LAPORAN AKHIR

PENELITIAN DOSEN-DOSEN PASCASARJANA

RANCANG BANGUN ALAT-ALAT PRAKTIKUM BERBASIS TENOLOGI SENSOR SEBAGAI PENDUKUNG PERANGKAT MATAKULIAH PENGEMBANGAN ALAT LABORATORIUM FISIKA PENDIDIKAN FISIKA PPs UNP

TIM PENGUSUL

Yohandri, M.Si. Ph.D/0025077807 (Ketua)
Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si/0002077306 (Anggota)

PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN

FAKULTAS MATEMATIKAN DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2015

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR PENELITIAN DOSEN DOSEN PASCASARJANA

1.	Judul Penelitian	**: RANCANG BANGUN ALAT-ALAT PRAKTIKUM BERBASIS TENOLOGI SENSOR SEBAGAI PENDUKUNG PERANGKAT MATAKULIAH PENGEMBANGAN ALAT LABORATORIUM FISIKA PENDIDIKAN FISIKA PPs UNP**
2	Bidang Penelitian	: Pendidikan dan Ilmu Pendidikan
3	Ketua TIM Pengusul	
	a. Nama Lengkap	: Yohandri, M.Si., Ph.D
	b. Jenis Kelamin	: Laki-laki
	c. NIP	: 197807252006041003
	d. Disiplin Ilmu	: Fisika
	e. Jabatan Fungsional	: Lektor
	f. Pangkat/Golongan	: Penata/IIId.
	g. Fakultas / Jurusan	: FMIPA / Fisika
	h. Alamat	: Jl. Hamka Air Tawar Padang, SUMBAR Telp. (0751) 51260. Pes. 273
	I. Telpon/Faks/E-mail	: 081363103929/ yohandri.unp@gmail.com
4.	Jumlah Anggota Peneliti	: 1 orang : Dr. Yulkifli, S.Pd., M.Si
	Jumlah Mahasiswa	: 3 orang
5.	Lokasi Kegiatan	: Kota Padang
6.	Jumlah biaya yang diusulkan	: **Rp. 15.000.000,-**
Terbilang: Lima belas juta rupiah		

Padang, 23 Desember 2015

Mengetahui:
Dekan FMIPA Universitas Negeri Padang

Ketua Pelaksana,

Prof. Dr. Lufri, M.S.
NIP: 196105101987031002

Yohandri, M.Si., Ph.D.
NIP. 197807252006041003

Mengetahui:
Ketua Lembaga Penelitan
Universitas Negeri Padang

Dr. Alwen Bentri, M.Pd.
NIP. 19610722 198602 1 002

ABSTRAK

Kurangnya jumlah peralatan praktikum merupakan permasalahan yang dihadapi oleh sebuah perguruan tinggi, terutama peralatan praktikum berbasis teknologi sensor. Masalah ini juga dihadapi oleh guru-guru fisika dilapangan/sekolah tempat merak mengajar. Selain itu belum tersedianya perangkat perkuliahan pengelolaan laboratorium untuk mendukung tercapainya tujuan perkuliahan dengan maksimal. Masalah lain adalah ketidaksesuaian antara materi perkuliahan fisika yang bersifat lanjutan di program studi Fisika PPs UNP dengan kebutuhan di lapangan khususnya tentang pengelolaan laboratorium dan pegembangan alat-alat laboratorium. Masalah ini membuat mahasiswa menganggap bahwa materi perkuliahan kurang bermanfaat bagi mereka karena kurang menunjang tugas-tugas pokok mereka di sekolah terutama dalam mengoptimalkan peran dan fungsi guru dalam mengoptimalkan kegiatan praktikum laboratorium. Untuk mengatasi masalah ini maka mahasiswa dibekali dengan rancang bangun alat-alat praktikum berbasi teknologi sensor.

Tujuan umum penelitian adalah untuk meningkatkan mutu perkuliahan serta menjembatani kesenjangan antara materi perkuliahan di Program Studi Pendidikan Fisika PPs UNP dengan kebutuhan guru dalam mengelola dan mengembangkan alat-alat laboratorium berbasis teknologi sensor. Model pengembangan yang digunakan adalah model 4-D yaitu *define*, *design*, *develop dan dissemination.* Karena keterbatasn waktu maka tahap penelitian hanya samapai pada tahap develop saja.

Luaran penelitian adalah beberapa paralatan praktikum fisika berbasis teknologi sensor berserta petunjuk pengunaannya. Hasil pengembangan alat-alat akan dipublikasikan pada: (1) Jurnal Jurnal Sainstek, ISSN 20858019. (2) Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika ISSN: 2252-3014, Penerbit Program Studi Magister Pendidikan Fisika Program Pascasarjan Universitas Negeri Padang.

Kata kunci: Rancang bangun, alat praktikum, sensor

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah yang telah memberi taufik dan hidayah-Nya sehingga penulisan laporan kemajuan ini dapat diselesaikan. Disamping itu, penyusun mengucapkan banyak terima kasih untuk para konstributor yang telah banyak memberikan masukan dalam penyusunan laporan kegiatan ini. Laporan kemajuan ini disusun berdasarkan hasil kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan. Laporan kemajuan ini diharapkan dapat memberi gambaran tentang pelaksanaan penelitian skim Penelitian Dosen Dosen Pascasarjana dengan judul penelitian "Rancang Bangun Alat-Alat Praktikum Berbasis Tenologi Sensor Sebagai Pendukung Perangkat Matakuliah Pengembangan Alat Laboratorium Fisika Pendidikan Fisika PPs UNP".

Secara garis besar laporan kemajuan ini terdiri atas beberapa bagian yang mencakup pendahuluan, tinjauan pustaka, tujuan dan manfaat penelitian, hasil yang telah dicapai dan kegiatan yang akan dilakukan setelah laporan kemajuan ini disusun. Sampai laporan kegiatan ini disusun, kegiatan penelitian masih berjalan dan akan berlanjut hingga akhir tahun 2015. Berbagai permasalahan dan keterbatasan dalam pelaksanaan juga dipaparkan dalam laporan ini. Untuk mengatasi masalah tersebut, beberapa solusi pemecahan masalah juga ditawarkan dan akan dilaksanakan untuk kegiatan selanjutnya.

Akhirnya kami menyadari, penyusunan laporan kemajuan ini tentu tidak terlepas dari beberapa kesalahan dan kelemahan. Untuk itu kritik dan saran sangat membantu penyusun dalam menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan kemajuan ini dapat bermanfaat dan menjadi rujukan untuk kegiatan penelitian selanjutnya.

Padang, 31 Desember 2015
Ketua Peneliti

Yohandri

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ..... **i**
ABSTRAK ..... **ii**
PRAKATA ..... **iii**
DAFTAR ISI ..... **iv**
DAFTAR GAMBAR ..... **v**
DAFTAR TABEL ..... **vi**
BAB I. PENDAHULUAN **1**
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 2
C. Tujuan, Luaran, dan Kontribusi Penelitian 3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA **4**
A. Selayang Pandang Prodi Magister Pendidikan Fisika 4
B. Desain dan Pembuatan Alat-Alat Praktikum Fisika Berbasis Teknologi Sensor . 5
C. Mata Kuliah Pengembangan Alat Laboratorium Fisika 7
D. Studi Pendahuluan dan Peta Jalan Penelitian 8
BAB III. METODE PENELITIAN **10**
A. Jenis Penelitian 10
B. Prosedur dan Tahapan Penelitian 10
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN **15**
A. Analisis Kebutuhan 15
B. Desain Alat-alat Praktikum Berbasis Teknologi Sensor 15
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN **30**
DAFTAR PUSTAKA **32**
LAMPIRAN **34**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Definisi sensor (Yulkifli., 2011). 5
Gambar 2. Ilustrasi sensor, aktuator dan transduser (De Silva, 2007 dan TE, 2010, Yulkifli, 2011). 6
Gambar 3. Peta jalan penelitian 9
Gambar 4. Alur penelitian 11
Gambar 5. Uraian momen inersia pada benda yang berotasi 15
Gambar 6. Rancangan konstruksi alat momentum sudut 16
Gambar 7. Alat momentum sudut berbasis sensor 17
Gambar 8. Bagian alat momentum sudut berbasis sensor (a) Pegas dan (b) sensor 17
Gambar 9. Susunan seri dan paralel amperemeter dan voltmeter 21
Gambar 10. Alat dan bahan kesetaraan energi kalor dengan energi listrik 21
Gambar 11. Grafik hubungan antara waktu dengan perbahan suhu 23
Gambar 12. Kaidah tangan kanan untuk menentukan arah gaya Lorentz 24
Gambar 13. Alat percobaan arah gaya Lorentz 25
Gambar 14. Rangkaian Alat Pengukuran Gaya Lorentz Menggunakan Sensor Cahaya 25
Gambar 13. Desain alat gerak melingkar 28

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Keterangan rancangan alat 16
Tabel 2. Hasil percobaan untuk jari-jari 10 cm dan banyak putaran 2 18
Tabel 3. Perbandingan hasil percobaan dan perhitungan percobaan 1 jari-jari 10 cm 18
Tabel 4. Perbandingan kecepatan sudut percobaan 1 jari-jari 10 cm 18
Tabel 5. Perbandingan momentum sudut percobaan 1 jari-jari 10 cm 18
Tabel 6. Hasil percobaan secara manual tanpa menggunakan outocoupler jari-jari 10 cm 19
Tabel 7. Hasil percobaan secara manual tanpa menggunakan outocoupler jari-jari 20 cm 20
Tabel 8. Hasil percobaan I tegangan (V) = 185 volt dan kuat arus (I) = 1,3 ampere 22
Tabel 9. Hasil percobaan II tegangan (V) = 185 volt dan kuat arus (I) = 1,3 ampere 22
Tabel 10. Hasil Analisis Data Pengukuran Gaya Lorentz Menggunakan Sensor Cahaya dengan Tegangan 3 Volt dan Kuat Arus A 26
Tabel 11. Data percobaan alat gerak melingkar 28

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Laboratorium IPA (fisika) di sekolah berfungsi sebagai tempat berlangsungnya kegiatan pembelajaran yang memerlukan peralatan yang tidak mudah dihadirkan di ruang kelas. Dengan kata lain, laboratorium fisika berfungsi sebagai tempat pembelajaran dalam upaya meniru ahli fisika mengungkap rahasia alam dalam bentuk proses pembelajaran. Oleh karena itu, kepala sekolah, pengelola, guru fisika, dan unsur-unsur terkait lainnya harus mampu mengelola, memanfaatkan dan mengembangkan peralatan laboratorium IPA secara efektif dan efisien, sehingga dapat meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar fisika bagi siswa (Wita Sutrisno, 2007: 5).

Laboratorium yang baik pada umumnya adalah laboratorium yang dikelola dengan efektif dan efesien. Agar laboratorium sekolah dapat berperan, berfungsi dan bermanfaat seoptimal mungkin, maka diperlukan pemahaman terhadap pengelolaan laboratorium. Pengelolaan laboratorium meliputi organisasi laboratorium, administrasi laboratorium (inventarisasi alat dan fasilitas laboratorium, administrasi penggunaan alat-alat laboratorium, administrasi peminjaman alat-alat laboratorium), pemeliharaan dan perawatan alat-alat laboratorium, keselamatan kerja di laboratorium. Untuk melengkapi peralatan praktikum yang ada dilaboratorium diperlukan pengembangan terhadap alat-tersebut, salah satu pengmbangan tersebut adalah kedalam bentuk digital. Peralatan praktikum yang serba digital akan lebih efektif dan efesien dalam peningkatan pemahaman konsep kepada peserta didik.

Pendidikan Fisika PPs UNP sebagai salah satu penghasil tenaga pendidik IPA/Fisika berupaya membekali mahasiswa dengan pengetahuan tentang pengelolaan dan pengembangan laboratorium melalui mata kuliah Pengelolaan Laboratorium dan Pengembangan Alat Laboratorium Fisika. Perkuliahan ini dilaksanakan masing-masing sebanyak 2 sks dengan jumlah pertemuan 16 pertemuan dalam tiap semester. Kendala dalam perkuliahan adalah; pengelolaan laboratorium di sekolah belum optimal, kurangnya pemahaman mahasiswa dan guru Fisika dalam mengelola laboratorium, kurangya jumlah peralatan laboratorium fisika, usia peralatan yang sudah tua dan tidak efektif dalam penggunaan.

Pengembangan peralatan laboratorium menggunakan teknologi sensor dan optimalisasi pengelolaan laboratorium dapat digunakan dosen/guru untuk meningkatkan keprofesionalan dilapangan. Untuk menjamin keberlangsungan peningkatan karir guru maka pemerintah mengeluarkan sebuah program yaitu Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan

(PKB). Salah satu bagian dari program PKB adalah Karya Inovatif. Dikarenakan beberapa permasalahan dan kendala maka poin karya inovatif tidak terpenuhi oleh seorang guru, sehingga menghambat peningkatan karir guru tersebut. Permasalahannya utamanya adalah kurangnya kemauan dan kemampuan guru untuk dalam membuat karya inovatif khususnya terkain pengembangan peralatan laboratorium untuk praktikum yang inovatif. Salah satu cara membuat karya inovatif adalah memgembangkan peralatan laboratorium untuk praktikum fisika dalam bentuk display digital.

Desain dan pengembangan alat-alat praktikum fisika berbasis teknologi sensor ini melibatkan tim peneliti yang berasal dari bidang elektronika dan instrumentasi jurusan fisika FMIPA UNP. Untuk menghasilkan peralatan praktikum yang berkualitas, pengalaman dan bidang keahlian personalia peneliti sangat menentukan. Selama kami telah mengembangkan sensor dan aplikasinya. Anggota TIM telah hasil mengembangkan sensor dan beberapa aplikasinya (Yulkifli , 2007a, 2007b, 2007c, 2008, 2009, 2010). Beberapa aplikasi sensor yang telah berhasil di aplikasikan adalah sensor kecepatan putaran (Yulkifli, dkk., 2009), sensor jarak yang dapat mengukur perubahan jarak hingga 2 cm (Yulkifli, dkk., 2007b), sebagai alat ukur getaran (Yulkifli, M., dkk., 2014). Alat ukur tekanan, kelembaman, temperatur dan visikositas berbasis teknologi digital (Yulkifli, 2013, 2014, 2015). Peralatan eksperimen pendulum, penentuan kapasitansi kapasitor dengan metoda waktu paroh dan star-stop timer untuk jatuh bebas (Yohandri, 2006, 2007a, 2007b dan 2009a dan 2009b, 2014). Berdasarkan ini kami yakin penelitian yang akan dilakukan akan berhasil dengan baik.

Bertolak dari latar belakang masalah, maka perlu dilakukan penelitian untuk merancan dan membuat alat-alat praktikum berbasis teknologi sensor untuk mendukung proses pembelajaran pada matakuliah Pengembangan Alat Laboratorium Fisika mahasiswa Pendidikan Fisika Program Pascasarjana Universitas Negeri Padang.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan, dapat dirumuskan perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana menganalisis kebutuhan untuk alat-alat praktikum berbasis teknologi sensor?
2. Bagaimana dan mengembangkan alat-alat praktikum berbasis teknologi sensor?
3. Bagaimana dan mengembangkan alat-alat praktikum berbasis teknologi sensor yang valid, efektif dan praktis?

C. Tujuan, Luaran, dan Kontribusi Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

1. Menganalisis kebutuhan untuk mengembangkan alat-alat praktikum berbasis teknologi sensor?.
2. Mendisain alat-alat praktikum berbasis teknologi sensor?.
3. Mengembangkan alat-alat praktikum berbasis teknologi sensor yang valid, praktis dan efektif.

Luaran penelitian adalah beberapa paralatan praktikum fisika berbasis teknologi sensor dengan kriteria valid, praktis dan efektif. Hasil-hasil penelitian akan dipublikasikan pada: (1) Jurnal Jurnal Sainstek, ISSN 20858019. (2) Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika ISSN: 2252-3014, Penerbit Program Studi Magister Pendidikan Fisika Program Pascasarjan Universitas Negeri Padang. Hasil penelitian akan disebarluaskan kepada guru-guru/ dosen fisika di sekolah/ perguruan tinggi, komunitas ilmuan dan masyarakat dalam bentuk seminar, *workshop*, dan lokakarya.

Desain dan pembuatan lat-alat praktikum berbasis teknologi sensor sebagai pendukung matakuliah Pengembangan Alat Laboratorium Fisika yang dikembangkan diharapkan berkontribusi bagi:

1. Mahasiswa memiliki bekal pengetahuan untuk merancang dan membuat alat-alat praaktikum fisika disekolah-sekolah tempat guru bertugas.
2. Mahasiswa memiliki pengetahuan dan pengalaman bagaimana membuat karya inovatif sebagai pendukung salah satu dari tiga program yang ada Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB).
3. Mahasiswa yang memiliki kompetensi yang rendah dan aktif dalam perkuliahan serta belum menunjukkan karakter yang positif, dapat meningkatkan kompetensinya baik kognitif, afektif, maupun psikomotor dan aktif dalam perkuliahan

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Selayang Pandang Prodi Magister Pendidikan Fisika

Undang-Undang Sisdiknas (UU No. 20 Tahun 2003 tentang sistem Pendidikan Nasional pasal 40 ayat 2a) mensyaratkan seorang pendidik yang profesional tidak hanya menguasai bidang ilmu dan bahan ajar, tetapi juga menguasai metode pembelajaran yang tepat, mampu memotivasi peserta didik, memiliki keterampilan yang tinggi dan wawasan yang luas terhadap dunia pendidikan. Dalam rangka memenuhi tuntutan profesionalisme pendidik yang harus sesuai dengan bidang keahliannya, maka Pascasarjana UNP bertekat untuk mengakomodasi perkembangan terbaru tersebut dengan mengusulkan peningkatan status konsentrasi magister pendidikan fisika menjadi Program Studi Magister Pendidikan Fisika sejak tahun 2010. Dalam rangka peningkatan mutu pelayanan dan pengeloaan terhadap Program Studi Magister Pendidikan Fisika, Kimia, Biologi dan Matematika maka rektor mengambil kebijakan dengan memindahkan pegelolaan Progam Studi Magister ke fakultas MIPA dengan mengeluarkan SK No. 106/UN.35/KP/2014.

Program Studi Magister Pendidikan Fisika FMIPA bertujuan menjadi pusat pendidikan yang terkemuka di wilayah Barat dalam menyiapkan tenaga ahli Pendidikan Fisika melalui penelitian, pengembangan dan penyebarluasan teori-teori dan prinsip-prinsip ilmu fisika dan pembelajaran fisika, sebagai wahana untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia Indonesia yang memiliki literasi sains dan teknologi. Diharapkan lulusan Progam Studi Magister Pendidikan Fisika akan menjadi pelopor dalam pembaharuan pendidikan fisika, mempunyai kemampuan akademik maupun profesional dalam ilmu pendidikan fisika, menjadi guru bina dan selalu berusaha mengembangkan ilmu melalui penelitian dan pengembangan sesuai dengan bidang studinya. Hal ini tercermin dalam Visi Program Studi Magister Pendidikan Fisika yaitu : "***Menjadikan Progam Magister pendidikan fisika sebagai program unggulan dalam pengembangan pendidikan Fisika dan menghasilkan Magister Pendidikan Fisika yang kemampuan akademik tinggi, profesional, cendikia dan agamais***". Visi Program Studi Magister Pendidikan Fisika yang dirumuskan tahun 2008 ternyata sejalan dengan visi dan misi Visi Universitas Negeri Padang yaitu: "***Menjadi universitas unggul di kawasan Asia Tenggara di bidang ilmu kependidikan, ilmu pengetahuan, teknologi, olahraga, dan seni pada tahun 2020 berdasarkan ketakwaan kepada Tuhan Yang Maha Esa*** "

Untuk mewujudkan visi dan misi tersebut, maka kurikulum Program Studi Magister Pendidikan Fisika PPs UNP dirancang untuk menghasilkan lulusan Program studi magister pendidikan fisika, Pascasarjana Universitas Negeri Padang yang diharapkan memiliki kemampuan sebagai perencana, pengembang, pemikir, dan praktisi yang memiliki: (a) wawasan yang luas dan kepedulian yang tinggi terhadap pendidikan dengan segala aspeknya; (b) penguasaan yang mendalam dalam bidang ilmu yang menjadi keahliannya; (c) kemampuan meneliti, mengembangkan, merencanakan, dan mengelola pendidikan serta menyebarluaskan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang pendidikan dan bidang-bidang lainnya.

Kurikulum Progam Studi Pendidikan Fisika, Pascasarjana Universitas Negeri Padang disusun atas dasar (1) pengembangan kurikulum pendidikan sarjana (S1) Pendidikan Fisika, (2) Sarana dan prasarana (staf pengajar, laboratorium, kondisi daerah), dan (3) kebutuhan lapangan (kurikulum sekolah menengah dan lapangan kerja). Kurikulum ini juga sudah dibahas dua kali oleh tim penyusun proposal di PPs UNP tanggal 18 April 2008 dan 28 Mei 2008 . Pada Semester Januari-juni 2015 dilakukan revisi dengan merubah beberapa matakuliah, salah satunya adalah matakuliah Pengembangan Alat Laboratorium Fisika. Atas dasar pertimbangan-pertimbangan maka disusun sebaran mata kuliah S2 pada Program Studi Magister Pendidikan Fisika PPsUNP, seperti terlihat pada Lampiran 1.

B. Desain dan Pembuatan Alat-Alat Praktikum Fisika Berbasis Teknologi Sensor

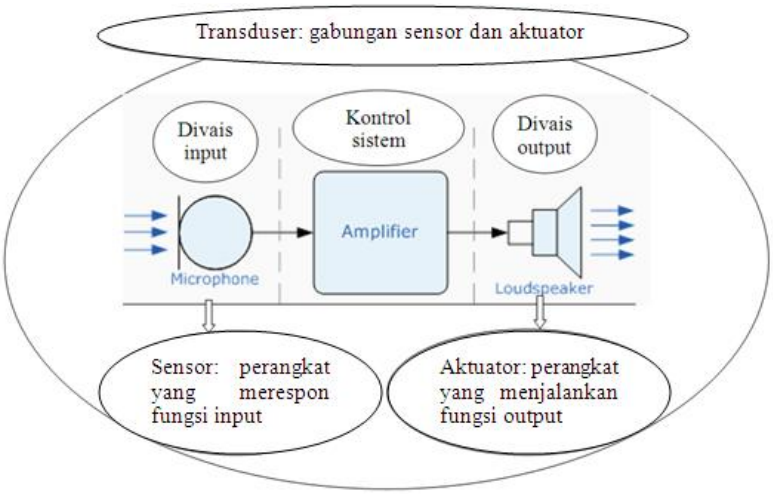
Pengembangan alat-alat laboratorium berbasis teknologi sensor memerlukan peralatan pengukuran dan komponen elektronika secara digital. Peralatan pengukuran seperti: multimeter, osiloskop, counter, dll. Komponen elektronika seperti, komponen pasif dan aktif, sensor, mikrokontroler dan display digital.

1. Sensor

Secara umum sensor didefinisikan sebagai piranti yang mengubah besaran-besaran input fisis seperti: magnetik, radiasi, mekanik, dan termal atau kimia menjadi besaran listrik sebagai output, seperti terlihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Definisi sensor (Yulkifli., 2011).

Aktuator adalah piranti yang menggunakan output sensor, mengubah besaran elektrik menjadi besaran lain seperti gerak. Definisi lain meyatakan sensor sebagai fungsi input sedangkan aktuaktor sebagai fungsi output. Sedangkan Tranduser adalah gabungan dari sensor dan aktuaktor. Sebagai contoh Gambar 2 mikrofon sebagai perangkat masukkan mengkonversi gelombang suara menjadi sinyal listrik untuk penguat untuk memperkuat, dan *loudspeaker* yang berfungsi sebagai perangkat keluaran mengubah sinyal listrik kembali ke gelombang suara.



Gambar 2. Ilustrasi sensor, aktuator dan transduser (De Silva, 2007 dan TE, 2010, Yulkifli, 2011).

Sensor digunakan untuk mendeteksi perubahan terhadap gangguan yang diberikan kepada sebuah objek atau sistem. Gangguan tersebut akan dikonversi kedalam bentuk tegangan listrik (V). Sensor yang akan digunakan sesuai dengan bentuk dan kebutuhan peralatan yang akan dikembangakan. Beberapa sensor yang sudah sering kami gunakan aalah sensor magnetik fluxgate (Yulkifli, dkk. 2010, 2014), sensor temperatur dan kelembaman (Yulkifli, dkk., 2014), sensor tekanan (Yulkifli, dkk. 2015). Tegangan keluaran sensor akan dirubah dalam bentuk tampilan digital menggunakan rangkaian interfacing dan didisplay menggunakan LCD atau personal computer (PC). Rangkaian interfacing menggunakan mikrokontroler.

2. Mikrokontroler ATmega328 dan Arduino Uno Rev 3

Tegangan keluaran sensor akan dirubah dalam bentuk tampilan digital menggunakan rangkaian interfacing dan didisplay menggunakan LCD atau personal computer (PC). Rangkaian interfacing menggunakan mikrokontroler. Salah satunya adalah mikrokontroler ATmega328. Mikrokontroler ATmega328 termasuk keluarga CMOS 8 Bit Mikrokontroler berdaya rendah berdasakan *Risk Architecture*,dengan waktu eksekusi instruksi 1 siklus mesin.Sistem penerimaan oleh Mikrokontroler Atmega328 ini hampir 1MIPS per MHz,

Mikrokontroler ini di desain untuk mengoptimalkan konsumsi daya terhadap kecepatan prosesnya. Mikrokontroler Atmega328 menyediakan : Data dan program memorinya 8 KByte In-System Programable Flash, 512 Byte EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory))*, 1 Kbyte SRAM , 23 general purposeI/O lines, 32 general purpose working registers, 3 flexible Timer/Counters, Internal dan eksternal Interupsi,serial pemograman USART, 6-channel ADSC. Arsitektur dari mikrokontroler Atmega328 ini secara efektif digabungkan dengan 32 register umum.

Arduino Uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. Board ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya. Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber listrik dipilih secara otomatis. Eksternal (non-USB) daya dapat datang baik dari AC-DC adaptor atau baterai.

C. Mata Kuliah Pengembangan Alat Laboratorium Fisika

Mata kuliah Pengembangan Alat-Alat Laboratorium Fisika (2 SKS) pada Program Studi Magister Pendidikan Fisika PPs UNP disusun atas dasar Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia No. 24 Tahun 2007 tentang standar minimum sarana, prasarana, dan alat laboratorium, standar ISO/IEC 17025:2008 tentang. Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi, Undang-Undang No. 32 tahun 2004 tentang pemerintahan daerah, Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sintem Pendidikan Nasional, Peraturan Pemerintah No. 19 tahun 2005 tantang Standar Pendidikan Nasional, Permendiknas No. 22, 23, 24 tahun2006 dan permendiknas N. 33 tahun 2007 tentang estándar isi, Estándar Kompetensi Lulusan, Juklak Permendiknas No. 22, 23, 24 tahun 2006, Permendiknas No. 20 tahun 2007 tentang standar Penilaian.

Untuk mewujudkan dan merealisasikan peraturan di atas, maka Program Studi Magister Pendidikan Fisika PPs UNP menyikapinya dengan cara menyusun suatu mata kuliah Pengembangan Alat Laboratorium Fisika. Silabus mata kuliah, mengacu kepada PPRI No.5 tahun 2006 dan Peraturan Menteri pendidikan dan kebudayaan N0 26 tahun 2008 yang menitik beratkan kepada kompetensi seorang pengelola dan bagaimana mengembangkan alat-alat laboratorium. Disamping itu, rujukan yang digunakan untuk menyusun mata kuliah ini adalah (1) UU No.20 tahun 2003 tentang sistem pendidikan nasional, (2) Peraturan menteri

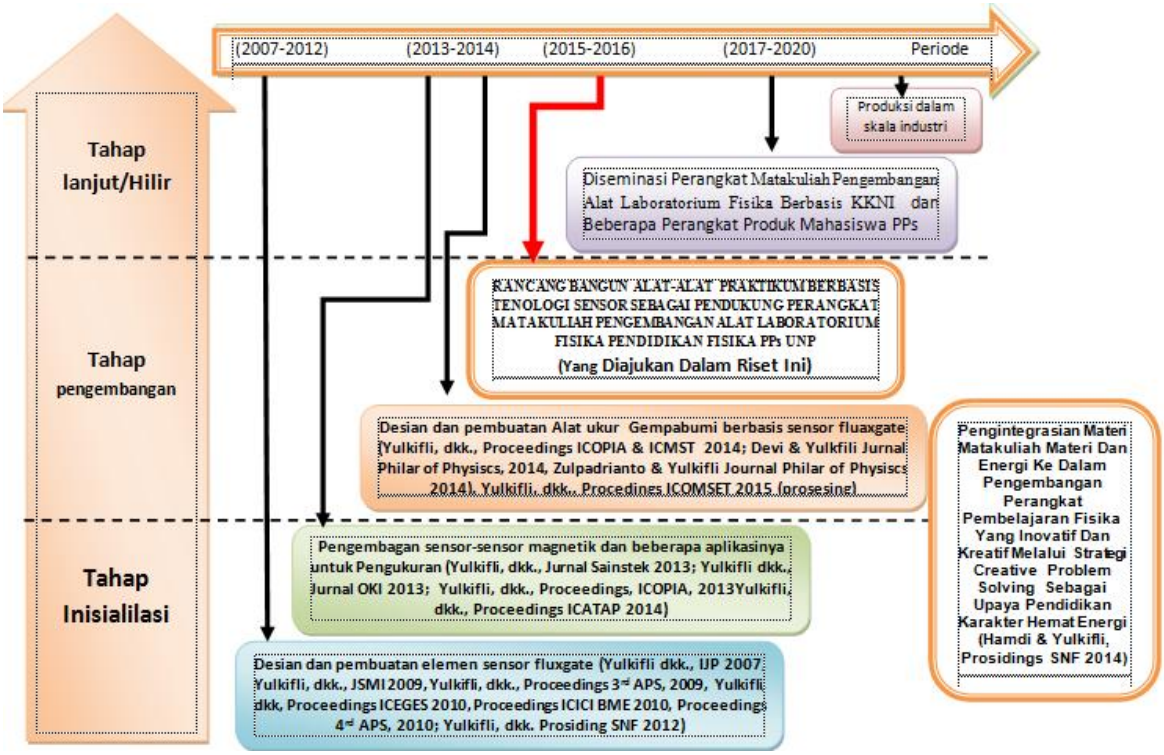
pendidikan nasional Nomor 22 tahun 2006 tentang Standar isi, (3) Peraturan menteri pendidikan nasional republik Indonesia nomor 41 tahun 2007 tentang standar proses untuk satuan pendidikan dasar dan menengah, dan berbagai sumber dari internet.

Kedudukan mata kuliah Pengembangan Alat Laboratorium Fisika merupakan mata kuliah baru dan wajib bagi mahasiswa S2 Pendidikan Fisika Program Pascasarjana Universitas Negeri Padang. Matakuliah ini mulai diwajikan semenjak Semester Januari-Juni 2015 dengan dosen pembina Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si. dan Yohandri, M.Si., Ph.D. Sinopsis mata kuliah ditekankan kepada keartivitas dan inovatif mahasiswa memiliki kompetensi untuk mengembangkan peralatan praktikum laboratorium fisika .

D. Studi Pendahuluan dan Peta Jalan Penelitian

Sesuai dengan bidang keahlian peneliti telah mengembangkan berbagai sensor dan beberapa aplikasinya, tahun 2002 penelitian mengembangkan sensor mekanik koil datar dan mengembangkan aplikasi untuk sensor jarak dan tekanan udara. Tahun 2006 sampai sekarang bersama Tim mengembangkan sensor magnetik GMR, seiring dengan pengembangan sensor GMR ini peneliti juga mengembangkan penelitian dibidang sensor magnetik *Fluxgate* dan beberapa aplikasinya. Sehingga penelitian yang akan dikembangkan ini merupakan kelanjutan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Beberapa Penelitian dan publikasi terkait dengan pengembangan dan aplikasi sensor sebagai alat ukur sudah kami buat antara lain Desain dan Pengembangan Sensor khususnya sensor-sensor dengan konsep magetik seperti fluxgate, GMR dan Efek Hall (Yulkifli , 2007a, 2007b, 2007c, 2008, 2009, 2010) dan sensor mekanik koil datar. Beberapa aplikasi sensor yang telah berhasil di aplikasikan adalah sensor kecepatan putaran (Yulkifli, dkk., 2009), sensor jarak yang dapat mengukur perubahan jarak hingga 2 cm (Yulkifli, dkk., 2007b), sebagai alat ukur getaran (Yulkifli, M., dkk., 2014). Alat ukur tekanan, kelembaman, temperatur dan visikositas berbasis teknologi digital (Yulkifli, 2013, 2014, 2015). Yohandri Ph.D sebagai anggota peneliti telah mengembangkan juga beberapa peralatan seperti: Peralatan eksperimen pendulum, penentuan kapasitansi kapasitor dengan metoda waktu paroh dan star-stop timer untuk jatuh bebas (Yohandri, 2006, 2007a, 2007b dan 2009a dan 2009b, 2014). Berdasarkan ini kami yakin penelitian yang akan dilakukan akan berhasil dengan baik. Untuk lebih jelasnya roadmap penelitian yang sudah saya kembangakan dapat terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta jalan penelitian

BAB III. METODE PENELITIAN

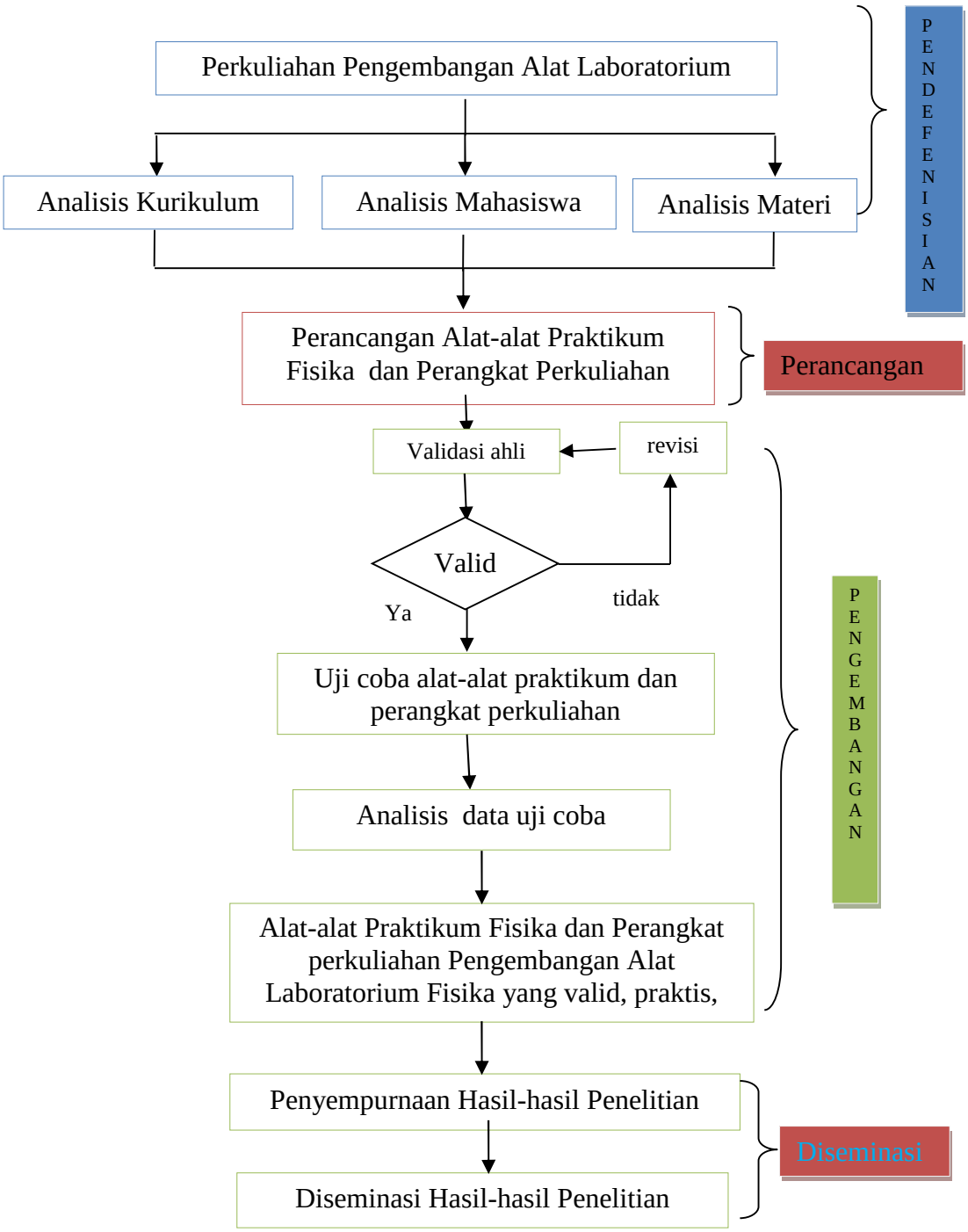
A. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian pengembangan, yang menghasilkan suatu produk. Kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah mendesain dan membuat alat-alat praktikum fisika. Alat-alat praktikum dan perangkat perkuliahan yang dirancang dan dikembangkan diuji validitasnya oleh pakar sampai dinyatakan valid. Selanjutnya, alat praktikum dan perangkat yang telah valid tersebut di uji cobakan pada kegiatan pembelajaran sehingga dapat dilihat praktikalitas dan efektivitasnya.

Penelitian pengembangan digunakan untuk membuat suatu produk baru dalam perkuliahan yaitu mengembangkan alat-alat praktikum fisika. Penelitian pengembangan ini akan menggunakan model 4-D (*four-D models*), yang terdiri dari empat tahap. Menurut Thiagajaran (1974) keempat tahap itu adalah pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*) dan penyebaran (*disseminate*) dengan keterbatan waktu penelitian ini dibatasi sampai tahap 3 saja .

B. Prosedur dan Tahapan Penelitian

Kegiatan penelitian pengembangan ini dimulai dengan menganalisis kurikulum, analisis materi, dan analisis mahasiswa, kemudian merancang alat-alat praktikum fisika dan perangkat perkuliahan, setelah itu dilakukan pengembangan sehingga dihasilkan alat-alat praktikum fisika yang valid, praktis, dan efektif. Langkah-langkah pengembangan alat-alat praktikum fisika perangkat perkuliahan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur penelitian

1. Tahap Pendefinisian

Tahap pendefinisian (*define)* adalah tahap untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat perkuliahan. Tahap *define* ini mencakup tiga langkah pokok, yaitu analisis kurikulum, analisis mahasiswa, dan analisis materi.

a. Analisis Kurikulum

Analisis kurikulum bertujuan untuk memantau tingkat pencapaian tujuan pendidikan sesuai dengan standar nasional. Alat ukur yang digunakan untuk analisis kurikulum adalah lembar observasi yang dibuat dalam bentuk *check list*. Daftar *checklist* yang dibuat dengan cara disesuaikan dengan komponen pada kurikulum.

Alat analisis lain yang digunakan adalah Permendiknas No 41 Tahun 2007 tentang standar proses. Standar proses yang ditetapkan pemerintah untuk satuan pendidikan menengah meliputi perencanaan proses perkuliahan, pelaksanaan proses perkuliahan, penilaian hasil perkuliahan, dan pengawasan proses perkuliahan.

b. Analisis Mahasiswa

Analisis mahasiswa bertujuan untuk melakukan telaah terhadap karakteristik mahasiswa yang meliputi usia, motivasi terhadap perkuliahan pengelolaan labor, karakter yang berkembang pada diri mahasiswa, serta tingkat kemampuan. Analisis mahasiswa berpengaruh terhadap proses pemilihan dan perancangan alat-alat laboratorium agar perangkat perkuliahan fisika yang dihasilkan sesuai dengan karakteristik mahasiswa.

c. Analisis Materi

Analisis materi bertujuan untuk mengidentifikasi, merinci dan menyusunnya secara sistematis konsep-konsep utama dari materi pengembangan alat-alat laboratorium yang dibutuhkan perkuliahan, sehingga tergambar alat-alat laboratorium yang bagaimana yang sesuai untuk perkuliahan pengembangan alat-alat laboratorium.

2. Tahap Perancangan dan Pembuatan Alat Praktikum Fisika

Pada tahap ini dilakukan perancangan alat praktikum fisika terdiri: pemilihan topik praktikum, besaran-besaran fisis yang akan diamati, menentukan alat ukur penunjang dan komponen elektronik yang akan digunakan, desain mekanik dan elektronik secara digital, ujicoba, penentuan ketepatan, ketelitian dan penyempurnaan alat.

a. Pemilihan topik praktikum.

   Kegiatan ini diperlukan untuk mencari topik-topik yang sesaui dengan materi bisa dipraktikumkan.

b. Penentuan besaran-besaran fisis yang akan diamati.

   Berdasarkan topik yang dipilih ditentukan parameter-parameter fisis yang akan diukur

c. Menentukan alat ukur penunjang dan komponen elektronik yang akan digunakan

Menentukan alat ukur penunjang yang sesuai dengan besaran fisis yang terdapat dalam praktikum dan pemilihan kompoenen elektronika untuk digitalisasi seperti sensor, mikrokontroler dan display digital

d. Desain dan pembuatan sistim mekanik dan elektronik secara digital

Mendesain dan membuat sistem mekanik dan rangkaian elektronik secara digital sesuai karakteristik alat praktikum yang akan dikembangkan.

3. Tahap Pengembangan Alat Praktikum Fisika

Tahap pengembangan bertujuan untuk menghasilkan alat-alat praktikum fisika untuk mendukung perangkat perkuliahan pengembangan alat-alat laboratorium yang valid, praktis, dan efektif. Rincian tahap pengembangan adalah:

a. Tahap Validasi

Validasi penilaian oleh para ahli/praktisi terhadap alat-alat praktikum fisika mencakup: ketelitian dan ketepatan. Berdasarkan masukan dari para ahli, alat praktikum yang sudah dibuat dan materi perkuliahan di revisi untuk membuatnya lebih tepat, efektif, mudah digunakan, serta memiliki kualitas teknik yang tinggi. Setelah semua produk awal selesai, pada tahap perancangan, selanjutnya dilakukan penilaian (divalidasi) oleh ahli (*expert judgment*), yang terdiri dari 3 orang dosen Pascasarjana Universitas Negeri Padang.

b. Uji Praktikalitas dan Efektivitas

Uji praktikalitas dan efektivitas yang merupakan uji tingkat kepraktisan dan efektivitas alat-alat praktikum laboratorium fisika dilakukan dengan meminta respon dosen dan respon mahasiswa setelah menggunakan alat-alat praktikum fisika. Selain itu, kepraktisan dan efektivitas alat-alat praktikum fisika dan perangkat perkuliahan yang dikembangkan dilihat dari hasil pengamatan keterlaksanaan.

1) Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian adalah lembar validitas, praktikalitas, dan efektivitas. Angket validitas disusun menurut skala Likert. Instrumen praktikalitas berupa lembar observasi, angket respon dosen dan angket respon mahasiswa terhadap peralatan yang

2) Teknik Analisis Data

Analisis data yang diperoleh dalam penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap pendefinisian dan pengembangan perangkat perkuliahan. Berdasarkan jenis data yang

dikumpulkan maka analisis data dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Pada tahap pendefinisian, data dianalisis secara deskriptif kualitatif karena data ini berbentuk informasi. Pada tahap pengembangan, analisis data dilakukan sebagai berikut: (1) Data validasi perangkat perkuliahan dianalisis dengan persentase dan dibandingkan dengan kriteria kevalidan. (2) Data pelaksanaani perangkat perkuliahan dianalisis secara kualitatif dengan merevisi perangkat. Revisi dilakukan berdasarkan catatan peneliti, hasil observasi yang dilakukan oleh observer terhadap pelaksanaan pembelajaran, pendapat dari penimbang ahli dan teman sejawat. (3) Analisis data secara kuantitatif untuk mengetahui efektivitas model pembelajaran sebagai berikut: (a) Data post-test dianalisis dengan menghitung persentase ketercapaian tujuan pembelajaran. (b) Data angket dianalisis dengan membandingkan skor rata-rata dengan skor kategori untuk mengetahui tanggapan mahasiswa dan dosen terhadap pelaksanaan perangkat pembelajaran.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kebutuhan

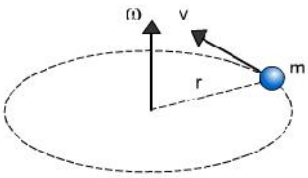
Analisis kebutuhan dilakukan dengan mempelajari kebutuhan alat praktikum yang berhubungan dengan materi yang terdapat dalam matakuliah pengembangan alat laboratorium fisika. Berdasarkan analisis kebutuhan ini dapat diputuskan desain dan teknik yang akan digunakan untuk mengembangan alat praktikum yang dibutuhkan. Kegiatan ini juga ditujukan untuk memberikan pemahanan dan pengayaan materi kepada mahasiswa tentang bagaimana merancang alat dari konsep fisika yang dipelajari dalam materi .

B. Desain Alat-alat Praktikum Berbasis Teknologi Sensor

Berdasarkan hasil kegiatan yang telah dilakukan maka dalam tahap akan dipaparkan beberapa desain alat-alat praktikum berbasis sensor seperti uraian berikut.

1. Momentum Sudut

Momentum sudut merupakan besaran vektor. Momentum sudut didefinisikan sebagai hasil perkalian silang antara vektor r dan momentum linearnya. *Arah* momentum sudut dari suatu benda yang berotasi dapat ditentukan dengan kaidah putaran sekrup atau dengan aturan tangan kanan. Jika keempat jari menyatakan arah gerak rotasi, maka ibu jari menyatakan arah momentum sudut. Pada gerak translasi benda memiliki momentum linier sedangkan pada gerak rotasi ada momentum sudut.



Gambar 5. Uraian momen inersia pada benda yang berotasi

Pada gerak rotasi kita akan menemukan apa yang disebut sebagai mometum sudut. Dalam gerak rotasi, besaran yang analog dengan momentum linier adalah momentum sudut. Untuk benda yang berotasi di sekitar sumbu yang tetap, besarnya momentum sudut dinyatakan :

$$L = I.\ \omega$$

dengan:

L = momentum sudut (kgm^2/s)

I = momen inersia (kgm^2)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

Jika benda bermassa m bergerak rotasi pada jarak r dari sumbu rotasi dengan kecepatan linier v, maka persamaan dapat dinyatakan sebagai berikut :

Karena $I = m \cdot r^2$ dan $\omega = v/r$, maka :

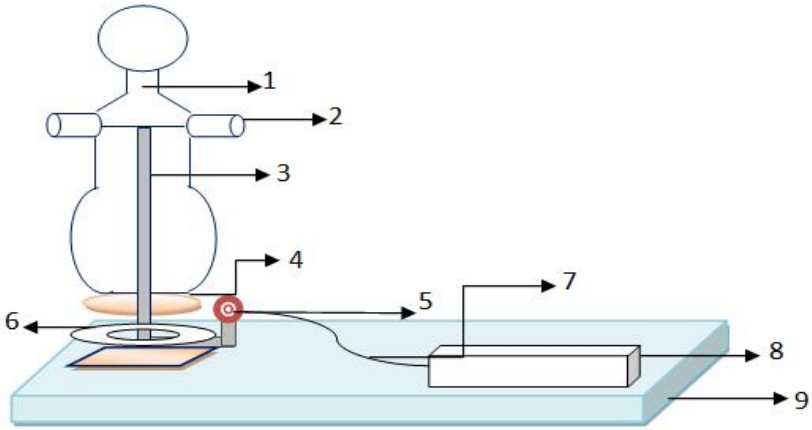
$$L = I \cdot \omega$$

$$L = m \cdot r^2 \cdot \omega$$

$$L = m \cdot r \cdot v$$

Tampak bahwa momentum sudut analog dengan momentum linear pada gerak rotasi, kecepatan linear sama dengan kecepatan rotasi, massa sama dengan momen inersia (Cunayah C dan Indra Irawan Etsa, 2014:146-149).

Alat momentum sudut adalah sebuah alat yang digunakan untuk membuktikan hukum Kekekalan Momentum Sudut. Rancangan dasar alat momentum sudut adalah seperti pada Gambar 6. Rancangan ini secara umum dibuat dengan berorientasi pada hukum Kekekalan Momentum Sudut dengan beberapa modifikasi sesuai dengan komponen-komponen peralatan yang dapat diperoleh di pasaran.



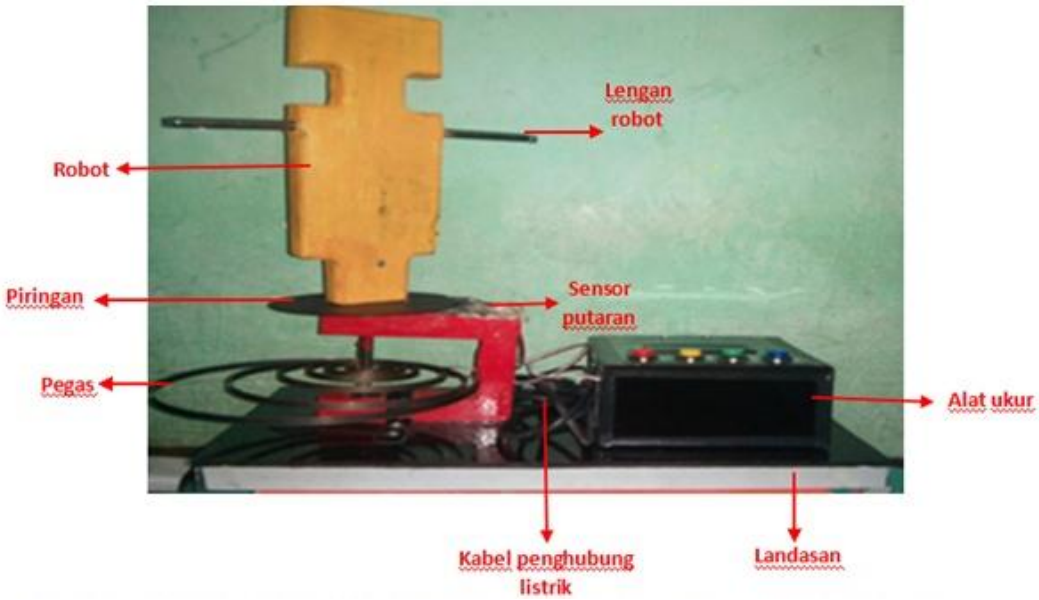
Gambar 6. Rancangan konstruksi alat momentum sudut

Tabel 1. Keterangan rancangan alat

No	Keterangan Gambar	Bahan
1	Robot	Boneka kayu
2	Lengan robot	Antena radio
3	Penyangga	Kayu Kelahar Besi 14 mm
4	Piringan	CD
5	Sensor putaran	Sensor otocopler
6	Pegas	Pegas kompresor

7	Alat ukur (tersimpan dalam kotak)	Micro controler arquino LED infrared LCD Trafo 1 Ampere Dioda penyearah Kapasitor phototransistor
8	Kabel penghubung listrik	Kabel USB
9	Landasan	Akrilik 40 cm x 20 cm Balok alumunium

Pengujian alat ukur momentum sudut ini dilakukan dua kali percobaan, yaitu dengan variasi jari-jari 10 cm dan variasi jari-jari 20 cm. Berikut ini ditampilkan beberapa gambar sehubungan dengan alat ukur momentum sudut menggunakan sensor.



Gambar 7. Alat momentum sudut berbasis sensor

(a) (b)

Gambar 8. Bagian alat momentum sudut berbasis sensor (a) Pegas dan (b) sensor

Tabel 2. Hasil percobaan untuk jari-jari 10 cm dan banyak putaran 2

NO	Waktu (t)	Kecepatan sudut (μ)	Momentum sudut (L)
1	2,055 s	6 rad/s	0,01 kg m^2/s
2	2,053 s	6 rad/s	0,01 kg m^2/s
3	2,059 s	6 rad/s	0,01 kg m^2/s

Tabel 3.Perbandingan hasil percobaan dan perhitungan percobaan 1 jari-jari 10 cm

NO	Waktu (t)	Hasil percobaan		Hasil perhitungan	
		Kecepatan sudut (μ)	Momentum sudut (L)	Kecepatan sudut (μ)	Momentum sudut (L)
1	2,055 s	6 rad/s	0,01 kg m^2/s	6,11 rad/s	0,01 kg m^2/s
2	2,053 s	6 rad/s	0,01 kg m^2/s	6,11 rad/s	0,01 kg m^2/s
3	2,059 s	6 rad/s	0,01 kg m^2/s	6,10 rad/s	0,01 kg m^2/s

Tabel 4. Perbandingan kecepatan sudut percobaan 1 jari-jari 10 cm

NO	μ percobaan	μ perhitungan	% akurasi	% sesatan
1	6 rad/s	6,11 rad/s	98,19 %	1,81 %
2	6 rad/s	6,11 rad/s	98,19 %	1,81 %
3	6 rad/s	6,10 rad/s	98,36 %	1,64 %
Nilai rata-rata			98,25 %	1,75 %

Tabel 5. Perbandingan momentum sudut percobaan 1 jari-jari 10 cm

NO	L percobaan	L perhitungan	% akurasi	% sesatan
1	0,01 kg m^2/s	0,01 kg m^2/s	100 %	0 %
2	0,01 kg m^2/s	0,01 kg m^2/s	100 %	0 %
3	0,01 kg m^2/s	0,01 kg m^2/s	100 %	0 %
Nilai rata-rata			100 %	0 %

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil percobaan dengan jari-jari 10 cm memiliki nilai yang hampir sama dengan hasil perhitungan. Nilai kecepatan sudut yang ditampilkan pada LCD adalah 6 rad/s diperoleh dengan melakukan 3 kali perulangan. Sedangkan nilai kecepatan sudut dari hasil perhitungan adalah 6,11 rad/s; 6,11 rad/s; dan 6,10 rad/s. Persentase akurasi dari nilai kecepatan sudut ini adalah 98,25% dan persentase sesatan adalah 1,75%. Hal ini sesuai dengan data yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Nilai momentum sudut yang ditampilkan pada LCD sama dengan nilai momentum sudut dari hasil perhitungan untuk 3 kali perulangan sebesar 0,01 kg m^2/s. Sehingga

persentase akurasi dari nilai momentum sudut ini adalah 100% dan persentase sesatan adalah 0%. Hal ini sesuai dengan data yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Alat momentum sudut bertujuan untuk membuktikan hukum *Kekekalan Momentum Sudut.* Alat ini terinspirasi dari penari balet, yang berputar cepat ketika melipat tangan dan berputar lambat ketika merentangkan tangannya. Untuk membuktikan hukum kekekalan momentum sudut, penulis membuat boneka pada penyangga dengan bantuan per. Boneka tersebut diputar berlawanan arah kemudian dilepaskan. Sehingga pada box yang telah deprogram akan tampil nilai waktu (t), kecepatan sudut dan momentum sudut (L). Boneka tersebut terbuat dari kayu dengan dua variasi jari-jari yaitu 10 cm dan 20 cm.

Hasil percobaan alat momentum sudut dengan variasi jari-jari 20 cm diperoleh dengan cara yang sama dengan jari-jari 10 cm. Nilai momentum sudut jari-jari 20 cm untuk tiga kali percobaan berturut-turut adalah 0,1 kg m^2/s. Kecepatan sudut (μ) masing-masingnya adalah 12 rad/s. Waktu (t) yang diperlukan untuk 2 putaran masing-masingnya adalah 1.078 sekon, 1.071 sekon, 1.070 sekon. Nilai momentum sudut jari-jari 20 cm berbeda dengan nilai momentum sudut jari-jari 10 cm. Nilai momentum sudut jari-jari 10 cm untuk tiga kali percobaan berturut-turut adalah 0,01 kg m^2/s. Kecepatan sudut (μ) masing-masingnya adalah 6 rad/s. Waktu (t) yang diperlukan untuk 2 putaran masing-masingnya adalah 2.055 sekon, 2.053 sekon, 2.059 sekon. Seharusnya nilai kedua momentum ini sama, dengan kecepatan sudut pertama lebih besar dari kecepatan sudut kedua. Hal ini disebabkan jari-jari boneka yang pertama lebih kecil dari jari-jari boneka yang kedua. Hal ini sesuai dengan teori yang telah dijelaskan di atas, momen inersia dan kecepatan sudut memiliki hubungan berbanding terbalik. Semakin besar jari-jari boneka, semakin besar nilai momen inersia dan semakin kecil kecepatan sudut boneka berputar. Sebaliknya semakin kecil jari-jari boneka, semakin kecil juga nilai momen inersia dan semakin besar kecepatan sudut boneka berputar.

Berdasarkan analisis yang telah penulis lakukan, nilai momentum sudut yang pertama dan kedua tidak sama. Hal ini terjadi karena adanya kekurangsempurnaan program untuk jari-jari 20 cm. Kelemahan ini diketahui dari kesenjangan hasil percobaan yang tampil di LCD dengan hasil perhitungan secara manual tanpa menggunakan sensor, dengan nilai momentum sudut 0,02 kgm^2/s. Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel di bawah ini:

Tabel 6. Hasil percobaan secara manual tanpa menggunakan outocoupler jari-jari 10 cm

No	Waktu (t)	Momen inersia (I)	Kecepatan sudut (μ)	Momentum sudut (L)
1	2,068 s	0,002 kgm^2	6,07 rad/s	0,012 kg m^2/s
2	2,075 s	0,002 kgm^2	6,05 rad/s	0,012 kg m^2/s
3	2,051 s	0,002 kgm^2	6,12 rad/s	0,012 kg m^2/s

Tabel 7. Hasil percobaan secara manual tanpa menggunakan outocoupler jari-jari 20 cm

No	Waktu (t)	Momen inersia (I)	Kecepatan sudut (μ)	Momentum sudut (L)
1	4,076 s	0,008 kgm^2	3,08 rad/s	0,02 kg m^2/s
2	4,050 s	0,008 kgm^2	3,10 rad/s	0,02 kg m^2/s
3	4,060 s	0,008 kgm^2	3,09 rad/s	0,02 kg m^2/s

Perbedaan nilai momentum sudut yang pertama dan yang kedua juga bisa terjadi karena adanya pengaruh gaya luar terhadap sistem. Pada proses pengambilan data yang telah dilakukan, ditemukan kendala alat ukur momentum sudut terangkat ke atas karena pengaruh gaya luar, sehingga kecepatan sudut dan momentum sudut pada LCD bernilai negatif bahkan nol. Kelemahan data yang penulis peroleh juga disebabkan oleh pengaruh perbedaan waktu melepaskan boneka dengan menekan tombol start box alat.

Secara umum alat ukur momentum sudut belum bisa membuktikan hukum kekekalan momentum sudut. Hal ini bukan berarti alat ini gagal, tetapi ada bagian-bagian tertentu yang harus diperbaiki, terutama program untuk jari-jari 20 cm. Jari-jari boneka yang dikembangkan tidak harus 2 variasi, boleh lebih dari itu sehingga keakuratan dalam membuktikan hukum kekekalan momentum sudut memiliki peluang yang sangat besar. Kedudukan boneka juga harus dibuat lebih kuat, peneliti harus bisa meminimalkan pengaruh gaya luar dan memiliki trik yang benar dalam memutar, melepaskan boneka apalagi dalam menekan dan mengatur timernya.

2. Kesetaraan Energi Kalor dengan Energi Listrik

Hukum kekekalan energi menyatakan energi tidak dapat dimusnahkan dan diciptakan melainkan hanya dapat diubah dari satu bentuk kebentuk lain. Di alam ini banyak terdapat energi seperti energi listrik, energi kalor,energi bunyi, namum energi kalor hanya dapat dirasakan seperti panas matahari. Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering melihat alat-alat pemanas yang menggunakan energi listrik seperti teko pemanas, penanak nasi, kompor listrik ataupun pemanas ruangan.

Pada dasarnya alat-alat tersebut memiliki cara kerja yang sama yaitu mengubah energi listrik yang mengalir pada kumparan kawat menjadi energi kalor/panas. Sama halnya dengan kalorimeter yaitu alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilaikalori) yang dibebaskan.

Besarnya energi listrik yang diubah atau diserap sama dengan besar kalor yang dihasilkan. Sehingga secara matematis dapat dirumuskan.

$$W = Q$$

Untuk menghitung energi listrik digunakan persamaan sebagai berikut :

$$W = P.t$$

Keterangan :

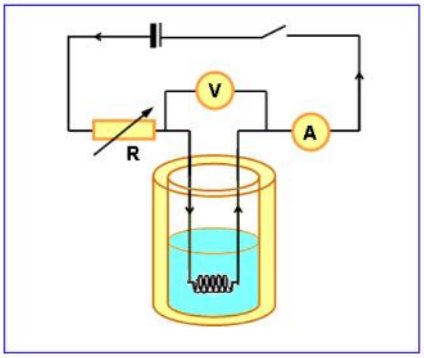
W adalah energi listrik (J)

P adalah daya listrik (W)

t adalah waktu yang diperlukan (s)

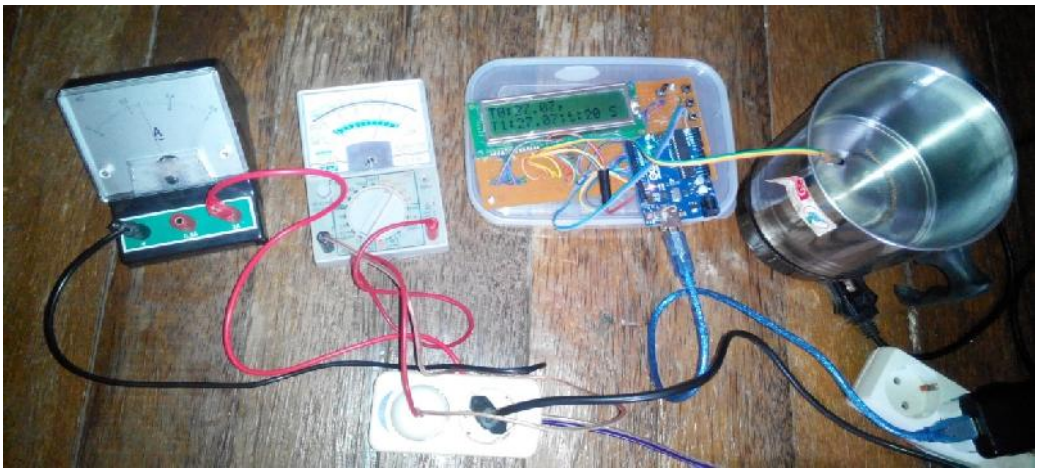
Bila rumus kalor yang digunakan adalah $Q = m.c.(T_2 - T_1)$ maka diperoleh persamaan :

$$P.t = m.c.(T_2 - T_1)$$



Gambar 9. Susunan seri dan paralel amperemeter dan voltmeter

$$a_1 = \frac{m.C.\Delta T}{V.I.t}$$



Gambar 9. Alat dan bahan kesetaraan energi kalor dengan energi listrik

Tabel 8. Hasil percobaan I tegangan (V) = 185 volt dan kuat arus (I) = 1,3 ampere

t (s)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	ΔT (°C)	a	$a_{rata\text{-}rata}$
20	33.09	33.52	0.43	0.37	0.55
40	35.23	36.42	1.19	0.52	
60	36.09	38.24	2.15	0.63	
80	38.67	41.68	3.01	0.66	

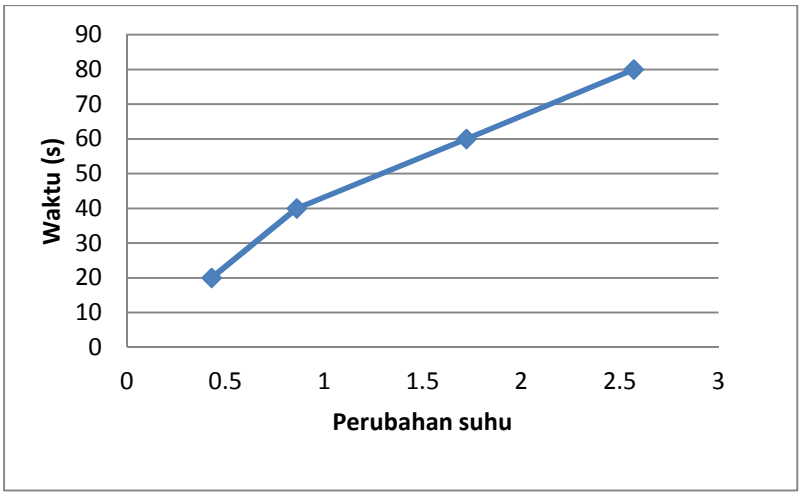
Tabel 9. Hasil percobaan II tegangan (V) = 185 volt dan kuat arus (I) = 1,3 ampere

t (s)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	ΔT (°C)	a	$a_{rata\text{-}rata}$
20	42.97	43.40	0.43	0.37	0.45
40	43.83	44.69	0.86	0.38	
60	45.12	46.84	1.72	0.50	
80	47.27	49.84	2.57	0.56	

Berdasarkan alat yang telah dibuat, data hasil pengukuran dan pengolahan data dapat dijelaskan bahwa alat sederhana berbasis digital ini dapat digunakan untuk menghitung kesetaraan energi kalor dengan energi listrik. Tujuannya agar dapat membandingkan berapa besar energi listrik yang diubah menjadi energi kalor.

Besarnya tegangan dari spiral pemanas adalah 185 volt dengan arus listrik 1,3 ampere. Pada percobaan 1 dapat dijelaskan bahwa besarnya energi listrik yang diubah menjadi energi kalor memiliki rata-rata sebesar 0,55. Jika kita masukkan kedalam persamaan efesiensi maka akan didapatkan efesiensi alat sebasar 55%. Sedangkan pada percobaan 2, besarnya energi listrik yang diubah menjadi energi kalor memiliki rata-rata 0,45. Dengan kata lain dapat dikatakan efesiensi alat ini sebesar 45%.

Banyak faktor yang menyebabkan efesiensi alat hanya memiliki nilai 55% dan 45%. Salah satunya adalah wadah penampung air yang kurang terisolasi, sehingga perubahan suhu terpengaruh oleh suhu lingkungan. Pada suhu yang tinggi sebagian panas terbuang ke lingkungan, karena perbedaan suhu antara sistem dengan lingkungan bertambah. Berikut adalah grafik hubungan antara waktu dan perubahan suhu.



Gambar 10. Grafik hubungan antara waktu dengan perbahan suhu

3. Pengukuran Gaya Lorentz

Apabila kawat dialiri arus listrik maka akan menimbulkan medan magnet disekitarnya. Bila penghantar berarus di letakkan di dalam medan magnet, maka pada penghantar akan timbul gaya. Gaya ini disebut dengan Gaya Lorentz. Jadi Gaya Lorentz adalah gaya yang dialami kawat berarus listrik di dalam medan magnet. Sehingga dapat disimpulkan bahwa gaya Lorentz dapat timbul dengan syarat ada kawat pengahantar yang dialiri arus dan penghantar berada di dalam medan magnet

Karena gaya Lorentz *(F_L)*, arus listrik *(I)* dan medan magnet *(B)* adalah besaran vector maka peninjauan secara matematik besar dan arah gaya Lorentz ini hasil perkalian vector (cros-product) dari I dan B. $F_L = I \times B$

Besarnya gaya Lorentz dapat dihitung dengan rumus $F_L = I.B \sin\theta$ Rumus ini berlaku untuk panjang kawat 1 meter. Perhitungan diatas adalah gaya Lorentz yang mempengaruhi kawat tiap satuan panjang. Jadi jika panjang kawat = ℓ , maka besar gaya Lorentz dapat dihitung dengan rumus :

$$F_L = I \,.\, \ell \,.\, B \,.\, \sin\theta$$

F_L = gaya Lorentz dalam newton (N)

I = kuat arus listrik dalam ampere (A)

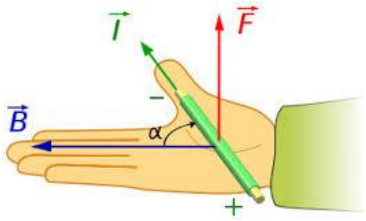
ℓ = panjang kawat dalam meter (m)

B = kuat medan magnet dalam Wb/m^2 atau tesla (T)

α = sudut antara arah I dan B

Arah gaya lorentz dapat ditentukan dengan aturan tangan kanan. Jari-jari tangan kanan diatur sedemikian rupa, sehingga Ibu jari tegak lurus terjadap keempat jari lain dan tegak lurus terhadap arah telapak tanan. Bila arah medan magnet (B) diwakili oleh telunjuk dan arah

arus listrik (I) diwakili oleh ibu jari, maka arah gaya lorentz (F) di tunjukkan oleh telapak tangan. Seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 11. Kaidah tangan kanan untuk menentukan arah gaya Lorentz

Dalam Gambar 12 terlihat Ibu jari adalah menunjukan arah arah arus listrik (I), empat jari lain mennunjukkan arah medan magnet (B) dan telapak tangan adalah arah gaya Lorentz (F).

Jika sebuah partikel bermuatan listrik yang bergerak dalam daerah medan magnet homogenya juga akan mendapatkan gaya. Gaya ini juga dinamakan gaya Lorentz. Gerak partikel akan menyimpang searah dengan gaya lorentz yang mempengaruhi. Arah gaya Lorentz pada muatan positif yang bergerak dapat juga ditentukan dengan kaidah tangan kanan. Untuk muatan negatif arah gaya Lorentz digunakan Kaidah Tangan Kiri.

Jika besar muatan q bergerak dengan kecepatan v, dan I = q/t maka persamaan gaya adalah

$$\begin{aligned} F_L &= I \,.\, \ell \,.\, B \sin \alpha \\ &= q/t \,.\, \ell \,.\, B \sin \alpha \\ &= q \,.\, \ell/t \,.\, B \sin \alpha \\ &= q \,.\, v \,.\, B \sin \alpha \end{aligned}$$

Karena ℓ/t = v, sehingga besarnya gaya Lorentz yang dialami oleh sebuah muatan yang bergerak dalam daerah medan magnet dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$F = q \,.\, v \,.\, B \sin \alpha$$

Keterangan:

F = gaya Lorentz dalam newton (N)

q = besarnya muatan yang bergerak dalam coulomb (C)

v = kecepatan muatan dalam meter / sekon (m/s)

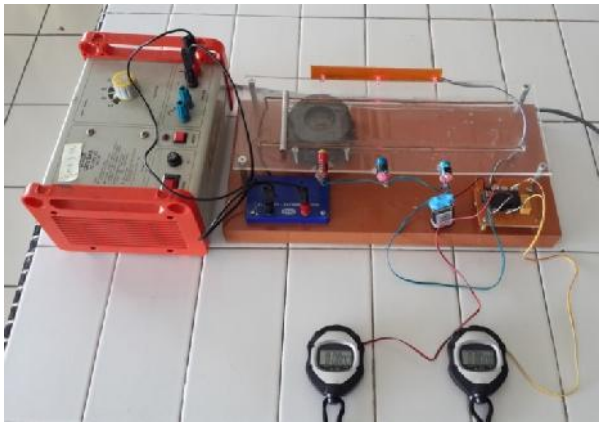
B = kuat medan magnet dalam Wb/m2 atau tesla (T)

α = sudut antara arah v dan B

Gambar 12. Alat percobaan arah gaya Lorentz

Rangkaian alat gaya Lorentz ini dapat menjelaskan konsep kaidah tangan kanan. Adapun langkah kerja dari alat percobaan gaya Lorentz ini adalah

1. Menghubungkan power supplay dengan baterai holder (kedudukan terminal) menggunakan kabel penghubung
2. Menghidupkan power supplay
3. Meletakkan batang alumunium sebagai penghubung antara dua kawat tembaga
4. Mengamati gerakkan batang alumunium
5. Mengulangi langkah percobaan tersebut dengan menvariasikan besar voltase pada power supplay
6. Mencatat waktu pergerakkan batang alumunium yang terbaca pada stopwatch ke Tabel 10



Gambar 13. Rangkaian Alat Pengukuran Gaya Lorentz Menggunakan Sensor Cahaya

F = besarnya gaya lorentz pada kawat alumunium (N)

m = massa alumunium (kg)

a = percepatan batang alumunium (m/s^2)

Tabel 10. Hasil Analisis Data Pengukuran Gaya Lorentz Menggunakan Sensor Cahaya dengan Tegangan 3 Volt dan Kuat Arus A

Percobaan ke	Waktu Lintasan 1 = t_1 (s)	Waktu Lintasan 2 = t_2 (s)	Kecepatan Lintasan 1 v_1 (m/s)	Kecepatan Lintasan 2 v_2 (m/s)	Percepatan = a (m/s^2)	Gaya Lorentz = F (N)
1	0,46	0,66	0,152	0,106	0,23	$3,45 \times 10^{-4}$
2	0,47	0,78	0,149	0,090	0,19	$2,85 \times 10^{-4}$
3	0,41	0,62	0,171	0,113	0,28	$4,2 \times 10^{-4}$

Arti tanda minus (-) pada nilai a adalah batang alumunium tersebut mengalami perlambatan. Berikut ini disajikan dalam bentuk tabel hasil analisis data pengukuran gaya lorentz menggunakan sensor cahaya.

Berdasarkan alat percobaan gaya Lorentz yang telah dibuat, data hasil pengamatan dan analisis data diperoleh bahwa alat sederhana berbasis digital ini mampu menunjukkan hasil pengukuran besar gaya Lorentz dan kaidah aturan tangan kanan.

Dari tabel analisis data, dapat diambil kesimpulan bahwa ketika tegangan dan kuat arus diperbesar maka gerak kawat Lorentz semakin cepat (ditunjukkan dengan nilai *v* yang semakin besar). Kecepatan kawat Lorentz sebanding dengan nilai gaya Lorentz yang bekerja pada kawat. Semakin besar nilai kecepatan kawat Lorentz, maka semakin besar pula gaya Lorentz yang bekerja. Dan sebaliknya, semakin kecil nilai kecepatan kawat Lorentz, maka semakin kecil pula gaya Lorentz yang bekerja.

Selanjutnya dari kajian teori tentang hubungan gaya Lorentz dengan kuat arus terbukti bahwa nilai gaya Lorentz sebanding dengan kuat arusnya. Semakin besar arus yang mengalir pada kawat gaya Lorentz, maka semakin besar pula gaya Lorentznya.

Dari keseluruhan percobaan pengukuran gaya Lorentz penulis mengalami beberapa kendala, diantaranya pada pengukuran gaya Lorentz menggunakan tegangan 6V, power supplay sering kali mengalami reset sebelum mencapai sensor cahaya yang ketiga, sehingga sering kali t_2 tidak diperoleh. Selanjutnya untuk tegangan yang lebih besar dari 6V, power supplay sudah mengalami reset sebelum mencapai sensor kedua. Oleh karena itu pada percobaan kali ini penulis hanya bisa menggunakan tegangan masukannya 3V dan 6V, karena jika besar dari pada itu power supplay akan reset.

4. Gerak Melingkar

Gerak melingkar beraturan memiliki dua pengertian. Pertama, suatu benda bergerak melingkar beraturan jika selama benda tersebut bergerak melingkar, kelajuan benda selalu konstan atau kelajuan setiap bagian benda selalu konstan. Kedua, suatu benda bergerak melingkar beraturan jika kecepatan sudut benda selalu konstan, kecepatan sudut merupakan besaran vector, karenanya kecepatan sudut terdiri dari besar kecepatan sudut dan arah kecepatan sudut.

a. Periode Dan Frekuensi

Periode (T) putaran sebuah benda didefinisikan sebagai waktu yang diperlkan untuk salah satu kali putaran. Jika untuk menempuh n putaran diperlukan waktu selama t seko, maka periode benda dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$T = \frac{t}{n}$$

Dalam persamaan ini T adalah periode (s), t adalah waktu tempuh (s) dan n merupakan jumlah putaran yang terjadi. Frekuensi (f) adalah banyaknya putaran per satuan waktu. Jika untuk melakukan n putaran memerlukan waktu t sekon maka frekuensi dapat dinyatakan dalam persamaan:

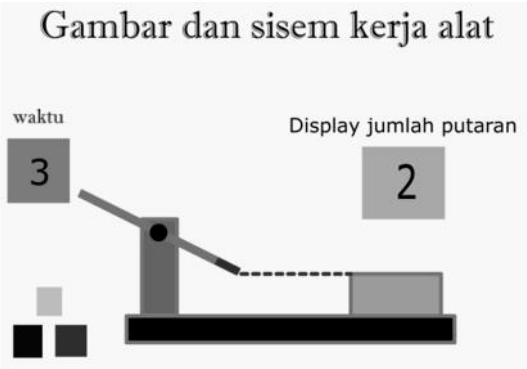
$$f = \frac{n}{t}$$

b. Kecepatan Sudut dan Kecepatan Linier

Kecepatan sudut didefinisikan sebagai besar sudut yang ditempuh tiap satu satuan waktu dalam gerak melingkar beraturan, kecepatan sudut atau kecepatan anguler untuk slang waktu yang sama selal konstan. Untuk partikel yang melakukan gerak satu kali putaran, berarti sudut yang ditempuh adalah 360derajat atau 2π dan waktu yang diperlukan satu kali putaran disebut satu Periode (T). Maka kecepatan sudut (ω) dapat dinyatan dalam persamaan berikut :

$$\omega = \quad \text{atau } \omega = 2\pi f$$

Untuk menghitung frekuensi dan perioda maka dirancang alat seperti terlihat pada Gambar 15 di berikut ini.



Gambar 14. Desain alat gerak melingkar

Pada salah satu sisi baling-baling diberikan laseryang terhubung dengan laser yang ada pada alat. Ketika tombol switch di hidupkan stop wacth akan menyala dan motor akan bergerak memutar baling-baling kemudian ketika laser pada baling-baling berdekatan dengan laser yang berada pada alat maka laser akan menampikan display dalam 1 kali putaran, maka ketika tombol swicth dimatikan kita bisa melihat jumlah putaran dan waktu yang diperlukan.

Untuk baling-baling kita bisa menggantikan baling-baling dengan ukuran jari yang berbeda-beda untuk membuktikan apa ada perbedaan kecepatan ketika jari-jari nya berbeda-beda.

Tabel 11. Data percobaan alat gerak melingkar

No	Jari-jari (R)	Banyak Putaran (n)	t	f (Hz)	T (s)	($\bar{\omega}$ rad/s)	V (m/s)
1	6 cm = 0.06 m	100	8.68 s	11.52	0.086	72.34	4.34
			8.57 s	11.67	0.085	73.28	4.39
			8.77 s	11.40	0.087	71.59	4.29
			8.62 s	11.60	0.086	72.84	4.37
			8.82 s	11.34	0.088	71.21	4.27
2	3.5 cm = 0.035 m	100	5.10 s	19.60	0.051	123.08	4.30
			5.10 s	19.60	0.051	123.08	4.30
			5.20 s	19.23	0.052	120.76	4.22
			5.21 s	19.19	0.052	120.51	4.21
			5.20 s	19.23	0.052	120.76	4.22

Dari percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar maka jari-jari maka kecepatan linearnyajuga semakin besar.sebaliknya jika jari-jarinyakecil maka kecepatan linearnya juga kecil. Hal ini senada dengan kecepatan sudutnya.

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menemui benda-benda yang melingkar beraturan.salah satu contoh benda yang bergerak melingkar beraturan adalah jarum, detik jarum menit, dan jarum jam pada jam analog.

Gerak melingkar beraturan memiliki dua pengertian. Pertama, suatu benda bergerak melingkar beraturan jika selama benda tersebut bergerak melingkar, kelajuan benda selalu konstan atau kelajuan setiap bagian benda selalu konstan. Kedua, suatu benda bergerak melingkar beraturan jika kecepatan sudut benda selalu konstan, kecepatan sudut merupakan besaran vector, karenanya kecepatan sudut terdiri dari besar kecepatan sudut dan arah kecepatan sudut.

Berdasarkan teori di atas peneliti melakukan percobaan gerak melingkar dan memperoleh hasil seperti data di atas.

Dari data di atass terlihat bahwa semakin kecil jari-jari baling-baling. Maka semakin semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk menempuh 100 putaran dan semakin besar jumlah kecepatan sudut dankecepatan linearnya.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dicapai, maka dapat disimpulkan bahwa kegiatan penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik dengan capaian kegiatan diperkirakan sekitar 65 %. Melihat pada alokasi waktu yang masih tersedia dan rencana jadwal kegiatan penelitian yang disusun, diperkirakan penelitian ini dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang diberikan. Dalam kegiatan berikutnya, pembuatan alat dan karaterisasi akan memakan waktu sekitar dua dan alokasi waktu lainnya akan digunakan untuk penulisan artikel dan penyusunan laporan akhir dari penelitian.

A. Kesimpulan

Berdasarkan kajian teori dan analisis data diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Pembuatan alat percobaan gaya Lorentz ini tergolong cukup sederhana karena menggunakan beberapa barang bekas namun tetap dilengkapi dengan sistem digital. Alat percobaan gaya Lorentz ini dapat memperjelas konsep kaidah tangan kanan.
2. Hubungan antara gaya Lorentz dengan kuat arus adalah sebanding, terbukti bahwa dari analisis data nilai gaya Lorentz sebanding dengan kuat arusnya. Semakin besar arus yang mengalir pada kawat gaya Lorentz, maka semakin besar pula gaya Lorentznya.
3. Pengembangan alat peraga praktek (alat labor) merupakan inovasi dalam pembelajaran Fisika, sehingga diharapkan pendidik terampil mengembangkan APPIPA Fisika Sederhana berbasis digital yang sesuai dengan perkembangan IPTEK untuk pembelajaran IPA Fisika dan karya inovatif pengembangan keprofesian berkelanjutan.
4. Perancangan dan pembuatan APPIPA Fisika sederhana dapat memfasilitasi pembelajaran Fisika. Sehingga konsep yang akan diterapkan dalam pembelajaran dapat tercapai.
5. Pengembangan alat laboratorium fisika berbasis teknologi digital ini, memiliki banyak kelebihan dibangdingkan alat laboratorium di pasaran, yaitu sistem pembacaan data di dapat secara otomatis. Seperti pembacaan suhu, yang biasanya menggunakan termometer digantikan fungsinya dengan sensor suhu. Pembacaan waktu yang menggunakan stopwatch, pada alat ini telah dibuatkan beberapa saklar yang telah terprogram variasi waktu yang diinginkan. Sehingga dalam palaksanaan praktikum siswa dapat membaca dan mengolah data secara individu.

6. Pembuatan dan perancangan alat ukur momentum sudut menggunakan sensor merupakan alternatif dalam pengembangan alat laboratorium sekolah karena waktu putaran terdeteksi lebih tepat dan akurat.
7. Alat ukur momentum sudut menggunakan sensor secara umum belum bisa membuktikan hukum kekekalan momentum sudut.
8. Pembuatan dan perancangan alat ukur momentum sudut menggunakan sensor merupakan alternatif dalam pengembangan alat laboratorium sekolah karena waktu putaran terdeteksi lebih tepat dan akurat.
9. Alat ukur momentum sudut menggunakan sensor secara umum belum bisa membuktikan hukum kekekalan momentum sudut.

B. Saran

1. Meletakkan batang alumunium pada posisi awal tepat di atas magnet agar besarnya gaya Lorentz maksimum.
2. Kawat tembaga yang dipasang di atas acrylic harus lurus.
3. Berdasarkan kelemahan dari alat ukur momentum sudut yang telah penulis kembangkan, diharapkan peneliti selanjutnya dapat mengembangkan alat ukur momentum sudut dengan mengurangi semua kelemahan-kelemahan yang ada.
4. Perlu dikembangkan alat-alat praktikum fisika berbasis teknologi digital untul materi-materi fisika yang lainnya. Sehingga penanaman konsep kepada peserta didik didik lebih optimal.
5. Untuk memudahkan pengembangan alat-alat praktikum fisika berbasis teknologi digital maka peserta didik yang dilibatkan dalam pengembangan perlu dibekali dengan ilmu teknologi sensor dan digital.

DAFTAR PUSTAKA

Meisa Fitri, Hufri, Yohandri, Pembuatan Sistem Penentuan Koefisien Gesek Statis Benda Pada Bidang Miring Secara Digital Berbasis Mikrokontroler, *Jurnal Sainstek* Vol. VI No. 2: 135-147, Desember 2014. ISSN: 2085-8019

Roach M., Blackmore P. Dempster J., 2000, *Supporting High-Level Learning Through Research-Based Methods*: interim guideline for course design, TELRI Project-University of Wrwick.

Roestiyah. (2001). *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta.

Sanjaya, W. (2009). *Strategi Pembelajaran: Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Prenada Media Group.

Saunders, G., & Klemming, F. (2003). "Integrating technology into a traditional learning environment". *Active Learning in Higher Education*, 4(1), p.74–86.

Wardoyo, S.M. (2013). *Pembelajaran Berbasis Riset*. Jakarta: Akademika.

Yohandri, 2007a, Pengembangan system penentuan kapasitansi kapasitor menggunakan metoda waktu paroh dengan display personal komputer, *Proceedings Semirata*, UIN, Jakarta

Yohandri, 2007, Pengembangan star-stop timer untuk eksperimen jatuh bebas, *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, UNAND, Padang

Yohandri, 2009, Desain system eksperimen pendulum berbasis mikrokontroler dan antar muka komputer, *Proceedings Semirata*, UNSYIAH, Aceh

Yohandri, 2009, Perancangan sistem eksperimen viskositas cairan berbasis Mikrokontroler MCS-51dengan display personal computer, *Jurnal Saintek STAIN Batusangkar* Vol. 1, No.2, 2009

Yohanna D., Hufri dan Yohandri, 2014, Set Eksperimen Gerak Jatuh Bebas Berbasis Mikrokontroler Dengan Tampilan PC. *Jurnal Sainstek* Vol. VI No. 1: 84-95, Juni 2014. ISSN: 2085-8019. 84

Yulkifli, Rahmondia N. S., Mitra Djamal, Khairurrijal, Deddy Kurniadi, 2007. The Influences of Ferromagnetic cores, Pick-up Coil Winding Numbers, and Environmental Temperature to the Output Signal of a Fluxgate Magnetic Sensor, APS 2007, *Indonesian Journal of Physiscs* . Vol 18. No. 3.

Yulkifli, Anwar, Z., Djamal, M. 2009. Desain Alat Hitung Kecepatan Sudut Berbasis Sensor Mangetik Fluxgate. *Jurnal Sainstek* Vol 1 No 2, pp. 79-90, Indonesia.

Yulkifli, Devi sidiq, 2013. Pembuatan Sistem Inrface Sinyal Analog ke Dalam Bentuk Presentasi Data Digital Untuk Data Getaran Sensor Fluxgate, *Jurnal Of Physics*. Physics Departemen FMIPA UNP

Yulkifli, Mitra Djamal, Khairurrijal, Deddy Kurniadi, Pavel Ripka: The Influence of the Tape-core Layer Number of Fluxgate Sensor Using the Double Pick-up Coils to the Demagnetization Factor, *Proc. ICICI-BME, November, 23-25, 2009. Bandung. IEEE Xplor*e, 18 Februari 2010

Yulkifli, Rahmondia Nanda S., Suyatno, Mitra Djamal, 2007b: Designing and Making of Fluxgate Sensor with Multi-Core Structure for Measuring of Proximity, *Proceedings CSSI* 2007, Serpong Tanggerang- Indonesia.

Yulkifli, Syafriani, Rahadi Wirawan, 2014. Vibration Measurement Instrument Design Based on Fluxgate Sensor for Early Warning of an Earthquake Disaster. *Atlantic Press Proceedings*.

Yulkifli, Mitra Djamal, Khairurrijal, Deddy Kurniadi, Pavel Ripka: Demagnetization Factor of a Fluxgate Sensor Using Double Pick-up Coils Configurations. *Proc. of The 3rd Asian Physics Symposium* (APS) July 22 – 23, 2009, Bandung, Indonesia.

Halliday & Resnick. 2001. *Fisika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Septyansyah, Asim. 2013. *Rancang Bangun Alat Peraga Gaya Lorentz sebagai Upaya Penambahan Alat Praktikum di Uin Sunan Kalijaga Yogyakarta*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.

LAMPIRAN