics has not been with religious attitudes. This study aims: to form attitude-physics to religious through of making mind maps on mechanics lecture. Research methods was classroom action research model Kemmis & Taggart with 4 stages: planning, implementation, observation and reflection. material lecture of Particle mechanics with the main idea of "gravity". Types of qualitative research data. The research instrument comprises: Mind map sheet assessment, observation sheet activity and physics attitude to religious. The study population are students who have taken lecture of mechanics of the academic year 2016/2017. technique sampling was cluster Random sampling. The data analysis technique is technique of percentage, calculated according to the number of indicators on research instruments. The results showed that the Mind map of hikmah can foster attitude-physics to religious at the lecture of mechanics, with category religious attitude "Very Possessed", and the increase is significant from the first cycle to the second cycle of 33.69% with 37.3% in the first cycle increased to 70.99% in the second cycle.

Keywords : Mechanics, gravity, attitude-physics to religious

PENDAHULUAN

Dalam UU No 12 tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi disebutkan bahwa tujuan Pendidikan Tinggi di Indonesia diantaranya berkembangnya potensi mahasiswa agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan Permenristekdikti no 44 tahun 2015 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi, pada rumusan sikap "Bertaqwa kepada Tuhan Yang maha Esa dan mampu menunjukkan sikap religius" [7]. Membangun karakter bangsa yang berketuhanan tentu dimulai dari pembentukan sikap berketuhanan yang sering diistilahkan dengan sikap religius. Individu yang berkarakter baik yaitu seseorang yang berusaha melakukan hal-hal terbaik terhadap Allah yaitu Tuhan Yang Maha Esa, dirinya, sesama manusia, lingkungannya, bangsa dan negara serta dunia internasional pada umumnya

dengan mengoptimalkan potensi pengetahuan pada dirinya dan disertai dengan kesadaran, emosi dan motivasi (perasaan) [6].

Pada perkuliahan mekanika mempelajari tentang : mekanika partikel, Mekanika sistem partikel, mekanika benda tegar dan mekanika Lagrange [11]. Materi mekanika tersebut telah dirumuskan dalam silabus matakuliah mekanika. Untuk mengetahui masalah, telah dilakukan refleksi awal, hal ini merupakan kegiatan untuk mengumpulkan informasi tentang situasi-situasi yang relevan dengan tema penelitian yaitu sikap religius dari fisika. Peneliti telah melakukan pengamatan pendahuluan melalui observasi dengan pertanyaan tertulis dan terbuka kepada mahasiswa untuk memperoleh refleksi awal.

Tabel.1.a Data refleksi awal mahasiswa

REFLEKSI AWAL

NO	ADAKAH ILMU FISIKA YANG TERKAIT DENGAN AYAT DALAM AL-QUR'AN? Jelaskan!		
1	Ada	32.43 %	Bintang, bulan, matahari dan bumi
2	Ada	51.35 %	Fisika ilmu dunia dan Al-Qur'an ilmu dunia akhirat Fisika ilmu dunia dan Al-Qur'an tentang Agama / akhirat Ilmu tanpa agama buta, agama tanpa ilmu lumpuh
3	Ragu-ragu	16.22 %	Belum belajar mengkaitkan Belum mengetahui keterkaitannya.

Refleksi tersebut disimpulkan bahwa pemahaman ilmu fisika belum dikaitkan dengan hikmah dan sikap dalam beragama. Berdasarkan refleksi awal tabel 1.a dapat dilakukan pemfokusan masalah yang selanjutnya dirumuskan menjadi masalah penelitian yaitu perlu kiranya dilakukan penelitian untuk menumbuhkan sikap religius dari fisika melalui pembuatan *mind map* yang bernuansa hikmah gravitasi pada perkuliahan mekanika.

Untuk mengatasi masalah di atas, maka diusahakan merancang suatu perkuliahan yang efektif, sehingga dapat memancing kreativitas berfikir dan dapat melihat hikmah yang berkaitan dengan mekanika. Salah satu cara yang dilakukan untuk merangsang mahasiswa berfikir aktif dan kreatif dalam perkuliahan adalah menggunakan strategi aktif tipe *mind map*. *Mind Map* dimaksudkan agar materi pelajaran terpola secara visual dan grafis yang akhirnya dapat membantu merekam, memperkuat, dan mengingat kembali informasi yang telah dipelajari sesuai petunjuk pembuatan sebuah *mindmap* [4]. *Mind map* merupakan suatu teknik mencatat kreatif yang dituangkan dalam bentuk gambar maupun simbol dan memudahkan untuk mengingat banyak informasi karena membentuk pola berfikir yang saling berkaitan antara subtopik dengan topik utamanya [4]. Pemetaan berfikir pada penelitian ini adalah pemetaan konsep fisika yang dihubungkan dengan keterangan wahyu Allah dalam Al-Qur'an yang dinamakan hikmah. Salah satu hikmah fisika dalam mekanika adalah hikmah Gravitasi, "keteraturan/empiris fisika pada alam tidak berlaku lagi jika gravitasi hilang" [5].

Beberapa manfaat dari *mind map bernuansa hikmah* antara lain: merencana suatu proses, menjadi kreatif, menghemat waktu mencatat, memusatkan perhatian, menyusun dan menjelaskan pikiran-pikiran, mengingat dengan lebih baik melalui perenungan yang mendalam serta melihat gambaran suatu konsep fisika yang berhubungan dengan informasi wahyu. Penelitian ini merupakan penelitian tindakan kelas bernuansa religius, yang dilakukan dosen dan mahasiswa dalam perkuliahan mekanika pada semester ganjil tahun 2016/2017. Ciri terpenting dari penelitian tindakan adalah bahwa penelitian tersebut merupakan suatu

upaya untuk memecahkan masalah, sekaligus mencari dukungan ilmiahnya dan salah satu diantaranya penelitian tindakan kelas ^[2].

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka **rumusan masalah** dalam penelitian ini ; apakah melalui pembuatan *mind map* bernuansa hikmah gravitasi dapat menumbuhkan sikap religius mahasiswa pada perkuliahan mekanika ?. Hipotesis tindakan adalah pembuatan *mind map* bernuansa hikmah gravitasi dapat menumbuhkan sikap religius mahasiswa pada perkuliahan mekanika. Penelitian ini **bertujuan** : untuk menumbuhkan sikap religius mahasiswa melalui pembuatan *mind map* bernuansa hikmah gravitasi pada perkuliahan mekanika semester ganjil tahun akademik 2016/2017 di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang. Dalam pelaksanaan penelitian tindakan ini, agar tidak menyimpang dari masalah yang diteliti maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut :1) Alam yang dimaksud adalah alam nyata/syahadah yang berdimensi fisika (materi, energy, ruang dan waktu) pada mekanika dan ayat Al-Qur'an yang dipelajari khusus ayat-ayat tentang langit dan bumi 2). Hikmah yang dimaksud adalah pengetahuan tentang thabi'ah/keteraturan alam melalui mekanika selanjutnya dihubungkan dengan informasi dari sumber religius yaitu Al-Qur'an dan telah dilegalitaskan oleh Kementerian Agama Republik Indonesia. 3) Aspek yang diteliti hanya aspek sikap yaitu : berupa sikap Religius gravitasi yang terdiri dari ; sikap ketakjuban, mengagungkan dan bersyukur kepada Allah yaitu Tuhan Yang Maha Esa pencipta alam semesta.

KAJIAN LITERATUR

Mempelajari fisika dengan melakukan observasi dengan penuh perhatian agar dapat menjawab “bagaimana” keteraturan alam itu berlangsung. Alam semesta dan proses-proses yang terjadi didalamnya seringkali dinyatakan sebagai Sunatullah/ketetapan Allah dan memeriksa atau meneliti alam semesta dapat diartikan sebagai membaca sunatullah yang merupakan bagian dari sikap religius ^[3]. Manusia diseru untuk mengenal alam sekelilingnya dengan baik. “Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda kebesaran Allah bagi orang yang berakal dan mereka memikirkan (bertafakur) tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): Ya Allah, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Mahasuci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa Neraka”^[1]. Selanjutnya, Religius atau *religious* (Inggris) artinya cara meraih pengalaman beragama ^[3]

Fisika hanya khusus untuk mempelajari alam nyata langit dan bumi, Fisika merupakan pengetahuan tentang fakta atau prinsip yang diperoleh melalui kajian sistematis ^[9], dan hakikat Fisika adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari gejala-gejala melalui proses ilmiah yang menghasilkan produk ilmiah yang berlaku universal ^[10], selanjutnya juga didefinisikan bahwa Fisika merupakan ilmu thabi'ah (watak keteraturan fisis alam) yang mempelajari fakta alam melalui metode ilmiah sehingga diperoleh prinsip-prinsip empiris fisika (konsep, hukum, teori) yang berkarakter religius serta memperlihatkan bukti tanda-tanda kebesaran Allah sebagai Tuhan Yang Maha Pencipta alam dengan keteraturannya^[5]. Suatu mekanisme keteraturan alam semesta adalah gravitasi. Gravitasi merupakan gaya interaksi antar partikel bermassa, berperan pada sistem makroskopik dan diabaikan pada sistem

mikroskopik^[11]. Dengan mempelajari keteraturan alam melalui fisika, insyaAllah akan diperoleh hikmah. Al-Hikmah adalah kefahaman yang dalam tentang Al-Qur'an dan As-Sunnah^[1].

Kegiatan pengamatan itu penting dalam fisika namun pengamatan memerlukan imajinasi, karena ilmuwan tidak akan pernah bisa memasukkan semuanya dalam satu deskripsi mengenai apa yang mereka amati. Ilmuwan harus melakukan penilaian mengenai apa yang relevan dengan pengamatan mereka. Para ilmuwan terkemuka memandangi kegiatan ilmiah sebagai bagian dari pengalaman beragama. Mereka tidak memisahkan kajian tentang alam dari pandangan dunia maupun agama dan tidak membedakan sains dan agama, tetapi memandangi penjelajahan alam semesta sebagai bagian dari pengalaman religius.^[3] Pada rumus empiris fisika mencerminkan Thabi'ah gravitasi yang religius karena memperlihatkan tanda-tanda kebesaran Allah, Tuhan Yang Maha Pencipta alam semesta, jika gravitasi hilang itulah kehancuran alam semesta.^[5]



Gambar 1;Thabi'ah/keteraturan gravitasi alam semesta dalam Al-Qur'an.^[5]

Berdasarkan gambar 1 dapat diketahui bahwa alam semesta mulai dari terbentuknya sampai saat ini bahkan sampai hari akhir/kiamat dijelaskan oleh Allah dalam Al-Qur'an melalui mekanisme fisika yaitu gravitasi. Sekarang bagaimana membangun sikap religius mahasiswa melalui pemahaman fisika tersebut, inilah yang dimaksudkan dengan sikap religius bernuansa hikmah gravitasi. Pemahaman fisika ini dilihat keterkaitannya dengan informasi yang dijelaskan dalam ajaran agama Islam. Dengan memperhatikan karakteristik dari mahasiswa yang mengikuti perkuliahan mekanika tersebut beragama Islam.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah Penelitian Tindakan Kelas (PTK). Pada penelitian tindakan ini dilaksanakan melalui pembuatan Mind Map bernuansa hikmah oleh mahasiswa yang mengikuti perkuliahan mekanika. Metode yang digunakan yaitu penelitian tindakan kelas dengan mengikuti model siklus Kemmis & Taggart dengan 4 tahapan yaitu perencanaan, pelaksanaan, Observasi dan refleksi.^[2] Tahapan tersebut dilaksanakan dalam 2 siklus penelitian, dimana tiap siklus terdiri dari 3 pertemuan tatap muka. Tahapan-tahapan ini berlangsung secara berulang-ulang, sampai tujuan penelitian tercapai. Langkah pertama pada setiap siklus adalah penyusunan rencana tindakan. Tahapan berikutnya pelaksanaan dan sekaligus pengamatan terhadap pelaksanaan tindakan. Hasil pengamatan kemudian dievaluasi

dalam bentuk refleksi. Apabila hasil refleksi siklus pertama menunjukkan bahwa pelaksanaan tindakan belum memberikan hasil sebagaimana diharapkan, maka berikutnya disusun lagi rencana untuk dilaksanakan pada siklus kedua

Pada penelitian ini dilaksanakan untuk materi pembahasan “mekanika partikel dengan topic bahasan gaya dan gerak”. Mind Map yang dibuat tentang gaya dan gerak dengan nuansa hikmah untuk menumbuhkan pengetahuan dan sikap religius dari fisika mahasiswa. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan kualitatif yang terdiri dari 2 siklus PTK. Pada siklus PTK yang pertama dengan materi kinematika partikel, dinamika partikel ; gaya dan gerak, gerak dengan gaya konstan. Siklus PTK yang kedua dengan materi dinamika partikel : gerak dengan gaya berubah. Gaya berubah waktu, kecepatan dan posisi^[11].

Jenis data pada penelitian ini yaitu data kualitatif. Data tersebut berupa data nilai Mind map, data aktivitas dan data sikap religius dari fisika mahasiswa. Instrumen penelitian diantaranya: lembaran penilaian Mind map, lembaran observasi aktivitas dan lembaran angket sikap religius dari fisika. Kriteria penilaian Mind map terdiri dari 4 level penilaian (kurang,cukup,baik,sangat baik) dengan 4 jenis criteria penilaian (kata kunci, hubungan, desain dan hikmah) seperti pada table 2.a. Lembaran observasi aktivitas mahasiswa terdiri dari 7 indikator aktivitas seperti pada table 2.b. Lembaran angket sikap religius dari fisika mahasiswa terdiri dari 15 item sikap dan diisi oleh masing-masing mahasiswa. Populasi dalam penelitian ini adalah mahasiswa yang mengambil matakuliah mekanika semester ganjil 2016/2017 sebanyak 4 kelas. Sampel merupakan sebagian anggota populasi yang diteliti terdiri dari 1 kelas. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *cluster Random sampling* artinya kelas populasi dipilih secara acak, yang terpilih langsung menjadi kelas sampel. Teknik analisis data yang digunakan adalah teknik persentase, dimana data yang diperoleh dihitung persentasenya sesuai dengan jumlah indikator dalam instrumen penelitian. Sikap religius dari fisika dibangun melalui 3 proses yaitu proses mengetahui, proses memahami dan proses memaknai.

Tabel 1.b.
Pengetahuan Religius

Tabel :Dimensi Pengetahuan Religius “gaya berubah terhadap kecepatan”

Kata kunci	Mengetahui	Memahami	Memaknai
Pengetahuan Faktual	Kapal dilaut	Gerak kapal di laut	Kapal...? gravitasi...?
Pengetahuan Konseptual	Hukum gaya teori gerak	Gerak partikel pada gaya fungsi kecepatan	Gerak partikel...? gravitasi...?
Pengetahuan Prosedural	Persamaan gerak partikel (kapal)	Persamaan dan solusi persamaan gerak	Horizon di permukaan gravitasi..?
Metakognitif	Air laut naik surut	Pasang surut air laut	Pasang surut, gravitasi?
Verifikasi kata kunci... dengan Sumber religius :			
1. “ Tidakkah kamu memperhatikan bahwa sesungguhnya kapal itu berlayar di laut dengan <i>nikmat</i> Allah...” (Q.S.Luqman : 31)			
2. “Hari kiamat... Pada hari itu Manusia... dan Gunung-gumung... berterbangan” (Q.S.Al-Qari’ah: 1-5)			

Dimensi pengetahuan religius pada table 1.b dibangun dengan pembahasan materi perkuliahan seperti gravitasi dan gaya berubah terhadap kecepatan. Proses mengetahui berupa defenisi/karakteristik ide dalam fisika, proses memahami berupa penjabaran/pengaplikasian ide dalam fisika, proses memaknai berupa menganalisis ide selanjutnya diverifikasi dengan melihat hubungan/keterkaitan ide fisika tersebut dengan sumber religius yaitu Al-Qur’an dan As-Sunnah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian :

Hasil penelitian ini dapat dikategorikan 3 bagian yaitu 1. Persentase hasil penilaian mind map 2. Persentase hasil aktivitas mahasiswa saat membuat mind map 3. Persentase hasil sikap religius mahasiswa. Pengetahuan religius gravitasi yang diperoleh mahasiswa setelah mengikuti perkuliahan mekanika adalah kemampuan yang dimiliki mahasiswa untuk membuat mind-map bernuansa hikmah gravitasi, misalnya ide yang dipilih adalah gravitasi maka penilaiannya seperti berikut;

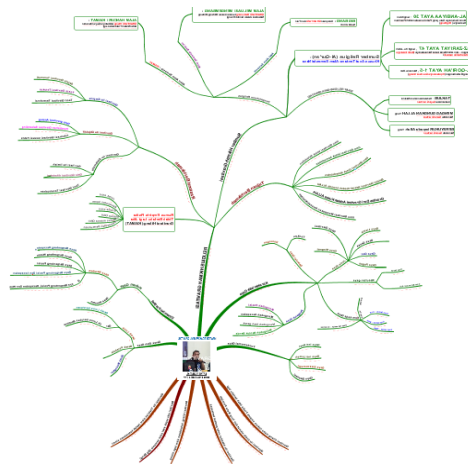
Tabel 2.a :

Kriteria penilaian Mind map bernuansa hikmah “Gravitasi”

KRITERIA	LEVEL 4 SANGAT BAIK	LEVEL 3 BAIK	LEVEL 2 CUKUP	LEVEL 1 KURANG
Kata Kunci “Gravitasi”	Semua ide dalam bentuk Kata kunci	Banyak ide ditulis dalam Kata kunci	Kata kunci terbatas disemua ide	Tidak ada kata kunci disemua Ide
Hubungan Cabang Utama Cabang lain	Menggunakan lebih dari 3 Cabang	Menggunakan 3 Cabang	Menggunakan 2 Cabang	Menggunakan 1 Cabang
Desain (warna dan Gambar)	Menggunakan Warna di Setiap cabang,cabang utama, cabang	Menggunakan Warna di setiap Cabang, cabang utama	Menggunakan Warna di Setiap Cabang	Tidak menggunakan Warna atau Satu Warna
Religius-Fisika dengan Hikmah “Gravitasi”	Menghubungkan ide dengan memaknai Hikmah gravitasi yang bersumber dari Al-Qur’an	Menghubungkan ide dengan memahami Hikmah Gravitasi yang bersumber dari Al-Qur’an	Menghubungkan ide dengan mengetahui Hikmah Gravitasi yang bersumber dari Al-Qur’an	Tidak Menghubungkan Ide dengan Hikmah Gravitasi yang bersumber dari Al-Qur’an

Ide sentral sebagai kata kunci adalah gravitasi. Mengembangkan ide dan pola *mind map* sesuai materi mekanika. Alur aliran *mind map* bernuansa religius ini, dimulai dari ide sentral :gravitasi pada cabang utama dan ilmu serta hikmah pada cabang lainnya

Gambar 3 Mind map dengan hikmah “Pohon Gravitasi”



Pohon gravitasi maksudnya jika gravitasi hilang maka batang, cabang utama dan cabang-cabang tidak berarti lagi (mati/hancur). Jika gravitasi hilang maka itulah kehancuran alam semesta (kiamat).. Gambar 3 ; ada lima cabang utama/batang dan enam filosofis gravitasi/akar. 2 cabang proses mengetahui, 2 cabang proses memahami dan 1 cabang proses memaknai. Akar menjelaskan filosofis gravitasi. Berdasarkan Mind Map bernuansa hikmah gravitasi pada gambar: 3. Cabang-cabang yang diurai diurutkan dalam pelaksanaannya pada perkuliahan mekanika tentang Mekanika Partikel diantaranya:

Cabang I. Proses mengetahui : Karakteristik Gaya gravitasi, Cabang II. Proses mengetahui ; Fundamental Gaya gravitasi, Cabang III. Proses memahami : Dinamika Partikel oleh gravitasi, Cabang IV: Proses memahami : Gerak Oleh Gaya gravitasi, Cabang V. Proses memaknai : Sikap Religius Fisika “Gravitasi”

Untuk perolehan data aktivitas mahasiswa membuat mind map dapat dilihat table 2.b
Tabel 2.b :

Aktivitas mahasiswa membuat Mind map

NO	JENIS AKTIVITAS	JUMLAH	PERSENTASE
a.	Mahasiswa memperhatikan penjelasan Dosen		
b.	Mahasiswa semangat dalam mengerjakan tugas		
c.	Mahasiswa mengajukan pertanyaan		
d.	Mahasiswa menjawab pertanyaan		
e.	Mahasiswa mengemukakan pendapat/ ide		
f.	Mahasiswa membaca sumber religius		
g.	Mahasiswa membawa sumber religius		

Angket aktivitas tabel 2.b dicatat oleh dosen ketika mahasiswa membuat mind map, pengolahan berupa persentase aktivitas. Persentase aktivitas ini diolah dengan membagi jumlah aktivitas dengan jumlah mahasiswa yang hadir saat itu. Sedangkan sikap religius dari fisika merupakan pendapat mahasiswa melalui angket yang mencerminkan fikiran/akal dan perasaan/Qalbu mahasiswa setelah memperoleh pengetahuan religius dari gravitasi pada mekanika partikel setelah perkuliahan. Setelah belajar mengetahui, memahami dan memaknai gravitasi dalam perkuliahan mekanika, maka akan muncul sikap religius mahasiswa. Religius tentang ide hikmah gravitasi tersebut terdiri dari tiga aspek yakni :

1. **Ketakjuban** tentang keteraturan alam semesta melalui mekanisme gravitasi

2. **Mengagungkan** Allah Yang Maha Pencipta, yang telah menciptakan gravitasi alam semesta dengan keteraturannya ,
3. **Bersyukur** kepada Allah Yang Maha Pencipta alam,. Informasi tambahan tentang penguatan sikap religious dari fisika mahasiswa dalam perkuliahan mekanika seperti tabel berikut.

Tabel 3 ;

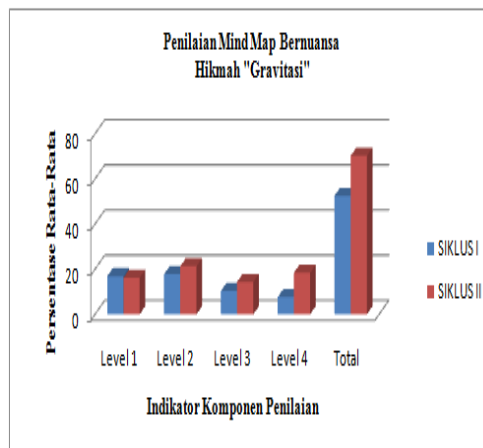
Lembar angket : Sikap Religius dari hikmah “Gravitasi”

NO	SIKAP RELIGIUS-FISIKA	KURANG DIMILIKI	CUKUP DIMILIKI	SANGAT DIMILIKI
A	Ketajjuban Tentang Penciptaan Alam			
1.	Takjub Ketika Belajar Gravitasi Membaca : “SubhanAllah”			
2.	Takjub Terhadap Keteraturan Penciptaan Alam melalui Gravitasi			
3.	Takjub Bahwa Gravitasi Merupakan Kunci Keteraturan Alam			
4.	Takjub Bahwa Keteraturan Gravitasi Bermanfaat Bagi Manusia			
5.	Takjub Bahwa Gravitasi itu keteraturan alam yang luar biasa			
B	Mengagungkan Pencipta Alam			
1.	Mengagungkan, Sudah Belajar Mekanika Membaca: “AllahuAkbar”			
2.	Mengetahui Kebesaran Allah SWT setelah belajar Mekanika			
3.	Memahami Kebesaran Allah SWT setelah belajar Mekanika			
4.	Memuji Kebesaran Allah SWT setelah belajar Mekanika			
5.	Bertambah yakin pada Al-Qur’an setelah belajar mekanika			
C	Bersyukur Kepada pencipta Alam			
1.	Bersyukur Setelah Belajar Mekanika Membaca : Alhamdulillah”			
2.	Bertambah Keimanan Kepada Allah SWT Setelah Belajar Mekanika			
3.	Bertambah Keinginan Mempelajari Alam Dengan Mekanika			
4.	Bertambah Ingin Mempelajari AL-Qur’an Setelah Belajar Mekanika			
5.	Bertambah ingin Mengamalkan Al-Qur’an Setelah Belajar Mekanika			
Jumlah Karakter : $N = N_1 + N_2 + N_3$		$N_1 = \dots$	$N_2 = \dots$	$N_3 = \dots$

Angket ini dibuat dengan tiga indicator ketercapaiannya yaitu ; kurang dimiliki, cukup dimiliki, sangat dimiliki. Sikap religius dari fisika mahasiswa dari lembaran angket diolah berdasarkan persentase [$(N_{1,2,3} : 15) \text{ dikali } 100 \%$]. Hasil pengolahan data angket ini menggambarkan persentase rata-rata sikap religius dari fisika mahasiswa berkaitan dengan materi perkuliahan dengan 15 indikator penilaian sikap religius dari fisika seperti tabel 3.

Pembahasan :

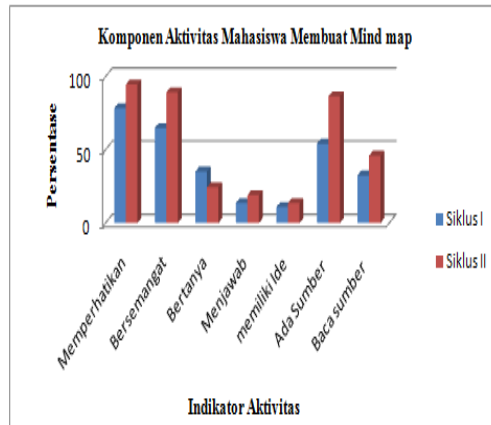
Hasil penelitian dapat dilihat pada gambar 4, 5 dan 6 berikut :



Gambar 4 : Penilaian pembuatan Mind map tentang “Gravitasi”

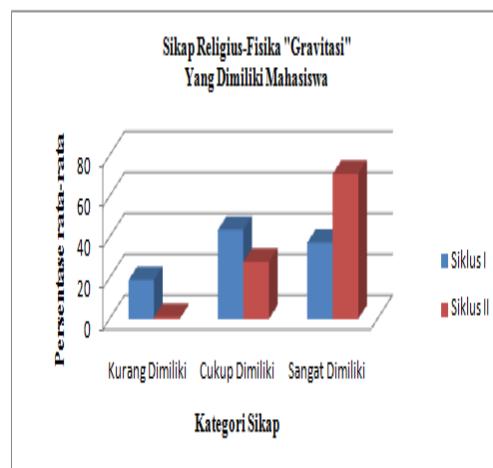
Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat nilai mind map setiap indicator penilaian dalam persentase rata-rata. Gambar 4 diperoleh dari hasil pengolahan data untuk instrumen penelitian pada table 2a. Dimana nilai tersebut terdiri dari 4 level indikator dan setiap level

indicator terdiri dari 4 komponen penilaian seperti pada gambar 1. Nilai persentase rata-rata dari nilai terendah 7.60 %, nilai tertinggi 52.53 % di siklus I dan nilai terendah 14.36 % , nilai tertinggi 70.27 % di siklus II, maka kenaikan nilai rata-rata dari siklus I ke Siklus II adalah 17.74 %



Gambar 5 : Persentase aktivitas mahasiswa membuat Mind map

Gambar 5 diperoleh dari hasil pengolahan data untuk instrumen penelitian pada table 2.b. Berdasarkan gambar 5 memperlihatkan bahwa persentase aktivitas mahasiswa naik dari persentase terendah 10.81 % sampai persentase tertinggi 94.59 % dari siklus I ke siklus II kecuali pada komponen aktivitas bertanya. Persentase aktivitas bertanya turun dari 35.14 % di siklus I menjadi 24.32 % di siklus II. Kenaikan tertinggi terjadi pada komponen aktivitas ada membawa sumber religius yaitu Al-Qur'an dengan persentase kenaikan 32.43 %. Sedangkan kenaikan terendah terjadi pada komponen aktivitas mengemukakan atau memiliki ide dengan persentase kenaikan 2.7 %.



Gambar 5 : Persentase aktivitas mahasiswa membuat Mind map

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa persentase sikap Religius dari Fisika mahasiswa tentang ide sentral “Gravitasi” pada mekanika partikel menunjukkan variasi kenaikan. Gambar 6 diperoleh dari hasil pengolahan data untuk instrumen penelitian pada table 3. Pada kategori sikap “Sangat Dimiliki” mengalami kenaikan yang signifikan dari

siklus I ke siklus II yaitu 33.69 % dimana 37.3 % di siklus I naik menjadi 70.99 % di siklus II. Variasi justru mengalami penurunan dari siklus I ke siklus II pada kategori sikap kurang dimiliki 18.02 % dan cukup dimiliki 15.67 %. Penurunan tersebut terjadi karena pilihan mahasiswa pada kategori sikap yang semula kurang dimiliki dan cukup dimiliki di siklus I berpindah kepada kategori sikap sangat dimiliki di siklus II, sehingga mengakibatkan kategori sangat dimiliki justru persentasenya menjadi meningkat.

B. Pembahasan

Hasil pengolahan data yang diperlihatkan pada gambar 4 : nilai pembuatan Mind map mengalami kenaikan nilai rata-rata dari siklus I ke Siklus II adalah 17.74 % , hal ini berarti bahwa mahasiswa mengalami peningkatan kemampuan dalam membuat mind map bernuansa hikmah. Pada gambar 5 juga dapat diketahui bahwa ; persentase aktivitas mahasiswa naik dari persentase terendah 10.81 % sampai persentase tertinggi 94.59 % dari siklus I ke siklus II untuk semua komponen aktivitas kecuali pada komponen aktivitas bertanya. Turunnya aktivitas bertanya pada siklus II dapat diasumsikan bahwa mahasiswa pada siklus II sudah lebih paham tentang cara membuat mind map bernuansa hikmah dengan ide sentralnya gravitasi. Sedangkan untuk gambar 6 dapat diketahui bahwa pada kategori sikap “Sangat Dimiliki” mengalami kenaikan yang signifikan dari siklus I ke siklus II yaitu 33.69 %. Peningkatan ini dapat diartikan bahwa mahasiswa telah mengetahui, memahami tentang gravitasi dan memaknai gravitasi yang diinformasikan dalam sumber religius yaitu Al-Qur’an.

Rumus-rumus empiris dan turunan pada dinamika partikel tidak berlaku jika gravitasi hilang (tidak ada), bahkan semua benda langit Bumi, Bulan, Matahari dan Bintang-bintang akan lepas (tidak ada interaksi sama sekali). Semua ungkapan ilmu pengetahuan tentang gravitasi bila dihubungkan atau diverifikasi dengan sumber religius, ternyata urgensi gravitasi tersebut telah dijelaskan dalam Al-Qur’an surat Al-Anbiyaa :30 (kompresi gravitasi/Big bang), Az-Zariyat :47 (melemahnya gravitasi/alam meluas) dan Al-Qari’ah:1-5 (hilang gravitasi/kiamat).

Fenomena gravitasi saat terjadinya hari kiamat, di jelaskan bahwa pada hari Kiamat itu manusia dan Gunung berterbangan, dan ini berarti bahwa saat kiamat itu gravitasi pada alam semesta hilang. Apabila dianalisa tentang gravitasi bahwa keteraturan alam semesta berakhir/kiamat jika gravitasi hilang. Bandingkan analisa manusia berterbangan dengan burung berterbangan (burung berterbangan dengan sayap untuk menolak gaya gravitasi sehingga tidak jatuh tapi manusia dan gunung berterbangan tentu gravitasi tidak ada lagi). Selain Manusia dan Gunung berterbangan jika gravitasi hilang juga keteraturan alam menjadi hancur itulah kiamat yang sesungguhnya. Rahasia tentang kiamat itu hanya Allah Yang Maha Kuasa mengetahui/mengaturkannya.....SubhanAllah. Jika dianalisa waktunya bahwa Al-Qur’an sudah ada 12 abad sebelum adanya Newton.

Jadi dengan mengetahui, memahami gravitasi pada mekanika dan memaknai gravitasi dalam sumber religius yaitu Al-Qur’an seperti gambar 1, maka jelaslah bahwa Al-Qur’an sungguh benar serta semakin bertambah keimanan dan ketaqwaan kepada Allah sebagai Tuhan yang mencipta alam semesta dengan keteraturannya. Hal ini membuktikan bahwa pembuatan mind map bernuansa hikmah gravitasi dapat menumbuhkan sikap religius

mahasiswa, dan juga mendukung pelaksanaan Permenristekdikti nomor 44 tahun 2015 tentang sikap religius, terutama pada ide sentral gravitasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data penelitian, maka dapat disimpulkan :

1. Pembuatan Mind Map bernuansa hikmah gravitasi dapat menumbuhkan sikap religius mahasiswa pada perkuliahan mekanika semester ganjil tahun akademik 2016/2017 di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
2. Mind map bernuansa hikmah gravitasi pada pokok bahasan mekanika partikel, dengan kategori sikap “Sangat Dimiliki” mengalami kenaikan yang signifikan dari siklus I ke siklus II sebesar 33.69 % dimana 37.3 % di siklus I naik menjadi 70.99 % di siklus II.
3. Tumbuhnya sikap religius mahasiswa berdasarkan hikmah gravitasi ini memperkuat pelaksanaan Permenristekdikti nomor 44 tahun 2015 tentang sikap religius serta mendukung pelaksanaan Undang-Undang nomor 12 tahun 2012 yang memperkuat keimanan dan ketaqwaan kepada Allah, Tuhan Yang Maha Esa.

Setelah memperoleh kesimpulan penelitian maka disarankan :

Penelitian ini terbatas pada mekanika partikel dengan ide “gravitasi” maka disarankan untuk mengembangkannya dengan ide fisika lainnya dan perlu dipersiapkan bahan ajar yang bernuansa hikmah untuk semua materi fisika.

REFERENSI

- Al-Qur'an Dan Terjemahannya, (1999), Jakarta, Departemen Agama Republik Indonesia.
- Arikunto, S. 2006. *Penelitian Tindakan Kelas (Classroom Action Research-CAR)*, Jakarta : PT. Bumi Aksara.
- Baiquni, A, 1997, *Al-Qur'an dan Ilmu Pengetahuan Kealaman*, Yogyakarta: Dana Bhakti Prima Yasa
- Buzan, 2007, *Buku pintar Mind Map untuk anak*, Jakarta; PT Gramedia Pustaka Utama.
- Dwiridal, L., 2016, *Pengaruh Penguasaan Matematika dan Mind Map Bernuansa Hikmah Terhadap Penguasaan Mekanika Mahasiswa Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang*, Journal “Menara Ilmu” Vol X jilid 2 No: 72 November 2016 ISSN 1693-2617 hal 71-80, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
- Lufri, 2009, *Pendidikan dan pembelajaran biologi bernuansa IESQ*, Universitas Negeri Padang, Press
- Permenristekdikti, 2015, *Lampiran Peraturan Menteri Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia nomor 44 tahun 2015, Tentang Standar nasional pendidikan*, Jakarta, Kementerian Riset Teknologi Dan Pendidikan Tinggi
- Sudjana, N., 2010, *Penelitian dan Penilaian Pendidikan*, Sinar Baru Algensindo, Bandung

Supriyono, 2003, *Strategi Pembelajaran Fisika*, Universitas Negeri Malang, Malang.

Trianto, 2012, *Model Pembelajaran Terpadu*, Jakarta, Bumi Aksara.

Triyanta, Alexander, 2000, *Mekanika, Quality For Undergraduate Education (QUE) Project*
Departement of Physics Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Institut
of Tecnology Bandung.

HASIL BELAJAR MAHASISWA MELALUI IMPLEMENTASI COOPERATIVE LEARNING PADA MATA KULIAH FISIKA KUANTUM

Azizahwati

FKIP, Universitas Riau
email: aziza_ur@yahoo.com

Abstract

This study aimed to describe the increase of students' learning outcomes of the students in physic education program of Riau University by implementation of STAD type of cooperative learning model. The subject of research is the students in the fifth semester of 2015/2016 academic year. This study used a design one group pretest - posttest . The research instruments used test . Data analysis was done by looking at the increase (Gain) in outcomes through a test given to the students before and after the implementation of STAD Type of cooperative learning. The results showed learning outcomes students have increased , with a gain of 0.47 in middle category. Thus we can conclude the implementation of STAD type of cooperative learning model can improve students' outcomes on quantum physics course.

Keywords: The STAD type of cooperative learning model, the outcomes.

PENDAHULUAN

Gari Zukaf (2003) mengatakan bahwa mata kuliah fisika kuantum merupakan mata kuliah yang mempelajari tentang kuantitas dari sub atom. Pentingnya mata kuliah ini adalah karena mata kuliah ini merupakan mata kuliah lanjutan yang banyak relevansinya dalam perkembangan ilmu dan teknologi saat ini. Di dalam proses perkuliahan mahasiswa cenderung pasif kurang bekerjasama sehingga hasil belajar yang diperoleh rendah.

Guru fisika yang profesional sangat menjadi tuntutan. Untuk keperluan itu diperlukan calon guru fisika yang berkualitas baik. Slameto (2003) menyatakan bahwa pengajar mempunyai peranan sebagai fasilitator, motivator dan sebagai pembimbing dalam mencapai kemajuan dalam belajar. Belajar adalah perubahan tinggkah laku secara relatif permanen dan secara potensial terjadi sebagai hasil dari praktik atau penguatan yang dilandasi untuk mencapai tujuan tertentu.

Kenyataan di lapangan selama memberikan perkuliahan pada mata kuliah fisika kuantum selama ini adalah:

1. Sebagian besar mahasiswa tidak dapat menjawab pertanyaan dari dosen, karena di dalam pandangan para mahasiswa fisika kuantum merupakan mata kuliah yang sulit.
2. Kurangnya keseriusan mahasiswa dalam belajar dan mengerjakan soal-soal berkaitan yang diberikan oleh dosen.
3. Mahasiswa cenderung pasif dalam perkuliahan.

4. Daya serap mahasiswa terhadap materi perkuliahan prasyarat masih rendah, sehingga hasil belajar pada mata kuliah ini relatif rendah.

Jika kondisi yang seperti ini tidak dicarikan alternatif pemecahan masalahnya, maka penguasaan konsep dan hasil belajar fisika kuantum mahasiswa tetap rendah, dan pembelajaran fisika kuantum jadi membosankan. Rendahnya hasil yang dicapai ini berkaitan dengan keaktifan mahasiswa dan kemampuan dosen dalam menggunakan variasi metode dan pendekatan belajar. Sehingga kualitas perkuliahan belum optimal dan tidak sesuai dengan apa yang diharapkan. Hasil belajar yang optimal ini dapat dicapai apabila dalam proses perkuliahan mahasiswa berperan aktif dan dosen mampu memfasilitasi dengan menggunakan model atau pendekatan yang bervariasi. Salah satu model pembelajaran yang digunakan untuk mencapai kompetensi dimaksud adalah model pembelajaran kooperatif tipe STAD (*Student Teams Achievement Division*)

Nur (1996) mengatakan bahwa model pembelajaran kooperatif tidak hanya unggul dalam membantu mahasiswa memahami konsep-konsep sains yang sulit, tetapi juga sangat berguna untuk menumbuhkan kerjasama, berfikir kritis, kemauan membantu teman dan sebagainya. Pada prinsipnya model pembelajaran kooperatif bertujuan mengembangkan tingkah laku kooperatif antar siswa sekaligus membantu siswa dalam pencapaian akademisnya. Ada banyak variasi pendekatan dalam model pembelajaran kooperatif. Setiap pendekatan memberi penekanan pada tujuan tertentu yang dirancang untuk mempengaruhi pola interaksi mahasiswa.

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan hasil belajar Fisika Kuantum mahasiswa prodi pendidikan fisika FKIP UR melalui penerapan model pembelajaran kooperatif tipe STAD.

KAJIAN LITERATUR

Ibrahim dkk (2000) mengatakan bahwa pembelajaran kooperatif adalah suatu cara yang digunakan oleh pendidik untuk mengembangkan keterampilan sosial siswa. Adapun unsur-unsur dasar pembelajaran kooperatif adalah sebagai berikut. (1) Siswa dalam kelompoknya haruslah beranggapan bahwa mereka "sehidup sepenanggungan bersama". (2) Siswa bertanggung jawab atas segala sesuatu di dalam kelompoknya, seperti mereka sendiri. (3) Siswa haruslah melihat bahwa semua anggota di dalam kelompoknya memiliki tujuan yang sama. (4) Siswa haruslah membagi tugas dan tanggungjawab yang sama di antara anggota kelompoknya. (5) Siswa akan dikenakan evaluasi atau diberikan hadiah/penghargaan yang juga akan dikenakan untuk semua anggota kelompok. (6) Siswa berbagi kepemimpinan dan mereka membutuhkan keterampilan untuk belajar bersama selama proses belajarnya. (7) Siswa akan diminta mempertanggungjawabkan secara individual materi yang ditangani dalam kelompok kooperatif.

Adapun Langkah-langkah dalam pembelajaran kooperatif meliputi 6 fase yaitu :

1. Menyampaikan tujuan dan memotivasi siswa, tingkah laku yang dilakukan oleh guru adalah menyampaikan semua tujuan pelajaran yang ingin dicapai pada pelajaran tersebut dan memotivasi siswa belajar
2. Menyajikan informasi, tingkah laku yang dilakukan oleh guru adalah menyajikan informasi kepada siswa dengan jalan demonstrasi atau lewat bahan bacaan

3. Mengorganisasikan siswa ke dalam kelompok-kelompok belajar, tingkah laku yang dilakukan oleh guru adalah Guru menjelaskan kepada siswa bagaimana caranya membentuk kelompok belajar dan membantu setiap kelompok agar melakukan transisi secara efisien
4. Membimbing kelompok-kelompok belajar, tingkah laku yang dilakukan oleh guru adalah membimbing kelompok-kelompok belajar pada saat mereka mengerjakan tugas mereka
5. Evaluasi, tingkah laku yang dilakukan oleh guru adalah Guru mengevaluasi hasil belajar tentang materi yang telah dipelajari atau masing-masing kelompok mempresentasikan hasil kerjanya
6. Memberikan penghargaan, tingkah laku yang dilakukan oleh guru adalah memberikan penghargaan baik upaya maupun hasil belajar individu dan kelompok (Ibrahim M, dkk, 2000).

STAD menurut Rai (2007) adalah salah satu dari banyak strategi dalam pembelajaran kooperatif, yang membantu meningkatkan kerjasama dan mengatur keterampilan belajar. Alasan untuk pemilihan STAD adalah interaksi yang baik antara siswa, meningkatkan sikap positif terhadap subjek, baik harga diri dan meningkatkan keterampilan interpersonal. Di dalam STAD juga siswa belajar dalam kelompok di mana siswa yang berprestasi tinggi bertindak sebagai peran guru, sehingga diharapkan setelah pembelajaran diperoleh peningkatan hasil belajar (Balfakih, 2003). Teknik STAD dapat meningkatkan prestasi akademik siswa dibandingkan dengan metode tradisional (Tuna Gencosman, 2012). Hal ini juga mencatat bahwa pembelajaran kooperatif meningkatkan prestasi akademik di semua tingkat lebih baik dari metode pengajaran tradisional (Ascher, 1986; Balfakih, 2003; Johnson & Johnson, 1989; Slavin, 1982).

Di sisi lain, model pembelajaran kooperatif tipe STAD dapat digunakan dalam berbagai mata kuliah termasuk matematika. Model pembelajaran ini efektif untuk memotivasi mahasiswa bekerjasama, dan meningkatkan keterampilan lainnya. Dalam metode ini, setelah guru menyajikan pelajaran, siswa bekerja dalam tim mereka untuk mencoba menguasai pelajaran itu sendiri dan memastikan bahwa anggota lain dalam tim mereka juga menguasai pelajaran. Pada tahap akhir, siswa diberikan kuis individu di mana mereka tidak diizinkan untuk membantu anggota tim lainnya (Slavin 1990).

Sadirman (2001) dan Sagala (2005) mendefinisikan istilah belajar sebagai perubahan tingkah laku yaitu suatu proses adaptasi atau penyesuaian tingkah laku. Siswa perlu dididik secara perlahan agar memiliki rasa tanggung jawab dalam belajar dan membuat program belajar dengan tujuan belajar sendiri. Siswa perlu dididik untuk menjalankan program dan mencapai tujuan belajar sendiri. Hasil belajar merupakan penilaian pendidikan tentang kemajuan setelah melaksanakan aktivitas belajar atau merupakan akibat dari kegiatan pembelajaran (Djamarah, 1994).

Hasil belajar fisika dipandang sebagai perwujudan nilai-nilai yang diperoleh siswa setelah proses belajar mengajar fisika berlangsung. Sehingga terdapat hasil belajar yang berbeda pada masing-masing individu, maka untuk mengoptimalkan hasil belajar siswa dalam proses belajar mengajar diperlukan bentuk pengajaran yang sesuai agar tujuan pembelajaran dapat tercapai.

Menurut Slameto (2003), hasil belajar dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain :

1. Faktor Internal

Faktor internal siswa adalah faktor yang berasal dari dalam diri siswa sendiri yang meliputi dua aspek, yaitu aspek fisiologis (aspek yang menyangkut tentang keberadaan siswa) dan aspek psikologis (aspek yang meliputi tingkat kecerdasan, minat, bakat, motivasi dan kemampuan kognitif siswa).

2. Faktor Eksternal

Faktor eksternal siswa adalah faktor yang berasal dari luar diri siswa yang meliputi faktor lingkungan sosial dan non sosial. Faktor lingkungan sosial adalah faktor yang meliputi keberadaan para guru, staf administrasi dan teman-teman sekelas. Faktor non sosial adalah faktor yang keberadaan dan penggunaannya dirancang sesuai dengan hasil belajar yang diharapkan. Faktor tersebut diharapkan dapat berfungsi sebagai sarana untuk tercapainya tujuan belajar yang dirancang, seperti keberadaan gedung sekolah, perpustakaan, laboratorium, tempat tinggal siswa dan lain-lain.

3. Faktor Pendekatan Belajar

Faktor pendekatan belajar adalah jenis upaya belajar siswa yang meliputi strategi dan metode yang digunakan untuk melakukan kegiatan belajar. Oleh karena itu diperlukan pengetahuan guru terhadap faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses belajar siswa mencapai hasil belajar yang optimal sesuai dengan kemampuan masing-masing.

METODE PENELITIAN

Subjek dalam penelitian ini adalah mahasiswa program studi pendidikan Fisika FKIP Universitas Riau yang mengambil mata kuliah fisika kuantum pada semester V tahun ajaran 2015/2016. Rancangan yang digunakan adalah *one group pre test post test design* (Sugiyono, 2014). Instrumen penelitian yang digunakan adalah tes hasil belajar fisika kuantum. Teknik analisis data pada penelitian ini adalah analisis deskriptif, yaitu menggambarkan hasil belajar mahasiswa sebelum dan sesudah diterapkan pembelajaran menggunakan model kooperatif tipe STAD. Untuk melihat peningkatan hasil belajar mahasiswa digunakan gain (Hake, 1991).

$$Gain = \frac{Skor\ post\ test - Skor\ pre\ test}{Skor\ Maksimum - Skor\ pre\ test}$$

Tabel 1.

Kategori Peningkatan (Gain)

Interval	Kategori
$G \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq G < 0,7$	Sedang
$G < 0,3$	Rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian secara umum memeplihatkan bahwa melalui implementasi pembelajaran kooperatif tipe STAD mampu meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah fisika kuantum.

Tabel 2.

Peningkatan (Gain) Hasil Belajar Fisika Kuantum

No	Kategori Gain	Jumlah Mahasiswa	Persentase (%)	Rata-rata Gain
1	Tinggi	5	12,5	0,72
2	Sedang	27	70,0	0,52
3	Rendah	7	17,5	0,16
Rata-rata Gain (Kategori)				0,47 (Sedang)

Daya serap mahasiswa didefinisikan sebagai kemampuan mahasiswa menyerap materi yang disajikan dalam proses pembelajaran. Kesulitan belajar adalah suatu keadaan yang menyebabkan mahasiswa tidak dapat belajar sebagaimana mestinya (Mulyono, 2007). Rata-rata peningkatan daya serap secara keseluruhan sebesar 0,47 berada pada kategori sedang.

Penyebab terjadinya peningkatan hasil belajar pada mata kuliah fisika kuantum adalah karena adanya kerjasama yang baik di dalam kelompok seperti apa yang diungkapkan oleh Yamarik (2010) bahwa siswa yang bekerja dalam kelompok akan lebih berhasil dalam tes bila dibandingkan dengan siswa bekerja secara individual. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat melakukan kegiatan kelompok terjadi peningkatan interaksi baik sesama mahasiswa dengan mahasiswa serta mahasiswa dengan dosen, jurang yang terdapat antara yang lemah dan yang pintar dapat teratasi serta melalui kegiatan kelompok suasana belajar menjadi menyenangkan sehingga menimbulkan sikap positif pada mahasiswa.

Pembelajaran menggunakan kooperatif learning akan berhasil jika mahasiswa yang terlibat berperan aktif di dalam kelompoknya (Lindy Peterson, 2009). Pengaruh kooperatif membuat mahasiswa menjadi lebih percaya diri. Masing-masing individu di dalam kelompok bekerja dengan sungguh-sungguh untuk memahami konsep (Nora & Zhang, 2010). Ibrahim (2000) mengatakan bahwa penghargaan pada pembelajaran kooperatif dapat meningkatkan penilaian mahasiswa terhadap prestasi akademik dan perubahan norma yang berhubungan dengan hasil belajar. Dengan demikian aktivitas mahasiswa dapat dioptimalkan sehingga mencapai hasil yang diharapkan.

Kenaikan aktivitas mahasiswa ini sejalan dengan apa yang dikatakan oleh Zakaria, Chin & Daud (2010) bahwa terdapat perubahan positif apabila seseorang pendidik mengubah metode pengajaran ke arah pendekatan yang lebih berpusat pada mahasiswa. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Tuna Gencosman, Mustafa Dogru (2012) yang menyatakan bahwa pembelajaran kooperatif tipe STAD dapat meningkatkan prestasi akademik siswa lebih besar dibandingkan dengan metode pengajaran tradisional (Balfakih, 2003).

Dengan menerapkan pembelajaran kooperatif tipe STAD ternyata dapat meningkatkan aktivitas dosen dan mahasiswa. Partisipasi yang dilakukan di dalam kelompok kooperatif mampu memupuk kerjasama yang harmonis dan mampu menciptakan kedisiplinan kelas dan

suasana belajar/perkuliahannya menjadi demokratis sehingga dapat meningkatkan hasil belajar mahasiswa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa implementasi pembelajaran kooperatif tipe STAD dapat meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah fisika kuantum. Peningkatan hasil belajar berada pada kategori sedang. Penelitian ini merekomendasikan agar pembelajaran kooperatif tipe STAD dijadikan alternatif pembelajaran dalam perkuliahan. Perlu upaya dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa secara terus menerus guna mencapai kompetensi yang optimal dimana mahasiswa harus mampu mengeksplorasi apa yang sudah ia pahami.

REFERENSI

- Ascher, C. (1986) *Cooperative Learning in the Urban Classroom* (ERIC document no: ED 273717)
- Balfakih, N.M.A. (2003). The Effectiveness of Student Team Achievement Division (STAD) for Teaching High School Chemistry in the United Arab Emirates. *International Journal of Science Education*, 25 (5), 605-624.
- Garry Zukaf, (2003) *Makna Fisika Baru dalam kehidupan*, LKPM, Yogyakarta
- Ibrahim, M., Rachmadiarti, F., Nur, M., dan Ismono, 2000, *Pembelajaran Kooperatif*, University Press UNESA, Surabaya.
- Djamarah. 1994, *Prestasi Belajar dan Kompetensi Guru*. Surabaya : Usaha. Nasional.
- Hake, R.R. (1991). *Analyzing Change/Gain Scores*. United States : Department of Physics. Indiana University.
- Johnson, D.W., & Johnson, R.T (1989) *Cooperative Learning What Special Education Teachers Need to Know*, 33 (2), 5-11.
- Mulyono, (2007) *Pendidikan Bagi Anak Berkesulitan Belajar*, Jakarta : Depdikbud dan Rineka Cipta,.
- Nur, M., 1996, *Konsep Tentang Arah Pengembangan Pendidikan IPA SMP dan SMU Lima Tahun yang Akan Datang*, Depdikbud Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Umum, Jakarta.
- Nora, W.L.Y., & Zhang, K.C, (2010). Motives of Cheating Among Secondary Students: The Role of Self-Efficacy and Peer Influence, *Asia Pacific Education Review*, 11, 573-584

- Petersen, Lindy. (2005). *Stop and Think Learning (Bagaimana Memotivasi Belajar)* , Jakarta: Gramedia
- Rai, N, & ,S. (2007) *STAD Vs Traditional Teaching Redignng Pedagogy_crrp Conference*.
- Sardiman, 2001. *Interaksi dan Motivasi Belajar Mengajar*. Jakarta: Raja. GrafindoPersada
- Syaiful Sagala.2005, *Konsep dan Makna Pembelajaran*, Bandung,CV. Alvabeta.
- Slameto, 2003, *Belajar dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Slavin,R.E (1982) *Cooperative Learning: An Overview and Practical Guide*. Second Edition.
- Slavin, R.E., 1995, *Cooperating Learning Theory Research and Practice, Second Edition*, Boston Allyn and Bacon Publisher, Massachusetts.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Tuna Gencosman, Mustafa Dogru (2012), *Effect of Student Teams_Achievement Division Technique used in Science and Technology Education on Self_Efficacy, Test Anxiety and Academic Achievement*, *Journal of Baltic Science Education*, Vol.11. No.1, 2012 ISSN 1648-3839
- Zakaria,E,Chin.C.L,&Daud.Y. (2010). *The Effect of Cooperative Learning on Students Mathematics Achievements and Attitude to Ward Mathematics*. *Journal of School Science*, 6 (2):272-275.
- Yamarik,S.(2010). *Does Cooperative Learning Improve Student Learning Outcomes? The Journal of Economic Education*, 38 (3), 259-277.

**PENERAPAN PENDEKATAN STUDENT CENTERED LEARNING (SCL) PADA
MATA KULIAH STRATEGI PEMBELAJARAN FISIKA UNTUK
MENINGKATKAN AKTIVITAS, HASIL BELAJAR DAN SOFT SKILLS
MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA SEMESTER V FKIP UNIVERSITAS
BENGKULU**

Rosane Medriati ¹⁾, Eko Risdianto ²⁾

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Bengkulu ¹⁾²⁾

e-mail: rosanemedriati@yahoo.com;

ABSTRACT

This study aims to (1) described the increase in activity of students after the application of approach student centered learning (SCL) in physics learning strategy to the first half V physics education student (2) to described the increase in study results after the application of approach student centered learning (SCL) (3) described the increase in soft skills after the application of approach student centered learning (SCL). The kind of research is research the act of a class. Data activity and soft skills students collected by means of non test for example through observation use sheets of observation, and study results students collected through written tests. The data is learned in a sort of descriptive set analysis. The results of the study (1) the application of approach student centered learning (SCL) in physics learning strategy can increasing the activity of students education physics the first half V with an average good category. (2) Physics education student of soft skills after the application of approach SCL in physics learning of strategy, to communication skills , formulate problems , working , responsibility , confident be in the good. (3) The results after after the approach student centered learning (SCL) on lecture strategy learning physics was in the either by one cycle (78,61) two cycle (78,12) and three cycle (80,96). The Advice to lecturers want to apply this model in another courses and more creative in developing learning experience students so soft skills students in solving problems will be getting better.

Keyword: SCL, Learning Outcomes and Soft Skills

PENDAHULUAN

Matakuliah Strategi Pembelajaran Fisika adalah salah satu matakuliah dasar wajib bagi mahasiswa S1 Pendidikan Fisika. Matakuliah ini merupakan matakuliah yang menjadi prasyarat utama bagi mahasiswa untuk mengambil mata kuliah PPL I dan PPL 2. Matakuliah Strategi Pembelajaran Fisika ini mengkaji dan menganalisis hakikat dan makna strategi pembelajaran, mengidentifikasi berbagai faktor eksternal agar terjadinya pembelajaran yang efektif, efisien dan bertujuan untuk mencapai hasil belajar yang optimal. Menganalisis variabel dalam pembelajaran, strategi pengorganisasian pembelajaran, strategi penyampaian pembelajaran, strategi pengelolaan pembelajaran, pertimbangan pemilihan strategi pembelajaran, pemanfaatan sumber belajar baik yang didesain maupun non desain untuk strategi pembelajaran pembelajaran. Berbagai contoh penyusunan strategi pembelajaran dan contoh-contoh praktek terbaik dalam implementasi (*best practice*) tentang strategi pembelajaran. Pemahaman karakteristik internal peserta didik, dan upaya pembelajaran yang didasarkan pada teori belajar, menganalisis kasus-kasus strategi pembelajaran di lapangan

Hasil observasi yang dilakukan pada mahasiswa semester V tahun ajaran 2014/ 2015 pada matakuliah Strategi Pembelajaran Fisika diketahui bahwa: (1) Proses perkuliahan yang dilakukan oleh dosen pada tahun ajaran 2014/2015 adalah dominan menggunakan metode diskusi. Pembelajaran dimulai dari kelompok mahasiswa yang presentasi kemudian di diskusikan secara klasikal yang dipimpin oleh mahasiswa, dosen berfungsi sebagai fasilitator. (2) Dosen kadang kala terlibat dalam proses pengembangan materi tetapi sering juga tidak. Kegiatan pembelajaran berlangsung tidak begitu menarik karena penekanan selalu pada penguasaan konsep bukan pada proses. Keterlibatan mahasiswa secara *Soft skills* tidak terlihat secara mencolok. (3) Keterampilan mahasiswa dalam berhubungan dengan orang lain (*inter-personal skills*) dan keterampilan dalam mengatur dirinya sendiri (*intra-personal skills*) mengembangkan secara maksimal unjuk kerja (*performans*) tidak nampak secara jelas berkembang. (4) Penguasaan kompetensi kognitif mahasiswa cukup baik, yaitu 35% nilai A dan 65% nilai B. Disamping itu juga berdasarkan hasil pengamatan selama membimbing mahasiswa pendidikan fisika melaksanakan PPL di sekolah baik SMP maupun SMA diketahui masih ada mahasiswa (30%) belum dapat menggunakan strategi atau pendekatan pembelajaran dengan benar sesuai dengan penguasaan konsep yang mereka miliki.

Berdasarkan kajian permasalahan di atas di rasa perlu adanya perbaikan dalam proses pembelajaran yaitu dengan memperbaiki proses pembelajaran yang selama ini dilakukan. Pembelajaran akan lebih ditekankan untuk dapat meningkatkan aktivitas, hasil belajar dan *Soft skills* mahasiswa. Jadi bukan hanya mahasiswa dapat menguasai konsep tentang strategi pembelajaran tetapi mampu melaksanakan strategi tersebut dalam proses pembelajaran. Dengan arti proses pembelajaran lebih banyak mengimplementasikan strategi tersebut secara langsung dibandingkan dengan penguasaan konsep secara teori, sehingga kemampuan *Soft skills* mahasiswa dapat di kembangkan dengan baik.

Soft skills merupakan bagian penting dari kompetensi seseorang untuk dapat “berhasil” dalam hidupnya. Illah (2008) memberikan ilustrasi, lulusan perguruan tinggi yang *Soft skills*-nya kurang diantaranya ditandai dengan perilaku tidak tangguh, cepat bosan, tidak dapat bekerja sama, kurang jujur, tidak memiliki integritas dan bahkan tidak memiliki rasa humor. Tentu saja sarjana dengan perilaku seperti itu, peluang keberhasilannya di pasar kerja terbatas. Salah satu penyebab rendahnya *Soft skills* lulusan di antaranya karena di perguruan

tinggi proses pembelajaran belum memberikan perhatian yang serius pada *Soft skills* dibandingkan dengan pembelajaran *hard skill*. Lulusan perguruan tinggi harus mempunyai kompetensi dalam penguasaan dan penggunaan ilmu pengetahuan dan teknologi (*hard skill*), tetapi mereka harus mampu berkomunikasi, bekerja dalam tim, bekerja mandiri dan berpikir analitis (*soft skills*). Kemampuan *soft skills* lain yang dapat dikembangkan di perguruan tinggi adalah kejujuran, tanggung jawab, berlaku adil, kemampuan bekerja sama, kemampuan beradaptasi, kemampuan berkomunikasi, toleran, hormat terhadap sesama, kemampuan mengambil keputusan, kemampuan memecahkan masalah, dsb.

Untuk mengembangkan *soft skills* dapat menerapkan berbagai macam model pembelajaran. Strategi inovasi pendidikan secara integral meliputi pendekatan *Student Centered Learning*, *Problem Based*, *Integrated Curriculum*, *Community Oriented*, *Elective Program*, dan *Systematic (SPICES)*. Berdasarkan 6 elemen tadi maka *Student Centered learning*, *Integrated Curriculum*, dan *Elective Program* merupakan elemen-elemen yang sangat penting dan pelaksanaannya memerlukan sumbangsih dan keterlibatan dari semua pihak yang terkait di dalam proses pendidikan.

Dengan pembelajaran *Small Group Discussion (SGD)* sekaligus mengembangkan *Soft skills* mahasiswa yang muncul ketika pembelajaran berlangsung antara lain kejujuran, tanggung jawab, berlaku adil, kemampuan bekerja sama, kemampuan beradaptasi, kemampuan berkomunikasi, toleran, hormat terhadap sesama, kemampuan mengambil keputusan, kemampuan memecahkan masalah. Berdasarkan uraian di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah (1) Untuk Mendeskripsikan peningkatan aktivitas mahasiswa setelah penerapan pendekatan *Student Centered Learning (SCL)* pada matakuliah Strategi Pembelajaran Fisika mahasiswa pendidikan Fisika semester V, (2) Untuk mendeskripsikan peningkatan hasil belajar setelah penerapan pendekatan *Student Centered Learning (SCL)* pada matakuliah Strategi Pembelajaran Fisika mahasiswa pendidikan Fisika semester V, (3) Untuk mendeskripsikan peningkatan hasil belajar *Soft Skills* setelah penerapan pendekatan *Student Centered Learning (SCL)* pada matakuliah Strategi Pembelajaran Fisika mahasiswa pendidikan Fisika semester V

KAJIAN LITERATUR

SCL Pada Perguruan Tinggi

Menurut Hadi (2007:4) “Pembelajaran di perguruan tinggi dapat diartikan sebagai kegiatan yang terprogram dalam desain *FEE (facilitating, empowering, enabling)*, untuk mahasiswa belajar secara aktif yang menekankan pada sumber belajar”. Pembelajaran merupakan suatu proses yang melibatkan kreativitas mahasiswa dalam berpikir sehingga dapat meningkatkan kemampuan kecerdasan mahasiswa, serta dapat meningkatkan dan mengkontruksi pengetahuan baru sebagai upaya meningkatkan penguasaan dan pengembangan yang baik terhadap materi perkuliahan. *SCL* adalah pembelajaran yang berpusat pada aktivitas belajar mahasiswa, bukan hanya pada aktivitas dosen mengajar. Hal ini sesuai dengan model pembelajaran yang terprogram dalam desain *FEE*.

a. Peranan Dosen dalam Menerapkan Pendekatan SCL

Dengan menerapkan pendekatan SCL. Hadi (2007) mengemukakan peranan dosen tersebut adalah sebagai berikut: (1) Bertindak sebagai fasilitator. (2) Mengkaji kompetensi matakuliah yang perlu dikuasai mahasiswa di akhir pembelajaran. (3) Merancang strategi dan

lingkungan pembelajaran sehingga dapat memberikan pengalaman belajar bagi mahasiswa dalam rangka mencapai kompetensi yang dituntut matakuliah. (4) Membantu mahasiswa mengakses informasi, menata dan memprosesnya untuk dimanfaatkan dalam pemecahan permasalahan sehari-hari. (5) Mengidentifikasi dan menentukan pola penilaian hasil belajar mahasiswa yang relevan dengan kompetensi yang akan diukur

b. Peranan Mahasiswa dalam Menerapkan Pendekatan SCL

Dalam pelaksanaan pembelajaran ini mahasiswa juga mempunyai peranan yang tidak kalah penting karena mahasiswa termasuk salah satu yang ikut menentukan proses pembelajaran model ini berhasil atau tidak. Peran mahasiswa meliputi: (1) Mengkaji kompetensi matakuliah yang dipaparkan dosen. (2) Membuat rencana pembelajaran untuk matakuliah yang diikuti. (3) Belajar secara aktif (dengan cara mendengar, membaca, menulis, diskusi, dan terlibat dalam pemecahan masalah serta lebih penting lagi terlibat dalam kegiatan berpikir tingkat tinggi, seperti analisis, sintesis dan evaluasi), baik secara individu maupun kelompok.

c. Parameteter *Student Centered Learning*

Menurut Prassida dan Muklason (2011) beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengukur keberhasilan penerapan pendekatan SCL adalah sebagai berikut: (1) Adanya perubahan pola belajar mahasiswa. (2) Adanya perubahan pola mengajar dosen. (3) Terjadinya perkuliahan yang interaktif dan dinamis. (4) Terpenuhinya 3 kompetensi pembelajaran (*to know, to do, to be*).

d. Pengertian Model *Small Group Discussion*

Model *small group discussion* adalah proses pembelajaran dengan melakukan diskusi kelompok kecil tujuannya agar peserta didik memiliki ketrampilan memecahkan masalah terkait materi pokok dan persoalan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari (Ismail. 2008). Pembelajaran dengan strategi *Small Group Discussion* lebih mengutamakan pola kerjasama dalam kelompok kecil sehingga peserta didik tidak ada yang merasa bahwa dirinya yang paling pintar dan menguasai materi (Dadahri. 2012). Model *small group discussion* juga berarti proses penglihatan dua atau lebih individu yang berinteraksi secara global dan saling berhadapan muka mengenai tujuan atau sasaran yang sudah tertentu melalui tukar menukar informasi, mempertahankan pendapat atau pemecahan masalah (Hasibuan dan Moedjiono, 2000: 20).

1. Pengembangan *Soft skills* di Perguruan Tinggi

a. Pengertian *Soft skills*

Menurut Illahi (2007) *Soft skills* didefinisikan sebagai “keterampilan seseorang dalam berhubungan dengan orang lain (*inter-personal skills*) dan keterampilan dalam mengatur dirinya sendiri (*intra-personal skills*) yang mampu mengembangkan secara maksimal unjuk kerja (performans) seseorang”.

Menurut Joga, *et. al.* (2013) menyatakan “ *Soft skills* adalah kemampuan yang mempengaruhi seseorang dalam berinteraksi dengan orang lain. *Soft skills* ini memuat komunikasi efektif, berpikir kreatif dan kritis, membangun tim, serta kemampuan lainnya yang terkait kapasitas kepribadian individu”.

Berdasarkan beberapa pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa *Soft skills* adalah kemampuan yang dimiliki oleh seseorang dalam memahami orang lain dan dirinya sendiri. *Soft skills* yang dikembangkan akan memberikan kesempatan kepada seseorang untuk

mempelajari perilaku baru dan menjalin hubungan dengan orang lain. *Soft skills* seringkali tidak tampak dan lebih berhubungan dengan emosi seseorang.

Illahi (2007) menyebutkan terdapat beberapa contoh yang termasuk dalam keterampilan mengatur diri sendiri diantaranya adalah sebagai berikut: (1) *transforming character*, (2) *transforming beliefs*, (3) *change management*, (4) *stress management*, (5) *time management*, (6) *creative thinking processes*, (7) *accelerated learning techniques*, dan lain-lain. Terdapat juga keterampilan dalam berhubungan dengan orang lain diantaranya adalah: (1) kemampuan berkomunikasi, (2) *relationship building*, (3) kemampuan motivasi, (4) *self-marketing skills*, (5) *leadership skills*, (6) *presentation skills*, (7) *public speaking skills*, dan lain-lain.

b. Elemen *Soft skills*

Soft skills memiliki banyak variasi yang di dalamnya termuat elemen-elemen. Joga (2013) menyebutkan elemen-elemen itu sebagai berikut:

1) Kecerdasan Emosi

Goleman (1998): menemukan bahwa kesuksesan seseorang tidak hanya didukung oleh seberapa smart seseorang dalam menerapkan pengetahuan dan mendemonstrasikan keterampilannya, akan tetapi seberapa besar seseorang mampu mengelola dirinya dan interaksi dengan orang lain". Keterampilan tersebut dinamakan dengan kecerdasan emosi. Kecerdasan emosi juga meliputi sejumlah keterampilan yang berhubungan dengan keakuratan penilaian tentang emosi diri sendiri dan orang lain, dan kemampuan mengelola perasaan untuk memotivasi, merencanakan, dan meraih tujuan hidup.

2) Gaya Hidup Sehat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gaya hidup yang sehat mempengaruhi tingginya ketahanan, fleksibilitas dan konsep diri yang sehat yang mempengaruhi tingginya partisipasi dalam komunitas.

3) Komunikasi Efektif

Cangelosi dan Petersen (1998) "menemukan bahwa banyak kegagalan siswa di sekolah, masyarakat dan tempat kerja diakibatkan rendahnya keterampilan dalam berkomunikasi". Secara tidak langsung keterampilan komunikasi mempengaruhi tingkat kepercayaan diri dan dukungan sosial yang kemudian dilanjutkan pengaruhnya ke kesuksesan

c. Pengukuran *Soft Skills*

Soft skills lebih didominasi oleh komponen kepribadian individu sehingga prosedur pengukurannya sedikit berbeda dengan pengukuran komponen abilitas individu. Oleh karena Joga (2013) mengemukakan pengukuran *Soft skills* akan mengarah pada karakteristik yang sifatnya internal dan manifest pada diri individu seperti dimensi afektif, motivasi, interest, atau sikap. Pengukuran kepribadian terbagi menjadi dua jenis yaitu pelaporan diri (*self-report*) dan proyeksi (*projective*).

1) Pelaporan Diri (*Self-report*)

Self report merupakan sekumpulan stimulus berupa pernyataan, pertanyaan atau daftar deskripsi diri yang direspon oleh individu. Pernyataan merupakan turunan dari domain ukur yang sifatnya teoritik konseptual setelah melalui proses operasionalisasi menjadi indikator-indikator.

2) *Checklist*

Checklist adalah jenis alat ukur afektif atau perilaku yang memuat sejumlah indikator, biasanya kata sifat atau perilaku yang diisi oleh seorang penilai. *Checklist* lebih banyak dipakai untuk mengukur aspek psikologis yang tampak misalnya perilaku. Sama seperti *self*

report, penyusunan item-item pada *checklist* juga diawali dari operasionalisasi aspek-aspek domain ukur yang sifatnya konseptual menjadi seperangkat indikator yang sifatnya operasional. Pada pengukuran *Soft skills*, *checklist* lebih tepat dipakai untuk mengukur dimensi perilaku mahasiswa misalnya cara mempresentasikan makalah, cara berinteraksi dengan orang lain, atau strategi mengatasi masalah.

3) Pengukuran Performansi

Beberapa *Soft skillss* banyak yang terkait dengan abilitas relatif aktual seperti komunikasi efektif, pemecahan masalah, berpikir kreatif atau berpikir kritis sehingga pengukuran dengan menggunakan *self report* pada tataran tertentu kurang relevan. Desain yang tepat untuk mengukur komponen ini adalah pengukuran performansi. Pengukuran performansi merupakan pengukuran terhadap proses atau hasil kinerja individu terhadap tugas yang diberikan.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian tindakan kelas (PTK). Penelitian tindakan kelas terdiri dari empat tahap, yaitu 1) Perencanaan, 2) Tahap pelaksanaan tindakan, 3) Tahap Pengamatan, 4) Tahap refleksi.

Penelitian dilakukan pada semester ganjil 2016, dengan subjek penelitian adalah mahasiswa semester V kelas A berjumlah 32 orang. Pengumpulan data menggunakan non tes untuk aktivitas belajar dan *soft skills* mahasiswa. Tes digunakan untuk mengetahui hasil belajar mahasiswa. Data dianalisis secara deskriptif. Data observasi digunakan untuk merefleksi tindakan yang telah dilakukan setiap siklus nya.

Tabel 1.

Penilaian Kemampuan Kognitif

Persamaan	Keterangan
$M_i + SD_i \leq \bar{M} \leq M_i + 3SD_i$	Baik (B)
$M_i - SD_i \leq \bar{M} < M_i + SD_i$	Cukup (C)
$M_i - 3SD_i \leq \bar{M} < M_i - SD_i$	Kurang (K)

Tabel. 2

Rubrik Penilaian *Soft skills*

No	<i>Soft skills</i>	Indikator	Penilaian		
			1	2	3
1.	Kejujuran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengerjakan soal tidak menyontek 2. Membuat laporan berdasarkan informasi atau data apa adanya 3. Tidak menjadi plagiat (Mengambil/menyalin karya orang lain tanpa menyebutkan sumber) 			
2.	Percaya diri	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berani menyatakan pendapat, 2. Berani bertanya, 3. Menegur, mengkritisi tentang sesuatu hal 			
3.	Tanggung jawab	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengerjakan tugas sesuai perintah 2. Terlibat aktif dalam pemecahan masalah kelompok 3. Tidak bekerja di luar konteks 			
4.	Bekerja sama	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengutamakan musyawarah 2. Berperan aktif dalam diskusi 3. Membantu kesulitan teman 			
5.	Kemampuan berkomunikasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berbicara jelas dan bermakna 2. Bicara sesuai konteks/masalah 3. Berbicara mantap dan meyakinkan 			
6.	Merumuskan masalah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tepat dalam menganalisis masalah 2. Menganalisis masalah secara teliti/cermat 3. Tidak tergesa-gesa dalam menentukan solusi permasalahan 			

(modifikasi, Santoso, 2013)

Keterangan:

Nilai 3: jika semua kriteria indikator terpenuhi

Nilai 2: jika 2 kriteria indikator terpenuhi

Nilai 1: jika 1 kriteria indikator terpenuhi

Tabel 3

Penilaian Observasi *soft skills* Mahasiswa

No	Interval	Kriteria Penilaian
1	0-17	Kurang

2	18-36	Cukup
3	37-54	Baik

Tabel 4.

Penilaian Observasi Aktivitas Mahasiswa

No	Interval	Kriteria Penilaian
1	0-11	Kurang
2	12-25	Cukup
3	26-39	Baik

Kriteria keberhasilan tindakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : (1) Hasil belajar kognitif mahasiswa dalam pembelajaran SCL mencapai rata-rata secara keseluruhan dalam kategori B (baik) (2) *Soft skills* mahasiswa, yaitu apabila jumlah mahasiswa yang mendapat total skor tiap indikator pada *soft skills* dalam kategori B (baik) telah mencapai 60% dari jumlah siswa .

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Aktivitas mahasiswa selama proses pembelajaran berlangsung dari siklus 1 sampai siklus 3 di amati oleh 2 orang pengamat dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini

Tabel 5

Aktivitas Mahasiswa dalam Tiga Siklus

Fase pembelajaran	Rata-rata			Kategori
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	
Kesiapan kelompok Kecil	5	6	5	Baik
Pemberian Soal/Masalah	6	6	6	Baik
Diskusi Kelompok	3	3	3	Baik
Membimbing Semua Mahasiswa Terlibat Aktif	6	5,5	5,5	Baik
Komunikasi	12	11,5	12	Baik

(Mempresentasikan Hasil Diskusi)				
Klarifikasi, Penyimpulan Dan Tindak Lanjut	6	6	6	Baik
Jumlah	38	38	37,5	Baik

Berdasarkan dari data aktivitas mahasiswa mulai dari siklus pertama sampai siklus ke tiga dengan rata-rata skor (37,83) ini menunjukkan bahwa secara langsung Pendekatan SCL dengan model pembelajaran *Small Group Discussion* dapat meningkatkan aktivitas mahasiswa dalam proses belajar mengajar pada strategi pembelajaran fisika, hal ini membuktikan bahwa mata kuliah yang selama ini di anggap oleh mahasiswa hanya sebatas mata kuliah yang hanya di kuasai melalui hafalan ternyata dapat mengembangkan kemampuan mahasiswa untuk terlibat secara aktif dalam mengembangkan konsep awal yang mereka ketahui dari permasalahan-permasalahan yang berkembang di tengah masyarakat. Hal ini sesuai dengan yang di kemukakan oleh Hamalik, 2008; 175-172) bahwa aktivitas mahasiswa akan berkembang dengan baik apabila 1) dalam pembelajaran itu mahasiswa di beri kesempatan mencari pengalaman sendiri dan langsung mengalami sendiri, 2) Berbuat sendiri akan mengembangkan seluruh aspek pribadi mahasiswa, 3) Memupuk kerja sama yang harmonis dikalangan mahasiswa yang pada akhirnya dapat memperlancar kerja kelompok, 4) Para mahasiswa bekerja berdasarkan minat dan kemampuan sendiri, 5) mahasiswa memiliki disiplin kelas secara wajar dan suasana belajar menjadi demokratis, 6) Pengajaran diselenggarakan secara realistis dan konkret sehingga mengembangkan pemahaman dan berpikir kritis serta menghindari verbalitas, dan 8) Pengajaran di kampus menjadi hidup sebagaimana aktivitas dalam kehidupan di masyarakat (Hamalik, 2008; 175-172).

Penilaian *soft skills* mahasiswa dengan menerapkan pendekatan SCL yang berlangsung dari siklus I, siklus II, dan siklus III berdasarkan hasil observasi dilakukan oleh dua orang observer pada saat pembelajaran secara keseluruhan skor *soft skills* berdasarkan penilaian

observer dalam kategori baik. Hasil analisis *soft skills* pada 3 siklus dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini:

Tabel 6
Hasil Observasi *Soft Skills* Dalam Tiga Siklus

<i>Soft Skills</i>	Rata-rata Data Diskusi Kelas			Peningkatan Siklus I ke Siklus II	Peningkatan Siklus II ke Siklus III
	Siklus I	Siklus II	Siklus III		
Kejujuran	2	2	3	0	1
Percaya diri	2	3	3	1	0
Tanggung jawab	3	3	3	0	0
Bekerja sama	3	3	3	0	0
Kemampuan berkomunikasi	3	3	3	0	0
Merumuskan masalah	3	3	3	0	0

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa *soft skills* yang paling susah untuk berubah adalah kejujuran, karena nilai sikap dari setiap *soft skills* adalah angka yang sering muncul selama tiga siklus. Memang kejujuran, seseorang atau *soft skills* tidak bisa berubah dalam waktu yang cepat tetapi butuh proses. Kemampuan berkomunikasi, merumuskan masalah, dan tanggungjawab sudah memperoleh kategori baik. Karena dalam pembelajaran SCL tiga *soft skills* ini berkembang dengan sangat baik. Para ahli komunikasi “menemukan bahwa banyak kegagalan siswa di sekolah, masyarakat dan tempat kerja diakibatkan rendahnya keterampilan dalam berkomunikasi”. Secara tidak langsung keterampilan komunikasi mempengaruhi tingkat kepercayaan diri dan dukungan sosial yang kemudian dilanjutkan pengaruhnya ke kesuksesan. Maka dalam penerapan SCL ini hasil belajar kognitif mahasiswa meningkat dan *soft skillnya* juga berkembang dengan baik sebab kesuksesan seseorang tidak hanya didukung oleh seberapa smart seseorang dalam menerapkan pengetahuan dan mendemonstrasikan keterampilannya, akan tetapi seberapa besar seseorang mampu mengelola dirinya dan interaksi dengan orang lain”. Keterampilan tersebut dinamakan dengan kecerdasan emosi. Kecerdasan emosi juga meliputi sejumlah keterampilan yang berhubungan dengan keakuratan penilaian tentang emosi diri sendiri dan orang lain, dan kemampuan mengelola perasaan untuk memotivasi, merencanakan, dan meraih tujuan hidup terutama dalam kejujuran, tanggungjawab, percaya diri, bekerjasama, berkomunikasi dan merumuskan masalah. Realitas menunjukkan bahwa ketercapaian Indeks Prestasi (IP) baru bisa menggambarkan kualitas seseorang dalam aspek kognitif dan belum bisa menunjukkan kualifikasi seseorang dalam bidang *softskill* atau disebut juga dengan keterampilan sosial. Dari hasil survei, yang dilakukan Pusat Kurikulum Depdiknas terungkap bahwa kunci kesuksesan adalah 80% *mindset* dan 20% *technical skills*. (www.its.ac.id).

Berdasarkan deskripsi hasil penelitian pada proses pembelajaran melalui pendekatan SCL yang telah dilaksanakan dalam tiga siklus terjadi peningkatan hasil belajar untuk aspek pengetahuan yang dinilai melalui soal tes . Peningkatan hasil belajar pada aspek pengetahuan dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7

Hasil Belajar Kongnitif 3 Siklus

Hasil Belajar	Skor		
	Siklus I	Siklus II	Sikus III
Nilai rata-rata	78,61	78,12	80,96
Standar Deviasi	1,92	3,7	7,4
Kategori	Baik	Baik	Baik

Pada Tabel 7 di atas terlihat penguasaan mahasiswa terhadap materi pembelajaran. aspek pengetahuan untuk siklus I ke siklus II tidak ada kenaikan tapi malah ada penurunan namun demikian dari segi aktivitas meningkat. Hal ini disebabkan pada pertemuan siklus II kesiapan mahasiswa dalam belajar tidak terlalu kondusif karena mahasiswa baru pulang kemah bakti. Sehingga dalam mengerjakan tes pada siklus ke 2 tidak terlalu maksimal, keadaan jasmani pada umumnya sangat mempengaruhi aktivitas belajar seseorang. Kondisi fisik yang sehat dan bugar akan memberikan pengaruh positif terhadap kegiatan belajar individu. Sebaliknya, kondisi fisik yang lemah atau sakit akan menghambat tercapainya hasil belajar yang maksimal. Oleh karena itu keadaan tonus jasmani sangat memengaruhi proses belajar dan hasil belajar. Pada siklus III hasil belajar naik dengan rata-rata 80,96 . Berdasarkan hasil di atas dapat di simpulkan bahwa penerapan pendekatan SCL dengan menggunakan model *small group discussion* dapat mengembangkan *softskills* dan meningkatkan hasil belajar mahasiswa.

Berdasarkan tujuan penelitian dan kajian terhadap hasil dan pembahasan penelitian mengenai Penerapan pendekatan *Student Centered Learning* (SCL) pada mata kuliah Strategi Pembelajaran Fisika mahasiswa pendidikan fisika semester V di peroleh kesimpulan: (1) Penerapan pendekatan *Student Centered Learning* (SCL) pada mata kuliah Strategi Pembelajaran Fisika dapat meningkatkan Aktivitas mahasiswa mahasiswa pendidikan fisika semester V dengan rata-rata pada kategori Baik. (2) *Soft skills* mahasiswa pendidikan fisika semestert V setelah Penerapan pendekatan *Student Centered Learning* (SCL) pada mata kuliah Strategi Pembelajaran Fisika, untuk kemampuan berkomunikasi, merumuskan masalah, bekerjasama, tanggungjawab, percaya diri berada pada kategori baik, sedangkan kejujuran berada pada kategori cukup. (3) Hasil belajar Mahasiswa Pendidikan Fisika semster V setelah Penerapan pendekatan *Student Centered Learning* (SCL) pada mata kuliah Strategi Pembelajaran Fisika berada pada kategori baik dengan rata-rata siklus I (78,61) siklus II (78,12) dan siklus ke III (80,96).

DAFTAR PUSTAKA

Cangelosi, James S.1995. Merancang Tes Untuk Menilai Prestasi Siswa. Bandung: ITB

- Dadahri. 2012. *Implementasi Strategi Pembelajaran Small Group Discussion pada Mata Pelajaran IPS di Kelas VI Mi Al-Falah Jatirokeh Songgom Brebes*. Skripsi Institut Agama Islam Negeri Walisongo. Tidak diterbitkan
- Goleman, Daniel. 1995. *Emotional Intelligence*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka
- Hadi, Rahmini. 2007. “dari *Teacher Centered Learning* ke *Student Centered Learning* Perubahan Metode Pembelajaran di Perguruan Tinggi”. *Jurnal Pemikiran Alternatif Pendidikan*. Vol. 12 (3), 508-419
- Hamalik, Oemar. 2008. *Proses Belajar Mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara
- Hasibuan dan Moedjiono. 2000. *Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Remaja Rosdakarya
- Illah Sailah. (2008). *Pengembangan Soft Skills Di Perguruan Tinggi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Illahi, Mohammad Takdir. 2012. *Pembelajaran Discovery Strategy & Mental Vocational Skill*. Jogjakarta: Diva Pres.
- Ismail, Arif. 2008. *Model-Model Pembelajaran Mutakhir*. Yogyakarta: Pustaka.
- Prassida dan Muklason. 2011. “*Virtual Class* sebagai Strategi Pembelajaran untuk Peningkatan Kualitas *Student-Centered Learning* di Perguruan Tinggi”. 2012. *Jurnal Teknologi*. Vol. 1 (2), 95-98

DIAGNOSIS MISKONSEPSI MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA PADA KONSEP WARNA (COLOR VISION)

Maison, Nurul Yani

PMIPA FKIP Universitas Jambi

maisonchaniago@gmail.com,

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi miskonsepsi mahasiswa pendidikan fisika tentang warna dan mengidentifikasi aturan implisit yang mendasari miskonsepsi tentang warna. Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan menggunakan instrumen Survey 1 (kuantitatif) dan wawancara terhadap responden (kualitatif) yang berjumlah 130 orang mahasiswa. Data kuantitatif yang sudah terkumpul diolah dan disajikan dalam bentuk tabel untuk memudahkan analisa. Selanjutnya data tersebut dibandingkan, dan dikelompokkan berdasarkan kategori tertentu serta disajikan dalam bentuk bagan untuk memudahkan interpretasi. Dengan menggunakan desain campuran (mixed methods) data kualitatif yang diperoleh dari hasil wawancara dapat digunakan untuk membantu peneliti dalam melakukan analisa dan menarik kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 90% mahasiswa Prodi Pendidikan Fisika Universitas Jambi yang diteliti memiliki miskonsepsi pada konsep warna (Color Vision). Konsepsi-konsepsi keliru yang muncul pada mahasiswa, adalah: (1) warna benda yang dilihat oleh mata adalah campuran warna dari benda dan cahaya, (2) benda tidak akan terlihat, jika warna lampu yang menyinarinya sama dengan warna benda, dan (3) Warna benda yang dilihat oleh mata tergantung pada benda itu sendiri cahaya tidak mempengaruhi.

Keywords: model diagnostic instrument; warna benda

PENDAHULUAN

Penelitian pendidikan (*educational research*) di perguruan tinggi dapat membantu pendidik (dosen) dalam memahami berbagai masalah atau isu-isu dibidang pendidikan dan memperbaiki praktek pembelajaran di perguruan tinggi. Penelitian tentang bahan ajar (misalnya, handout, buku, dan modul) baik cetak maupun elektronik telah membantu memberikan solusi bagi mahasiswa dan dosen dalam mengatasi kekurangan bahan atau sumber belajar bagi mahasiswa. Begitu pula penelitian tentang media (audio, visual, dan audio-visual) telah mampu mempermudah dosen menyampaikan informasi dan mempermudah mahasiswa dalam menerima informasi, mencari, dan memahami konsep yang cenderung abstrak seperti yang terdapat dalam bidang fisika.

Tersedianya bahan dan media belajar fisika terbukti telah mempermudah proses pembelajaran mahasiswa dibidang fisika. Akan tetapi, jika diteliti lebih jauh ternyata hal ini belum menyelesaikan semua persoalan dibidang pendidikan fisika. Banyak mahasiswa yang dapat menyelesaikan soal-soal fisika dengan rumus yang sudah ada dengan cepat, tetapi kebingungan dalam memahami dan menjelaskan konsep fisika. Bahkan, ketika mahasiswa menyelesaikan beberapa soal tentang fisika diketahui adanya miskonsepsi pada mahasiswa tersebut.

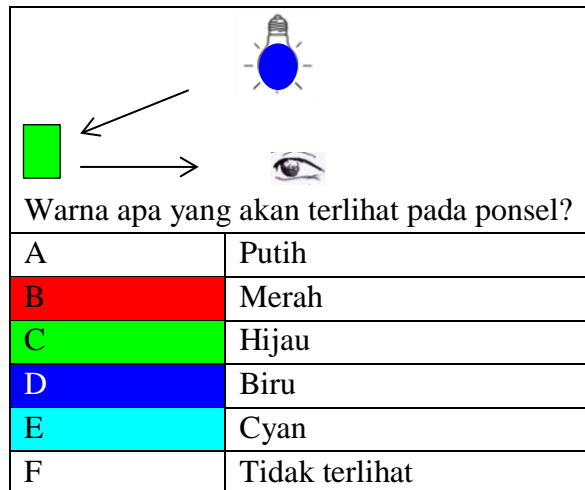
Miskonsepsi siswa atau mahasiswa adalah salah satu fokus kajian yang paling penting dalam penelitian pendidikan sains yang dilakukan di berbagai negara (lihat, [Al-Rubayea, 1996](#); [Martinez, Pérez, Suero, & Pardo, 2013](#)). Di Indonesia juga telah dilakukan beberapa penelitian tentang miskonsepsi, misalnya yang dilakukan oleh Brama (2012) tentang gaya sentripetal dan sentrifugal pada gerak melingkar beraturan, [Mursalin \(2013\)](#) meneliti tentang model remediasi miskonsepsi tentang listrik dengan pendekatan simulasi PhET, dan [Mosik \(2010\)](#) meneliti tentang usaha mengurangi terjadinya miskonsepsi fisika melalui pembelajaran dengan pendekatan konflik kognitif.

Beberapa penelitian yang telah dikemukakan di atas menelaah tentang miskonsepsi-miskonsepsi tertentu yang dimiliki oleh siswa dan mahasiswa. Bagaimanakah dengan konsep-konsep fisika yang lain, misalnya konsep tentang warna? Apakah mahasiswa juga mengalami miskonsepsi? Penelitian ini mengungkapkan pemahaman yang dimiliki mahasiswa pendidikan fisika tentang warna dan bagaimana konsepsi serta alasan (*reasoning*) yang melandasi konsepsi tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian campuran antara penelitian kuantitatif dan kualitatif (*Mixed Method Research Design*). Dalam penelitian ini dikumpulkan data numerik (kuantitatif) melalui survey (menggunakan instrumen) dan data text melalui wawancara (kualitatif). Model miskonsepsi yang dialami mahasiswa pada konsep warna dideskripsikan berdasarkan respon mahasiswa terhadap kusioner dan hasil analisis wawancara yang dilakukan.

Penelitian ini dilaksanakan di Prodi Fisika PMIPA FKIP Universitas Jambi pada dengan jumlah responden 130 orang. Untuk keperluan pengumpulan data, pada penelitian ini digunakan instrumen *Survey 1* (terdiri dari 12 buah item) yang merupakan modifikasi instrumen yang dikembangkan oleh [Martinez et al. \(2013\)](#). Modifikasi yang dilakukan pada Survey 1 dilakukan dalam dua hal, yaitu (1) penggunaan objek yang dilihat, (2) penggunaan warna. Objek pada survey asli menggunakan apel sedangkan pada instrument yang digunakan ini menggunakan *handphone*, pilihan jawaban (*option*) pada Survey yang asli tersebut belum menggunakan warna. Sedangkan pada Survey 1 (modifikasi) *option*-nya sudah menggunakan warna sehingga memudahkan dalam aplikasinya. Gambar 1 merupakan salah satu item dari instrument *Survey 1*, yaitu item nomor 6. Gambar menunjukkan handphone berwarna yang hanya diterangi menggunakan lampu berwarna seperti pada gambar, mahasiswa diminta menentukan apakah warna handphone yang terlihat oleh mata.



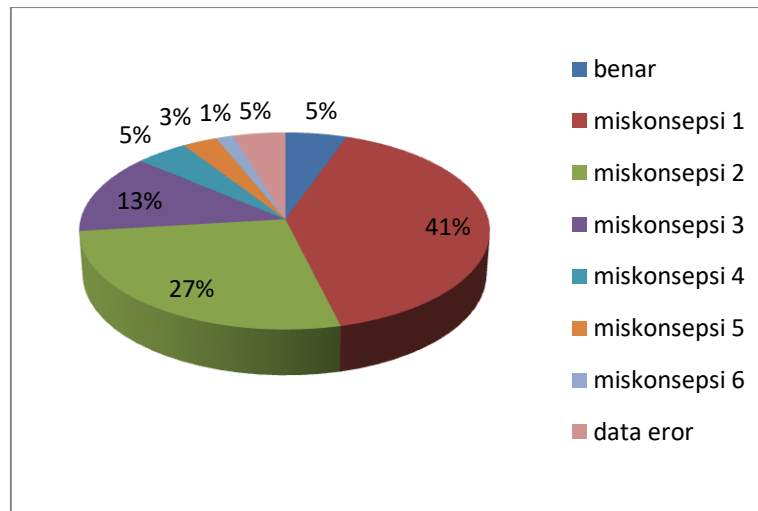
Gambar 1. Item nomor 6 pada instrumen *Survey 1*

Secara keseluruhan instrumen dilengkapi dengan *control item*. Dua item pertama dari instrumen ini digunakan sebagai kontrol. Jika mahasiswa tidak dapat menjawab kedua item ini dengan benar, maka mereka diasumsikan tidak memahami tentang warna atau mungkin buta warna, jadi jawaban mahasiswa terhadap item berikutnya tidak diperiksa. Setelah responden selesai mengisi instrumen (*survey*), dilakukan wawancara mendalam untuk mengetahui pemahaman mahasiswa tentang konsep warna dan proses penglihatan.

Analisis data kuantitatif dilakukan dengan program Microsoft Excel untuk menghitung persentase jawaban mahasiswa terhadap setiap *option* jawaban. Selain itu dengan menggunakan program Excel juga bisa diatur sedemikian rupa sehingga dapat disajikan pola jawaban mahasiswa dengan menggunakan tabel dan diagram. Selanjutnya data kualitatif berupa hasil wawancara diubah ke dalam bentuk teks sehingga mudah untuk dianalisis lebih lanjut (proses *coding* dan pengembangan tema) sehingga diketahui alasan mahasiswa (*student reasoning*) dalam menjelaskan tentang konsep warna benda. Selanjutnya juga dilihat pola-pola atau aturan yang secara implisit melatarbelakangi konsepsi mahasiswa tersebut, sehingga bisa ditemukan jawaban terhadap pertanyaan-pertanyaan penelitian yang telah diajukan sebelumnya.

HASIL PENELITIAN

Data mengenai konsep mahasiswa pada penelitian ini diperoleh dari instrumen *Survey 1* dan wawancara. *Survey 1* merupakan modifikasi instrumen yang dikembangkan oleh [Martinez et al. \(2013\)](#). Instrumen *Survey 1* terdiri atas 12 butir pernyataan dengan enam sampai delapan pilihan jawaban. Adapun konsepsi mahasiswa yang didapat dari data hasil penelitian adalah seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Konsepsi mahasiswa tentang warna berdasarkan Survey 1

Berdasarkan Gambar 2 tersebut diketahui 41% mahasiswa pendidikan fisika memiliki pemahaman (konsepsi) bahwa warna benda yang terlihat oleh mata adalah campuran warna benda dan warna cahaya. Sebanyak 27% mahasiswa memahami bahwa benda tidak akan terlihat, jika warna lampu yang menyinarinya sama dengan warna benda. Sedangkan 13% mahasiswa memiliki konsepsi bahwa Warna benda yang terlihat oleh mata tergantung pada benda itu sendiri cahaya tidak mempengaruhi. Sebagian mahasiswa (5%) memahami bahwa warna benda yang terlihat oleh mata tergantung pada warna cahaya yang menyinarinya. Menariknya ada mahasiswa (3%) yang memahami bahwa warna benda yang dilihat tergantung pada warna mana yang lebih pekat antara benda dengan cahaya, yaitu benda yang berwarna merah jika disinari dengan cahaya hijau akan terlihat merah karena mahasiswa beranggapan bahwa warna merah lebih dominan. Sedangkan 1% memahami bahwa benda akan terlihat putih, jika warna lampu yang menyinarinya sama dengan warna benda, yaitu benda yang berwarna merah jika disinari dengan cahaya merah akan terlihat putih. Dari pengumpulan data survey 1 hanya sedikit mahasiswa (5%) yang menjawab dengan benar (memiliki konsepsi yang benar) dan beberapa mahasiswa (5%) tidak bisa dianalisa datanya dikarenakan kesalahan jawaban pada item kontrol.

PUSTAKA

- Al-Rubayea, A. A. M. (1996). *An analysis of Saudi Arabian high school students' misconceptions about physics concepts*. Kansas State University.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesan, H. (1978). *Educational Psychology* (2 ed.). New York: Holt, Rinehart, and Winston, @1978.
- Calhoun, M. (2014). *Light absorption and color filters*. <http://www.education.com/science-fair/article/colored-lights-effect/>

- Creswell, J. W. (2008). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (3rd ed.). Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Merrill Prentice Hall.
- Clark, J. O. E. (). *Materi Fisika Volume 4 Cahaya*. :Grolier Educational.
- Kose, Sacit. (2008) Diagnosing student misconceptions: Using drawing as a research method. *World Applied Sciences Journal*. 3 (2), 283-293
- Martinez, G., Pérez, Á. L., Suero, M. I., & Pardo, P. J. (2013). Detection of misconceptions about colour and an experimentally tested proposal to combat them. *International Journal of Science Education*. doi: 10.1080/09500693.2013.770936
- Mosik, P. M. (2010). Usaha mengurangi terjadinya miskonsepsi fisika melalui pembelajaran dengan pendekatan konflik kognitif. *Journal Pendidikan Fisika Indonesia*, 6, 98-103.
- Mursalina. (2013). Model remediasi miskonsepsi materi rangkaian listrik dengan pendekatan simulasi PhET. *Journal Pendidikan Fisika Indonesia*, 8, 1-7.
- Mangunwiyoto, Widagdo. H. (2004). *Pokok-pokok fisika SMP*. Jakarta:Erlangga.
- Nurdayati. (2014). Miskonsepsi siswa pada konsep pencemaran lingkungan pada pembelajaran biologi di SMA negeri 11 Kota Jambi. *Skripsi*. Universitas Jambi. Jambi.
- van den Berg, E. (1991). *Miskonsepsi fisika dan remediasi*. Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.