

**ANALISIS KESESUAIAN MATERI FISIKA SMA DENGAN  
MATERI GEMPA BUMI**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Pendidikan*



Oleh :

**NADIA SASMA**

**NIM. 16033057/2016**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2020**

**PERSETUJUAN PEMBIMBING**

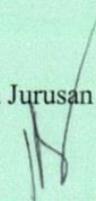
**SKRIPSI**

Judul : Analisis Kesesuaian Materi Fisika SMA dengan Materi  
Gempa Bumi  
Nama : Nadia Sasma  
NIM : 16033057  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

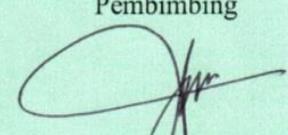
Padang, 10 Februari 2020

Disetujui oleh :

Ketua Jurusan

  
**Dr. Ratnawulan, M.Si**  
NIP. 19690120 199303 2 002

Pembimbing

  
**Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si**  
NIP. 19660522 199303 1 003

**PENGESAHAN TIM PENGUJI**

**Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi**

**Program Studi Pendidikan Fisika**

**Jurusan Fisika**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Universitas Negeri Padang**

Judul : Analisis Kesesuaian Materi Fisika SMA dengan Materi  
Gempa Bumi

Nama : Nadia Sasma

NIM : 16033057

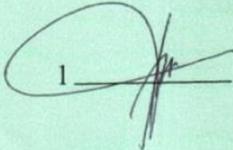
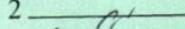
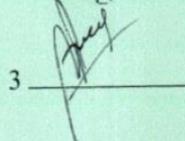
Program Studi : Pendidikan Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 10 Februari 2020

Tim Penguji,

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si	
2. Anggota	: Dr. Ratnawulan, M.Si	
3. Anggota	: Dr. Hamdi, M.Si	

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Analisis Kesesuaian Materi Fisika SMA dengan Materi Gempa Bumi” adalah asli karya saya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing
3. Didalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan didalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku

Padang, 10 Februari 2020

Yang membuat pernyataan



Nadia Sasma

Nim. 16033057

## ABSTRAK

**Nadia Sasma,            Analisis Kesesuaian Materi Fisika SMA dengan Materi  
2020 :                    Gempa Bumi**

Indonesia merupakan negara yang sangat rentan terhadap bencana gempabumi. Upaya mitigasi bencana gempa bumi sangat penting dilakukan, salah satunya adalah melalui pendidikan kebencanaan yang bersifat formal di sekolah yaitu dengan mengintegrasikan pendidikan kebencanaan kedalam salah satu mata pelajaran. Mata pelajaran yang sesuai untuk diintegrasikan dengan materi bencana gempa bumi adalah mata pelajaran Fisika. Namun sebelum mengintegrasikan materi Gempa bumi dengan materi Fisika, perlu adanya analisis kesesuaian untuk melihat materi Fisika yang sesuai dengan materi Gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian materi Fisika SMA kelas X, XI dan XII dengan materi Gempa bumi.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif. Populasi dari penelitian ini adalah seluruh materi yang menjadi bidang kajian fisika. Sampel dalam penelitian ini adalah materi fisika SMA Kelas X, XI, dan XII yang berdasarkan kurikulum 2013. Data pada penelitian ini merupakan data primer yang diambil menggunakan instrumen penilaian dan teknik pengumpulan data melalui studi dokumentasi.

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa materi fisika X-1 kurang sesuai untuk diintegrasikan dengan materi gempa bumi, materi fisika X-2 sangat sesuai untuk diintegrasikan dengan materi gempa bumi, materi fisika kelas XI-1 sesuai untuk diintegrasikan dengan materi gempa bumi, materi fisika kelas XI-2 sangat sesuai untuk diintegrasikan dengan materi gempa bumi, materi fisika kelas XII-1 dan materi fisika kelas XII-2 tidak sesuai untuk diintegrasikan dengan materi gempa. Sehingga materi fisika yang sangat sesuai untuk diintegrasikan dengan materi gempa bumi yaitu di semester 2 kelas X dan semester 2 kelas XI.

**Kata Kunci : Materi Fisika, Materi Gempa Bumi, Analisis kesesuaian materi Fisika dengan materi Gempa bumi.**

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kesesuaian Materi Fisika SMA dengan Materi Gempa Bumi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana pendidikan pada program studi Pendidikan Fisika FMIPA UNP. Selain itu, penulisan skripsi merupakan tambahan wawasan bagi mahasiswa dalam melakukan penelitian dan membuat laporan penelitian.

Penulis menyadari bahwa tanpa adanya dukungan, petunjuk, bimbingan serta bantuan berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak dapat terselesaikan sebagaimana yang diharapkan, maka tidaklah berlebihan dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si, sebagai pembimbing dan sekaligus sebagai Penasehat Akademis yang telah membimbing dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
2. Ibu Dr. Ratnawulan M.Si, sebagai dosen penguji skripsi dan Ketua Jurusan (S1) Fisika FMIPA UNP yang telah memberikan saran dalam penyempurnaan skripsi ini;
3. Bapak Dr. Hamdi, M.Si, sebagai dosen penguji skripsi yang telah memberikan saran dalam penyempurnaan skripsi ini;

4. Teristimewa penulis ucapkan kepada orang tua dan keluarga besar tercinta yang telah memberikan kesungguhan do'a, dorongan, motivasi dan bantuan moril maupun materil kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Rekan-rekan seperjuangan Program Studi Sarjana (S1) Pendidikan Fisika A angkatan 2016 tanpa terkecuali yang telah memberikan motivasi, do'a dan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini;
6. Semua pihak yang telah membantu dalam perencanaan, pelaksanaan, penyusunan dan penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Hanya do'a, ucapan terima kasih dan rasa syukur yang dapat penulis sampaikan semoga Allah berkenan membalas semua kebaikan Bapak, Ibu, Saudara dan teman-teman sekalian. Akhir kata, semoga penelitian ini bermanfaat bagi pihak yang berkepentingan. Semoga Tuhan selalu memberikan berkah dan memberkati kehidupan kita semua. Amin.

Padang, 10 Februari 2020

Nadia Sasma

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	9
C. Batasan Masalah .....	9
D. Rumusan Masalah .....	10
E. Tujuan Penelitian .....	10
F. Manfaat Penelitian .....	10
<b>BAB II KERANGKA TEORI.....</b>	<b>11</b>
A. Kajian Teori .....	11
1. Hakikat Keilmuan Fisika .....	11
a. Hakikat Fisika.....	11
b. Perkembangan Ilmu Fisika .....	15
c. Cabang-cabang Ilmu Fisika.....	24
2. Hakikat Pengetahuan .....	28
3. Materi Fisika .....	39
4. Materi Gempa Bumi .....	319
5. Kaitan Materi Fisika dengan Materi Gempa Bumi.....	332
B. Penelitian yang Relevan.....	340
C. Kerangka Berpikir.....	342
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>344</b>
A. Jenis Penelitian .....	344
B. Populasi dan Sampel .....	344
C. Instrumen Penelitian .....	345
D. Teknik Pengumpulan Data.....	348
E. Prosedur Penelitian .....	348
F. Variabel dan Data Penelitian .....	349
G. Teknik Analisa Data .....	350
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>353</b>
A. Hasil Penelitian .....	353
B. Pembahasan .....	405

<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>431</b>
A. Simpulan .....	431
B. Saran .....	431
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>432</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>438</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Uraian Materi Hakikat Fisika Dan Prosedur Ilmiah.....	46
Tabel 2.	Uraian Materi Pengukuran .....	59
Tabel 3.	Uraian Materi Vektor .....	66
Tabel 4.	Uraian Materi Gerak Lurus .....	72
Tabel 5.	Uraian Materi Gerak Parabola.....	83
Tabel 6.	Uraian Materi Gerak Melingkar .....	90
Tabel 7.	Uraian Materi Hukum Newton Tentang Gerak.....	98
Tabel 8.	Uraian Materi Hukum Newton Tentang Gravitasi .....	106
Tabel 9.	Uraian Materi Usaha Dan Energi .....	112
Tabel 10.	Uraian materi Momentum dan Impuls .....	119
Tabel 11.	Uraian Materi Getaran Harmonis Sederhana .....	126
Tabel 12.	Uraian Materi Keseimbangan Dan Dinamika Rotasi .....	133
Tabel 13.	Uraian Materi Elastisitas dan Hukum Hooke.....	140
Tabel 14.	Uraian Materi Fluida Statis .....	146
Tabel 15.	Uraian Materi Fluida Dinamis.....	156
Tabel 16.	Uraian Materi Suhu dan Kalor .....	164
Tabel 17.	Uraian Materi Teori Kinetik Gas .....	171
Tabel 18.	Uraian Materi Termodinamika.....	177
Tabel 19.	Uraian Materi Ciri-ciri Gelombang Mekanik.....	186
Tabel 20.	Uraian Materi Gelombang Berjalan dan Gelombang Stationer .....	193
Tabel 21.	Spektrum Cahaya Tampak .....	199
Tabel 22.	Uraian Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya .....	203
Tabel 23.	Uraian Materi Alat-Alat Optik .....	212
Tabel 24.	Uraian Materi Gejala Pemanasan Global .....	222
Tabel 25.	Uraian Materi Arus Listrik Dan Pengukurannya .....	233

Tabel 26.	Uraian Materi Listrik Statis.....	242
Tabel 27.	Uraian Materi Medan Magnetik.....	251
Tabel 28.	Uraian Materi Induksi Elektromagnetik.....	258
Tabel 29.	Uraian Materi Rangkaian AC.....	263
Tabel 30.	Uraian Materi Radiasi Elektromagnetik.....	272
Tabel 31.	Uraian Materi Teori Relativistik .....	282
Tabel 32.	Uraian Materi Gejala Kuantum .....	293
Tabel 33.	Symbol, Massa, dan Muatan Partikel Penyusun Atom .....	297
Tabel 34.	Uraian Materi Fisika Inti .....	306
Tabel 35.	Uraian Materi Sumber Energi .....	316
Tabel 36.	Uraian Materi Gempa Bumi.....	327
Tabel 37.	Kategori Tingkat Kevalidan Instrumen.....	347
Tabel 38.	Hasil Perhitungan validitas Instrumen Analisis Kesesuaian Materi Fisika SMA Kelas X, XI dan XII dengan Materi Gempa Bumi .....	348
Tabel 39.	Kategori kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas X, XI dan XII dengan materi Gempa Bumi .....	352
Tabel 40.	Data Hasil Analisis Kesesuaian Materi Fisika dengan Materi Gempa bumi untuk Setiap KD materi Fisika SMA/MA Kelas X Semester 1 .....	361
Tabel 41.	Data Hasil Analisis Kesesuaian Materi Fisika dengan Materi Gempa bumi untuk Setiap KD materi Fisika SMA/MA Kelas X Semester 2 .....	369
Tabel 42.	Data Hasil Analisis Kesesuaian Materi Fisika dengan Materi Gempa bumi untuk Setiap KD materi Fisika SMA/MA Kelas XI Semester 1 .....	379
Tabel 43.	Data Hasil Analisis Kesesuaian Materi Fisika dengan Materi Gempa bumi untuk Setiap KD materi Fisika SMA/MA Kelas XI Semester 2 .....	388
Tabel 44.	Data Hasil Analisis Kesesuaian Materi Fisika dengan Materi Gempa bumi untuk Setiap KD materi Fisika SMA/MA Kelas XII Semester 1.....	395

Tabel 45. Data Hasil Analisis Kesesuaian Materi Fisika dengan Materi Gempa bumi untuk Setiap KD materi Fisika SMA/MA Kelas XII Semester 2.....	403
--	-----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Ruang Lingkup Materi Fisika.....	40
Gambar 2.	Nama-nama Besaran Pokok, Satuan, dan Dimensi .....	52
Gambar 3.	Besaran Turunan, Analisis dan Dimensinya .....	52
Gambar 4.	Cara membaca Skala yang Tepat .....	53
Gambar 5.	Bagian-bagian Jangka Sorong .....	53
Gambar 6.	Penguraian Vektor A .....	65
Gambar 7.	Analisis Gerak Benda yang Mengalami Gerak Parabola. ....	76
Gambar 8.	Bola Yang Dilempar Ke Ring Basket .....	79
Gambar 9.	Gerak Parabola dari Atas Gedung .....	79
Gambar 10.	Uraian Komponen Kecepatan Benda Yang Jatuh dari Pesawat Terbang.....	81
Gambar 11.	Analisis Gerak Parabola pada bidang Miring.....	82
Gambar 12.	Benda diberi gaya pada Bidang Datar .....	97
Gambar 13.	Gaya Benda Pada Bidang Miring .....	97
Gambar 14.	Gaya Pada 2 Benda yang Digantung dengan katrol .....	98
Gambar 15.	Bentuk Lintasan Matahari dan Planet.....	104
Gambar 16.	Posisi Planet Setiap Saat.....	105
Gambar 17.	Lintasan Perioda dan Jari – Jari lintasan Planet .....	105
Gambar 18.	Proyeksi Gerak Melingkar Beraturan Terhadap Sumbu Y Merupakan Getaran Harmonik Sederhana .....	124
Gambar 19.	Batang yang ditarik dengan gaya F .....	138
Gambar 20.	Pegas yang Tegang .....	139
Gambar 21.	Hukum Kontinuitas Aliran .....	152
Gambar 22.	Kebocoran Bak .....	153
Gambar 23.	Venturimeter tanpa Manometer.....	154
Gambar 24.	Venturimeter Dengan Monometer .....	154

Gambar 25.	Grafik Tekanan Tabung Pitot .....	155
Gambar 26.	Gaya yang bekerja pada Pesawat Terbang .....	155
Gambar 27.	Proses Kerja Mesin Carnot .....	176
Gambar 28.	Pemantulan Teratur .....	181
Gambar 29.	Pemantulan Baur .....	181
Gambar 30.	Pembiasan Gelombang .....	182
Gambar 31.	Difraksi Gelombang .....	183
Gambar 32.	Gelombang Maksimum .....	185
Gambar 33.	Gelombang Minimum .....	185
Gambar 34.	Gelombang Berjalan .....	191
Gambar 35.	Gelombang Berdiri Ujung Bebas .....	191
Gambar 36.	Gelombang Berdiri Ujung Terikat.....	192
Gambar 37.	Pola Resonansi Bunyi Pada Dawai.....	197
Gambar 38.	Pola Resonansi Bunyi Pada Pipa Organa Terbuka.....	198
Gambar 39.	Rangkaian Seri.....	231
Gambar 40.	Rangkaian Paralel.....	231
Gambar 41.	Rangkaian Dengan Beberapa Sumber Tegangan .....	232
Gambar 42.	Garis-Garis Medan Listrik (A) Untuk Satu Muatan Positif, (B) Untuk Satu Muatan Negatif .....	238
Gambar 43.	Gaya Lorentz dengan Kaidah Tangan Kanan.....	248
Gambar 44.	Speaker .....	250
Gambar 45.	Transformator .....	256
Gambar 46.	Grafik Arus Dan Tegangan Sinusoidal.....	261
Gambar 47.	Skema Perangkat Eksperimen Efek Fotolistrik .....	289
Gambar 48.	Gejala Compton Oleh Electron .....	290
Gambar 49.	Seismogram digital vertikal di PALK Srilanka mencatat gempabumi susulan Sumatera 2004 .....	325

Gambar 50.	Tipe pergerakan sesar gempa bumi (1) Turun, (2) Naik, (3) Mendatar, dan (4) Sesar Oblique.....	327
Gambar 51.	Arus Konveksi .....	334
Gambar 52.	Accelogram Rekaman Gempa .....	334
Gambar 53.	Jenis-Jenis Gelombang Seismik Dan Cara Rambatannya. ....	335
Gambar 54.	Kerangka Berfikir .....	343
Gambar 55.	Kesesuaian materi Fisika SMA kelas X semester 1 dengan materi Gempa Bumi untuk KD 3.1 .....	354
Gambar 56.	Kesesuaian materi Fisika SMA kelas X semester 1 dengan materi Gempa Bumi untuk KD 3.2 .....	355
Gambar 57.	Kesesuaian materi Fisika SMA kelas X semester 1 dengan materi Gempa Bumi untuk KD 3.3 .....	356
Gambar 58.	Kesesuaian materi Fisika SMA kelas X semester 1 dengan materi Gempa Bumi untuk KD 3.4 .....	358
Gambar 59.	Kesesuaian materi Fisika SMA kelas X semester 1 dengan materi Gempa Bumi untuk KD 3.5 .....	359
Gambar 60.	Kesesuaian materi Fisika SMA kelas X semester 1 dengan materi Gempa Bumi untuk KD 3.6 .....	360
Gambar 61.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas X semester 2 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.7.....	362
Gambar 62.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas X semester 2 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.8.....	364
Gambar 63.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas X semester 2 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.9.....	365
Gambar 64.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas X semester 2 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.10.....	367
Gambar 65.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas X semester 2 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.11.....	368
Gambar 66.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.1.....	370
Gambar 67.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.2.....	372

Gambar 68.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.3.....	373
Gambar 69.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.4.....	374
Gambar 70.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.5.....	376
Gambar 71.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.6.....	377
Gambar 72.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 2 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.1.....	380
Gambar 73.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 2 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.2.....	381
Gambar 74.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 2 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.3.....	382
Gambar 75.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 2 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.4.....	384
Gambar 76.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 2 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.5.....	385
Gambar 77.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XI semester 2 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.6.....	387
Gambar 78.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XII semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.1.....	389
Gambar 79.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XII semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.2.....	390
Gambar 80.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XII semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.3.....	391
Gambar 81.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XII semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.4.....	392
Gambar 82.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XII semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.5.....	394
Gambar 83.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XII semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.6.....	396
Gambar 84.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XII semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.7.....	397

Gambar 85.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XII semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.8.....	398
Gambar 86.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XII semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.9.....	400
Gambar 87.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XII semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.10.....	401
Gambar 88.	Kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas XII semester 1 dengan materi Gempa bumi untuk KD 3.11.....	402

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X dengan materi Gempa Bumi KD 3.1 .....	438
Lampiran 2.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X dengan materi Gempa Bumi KD 3.2 .....	451
Lampiran 3.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X dengan materi Gempa Bumi KD 3.3 .....	463
Lampiran 4.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X dengan materi Gempa Bumi KD 3.4 .....	486
Lampiran 5.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X dengan materi Gempa Bumi KD 3.5 .....	487
Lampiran 6.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X dengan materi Gempa Bumi KD 3.6 .....	501
Lampiran 7.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X dengan materi Gempa Bumi KD 3.7 .....	513
Lampiran 8.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X dengan materi Gempa Bumi KD 3.8 .....	525
Lampiran 9.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X dengan materi Gempa Bumi KD 3.9 .....	537
Lampiran 10.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X dengan materi Gempa Bumi KD 3.10 .....	549
Lampiran 11.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X dengan materi Gempa Bumi KD 3.11 .....	561
Lampiran 12.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.1 .....	574
Lampiran 13.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.2 .....	587
Lampiran 14.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.3 .....	588
Lampiran 15.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.4 .....	611
Lampiran 16.	Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.5 .....	624

Lampiran 17. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.6 .....	636
Lampiran 18. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.7 .....	648
Lampiran 19. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.8 .....	660
Lampiran 20. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.9 .....	672
Lampiran 21. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.10 .....	684
Lampiran 22. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.11 .....	697
Lampiran 23. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XI dengan materi Gempa Bumi KD 3.12 .....	711
Lampiran 24. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XII dengan materi Gempa Bumi KD 3.1 .....	723
Lampiran 25. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas X I dengan materi Gempa Bumi KD 3.2 .....	735
Lampiran 26. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XII dengan materi Gempa Bumi KD 3.3 .....	748
Lampiran 27. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XII dengan materi Gempa Bumi KD 3.4 .....	760
Lampiran 28. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XII dengan materi Gempa Bumi KD 3.5 .....	772
Lampiran 29. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XII dengan materi Gempa Bumi KD 3.6 .....	784
Lampiran 30. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XII dengan materi Gempa Bumi KD 3.7 .....	798
Lampiran 31. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XII dengan materi Gempa Bumi KD 3.8 .....	800
Lampiran 32. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XII dengan materi Gempa Bumi KD 3.9 .....	811
Lampiran 33. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XII dengan materi Gempa Bumi KD 3.10 .....	823

Lampiran 34. Analisis Kesesuaian Materi Fisika kelas XII dengan materi Gempa Bumi KD 3.11 .....	835
Lampiran 35. Hasil pengolahan data tingkat kesesuaian materi Fisika SMA dengan materi Gempa Bumi .....	847
Lampiran 36. Lembar Validasi Instrumen .....	85

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara yang sangat rentan terhadap bencana gempa bumi. Hal ini disebabkan oleh posisi geologis Indonesia berada pada pertemuan 3 lempeng litosferik besar, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia dimana gaya interaksi antar-lempeng tersebut senantiasa menekan dan menggeser berbagai patahan yang tersebar di seluruh bagian Indonesia, baik di daratan maupun di dasar lautan, yang telah ada semenjak lama. Faktor penyebab lainnya adalah Indonesia yang dibangun atas gabungan berbagai lempeng benua mikro dan busur gunung api, yang digerakkan oleh proses tektonik yang kompleks hingga berada di tempatnya saat ini sehingga proses tumbukan puluhan lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya berbagai jenis patahan yang tersebar di berbagai tempat, senantiasa menerima dan menimbun gaya tektonik dari interaksi lempeng-lempeng litosfer saat ini. Sehingga Indonesia memiliki zonasi kawasan rentan gempa bumi di sepanjang daerah-daerah yang dekat dengan wilayah interaksi lempeng tektonis, seperti di pesisir selatan Jawa dan pesisir barat Sumatera, namun Indonesia juga kerap mengalami gempa bumi pada daerah yang jauh dari zona interaksi lempeng seperti Gempa Tarakan, Kalimantan Utara, 21 Desember 2015 (Husein,2016).

Undang-undang nomor 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana menjelaskan bahwa bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan masyarakat yang disebabkan oleh

faktor alam atau faktor non-alam maupun faktor manusia, yang menyebabkan kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

Negara Kesatuan Republik Indonesia dinyatakan rawan terhadap bahaya gempa bumi. Telah tercatat ratusan ribu jiwa menjadi korban bencana gempa bumi tektonis di Indonesia yang terjadi di berbagai daerah dengan jabaran sebagai berikut

1. Gempa Aceh, 26 Desember 2004, magnitudo 9.3, korban ~168.000 meninggal
2. Gempa Papua, 26 Juni 1976, magnitudo 7.1, korban ~ 9.000 meninggal
3. Gempa Yogyakarta, 27 Mei 2006, magnitudo 5.9, korban 6.234 meninggal
4. Gempa Ambon, 20 September 1899, magnitudo 7.8, korban 3.280 meninggal
5. Gempa Sumbawa, 19 Agustus 1977, magnitudo 8.0, korban 2.200 meninggal
6. Gempa Flores, 12 Desember 1992, magnitudo 7.5, korban 2.100 meninggal
7. Gempa Padang, 30 September 2009, magnitudo 7.6, korban 1.115 meninggal. (Husein,2016)

Pada 2 tahun terakhir ini, di Indonesia terdapat 50 kasus gempa bumi yang menyebabkan 581 orang meninggal dan hilang, 2166 orang luka-luka, dan 531,809 orang yang mengungsi, 77953 rumah warga yang rusak berat, 38,484 rumah warga yang rusak sedang dan 116699 yang rusak ringan. (BNPB: 2019)

Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi gempabumi dan tsunami yang tinggi. Tiga sumber

utama pembangkit gempa bumi aktif di wilayah ini yaitu jalur subduksi / penujaman lempeng (*Megathrust*), sesar Mentawai (*Mentawai fault*) dan sesar besar Sumatera (*the great Sumatran fault*). (Satria, Agung dkk.2018).

Setelah Gempa Aceh terjadi pada akhir tahun 2004 yang diikuti dengan tsunami, ancaman bencana gempa dan tsunami menjadi perhatian utama di provinsi ini. Rentetan gempa yang terjadi berikutnya: M8.5 SR di Nias pada bulan Maret 2005, M6,9 SR di sekitar laut Mentawai pada bulan April 2005, M6,3 SR di sekitar danau Singkarak pada bulan Maret 2007, M8,4 SR dan M7,9 SR di sekitar perairan Bengkulu dan Sumatera Barat pada 12 dan 13 September 2007 dan terakhir gempa bumi 30 September 2009 dengan M7,6 SR yang terjadi di lepas Pantai Sumatera dan berjarak sekitar 50 km barat laut Kota Padang telah menimbulkan trauma di tengah masyarakat Sumatera Barat. Terlebih lagi dengan perkiraan para ahli seismologi akan terjadinya gempa raksasa berikutnya (*giant earthquake*) di sekitar Mentawai. Dengan tingginya intensitas gempa yang terjadi di wilayah Sumatera Barat dan risiko yang begitu besar apabila bencana ini terjadi, maka ditetapkan Rencana Kontijensi Bencana Tsunami sebagai prioritas dalam penanggulangan bencana. Serta mewujudkan visi penanggulangan bencana Sumatera Barat yaitu Sumatera Barat Siaga, Tangguh dan Tawakal menghadapi Bencana (LPBD,2018,10-14).

Gempa bumi adalah peristiwa alam yang belum bisa diprediksi kapan dan dimana terjadinya. Secara umum, wilayah kepulauan Indonesia sebagian besar terletak di daerah lingkaran api yang terbentang dari Pulau Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, Maluku, sampai dengan Papua (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, tt).

Data BNPB mengisyaratkan bahwa bencana gempa bumi merupakan sebuah ancaman bagi siapa saja. Penyebab dari banyaknya korban akibat bencana alam disebabkan oleh kurangnya pengetahuan dan pemahaman terhadap bencana, sehingga menyebabkan kurangnya kesiapsiagaan dan keterampilan dalam mengantisipasi bencana lebih awal. Dalam rangka mengurangi dampak bencana alam maka perlu adanya mitigasi. Upaya mitigasi bencana yang harus dilakukan yaitu menambah pengetahuan dan pemahaman tentang bencana melalui pendidikan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 21 tahun 2008 pasal 14 yang menjelaskan bahwa untuk mengurangi dampak yang disebabkan oleh bencana alam maka perlu adanya mitigasi bencana yang dapat diselenggarakan oleh pemerintah daerah dalam bentuk pendidikan formal, non formal, dan informal. Hal ini di dukung juga oleh hasil konferensi pers sedunia tentang pengurangan risiko bencana yang diselenggarakan di Jepang.

Konferensi sedunia tentang Pengurangan Risiko Bencana (*World Conference on Disaster Risk Reduction*) yang diselenggarakan di Sendai, Prefektur Miyagi, Jepang pada tanggal 14-18 Maret 2015 menghasilkan “Kerangka Kerja Sendai untuk Pengurangan Risiko Bencana Alam 2015-2030”. Konferensi Sendai ini merupakan konferensi ketiga tentang pengurangan risiko bencana di bawah lindungan PBB. Konferensi ini merupakan pembaharuan dan penyempurnaan dari hasil konferensi sebelumnya. Hasil dari konferensi Sendai ini diharapkan dapat mengurangi risiko bencana yang terjadi. Salah satu isi dari kerangka kerja Sendai ini adalah setiap tingkatan masyarakat harus memiliki pemahaman atau pengetahuan

tentang bencana. Dengan adanya pemahaman dan pengetahuan tentang bencana di masyarakat diharapkan dapat memberikan tindakan kesiapsiagaan dan keterampilan awal dalam mengantisipasi bencana alam. Salah satu strategi yang dapat dilakukan untuk memberikan pemahaman dan pengetahuan kebencanaan tersebut adalah dengan mengintegrasikan pengetahuan bencana ke dalam kurikulum pendidikan di sekolah.

Pendidikan kebencanaan sangat penting diterapkan dalam dunia pendidikan. Cara untuk menerapkan pendidikan kebencanaan yaitu melalui kurikulum yang terintegrasi materi bencana. Salah satu mata pelajaran yang sesuai untuk diintegrasikan dengan materi bencana adalah mata pelajaran Fisika. Fisika merupakan salah satu mata pelajaran yang mempelajari tentang peristiwa atau fenomena alam semesta beserta penyebabnya yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Bencana alam merupakan peristiwa atau fenomena alam yang dikaji dalam bidang ilmu pengetahuan, sehingga materi Fisika sangat sesuai untuk diintegrasikan dengan materi bencana alam.

Sebagai bahan literasi, pemerintah telah menyediakan buku fisika yang diterbitkan oleh pusat kurikulum dan perbukuan kementerian pendidikan dan kebudayaan. Selain itu ada juga buku yang diterbitkan oleh perusahaan swasta yang digunakan di sekolah. Namun, belum ada buku ajar yang telah mengintegrasikan materi gempa bumi ke dalam materi fisika.

Buku ajar yang memaparkan materi gempa bumi juga telah diterbitkan seperti Pengenalan Gempa Bumi yang diterbitkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Peta sumber dan bahaya Gempa di Indonesia yang diterbitkan oleh Pusat Studi Gempa Nasional, Gempa Bumi Indonesia yang

diterbitkan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, dan Gempa Bumi oleh Penanggulangan Bencana Berbasis Masyarakat. Namun, belum ada buku ajar yang mengintegrasikan materi gempabumi kedalam materi fisika.

Berdasarkan penelitian yang relevan yaitu penelitian oleh Ardila (2018) menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian materi IPA dengan tujuan kurikulum pada buku teks pelajaran IPA SMP/MTs kelas VII semester 2 yang diterbitkan oleh Kemendikbud edisi revisi tahun 2017 dan tingkat kesesuaian materi IPA dengan tujuan kurikulum pada buku teks pelajaran IPA SMP/MTs kelas VII semester 2. Peneliti menyarankan untuk mengadakan penelitian menganalisis kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas X, XI, dan XII dengan materi bencana lain, namun penelitian tersebut belum dilakukan.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Amira (2019) menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian materi fisika untuk diintegrasikan dengan materi tsunami pada buku teks pelajaran fisika SMA/MA dan SMK kelas X, XI, dan XII yang diterbitkan oleh erlangga revisi 2016. Namun penelitian ini tidak mengintegrasikan materi gempa bumi dengan materi fisika.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan Tri Anggun (2018) berjudul Pengaruh LKPD Terintegrasi Materi Gelombang Gempa Bumi Terhadap Kompetensi Fisika Peserta Didik Di SMA. Penelitian ini menunjukkan bahwa LKPD Terintegrasi Materi Gelombang Gempa Bumi memberikan pengaruh yang berarti terhadap kompetensi fisika peserta didik di SMA. Namun, penelitian yang mengintegrasikan materi gempabumi dengan materi fisika secara utuh untuk semua KD belum dilakukan.

Penelitian Tita (2018) berjudul Keefektifan Pembelajaran Fisika SMA Terintegrasi Pendidikan Kebencanaan Gempa Bumi Ditinjau dari Penguasaan Materi dan Kesiapsiagaan Bencana Alam. Penelitian ini telah mengintegrasikan materi gempa bumi dengan materi fisika, namun hanya untuk KD Gelombang saja. Namun yang mengintegrasikan materi gempabumi dengan materi fisika secara utuh untuk semua KD belum dilakukan.

Penelitian Nurul (2016) berjudul Pengaruh LKS Terintegrasi Materi Gempa Bumi pada Konsep Usaha, Energi, Momentum dan Impuls Terhadap Kompetensi Fisika Kelas XI SMAN 4 Padang dalam Model Pembelajaran Search, Solve, Create, and Share (SSCS) *Problem Solving*. Namun, penelitian ini tidak mengintegrasikan materi gempabumi dengan materi fisika secara utuh minimal untuk satu semester.

Penelitian Estuhono (2014) berjudul Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika SMA Berbasis Model Pembelajaran *Creative Problem Solving* (CPS) dengan Strategi Brainstorming pada Materi Elastisitas dan Getaran Terintegrasi Bencana Gempa Bumi. Penelitian ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis model *Creative Problem Solving* dengan strategi *Brainstorming* pada materi elastisitas dan getaran terintegrasi bencana gempa bumi berada dalam kriteria sangat valid, sangat praktis dan sangat efektif. Namun, pengintegrasian materi fisika dengan materi gempa bumi untuk semua KD minimal pada satu semester belum dilakukan.

Selanjutnya penelitian Dea Stivani Suherman (2016) yang berjudul Pengembangan Buku Teks Fisika SMA Terintegrasi Materi Gempa Bumi Berbasis Pendekatan *Constructivist* Dengan Model *Cooperative Inquiry*.

Penelitian ini telah mengintegrasikan materi fisika dengan materi gempa bumi, namun materi fisika yang diintegrasikan hanya materi elastisitas, materi getaran, materi usaha dan energi serta materi gelombang. Sedangkan analisis kesesuaian materi fisika dengan materi gempa bumi untuk semua KD belum dilakukan.

Penelitian Muhammad Zukir (2013) berjudul Pengaruh LKS Terintegrasi Materi Bencana Gempabumi pada Konsep Elastisitas dan Getaran terhadap Hasil Belajar Siswa Dalam Pembelajaran Problem Based Instruction di Kelas XI SMA N 1 Padang. Penelitian ini mengintegrasikan materi gempa bumi dengan materi Fisika pada Materi Pokok Elastisitas dan Getaran. Namun, penelitian yang menganalisis kesesuaian materi fisika dengan materi gempabumi untuk semua KD belum dilakukan.

Berdasarkan uraian penelitian-penelitian terdahulu diatas, diketahui bahwa belum ada peneliti yang menganalisis kesesuaian materi Gempa Bumi dengan materi Fisika untuk semua KD minimal untuk satu semester. Karena tidak semua materi fisika bisa diintegrasikan dengan materi gempabumi.

Berdasarkan permasalahan dan temuan-temuan tersebut mendorong peneliti untuk mengadakan penelitian analisis kesesuaian materi Gempa Bumi dengan materi Fisika. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis materi berdasarkan ranah pengetahuan yaitu pengetahuan faktual, konseptual dan prosedural materi Fisika untuk mendapatkan materi Fisika yang relevan untuk diintegrasikan dengan materi Gempabumi.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan tersebut, maka dari itu peneliti melakukan penelitian deskriptif dengan menganalisis

kesesuaian materi Gempa bumi dengan materi Fisika. Judul penelitian yang dilakukan adalah “Analisis Kesesuaian Materi Fisika SMA dengan Materi Gempa Bumi”.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut :

1. Karakteristik geografis Indonesia menyebabkan sering terjadi bencana Gempa Bumi
2. Lokasi dan kondisi geografis Daerah Sumatra Barat termasuk daerah rawan bencana Gempa Bumi
3. Fakta dilapangan belum adanya buku Fisika yang terintegrasi bencana alam Gempa Bumi untuk Semester Tertentu.
4. Belum ditemukan penelitian menganalisis kesesuaian materi Fisika dengan materi gempa bumi untuk mendapatkan KD pada materi Fisika pada semester tertentu yang sesuai untuk disisipi dengan materi Gempa bumi
5. Perlunya analisis kebutuhan sebelum mengembangkan sebuah buku yang terintegrasi bencana Gempabumi

## **C. Batasan Masalah**

Dikarenakan luasnya permasalahan yang ada, agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah maka diperlukan pembatasan masalah. Pada penelitian ini permasalahan dibatasi berdasarkan identifikasi masalah yang dijabarkan di atas. adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kesesuaian materi Gempa Bumi dengan materi Fisika SMA kelas X, XI dan XII

2. Penelitian ini menguraikan Materi Fisika dan Materi Gempa Bumi berdasarkan dimensi pengetahuan taksonomi bloom revisi mencakup pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural.

#### **D. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang melatar belakangi penelitian ini yaitu

1. Bagaimana tingkat kesesuaian materi Fisika SMA kelas X, XI dan XII.dengan materi Gempa Bumi ?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang ingin dicapai melalui penelitian ini yaitu

1. Mengetahui tingkat kesesuaian materi Fisika SMA kelas X, XI dan XII dengan materi Gempa Bumi

#### **F. Manfaat Penelitian**

Tercapainya tujuan penelitian tersebut, maka akan dapat diketahui semester yang memiliki tingkat kesesuaian materi Fisika dengan materi Gempa Bumi. Manfaat penelitian ini antara lain adalah:

1. Bahan pertimbangan dalam mengembangkan perangkat pembelajaran untuk mata pelajaran Fisika SMA /MA dan SMK yang terintegrasi materi Gempa Bumi Minimal untuk Satu Semester.
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah dalam penerbitan buku teks pelajaran Fisika untuk edisi revisi selanjutnya.
3. Sebagai bahan evaluasi dan pertimbangan bagi pengarang/penerbit untuk penerbitan buku selanjutnya.
4. Sebagai bahan informasi bagi peneliti lain dalam mengembangkan penelitian lebih lanjut.

## BAB II

### KERANGKA TEORI

#### A. Kajian Teori

##### 1. Hakikat Keilmuan Fisika

###### a. Hakikat Fisika

Fisika adalah ilmu yang mempelajari gejala-gejala alam dari segi materi dan energinya. Fisika adalah bangun pengetahuan yang menggambarkan usaha, temuan, wawasan dan kearifan yang bersifat kolektif dari umat manusia (Wartono, 2003:18). Sedangkan menurut Mundilarto (2010: 4), fisika sebagai ilmu dasar memiliki karakteristik yang mencakup bangun ilmu yang terdiri atas fakta, konsep, prinsip, hukum, postulat, dan teori serta metodologi keilmuan.

Aspek dari hakikat fisika yang pertama adalah fisika sebagai sikap (*a way of thinking*). Fisika yang merupakan cabang ilmu IPA (sains) memiliki karakter ilmiah, seperti tanggungjawab, jujur, objektif, terbuka, rasa ingin tahu, percaya diri, dan lain-lain, yang melekat kuat. Menurut Collette dan Chiappetta (1994), beberapa karakter tersebut adalah sebagai *beliefs* (keyakinan), *curiosity* (rasa ingin tahu), *imagination* (imajinasi), *reasoning* (penalaran), dan *self-examination* (pemahaman diri).

Menurut KBBI, keyakinan (*beliefs*) berarti kepercayaan dan sebagainya yang sungguh-sungguh, dan juga berarti sebagai bagian agama atau religi yang berwujud konsep yang menjadi keyakinan (kepercayaan) para penganutnya. Keyakinan merupakan dasar dari tindakan seseorang yang dipercayainya sebagai sesuatu yang benar dan dapat dicapai

(Sugeng, 2015). Keyakinan adalah sebuah hal yang sangat penting dimiliki oleh seseorang apalagi sebagai makhluk beragama. Sebagai negara Pancasila, Indonesia menghimpun karakter ini pada Kurikulum 2013, khususnya Kompetensi Inti (KI) 1. Karakter lainnya, yaitu *curiosity* (rasa ingin tahu), *imagination* (imajinasi), *reasoning* (penalaran), dan *self-examination* (pemahaman diri) tertampung dalam Kompetensi Inti 2 Kurikulum 2013. Karakter-karakter ini secara tidak langsung akan mempengaruhi bagaimana seorang saintis atau fisikawan berpikir. Aspek dari hakikat fisika yang kedua adalah fisika sebagai proses (*a way of investigating*).

Proses sains diturunkan dari langkah-langkah yang dikerjakan saintis ketika melakukan penelitian ilmiah. Langkah-langkah tersebut disebut sebagai keterampilan proses sains yang mencakup observasi, mengukur, inferensi, memanipulasi variabel, merumuskan hipotesis, menyusun grafik dan tabel data, mendefinisikan secara operasional, dan melaksanakan eksperimen (Mundilarto, 2002: 13).

Menurut Hetherington, dkk. (dalam Collette dan Chiappetta, 1994), memahami bagaimana proses terbentuknya suatu ilmu pengetahuan itu lebih penting daripada ilmu pengetahuan itu sendiri. Mundilarto, membagi keterampilan proses menjadi dua, yaitu keterampilan proses dasar dan keterampilan proses terpadu. Keterampilan proses sains dasar, meliputi: mengamati/observasi, mengklasifikasi, berkomunikasi, mengukur, memprediksi, dan membuat inferensi. Apabila dianalogikan dalam pembelajaran, kemampuan proses sains dasar dapat tercerminkan

sebagai aspek psikomotor yang dalam kurikulum 2013 dimasukkan dalam KI 4. Sedangkan keterampilan proses sains terpadu, meliputi: mengidentifikasi variabel, merumuskan definisi operasional dari variabel, menyusun hipotesis, merancang penyelidikan. Keterampilan sains terpadu tercerminkan sebagai proses berpikir tingkat tinggi.

Aspek dari hakikat fisika yang ketiga adalah fisika sebagai produk (*a body of knowledge*). IPA (termasuk fisika) sebagai produk dapat diartikan sebagai kumpulan informasi/fakta yang dihasilkan dari proses-proses ilmiah yang dilandasi dengan sikap-sikap ilmiah tersebut (Mundilarto, 2002: 2). Menurut Collette dan Chiappetta (1994), fisika sebagai produk tersusun dari fakta, konsep, prinsip, hukum, hipotesis, teori, dan model.

#### 1) Fakta

Fakta adalah keadaan atau kenyataan yang sesungguhnya dari segala peristiwa yang terjadi di alam. Fakta merupakan dasar bagi konsep, prinsip, hukum, teori atau model. Sebaliknya kita juga dapat menyatakan bahwa, konsep, prinsip, hukum, teori, dan model keberadaannya adalah untuk menjelaskan dan memahami fakta (Sutrisno,2006).

#### 2) Konsep

Konsep adalah abstraksi dari berbagai kejadian, objek, fenomena dan fakta. Konsep memiliki sifat-sifat dan atribut-atribut tertentu. Konsep fisika dapat dibedakan atas konsep yang baik contoh maupun atributnya dapat diamati, konsep yang contohnya dapat

diamati tetapi atributnya tidak dapat diamati, dan konsep yang baik contoh maupun atributnya tidak dapat diamati.

### 3) Prinsip dan hukum

Istilah prinsip dan hukum sering sering digunakan secara bergantian karena dianggap sebagai sinonim. Prinsip dan hukum dibentuk oleh fakta atau fakta-fakta dan konsep atau konsep-konsep. Ini sangat perlu dipahami bahwa, hukum dan prinsip fisika tidaklah mengatur kejadian alam (fakta), melainkan kejadian alam (fakta) yang dijelaskan keberadaannya oleh prinsip dan atau hukum.

### 4) Rumus

Rumus adalah pernyataan matematis dari suatu fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori. Dalam rumus kita dapat melihat saling keterkaitan antara konsep-konsep dan variable-variabel. Pada umumnya prinsip dan hukum dapat dinyatakan secara matematis. (Sutrisno,2006).

### 5) Teori

Teori disusun untuk menjelaskan sesuatu yang tersembunyi atau tidak dapat langsung diamati, misalnya teori atom, teori kinetik gas, teori relativitas. Teori tetaplah teori tidak mungkin menjadi hukum atau fakta. Jadi, teori memiliki fungsi yang berbeda dengan fakta, konsep maupun hukum”

### 6) Model

Model adalah sebuah presentasi yang dibuat untuk sesuatu yang tidak dapat dilihat.. Model sangat berguna untuk membantu

memahami suatu fenomena alam, juga berguna untuk membantu memahami suatu teori. Sebagai contoh, model atom Bohr membantu untuk memahami teori atom (Sutrisno, 2006: 1-9).

## **b. Perkembangan Ilmu Fisika**

Menurut Richtmeyer, Sejarah perkembangan ilmu Fisika dibagi menjadi empat periode, yaitu :

### **A. Periode pertama**

Dimulai dari zaman prasejarah sampai tahun 1550an. Dalam periode pertama ini belum ada penelitian yang sistematis. Pada zaman ini manusia mulai mengembangkan ilmu pengetahuan menggunakan pola pikir. Beberapa penemuan pada periode ini diantaranya :

#### **a) 2400000 SM-599 SM**

Dibidang astronomi orang-orang yang hidup pada zaman tersebut sudah menghasilkan Kalender Mesir dengan perhitungan 1 tahun = 365 hari, selain itu mereka dapat memprediksi gerhana, membuat jam matahari dan membuat katalog bintang. Dalam bidang teknologi mereka sudah mengenal peleburan berbagai logam, pembuatan roda, teknologi bangunan (piramid), standart berat, pengukuran, koin (mata uang)

#### **b) 600 SM-530 M**

Pada zaman ini perkembangan ilmu dan tehnologi sangat terkait dengan perkembangan matematika. Dalam bidang Astronomi sudah ada pengamatan tentang gerak benda langit (termasuk bumi), jarak dan ukuran benda langit. Dalam bidang sains fisik, sudah ada

hipotesis Democritus bahwa materi terdiri dari atom-atom. Archimedes memulai tradisi "Fisika Matematika" untuk menjelaskan tentang katrol, hukum-hukum hidrostatis dan lain-lain. Tradisi Fisika Matematika berlanjut sampai sekarang.

c) 530 M – 1450 M

Mundurnya tradisi sains di Eropa dan pesatnya perkembangan sains di Timur Tengah. Pada saat itu perkembangan teknologi di dunia Islam semakin berkembang, diantaranya muncul tokoh-tokoh fisikawan Muslim, yaitu: Ibnu Al-Haitham (965 M-1039 M) dalam karyanya bertajuk kitab *Almanazir* (tentang optik); Abu Nasr Mansur (960 M – 1036 M) yang menemukan hukum sains. Dalam kurun waktu ini juga terjadi perkembangan ilmu kalkulus. Dalam bidang Astronomi ada "*Almagest*" karya Ptolemy yang menjadi teks standar untuk astronomi. Dalam sains fisik, Aristoteles berpendapat bahwa gerak bisa terjadi jika ada yang mendorong secara terus menerus; kemagnetan berkembang; eksperimen optika berkembang, ilmu kimia berkembang (Alchemy).

d) 1450 M-1550 M

Ada publikasi teori Heliosentris dari Copernicus yang tercetak dalam bukunya *De Revolutionibus Orbium Caelestium*. Dalam pendapatnya yang paling terkenal yaitu Heliosentris, ia mengganti posisi bumi sebagai pusat alam semesta dengan matahari. Dan ia juga menggambarkan gerakan benda-benda langit.

Sehingga ilmu yang disumbangkan Copernicus menjadi titik penting dalam revolusi saintifik, yaitu ketika ilmu mulai memikirkan gaya-gaya yang menyebabkan gerakan benda langit.

#### B. Periode Kedua

Dimulai dari tahun 1550an sampai tahun 1800an. Pada periode kedua ini mulai dikembangkan metoda penelitian yang sistematis dengan Galileo dikenal sebagai pencetus metoda saintifik dalam penelitian. Galileo memperbaiki teori-teori sebelumnya untuk menghasilkan mekanika. Dalam bukunya *Discourses Concerning Two New Sciences*, ia tidak lagi mencari penyebab gerakan (dinamika), tapi menerangkan dengan gejalanya (kinematika).

Dalam mekanika selain hukum-hukum Newton dihasilkan pula persamaan Bernoulli, Teori Kinetik Gas, Vibrasi Transversal dari batang, kekekalan Momentum sudut, persamaan Lagrange. Dalam fisika panas ada penemuan termometer, Azas Black, dan Kalorimeter. Dalam gelombang cahaya ada penemuan aberasi dan pengukuran kelajuan cahaya. Dalam kelistrikan ada klasifikasi konduktor dan nonkonduktor, penemuan elektroskop, pengembangan teori arus listrik yang serupa dengan teori penjalaran panas dan Hukum Coulomb.

#### C. Periode Ketiga

Dimulai dari Tahun 1800an sampai 1890an. Pada periode ini diformulasikan konsep-konsep fisika yang mendasar yang sekarang kita kenal dengan sebutan fisika klasik. Dalam periode ini fisika berkembang dengan pesat terutama dalam mendapatkan formulasi-

formulasi umum dalam mekanika, Fisika panas, Listrik-Magnet dan gelombang, yang masih terpakai sampai saat ini.

Dalam mekanika diformulasikan Hamiltonian (yang kemudian dipakai dalam fisika kuantum), persamaan gerak benda tegar, teori elastisitas, hidrodinamika. Dalam fisika panas diformulasikan hukum-hukum termodinamika, teori kinetik gas penjalaran panas dan lain-lain. Dalam Listrik-Magnet diformulasikan Hukum Ohm, Hukum Faraday, Teori Maxwell dan lain-lain. Dalam gelombang diformulasikan teori gelombang cahaya, prinsip interferensi, difraksi dan lain-lain.

#### D. Periode Keempat

Dimulai dari tahun 1890an sampai sekarang. Pada akhir abad ke-19 ditemukan beberapa fenomena yang tidak bisa dijelaskan melalui fisika klasik. Hal ini menuntut pengembangan konsep fisika yang lebih mendasar lagi yang sekarang disebut Fisika Modern. Dalam periode ini dikembangkan teori-teori yang lebih umum yang dapat mencakup masalah yang berkaitan dengan kecepatan yang sangat tinggi (relativitas) dan yang berkaitan dengan partikel yang sangat kecil (teori kuantum).

Teori Relativitas yang dipapori oleh Einstein, teori ini menjelaskan bahwa tidak mungkin untuk membedakan satu sistem dari yang lain jika dua-duanya bergerak dengan kecepatan tetap. Dari teori Relativitas itu menghasilkan beberapa hal diantaranya adalah

kesetaraan massa dan energi  $E=mc^2$  yang dipakai sebagai salah satu prinsip dasar dalam transformasi partikel.

Teori kuantum, yang diawali oleh karya Planck dan Bohr dan kemudian dikembangkan oleh Schroedinger, Pauli, Heisenberg dan lain-lain, melahirkan teori-teori tentang atom, inti, partikel subatomik, molekul, zat padat yang sangat besar perannya dalam pengembangan ilmu dan teknologi.

Menurut Jacob, Perkembangan sejarah fisika dibagi kedalam 5 periode (Boer Jacob, 1968), yaitu :

1) Periode pertama (Antara zaman purbakala s.d. 1500)

Belum adanya eksperimen yang sistematis dan kebebasan dalam mengadakan percobaan. Dengan karakteristik sebagai berikut :

- a) Hasil perkembangan pengetahuan dalam bidang fisika tidak memuaskan
- b) Sifatnya spekulasi dan metafisik (sulap dan gaib)
- c) Eksperimen tidak sistematis dan jauh dari ketelitian.

2) Periode kedua (sekitar 1550-1800)

Perkembangan fisika berdasarkan metode eksperimen yang dapat dipertanggungjawabkan, diakui, dan diterima sebagai persoalan yang ilmiah. Dengan karakteristik sebagai berikut :

- a) Pertumbuhan penyelidikan berkembang pesat sekali dengan percobaan yang dipelapori oleh Galileo (1564-1642)

- b) Galileo meletakkan pandangan modern dimana sains harus berdasarkan pengamatan dan percobaan. Hampir 2 abad galileo menghadapi dogma dan intoleransi kaum agama.
- c) Tokoh lain yang berperan Newton, Huygens, boyle, dll.
- d) Prinsip yang berkembang : "ilmu dapat dikembangkan dan dimajukan sesuai dengan teorinya yang berdasarkan eksperimen diterima atau ditolak apabila teori sesuai atau berlawanan dengan eksperimen yang diperlukan untuk menguji teori tersebut."

### 3) Periode Ketiga (periode singkat, 1800-1890)

Berkembangnya fisika klasik yang meletakkan dasar fisika kuantum. Dengan karakteristik sebagai berikut :

- a) Kemajuan pesat dari pertumbuhan dan perkembangan fisika klasik yang meletakkan dasar fisika kuantum
- b) Periode ini singkat, tapi kemajuan pesat, hampir semua fisikawan percaya semua hukum fisika telah ditemukan dan selesai, sehingga penelitian dialihkan untuk memperbaiki validitas alat ukur dan perbaikan metode pengukurannya.
- c) Beberapa fonomena dapat dicatat antara lain :
  - (1)Eksperimen count Rumford dan Joule yang memberi dasar teori kinetik panas yang dikenal memberi dasar teori kinetik panas yang dikenal sekarang
  - (2)Pengamatan dan percobaan Young telah membuktikan interferensi dua berkas cahaya, yang mengukuhkan teori gelombang Huygens dari teori Corpuscular Newton

(3) Hasil Riset Faraday yang memberikan dasar kebenaran teori elektromagnetik maxwell. ]

(4) Banyak teknologi hasil fisika dipakai dalam kegiatan industri

4) Periode Keempat (Tahun 1887 s.d. 1925)

Adanya fenomena mikroskopis (elektron dll). Teori klasik semi modern, teori kuantum masih terkait fisika klasik (the old quantum mechanics). Dengan karakteristik sebagai berikut :

- a) Dimulai tahun 1887 dengan ditemukannya efek fotolistrik.
- b) Sepuluh tahun kemudian ditemukan beturut-turut : sinar X (1895), Radioaktivitas (1896), dan elektron (1900)
- c) Teori kuantum yang timbul masih dihubungkan dengan teori klasik semi modern, perkembangannya kurang pesat (the old quantum mechanics)
- d) Adanya fenomena mikroskopis, yaitu fenomena yang tidak dapat dilihat langsung, seperti elektron dan neutron dimana fisika klasik tak dapat menerangkan fenomena tersebut sehingga dicari ilmu dan moodel-model baru lagi.

5) Periode Kelima (tahun 1925 s.d. sekarang)

Fenomena mikroskopis revolusioner, dibuat teori baru yang tidak terkait fisika klasik (the new quantum mechanics). Dengan karakteristik sebagai berikut :

- a) Dimulai perkembangan baru dengan dibuatnya teori-teori baru yang lebih revolusioner dengan tidak mengindahkan mekanika klasik (the new quantum mechanics)

- b) Teori baru ini muncul berdasarkan uraian teoritis de Broglie, Heisenbergh, dan Schrodinger serta percobaan Davisson-Germer dan Thompson)
- c) Ditemukan prinsip mekanika matriks (Heisenbergh), mekanika gelombang (Schrodinger), dan mekanika gabungan keduanya yang lebih umum (Dirac-Tomonaga)
- d) Mekanika kuantum yang dikemukakan Dirac dinamakan symbolic method, sifatnya sangat abstrak dan sukar dimengerti, dikenal dengan nama Relativistic quantum mechanics (Sudarmanto, 2008 : 2-9).

Dari uraian diatas, maka dapat disimpulkan persamaan dan perbedaan pendapat dari kedua tokoh tersebut

1) Persamaan pendapat antara Richtmeyer dan Jacoub

Periode pertama sampai dengan ketiga mempunyai kesamaan paradigma berfikir yang dijabarkan dalam penjelasan dibawah :

a) Periode pertama (pra sejarah s.d.1550 M)

Dari periode zaman purba sampai dengan 1500 M mempunyai kesamaan paradigma yaitu sifatnya tidak sistematis dan jauh dari ketelitian, spekulatif dan metafisik. Pengetahuan yang telah dibangun mencakup astronomi yang dihubungkan dengan astrologi, matematika dan teknologi sederhana.

b) Periode kedua (1550M-1800M)

Dimulai ketika galileo sebagai pencetus metode ilmiah dimana ilmu dikembangkan berdasarkan pengamatan dan percobaan.

Pengembangan sains dititik beratkan pada teori baru gerak planet oleh Newton yang meneruskan kerja Galileo terutama dalam bidang mekanika menghasilkan hukum-hukum gerak yang sampai sekarang masih dipakai, Fisika Panas, Gelombang Cahaya, dan Kelistrikan.

c) Periode Ketiga (1800M-1890M)

Dimulai dari tahun 1800an. Kesamaan menurut keduanya bahwa pada periode ini diformulasikan konsep-konsep fisika yang mendasar yang sekarang kita kenal dengan sebutan Fisika Klasik. Dalam periode ini fisika berkembang dengan pesat terutama dalam mendapatkan formulasi-formulasi umum dalam mekanika, Fisika Panas, Listrik-Magnet dan gelombang, yang masih dipakai sampai saat ini.

2) Perbedaan pendapat antara Richtmeyer dan Jacob

Dalam periode keempat (1890 M sampai sekarang) Jacob membagi kedalam 2 periode lagi yaitu 1890 M sampai 1925 M dan 1925 M dan 1925 sd sekarang. Ia membagi periode tersebut menjadi dua bagian, karena fenomena fisika yang modern yang berkembang masih terkait dengan fisika klasik dan juga perkembangan fisika modern zaman ini kurang begitu pesat pada saat ini. Sedangkan Richtmeyer tidak membagi kedalam 2 periode dalam perkembangan tersebut, karena dinilai keduanya sudah termasuk kedalam era fisika modern. Berdasarkan buku Introduction

to modern physics. Richtmeyer menjelaskan bahwa pada periode awal (pra sejarah sd 1550 M), ia membagi kedalam 4 periode, yaitu :

- a) 2400000 SM-599 SM : dibidang astronomi sudah dihasilkan Kalender Mesir.
- b) 600 SM-530 M : perkembangan ilmu dan teknologi sangat terkait dengan perkembangan matematika.
- c) 530 M-1450 M : mundurnya tradisi sains di Eropa dan pesatnya perkembangan sains di Timur Tengah.
- d) 1450M-1550 M : ada publikasi teori Heliosentris dari copernicus yang menjadi titik penting dalam revolusi saintifik.

### **c. Cabang Ilmu Fisika**

Fisika merupakan salah satu cabang utama ilmu pengetahuan alam seperti: kimia, botani, astronomi, dan sebagainya. Isi dan organisasi materi serta pemaparan struktur dan pengartian pokok dalam fisika mempelajari hal-hal yang fundamental tentang zat dan energi. Dalam fisika mekanika dan teori medan merupakan cabang-cabang utama. Mekanika menelaah gerak partikel dibawah pengaruh gaya-gaya, dan teori medan mengkaji asal, perilaku dan sifat medan grafitasi, medan elektro magnetik, medan nuklir, dan gaya lainnya.

Pembagian fisika secara umum terdiri dari dua bagian yaitu : Pembagian secara klasik dan Pembagian secara modern.

- 1) Pembagian secara Klasik.

Fisika didasarkan pada kelompok umum gejala alam yang dipelajari dengan metode yang khas untuk kelompok yang bersangkutan, yaitu :

- a) Mekanika klasik
- b) Kalor dan termodinamika
- c) Teori kinetik gas
- d) Mekanika statistik
- e) Optika
- f) Akustik
- g) Listrik
- h) Elektromagnetik

## 2) Pembagian secara Modern

Fisika juga dikelompokkan yang didasarkan pada jenis struktur dalam alam yang dipelajari oleh cabang yang bersangkutan, yaitu:

- a) Mekanika kuantum
- b) Relativitas
- c) Atom Inti
- d) Partikel elementer
- e) Fisika gas dan plasma
- f) Biofisika (Siregar, 2003 : 2).

Menurut Sunardi (2016), Ilmu Fisika terbagi dalam beberapa cabang sebagai berikut:

- 1) Mekanika

Mekanika adalah satu cabang fisika yang mempelajari tentang gerak. Mekanika klasik terbagi atas 2 bagian yakni Kinematika dan Dinamika.

- a) Kinematika membahas bagaimana suatu objek yang bergerak tanpa menyelidiki.
- b) Dinamika mempelajari bagaimana suatu objek yang bergerak dengan menyelidiki penyebab.

## 2) Elektrodinamika klasik

Bidang ini adalah yang paling luas diterapkan dari semua cabang fisika. Elektrodinamika klasik didasarkan pada hukum elektromagnetisme Maxwell, yang menjelaskan segala macam fenomena elektromagnetik dari atom untuk skala global.

## 3) Mekanika kuantum

Cabang ini menggambarkan jenis baru mekanik, yang dapat menjelaskan fenomena di tingkat sub-atom, mekanika klasik yang gagal untuk menjelaskan. Ini memberikan gambaran jelas alam pada skala sub-atom..

## 4) Elektronika

Elektronika adalah ilmu yang mempelajari alat listrik arus lemah yang dioperasikan dengan cara mengontrol aliran elektron atau partikel bermuatan listrik dalam suatu alat seperti komputer, peralatan elektronik, termokopel, semikonduktor, dan lain sebagainya.

## 5) Zat Terkondesasi Fisika

Benda terkondensasi Fisika adalah cabang sub-fisika kuantum dan mekanika statistik, yang menggambarkan semua fenomena yang terjadi dalam materi, dalam bentuk kental.

#### 6) Astronomi dan Astrofisika

Astronomi adalah studi pengamatan alam semesta dalam semua perwujudannya dan astrofisika (sebuah penyatuan dari semua cabang fisika), merupakan dasar teoritis, yang dapat menjelaskan semua fenomena dalam alam semesta.

#### 7) Bidang Teori Kuantum

Cabang ini adalah yang menggambarkan partikel fisika, yang sangat kecil dan sangat cepat. Juga sebagai fisika partikel. Cabang fisika ini didasarkan pada tiga dasar teoritis mekanika kuantum, teori relativitas khusus dan konsep bidang.

#### 8) Teori Relativitas Umum dan Kosmologi

Teori relativitas umum adalah teori yang tepat, untuk menjelaskan gravitasi di semua skala. Ini menafsirkan gravitasi bukan sebagai gaya, tetapi sebagai konsekuensi dari kelengkungan ruang-waktu.

#### 9) Termodinamika dan Fisika statistika

Termodinamika dan fisika statistik adalah salah satu cabang fisika inti, yang memberikan mekanisme teoritis untuk menggambarkan gerak dan fenomena dalam sistem multi-partikel..

#### 10) Fisika nuklir

Fisika nuklir menjelaskan semua fenomena yang terjadi pada tingkat inti atom. Ini berkaitan dengan dan menjelaskan fenomena seperti radioaktivitas, fisi nuklir dan fusi nuklir.

## 2. Hakikat Pengetahuan

Pengetahuan merupakan suatu informasi yang dipahami dan disadari seseorang. Pemahaman pembelajaran saat ini memfokuskan pada proses aktif, kognitif dan konstruktif yang tergabung dalam pembelajaran yang berarti. Siswa dalam hal ini berperan sebagai individu yang aktif dalam setiap pembelajarannya, mereka dapat memilih informasi yang dibanggun oleh pengetian mereka sendiri dari informasi yang dipilih tersebut. Siswa bukan penerima yang pasif. Hal ini merupakan perubahan dari pandangan pasif dalam belajar kognitif dan perspektif konstruktif yang menekankan pada bagaimana siswa mengetahui (pengetahuan) dan bagaimana mereka berfikir (proses kognitif) mengenai apa yang mereka ketahui selama siswa melakukan pembelajaran yang berarti (Wahana, 2016: 46-50).

Menurut Abdullah (2008), pada umumnya pengetahuan dibagi menjadi beberapa jenis diantaranya:

### a. Pengetahuan langsung (*immediate*)

Pengetahuan *immediate* adalah pengetahuan langsung yang hadir dalam jiwa tanpa melalui proses penafsiran dan pikiran. Kaum realis (penganut paham Realisme) mendefinisikan pengetahuan seperti itu. Umumnya dibayangkan bahwa kita mengetahui sesuatu itu sebagaimana adanya, khususnya perasaan ini berkaitan dengan realitas-realitas yang telah dikenal sebelumnya seperti pengetahuan tentang pohon, rumah,

binatang, dan beberapa individu manusia. Apabila kita sedikit mencermatinya, maka akan nampak dengan jelas bahwa hal itu tidaklah demikian adanya.

b. Pengetahuan tak langsung (*mediated*)

Pengetahuan *mediated* adalah hasil dari pengaruh interpretasi dan proses berpikir serta pengalaman-pengalaman yang lalu. Apa yang kita ketahui dari benda-benda eksternal banyak berhubungan dengan penafsiran dan pencerapan pikiran kita.

c. Pengetahuan indrawi (*perceptual*)

Pengetahuan indrawi adalah sesuatu yang dicapai dan diraih melalui indra-indra lahiriah. Sebagai contoh, kita menyaksikan satu pohon, batu, atau kursi, dan objek-objek ini yang masuk ke alam pikiran melalui indra penglihatan akan membentuk pengetahuan kita. Tanpa diragukan bahwa hubungan kita dengan alam eksternal melalui media indra-indra lahiriah ini, akan tetapi pikiran kita tidak seperti klise foto dimana gambar-gambar dari apa yang diketahui lewat indra-indra tersimpan didalamnya. Pada pengetahuan indrawi terdapat beberapa faktor yang berpengaruh, seperti adanya cahaya yang menerangi objek-objek eksternal, sehatnya anggota-anggota indra badan (seperti mata, telinga, dan lain-lain), dan pikiran yang mengubah benda-benda partikular menjadi konsepsi universal, serta faktor-faktor sosial (seperti adat istiadat). Dengan faktor-faktor tersebut tidak bisa dikatakan bahwa pengetahuan indrawi hanya akan dihasilkan melalui indra-indra lahiriah.

d. Pengetahuan konseptual (*conceptual*)

Pengetahuan konseptual juga tidak terpisah dari pengetahuan indrawi. Pikiran manusia secara langsung tidak dapat membentuk suatu konsepsi-konsepsi tentang objek-objek dan perkara-perkara eksternal tanpa berhubungan dengan alam eksternal. Alam luar dan konsepsi saling berpengaruh satu dengan lainnya dan pemisahan di antara keduanya merupakan aktivitas pikiran

e. Pengetahuan partikular (*particular*)

Pengetahuan partikular berkaitan dengan satu individu, objek-objek tertentu, atau realitas-realitas khusus. Misalnya ketika kita membicarakan satu kitab atau individu tertentu, maka hal ini berhubungan dengan pengetahuan partikular itu sendiri.

f. Pengetahuan universal (*universal*)

Pengetahuan yang meliputi keseluruhan yang ada, seluruh hidup manusia misalnya; agama dan filsafat.

Menurut Wakena, (2012) jenis-jenis pengetahuan ditinjau dari sudut bagaimana pengetahuan itu diperoleh, bukan pada bahasan value atau nilai dari pengetahuan tersebut antara lain:

a. Pengetahuan biasa (*common sense*)

Pengetahuan biasa (*common sense*) Pengetahuan yang digunakan terutama untuk kehidupan sehari-hari, tanpa mengetahui seluk beluk yang sedalam-dalamnya dan seluas-luasnya. Seorang yang dulunya belum tahu tentang cara belajar sesuatu hal dan setelah melalui suatu proses seseorang tahu tentang sesuatu hal tersebut, maka orang tersebut disebut memiliki pengetahuan biasa.

b. Pengetahuan ilmiah atau Ilmu pengetahuan

Pengetahuan ilmiah atau Ilmu, pengetahuan yang diperoleh dengan cara khusus, bukan hanya untuk digunakan saja tetapi ingin mengetahui lebih dalam dan luas mengetahui kebenarannya, tetapi masih berkisar pada pengalaman. Pengetahuan Ilmiah atau Ilmu (*Science*) pada dasarnya merupakan usaha untuk mengorganisasikan dan mensistematisasikan common sense, suatu pengetahuan sehari-hari yang dilanjutkan dengan suatu pemikiran cermat dan seksama dengan menggunakan berbagai metode.

c. Pengetahuan filsafat

Pengetahuan filsafat, pengetahuan yang tidak mengenal batas, sehingga yang dicari adalah sebab-sebab yang paling dalam dan hakiki sampai diluar dan diatas pengalaman biasa. Pengetahuan Filsafat biasanya berkenaan dengan hakikat sesuatu (transenden) sehingga kadang perbincangannya seputar hal-hal yang abstrak terhadap bangunan sebuah pengetahuan. Objek pembahasannya selalu mengedepankan aspek ontologi, epistemologi dan aksiologi. Pembahasan tentang Pengetahuan Filsafat akan di uraikan pada postingan tentang Hakikat Filsafat.

d. Pengetahuan agama

Pengetahuan agama, suatu pengetahuan yang hanya diperoleh dari Tuhan lewat para Nabi dan Rosul-Nya yang bersifat mutlak dan wajib diikuti para pemeluknya. Dengan menjadikan ajaran agama sebagai tolak ukur kebenaran, maka pengetahuan agama sangat sarat dengan nilai baik dan buruk, benar dan salah. Sepanjang pengetahuan itu tidak bertentangan

dengan ajaran yang tertuang dalam kitab yang diperpegangi, maka pengetahuan itu dianggap benar.

Lorin dan david (2010:61), menyatakan terdapat banyak jenis-jenis pengetahuan diantaranya pengetahuan konseptual, pengetahuan kondisional, pengetahuan isi, pengetahuan deklaratif, pengetahuan disipliner, pengetahuan wacana, pengetahuan domain, pengetahuan episodik, pengetahuaneksplisit, pengetahuan faktual, pengetahuan metakognitif, pengetahuan awal, pengetahuan prosedural, pengetahuan sematik, pengetahuan situasional, pengetahuan sosiokultural, pengetahuan strategis dan pengetahuan implisit. Namun dalam Taksonomi Bloom revisi dimensi pengetahuan dikelompokkan dalam 4 kelompok, yaitu pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual, pengetahuan prosedural dan pengetahuan metakognitif (Ari, 2006: 3)

#### a. Pengetahuan Faktual

Lorin dan david (2010:62), menyatakan bahwa pengetahuan faktual merupakan pengetahuan yang tersusun atas fakta-fakta dan berisi elemen-elemen dasar yang harus diketahui oleh siswa, elemen-elemen ini biasanya berupa simbol-simbol dan nama-nama yang berkaitan dengan beberapa referensi konkret. Sedangkan menurut Nisa (2018:69) pengetahuan faktual merupakan pengetahuan tentang elemen-elemen yang terpisah dan mempunyai ciri-ciri tersendiri berupa potongan-potongan informasi. Pendapat lain, pengetahuafaktual ialah pengetahuan tentang fakta-fakta yang ditail, spesifik dan elementer yang bisa

ditangkap dengan panca indera (Naning, 2014: 365). Menurut Ari (2006:2) pengetahuan faktual ialah pengetahuan yang berupa potongan-potongan informasi yang terpisah-pisah atau unsur dasar yang ada dalam suatu disiplin ilmu tertentu. Jadi, dari beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan pengetahuan faktual adalah pengetahuan yang berisi fakta-fakta secara spesifik, ditail, dan berisi elemen-elemen dasar yang bisa ditangkap oleh panca indra.

Menurut Lorin dan david (2010:68) pengetahuan faktual terbagi menjadi dua yaitu pengetahuan tentang terminologi (*knowledge of terminology*) dan pengetahuan tentang detail-detail dan elemen-elemen yang spesifik (*knowledge of spesific details and element*).

#### 1) Pengetahuan tentang terminologi

Pengetahuan tentang terminologi melingkupi pengetahuan tentang label, simbol verbal dan non verbal seperti angka, tanda dan gambar. Setiap materi kajian mempunyai banyak label dan simbol baik verbal ataupun non verbal yang merujuk pada makna-makna tertentu. Label dan simbol ini merupakan bahasa dasar dalam suatu disiplin ilmu, semacam stenografi yang digunakan oleh para ahli untuk mengungkapkan apa yang mereka ketahui, karena dengan label dan simbol ini para ahli dapat dengan mudah mengungkapkan ide-ide mereka. Contoh penggunaan pengetahuan terminologi antara lain pengetahuan tentang alfabet, pengetahuan tentang angka-angka Romawi, pengetahuan tentang kosakata dalam bahasa Indonesia, dan pengetahuan tentang simbol-simbol pada peta.

## 2) Pengetahuan tentang detail-detail dan elemen-elemen yang spesifik

Pengetahuan tentang detail-detail dan elemen-elemen yang spesifik merupakan pengetahuan tentang peristiwa, lokasi, orang, waktu dan informasi lain yang sifatnya sangat spesifik. Fakta-fakta yang spesifik adalah fakta-fakta yang dapat berdiri sendiri sebagai elemen-elemen yang terpisah, yang berkebalikan dengan fakta-fakta yang hanya dapat dikenali dalam konteks yang lebih luas. Contoh pengetahuan tentang detail-detail dan elemen-elemen yang spesifik antara lain pengetahuan tentang nama orang, tempat, dan peristiwa dalam proklamasi, pengetahuan tentang produk utama dan produk ekspor Indonesia.

### b. Pengetahuan konseptual

Pengetahuan konseptual merupakan pengetahuan yang menunjukkan saling keterkaitan antara unsur-unsur dasar dalam struktur yang lebih besar dan semuanya berfungsi bersama-sama yang mencakup skema, model pemikiran dan teori baik yang implisit maupun eksplisit (Ari, 2006: 3). Pendapat lain pengetahuan konseptual yaitu pengetahuan tentang klasifikasi, model, struktur, prinsip-prinsip, generalisasi dan teori yang berkaitan dengan permasalahan tertentu (Nisa, 2018: 69).

Menurut Naning (2014:365), menyatakan pengetahuan konsep adalah pengetahuan yang digunakan untuk mengelompokkan dan mengkategorikan secara mental berbagai objek atau peristiwa yang memiliki kesamaan tertentu. Jadi, dapat disimpulkan pengetahuan konseptual adalah pengetahuan untuk mengkategorikan tentang

klasifikasi, model, struktur, prinsip-prinsip, generalisasi dan teori yang berkaitan dengan permasalahan tertentu.

Menurut Lorin dan David (2010:68) pengetahuan konseptual terdiri dari tiga subjenis, yaitu pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori, pengetahuan tentang prinsip dan generalisasi, dan pengetahuan tentang teori, model, dan struktur.

#### 1) Pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori

Klasifikasi dan kategori merupakan landasan bagi prinsip dan generalisasi. Prinsip dan generalisasi menjadi dasar bagi teori, model, dan struktur. Pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori meliputi kelas, kategori, divisi, dan susunan yang spesifik dalam disiplin-disiplin ilmu. Setiap disiplin ilmu memiliki serangkaian kategori yang digunakan untuk menemukan dan mengkaji elemen-elemen baru. Klasifikasi dan kategori menciptakan hubungan-hubungan antara elemen-elemen. Beberapa contoh pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori yaitu pengetahuan tentang bagian-bagian kalimat, pengetahuan tentang jenis literatur, pengetahuan tentang bermacam-macam bentuk usaha dan pengetahuan tentang pengelompokan tumbuhan.

#### 2) Pengetahuan tentang prinsip dan generalisasi

Prinsip dan generalisasi dibentuk oleh klasifikasi dan kategori. Prinsip dan generalisasi merupakan bagian yang dominan dalam sebuah disiplin ilmu dan digunakan untuk mengkaji masalah-masalah dalam disiplin ilmu tersebut. Prinsip dan generalisasi merangkum

banyak fakta dan peristiwa yang spesifik, mendeskripsikan proses dan interelasi di antara detail-detail fakta dan peristiwa, dan menggambarkan proses dan interelasi di antara klasifikasi dan kategori. Contoh tentang pengetahuan tentang prinsip dan generalisasi antara lain pengetahuan tentang generalisasi-generalisasi dalam kebudayaan-kebudayaan suku Jawa, pengetahuan tentang hukum-hukum geometri dasar.

### 3) Pengetahuan tentang teori, model, dan struktur

Pengetahuan tentang teori, model, dan struktur mencakup pengetahuan tentang berbagai paradigma, epistemologi, teori, model yang digunakan dalam disiplin-disiplin ilmu untuk mendeskripsikan, memahami, menjelaskan, dan memprediksi fenomena. Contoh pengetahuan tentang teori, model, dan struktur antara lain pengetahuan tentang interelasi antara prinsip-prinsip dalam penjumlahan sebagai dasar bagi teori-teori matematika, pengetahuan tentang struktur inti pemerintahan kota setempat.

#### c. Pengetahuan Prosedural

Pengetahuan prosedural merupakan pengetahuan tentang bagaimana mengerjakan sesuatu, baik yang bersifat rutin maupun yang baru. Pengetahuan prosedural berisi langkah-langkah atau tahapan-tahapan yang harus diikuti dalam mengerjakan suatu hal tertentu (Ari, 2006: 4). Pendapat lain, Pengetahuan prosedural adalah pengetahuan tentang cara melakukan sesuatu yang mencakup pengetahuan tentang keterampilan, algoritma, teknik, dan metode (Lorin dan David, 2010: 77).

Menurut Nisa (2018:69), menyatakan pengetahuan prosedural meliputi bagaimana melakukan sesuatu, mempraktikkan metode-metode penelitian dan kriteria-kriteria untuk menggunakan keterampilan, algoritma, teknik dan metode. Jadi, dapat disimpulkan pengetahuan prosedural adalah pengetahuan tentang langkah-langkah mengerjakan sesuatu yang mencakup tentang keterampilan, algoritma, teknik dan metode.

Menurut Lorin dan david (2010:77) pengetahuan prosedural terdiri dari tiga subjenis, yaitu pengetahuan tentang keterampilan dalam bidang tertentu dan algoritma, Pengetahuan tentang teknik dan metode dalam bidang tertentu dan Pengetahuan tentang kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat.

1) Pengetahuan tentang keterampilan dalam bidang tertentu dan algoritma

Pengetahuan tentang keterampilan dalam bidang tertentu dan algoritma, mencakup pengetahuan tentang keterampilan khusus yang diperlukan untuk bekerja dalam suatu bidang ilmu atau tentang algoritma yang harus ditempuh untuk menyelesaikan permasalahan. Beberapa contoh pengetahuan yang masuk hal ini, yaitu pengetahuan tentang keterampilan menimbang, pengetahuan tentang algoritma untuk menyelesaikan persamaan-persamaan kuadrat dan pengetahuan mengukur suhu air mendidih (Ari, 2006: 8).

2) Pengetahuan tentang teknik dan metode dalam bidang tertentu

Pengetahuan tentang teknik dan metode dalam bidang tertentu, mencakup pengetahuan yang pada umumnya merupakan hasil konsensus, perjanjian atau aturan yang berlaku dalam ilmu tertentu. Pengetahuan tentang teknik dan metode, lebih mencerminkan bagaimana ilmuan dalam bidang tersebut berpikir dan memecahkan masalah yang dihadapi. Beberapa contoh pengetahuan jenis ini, yaitu, pengetahuan tentang metode-metode penelitian yang relevan dalam ilmu sosial, pengetahuan tentang berbagai metode dalam kritik sastra dan pengetahuan tentang mengevaluasi konsep-konsep kesehatan (Lorin,2010:83)

- 3) Pengetahuan tentang kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat

Pengetahuan tentang kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat, mencakup pengetahuan tentang kapan suatu teknik, strategi, atau metode harus digunakan. Beberapa contoh pengetahuan jenis ini, yaitu pengetahuan tentang kriteria untuk menentukan jenis-jenis tulisan, pengetahuan tentang kriteria pemilihan rumus yang sesuai untuk memecahkan masalah dan pengetahuan memilih metode statistik yang sesuai untuk mengolah data.

Dari berbagai jenis pengetahuan tersebut, penelitian ini mengacu pada klasifikasi pengetahuan menurut Lorin Anderson dan David Krathwohl dengan 4 jenis pengetahuan yaitu pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual, pengetahuan prosedural dan pengetahuan metakognitif. Namun, dikarenakan pengetahuan metakognisi adalah

pengetahuan tentang keterampilan melakukan sesuatu, maka pengetahuan metakognisi tidak bisa dimasukkan kedalam uraian materi pengetahuan. Sehingga penelitian ini fokus pada penguraian materi yang mencakup tiga ranah pengetahuan yaitu pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan metakognitif.

### **3. Materi Fisika**

Fisika sebagai bagian dari Ilmu Pengetahuan Alam diperoleh dan dikembangkan berdasarkan percobaan untuk mencari jawaban mengenai gejala-gejala alam khususnya yang berkaitan dengan materi dan energi.

Kompetensi inti materi fisika terdiri atas 4 (empat) aspek, yaitu: sikap spiritual, sikap sosial, pengetahuan, dan keterampilan. Sikap spiritual dan sikap sosial pada mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam tidak dirumuskan, tetapi menjadi hasil pembelajaran tidak langsung (*indirect teaching*) dari pengetahuan dan keterampilan, sehingga perlu direncanakan pengembangannya. Kompetensi sikap spiritual dan sikap sosial dicapai melalui pembelajaran tidak langsung yaitu keteladanan, pembiasaan, dan budaya sekolah, dengan memperhatikan karakteristik mata pelajaran serta kebutuhan dan kondisi siswa. Sedangkan kompetensi pengetahuan dan kompetensi keterampilan dirinci lebih lanjut dalam KD mata pelajaran.

Kerangka pengembangan Kompetensi Dasar (KD) ilmu Fisika mengacu pada Kompetensi Inti (KI) sebagai unsur pengorganisasi KD secara vertikal dan horizontal. Pengembangan kompetensi dasar berdasarkan pada prinsip akumulatif, saling memperkuat (*reinforced*) dan memperkaya (*enriched*) antar mata pelajaran dan jenjang pendidikan (organisasi

horizontal dan vertikal). Organisasi KD secara vertikal, berupa keterkaitan KD antar kelas harus memenuhi prinsip belajar, yaitu terjadi suatu akumulasi yang berkesinambungan antar kompetensi yang dipelajari siswa. Organisasi KD secara horizontal berupa keterkaitan antara KD suatu mata pelajaran dengan KD mata pelajaran lain dalam satu kelas yang sama sehingga terjadi proses saling memperkuat.

### Ruang Lingkup Materi Fisika

Kelas X	Kelas XI	Kelas XII
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hakikat fisika dan prosedur ilmiah</li> <li>• Pengukuran</li> <li>• Gerak lurus, gerak parabola, gerak melingkar, dan gerak harmonis</li> <li>• Hukum-hukum Newton</li> <li>• Usaha (kerja) dan energi</li> <li>• Momentum, impuls dan tumbukan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesetimbangan</li> <li>• Dinamika rotasi</li> <li>• Hukum Hooke</li> <li>• Fluida statis dan dinamis</li> <li>• Suhu dan kalor</li> <li>• Teori kinetik gas dan termodinamika</li> <li>• Gelombang, bunyi, dan cahaya</li> <li>• Alat-alat optik</li> <li>• Gejala pemanasan global</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Listrik statik dan Dinamik</li> <li>• Medan magnetik dan induksi elektromagnetik</li> <li>• Arus bolak-balik</li> <li>• Radiasi elektromagnetik</li> <li>• Teori relativitas</li> <li>• Fenomena kuantum</li> <li>• Inti atom</li> <li>• Teknologi digital</li> </ul>

Gambar 1. Ruang Lingkup Materi Fisika

Sumber: Kemendikbud, 2017

### X.3.1 Hakikat Fisika dan Prosedure Ilmiah

#### A. Hakikat Fisika dan Perlunya Mempelajari Fisika

Setiap hari kita menemui fenomena fisika. Contohnya adalah ketika es mencair jika dipanaskan, Mobil memerlukan bahan bakar supaya bisa berjalan, fenomena ketika menimba air di sumur akan lebih mudah menggunakan katrol dan memindahkan batu besar akan lebih mudah dengan menggunakan pengungkit serta fenomena kapal yang terbuat dari besi mengapung di lautan.

Fisika adalah cabang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang mempelajari alam yang tidak hidup dalam lingkungan hidup ruang dan waktu dan semua

interaksi yang menyertainya. Fisika juga disebut ilmu paling mendasar karena setiap ilmu alam lainnya (biologi, kimia, geologi dan lainnya) mempelajari jenis sistem materi tertentu yang mematuhi hukum fisika (Sarwono, 2009)

Fisika pada hakikatnya dapat dipandang sebagai produk, proses, dan sikap ilmiah.

### 1. Fisika sebagai Produk ilmiah

Fisika sebagai Produk Ilmiah artinya hasil-hasil penemuan secara ilmiah menurut bidang kajian yang sejenis menghasilkan ilmu pengetahuan yang kemudian disebut sebagai fisika, kimia dan biologi. Bentuk produk fisika tersebut adalah fakta, konsep, prinsip, hukum, rumus, model, postulat dan lain-lain.

### 2. Fisika sebagai Proses ilmiah

Pemahaman fisika sebagai proses sangat berkaitan dengan kata-kata kunci fenomena, dugaan, pengamatan, pengukuran, penyelidikan, dan publikasi. Pembelajaran fisika sebagai proses hendaknya berhasil mengembangkan keterampilan proses sains pada diri siswa.

### 3. Fisika sebagai Sikap ilmiah

Fisika sebagai sikap ilmiah merupakan pemikiran-pemikiran para ilmuwan yang bergerak dalam bidang fisika itu menggambarkan, rasa ingin tahu dan rasa penasaran mereka yang besar, diiringi dengan rasa percaya, sikap objektif, jujur dan terbuka serta mau mendengarkan pendapat orang lain.

Manfaat mempelajari fisika diantaranya adalah

- a. Dapat menyingkap rahasia alam

- b. Fisika berada didepan dalam perkembangan energi
- c. Berperan besar dalam penemuan penemuan teknologi
- d. Melatih berfikir logis dan sistimatis
- e. Dapat diaplikasikan di kehidupan sehari hari

(Sunardi,2016)

## B. Ruang Lingkup Fisika

### 1. Bidang industri

Banyak penemuan penemuan baru dalam dunia industri yang melalui penelitian fisika penemuan bahan semikonduktor,peralatan optik,bahan polimer,penemuan mesin mesin industri ,dalam bidang industri otomotif AC sebagai pendingin ruangan yang menerapkan hukum termodinamika.

### 2. Bidang Teknologi

Banyak peralatan teknologi canggih yang menerapkan konsep dasar hukum fisika misal teknologi digital menerapkan konsep gelombang elektromagnetik ,penggunaan lampu TL,monitor komputer, layar LCD dll.

### 3. Bidang Transportasi

Penerapan transportasi tradisional hingga modern menggunakan konsep fisika ,yaitu delman atau gerobak yang menggunakan gaya dorong. Peralatan transportasi darat menggunakan konsep kecepatan ,transportasi laut dan udara menerapkan hukum hukum fisika tentang fluida.

### 4. Bidang Telekomunikasi

Penemuan peralatan telekomunikasi menggunakan hukum fisika tentang gelombang.

## 5. Bidang Pertanian

Sistem pengairan menggunakan pompa menerapkan hukum fisika, penggunaan teknologi Radiasi dalam pertanian contohnya untuk mengatasi serangan hama pengganggu tanaman pertanian yang dapat menurunkan kuantitas maupun kualitas.

### f. Bidang Kedokteran

Ditemukannya peralatan kedokteran seperti Endoskopi, CT scan, X-ray, radio terapi, dan elektromiogram.

## C. Metode dan Prosedure Ilmiah

Hasil pemikiran ilmuwan tersebut yang diperoleh melalui pengamatan dan penelitian yang menjadi dasar beberapa eksperimen yang akan dilakukan hingga akhirnya lahir sebuah hukum Fisika. Proses tersebut dinamakan metode ilmiah.

Langkah-langkah metode ilmiah adalah sebagai berikut:

### 1. Merumuskan masalah

Rumusan masalah dimulasi dari rasa ingin tahu seseorang pada suatu fenomena yang diamatinya, yang dinyatakan dalam 5W+1H

### 2. Mempelajari Penelitian Terlebih Dahulu

Seorang ilmuwan harus mempelajari sesuatu yang diamatinya dengan melakukan studi pustaka dan mencari sumber-sumber yang menjadi dasar penelitiannya.

### 3. Merumuskan Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap masalah penelitian yang masih bersifat praduga karena masih harus dibuktikan atau diujikan kebenarannya

#### 4. Menguji Hipotesis dengan melakukan percobaan

Untuk menguji suatu hipotesis, seorang ilmuwan seringkali dengan sengaja menciptakan gejala-gejala tertentu melalui kegiatan eksperimen atau percobaan ilmiah, sehingga seorang ilmuwan dapat memperoleh data-data atau informasi yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian.

#### 5. Mengalisis Data dan Menarik kesimpulan

Ketika sejumlah data atau informasi hasil percobaan telah diperoleh, kemudian seorang ilmuwan melakukan analisis data untuk mengetahui apakah data tersebut sudah cukup mendukung hipotesis.

#### 6. Mengkomunikasikan Hasil

Setelah melakukan penelitian seorang ilmuwan harus menyampaikan hasil penelitiannya agar hasil penelitiannya dapat bermanfaat, hasil penelitian tersebut hendaknya disampaikan kepada masyarakat melalui berbagai forum ilmiah seperti seminar, lokakarya, dan symposium

(Sunardi, 2016)

### D. Keselamatan Kerja di Laboratorium

Laboratorium sebagai tempat untuk melakukan eksperimen dalam kerja ilmiah termasuk salah satu tempat yang memiliki resiko tinggi menimbulkan kecelakaan. Percobaan dan pengamatan dapat berjalan lancar apabila

memperhatikan keselamatan kerja ,baik keselamatan individu maupun bahan dan alat alat yang digunakan.

### 1. Jenis jenis Bahaya dalam Laboratorium

- a. Kebakaran , akibat penggunaan bahan kimia yang mudah terbakar
- b. Ledakan , akibat reaksi eksplosif dari bahan kimia reaktif (oksidator)
- c. Keracunan bahan kimia yang berbahaya
- d. Iritasi , peradangan pada kulit atau saluran pernafasan dan juga mata
- e. Luka pada kulit atau mata akibat pecahan kaca , logam ,kayu dan lain lain.
- f. Sengatan Listrik.

### 2. Usaha Pencegahan Kecelakaan di Laboratorium

Usaha pencegahannya sebagai berikut :

- a. Penyediaan berbagai alat atau bahan ditempat yang mudah dicapai
- b. Ember berisi pasir untuk mencegah kebakaran kecil
- c. Alat pemadam kebakaran
- d. Kotak PPK
- e. Tidak mengunci pintu waktu laboratorium sedang dipakai
- f. Penyimpanan bahan kimia yang mudah terbakar dan berbahaya ditempat yang khusus.
- g. Pengadaan latihan cara menanggulangi kebakaran
- h. Penggunaan tegangan listrik yang rendah

### 3. Aturan di Laboratorium

- 1) Siswa tidak diperbolehkan masuk tanpa seizin guru
- 2) Memakai jas praktikum waktu mengadakan kegiatan dilaboratorium

- 3) Baca semua petunjuk untuk melakukan eksperimen
- 4) Dilarang makan atau minum saat ada kegiatan praktikum
- 5) Dilarang menyalakan api
- 6) Selesai kegiatan ,kembalikan alat alat seperti semula
- 7) Cuci tangan setelah melakukan kegiatan
- 8) Setelah selesai bersihkan meja kerja dan ruangan laboratorium
- 9) Cek kembali semua peralatan dan pastikan semua dalam keadaan aman.

Berdasarkan uraian diatas, maka materi hakikat fisika dan prosedur ilmiah dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual,konseptual,prosedural seperti tabel 1

**Tabel 1. Uraian Materi Hakikat Fisika Dan Prosedur Ilmiah**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	TL adalah kependekan dari <i>fluorescent lamp</i>
	LCD adalah kependekan dari <i>Liquid Crystal Display</i>
	CT adalah kependekan dari <i>Computerized Tomography</i>
	PPPK adalah kependekan dari Pertolongan Pertama pada Kecelakaan
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Es mencair jika dipanaskan
	Mobil memerlukan bahan bakar supaya bisa berjalan
	Menimba air di sumur akan lebih mudah menggunakan katrol
	Memindahkan batu besar akan lebih mudah dengan menggunakan pengungkit
	Kapal yang terbuat dari besi mengapung di lautan.
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Fisika adalah cabang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang mempelajari alam yang tidak hidup dalam lingkungan hidup ruang dan waktu dan semua interaksi

	<p>yang menyertainya.</p> <p>Ilmu Pengetahuan Alam terbagi menjadi Fisika, Kimia dan Biologi</p> <p>Produk Fisika terdiri dari konsep, hukum dan teori</p> <p>Fisika pada hakikatnya dapat dipandang sebagai produk , proses, dan sikap ilmiah.</p> <p>Ruang Lingkup Ilmu Fisika adalah bidang industri, bidang teknologi, bidang transportasi, bidang telekomunikasi, bidang pertanian, dan bidang kedokteran</p> <p>Yang termasuk jenis bahaya dalam laboratorium adalah kebakaran, ledakan , keracunan , iritasi , luka pada kulit atau mata ,dan sengatan listrik.</p>
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	<p>Hukum kekekalan energi disebut juga hukum fisika, sementara gaya, suhu, kecepatan, momentum, massa jenis dan energi dan lain sebagainya disebut konsep Fisika</p> <p>Percobaan dan pengamatan di laboratorium dapat berjalan lancar apabila memperhatikan keselamatan kerja, baik keselamatan individu maupun bahan dan alat alat yang digunakan.</p> <p>Usaha atau tindakan pencegahan kecelakaan dilaboratorium yang paling baik adalah bersikap dan bertindak hati hati , bekerja dengan baik dan teliti, tidak ceroboh serta mentaati segala peraturan dan tata tertib yang berlaku.</p>
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	<p>Fisika sebagai Produk Ilmiah artinya hasil-hasil penemuan secara ilmiah menurut bidang kajian yang sejenis menghasilkan ilmu pengetahuan yang kemudian disebut sebagai fisika, kimia dan biologi.</p> <p>Pemahaman fisika sebagai proses sangat berkaitan dengan kata-kata kunci fenomena, dugaan, pengamatan, pengukuran, penyelidikan, dan publikasi.</p>

	Fisika sebagai sikap ilmiah menggambarkan, rasa ingin tahu dan rasa penasaran mereka yang besar, diiringi dengan rasa percaya, sikap objektif, jujur dan terbuka serta mau mendengarkan pendapat orang lain.
	<p>Manfaat mempelajari fisika diantaranya diantaranya adalah</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. dapat menyingkap rahasia alam,</li> <li>b. fisika berada didepan dalam perkembangan energy,</li> <li>c. berperan besar dalam penemuan penemuan teknologi,</li> <li>d. sebagai ilmu dasar dalam andil pengembangan teknologi,</li> <li>e. melatih berfikir logis dan sistimatis,</li> <li>f. dapat diaplikasikan di kehidupan sehari hari</li> </ol>
	Ruang Lingkup Fisika di bidang Industri diantaranya adalah banyak penemuan penemuan baru dalam dunia industri yang melalui penelitian fisika
	Ruang Lingkup Fisika di bidang Teknologi diantaranya adalah banyak peralatan teknologi canggih yang menerapkan konsep dasar hukum fisika
	Lingkup Fisika di Bidang Kedokteran diantaranya ditemukan peralatan kedokteran seperti Endoskopi,CT scan, X -ray ,radio terapi,dan elektromiogram.
	Lingkup Fisika di bidang pertanian diantaranya sistem pengairan menggunakan pompa menerpakan hokum fisika,penggunaan teknologi Radiasi dalam pertanian
	Lingkup Fisika di bidang Telekomunikasi diantaranya penemuan peralatan telemunikasi menggunakan hukum fisika tentang gelombang.
	Lingkup Fisika di bidang Transportasi diantaranya adalah penerapan transportasi tradisional hingga modern menggunakan konsep fisika ,yaitu delman atau gerobak yang menggunakan gaya dorong.

	<p>Peralatan transportasi darat menggunakan konsep kecepatan ,transpotasi laut dan udara menerapkan hukum hukum fisika tentang fluida.</p>
	<p>Proses melahirkan hukum Fisika dari pemikiran ilmuwan melalui pengamatan dan penelitian dinamakan metode ilmiah.</p>
	<p>Syarat pengetahuan yang ilmiah adalah obyektif, metodik, sistematis, dan berlaku umum</p>
	<p>Laboratorium sebagai tempat untuk melakukan eksperimen dalam kerja ilmiah termasuk salah satu tempat yang memiliki resiko tinggi menimbulkan kecelakaan</p>
	<p>Usaha pencegahan kecelakaan dilaboratorium yang paling baik adalah bersikap dan bertindak hati hati , bekerja dengan baik dan teliti, tidak ceroboh serta mentaati segala peraturan dan tata tertib yang berlaku.</p>
<p>Pengetahuan Prosedural</p>	
<p>Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma</p>	<p>Langkah-langkah metode ilmiah:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Merumuskan masalah</li> <li>2. Mempelajari Penelitian Terlebih Dahulu</li> <li>3. Merumuskan Hipotesis</li> <li>4. Menguji Hipotesis dengan melakukan percobaan</li> <li>5. Mengalisis Data dan Menarik kesimpulan</li> <li>6. Mengkomunikasikan Hasil</li> </ol> <p>Langkah-langkah pencegahan kecelakaan di laboratorium</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penyediaan berbagai alat atau bahan ditempat yang mudah dicapai</li> <li>2. Ember berisi pasir untuk mencegah kebakaran kecil</li> <li>3. Alat pemadam kebakaran</li> <li>4. Kotak PPPK</li> <li>5. Tidak mengunci pintu waktu laboratorium sedang</li> </ol>

	<p>dipakai</p> <p>6. Penyimpanan bahan bahan yang mudah terbakar dan berbahaya ditempat yang khusus.</p> <p>7. Pengadaan latihan latihan cara menanggulangi kebakaran</p> <p>8. Penggunaan teangan listrik yang rendah</p>
<p>Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu</p>	<p>Cara penanggulangan kejutan listrik:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melakukan hubungan pendek</li> <li>2. Melepaskan steker dari stopkontak</li> <li>3. Memutus arus dari sakelar yang tersedia</li> <li>4. Menarik bagian tubuh penderita yang terkena dengan isolator</li> </ol> <p>Cara penanggulangan kebakaran di laboratorium:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apabila spimembesar segera dipadamkan</li> <li>2. Api yang baru timbul segera dipadamkan dengan karung basah atau selimut api</li> <li>3. Menggunakan pemadam kebakaran</li> </ol> <p>Cara pencegahan Kebakaran di Laboratorium:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menyediakan pemutus arus yang dekat dengan jangkauan</li> <li>2. Mengetahui letak kabel yang terhubung dengan sumber tegangan utama saat berfungsi</li> <li>3. Mengetahui kesesuaian tegangan yang akan digunakan dengan kemampuan alat yang akan digunakan.</li> <li>4. Menyediakan saklar penyambung dan pemutus ke stop kontak masing masing</li> <li>5. Memastikan semua kabel terhubung sempurna</li> <li>6. Memberikan petunjuk pada pengguna laboratorium sebelum melakukan kegiatan yang berkaitandengan arus listrik</li> </ol>
<p>Pengetahuan tentang Kriteria</p>	<p>Aturan aturan Keselamatan terhadap Listrik</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pastikan tangan dan meja kerja dalam keadaan kering</li> </ol>

untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Pastikan keadaan listrik telah terputus dari sumber listrik saat melakukan pengubahan rangkaia listrik</li> <li>3. Jangan menggunakan steker yang bertumpuk tumpuk distopkontak karena dapat menyebabkan kelebihan beban yang dapat menimbulkan panas dan memicu kebakaran</li> </ol>
	Aturan aturan umum di laboratorium: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Siswa tidak diperbolehkan masuk tanpa seizin guru</li> <li>2. Memakai jas praktikum waktu mengadakan kegiatan dilaboratorium</li> <li>3. Baca semua petunjuk untuk melakukan eksperimen</li> <li>4. Dilarang makan atau minum saat ada kegiatan praktikum</li> <li>5. Dilarang menyalakan api</li> <li>6. Selesai kegiatan ,kembalikan alat alat seperti semula</li> <li>7. Cuci tangan setelah melakukan kegiatan</li> <li>8. Setelah selesai bersihkan meja kerja dan ruangan laboratorium</li> <li>9. Cek kembali semua peralatan dan pastikan semua dalam keadaan aman.</li> </ol>

### X. 3.2 Pengukuran

Aktivitas mengukur yang tentu sering kita lihat misalnya mengukur massa beras, massa daging dan mengukur panjang sebidang tanah. Kegiatan pengukuran begitu akrab dalam keseharian kita. (Sunardi,2016).

#### A. Konsep Pengukuran

Mengukur adalah membandingkan suatu besaran dengan besaran sejenis yang digunakan sebagai satuan. Jadi pengukuran adalah kegiatan membandingkan suatu besaran dengan besaran sejenis yang digunakan sebagai satuan (Sarwono,2009).

Besaran fisika didefinisikan sebagai segala sesuatu yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka. Besaran fisika meliputi besaran pokok dan besaran turunan. Besaran pokok adalah besaran dasar yang sudah ditetapkan terlebih dahulu, sedangkan besaran turunan adalah besaran yang dijabarkan dari beberapa besaran pokok atau besaran turunan lainnya. Besaran yang termasuk besaran pokok dan besaran turunan ditabulasi oleh gambar 2 dan gambar 3.

Besaran Pokok	Satuan	Lambang Dimensi
Panjang	meter (m)	[L]
Massa	kilogram (kg)	[M]
Waktu	sekon (s)	[T]
Kuat Arus listrik	ampere (A)	[I]
Suhu	kelvin (K)	[θ]
Jumlah zat	mol (mol)	[N]
Intensitas cahaya	kandela (cd)	[J]

Gambar 2. Nama-nama Besaran Pokok, Satuan, dan Dimensi

Sumber: <http://www.sciencebuddies.org>

Besaran Turunan	Analisis	Dimensi
Luas	[panjang] x [panjang]	[L] <sup>2</sup>
Volume	[panjang] x [panjang] x [panjang]	[L] <sup>3</sup>
Kecapatan	$\frac{[\text{panjang}]}{[\text{waktu}]}$	[L][T] <sup>-1</sup>
Percepatan	$\frac{[\text{kecepatan}]}{[\text{waktu}]}$	[L][T] <sup>-2</sup>
Massa jenis	$\frac{[\text{massa}]}{[\text{volume}]}$	[M][L] <sup>-3</sup>

Gambar 3. Besaran Turunan, Analisis dan Dimensinya

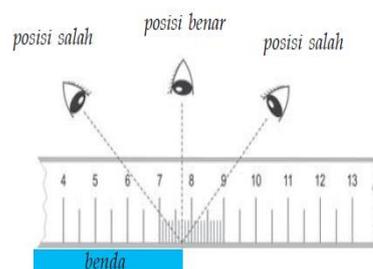
Sumber: <http://www.sciencebuddies.org>

## B. Pengukuran Besaran Fisika

### 1. Pengukuran Panjang

#### a. Mistar

Mistar dengan skala mm, berarti skala terkecil 1 mm, sehingga mistar tersebut memiliki ketelitian sebesar 0,5 mm atau 0,05 cm (Kanginan,2016:2). Cara pembacaan alat terlihat pada gambar 4.



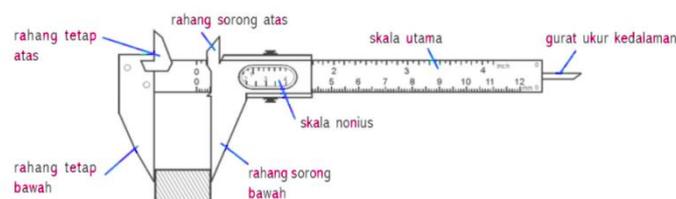
Gambar 4. Cara membaca Skala yang Tepat

Sumber:<http://ramliyana-fisika.blogspot.co.id>

#### b. Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur panjang, tebal, kedalaman lubang, dan diameter luar maupun diameter dalam suatu benda dengan batas ketelitian 0,1 mm atau 0,01 cm. (Sarwono,2009). Bagian-bagian Jangka Sorong ditunjukkan oleh gambar

5



Gambar 5. Bagian-bagian Jangka Sorong

Sumber: wikipedia

Cara membaca hasil pengukuran pada Jangka Sorong:

1) Tentukan nilai skala utama terlebih dahulu.

- 2) Tentukan nilai skala nonius dengan cara mengalikan skala berimpit pada skala nonius terhadap skala utama dengan NST dari jangka sorong.
- 3) Jumlahkan hasil skala utama dengan skala nonius (Sunardi, 2016).

#### c. Mikrometer Sekrup

Mikrometer sekrup merupakan alat ukur ketebalan benda yang relatif tipis, misalnya kertas, seng, dan karbon mengukur diameter benda-benda bulat yang kecil seperti tebal kertas dan diameter kawat. Batas ketelitian dari Mikrometer Sekrup adalah 0,01 mm. (Sarwono,2009)

Cara membaca hasil pengukuran pada mikrometer sekrup:

- 1) Tentukan nilai skala utama terlebih dahulu.
- 2) Tentukan nilai skala putar dengan cara mengalikan skala berimpit pada skala nonius terhadap skala utama dengan NST dari mikrometer sekrup
- 3) Jumlahkan hasil skala utama dengan skala nonius (Sunardi,2016)

## 2. Pengukuran Massa

Besaran massa diukur menggunakan neraca. Neraca dibedakan menjadi beberapa jenis, seperti neraca analitis dua lengan, neraca Ohaus, neraca lengan gantung, dan neraca digital.

#### a. Neraca analitis dua lengan

Neraca ini berguna untuk mengukur massa benda dengan batas ketelitian neraca analitis dua lengan yaitu 0,1 gram.

#### b. Neraca lengan gantung

Neraca lengan gantung atau bisa disebut juga neraca tiga lengan, yang cara kerjanya dengan menggeser beban pemberat di sepanjang batang.

c. Neraca digital

Neraca digital (neraca elektronik) di dalam penggunaannya sangat praktis, karena besar massa benda yang diukur langsung ditunjuk dan terbaca pada layarnya. Ketelitian neraca digital ini sampai dengan 0,001 gram (Sunardi,2016)

3. Pengukuran Waktu

Waktu merupakan besaran yang menunjukkan lamanya suatu peristiwa berlangsung. Berikut ini beberapa alat untuk mengukur besaran waktu:

a. Stopwatch

Dengan ketelitian 0,1 detik, alat ini biasanya digunakan untuk pengukuran waktu dalam kegiatan olahraga atau dalam praktik penelitian.

b. Arloji

Arloji adalah alat ukur waktu yang paling banyak digunakan manusia dan sudah menjadi salah satu aksesoris wajib baik bagi pria maupun wanita. Arloji atau jam tangan umumnya memiliki ketelitian 1 detik.

c. Waktu elektronik

Penunjukannya mencapai ketelitian 1/1000 detik.

d. Jam atom Cesium

Dibuat dengan ketelitian 1 detik tiap 3.000 tahun, artinya kesalahan pengukuran jam ini kira-kira satu detik dalam kurun waktu 3.000 tahun.

(Sunardi,2016)

### C. Angka Penting

Angka penting (angka berarti atau angka benar) adalah semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran, yang terdiri atas satu atau lebih angka pasti (eksak) dan satu angka terakhir yang ditaksir atau diragukan.

#### 1. Aturan Penulisan Angka Penting

- a. Semua angka bukan nol adalah angka penting
- b. Semua angka nol yang terletak di antara angka-angka bukan nol termasuk angka penting.
- c. Semua angka nol di sebelah kanan angka bukan nol tanpa desimal tidak termasuk angka penting, kecuali diberi tanda khusus garis mendatar atas atau bawah termasuk angka penting
- d. Semua angka nol di sebelah kiri angka bukan nol tidak termasuk angka penting.

(Sarwono, 2009)

#### 2. Pembulatan Bilangan Penting

Bilangan dibulatkan sampai mengandung sejumlah angka penting yang diinginkan dengan menghilangkan satu atau lebih angka di sebelah kanan tanda koma desimal.

- a. Bila angka itu lebih besar daripada 5, maka angka terakhir yang dipertahankan harus dinaikkan 1.
- b. Bila angka itu lebih kecil daripada 5, maka angka terakhir yang dipertahankan tidak berubah.

- c. Bila angka itu tepat 5, maka angka terakhir yang dipertahankan harus dinaikkan 1 jika angka itu tadinya angka ganjil, dan tidak berubah jika angka terakhir yang dipertahankan itu tadinya angka genap.

(Sarwono,2009)

### 3. Operasi-operasi dalam angka penting

Dalam aturan berhitung dengan angka penting yang harus diingat adalah jumlah angka penting hasil pengukuran tidak mungkin melebihi jumlah angka penting pada hasil pengukuran.

- a. Operasi penjumlahan dan Pengurangan
- b. Operasi perkalian dan pembagian dengan angka penting
- c. Operasi penarikan akar dengan angka penting
- d. Perkalian antara bilangan penting dan bilangan eksak

(Sarwono,2009)

### D. Ketelitian (Akurasi) dan Ketepatan (Presisi)

Pada dasarnya, semua pengukuran selalu diliputi dengan kesalahan yang berkontribusi terhadap ketidakpastian hasil pengukuran tersebut. Terdapat dua jenis kesalahan pengukuran, yaitu kesalahan acak dan kesalahan sistematis.

#### 1. Kesalahan Acak dan Kesalahan Matematis

Kesalahan acak adalah kesalahan dalam pengukuran yang memungkinkan nilai-nilai dari besaran yang di ukur menjadi tidak konsisten ketika pengukuran tersebut diulang. Kesalahan sistematis adalah kesalahan pengukuran yang di sebabkan oleh ketidaktepatan sistem pengukuran tersebut.

Usaha mengurangi kesalahan sistematis

- a. Lakukan kalibrasi terhadap alat ukur yang di gunakan
  - b. Alat titik nol skala alat ukur agar berimpit dengan titik nol jarum penunjuk skala.
  - c. Periksa keadaan alat sebelum melakukan pengukuran,
  - d. Bacalah skala secara tegak lurus.
  - e. Periksa keadaan lingkungan, seperti suhu, tekanan udara, dan kelembapan sebelum dan sesudah melakukan pengukuran
2. Ketidakpastian Pengukuran Tunggal dan Pengukuran Berulang

Jika kita melakukan pengukuran tunggal, maka data pengukuran tersebut biasanya di laporkan sebagai berikut.

$$X = X_0 \pm \Delta t = X_0 \pm \frac{1}{2} NST$$

Perbandingan  $\frac{\Delta t}{X_0}$  adalah ketidakpastian pengukuran.

Jika kita melakukan pengukuran berulang, maka data pengukuran yang dilaporkan sebagai berikut:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$\Delta x = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}} \quad \text{atau} \quad \Delta x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

Ketidakpastian relatif biasanya dinyatakan dalam persen sebagai berikut:  $\frac{\Delta x}{\bar{x}}$

$$\text{Ketidakpastian relatif} = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \times 100 \%$$

(Sunardi,2016)

Berdasarkan uraian diatas, maka materi pengukuran dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural seperti tabel 2 :

**Tabel 2. Uraian Materi Pengukuran**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Hasil pengukuran besaran $x$ ke- $i$ disimbolkan $x_i$
	Jumlah pengulangan pengukuran disimbolkan $n$
	Nilai besaran yang di ukur disimbolkan $x$
	Nilai rata-rata $x$ disimbolkan $\bar{x}$
	Skala terkecil alat ukur disimbolkan NST
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Petugas posyandu menimbang baita
	Penjual menimbang ikan di pasar sesuai permintaan pelanggan.
	Mengukur panjang sebidang tanah.
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Besaran fisika meliputi besaran pokok dan besaran turunan
	Menurut Bueche besaran dibedakan menjadi dua, yaitu besaran skalar dan besaran vektor
	Terdapat dua jenis kesalahan pengukuran, yaitu kesalahan acak dan kesalahan sistematis.
	Alat untuk mengukur besaran waktu diantaranya adalah Stopwatch, Arloji, Waktu elektronik, Jam atom Cesium.
	Alat untuk mengukur besaran massa dibedakan menjadi Neraca analitis dua lengan, Neraca lengan gantung, dan Neraca digital
	Alat untuk mengukur besaran panjang diantaranya adalah Mistar, Jangka Sorong, dan Mikrometer Sekrup
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Mistar dengan skala mm, berarti skala terkecil 1 mm, sehingga mistar tersebut memiliki ketelitian sebesar 0,5 mm atau 0,05 cm.
	Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur panjang, tebal, kedalaman lubang, dan diameter luar maupun diameter dalam suatu benda

	dengan batas ketelitian 0,1 mm atau 0,01 cm.
	Batas ketelitian dari Mikrometer Sekrup adalah 0,01 mm.
	Hasil pengukuran dilaporkan seperti $X = X_0 \pm \Delta t = X_0 \pm \frac{1}{2} NST$
	Untuk pengukuran berulang, hasil pengukuran dilaporkan seperti $x = \bar{x} \pm \Delta x$ <p>dengan</p> $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad \text{dan} \quad \Delta x = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}}$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	Mengukur adalah membandingkan suatu besaran dengan besaran sejenis yang digunakan sebagai satuan
	Besaran fisika didefinisikan sebagai segala sesuatu yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka.
	Besaran pokok adalah besaran dasar yang sudah ditetapkan terlebih dahulu
	Besaran turunan adalah besaran yang dijabarkan dari beberapa besaran pokok atau besaran turunan lainnya.
	Ketidakpastian mutlak dapat digunakan untuk menentukan ketepatan hasil pengukuran,
	Semakin kecil harga $\Delta x$ suatu pengukuran, semakin tepat hasil pengukuran tersebut dan sebaliknya.
	Ketidakpastian relative berhubungan dengan ketelitian pengukuran.
	Semakin kecil harga ketidakpastian relative suatu pengukuran, semakin teliti hasil pengukuran tersebut dan sebaliknya.
	Kesalahan acak adalah kesalahan dalam pengukuran yang memungkinkan nilai-nilai dari besaran yang diukur menjadi tidak konsisten ketika pengukuran tersebut diulang.

	<p>Kesalahan sistematis adalah kesalahan pengukuran yang di sebabkan oleh ketidaktepatan sistem pengukuran tersebut.</p> <p>Hasil operasi penjumlahan atau pengurangan angka penting hanya boleh mengandung satu angka yang diragukan</p> <p>Perkalian atau pembagian antara bilangan penting dan bilangan eksak menghasilkan angka penting yang sesuai dengan jumlah bilangan pada angka penting</p> <p>Penulisan hasil dan penarikan akar disesuaikan dengan jumlah angka penting yang terkandung pada bilangan yang ditarik akarnya.</p> <p>Pada operasi perkalian atau pembagian, jumlah penulisan angka penting disesuaikan dengan jumlah deretan angka penting yang paling sedikit.</p> <p>Angka penting adalah semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran, yang terdiri atas satu atau lebih angka pasti (eksak) dan satu angkaterakhir yang ditaksir atau diragukan.</p> <p>Waktu merupakan besaran yang menunjukkan lamanya suatu peristiwa berlangsung.</p> <p>Mikrometer sekrup merupakan alat ukur ketebalan benda yang relatif tipis,</p>
<b>Pengetahuan Prosedural</b>	
<p>Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma</p>	<p>Langkah-langkah mengurangi kesalahan sistematis</p> <p>Lakukan kalibrasi terhadap alat ukur yang di gunakan</p> <p>Alat titik nol skala alat ukur agar berimpit dengan titik nol jarum penunjuk skala.</p> <p>Periksa keadaan alat sebelum melakukan pengukuran, Bacalah skala secara tegak lurus.</p> <p>Periksa keadaan lingkungan, seperti suhu, tekanan udara, dan kelembapan sebelum dan sesudah melakukan</p>

	pengukuran
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	<p>Cara membaca hasil pengukuran pada mikrometer sekrup: Tentukan nilai skala utama terlebih dahulu. Tentukan nilai skala putar dengan cara mengalikan skala berimpit pada skala nonius terhadap skala utama dengan NST dari mikrometer sekrup Jumlahkan hasil skala utama dengan skala nonius</p> <p>Cara membaca hasil pengukuran pada Jangka Sorong: Tentukan nilai skala utama terlebih dahulu. Tentukan nilai skala nonius dengan cara mengalikan skala berimpit pada skala nonius terhadap skala utama dengan NST dari jangka sorong. Jumlahkan hasil skala utama dengan skala nonius</p>
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	<p>Aturan Pembulatan Angka Penting Bila angka itu lebih besar daripada 5, maka angka terakhir yang dipertahankan harus dinaikkan 1. Bila angka itu lebih kecil daripada 5, maka angka terakhir yang dipertahankan tidak berubah. Bila angka itu tepat 5, maka angka terakhir yang dipertahankan harus dinaikkan 1 jika angka itu tadinya angka ganjil, dan tidak berubah jika angka terakhir yang dipertahankan itu tadinya angka genap.</p> <p>Aturan Penulisan Angka Penting Semua angka bukan nol adalah angka penting Semua angka nol yang terletak di antara angka-angka bukan nol termasuk angka penting. Semua angka nol di sebelah kanan angka bukan nol tanpa desimal tidak termasuk angka penting, kecuali diberi tanda khusus garis mendatar atas atau bawah termasuk angka penting Semua angka nol di sebelah kiri angka bukan nol tidak termasuk angka penting.</p>

	<p>Semua angka nol di belakang angka bukan nol yang terakhir tetapi dibelakang tandadesimal adalah angka penting.</p> <p>Untuk penulisan notasi ilmiah. Misalnya <math>2,5 \times 10^3</math> , dimana <math>10^3</math> disebut orde. Sedangkan 2,5 merupakan mantis. Jumlah angka penting dilihat dari mantisnya dalam hal ini memiliki 2 angka penting.</p>
--	--

### X. 3.3 Vektor

Setiap hari kita mengamati matahari terbit di arah timur bumi dan terbenam di arah barat bumi, kemudian kamu berangkat kesekolah dengan berjalan beberapa meter, dan melihat perahu yang menyeberangi sungai berarus deras akan membentuk resultan vektor. Pesawat terbang, kapal laut, dan mobil memasang aplikasi *GPS* untuk mendeteksi posisi, kecepatan dan percepatan setiap saat. Semua peristiwa itu menerapkan konsep vektor. (Nurachmandani,2009)

#### A. Konsep Penjumlahan Vektor Sebidang

Berdasarkan nilai dan arahnya, besaran fisika terbagi menjadi besaran skalar dan besaran vektor. *Besaran scalar* adalah besaran yang hanya memiliki besaran atau nilai, missal jarak, luas, dan volume, sedangkan *besaran vektor* adalah besaran yang memiliki nilai dan arah missal perpindahan, kecepatan, dan percepatan. Vektor dapat digambarkan dengan anak panah. Panjang ruas garis itu menunjukkan Panjang vektor tersebut. Arah mata anak panah menyatakan arah vektor. Pangkal anak panah disebut *titik tangkap vektor*. Titik ujung anak panah disebut *ujung vektor*.

Suatu vektor juga dapat dituliskan dengan cara sebagai berikut :

1. Menggunakan lambang huruf kecil yang dicetak tebal.

Contoh : **a**, **b**, dan **c**.

2. Menggunakan huruf kecil yang dibubuhi tanda panah di atasnya.

Contoh :  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ , dan  $\vec{c}$

(Nurachmandani,2009)

#### *Metode Segitiga*

Langkah-langkah untuk mengetahui jumlah dua buah vektor Anda dapat menggunakan metode segitiga adalah sebagai berikut.

1. Lukislah vektor pertama sesuai dengan nilai dan arahnya, misalnya A!
2. Lukislah vektor kedua, misalnya B, sesuai nilai dan arahnya dengantitik tangkapnya berimpit pada ujung vektor pertama!
3. Hubungkan titik tangkap vektor pertama A dengan ujung vektor kedua B!

#### *Metode Poligon*

Langkah-langkah menentukan resultan beberapa vektor dengan metode poligon adalah sebagai berikut.

1. Lukis vektor pertama
2. Lukis vektor kedua, dengan pangkalnya berimpit di ujung vektor pertama
3. Lukis vektor ketiga, dengan pangkalnya berimpit di ujung vektor kedua dan seterusnya hingga semua vektor yang akan dicari resultannya telah dilukis
4. Vektor resultan atau vektor hasil penjumlahannya diperoleh dengan menghubungkan pangkal vektor pertama dengan ujung dari vektor yang terakhir dilukis.

#### *Metode Jajargenjang*

Pada metode jajargenjang terdapat beberapa langkah, yaitu sebagai berikut.

1. Lukis vektor pertama dan vektor kedua dengan titik pangkal berimpit

2. Lukis sebuah jajargenjang dengan kedua vektor tersebut sebagai sisinya
3. Resultan kedua vektor adalah diagonal jajargenjang yang titik pangkalnya sama dengan titik pangkal kedua vektor.

#### B. Konsep Resultan Vektor

1. Vektor dapat diuraikan menjadi dua komponen ke sumbu  $x$  dan sumbu  $y$ .  
Misalkan vektor  $\vec{v}$  diuraikan terhadap sumbu  $x$  dan  $y$ , dengan sudut  $\alpha$ , seperti maka berlaku :

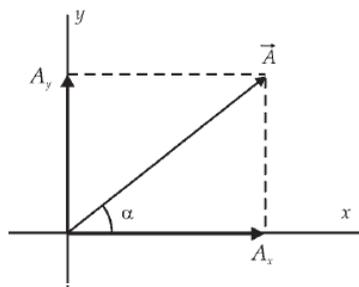
$$\vec{v}_x = \vec{v} \cos \alpha$$

$$\vec{v}_y = \vec{v} \sin \alpha$$

2. Besar sudut antara vektor  $v$  dengan sumbu  $x$  dapat dicari dengan persamaan:

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

3. Sebuah benda dipengaruhi oleh banyak vektor maka resultan vektornya dicari menggunakan cara analitik.



Gambar 6. Penguraian Vektor A

Penguraian suatu vektor adalah kebalikan dari penjumlahan dua vektor.

Suatu vektor  $\vec{A}$  diuraikan menjadi dua komponen yang saling tegak lurus terletak pada sumbu  $x$

dengan komponen  $A_x$  dan pada sumbu  $y$  dengan komponen  $A_y$ . Penguraian sebuah vektor menjadi dua buah vektor  $A_x$  dan  $A_y$  yang saling tegak lurus ditunjukkan pada Gambar 6.

Dari gambar tersebut dapat diperoleh hubungan:

$$\vec{A}_x = \vec{A} \cos \alpha$$

$$\vec{A}_y = \vec{A} \sin \alpha$$

Nilai vektor resultannya diperoleh dengan

$$\vec{A} = \sqrt{\vec{A}_x^2 + \vec{A}_y^2}$$

Sebaliknya jika diketahui dua buah vektor A dan Ay maka arah vektor resultan ditentukan oleh sudut antara vektor tersebut dengan sumbu x yaitu dengan persamaan:

$$\tan \alpha = \frac{\vec{A}_y}{\vec{A}_x}$$

Berdasarkan uraian diatas, maka materi vektor dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural seperti tabel 3 :

**Tabel 3. Uraian Materi Vektor**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	GPS adalah kependekan dari <i>Global Positioning System</i>
	Resultan vektor-vektor komponen pada sumbu x disimbolkan $\sum R_x$
	Resultan vektor-vektor komponen pada sumbu y disimbolkan $\sum R_y$
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Matahari terbit di arah timur bumi dan terbenam di arah barat bumi
	Berangkat kesekolah dengan berjalan beberapa meter
	Melihat perahu yang menyeberangi sungai berarus deras akan membentuk resultan vektor.
	Pesawat terbang, kapal laut, dan mobil memasang aplikasi <i>GPS</i> untuk mendeteksi posisi, kecepatan dan percepatan setiap saat.
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi	Berdasarkan nilai dan arahnya, besaran fisika terbagi menjadi besaran skalar dan besaran vektor.

dan Kategori	Penjumlahan dua vektor atau lebih yang berbeda arahnya dapat diselesaikan dengan metode segitiga, jajar genjang, dan poligon.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Misalkan vektor $\vec{v}$ diuraikan terhadap sumbu $x$ dan $y$ , dengan sudut $\alpha$ , seperti maka berlaku : $\vec{v}_x = \vec{v} \cos \alpha$ $\vec{v}_y = \vec{v} \sin \alpha$
	Besar sudut antara vektor $v$ dengan sumbu $x$ dapat dicari dengan persamaan: $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x}$
	Jika $\vec{A}_x = \vec{A} \cos \alpha$ $\vec{A}_y = \vec{A} \sin \alpha$ maka nilai vektor resultannya diperoleh dengan $\vec{A} = \sqrt{\vec{A}_x^2 + \vec{A}_y^2}$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	Besaran scalar adalah besaran yang hanya memiliki besaran atau nilai
	Besaran vektor adalah besaran yang memiliki nilai dan arah
	Vektor dapat digambarkan dengan anak panah.
	Panjang panah menunjukkan besarnya vector
	Arah anak panah menunjukkan arah vector
	Hasil penjumlahan vektor mencapai maksimum jika dua vektor yang dijumlahkan searah.
	Hasil penjumlahan vektor mencapai minimum jika dua vektor yang dijumlahkan berlawanan arah.
	Vektor dapat diuraikan menjadi dua komponen ke sumbu $x$ dan sumbu $y$ .
	Besar sudut antara vektor $v$ dengan sumbu $x$ dapat dicari dengan persamaan:

	$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x}$
	Sebuah benda dipengaruhi oleh banyak vektor maka resultan vektornya dicari menggunakan cara analitik.
	Penguraian suatu vektor adalah kebalikan dari penjumlahan dua vektor.
<b>Pengetahuan Prosedural</b>	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Langkah-langkah penjumlahan vektor dengan metode segitiga: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lukislah vektor pertama sesuai dengan nilai dan arahnya, misalnya A!</li> <li>2. Lukislah vektor kedua, misalnya B, sesuai nilai dan arahnya dengantitik tangkapnya berimpit pada ujung vektor pertama!</li> <li>3. Hubungkan titik tangkap vektor pertama A dengan ujung vektor kedua B!</li> </ol>
	Langkah-langkah penjumlahan vektor dengan metode poligon <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Lukis vektor pertama dan vektor kedua dengan titik pangkal berimpit</li> <li>b) Lukis sebuah jajargenjang dengan kedua vektor tersebut sebagai sisisisinya</li> <li>c) Resultan kedua vektor adalah diagonal jajargenjang yang titik pangkalnya sama dengan titik pangkal kedua vektor.</li> </ol>
	Langkah penjumlahan vektor dengan metode jajargenjang <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lukis vektor pertama dan vektor kedua dengan titik pangkal berimpit</li> <li>2. Lukis sebuah jajargenjang dengan kedua vektor tersebut sebagai sisisisinya</li> <li>3. Resultan kedua vektor adalah diagonal jajargenjang</li> </ol>

	yang titik pangkalnya sama dengan titik pangkal kedua vektor.
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	<p>Tahap-tahap untuk mencari besra dan arah vektor resultan dengan metode uraian adalah</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buat koordinat ksrtesius x-y</li> <li>2. Letakan titik tangkap semua vektor terhadap titik asal (0,0). Ingat arah vektor tidak boleh diubah</li> <li>3. Uraikan setiap vektor, yang tidak berimpit dengan sumbu x dan sumbu y menjadi komponen-komponenya pada sumbu x dan sumbu y</li> <li>4. Tentukan komponen resultan vektor pada setiap sumbu misalnya: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. <math>\sum R_x =</math> resultan vektor-vektor komponen pada sumbu x</li> <li>b. <math>\sum R_y =</math> resultan vektor-vektor komponen pada sumbu y</li> </ol> </li> <li>5. Besar resultan vektornya <math display="block">R = \sqrt{(\sum R_x)^2 + (\sum R_y)^2}</math> </li> </ol> <p>dan arahnya terhadap sumbu X positif : <math>\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}</math></p>
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	<p>Suatu vektor juga dapat dituliskan dengan cara sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menggunakan lambang huruf kecil yang dicetak tebal. Contoh : <b>a</b>, <b>b</b>, dan <b>c</b>.</li> <li>2. Menggunakan huruf kecil yang dibubuhi tanda panah di atasnya. Contoh : <math>\vec{a}</math>, <math>\vec{b}</math>, dan <math>\vec{c}</math></li> </ol>

### X. 3.4 Gerak Lurus

#### A. Gerak Lurus dengan Kecepatan Konstan

Sebuah mobil melaju di jalan raya yang lurus merupakan contoh gerak lurus, buah kelapa yang jatuh dari pohonnya adalah contoh gerak lurus. Benda

yang bergerak dengan kecepatan tetap dikatakan melakukan gerak lurus beraturan.

Pada gerak lurus beraturan (GLB) kelajuan dan kecepatan hampir sulit dibedakan karena lintasannya yang lurus menyebabkan jarak dan perpindahan yang ditempuh besarnya sama. Dalam GLB, secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\vec{v} = \frac{s}{t} \quad \text{atau} \quad s = v \cdot t$$

Jika benda sudah memiliki jarak tertentu terhadap acuan maka dapat dirumuskan:

$$s = s_0 + v \cdot t$$

Beberapa contoh berikut termasuk GLB :

1. Mobil yang melaju pada lintasan lurus dengan kecepatan konstan
2. Elevator yang bergerak ke atas sebelum berhenti di lantai tertentu. Di sini tidak ada perubahan kelajuan dan arah gerak, jika berada di dalam elevator biasanya terasa elevator seolah-olah diam
3. Kereta api yang sedang melaju pada lintasan lurus sebelum berhenti distasiun

Mengamati GLB menggunakan Ticker Timer:

1. Ganjal salah satu ujungpapan lucur dengan balok
2. Letakkan troli diatas papan lucur
3. Hubungkan dengan pita kertas
4. Amati hasil ketukan ticker timer

Cara membaca hasil ketukan ticker timer adalah

1. Ticker timer adalah alat untuk mengukur interval waktu
2. Interval waktu antara dua titik yang berdekatan disebut satu ketukan
3. Satu ketukan sama dengan  $1/50$  s atau 0,02 s

Sebelum menggunakan ticker timer, kalibrasi adalah hal yang harus dilakukan.

Kalibrasi ticker timer dilakukan dengan menjepitkan ticker timer pada meja dan menghubungkannya dengan catu daya 6 volt (Kanginan,2016)

## B. Gerak Lurus dengan Percepatan Konstan

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) didefinisikan sebagai gerak suatu benda yang lintasannya berupa garis lurus dengan percepatan tetap. Percepatan tetap artinya kecepatan benda berubah beraturan tiap waktu.

Pada gerak lurus berubah beraturan berlaku tiga persamaan berikut :

$$v = v_0 + at$$

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

## Gerak Vertikal

Gerak vertikal adalah bentuk penerapan dari gerak lurus berubah beraturan. Gerak vertikal memiliki ciri khusus yaitu gerakannya dalam arah vertikal (tegak lurus permukaan bumi) dan percepatannya adalah percepatan gravitasi bumi (arah bawah sebagai acuan positif). Gerak vertikal dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu gerak vertikal ke atas, gerak vertikal ke bawah dan gerak jatuh bebas.

### 1. Gerak Vertikal Keatas

Gerak vertikal keatas adalah gerak suatu benda yang dilempar tegak lurus ke atas dengan kecepatan awal tertentu ( $v_0 \neq 0$ ).

Persamaan besaran fisis pada gerak vertikal ke atas adalah sebagai berikut.

$$h_{maks} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$t_{hmax} = \frac{v_0}{g}$$

## 2. Gerak Vertikal Ke Bawah

Gerak vertikal kebawah adalah gerak suatu benda yang dilempar tegak lurus ke bawah dengan kecepatan awal tertentu ( $v_0 \neq 0$ ).

Persamaan besaran fisis pada gerak vertikal ke bawah adalah

$$v_t = v_0 + gt$$

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

## 3. Gerak Jatuh Bebas

Gerak jatuh bebas merupakan gerak vertikal ke bawah tanpa kecepatan awal ( $v_0 = 0$ ) dan gesekan di udara diabaikan atau ditiadakan.

Pada gjb, besaran fisisnya dapat diperoleh melalui persamaan berikut:

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_t = \sqrt{2 g h}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 h}{g}}$$

(Kanginan,2016).

Berdasarkan uraian diatas, maka materi gerak lurus dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural seperti tabel 4 :

**Tabel 4. Uraian Materi Gerak Lurus**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan	Kecepatan disimbolkan dengan $v$
Tentang	Kecepatan awal disimbolkan dengan $v_0$

Terminologi	Kecepatan akhir disimbolkan dengan $v_t$
	Jarak disimbolkan dengan s
	Waktu disimbolkan dengan t
	Ketinggian disimbolkan dengan h
	Percepatan gravitasi disimbolkan dengan g
	Percepatan disimbolkan dengan a
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Mobil yang melaju pada lintasan lurus dengan kecepatan konstan
	Kereta api yang sedang melaju pada lintasan lurus sebelum berhenti distasiun
	Elavator yang bergerak ke atas sebelum berhenti di lantai tertentu. Di sini tidak ada perubahan kelajuan dan arah gerak, jika berada di dalam evalator biasanya terasa elavator seolah-olah diam
	Sebuah mobil melaju di jalan raya yang lurus merupakan contoh gerak lurus
	Buah kelapa yang jatuh dari pohonnya
	Seorang anak yang menjatuhkan sebuah benda dari sebuah lantai tertinggi gedung
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Gerak vertikal dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu gerak vertikal ke atas, gerak vertikal ke bawah gerak jatuh bebas
	Gerak lurus secara umum diklasifikasikan menjadi gerak lurus dengan kecepatan konstan dan gerak lurus dengan percepatan konstan.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Dalam GLB, secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut: $\vec{v} = \frac{s}{t} \quad \text{atau} \quad s = v \cdot t$
	Jika benda sudah memiliki jarak tertentu terhadap acuan

	<p>maka dapat dirumuskan:</p> $s = s_0 + v \cdot t$
	<p>Pada gerak lurus berubah beraturan berlaku tiga persamaan berikut :</p> $v = v_0 + at$ $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ $v^2 = v_0^2 + 2as$
	<p>Persamaan besaran fisis pada gerak vertikal ke atas adalah sebagai berikut.</p> $h_{maks} = \frac{v_0^2}{2g}$ $t_{hmax} = \frac{v_0}{g}$
	<p>Persamaan besaran fisis pada gerak vertikal ke bawah adalah</p> $v_t = v_0 + gt$ $h = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2$
	<p>Pada gerak jatuh bebas, besaran fisisnya dapat diperoleh melalui persamaan berikut:</p> $h = \frac{1}{2} g t^2$ $v_t = \sqrt{2 g h}$ $t = \sqrt{\frac{2 h}{g}}$
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Benda yang bergerak dengan kecepatan tetap dikatakan melakukan gerak lurus beraturan.</p> <p>Syarat yang harus dipenuhi agar benda bergerak lurus beraturan adalah :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. arah gerak benda tetap jadi lintasannya lurus</li> <li>2. kecepatan benda tidak berubah</li> </ol> <p>Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) didefinisikan</p>

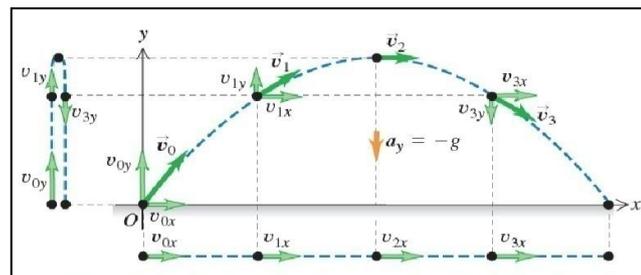
	<p>sebagai gerak suatu benda yang lintasannya berupa garis lurus dengan percepatan tetap.</p> <p>Percepatan tetap artinya kecepatan benda berubah beraturan tiap waktu.</p> <p>Jika kecepatan benda bertambah secara beraturan maka benda dikatakan mengalami gerak lurus di percepat (<math>a=+</math>)</p> <p>Jika kecepatan benda berkurang secara beraturan maka benda dikatakan mengalami gerak lurus di perlambat (<math>a=-</math>)</p> <p>Gerak vertikal adalah bentuk penerapan dari gerak lurus berubah beraturan.</p> <p>Gerak vertikal memiliki ciri khusus yaitu</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. gerakannya dalam arah vertikal (tegak lurus permukaan bumi)</li> <li>2. percepatannya adalah percepatan gravitasi bumi (arah bawah sebagai acuan positif)</li> </ol> <p>Gerak vertikal keatas adalah gerak suatu benda yang dilempar tegak lurus ke atas dengan kecepatan awal tertentu (<math>v_0 \neq 0</math>).</p>
Pengetahuan Prosedural	
<p>Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma</p>	<p>Langkah mengamati GLB menggunakan Ticker Timer:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ganjal salah satu ujungpapan lucur dengan balok</li> <li>2. Letakkan troli diatas papan luncur</li> <li>3. Hubungkan dengan pita kertas</li> <li>4. Amati hasil ketukan ticker timer</li> </ol>
<p>Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu</p>	<p>Cara membaca hasil ketukan ticker timer adalah</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ticker timer adalah alat untuk mengukur interval waktu</li> <li>2. Interval waktu antara dua titik yang berdekatan disebut satu ketukan</li> <li>3. Satu ketukan sama dengan <math>1/50</math> s atau 0,02 s</li> </ol>

Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Kalibrasi ticker timer dilakukan sebelum menggunakannya. Kalibrasi ticker timer dilakukan dengan menjepitkan ticker timer pada meja dan menghubungkannya dengan catu daya 6 volt.
---	---

### X. 3.5 Gerak Parabola

#### A. Konsep Gerak Parabola

Gerak parabola merupakan gerak benda dengan lintasan berbentuk parabola (setengah lingkaran). Gerak yang lintasannya berbentuk parabola disebut gerak parabola seperti gambar 7.



Gambar 7. Analisis gerak benda yang mengalami gerak parabola.

Sumber: Edukasi.net

Kecepatan awal pada sumbu x dan y adalah :

$$v_{0,x} = v_0 \cos \theta$$

$$v_{0,y} = v_0 \sin \theta$$

(Kanginan, 2016)

Besaran-besaran Fisis pada Gerak Parabola

#### 1. Ketinggian Benda pada Gerak Parabola

Ketinggian maksimum terjadi ketika nilai kecepatan pada sumbu – Y sama dengan nol ( $v_y = 0$ ). Setelah diuraikan secara vektor, kecepatan pada sumbu – Y dapat dituliskan dengan persamaan:

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

Oleh karena di ketinggian maksimum  $v_y = 0$ , maka persamaan dapat ditulis menjadi:

$$t_{ymaks} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

Posisi benda yang bergerak parabola dapat dituliskan dalam bentuk koordinat (x,y). Sementara itu, nilai x dapat ditentukan dengan memanfaatkan persamaan vektor kecepatan pada arah sumbu – X.

$$x = v_0 \cos \alpha t$$

Dengan mengganti nilai waktu ( $t$ ) dengan waktu ( $t$ ) untuk mencapai ketinggian maksimum, maka diperoleh:

$$x_{ymaks} = \frac{v_0^2 \sin 2 \alpha}{2g}$$

## 2. Jarak Terjauh

Waktu tempuh untuk mencapai titik terjauh (titik C) sama dengan dua kali waktu yang diperlukan untuk mencapai titik tertinggi ( $t_{AC} = 2t_{AB}$ )

$$t_{AC} = \frac{2V_{0y}}{g} = \frac{2v_0 \sin \alpha_0}{g}$$

Waktu tempuh untuk mencapai titik terjauh (titik C) sama dengan dua kali waktu yang diperlukan untuk mencapai titik tertinggi ( $t_{AC} = 2t_{AB}$ ). Jarak terjauh yang dapat dicapai benda pada sumbu x (dilambangkan dengan X) adalah:

$$X = v_0^2 2 \left( \frac{\sin \alpha}{g} \right) \cos \alpha$$

## B. Pemanfaatan Gerak Parabola dalam Kehidupan Sehari-hari

### 1. Pada Bidang Datar (Bola Kaki)

Lintasan gerak yang melengkung terjadi akibat adanya pengaruh gerak lurus berubah beraturan pada sumbu vertikal dan gerak lurus beraturan pada sumbu horizontal. Gerakan tersebut disebut Gerak Parabola.

Untuk mencari tinggi maksimum, maka :

$$t_{0H} = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0 \sin \alpha_0}{g}$$

Dengan  $t_{0H}$  adalah waktu untuk mencapai ketinggian maksimum.

Untuk mencari koordinat titik tertinggi pada sumbu x adalah :

$$\text{Sehingga : } x_H = \frac{v_0^2}{2g} \sin 2\alpha_0$$

Untuk mencari koordinat titik tertinggi pada sumbu y adalah :

$$y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$y_H = v_{0y}t_{0H} - \frac{1}{2}gt_{0H}^2$$

$$y_H = (v_0 \sin \alpha_0) \left( \frac{v_0 \sin \alpha_0}{g} \right) - \frac{1}{2}g \left( \frac{v_0 \sin \alpha_0}{g} \right)^2$$

$$y_H = \frac{2v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{2g} - \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{2g}$$

Sehingga :

$$y_H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{2g}$$

Waktu untuk mencapai jarak terjauh :

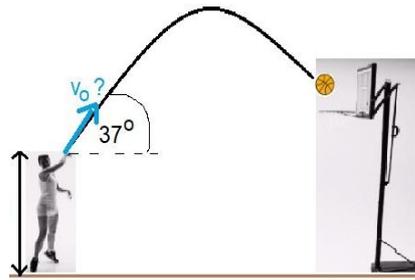
$$t_{max} = \frac{2v_0 \sin \alpha_0}{g}$$

Jarak terjauh :

$$X_{max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha_0}{g}$$

## 2. Pada Bidang Datar (Bola Basket)

Gerak Parabola pada bidang datar diilustrasikan seperti gambar 8.



Gambar 8. Bola Yang Dilempar Ke Ring Basket

Sumber: Edukasi.net

Besar kecepatan pada sumbu x adalah

$$v_x = v_{0x} = v_0$$

Jarak pada sumbu x adalah

$$x = (v_0 \cos \theta)(t)$$

Besar kecepatan pada sumbu y dengan  $a=-g$  adalah

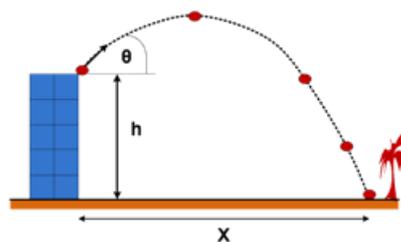
$$v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

Jarak pada sumbu y adalah

$$y = y_0 + (v_0 \sin \theta)(t) - \frac{1}{2}gt^2$$

### 3. Pada Bidang Datar (Dilempar dari Gedung)

Gerak parabola pada bidang datar diilustrsiakan pada gambar 9



Gambar 9. Gerak Parabola dari atas gedung

Sumber: Edukasi.net

Komponen posisi pada arah horizontal (sumbu x)

$$x_t = v_{0x} \cdot t$$

$$x_t = v_0 \cos \theta \cdot t$$

Komponen posisi pada arah vertikal (sumbu y)

$$y_t = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$y_t = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

Ketinggian benda setiap saat dapat ditentukan dengan persamaan

$$y = y_0 - y_t$$

$$0 = y_0 - y_t$$

$$y_0 = hh$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

Waktu hingga mencapai jarak terjauh yang ditempuh :

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Dimana  $y_0$  merupakan tinggi gedung dari permukaan tanah ( $y_0=h$  meter),  $y_t$  tinggi gedung pada saat  $t$ . Jarak terjauh dalam arah mendatar yang dapat dicapai benda dapat ditentukan dengan persamaan :

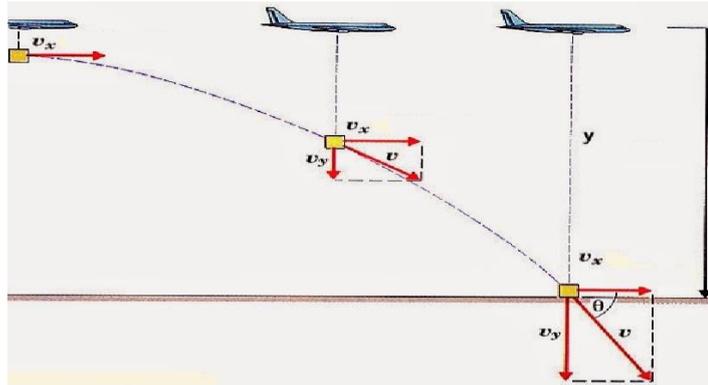
$$X = v_{0x} \cdot t = v_0 t = v \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

(Kanginan,2016)

#### 4. Pada Bidang Datar (Pesawat Terbang)

Gerak parabola pada bidang datar ini dicontohkan seperti benda yang dijatuhkan dari pesawat terbang.

Hal ini seperti yang diilustrasikan oleh gambar 10.



Gambar 10. Uraian Komponen Kecepatan Benda Yang Jatuh Dari Pesawat Terbang

Sumber: Edukasi.net

Uraian vektor kecepatan terhadap sumbu x dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

Komponen posisi pada arah horizontal (sumbu x)

$$x_t = v_{0x} t$$

$$x_t = v_0 \cos \theta t$$

Kecepatan terhadap sumbu y adalah 0, karena benda diasumsikan berada pada titik tertinggi. Sehingga komponen posisi pada arah vertikal (sumbu y)

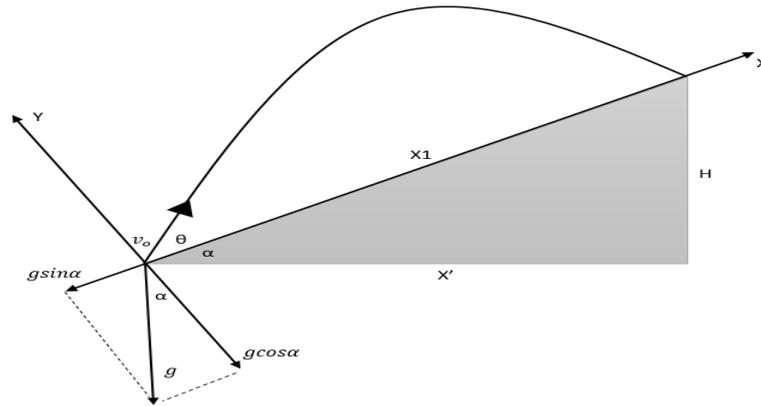
$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

Maka waktu yang dibutuhkan benda untuk mendarat adalah

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

##### 5. Pada Bidang Miring

Gerak parabola yang terjadi pada bidang miring dengan sudut  $\alpha$ , sudut antara lintasan gerak dengan bidang miring  $\theta$  dan kecepatan awal  $v_0$  dapat dianalisis melalui gambar 11



Gambar 11. Analisis Gerak Parabola pada bidang Miring

Sumber: Edukasi.net

Ketinggian benda saat mendarat pada miring adalah :

$$H = X_1 \sin \alpha$$

Sedangkan jarak maksimum benda adalah :

$$X' = X_1 \cos \alpha$$

Kecepatan awal benda :

$$v_{ox} = v_o \cos \theta$$

$$v_{oy} = v_o \sin \theta$$

Posisi akhir benda pada sumbu X dan Y yang miring  $\alpha$  terhadap bidang datar dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Y = v_o \sin \theta t - \frac{1}{2} g \cos \alpha t^2$$

Saat benda berada pada posisi akhir berlaku  $Y = 0$ , sehingga dapat ditentukan waktu yang dibutuhkan oleh benda untuk sampai pada posisi akhir.

$$Y = 0$$

$$0 = v_o \sin \theta t - \frac{1}{2} g \cos \alpha t^2$$

$$\frac{1}{2} g \cos \alpha t^2 = v_o \sin \theta t$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \theta}{g \cos \alpha}$$

Perpindahan benda (X1) dapat dihitung sebagai :

$$X1 = \frac{2v_0^2 \sin \theta}{g \cos \alpha} (\cos \theta - \sin \theta \tan \alpha)$$

Ketinggian maksimum ( $Y_{maks}$ ) yang dapat dicapai benda dari bidang miring dapat dihitung bila waktu yang dibutuhkan benda untuk mencapai titik maksimum ( $t_{maks}$ ) diketahui, sehingga dapat ditulis sebagai berikut :

$$Y_{maks} = \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{g \cos \alpha}$$

Berdasarkan uraian diatas, maka materi gerak parabola dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural seperti tabel 5 :

**Tabel 5. Uraian Materi Gerak Parabola**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Kecepatan disimbolkan dengan $v$
	Kecepatan awal disimbolkan dengan $v_0$
	Kecepatan akhir disimbolkan dengan $v_t$
	Jarak disimbolkan dengan $s$
	Waktu disimbolkan dengan $t$
	Ketinggian disimbolkan dengan $h$
	Percepatan gravitasi disimbolkan dengan $g$
	Percepatan disimbolkan dengan $a$
	Ketinggian maksimum disimbolkan dengan $Y_{maks}$
	Titik maksimum disimbolkan dengan $t_{maks}$
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Saat bermain sepak bola dengan menendang bola tersebut hingga melambung
	Saat kita memasukkan bola basket kedalam ring
	Permainan sepak bola merupakan salah satu contoh gerak parabola

	<p>Lintasan bola basket yang dilempar menuju ring berbentuk parabola.</p> <p>Pesawat menjatuhkan bantuan dari udara</p> <p>Benda yang dilemparkan ke atas membentuk sudut tertentu terhadap permukaan tanah</p>
<p>Pengetahuan Konseptual</p>	
<p>Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori</p>	<p>Gerak Parabola termasuk gerak yang ditinjau dari arah vertikal dan arah horizontal</p> <p>Gerak Parabola diterapkan pada bidang datar, bidang miring, benda yang jatuh dari pesawat dll</p>
<p>Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi</p>	<div data-bbox="608 786 1326 1093" data-label="Figure"> </div> <p>Kecepatan awal pada sumbu x dan y adalah :</p> $v_{0x} = v_0 \cos \theta$ $v_{0y} = v_0 \sin \theta$ <p>Nilai komponen kecepatan sebagai berikut :</p> $v_x = v_0 \cos \theta$ $v_y = v_0 \sin \theta - g(t - t_0)$ <p>Nilai komponen posisi dapat diuraikan sebagai berikut:</p> $x = x_0 + v_0 \cos \theta(t - t_0)$ $y = y_0 + v_0 \sin \theta(t - t_0) - \frac{1}{2} g(t - t_0)^2$ <p>Besar kecepatan benda di sembarang titik dirumuskan sebagai</p> $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
<p>➤ Jarak terjauh pada gerak parabola dapat dihitung dengan menggunakan :</p>	

	$x_{max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$
	<p>➤ Ketinggian maksimum yang dapat dicapai benda yang bergerak parabola dapat ditentukan dengan persamaan:</p> $y_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$
	<p>➤ Waktu untuk mencapai ketinggian maksimum dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:</p> $t_{y_{max}} = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$
	<p>Uraian vektor kecepatan gerak parabola sebuah benda yang dilemparkan dari ketinggian gedung terhadap sumbu x dan sumbu y dapat dilihat pada berikut ini:</p> $v_{0x} = v_0 \cos \theta$ $v_{0y} = v_0 \sin \theta$
	<p>Komponen posisi gerak parabola sebuah benda yang dilemparkan dari ketinggian gedung pada arah horizontal (sumbu x)</p> $x_t = v_0 \cos \theta \cdot t$
	<p>Ketinggian benda dilemparkan secara mendatar dari suatu ketinggian h dapat ditentukan :</p> $h = \frac{1}{2} g t^2$
	<p>Waktu untuk mencapai permukaan tanah, dengan sudut elevasi <math>0^\circ</math> dapat ditentukan :</p> $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$
	<p>Jarak terjauh yang dapat dicapai oleh benda :</p> $X = v_{0x} \cdot t = v_0 t$
	<p>Panjang bidang miring yang ditempuh benda yang :</p>

	$X1 = \frac{2v_o^2 \sin\theta}{g \cos\alpha} (\cos\theta - \sin\theta \tan\alpha)$
	<p>Komponen posisi gerak parabola sebuah benda yang dilemparkan dari ketinggian gedung pada arah vertikal (sumbu y)</p> $y_t = v_o \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$
	<p>Ketinggian maksimum benda dari bidang miring :</p> $Y_{maks} = \frac{1}{2} \frac{v_o^2 \sin^2\theta}{g \cos\alpha}$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	Gerak parabola adalah resultan perpindahan suatu benda yang serentak melakukan gerak lurus beraturan pada arah horizontal dan gerak lurus berubah beraturan pada arah vertikal.
	Gerak parabola merupakan gerak dua dimensi
	Kecepatan benda yang bergerak parabola pada arah sumbu-y di ketinggian maksimum adalah 0.
	Semakin besar kecepatan awal yang diberikan, maka semakin besar pula ketinggian maksimum yang dapat dicapai benda yang mengalami gerak parabola.
	Semakin besar sudut elevasi yang diberikan, maka semakin besar pula ketinggian maksimum yang dapat dicapai benda yang mengalami gerak parabola.
	Gerak parabola merupakan gerak benda dengan lintasan berbentuk parabola (setengah lingkaran)
	Gerak parabola adalah suatu jenis gerakan benda yang pada awalnya diberi kecepatan awal lalu menempuh lintasan yang arahnya sepenuhnya dipengaruhi oleh gravitasi
	Bantuan yang dijatuhkan dari pesawat membentuk lintasan parabola seperempat lingkaran.
	Syarat suatu benda mencapai titik tertinggi adalah $V_y =$

	0 Jarak terjauh adalah $y_A = 0$
	Gerak parabola pada bidang miring adalah gerak benda dengan sudut tertentu terhadap bidang miring.
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Membuktikan waktu mencapai jarak terjauh sama dengan 2 kali waktu untuk mencapai ketinggian maksimum, dengan menggunakan sifat-sifat
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Menemukan komponen-komponen dari gerak parabola.
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	1. Menentukan kecepatan arah sumbu x pada aplikasi gerak parabola 2. Menentukan kecepatan arah sumbu y pada aplikasi gerak parabola

### X. 3.6 Gerak Melingkar

#### A. Gerak Melingkar dengan Laju Konstan

Gerak melingkar memiliki banyak aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya adalah gerak pada jarum jam, gerak pada piringan hitam, gerak pada bianglala, gerak pada kipas angin, dan gerak baling-baling helikopter.

Gerak melingkar adalah gerak suatu benda yang lintasannya berbentuk lingkaran (jari-jari  $R$ ) dengan ciri-ciri, diantaranya Lintasan berupa lingkaran, Jarak partikel ke titik acuan selalu tetap, Kelajuan selalu tetap ( $v$  tetap), kecepatan sudut selalu tetap ( $\omega$  tetap) , kecepatan selalu berubah arah.,

percepatan sudut  $\alpha = 0$  dan percepatan yang selalu mengarah ke pusat lingkaran.

Besaran Fisis pada gerak melingkar beraturan adalah

1. Periode adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan gerak satu putaran

penuh:  $T = \frac{t}{n}$ .

2. Frekuensi adalah banyaknya putaran yang terjadi tiap detik,  $f = \frac{n}{t}$

3. Perpindahan sudut dalam gerak melingkar

Perpindahan sudut  $\Delta\theta$  adalah sudut yang disapu oleh sebuah garis radial mulai dari posisi awal garis  $\theta_0$  ke posisi akhir garis  $\theta$ .

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0$$

$$\theta(\text{rad}) = \frac{x}{r} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ rad}$$

4. Kecepatan Linier

Kecepatan linier adalah kecepatan partikel untuk mengelilingi lingkaran yang arahnya selalu menyinggung sisi lingkaran sehingga:

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

$$v = 2\pi f \cdot R$$

$$v = \omega \cdot R$$

5. Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut adalah sudut yang ditempuh selama satu putaran.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

6. Hubungan Antara Kecepatan Linier dan Kecepatan Sudut dinyatakan

dengan  $v = \omega R$

(Foster,2011)

Hubungan roda-roda pada gerak melingkar

Hubungan roda-roda pada gerak melingkar ada tiga macam yaitu sepusat, bersinggungan, dan dihubungkan dengan tali.

### 1. Roda-roda Sepusat

Pada kasus ini dua roda berbeda ukuran berada pada satu poros yang sama. Akibatnya kedua roda mempunyai kecepatan sudut yang sama dengan arah yang sama. Karena panjang jari-jari roda berbeda, ada yang besar ada yang kecil maka kecepatan liniernya berbeda. Semakin besar ukuran (jari-jari) roda maka semakin besar kecepatan liniernya. Persamaannya :

Kecepatan Sudut A = Kecepatan Sudut B

$$\omega_A = \omega_B$$

$$\frac{v_A}{r_A} = \frac{v_B}{r_B}$$

### 2. Roda-roda Bersinggungan

Pada saat roda A diputar dengan kecepatan linear  $v_A$ , maka roda B juga ikut berputar dengan kecepatan linear  $v_B$  yang besarnya sama dengan  $v_B$ , tetapi arah putar kedua roda saling berlawanan dan kecepatan sudutnya berbeda. Secara sistematis dapat dirumuskan:

Kecepatan Linier A=Kecepatan Linier B

$$v_A = v_B$$

$$\omega_A r_A = \omega_B r_B$$

### 3. Roda yang dihubungkan dengan rantai

Pada saat roda A diputar dengan kecepatan linear  $v_A$ , maka roda B juga ikut berputar dengan kecepatan linear  $v_B$  yang besarnya sama dengan

$v_B$ , tetapi arah putar kedua roda saling berlawanan dan kecepatan sudutnya berbeda. Secara sistematis dapat dirumuskan:

Kecepatan Linier A=Kecepatan Linier B

$$v_A = v_B$$

$$\omega_A r_A = \omega_B r_B$$

## B. Gaya Sentripetal

Percepatan sentripetal selalu tegak lurus terhadap kecepatan linearnya dan mengarah ke pusat lingkaran. Untuk partikel yang melakukan gerak melingkar beraturan, percepatan tangensialnya sama dengan nol, tetapi partikel itu masih mengalami percepatan sentripetal  $a_s$ .

Percepatan sentripetal ditentukan dengan rumus:

$$a_s = \frac{v^2}{r}$$

Menurut hukum II newton, persamaan untuk gaya adalah:  $F = m \cdot a$ . Dari sini, kita bisa mengetahui bahwa persamaan untuk gaya sentripetal adalah:

$$F_s = \frac{mv^2}{R}$$

Gaya sentripetal dalam kehidupan sehari-hari diaplikasikan pada *Mobil Yang Melewati Tikungan*.

Berdasarkan uraian diatas, maka materi gerak melingkar dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural seperti tabel 6 :

**Tabel 6. Uraian Materi Gerak Melingkar**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Terminologi	Tentang Gaya sentripetal disimbolkan dengan $F_s$
	Percepatan sentripetal disimbolkan dengan $a_s$
	Kecepatan Linier disimbolkan dengan $v$

	Kecepatan sudut disimbolkan dengan $\omega$
	Periode disimbolkan T
	Frekuensi disimbolkan f
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Gerak pada kipas angin
	Gerak pada piringan hitam
	Gerak pada bianglala
	Mobil Yang Melewati Tikungan
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Hubungan roda-roda memiliki tiga jenis keadaan yaitu hubungan roda sepusat, hubungan roda bersinggungan dan roda yang dihubungkan tali.
	Gerak melingkar adalah gerak suatu benda yang lintasannya berbentuk lingkaran (jari-jari R) dengan ciri-ciri <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lintasan berupa lingkaran,</li> <li>2. Jarak partikel ke titik acuan selalu tetap,</li> <li>3. Kelajuan selalu tetap (v tetap),</li> <li>4. kecepatan sudut selalu tetap (<math>\omega</math> tetap) ,</li> <li>5. kecepatan selalu berubah arah.,</li> <li>6. percepatan sudut <math>\alpha = 0</math></li> </ol> percepatan yang selalu mengarah ke pusat lingkaran.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Periode adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan gerak satu putaran penuh: $T = \frac{t}{n}$ .
	Frekuensi adalah banyaknya putaran yang terjadi tiap detik, $f = \frac{n}{t}$
	Perpindahan sudut dalam gerak melingkar $\Delta\theta = \theta - \theta_0$ $\theta(rad) = \frac{x}{r} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ rad}$

	<p>Kecepatan Linier</p> $v = \frac{2\pi R}{T}$ $v = 2\pi f \cdot R$ $v = \omega \cdot R$ <hr/> <p>Kecepatan Sudut</p> $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ <hr/> <p>Hubungan Antara Kecepatan Linier dan Kecepatan Sudut dinyatakan dengan <math>v = \omega R</math></p>
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Gerak melingkar adalah gerak suatu benda yang lintasannya berbentuk lingkaran</p> <p>Kecepatan linier adalah kecepatan partikel untuk mengelilingi lingkaran yang arahnya selalu menyinggung sisi lingkaran</p> <p>Kecepatan sudut adalah sudut yang ditempuh selama satu putaran.</p> <p>Percepatan sentripetal selalu tegak lurus terhadap kecepatan linearnya dan mengarah ke pusat lingkaran. Untuk partikel yang melakukan gerak melingkar beraturan, percepatan tangensialnya sama dengan nol, tetapi partikel itu masih mengalami percepatan sentripetal <math>a_s</math>.</p>
<p>Pengetahuan Prosedural</p>	
<p>Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma</p>	<p>Langkah-langkah mengidentifikasi hubungan roda-roda berdasarkan gerak melingkar:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perhatikan jenis hubungan roda-roda apakah termasuk ke dalam hubungan yang sepusat, bersinggungan, atau dihubungkan dengan tali</li> <li>2. Tentukan besaran fisika yang sama dari salah satu jenis hubungan roda-roda tersebut</li> <li>3. Setelah itu baru bisa di analisis untuk</li> </ol>

	menentukan besaran-besaran fisika lainnya yang mempengaruhi pergerakan hubungan roda-roda tersebut.
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Menentukan gaya dan percepatan sentripetal pada gerak melingkar beraturan
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Mampu mengetahui hubungan apa yang dimiliki dua atau lebih roca, sehingga mampu menyelesaikan permasalahan hubungan roda-roda dengan tepat.

### X. 3.7 Hukum Newton

#### A. Hukum Newton tentang Gerak

Gaya dapat berupa dorongan atau tarikan yang bekerja pada sebuah benda. Sebagai contoh mobil dapat bergerak karena didorong oleh gaya mesin, namun bila mobil mogok dan memerlukan orang yang mendorong mobil mogok dikatakan orang memberikan gaya dorong yang bersumber dari tenaga ototnya.

*Gerak* adalah perubahan posisi suatu benda terhadap titik acuan. Titik acuan sendiri didefinisikan sebagai titik awal atau titik tempat pengamat.

Ada beberapa gaya yang bekerja pada benda adalah

#### 1. Gaya Berat

Gaya berat adalah gaya yang dipengaruhi oleh gravitasi dan arahnya selalu menuju pusat bumi. Secara matematis dirumuskan:

$$w = m \cdot g$$

#### 2. Gaya Normal

Gaya normal adalah gaya kontak yang bekerjadengan arah tegak lurus bidang sentuh jika dua benda bersentuhan. Gaya normal berlawanan arah dengan gaya berat, tetap gaya normal dan gaya berat bukanlah gaya aksi-reaksi. Secara matematis dirumuskan

$$N = m \cdot g$$

### 3. Gaya Tegangan Tali

Gaya tegangan tali adalah gaya pada tali ketika tali tersebut dalam keadaan tegang. Jika tali dianggap ringan, gaya tegangan tali pada kedua ujung tali untuk tali yang sama dianggap sama besar.

### 4. Gaya Gesek

Gaya gesek adalah gaya yang bekerja antara dua permukaan benda yang saling bersentuhan. Arah gaya gesek berlawanan arah dengan kecenderungan arah gerak benda.

Macam-macam gaya gesek dibagi menjadi 2, yaitu gaya gesek statis dan gaya gesek kinetis :

#### a. Gaya Gesek Statis

Gaya gesek statis adalah gaya gesek yang bekerja pada benda yang diam.

Secara matematis dirumuskan

$$f_s, maks = \mu_s \cdot N$$

#### b. Gaya Gesek Kinetis

Gaya gesek kinetis adalah gaya gesek yang bekerja pada benda yang bergerak. Secara matematis dirumuskan

$$f_k = \mu_k N$$

(Suparmo, 2009)

Hukum Newton tentang gerak diklasifikasikan menjadi 3 yaitu

### 1. Hukum I Newton

Newton merumuskan Hukum Pertama yang berbunyi: *“Jika resultan gaya yang bekerja pada benda adalah nol, maka benda yang awalnya diam akan tetap diam dan benda yang awalnya bergerak akan tetap bergerak secara GLB”*

$$\Sigma F = 0$$

Hukum I Newton tentang gerak disebut juga Hukum Kelelambatan Benda

### 2. Hukum II Newton

Hukum kedua Newton menyatakan bahwa laju perubahan momentum benda sama dengan gaya yang bekerja pada benda tersebut. Secara matematis dapat ditulis:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} + v \frac{dm}{dt}$$

$$\frac{dm}{dt} = 0$$

$$F = m \cdot a$$

Hasil eksperimen Newton menunjukkan bahwa percepatan benda sebanding dengan resultan gaya yang diberikan. *“Percepatan suatu benda berbanding lurus dengan resultannya yang bekerja pada benda tersebut, dan berbanding terbalik dengan massa benda tersebut”*. Hubungan antara resultan gaya, massa, dan percepatan dirumuskan:

$$a = \frac{\Sigma F}{m}$$

### 3. Hukum III Newton

Newton menyatakan bahwa suatu gaya yang bekerja pada sebuah benda selalu berasal dari benda lain dalam bentuk interaksi. Pada interaksi ini gaya-gaya selalu berpasangan. Jika A mengerjakan gaya pada B (aksi), maka B akan mengerjakan gaya pada A (reaksi). Pasangan gaya inilah yang terkenal dengan pasangan aksi reaksi.

Secara matematis dituliskan:

$$\sum F_{aksi} = -\sum F_{reaksi}$$

## B. Penerapan Hukum Newton dalam Kehidupan Sehari-hari

### 1. Hukum Pertama Newton

#### a. Sabuk pengaman dan kantong udara pada mobil

Sabuk pengaman dan kantong udara pada mobil berfungsi untuk menahan penumpang tetap pada tempatnya (posisi relatif terhadap mobil), agar penumpang terhindar dari benturan dengan bagian depan atau samping mobil saat merem/ saat terjadi benturan.

#### b. Fly wheel (roda gila) pada mesin motor

Digunakan untuk meredam perubahan kecepatan putaran dengan cara memanfaatkan kelembaman putaran (momen inersia) sehingga dapat menyimpan energi mekanik untuk waktu singkat

#### c. Ayunan bandul

#### d. Hukum Kedua Newton

#### e. Sepeda racing dirancang seringan mungkin agar gaya (tenaga pembalap) yang diberikan sedikit, namun sepeda melaju dengan percepatan tertentu

#### f. Hukum Ketiga Newton

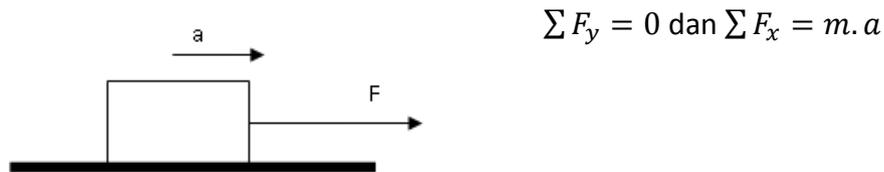
#### g. Adanya gaya gravitasi, gaya listrik dan gaya magnet

- h. Atlet lari memberikan gaya yang besar pada blok start supaya badannya terdorong ke depan lebih jauh
- i. Pada perlombaan dayung sampan, peserta harus mendorong air ke belakang dengan gaya yang besar supaya sampan terdorong ke depan lebih cepat. Hal sama juga terjadi pada perlombaan renang
- j. Penerbangan roket ke luar angkasa, gaya mesin yang diberikan roket terhadap bumi harus besar, supaya bumi memberikan gaya dorong yang besar terhadap roket

(Kanginan,2016)

#### Penerapan Hukum Newton pada Persoalan Fisika

##### a. Benda Pada Bidang Datar



$$\sum F_y = 0 \text{ dan } \sum F_x = m \cdot a$$

Gambar 12. Benda diberi gaya pada Bidang Datar

##### b. Benda yang Digantung

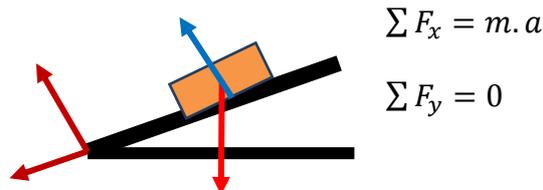
Jika benda dalam keadaan setimbang:

$$\sum F_y = 0 ; \sum F_x = 0$$

Jika benda dipercepat ke atas/bawah:

$$\sum F_x = 0; \sum F_y = m \cdot a$$

##### c. Benda Pada Bidang Miring

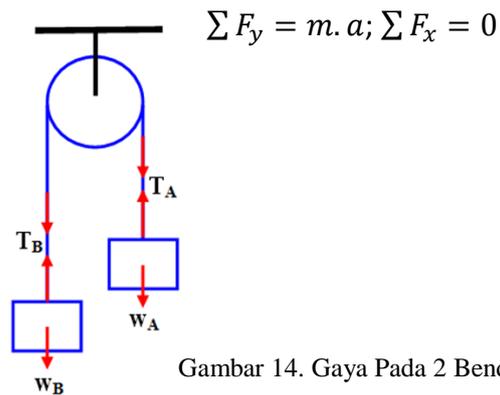


$$\sum F_x = m \cdot a$$

$$\sum F_y = 0$$

Gambar 13. Gaya Benda Pada Bidang Miring

##### d. Benda Pada Sistem Katrol



Gambar 14. Gaya Pada 2 Benda Yang Digantung dengan katrol

Berdasarkan uraian diatas, maka materi hukum newton tentang gerak dikelompokkan jadi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural seperti tabel 7 :

Tabel 7. Uraian Materi Hukum Newton Tentang Gerak

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Gaya berat disimbolkan $w$
	Massa benda disimbolkan $m$
	Gaya Normal disimbolkan $N$
	Gaya gesek statis disimbolkan $f_s$
	Koefisien gesek statis disimbolkan $\mu_s$
	Gaya gesek kinetis disimbolkan $f_k$
	Koefisien gesek kinetis disimbolkan $\mu_k$
	Resultan gaya disimbolkan $\Sigma F$
	Resultan gaya pada sumbu x disimbolkan $\Sigma F_x$
Resultan gaya pada sumbu y disimbolkan $\Sigma F_y$	
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Mobil dapat bergerak karena didorong oleh gaya mesin
	Orang memberikan gaya dorong yang bersumber dari tenaga ototnya
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Hukum Newton tentang gerak diklasifikasikan menjadi 3 yaitu Hukum I Newton, Hukum II dan Hukum III Newton

	Ada beberapa gaya yang bekerja pada benda diantaranya adalah gaya berat, gaya normal, gaya gesek, dan gaya tegangan tali.
	Penerapan Hukum Newton tentang gerak pada persoalan fisika terdapat pada benda di bidang datar, benda di bidang miring, benda di gantung, benda pada sistem katrol.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Besarnya gaya berat secara matematis dihitung $w = m \cdot g$
	Besarnya gaya normal secara matematis dihitung $N = m \cdot g$
	Besarnya gaya gesek statis secara matematis dihitung $f_s, maks = \mu_s \cdot N$
	Besarnya gaya gesek kinetis secara matematis dihitung $f_k, maks = \mu_k \cdot N$
	Hukum I Newton secara matematis diungkapkan $\Sigma F = 0$
	Hukum II Newton secara matematis diungkapkan $a = \frac{\Sigma F}{m}$
	Hukum III Newton secara matematis diungkapkan $\Sigma F_{aksi} = -\Sigma F_{reaksi}$
	Komponen resultan gaya pada benda di bidang datar adalah $\Sigma F_y = 0$ $\Sigma F_x = m \cdot a$
	Pada benda yang digantung, berlaku Jika benda dalam keadaan setimbang: $\Sigma F_y = 0 ; \Sigma F_x = 0$ Jika benda dipercepat ke atas/bawah: $\Sigma F_x = 0 ; \Sigma F_y = m \cdot a$

	<p>Pada benda yang terletak di bidang miring berlaku</p> $\sum F_x = m \cdot a; \sum F_y = 0$
	<p>Pada benda yang terletak pada sistem katrol berlaku</p> $\sum F_x = m \cdot a; \sum F_y = 0$
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Gaya dapat berupa dorongan atau tarikan yang bekerja pada sebuah benda.</p>
	<p><i>Gerak</i> adalah perubahan posisi suatu benda terhadap titik acuan.</p>
	<p>Gaya berat adalah gaya yang dipengaruhi oleh gravitasi dan arahnya selalu menuju pusat bumi.</p>
	<p>Gaya normal adalah gaya kontak yang berkejadengan arah tegak lurus bidang sentuh jika dua benda bersentuhan.</p>
	<p>Gaya tegangan tali adalah gaya pada tali ketika tali tersebut dalam keadaan tegang.</p>
	<p>Gaya gesek adalah gaya yang bekerja antara dua permukaan benda yang saling bersentuhan.</p>
	<p>Gaya gesek statis adalah gayagesek yang bekerja pada benda yang diam.</p>
	<p>Gaya gesek kinetis adalah gaya gesek yang bekerja pada benda yang bergerak.</p>
	<p>Hukum I Newton berbunyi</p> <p><i>“Jika resultan gaya yang bekerja pada benda adalah nol, maka benda yang awalnya diam akan tetap diam dan benda yang awalnya bergerak akan tetap bergerak secara GLB”</i></p>
	<p>Hukum II Newton berbunyi</p> <p><i>“Percepatan suatu benda berbanding lurus dengan resultangnya yang bekerja pada benda tersebut, dan berbanding terbalik dengan massa benda tersebut”.</i></p>
	<p>Dalam hukum III, Newton menyatakan bahwa suatu</p>

	gaya yang bekerja pada sebuah benda selalu berasal dari benda lain dalam bentuk interaksi.
	Contoh aplikasi Hukum Pertama Newton adalah Sabuk pengaman dan kantong udara pada mobil
	Contoh aplikasi Hukum Kedua Newton adalah sepeda racing dirancang seringan mungkin agar gaya (tenaga pembalap) yang diberikan sedikit, namun sepeda melaju dengan percepatan tertentu
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Menemukan hubungan antara percepatan dengan gaya dan massa benda. Mengukur berat orang dalam sebuah elevator
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Mendemonstrasikan kelembaman Menentukan hubungan gaya gesek dengan gaya dorong pada grafik.
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Menemukan prinsip terdorongnya roket dan pesawat jet.

### X. 3.8 Hukum Newton tentang Gravitasi

#### A. Gaya Gravitasi Antar Partikel

Dalam kehidupan sehari-hari, kita pernah melihat buah kelapa jatuh dengan sendirinya dari pohonnya, dan kita juga pernah melakukan melempar bola ke atas, dan bola tersebut akan kembali jatuh ke titik lemparannya. Kita bisa berjalan dengan tenang diatas permukaan bumi. Kita bisa melihat matahari

terbit dari arah timur dan terbenam di arah barat. Kita bisa melihat bulan dimalam hari. Hal ini bisa terjadi akibat adanya gaya gravitasi.

Newton mengemukakan Hukum Gravitasi Newton yang menyatakan “*Gaya gravitasi antara dua benda merupakan gaya tarik-menarik yang besarnya berbanding lurus dengan massa masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua pusat benda tersebut* “. Secara matematis hukum gravitasi Newton ditulis sebagai berikut:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Resultan gaya gravitasi jika searah dan mendatar :

$$F = F_{12} + F_{13}$$

Resultan gaya gravitasi jika berlawanan arah dan mendatar ditentukan dengan

$F = F_1 - F_2$ . Jika Resultan gaya gravitasi jika saling tegak lurus maka :

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

Untuk kasus kedua vektor gaya gravitasi ini membentuk sudut, maka besar resultan gravitasi dapat dihitung dengan rumus:

$$F = \sqrt{F_{31}^2 + F_{32}^2 + 2 F_{31} F_{32} \cos \alpha}$$

(Abdullah,2006)

## B. Kuat Medan Gravitasi dan Percepatan Gravitasi

Visualisasi medan gravitasi sebagai medan vektor adalah dengan menggunakan diagram garis-garis medan (disebut juga garis-garis gaya). *Garis-garis medan gravitasi adalah garis-garis bersambungan (kontinu) yang selalu berarah menuju ke massa sumber medan gravitasi.*

Besaran yang mewakili medan gravitasi disebut kuat medan gravitasi. *Kuat medan gravitasi pada titik apa saja dalam ruang didefinisikan sebagai gaya gravitasi per satuan massa pada suatu massa uji  $m$ .*

Dengan demikian, pada suatu titik dalam ruang dimana suatu massa uji  $m$  mengalami gaya gravitasi  $F$ , kuat medan gravitasi  $g$  adalah:

$$g = \frac{F}{m}$$

Sedangkan gaya gravitasi itu dinyatakan oleh:

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

Maka rumus untuk menghitung kuat medan gravitasi oleh massa sumber  $M$  pada berbagai titik dalam medan, yaitu:

$$g = \frac{\left(\frac{GMm}{r^2}\right)}{m}$$

Garis kerja kuat medan gravitasi terletak pada garis hubung yang menghubungkan titik kerja dan pusat massa benda, dan arah percepatan gravitasi selalu menuju ke pusat benda (lihat gambar). Misalnya jari-jari bumi  $r = 6400 \text{ km} = 6,4 \times 10^6$  dan bermassa  $M = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$ , jika kita menggunakan diatas akan kita peroleh percepatan gravitasi di permukaan bumi  $9,8 \text{ N/kg}$ .

Energi potensial gravitasi dinyatakan dengan :

$$E_{p_{gravitasi}} = -G \frac{Mm}{r}$$

Maka potensial gravitasi  $V$  sebuah planet bermassa  $M$  yang berjarak  $r$  dari pusat planet adalah energi potensial gravitasi per satuan massa sehingga diperoleh:

$$V = \frac{E_{p_{gravitasi}}}{m} = -G \frac{Mm}{rm} = -G \frac{M}{r}$$

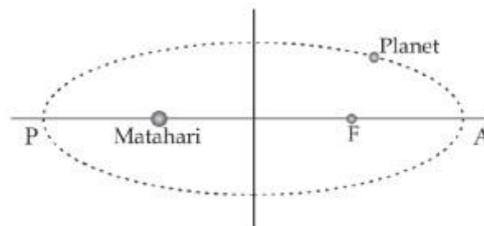
(Kanginan, 2013).

### C. Hukum Kepler

Hukum Kepler ditemukan oleh seorang matematikawan yang juga merupakan seorang astronom Jerman yang bernama *Johannes Kepler* (1571-1630). Penemuannya didasari oleh data yang diamati oleh *Tycho Brahe* (1546-1601), seorang astronom terkenal dari Denmark.

#### 1. Hukum Pertama Kepler

Hukum Pertama Kepler berbunyi : “ *Semua planet bergerak mengelilingi matahari dengan lintasan berbentuk elips dan matahari terletak pada saah satu titik fokus elips tersebut.*” Bentuk lintasan matahari dan planet berdasarkan Hukum Pertama Kepler digambarkan sebagai berikut

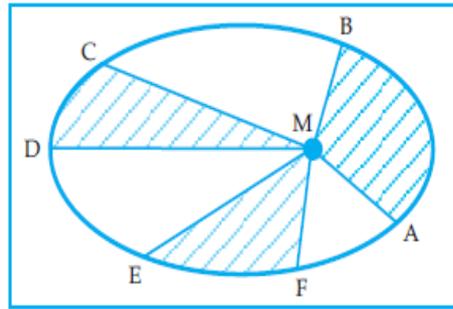


Gambar 15. Bentuk Lintasan Matahari dan Planet

Sumber: fisikazone.com

#### 2. Hukum Kedua Kepler

Hukum pertama Kepler sukses menyatakan bentuk orbit planet, tetapi gagal memperkirakan posisi planet pada suatu saat. Menyadari hal itu Kepler akhirnya menemukan hukum kedua yang berbunyi : “ *Suatu garis khayal yang menghubungkan pusat matahari dengan pusat planet akan menyapu luas daerah yang sama dalam selang waktu yang sama*”. Gambar posisi planet setiap saat berdasarkan Hukum Kedua Kepler terlihat pada gambar 16:



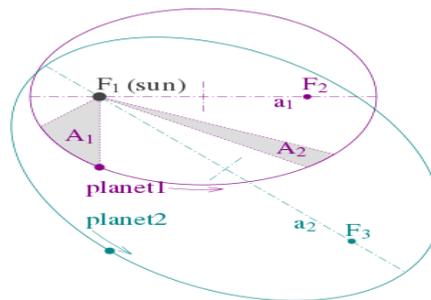
Gambar 16. Posisi Planet Setiap Saat

Sumber: Edukasi.net

Waktu yang dibutuhkan planet untuk bergerak dari A ke B = C ke D = E ke F, maka luas  $AMB = \text{Luas } CMD = \text{luas } EMF$ . Hal ini terjadi karena saat mengelilingi matahari laju planet terbesar terjadi pada saat planet berada dalam posisi terdekat dari matahari (*Perihelium*) dan laju terkecil terjadi saat planet berada dalam posisi terjauh dari matahari (*Apehelium*).

### 3. Hukum Ketiga Kepler

Hukum Ketiga Kepler berbunyi: “*Perbandingan kuadrat periode terhadap pangkat tiga dari setengah sumbu panjang elips adalah sama untuk semua planet*”. Hukum Ketiga Kepler terlihat pada gambar 17:



Gambar 17. Lintasan Perioda dan Jari – Jari lintasan Planet

Sumber: Edukasi.net

Hukum ini dapat ditulis sebagai :

$$\frac{T^2}{r^3} = k \quad \text{atau} \quad \frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3}$$

Berdasarkan uraian diatas, maka materi hukum newton tentang gravitasi dapat dikelompokkan jadi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural seperti tabel 8 :

**Tabel 8. Uraian Materi Hukum Newton Tentang Gravitasi**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan	Gaya gravitasi disimbolkan $F$
Tentang Terminologi	Massa benda disimbolkan $m$
	Jarak antar benda disimbolkan $r$
	Percepatan gravitasi disimbolkan $g$
	Konstanta gravitasi umum disimbolkan $G$
	Potensial gravitasi planet disimbolkan $V$
	Periode revolusi planet disimbolkan $T$
Pengetahuan	Matahari terbit dari arah timur dan terbenam di arah barat.
Tentang Elemen- elemen Spesifik	Buah kelapa jatuh dengan sendirinya dari pohonnya,
	Melempar bola ke atas, dan bola tersebut akan kembali jatuh ke titik lemparannya.
	Berjalan dengan tenang diatas permukaan bumi
	Hukum Kepler ditemukan oleh seorang matematikawan yang juga seorang astronom Jerman yang bernama <i>Johannes Kepler</i> (1571-1630)
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Hukum Kepler diklasifikan menjadi 3 yaitu hukum I Kepler, Hukum II Kepler dan Hukum III Kepler
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Secara matematis hukum gravitasi Newton ditulis sebagai berikut: $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$
	Resultan gaya gravitasi jika searah dan mendatar : $F = F_{12} + F_{13}$
	Untuk kasus kedua vektor gaya gravitasi ini membentuk sudut, maka besar resultan gravitasi dapat dihitung dengan rumus:

	$F = \sqrt{F_{31}^2 + F_{32}^2 + 2 F_{31} F_{32} \cos \alpha}$
	<p>Resultan gaya gravitasi jika berlawanan arah dan mendatar ditentukan dengan <math>F = F_1 - F_2</math>. Jika Resultan gaya gravitasi jika saling tegak lurus maka</p> $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$
	<p>Hukum tiga newton secara matematis dapat ditulis sebagai</p> $\frac{T^2}{r^3} = k \quad \text{atau} \quad \frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3}$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	<p>Hukum Gravitasi Newton menyatakan “ <i>Gaya gravitasi antara dua benda merupakan gaya tarik-menarik yang besarnya berbanding lurus dengan massa masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua pusat benda tersebut</i> “</p>
	<p>Medan gravitasi dapat didefinisikan sebagai ruang di sekitar suatu benda bermassa dimana benda bermassa lainnya dalam ruang itu akan mengalami gaya gravitasi</p>
	<p>Garis-garis medan gravitasi adalah garis-garis bersambungan (kontinu) yang selalu berarah menuju ke massa sumber medan gravitasi.</p>
	<p><i>Kuat medan gravitasi pada titik apa saja dalam ruang didefinisikan sebagai gaya gravitasi per satuan massa pada suatu massa uji m.</i></p>
	<p>Hukum Pertama Kepler berbunyi : “ <i>Semua planet bergerak mengeliling matahari dengan lintasan berbentuk elips dan matahari terletak pada saah satu titik fokus elips tersebut</i>”.</p>
	<p>Kepler menemukan hukum kedua yang berbunyi : “ <i>Suatu garis khayal yang menghubungkan pusat</i></p>

	<i>matahati dengan pusat planet akan menyapu luas daerah yang sama dalam selang waktu yang sama”.</i>
	Hukum Ketiga Kepler berbunyi: <i>“Perbandingan kuadrat periode terhadap pangkat tiga dari setengah sumbu panjang elips adalah sama untuk semua planet”.</i>
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Membuat tugas proyek tentang satelit secara berkelompok .
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Cara memvisualisasikan medan 1. Bantuan garis-garis berarah (anak panah). Anak panah-anak panah akan menampilkan arah dan besar medan gravitasi pada berbagai titik dalam ruang 2. Diagram garis-garis medan (disebut juga garis-garis gaya)
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Menyajikan karya mengenai gerak satelit buatan yang mengorbit bumi berupa Kliping

### X. 3.9 Usaha dan Energi

#### A. Energi Kinetik dan Energi Potensial

Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha. Lima bentuk utama energi adalah: energi mekanik, energi kimia, energi elektromagnetik (listrik, magnet, dan cahaya), dan energi nuklir.

##### 1. Energi Potensial

Secara umum, energi potensial adalah energi yang tersimpan dalam suatu benda. Misalnya energi kimia dan energi listrik. Energi potensial baru bermanfaat ketika diubah menjadi bentuk energi lain.

a. Energi Potensial Gravitasi

Energi potensial gravitasi adalah energi yang dimiliki benda karena berada pada ketinggian tertentu dari suatu bidang acuan. Secara matematis ditulis sebagai berikut :

$$EP = m g h$$

b. Energi Potensial Pegas

Sebuah pegas yang memiliki konstanta  $k$  dan terentang sejauh  $x$  dari keadaan setimbangnya ( $x = 0$ ) memiliki energi potensial, karena ketika dilepaskan ia dapat melakukan kerja pada sebuah benda lain. Besarnya EP elastis pada pegas dihitung menggunakan persamaan :

$$EP_{pegas} = \frac{1}{2} kx^2$$

2. Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena geraknya (atau kecepatannya). Energi kinetik bergantung pada massa dimana semakin besar massa maka energi kinetik juga akan semakin besar. Secara matematis dirumuskan sebagai

$$EK = \frac{1}{2} mv^2$$

(Kanginan,2016)

B. Konsep Usaha

Usaha dalam fisika didefinisikan sebagai besarnya gaya yang bekerja pada suatu benda sehingga benda mengalami perpindahan. Sehingga usaha dirumuskan

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

Ada beberapa keadaan pada benda yang mengalami gaya yaitu:

1. Jika gaya yang dilakukan untuk menghasilkan usaha membentuk sudut  $\theta$  terhadap bidang datar sehingga benda berpindah sejauh  $S$  searah bidang datar maka gaya  $F$  diuraikan dulu menjadi dua komponen yaitu gaya yang tegak lurus terhadap arah perpindahannya ( $F \sin \theta$ ), dan gaya yang searah dengan perpindahannya ( $F \cos \theta$ ).
2. Jika suatu benda dikenai oleh lebih dari satu gaya dengan perpindahan yang berbeda, maka harus ditemukan nilai usaha dari masing-masing gaya kemudian dihitung usaha totalnya.
3. Jika benda yang dikenai gaya berada pada bidang miring, maka nilai usaha total didapat dari perkalian gaya pada masing-masing komponen sumbu dengan perpindahan.
4. Jika yang diketahui adalah grafik dari usaha, maka besarnya usaha yang dilakukan oleh gaya dihitung sebagai luas dari grafik (Saripudin,2009)

### C. Hubungan Usaha dan Energi Kinetik

Jika gaya  $F$  yang searah dengan gerak benda mempercepat benda dari  $v_t$  menjadi  $v_0$  sehingga benda berpindah sejauh  $s$ . Maka secara matematis berlaku:

$$W = m a s$$

$$W = m a \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a}$$

$$W = \frac{1}{2} m v_t^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$W = \Delta E_K$$

#### D. Hubungan Usaha dan Energi Potensial

Ketika berjalan jauh kita akan merasa lapar, artinya terjadi perubahan energi pada tubuh kita. Perubahan energi itu digunakan untuk melakukan usaha yaitu berjalan. Dari uraian ilustrasi di atas dapat ditemukan suatu simpulan yang menjelaskan hubungan antara usaha dan energi. Hubungan itu dapat dituliskan sebagai berikut.

Usaha = Perubahan Energi

$$W = \Delta E$$

dimana  $W = m g h$

$$W = m g h_A - m g h_B$$

maka  $W = \Delta EP$

#### E. Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Ketika buah kelapa jatuh bebas dari pohonnya, terjadi konversi energi dari bentuk Energi Potensial ( $E_p$ ) menjadi Energi Kinetik ( $E_k$ ). Energi potensial semakin berkurang sedangkan energi kinetik semakin bertambah, tetapi energi mekanik ( $E_m$ ) adalah konstan di posisi mana saja, jika benda tersebut tidak dipengaruhi oleh gaya luar.

Besarnya energi mekanik pada suatu benda dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$E_m = E_p + E_k$$

Hukum kekekalan energi mekanik yang berbunyi:

*“Jika pada suatu sistem hanya bekerja gaya-gaya yang bersifat konservatif, maka energi mekanik sistem pada posisi apa saja selalu tetap dengan kata*

*lain energi mekanik pada posisi akhir sama dengan energi mekanik pada posisi awal*".

Berdasarkan uraian diatas, maka materi usaha dan energi dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural seperti tabel 9 :

**Tabel 9. Uraian Materi Usaha Dan Energi**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan	Energi mekanik disimbolkan $E_m$
Tentang Terminologi	Energi potensial disimbolkan $E_p$
	Energi Kinetik disimbolkan $E_k$
	Usaha oleh gaya gravitasi disimbolkan $W$
	Perubahan energi potensial gravitasi benda disimbolkan $\Delta EP$
	Perubahan energi kinetik benda disimbolkan $\Delta EK$
	Ketinggian benda di titik A disimbolkan $h_A$
	Ketinggian benda di titik B disimbolkan $h_B$
	Perpindahan benda disimbolkan $s$
	Energi Potensial pegas disimbolkan $EP_{pegas}$
	Konstanta pegas dilambangkan $k$
	Perubahan panjang pegas disimbolkan $x$
	Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Lima bentuk utama energi adalah: energi mekanik, energi kimia, energi elektromagnetik (listrik, magnet, dan cahaya), dan energi nuklir.
Pengetahuan	Besarnya energi mekanik pada suatu benda dapat

Tentang Prinsip dan Generalisasi	dinyatakan dengan persamaan berikut :
	$E_m = E_p + E_k$
	Secara matematis besarnya energi potensial gravitasi ditulis sebagai :
	$EP = m g h$
	Besarnya Energi Potensial elastis pada pegas dihitung menggunakan persamaan :
	$EP_{pegas} = \frac{1}{2} k x^2$
	Usaha dapat dirumuskan :
	$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	Hubungan Usaha dengan energi kinetik adalah
	$W = \Delta E_K$
	Hubungan Usaha dengan energi potensial adalah
	$W = \Delta EP$
	Besarnya energi mekanik pada suatu benda dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :
	$E_m = E_p + E_k$
	Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha.
	Sumber energi terbesar di bumi adalah matahari
Secara umum, energi potensial adalah energi yang tersimpan dalam suatu benda.	
Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena geraknya (atau kecepatannya).	
Usaha dalam fisika didefinisikan sebagai besarnya gaya yang bekerja pada suatu benda sehingga benda mengalami perpindahan.	
Usaha adalah perkalian skalar antara vektor $\vec{F}$ dengan vektor pergeseran	
Energi potensial semakin berkurang sedangkan	

	energi kinetik semakin bertambah, tetapi energi mekanik ( $E_m$ ) adalah konstan di posisi mana saja, jika benda tersebut tidak dipengaruhi oleh gaya luar.
	Hukum kekekalan energi mekanik yang berbunyi: <i>“Jika pada suatu sistem hanya bekerja gaya-gaya yang bersifat konservatif, maka energi mekanik sistem pada posisi apa saja selalu tetap dengan kata lain energi mekanik pada posisi akhir sama dengan energi mekanik pada posisi awal”.</i>
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan	Membuktikan energi total satelit
Tentang	Menemukan ciri-ciri gaya konservatif.
Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Menemukan pertambahan energi potensial pada sistem konservatif dan non konservatif.
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Cara memvisualisasikan medan 1. Bantuan garis-garis berarah (anak panah). Anak panah-anak panah akan menampilkan arah dan besar medan gravitasi pada berbagai titik dalam ruang 2. Diagram garis-garis medan (disebut juga garis-garis gaya)
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Ada beberapa keadaan pada benda yang mengalami gaya yaitu: 1. Jika gaya yang dilakukan untuk menghasilkan usaha membentuk sudut $\theta$ terhadap bidang datar sehingga benda berpindah sejauh $S$ searah bidang datar maka gaya $F$ diuraikan dulu menjadi dua komponen yaitu gaya yang tegak lurus terhadap arah perpindahannya ( $F \sin \theta$ ), dan gaya yang searah dengan perpindahannya ( $F \cos \theta$ ).

	<p>2. Jika suatu benda dikenai oleh lebih dari satu gaya dengan perpindahan yang berbeda, maka harus ditemukan nilai usaha dari masing-masing gaya kemudian dihitung usaha totalnya.</p> <p>3. Jika benda yang dikenai gaya berada pada bidang miring, maka nilai usaha total didapat dari perkalian gaya pada masing-masing komponen sumbu dengan perpindahan.</p> <p>4. Jika yang diketahui adalah grafik dari usaha, maka besarnya usaha yang dilakukan oleh gaya dihitung sebagai luas dari grafik.</p>
--	---

### X. 3.10 Momentum dan Impuls

#### A. Momentum

*Momentum* suatu benda yang bergerak didefinisikan *sebagai hasil perkalian antara massa dengan kecepatan benda*. Secara matematis dirumuskan

$$P = m \cdot v$$

Massa  $m$  merupakan besaran skalar dan kecepatan  $v$  adalah besaran vektor, berarti momentum merupakan besaran vektor. Karena besaran vektor maka menjumlahkan vektor harus mengetahui besar dan arahnya. Penjumlahan tersebut kita namakan resultan vektor.

#### B. Impuls

Impuls didefinisikan sebagai hasil kali gaya dengan waktu yang dibutuhkan gaya tersebut bergerak. Dari definisi ini dapat dirumuskan seperti berikut.

$$I = F \cdot \Delta t$$

Jika pada sebuah benda bermassa  $m$ , bekerja sebuah gaya  $F$  yang besarnya tetap selama selang waktu  $t$  sekon, maka pada benda berlaku persamaan:

$$F = m \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

Sebagaimana diketahui bawah  $F \Delta t$  adalah Impuls ( $I$ ) dari gaya  $F$  yang bekerja pada benda selama  $\Delta t$  dan  $m v$  adalah momentum benda, maka diperoleh persamaan hubungan antara momentum dan impuls sebagai berikut:

$$I = p_2 - p_1$$

$$I = \Delta p$$

Dari persamaan di atas, dapat diketahui bahwa :

*“Besarnya impuls yang dikerjakan suatu benda sebanding dengan perubahan momentum yang dialami benda yaitu beda antara momentum akhir dengan momentum awalnya.”*

### C. Tumbukan

Dalam kehidupan sehari-hari, kita biasa menyaksikan benda-benda saling bertumbukan. Banyak kecelakaan yang terjadi di jalan raya sebagiannya disebabkan karena tabrakan (tumbukan) antara dua kendaraan, baik antara sepeda motor dengan sepeda motor, mobil dengan mobil maupun antara sepeda motor dengan mobil.

Jenis-jenis Tumbukan

#### 1. Tumbukan Lenting Sempurna

Dua benda dikatakan melakukan Tumbukan lenting sempurna jika Momentum dan Energi Kinetik kedua benda sebelum tumbukan =

momentum dan energi kinetik setelah tumbukan. Secara matematis, Hukum Kekekalan Momentum dirumuskan sebagai berikut :

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

$$m_1(v_1 - v_1') = -m_2(v_2 - v_2')$$

Pada Tumbukan Lenting Sempurna berlaku juga Hukum Kekekalan Energi Kinetik. Maka diperoleh

$$V_1' - V_2' = V_2 - V_1$$

$$\frac{V_1' - V_2'}{V_2 - V_1} = e$$

dimana  $e$  adalah koefisien restitusi yang berlaku untuk tumbukan elastis sempurna.

## 2. Tumbukan Lenting Sebagian

Tumbukan lenting sebagian adalah tumbukan di mana energi kinetik sistem setelah tumbukan lebih kecil dari pada energi kinetik sebelum tumbukan. Hukum kekekalan momentum masih berlaku pada tumbukan lenting sebagian. Persamaan umumnya ditulis sebagai:

$$\frac{V_1' - V_2'}{V_2 - V_1} = e$$

Dengan  $e$  merupakan koefisien restitusi yang nilainya berupa bilangan positif dengan kisaran harga  $0 < e < 1$ .

Berdasarkan persamaan pada gerak jatuh bebas, kecepatan benda sesaat sebelum tumbukan adalah :

$$v_1 = +\sqrt{2gh_1}$$

Gerak bola sesaat setelah terjadi tumbukan dapat didefinisikan dengan gerak jatuh bebas, sehingga:

$$v_1' = -\sqrt{2gh_2} \quad (\text{arah ke atas negatif})$$

Karena lantai diam, maka kecepatan lantai sebelum dan sesudah tumbukan adalah nol,  $v_2 = v_2' = 0$ , sehingga besarnya koefisien restitusi adalah:

$$e = -\frac{(v_1' - v_2')}{v_1 - v_2} = -\frac{(v_1' - 0)}{v_1 - 0}$$

$$e = -\frac{v_1'}{v_1} = -\frac{-\sqrt{2gh_2}}{+\sqrt{2gh_1}}$$

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

### 3. Tumbukan Tidak Lenting sama sekali

Bola Billiard dilemparkan dalam arah mendatar menuju segumpal plastisin yang diam di atas lantai licin. Jadi, untuk tumbukan tidak lenting sama sekali, sesaat setelah tumbukan kedua benda bersatu dan bergerak bersama dengan kecepatan yang sama. Karena pada tumbukan tak lenting sama sekali kedua benda bersatu sesudah tumbukan, maka berlaku hubungan kecepatan sesudah tumbukan yaitu:

$$v_1' = v_2' = v'$$

$$v' = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

Pada tumbukan ini, benda bergabung setelah tumbukan sehingga nilai  $v_1' = v_2' = v'$ . Akibatnya, nilai  $v_1' - v_2'$  pada persamaan nilai restitusi ( $e$ ) berharga nol, sehingga persamaan tersebut dapat dituliskan seperti di bawah ini:

$$e = -\frac{\Delta v'}{\Delta v} = -\frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)} = 0$$

(Kanginan, 2016).

Berdasarkan uraian diatas, maka materi usaha dan energi dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural seperti tabel 10:

**Tabel 10. Uraian materi Momentum dan Impuls**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Momentum disimbolkan $P$
	Impuls disimbolkan $I$
	Kecepatan akhir benda disimbolkan $v_2$
	Kecepatan awal benda disimbolkan $v_1$
	Koefisien restitusi disimbolkan $e$
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Kecelakaan yang terjadi di jalan raya disebabkan karena tabrakan (tumbukan) antara dua kendaraan
	Ketika bola sepak ditendang David Beckham
	Permainan Kelereng
	Saat meninju dinding keras, tangan terasa sakit
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Tumbukan diklasifikasikan menjadi 3 yaitu tumbukan lenting sempurna, tumbukan lenting sebagian dan tumbukan yang tidak lenting sama sekali.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Menghitung momentum, berlaku persamaan $P = m \cdot v$
	Mneghitung Impuls, berlaku persamaan $I = F \cdot \Delta t$
	Hubungan momentum dan Impuls terlihat pada $F = m \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$ $F \Delta t = m v_2 - m v_1$ $I = p_2 - p_1$ $I = \Delta p$
	Hukum Kekekalan Momentum dirumuskan sebagai berikut :

	$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ $m_1 (v_1 - v_1') = -m_2 (v_2 - v_2')$
	<p>Menghitung koefisien restitusi pada peristiwa lenting sempurna berlaku</p> $\frac{V_1' - V_2'}{V_2 - V_1} = e$
	<p>Menghitung koefisien restitusi pada peristiwa lenting sempurna berlaku</p> $\frac{V_1' - V_2'}{V_2 - V_1} = e$ <p>dengan <math>0 &lt; e &lt; 1</math></p>
	<p>Kecepatan benda sesaat sebelum tumbukan adalah</p> $v_1 = +\sqrt{2gh_1}$
	<p>Kecepatan benda sesaat setelah tumbukan adalah</p> $v_1' = -\sqrt{2gh_2}$
	<p>Menentukan besarnya koef restitusi pada benda yang mengalami lenting sebagian adalah</p> $e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$
	<p>Untuk benda tidak lenting sama sekali, berlaku</p> $v_1' = v_2' = v'$ <p>maka</p> $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ <p>sehingga</p> $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$ $m_1 v_1 + m_2 \cdot 0 = (m_1 + m_2) v'$ $v' = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1$ $e = -\frac{\Delta v'}{\Delta v} = -\frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)} = 0$
Pengetahuan tentang teori, model dan	Momentum suatu benda yang bergerak didefinisikan sebagai hasil perkalian antara massa dengan

struktur	kecepatan benda.
	<i>Impuls</i> didefinisikan sebagai hasil kali gaya dengan waktu yang dibutuhkan gaya tersebut bergerak.
	Teorema Momentum Impuls <i>“Besarnya impuls yang dikerjakan suatu benda sebanding dengan perubahan momentum yang dialami benda yaitu beda antara momentum akhir dengan momentum awalnya.”</i> Jika gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, maka momentum sistem kekal.
	Tumbukan adalah pertemuan antara dua buah benda yang masing-masing relatif bergerak.
	Tumbukan lenting sempurna terjadi jika Momentum dan Energi Kinetik kedua benda sebelum tumbukan = momentum dan energi kinetik setelah tumbukan
	Untuk tumbukan tidak lenting sama sekali, sesaat setelah tumbukan kedua benda bersatu dan bergerak bersama dengan kecepatan yang sama
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Mengukur momentum rata-rata ketika seseorang berjalan cepat atau berlari menempuh lintasan lurus.
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Menganalisis hubungan momentum dengan impuls.
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Melakukan percobaan tumbukan lenting sempurna pada lima bola identik.

### X. 3.11 Getaran Harmonis Sederhana

#### A. Karakteristik getaran harmonis

Jam bandul merupakan teknologi yang menerapkan prinsip getaran harmonis yang dibuat oleh Christian Huygens pada tahun 1665. Hingga tahun 1930an, jam ini merupakan petunjuk waktu yang paling tepat di dunia. Ketika jarum panjang menunjukkan angka 12, jam ini akan berdentang sesuai dengan angka jam pada saat itu. Jam bandul memiliki bandul atau pendulum yang selalu bergerak ke kanan dan kiri yang disebut gerakan atau getaran harmonis.

Getaran harmonik sederhana adalah gerak bolak-balik melalui suatu titik keseimbangan dengan jumlah getaran dalam setiap detik konstan.

Karakteristik Gerak Harmonis:

- a. Simpangan ( $y$ ); lintasan yang dilalui oleh benda yang bergetar dihitung dari titik kesetimbangan.
- b. Amplitudo ( $A$ ); perpindahan maksimum dari titik kesetimbangan (simpangan maksimum).
- c. Periode ( $T$ ); Waktu yang dibutuhkan oleh benda yang bergerak harmonik sederhana untuk menempuh satu putaran penuh.
- d. Frekuensi ( $f$ ); banyaknya gerak yang dilakukan partikel dalam satu satuan waktu (periode).

(Bambang, 2009)

#### B. Jenis-jenis getaran harmonik sederhana

Gerak Harmonik Sederhana dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Gerak Harmonik Sederhana Linier, pergerakannya ada pada satu garis lurus vertikal maupun horizontal. Misalnya penghisap dalam silinder gas, gerak

osilasi air raksa / air dalam pipa U, gerak horizontal / vertikal dari pegas (pegas pada mobil), dan sebagainya.

2. Gerak Harmonik Sederhana Angular, pergerakannya mengayun membentuk pola setengah lingkaran ataupun bisa saja perputaran. Misalnya gerak bandul/ bandul fisis(bandul jam), osilasi ayunan torsi, dan sebagainya.

### C. Gaya Pemulih

Gaya pemulih adalah: gaya yang dilakukan untuk kembali pada posisi kesetimbangan.

Pada bandul, apabila bandul itu bergerak vertikal dengan membentuk sudut  $\theta$ , gaya pemulih bandul tersebut adalah  $mg \sin \theta$ . Secara matematis dapat dituliskan:

$$F = mg \sin \theta$$

Pada pegas, gaya yang dilakukan pegas untuk mengembalikan benda pada posisi kesetimbangan disebut *gaya pemulih*. gaya pemulih sebanding dengan simpangannya.

$$F_p = -kx.$$

### Perioda dan Frekuensi

Pada bandul,  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$  dan  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

Pada Pegas,  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$  dan  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

### D. Energi Gerak Harmonis Sederhana

1. *Energi kinetik* benda yang melakukan gerak harmonik sederhana, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_k = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2 \omega t$$

2. *Energi Potensial* benda yang melakukan gerak harmonik sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_p = \frac{1}{2} k A^2 \sin^2 \omega t$$

3. *Energi mekanik* merupakan penjumlahan dari *energi kinetik* dan *energi potensial* sehingga didapatkan untuk energi mekanik adalah:

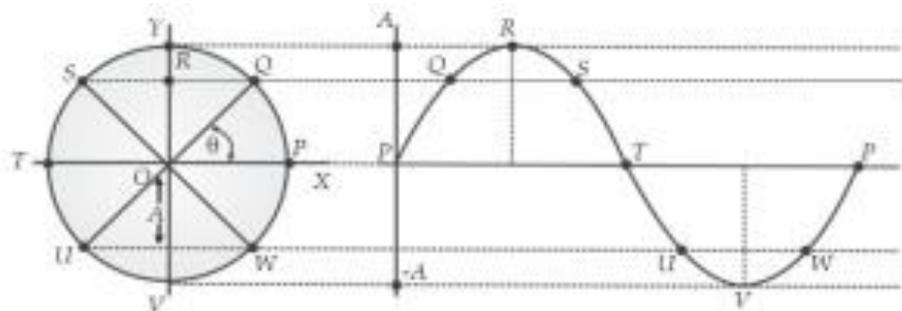
$$E_m = \frac{1}{2} k A^2$$

(Joko,2009)

#### E. Persamaan simpangan, kecepatan, dan percepatan

##### 1. Simpangan

Simpangan getaran harmonik sederhana dapat dianggap sebagai *proyeksi partikel* yang bergerak melingkar beraturan pada diameter lingkaran.



Gambar 18. Proyeksi gerak melingkar beraturan terhadap sumbu Y merupakan getaran harmonik sederhana.(sumber:www.fisikazone.com)

Perhatikan Gambar 18. Setelah selang waktu  $t$  partikel berada di titik  $Q$  dan sudut yang ditempuh adalah  $\theta = \omega t = \frac{2\pi t}{T}$ .

Sudut fase getaran harmoniknya adalah sebagai berikut.

$$\theta = (\omega t + \theta_0) = \left(\frac{2\pi t}{T} + \theta_0\right) \text{ atau } \theta = 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi}\right) = 2\pi\varphi$$

Karena  $\varphi$  disebut fase, maka fase getaran harmonik adalah sebagai berikut:

$$\varphi = \frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi}$$

Apabila sebuah benda bergetar harmonik mulai dari  $t = t_1$  hingga  $t = t_2$ , maka beda fase benda tersebut adalah sebagai berikut.

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{t_2 - t_1}{T} = \frac{\Delta t}{T}$$

## 2. Kecepatan

Kita dapat menentukan *kecepatan gerak harmonik sederhana* dengan cara menurunkan fungsi yang ditunjukkan oleh persamaan simpangan ( $y$ ) terhadap waktu ( $t$ ), sehingga kita memperoleh persamaan berikut:

$$v_y = \omega A \cos(\omega t + \theta_0)$$

$$v_m = \omega A$$

Sesuai dengan persamaan diatas, maka *kecepatan gerak harmonik sederhana* dapat juga kita nyatakan sebagai berikut:

$$v_y = v_m \cos \theta = v_m \cos(\omega t + \theta_0)$$

Kita juga dapat menentukan kecepatan gerak harmonik sederhana dengan menggunakan *metode gerak melingkar beraturan*. Kita telah mengetahui bahwa kecepatan linear benda yang bergerak melingkar adalah:

$$v_y = \omega \sqrt{A^2 - y^2}$$

## 3. Percepatan

*Percepatan gerak harmonik sederhana* dapat ditentukan dengan menurunkan kecepatan ( $V_y$ ) terhadap waktu ( $t$ ) sebagai berikut:

$$a_y = a_m \sin(\omega t + \theta_0)$$

Percepatan sentripetal suatu benda yang bergerak melingkar dapat ditentukan sebagai berikut:

$$a_s = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \frac{R^2}{R} = \omega^2 R$$

Dalam hal ini, *percepatan gerak harmonik sederhana adalah proyeksi percepatan sentripetal terhadap sumbu Y*. Kemudian kita dapat memperoleh persamaan berikut

$$a_y = -\omega^2 A \sin \omega t$$

Berdasarkan uraian diatas, maka materi getaran harmonis sederhana dapat dikelompokkan jadi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural seperti tabel 11 :

**Tabel 11. Uraian Materi Getaran Harmonis Sederhana**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan	Amplitudo dilambangkan A
Tentang Terminologi	Periode dilambangkan T
	Frekuensi dilambangkan f
	Simpangan dilambangkan y
	Energi kinetik gerak harmonik sederhana disimbolkan $E_k$
	Konstanta pegas disimbolkan k
	Energi potensial gerak harmonik sederhana disimbolkan $E_p$
	Energi potensial gerak harmonik sederhana $E_m$
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Jam bandul dibuat oleh Christian Huygens pada tahun 1665.
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Gerak Harmonik Sederhana dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu Gerak Harmonik Sederhana Linier, Gerak Harmonik Sederhana Angular
	Karakteristik Gerak Harmonis: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Simpangan (y);</li> <li>b. Amplitudo (A);</li> <li>c. Periode (T);</li> </ul>

	d. Frekuensi (f);
	Aplikasi Gerak Harmonis Sederhana secara umum terdapat pada bandul dan pegas
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Secara matematis, gaya pemulih pada bandul dapat dituliskan: $F = mg \sin \theta$
	Secara matematis, gaya pemulih pada pegas dituliskan: $F_p = -kx$
	Frekuensi dan Perioda pada bandul dihitung dengan persamaan $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \text{ dan } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
	Frekuensi dan Perioda pada pegas dihitung dengan persamaan $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} ; T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$
	<i>Energi kinetik</i> benda yang melakukan gerak harmonik sederhana, dapat dirumuskan sebagai berikut: $E_k = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2 \omega t$
	<i>Energi Potensial</i> benda yang melakukan gerak harmonik sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut: $E_p = \frac{1}{2} k A^2 \sin^2 \omega t$
	<i>Energi mekanik</i> merupakan penjumlahan dari <i>energi kinetik</i> dan <i>energi potensial</i> sehingga didapatkan untuk energi mekanik adalah: $E_m = \frac{1}{2} k A^2$
	Simpangan gerak harmonis sederhana diperoleh

	<p>persamaan sebagai berikut.</p> $Y = A \sin \theta = A \sin \omega t = A \sin \frac{2\pi t}{T}$
	<p>Sudut fase getaran harmoniknya adalah sebagai berikut.</p> $\theta = (\omega t + \theta_0) = \left( \frac{2\pi t}{T} + \theta_0 \right) \text{ atau } \theta = 2\pi \left( \frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi} \right) = 2\pi\varphi$
	<p>Kecepatan Getaran Harmonis Sederhana diperoleh dari</p> $v_y = \omega A \cos (\omega t + \theta_0)$
	<p>Kecepatan gerak harmonis juga bisa dihitung dengan persamaan</p> $v_y = \omega \sqrt{A^2 - y^2}$
	<p>Percepatan Gerak Harmonis dihitung dengan persamaan</p> $a_y = a_m \sin(\omega t + \theta_0)$
	<p>Menggunakan kecepatan sudut, percepatan bisa dirumuskan sebagai</p> $a_s = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \frac{R^2}{R} = \omega^2 R$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	<p>Getaran harmonik sederhana adalah gerak bolak-balik melalui suatu titik keseimbangan dengan jumlah getaran dalam setiap detik konstan.</p>
	<p>Gerak Harmonik Sederhana Linier, pergerakannya ada pada satu garis lurus vertikal maupun horisontal</p>
	<p>Gerak Harmonik Sederhana Angular, pergerakannya mengayun membentuk pola setengah lingkaran ataupun bisa saja perputaran.</p>
	<p>Simpangan (y); lintasan yang dilalui oleh benda yang bergetar dihitung dari titik kesetimbangan.</p>
	<p>Amplitudo (A); perpindahan maksimum dari titik kesetimbangan(simpangan maksimum)</p>
	<p>Periode (T); Waktu yang dibutuhkan oleh benda yang</p>

	bergerak harmonik sederhana untuk menempuh satu putaran penuh.
	Frekuensi ( $f$ ); banyaknya gerak yang dilakukan partikel dalam satu satuan waktu (periode).
	Gaya pemulih adalah: gaya yang dilakukan untuk kembali pada posisi kesetimbangan.
	Simpangan getaran harmonik sederhana dapat dianggap sebagai <i>proyeksi partikel</i> yang bergerak melingkar beraturan pada diameter lingkaran.
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Menentukan hubungan antara periode pegas dan massa beban sekaligus menghitung tetapan pegas.
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Periode dan frekuensi pada bandul dapat dihitung dengan menyamakan gaya pemulih dan gaya sentripetal
	Menentukan <i>kecepatan gerak harmonik sederhana</i> dengan cara menurunkan fungsi persamaan simpangan ( $y$ ) terhadap waktu ( $t$ )
	Menentukan kecepatan gerak harmonik sederhana dengan menggunakan <i>metode gerak melingkar beraturan</i>
	<i>Percepatan gerak harmonik sederhana</i> dapat ditentukan dengan menurunkan kecepatan ( $V_y$ ) terhadap waktu ( $t$ )
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Menemukan gaya pemulih pada beberapa masalah gerak harmonik sederhana.
	Menemukan rumus periode pada beberapa masalah gerak harmonik sederhana.

### XI.3.1. Keseimbangan dan Dinamika Rotasi

#### A. Momen Gaya

Membuka pintu dengan cara mendorong bagian yang jauh dari engsel lebih mudah dibandingkan dengan mendorong bagian yang dekat dari engsel. Momen gaya didefinisikan sebagai hasil perkalian silang antara gaya  $\vec{F}$  dengan lengan gaya  $\vec{r}$ . Momen gaya merupakan besaran vektor, apabila arah gaya tegak lurus lengan gaya maka persamaan di atas dapat dinyatakan dalam:

$$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{r}$$

Jika gaya dorong  $F$  diberikan pada pintu dengan membentuk sudut  $\alpha$  terhadap arah mendatar. maka

$$\vec{\tau} = |\vec{F}| \cdot |\vec{r}| \sin \alpha$$

(Kanginan, 2016).

#### B. Momen Inersia

Momen Inersia adalah ukuran besarnya kecenderungan berotasi yang ditentukan oleh keadaan benda atau partikel penyusunnya. Besarnya momen inersia suatu benda dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti massa benda, bentuk benda, letak sumbu putar dan jarak ke sumbu putar.

Dengan demikian, momen inersia dinyatakan dengan:

$$I = m \cdot R^2$$

*Menentukan momen inersia benda pejal teratur*

#### C. Keseimbangan Benda Tegar

Syarat benda dikatakan seimbang menurut Sir Isaac Newton adalah  $\Sigma F = 0$

dan  $\Sigma \tau = 0$

Kedua persamaan diatas digunakan untuk menyelesaikan permasalahan benda tegar. Keseimbangan benda tegar terbagi atas dua jenis, yaitu:

#### 1. Keseimbangan benda statis

Keseimbangan benda statis didefenisikan sebagai benda dalam keadaan seimbang (translasi dan rotasi), Maka syarat keseimbangan benda statis benda tegar adalah:

$$\Sigma F_x = 0 \quad \Sigma F_y = 0 \quad \Sigma \tau = 0$$

#### 2. Keseimbangan benda tegar dinamis

Keseimbangan dinamis benda tegar didefenisikan sebagai benda dalam keadaan setimbang (translasi dan rotasi), yang dipenuhi oleh  $\Sigma F = 0$  dan  $\Sigma \tau = 0$ , dan benda dalam keadaan bergerak dengan kecepatan linear konstan dan kecepatan sudut konstan.

Hukum II Newton untuk gerak rotasi yang berbunyi: "*Percepatan sudut yang dialami oleh suatu benda berbanding lurus dengan resultan momen gaya luar yang bekerja terhadap poros melalui pusat massa dan berbanding terbalik dengan momen inersia benda terhadap poros*"

$$a = \frac{\Sigma F}{m} \text{ dan } \alpha = \frac{\Sigma \tau}{I}$$

#### D. Titik Berat

Titik kumpulan resultan gaya berat pada benda inilah disebut yang disebut titik berat. Untuk menentukan titik berat, maka besarnya *momen gaya* yang dialami pada setiap partikel tersebut:

##### 1. Pada Sumbu X

$$\tau = \Sigma \tau$$

$$W X = W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3$$

$$W X = \sum W X$$

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

Maka persamaanya menjadi:

$$X = \frac{W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3}{W_1 + W_2 + W_3}$$

2. Pada Sumbu Y

$$\tau = \sum \tau$$

$$W Y = W_1 Y_1 + W_2 Y_2 + W_3 Y_3$$

$$W Y = \sum W Y$$

$$Y = \frac{\sum W Y}{\sum W}$$

Maka persamaanya menjadi:

$$Y = \frac{W_1 Y_1 + W_2 Y_2 + W_3 Y_3}{W_1 + W_2 + W_3}$$

## B. Hukum Kekekalan Momentum Sudut pada Gerak Rotasi

Pemain ice skating dapat mengatur kecepatan perputarannya hanya dengan menggunakan tangan. Ketika mereka melipat tangan ke tubuh mereka maka mereka akan berputar semakin cepat, kemudian ketika mereka merentangkan tangan terjadi perlambatan pada perputaran.

Jika keempat jari menyatakan arah gerak rotasi, maka ibu jari menyatakan arah momentum sudut.

$$\tau = I \alpha = I \frac{d\omega}{dt} = d \left( \frac{I\omega}{dt} \right) = \frac{dL}{dt}$$

$$\sum \tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

$$0 = I\omega_2 - I\omega_1$$

$$I\omega_2 = I\omega_1$$

$$L_2 = L_1$$

(Foster,2011)

Maka Hukum Kekekalan Momentum Sudut berbunyi

*“Jika resultan momen gaya pada sebuah benda tegar yang bergerak rotasi bernilai nol maka momentum sudut benda tegar yang bergerak rotasi selalu konstan”*

Berdasarkan uraian materi diatas, maka materi keseimbangan dan dinamika rotasi dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti tabel 12

**Tabel 12. Uraian Materi Keseimbangan Dan Dinamika Rotasi**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Momen gaya disimbolkan $\tau$
	Gaya yang bekerja disimbolkan F
	Jarak atau lengan disimbolkan $r$
	Momen Inersia disimbolkan I
	Jari-jari rotasi disimbolkan R
	Momentum sudut disimbolkan L
	Kecepatan sudut disimbolkan $\omega$
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Pemain ice skating dapat mengatur kecepatan perputarannya hanya dengan menggunakan tangan
	Membuka pintu dengan cara mendorong bagian yang jauh dari engsel lebih mudah dibandingkan dengan mendorong bagian yang dekat dari engsel.
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Keseimbangan benda tegar terbagi atas dua jenis, yaitu: Keseimbangan benda statis dan Keseimbangan benda dinamis

	Momentum terbagi menjadi dua jenis yaitu momentum linier dan momentum sudut.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Momen gaya dapat dinyatakan dalam bentuk: $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{r}$
	Jika gaya dorong $F$ diberikan pada pintu dengan membentuk sudut $\alpha$ terhadap arah mendatar. maka $\vec{\tau} =  \vec{F}   \vec{r}  \sin \alpha$
	Momen inersia dinyatakan dengan: $\mathbf{I} = m \cdot \mathbf{R}^2$
	Batang homogen yang diputar di pusat massanya momen inersia benda tersebut adalah $I = \frac{1}{12} ML^2.$
	Momen inersia batang homogen yang diputar diujung batang adalah $I = \frac{1}{3} ML^2.$
	Syarat benda dikatakan seimbang menurut Sir Isaac Newton adalah $\Sigma F = 0$ $\Sigma \tau = 0$
	Maka syarat keseimbangan benda statis benda tegar adalah: $\Sigma F_x = 0 \quad \Sigma F_y = 0 \quad \Sigma \tau = 0$ Syarat benda mengalami keseimbangan dinamis benda tegar adalah $a = \frac{\Sigma F}{m}$ $\alpha = \frac{\Sigma \tau}{I}$
	Titik berat di sumbu x dan sumbu y dihitung dengan $X = \frac{W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3}{W_1 + W_2 + W_3}$

	$Y = \frac{W_1 Y_1 + W_2 Y_2 + W_3 Y_3}{W_1 + W_2 + W_3}$
	<p>Titik berat unruk benda homogen 3 dimensi:</p> $x_G = \frac{V_1 x_1 + V_2 x_2 + V_3 x_3 + \dots + V_n x_n}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n} = \frac{\sum V_i x_i}{\sum V_i}$ $y_G = \frac{V_1 y_1 + V_2 y_2 + V_3 y_3 + \dots + V_n y_n}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n} = \frac{\sum V_i y_i}{\sum V_i}$
	<p>Titik berat untuk benda homogen 2 dimensi</p> $x_G = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_3 x_3 + \dots + A_n x_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}$ $y_G = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3 + \dots + A_n y_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$
	<p>Titik berat untuk benda homogen 1 dimensi</p> $x_0 = \frac{l_1 y_1 + l_2 y_2 + l_3 y_3 + \dots + l_n y_n}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n} = \frac{\sum l_n y_n}{\sum l_n}$ $y_0 = \frac{l_1 y_1 + l_2 y_2 + l_3 y_3 + \dots + l_n y_n}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n} = \frac{\sum l_n y_n}{\sum l_n}$
	<p>Besarnya momentum sudut dihitung dengan</p> $L = I \times \omega$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	<p>Hukum Kekekalan Momentum Sudut</p> <p>“Jika resultan momen gaya pada sebuah benda tegar yang bergerak rotasi bernilai nol maka momentum sudut benda tegar yang bergerak rotasi selalu konstan”</p> <p>Momen gaya didefinisikan sebagai hasil perkalian silang antara gaya <math>\vec{F}</math> dengan lengan gaya <math>\vec{r}</math></p> <p>Momen gaya merupakan besaran vektor, apabila arah gaya tegak lurus lengan gaya</p> <p>Jika arah rotasi berlawanan jarum jam, maka momen gaya akan berarah keatas atau bernilai positif</p> <p>Momen Inersia adalah ukuran besarnya kecendrungan berotasi yang ditentukan oleh keadaan benda atau partikel penyusunnya.</p>

	<p>Keseimbangan benda statis didefinisikan sebagai benda dalam keadaan seimbang (translasi dan rotasi), yang dipenuhi oleh <math>\sum F = 0</math> dan <math>\sum \tau = 0</math>, dan benda harus dalam keadaan diam, yang dipenuhi oleh kecepatan <math>v = 0</math> dan kecepatan sudut <math>\omega = 0</math></p>
	<p>Keseimbangan dinamis benda tegar didefinisikan sebagai benda dalam keadaan setimbang (translasi dan rotasi), yang dipenuhi oleh <math>\sum F = 0</math> dan <math>\sum \tau = 0</math>, dan benda dalam keadaan bergerak dengan kecepatan linear konstan dan kecepatan sudut konstan.</p>
	<p>Hukum II Newton untuk gerak rotasi yang berbunyi: <i>"Percepatan sudut yang dialami oleh suatu benda berbanding lurus dengan resultan momen gaya luar yang bekerja terhadap poros melalui pusat massa dan berbanding terbalik dengan momen inersia benda terhadap poros"</i></p>
	<p>Titik berat merupakan titik kumpulan resultan gaya berat pada benda</p>
	<p>Massa benda berdimensi tiga dapat ditentukan dari perkalian Massa Jenis (<math>\rho</math>) dengan volume benda (V)</p>
	<p>Benda berbentuk luasan (dua dimensi) adalah benda yang tebalnya dapat diabaikan sehingga besar berat benda tersebut sebanding dengan luasnya (A)</p>
	<p>Benda satu dimensi adalah benda berbentuk kawat sehingga berat benda dianggap sebanding dengan panjangnya (l)</p>
	<p>Momentum didefinisikan sebagai perkalian antara massa dan kecepatannya.</p>
	<p>Momentum yang berhubungan dengan gerak translasi disebut momentum linier.</p>
	<p>Untuk gerak rotasi digunakan suatu besaran yang</p>

	disebut momentum sudut atau momentum anguler.
	Momentum sudut merupakan besaran vector sehingga memiliki besar dan arah.
	<i>Arah</i> momentum sudut dari suatu benda yang berotasi dapat ditentukan dengan kaidah putaran sekrup atau dengan aturan tangan kanan.
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan	Percobaan sederhana mengenai torsi pada pintu.
Tentang	Percobaan cepat teorema sumbu sejajar pada
Keterampilan	sebatang pensil.
dibidang Tertentu	Percobaan sederhana mengenai torsi pada pintu.
dan Algoritma	Percobaan cepat teorema sumbu sejajar pada sebatang pensil.
Pengetahuan	<i>Menentukan momen inersia benda pejal teratur</i>
Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Supaya dapat kita anggap sebagai partikel maka batang sepanjang $L$ ini kita bagi-bagi dengan panjang sangat kecil $dr$ , yang memiliki massa $dm$ . maka partikel $dm$ ini akan menghasilkan momen inersia $dl$ terhadap poros melalui $p$ dan ini memenuhi persamaan: $dl = r^2 dm$
	Cara menghitungnya menggunakan teorema sumbu sejajar. Jika momen inersia terhadap pusat massa adalah $I_{pm}$ maka momen inersia terhadap poros sejajar melalui titik sembarang yang berjarak $h$ dari pusat massa
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	<i>Menentukan momen inersia benda pejal teratur</i> Supaya dapat kita anggap sebagai partikel maka batang sepanjang $L$ ini kita bagi-bagi dengan panjang sangat kecil $dr$ , yang memiliki massa $dm$ . maka partikel $dm$ ini akan menghasilkan momen inersia $dl$ terhadap poros melalui $p$ dan ini memenuhi

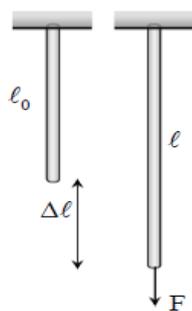
	<p>persamaan:</p> $dl = r^2 dm$ <p>Cara menghitungnya menggunakan teorema sumbu sejajar. Jika momen inersia terhadap pusat massa adalah <math>I_{pm}</math> maka momen inersia terhadap poros sejajar melalui titik sembarang yang berjarak <math>h</math> dari pusat massa</p>
--	---

### XI. 3.2 Elastisitas dan Hukum Hooke

#### A. Elastisitas

Benda elastis yaitu benda yang jika diberi gaya luar, maka benda tersebut akan mengalami perubahan ukuran atau bentuk, ketika gaya luar dihilangkan maka gaya dalam cenderung untuk mengembalikan bentuk dan ukuran benda ke keadaan semula. Contoh: karet gelang, pegas/per, karet ketapel dan tali busur. Elastisitas berhubungan dengan konsep regangan (*strain*), tegangan (*stress*), dan Modulus Elastisitas.

##### 1. Regangan (*strain*)



Suatu batang yang panjang mula-mula  $l_0$  menjadi  $l$  saat ditarik gaya  $F$ , berarti terjadi pertambahan panjang  $\Delta l$ . Artinya batang ini dapat meregang sehingga batang ini memiliki sifat elastis.

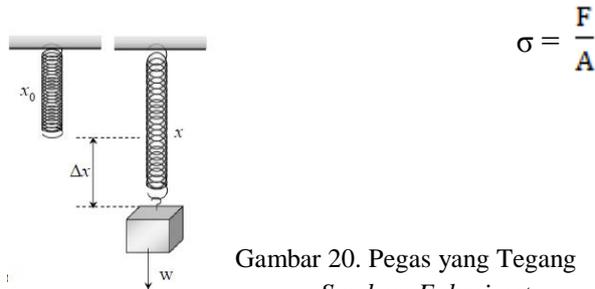
Gambar 19. Batang yang ditarik dengan gaya  $F$   
 Sumber: Eukasi.net

Regangan (*strain*) perbandingan antara pertambahan panjang batang dengan panjang mula-mula. dengan :

$$e = \frac{\Delta L}{L_0}$$

## 2. Tegangan (*stress*)

Tegangan (*stress*) adalah besarnya gaya yang bekerja tiap satu satuan luas penampang. dengan :



Gambar 20. Pegas yang Tegang  
Sumber: Eukasi.net

## 3. Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah besaran yang menggambarkan tingkat elastisitas bahan. Modulus Elastisitas disebut juga Modulus Young yang didefinisikan sebagai perbandingan tegangan dengan regangan.

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{F L_0}{A \Delta L}$$

(Foster, 2011)

### B. Hukum Hooke

Ketika gaya tarik dihilangkan, pegas akan kembali pada keadaan semula. “Jika gaya tarik tidak melampaui batas elastis pegas, pertambahan panjang pegas berbanding lurus (sebanding) dengan gaya tariknya.”

Secara matematis, hubungan antara besar gaya yang bekerja dengan pertambahan panjang pegas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F = -k \cdot \Delta X$$

### C. Susunan Pegas Seri dan Paralel

Penggunaan pegas pada *spring bed* merupakan salah satu contoh susunan pegas. Secara garis besar, susunan pegas ada dua macam, yaitu susunan seri dan susunan paralel.

Untuk susunan seri yang terdiri dari dua pegas atau lebih, maka tetapan pegas pengganti serinya dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots$$

Susunan paralel pegas terlihat pada *springbed*, *shockbreaker* sepeda motor, atau alat olahraga yang digunakan untuk peregangan otot. Ketika kita menarik alat olah raga tersebut dengan posisi mendatar, pertambahan panjang ketiga pegas sama besar. Tetap pengganti pegas paralel yaitu  $k_p = k_1 + k_2 + \dots + k_n$  (Foster, 2011)

Berdasarkan uraian materi diatas, maka materi elastisitas dan hukum hooke dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti tabel 13

**Tabel 13. Uraian Materi Elastisitas dan Hukum Hooke**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Terminologi	Tentang Tetapan pegas pengganti disimbolkan $k_p$
	Tetapan masing-masing pegas disimbolkan $k$
	Pertambahan panjang pegas disimbolkan $\Delta X$
	Luas penampang disimbolkan $A$
	Tegangan disimbolkan $\sigma$
	Regangan disimbolkan $e$
Pengetahuan Elemen-elemen Spesifik	Tentang Karet gelang, pegas/per, karet ketapel dan tali busur adalah contoh benda elastis
	Penggunaan pegas pada <i>spring bed</i> merupakan salah satu contoh susunan pegas.
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan Klasifikasi dan Kategori	tentang Elastisitas berhubungan dengan konsep regangan ( <i>strain</i> ), tegangan ( <i>stress</i> ), dan Modulus Elastisitas.

	Secara garis besar, susunan pegas ada dua macam, yaitu susunan seri dan susunan paralel.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Regangan dihitung dengan : $e = \frac{\Delta L}{L_0}$
	Tegangan dihitung dengan : $\sigma = \frac{F}{A}$
	Modulus elastisitas dihitung melalui perbandingan tegangan dengan regangan yaitu $E = \frac{\sigma}{e} = \frac{F L_0}{A \Delta L}$
	Hukum Hooke menyatakan bahwa gaya pemulih pegas sebanding dengan konstanta pegas dan pertambahan panjang pegas. $F = - k \cdot \Delta X$
	Untuk susunan seri yang terdiri dari dua pegas atau lebih, maka tetapan pegas pengganti serinya dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut: $\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots$
	Tetapan pengganti pegas paralel yaitu $k_p = k_1 + k_2 + \dots$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	Benda elastis yaitu benda yang kembali ke bentuk dan ukuran semula saat gaya luar yang memengaruhi benda dihilangkan.
	Susunan pegas secara paralel memenuhi syarat sebagai berikut : a. Gaya tarik pada pegas pengganti paralel sama dengan jumlah gaya tarik pada pegas masing-masing. b. Pertambahan panjang pegas pengganti

	paralel sama besar dengan penambahan panjang pada masing-masing pegas.
	Hukum Hooke menyatakan <i>“Jika gaya tarik tidak melampaui batas elastis pegas, penambahan panjang pegas berbanding lurus (sebanding) dengan gaya tariknya.”</i>
	Modulus Elastisitas adalah besaran yang menggambarkan tingkat elastisitas bahan.
	Tegangan ( <i>stress</i> ) adalah besarnya gaya yang bekerja tiap satu satuan luas penampang.
	Regangan ( <i>strain</i> ) merupakan perbandingan antara penambahan panjang batang dengan panjang mula-mula
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Melakukan percobaan kelelahan logam (fatigue) pada penjempit kertas.
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Melakukan penyelidikan terhadap tegangan dan regangan berbagai bahan.
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Menyelidiki hubungan antara gaya dengan penambahan panjang pegas.

### XI. 3.3 Fluida Statis

#### A. Hukum Utama Hidrostatik

Bendungan dirancang dengan struktur bangunan lebih tebal pada bagian bawah, sebuah kapal laut yang sangat berat dapat terapung di air. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui konsep Hukum Hidrostatik.

Hukum pokok hidrostatis menyatakan bahwa semua titik yang terletak pada kedalaman yang sama dan dalam fluida yang sejenis, besar tekanan hidrostatisnya sama besar. Berdasarkan Hukum Pokok Hidrostatis, maka:

$$P_A = P_B$$

$$\rho_1 \cdot g \cdot h_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 \cdot h_2$$

(Foster,2011)

### B. Tekanan Hidrostatis

Tekanan Hidrostatis merupakan tekanan yang dihasilkan oleh fluida. Hal ini dihitung menggunakan persamaan

$$P_h = \rho g h$$

Tekanan hidrostatis pada kedalaman  $h$  adalah  $\rho g h$ . Maka tekanan mutlak pada kedalaman  $h$  adalah :

$$P = P_0 + \rho g h$$

Tekanan hidrostatis hanya bergantung pada massa jenis fluida, percepatan gravitasi, dan kedalaman. Tekanan hidrostatis tidak bergantung pada luas wadah. (Foster,2011)

### C. Hukum Pascal

Ketika ujung kantong plastik berisi air yang memiliki banyak lubang diperas, air memancar dari setiap lubang sama kuat. Hasil percobaan inilah yang diamati oleh Blaise Pascal yang dikenal dengan Hukum Pascal.

*Hukum Pascal menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada fluida dalam ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah.*

Karena tekanannya sama ke segala arah, maka:

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Jika penampang berbentuk silinder dengan diameter tertentu, maka persamaan di atas dapat pula dinyatakan sebagai berikut:

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} \text{ dan } A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$$

$$\frac{F_1}{d_1^2} = \frac{F_2}{d_2^2}$$

(Kanginan, 2007).

#### D. Hukum Archimedes

Berat benda di dalam air besarnya:  $w_{air} = w_{udara} - F_{apung}$ . Hukum Archimedes menyatakan bahwa Gaya apung yang bekerja pada suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam suatu fluida sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut.

Berdasarkan Hukum Archimedes, besarnya gaya apung ( $F_a$ ) sama dengan berat zat cair yang dipindahkan ( $w_{bf}$ ), sehingga berlaku:

$$F_a = w_{bf}$$

Karena  $w_{bf} = m_{bf} \cdot g$  dan  $m_{bf} = \rho_f \cdot V_{bf}$ , maka:

$$F_a = m_{bf} \cdot g$$

Hukum Archimedes ini menyebabkan 3 keadaan benda di dalam zat cair yaitu benda tenggelam, benda melayang dan benda mengapung.

#### E. Gejala Kapilaritas

Kapilaritas dipengaruhi oleh adhesi dan kohesi. Untuk zat cair yang membasahi dinding pipa ( $\theta < 90^\circ$ ), permukaan zat cair dalam pipa naik lebih tinggi dibandingkan permukaan zat cair di luar pipa. Sebaliknya, untuk zat cair

yang tidak membasahi dinding pipa ( $\theta < 90^\circ$ ) permukaan zat cair di dalam pipa lebih rendah daripada permukaan zat cair di luar pipa.

Zat cair berhenti naik ketika berat zat cair dalam kolom yang naik sama dengan gaya ke atas yang dikerjakan pada zat cair.

$$w = F$$

Jika massa jenis zat cair adalah  $\rho$ , tegangan permukaannya, sudut kontak  $\theta$ , kenaikan zat cair setinggi  $h$ , dan jari-jari pipa kapiler adalah  $r$ , maka berat zat cair yang naik dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$w = \rho \pi r^2 h g$$

Komponen gaya vertikal yang menarik zat cair sehingga naik setinggi  $h$  adalah:

$$F = (\gamma \cos \theta)(2\pi r) = F = 2\pi r \gamma \cos \theta$$

Jika nilai  $F$  ganti dengan  $\rho \pi r^2 h g$ , maka persamaannya menjadi seperti berikut.

$$\rho \pi r^2 h g = 2\pi r \gamma \cos \theta$$

$$h = \frac{2 \gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

(Foster, 2011)

#### F. Viskositas dan Hukum Stokes

Berdasarkan perhitungan laboratorium, pada tahun 1845, *Sir George Stoker* menunjukkan bahwa untuk benda yang bentuk geometrisnya berupa bola nilai  $k = 6\pi r$ . Bila nilai  $k$  dimasukkan kedalam persamaan, maka diperoleh persamaan yang dikenal sebagai *hukum Stokes*.

$$F_s = 6\pi r \eta v$$

Pada kecepatan terminal, resultan yang bekerja pada bola sama dengan nol. Misalnya sumbu vertikal ke atas sebagai sumbu positif, maka pada saat kecepatan terminal tercapai berlaku persamaan berikut.

$$v_T = \frac{gV_b(\rho_b - \rho_f)}{6\pi r \eta}$$

Untuk benda berbentuk bola dengan  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ , persamaannya menjadi:

$$v_T = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{\eta} (\rho_b - \rho_f)$$

Berdasarkan uraian materi diatas, maka materi fluida statis dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti tabel 14

**Tabel 14. Uraian Materi Fluida Statis**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan	Gaya gesekan stokes disimbolkan $F_s$
Tentang Terminologi	Massa jenis fluida disimbolkan $\rho_f$
	Massa jenis bola disimbolkan $\rho_b$
	Kecepatan terminal disimbolkan $v_T$
	Koefisien viskositas fluida disimbolkan $\eta$
	Jari-jari bola disimbolkan $r$
	Kelajuan relatif bola terhadap fluida disimbolkan $v$
	Kenaikan/penurunan zat cair dalam pipa disimbolkan $h$
	Tegangan permukaan disimbolkan $\gamma$
	Sudut kontak disimbolkan $\theta$
	Massa jenis zat cair disimbolkan $\rho$
	Jari-jari pipa disimbolkan $r$
	Gaya pada permukaan zat cair disimbolkan $F$
	Panjang permukaan disimbolkan $l$
	Gaya apung/ke atas disimbolkan $F_a$

	Volume fluida yang dipindahkan disimbolkan $V_{bf}$
	Tekanan Mutlak disimbolkan P
	Tekanan Atmosfer disimbolkan $P_0$
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Bendungan dirancang dengan struktur bangunan lebih tebal pada bagian bawah
	Sebuah kapal laut yang sangat berat dapat terapung di air
	Ketika ujung kantong plastik berisi air yang memiliki banyak lubang diperas, air memancar dari setiap lubang sama kuat.
	Air dapat naik dari akar ke daun
	Dinding rumah yang retak terasa basah, padahal atap tidak bocor
	Pada tahun 1845, <i>Sir George Stoker</i> menunjukkan bahwa untuk benda yang bentuk geometrisnya berupa bola nilai $k = 6\pi r$ .
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Hukum Archimedes ini menyebabkan 3 keadaan benda di dalam zat cair yaitu benda tenggelam, benda melayang dan benda mengapung
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Hukum Pokok Hidrostatika, berlaku persamaan: $P_A = P_B$ $\rho_1 \cdot g \cdot h_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2$ $\rho_1 h_1 = \rho_2 \cdot h_2$
	Hukum Hidrostatika dihitung menggunakan persamaan $P_h = \rho gh$
	Tekanan mutlak pada kedalaman $h$ adalah : $P = P_0 + \rho gh$
	Karena pada hukum pascal, tekanannya sama ke segala arah, maka: $P_1 = P_2$

	$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$
	<p>Berat benda di dalam air besarnya:</p> $w_{air} = w_{udara} - F_{apung}$
	<p>Berdasarkan Hukum Archimedes, besarnya gaya apung (<math>F_a</math>) sama dengan berat zat cair yang dipindahkan (<math>w_{bf}</math>), sehingga berlaku:</p> $F_a = w_{bf}$ <p>Karena <math>w_{bf} = m_{bf} \cdot g</math> dan <math>m_{bf} = \rho_f \cdot V_{bf}</math>, maka:</p> $F_a = m_{bf} \cdot g$
	<p>Berat zat cair yang naik dapat ditentukan melalui persamaan berikut.</p> $w = mg$ $w = \rho V g$ $w = \rho \pi r^2 h g$
	<p>Komponen gaya vertikal yang menarik zat cair sehingga naik setinggi <math>h</math> adalah:</p> $F = (\gamma \cos \theta)(2\pi r) = F = 2\pi r \gamma \cos \theta$ $\rho \pi r^2 h g = 2\pi r \gamma \cos \theta$
	<p>Pers Hukum Stokes: <math>F_s = 6\pi r \eta v</math></p>
	<p>Pada saat kecepatan terminal tercapai berlaku persamaan berikut.</p> $\sum F = 0$ $F_a + F_s = w$ $\rho_f V_b g + 6\pi r \eta v = \rho_b V_b g$ $6\pi r \eta v = \rho_b V_b g - \rho_f V_b g$ $6\pi r \eta v = g V_b (\rho_b - \rho_f)$ $v_T = \frac{g V_b (\rho_b - \rho_f)}{6\pi r \eta}$
Pengetahuan tentang teori, model dan	Hukum pokok hidrostatis menyatakan bahwa semua titik yang terletak pada kedalaman yang sama dan

struktur	dalam fluida yang sejenis, besar tekanan hidrostatisnya sama besar.
	Tekanan Hidrostatik merupakan tekanan yang dihasilkan oleh fluida
	Semakin dalam Anda menyelam dari permukaan laut atau danau, tekanan hidrostatik akan semakin bertambah
	Tekanan hidrostatik hanya bergantung pada massa jenis fluida, percepatan gravitasi, dan kedalaman. Tekanan hidrostatik tidak bergantung pada luas wadah.
	Hukum Pascal menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada fluida dalam ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah.
	Prinsip-prinsip hukum Pascal dapat diterapkan pada alat-alat seperti dongkrak hidrolik, pompa hidrolik, mesin hidrolik pengangkat mobil, mesin penggerak hidrolik, dan rem hidrolik pada mobil.
	Benda-benda yang dimasukkan pada fluida seakan-akan mempunyai berat yang lebih kecil dari pada saat berada di luar fluida.
	Hukum Archimedes menyatakan bahwa Gaya apung yang bekerja pada suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam suatu fluida sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut.
	Gaya adhesi molekul cairan lebih kuat daripada kohesi, maka permukaan cairan akan membentuk lengkungan ke atas disebut <i>meniskus cekung</i> .
	Gaya kohesi molekul cairan lebih kuat daripada adhesi, maka permukaan cairan akan membentuk lengkungan ke atas, disebut <i>meniskus cembung</i> .
Pada saat permukaan cekung sudut kontak berbentuk	

	lancip (kurang dari $90^0$ ), saat permukaan cembung sudut kontak berbentuk tumpul (lebih dari kurang dari $90^0$ ).
	Kapilaritas dipengaruhi oleh adhesi dan kohesi.
	Untuk zat cair yang membasahi dinding pipa ( $\theta < 90^\circ$ ), permukaan zat cair dalam pipa naik lebih tinggi dibandingkan permukaan zat cair di luar pipa.
	Untuk zat cair yang tidak membasahi dinding pipa ( $\theta > 90^\circ$ ) permukaan zat cair di dalam pipa lebih rendah daripada permukaan zat cair di luar pipa.
	Zat cair berhenti naik ketika berat zat cair dalam kolom yang naik sama dengan gaya ke atas yang dikerjakan pada zat cair.
	Viskositas merupakan ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan di dalam fluida. Makin besar viskositas suatu fluida, makin sulit suatu fluida mengalir dan makin sulit suatu benda bergerak di dalam fluida tersebut.
	Didalam zat cair, viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair. Sedangkan dalam gas, viskositas timbul sebagai akibat tumbukan antara molekul gas.
	Apabila suatu benda bergerak dengan kelajuan $v$ dalam suatu fluida kental yang koefisien viskositasnya $\eta$ , maka benda tersebut akan dihambat gerakannya oleh gaya gesekan fluida pada benda tersebut yang besarnya gaya gesekan fluida yaitu $F_s = k\eta v$ .
	Pada kecepatan terminal, resultan yang bekerja pada benda sama dengan nol.
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang	Melakukan percobaan hukum pokok hidrostatika pada botol air mineral yang dilubangi.

Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Melakukan percobaan hukum Archimedes pada berat batu di udara dan dalam air.
	Melakukan eksperimen untuk membuktikan hukum Archimedes.
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Demonstrasi tegangan permukaan pada klip kertas mengapung dipermukaan air.
	Membandingkan 2 metode peristiwa benda melayang.
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Menentukan kejadian meniskus cekung dan meniskus cembung

### **XI. 3.4 Fluida Dinamis**

#### **A. Fluida Ideal**

Ciri-ciri umum fluida ideal adalah sebagai berikut.

1. *Tak temampatkan (tidak kompresibel)*, artinya bahwa fluida ideal tidak akan mengalami perubahan volum atau massa jenis ketika mendapatkan pengaruh tekanan.
2. *Tidak kental (non-viskos)*, artinya fluida ideal tidak akan mengalami gesekan antara lapisan fluida satu dengan lapisan yang lain maupun dengan dinding saluran akibat gejala viskositas.
3. *Alirannya laminar*, artinya alirannya tidak berputar-putar dan selalu mempunyai lintasan tertentu.
4. *Alirannya stasioner*, artinya kecepatan pada setiap titik dalam fluida adalah konstan (Kanginan, 2016).

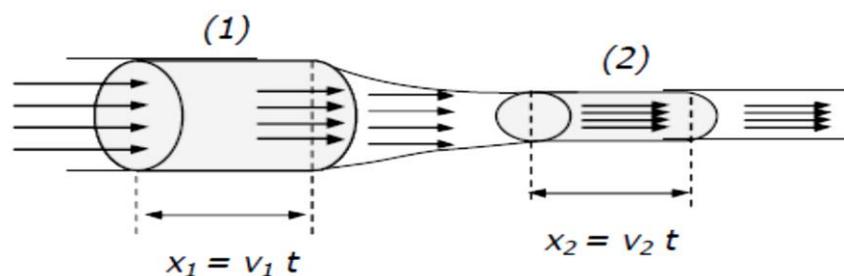
## B. Azas Kontinuitas

Debit dilambangkan dengan  $Q$  adalah besaran yang menyatakan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang tertentu dalam satuan waktu. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Karena  $V = A L$  dan  $L = v t$ , maka:  $Q = A v$

Tinjau aliran fluida tunak, massa fluida yang masuk ke satu ujung pipa adalah sama dengan massa fluida yang keluar pada ujung yang lainnya dalam selang waktu yang sama. Perhatikan gambar 21.



Gambar 21. Hukum Kontinuitas Aliran

Besarnya massa fluida di penampang pertama dan kedua adalah sama, maka

$$\rho_1 A_1 v_1 \Delta t = \rho_2 A_2 v_2 \Delta t$$

karena fluida bersifat tak termampatkan maka massa jenis fluida konstan ( $\rho_1 = \rho_2$ ), sehingga persamaan kontinuitas menjadi

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

## C. Azas Bernoulli

Azas Bernoulli membicarakan pengaruh kecepatan fluida terhadap tekanan di dalam fluida tersebut. Bernoulli memberikan suatu kesimpulan bahwa pada pipa mendatar (Horizontal), tekanan fluida paling besar adalah pada bagian yang kelajuan alirnya paling kecil, dan tekanan paling kecil

adalah pada bagian yang kelajuan alirnya paling besar. Dengan menurunkan persamaan energi kinetik dan energi potensial, kemudian mengelompokkan besaran- besaran yang memiliki indeks yang sama, akhirnya kita peroleh suatu persamaan yang disebut dengan ***Persamaan Bernoulli***.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

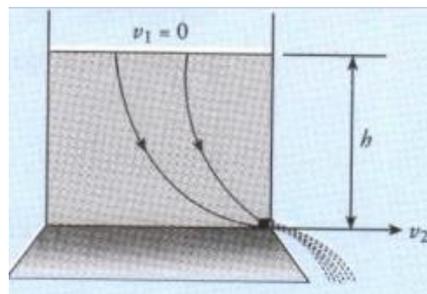
$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = \text{Konstan}$$

Sehingga Hukum Bernoulli menyatakan

Jumlah dari tekanan (P), Energi kinetik per satuan volume ( $\frac{1}{2}\rho V^2$ ), dan energi potensial persatuan volume ( $\rho gh$ ) memiliki nilai yang sama pada setiap titik sepanjang suatu garis arus (Bambang, 2009).

#### D. Penerapan Azas Kontinuitas dan Azas Bernoulli

##### 1. Teorema Torricelli



Gambar 22. Kebocoran Bak

Sumber: edukasi.net

Jika kedalaman air sama dengan h, maka kecepatan air yang memancar keluar dari lubang tersebut dapat diperoleh dari turunan persamaan Bernoulli sehingga untuk kecepatan aliran fluida diperoleh persamaan berikut:  $v = \sqrt{2gh}$

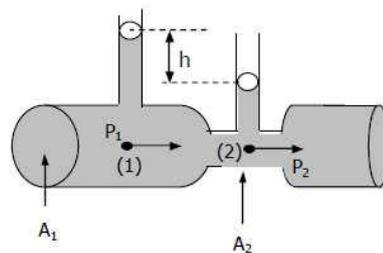
Jarak mendatar tempat jatuhnya fluida di lantai terhadap dinding bejana dapat diperoleh dari persamaan gerak lurus:

$$x = 2\sqrt{h_1 h_2}$$

## 2. Venturimeter

Tabung venturi adalah sebuah pipa yang mempunyai bagian yang menyempit. Sebagai contoh dari tabung venturi adalah: venturimeter, yaitu alat yang dipasang di dalam suatu pipa yang berisi fluida mengalir, untuk mengukur kecepatan aliran fluida tersebut. Ada dua macam venturimeter, yaitu: venturimeter tanpa manometer dan venturimeter dilengkapi dengan manometer.

### a. Venturimeter tanpa Manometer



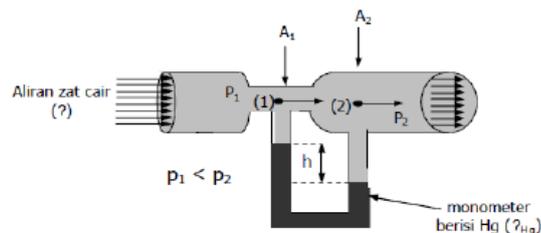
Gambar 23. Venturimeter tanpa Manometer

Sumber: Edukasi.net

Laju aliran zat cair dihitung dengan

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \quad \text{atau} \quad v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$$

### b. Venturimeter dengan Manometer



Gambar 24. Venturimeter Dengan Manometer

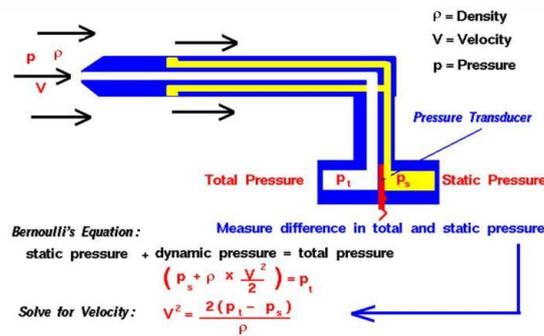
Sumber: Edukasi.net

Laju aliran zat cair dihitung dengan

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \frac{\rho H g g h}{\rho}}{1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2}} \quad \text{atau} \quad v_2 = \sqrt{\frac{2 \frac{\rho H g g h}{\rho}}{\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 - 1}}$$

### 3. Tabung Pitot

Tabung pitot adalah alat yang dapat menentukan kecepatan udara dari sebuah pesawat uan untuk mengukur kecepatan udara dan gas dalam aplikasi industri.



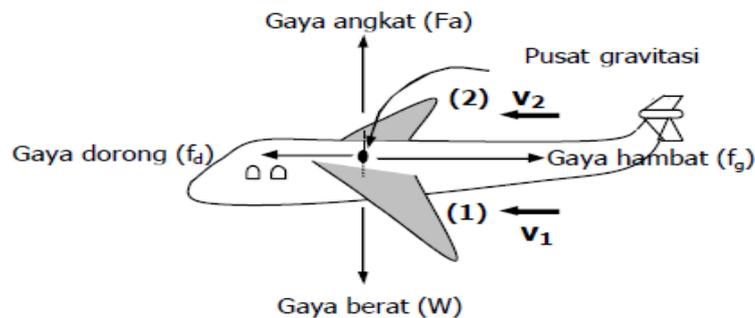
Gambar 25. Grafik Tekanan Tabung Pitot

Sumber: Edukasi.net

Dari persamaan bernoulli, didapatkan persamaan

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_t g h}{\rho}}$$

### 4. Daya Angkat Pesawat Terbang



Gambar 26. Gaya yang bekerja pada Pesawat Terbang

Sumber: Edukasi.net

Ada empat macam gaya yang bekerja pada sebuah pesawat terbang yang sedang mengalami perjalanan di angkasa, di antaranya:

- a. gaya angkat ( $F_a$ ), yang dipengaruhi oleh desain pesawat;
- b. gaya berat ( $W$ ), yang dipengaruhi oleh gravitasi bumi;
- c. gaya dorong ( $f_d$ ), yang dipengaruhi oleh tenaga mesin;
- d. gaya hambat ( $f_g$ ), yang dipengaruhi oleh gesekan udara.

Gaya angkat pesawat terbang dirumuskan

$$F_1 - F_2 = \frac{1}{2} \rho A(v_2^2 - v_1^2)$$

(Handayani,2009)

Berdasarkan uraian diatas, maka materi fluida dinamis dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti tabel 15

**Tabel 15 . Uraian Materi Fluida Dinamis**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Debit fluida disimbolkan $Q$
	Volume disimbolkan $V$
	Selang waktu disimbolkan $t$
	Kecepatan fluida disimbolkan $v$
	Luas penampang disimbolkan $A$
	Massa jenis zat cair disimbolkan $\rho$
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Kebocoran bak
	Sayap pesawat memiliki penampang lintang melengkung
	Burung mengembangkan sayap saat terbang
	Laju air di dalam slang plastic
	Menyemprotkan farfum ke pakaian
Pengetahuan Konseptual	

Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Venturimeter, terdapat 2 jenis yaitu venturimeter dengan manometer dan venturimeter tanpa manometer
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Besarnya debit fluida bisa dihitung dengan $Q = \frac{V}{t}$
	Misalnya sejumlah fluida mengalir dalam penampang $A$ dalam selang waktu tertentu menempuh jarak sepanjang $L$ . Karena $V = A L$ dan $L = v t$ , maka: $Q = Av$
	Massa fluida yang masuk pada penampang 1 sama dengan massa fluida yang masuk pada penampang 2. Maka, $m_1 = m_2$ $\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2$ $\rho_1 A_1 v_1 t = \rho_2 A_2 v_2 t$
	Persamaan kontinuitas ditulis sebagai $\rho_1 A_1 v_1 \Delta t = \rho_2 A_2 v_2 \Delta t$ $A_1 v_1 = A_2 v_2$
	<i>Persamaan Bernoulli.</i> $P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$
	Kecepatan aliran air pada Teorema Torricelli $v = \sqrt{2gh}$
	Jarak Mendatar pada Teorema Torricelli $x = 2 \sqrt{h_1 h_2}$
	Laju aliran zat cair pada venturimeter tanpa manometer berlaku persamaan $v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}}$ atau $v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$
	Laju aliran zat cair pada venturimeter dengan manometer:

	$v_1 = \sqrt{\frac{2\rho_H g g h}{\rho \left(1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2\right)}} \text{ atau } v_2 = \sqrt{\frac{2\rho_H g g h}{\rho \left(\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 - 1\right)}}$
	<p>Kelajuan aliran fluida pada tabung pitot memenuhi persamaan</p> $v = \sqrt{\frac{2\rho_r g h}{\rho}}$
	<p>Besar gaya angkat pada pesawat ditulis dengan</p> $F_1 - F_2 = \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2)$
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Ciri-ciri umum fluida ideal adalah sebagai berikut.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Tak temampatkan (tidak kompresibel)</i>, artinya bahwa fluida ideal tidak akan mengalami perubahan volum atau massa jenis ketika mendapatkan pengaruh tekanan.</li> <li>2. <i>Tidak kental (non-viskos)</i>, artinya fluida ideal tidak akan mengalami gesekan antara lapisan fluida satu dengan lapisan yang lain maupun dengan dinding saluran akibat gejala viskositas.</li> <li>3. <i>Alirannya laminar</i>, artinya alirannya tidak berputar-putar dan selalu mempunyai lintasan tertentu.</li> <li>4. <i>Alirannya stasioner</i>, artinya kecepatan pada setiap titik dalam fluida adalah konstan.</li> </ol> <p>Bunyi Azas Bernoulli:</p> <p>Pada pipa mendatar (Horizontal), tekanan fluida paling besar adalah pada bagian yang kelajuan alirnya paling kecil, dan tekanan paling kecil adalah pada bagian yang kelajuan alirnya paling besar</p> <p>Hukum Bernoulli menyatakan bahwa Jumlah dari tekanan (p), Energi kinetik per satuan volume (<math>\frac{1}{2} \rho V^2</math>), dan energi potensial persatuan volume</p>

	$(\rho gh)$ memiliki nilai yang sama pada setiap titik sepanjang suatu garis arus
	Venturimeter, yaitu alat yang dipasang di dalam suatu pipa yang berisi fluida mengalir, untuk mengukur kecepatan aliran fluida tersebut.
	Asas Bernoulli pertamakali dikemukakan oleh Daniel Bernoulli
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Menformulasikan persamaan kelajuan fluida pada tabung pitot dan venturimeter
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Dengan menurunkan persamaan energi kinetik dan energi potensial, kemudian mengelompokkan besaran-besaran yang memiliki indeks yang sama, akhirnya kita peroleh suatu persamaan yang disebut dengan <i>Persamaan Bernoulli</i> .
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Menentukan persamaan kelajuan fluida pada teorema torricelli dari persamaan Bernoulli
	Menentukan persamaan kelajuan fluida pada tabung pitot dari persamaan Bernoulli
	Menentukan persamaan kelajuan fluida pada venturimeter dengan manometer dari persamaan Bernoulli
	Menentukan persamaan kelajuan fluida pada venturimeter tanpa manometer dari persamaan Bernoulli

### XI. 3.5 Suhu dan Kalor

#### A. Suhu dan Pemuaian

Suhu adalah suatu besaran pokok yang menyatakan ukuran derajat panas atau dinginnnya suatu benda. Alat pengukur suhu disebut thermometer. Ada banyak jenis termometer, diantaranya Termometer Klinis, Termometer Laboratorium, Termometer Ruangan, Termometer Digital, dan Termometer Bimetal. Sedangkan skala termometer zat cair terbagi menjadi termometer celcius, termometer reamur, termometer fahrenheit, dan termometer kelvin. Skala termometer tersebut dapat dikonversi menjadi skala lain dengan titik beku dan titik didih masing-masing.

Pemuaian adalah bertambah besarnya ukuran suatu benda karena kenaikan suhu yang terjadi pada benda tersebut. Pemuaian terjadi pada zat padat, cair dan gas. Jenis-jenis pemuaian:

1. Pemuaian zat padat. Karena bentuk zat padat tetap, maka pada pemuaian zat padat dibedakan menjadi tiga yaitu : pemuaian panjang, pemuaian luas dan pemuaian volume.

a. Pemuaian Panjang

Pemuaian yang terjadi pada arah memanjang untuk logam berbagai jenis bahan dengan koefisien panjang ( $\alpha$ ) , panjang logam mula-mula ( $L_0$ ) setelah diberikan kalor, sehingga mengalami perubahan panjang ( $\Delta L$ ) bersamaan dengan perubahan suhu ( $\Delta T$ ).

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

dengan  $\Delta L = L - L_0$

$$L = L_0 + \Delta L$$

$$L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

b. Pemuaian Luas

Muai luas terdiri dari 2 pemuaian panjang yaitu pemuaian panjang dan pemuaian lebar ( $\beta = 2\alpha$ ). Hubungan antara koefisien muai luas ( $\beta$ ), Luas mula-mula ( $A_0$ ) dengan perubahan suhu ( $\Delta T$ ) adalah

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T}$$

$\Delta A = \beta A_0 \Delta T$  dengan  $\Delta A = A - A_0$

maka panjang akhir benda:

$$A = A_0 + \Delta A \quad ; \quad A = A_0(1 + \beta \Delta T)$$

### c. Pemuaian Volume

Pemuaian volume benda tergantung kepada koefisien muai volume benda ( $\gamma$ ). Pemuaian volume terbentuk dari 3 pemuaian panjang yaitu pertambahan panjang, lebar dan tinggi, akibatnya besar koefisien muai volume  $\gamma = 3\alpha$ .

Besarnya pemuaian benda dapat dituliskan:

$$V = V_0 (1 + \gamma \Delta T)$$

(Nurachmandani, 2009)

Kalor merupakan aliran zat dalam bentuk energi dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah sehingga mencapai keadaan kesetimbangan termal

2. Pemuaian Zat Cair. Pemuaian pada zat cair hanya muai volume. Koefisien muai volume zat cair lebih besar dari pada koefisien muai volume zat padat.
3. Pemuaian Zat Gas. Pemuaian gas pada tekanan tetap/konstan

$$V = V_0 \left( 1 + \frac{\Delta T}{273^\circ\text{C}} \right)$$

Pemuaian gas pada volume konstan

$$V = V_0 \left( 1 + \frac{\Delta T}{273^\circ\text{C}} \right)$$

### B. Hubungan Kalor dengan Suhu dan Wujud Benda

Suhu adalah sesuatu yang diukur pada termometer, sedangkan *kalor* adalah suatu yang mengalir (fluida) dari benda yang panas ke benda yang dingin dalam rangka mencapai kesetimbangan termal.

Banyaknya kalor yang diperlukan untuk menghasilkan perubahan suhu  $\Delta T$ , ternyata sebanding dengan massa benda  $m$  dan perubahan suhunya. Banyaknya kalor yang diterima atau dilepaskan suatu zat dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

### C. Azas Black

Asas black adalah kalor yang dilepas oleh benda yang bersuhu tinggi sama dengan kalor yang diterima oleh benda yang bersuhu lebih rendah.

Karakteristik dari asas black:

1. Kalor berpindah dari suhu tinggi kesuhu rendah
2. Setiap dua benda atau lebih dengan suhu berbeda dicampurkan maka benda yang bersuhu lebih tinggi akan melepaskan kalornya, sedangkan benda yang bersuhu lebihrendah akan menyerap kalor hingga mencapai keseimbangan yaitu suhunya sama.

(Nurachmandani,2009)

### D. Perpindahan Kalor

1. Konduksi yaitu perpindahan kalor yang tidak diikuti perpindahan massa partikel. Laju konduksi kalor yang mengalir dalam suatu batang sepanjang  $L$  dengan luas penampang  $A$  dipengaruhi oleh :
  - a. Beda suhu diantara kedua permukaan, semakin tinggi beda suhu maka semakin cepat kalor mengalir.
  - b. Luas permukaan batang, semakin luas suatu penampang semakin cepat laju kalor konduksinya.
  - c. Konduktivitas termal bahan. Semakin besar nilai konduktivitas bahan semakin cepat laju konduksi kalornya.
  - d. Tebal logam atau panjang logam, semakin lama laju kalor konduksinya.

Secara matematis laju konduksi kalor dapat dirumuskan dengan :

$$H = \frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{l}$$

Berdasarkan daya hantar kalornya suatu bahan dapat dibedakan menjadi

- a. Konduktor , yaitu benda yang dapat menghantarkan kalor dengan baik.  
Contoh dari konduktor yaitu perak, tembaga, aluminium, emas, grafit, dan lain-lain.
  - b. Isolator, benda yang tidak dapat menghantarkan kalor dengan baik.  
Contoh dari isolator yaitu asbes, karet, plastik, dan lilin. Semua zat cair kecuali raksa adalah konduktor yang buruk.
2. Konveksi yaitu Perambatan kalor yang disertai perpindahan massa atau perpindahan partikel- partikel zat perantaranya
  3. Radiasi. Matahari merupakan sumber energi utama bagi manusia di permukaan bumi ini. Energi yang dipancarkan Matahari sampai di Bumi berupa gelombang elektromagnetik. Cara perambatannya disebut sebagai

radiasi, yang tidak memerlukan adanya medium zat perantara. Energi yang dipancarkan dihitung menggunakan:

$$W = e\sigma AT^4$$

(Kanginan,2016)

Berdasarkan uraian diatas, maka materi suhu dan kalor dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan fakual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural terdapat pada tabel 16

**Tabel 16. Uraian Materi Suhu dan Kalor**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Jumlah kalor yang mengalir per satuan waktu disimbolkan $H$
	Koefisien konveksi termal bahan disimbolkan $h$
	Luas penghantar penampang disimbolkan $A$
	Perbedaan suhu disimbolkan $\Delta T$
	Koefisien konduktivitas termal bahan disimbolkan $K$
	Kalor jenis zat simbolnya $c$
	Kapasitas kalor simbolnya $C$
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Mengukur suhu dengan termometer
	Kaca jendela yang terus menerus terkena panas dapat pecah karna memuai.
	Pemanasan rel kereta terus menerus dapat menyebabkan rel melengkung.
	Ujung sendok logam dalam mangkok yang berisi sup panas terasa panas
	Air dalam panci jika dipanaskan dengan api akan menjadi panas.
	Suhu es lebih rendah dibandingkan suhu air mendidih
	Teori kalorik pertama kali dikenalkan oleh Antoine Laurent Lavoiser

	Kekekalan energi pada pertukaran kalor pertama kali diukur oleh Joseph Black
	Teori kalorik pertama kali dikenalkan oleh Antoine Laurent Lavoiser
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Ada banyak jenis termometer, diantaranya Termometer Klinis, Termometer Laboratorium, Termometer Ruangan, Termometer Digital, dan Termometer Bimetal.
	Jenis-jenis pemuaian: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemuaian zat padat</li> <li>2. Pemuaian Zat Cair</li> <li>3. Pemuaian Zat Gas</li> </ol>
	Berdasarkan daya hantar kalornya suatu bahan dapat dibedakan menjadi Konduktor dan Isolator
	Konveksi terbagi menjadi dua jenis yaitu Konveksi Alami dan Konveksi Paksa
	Pemuaian zat padat terdiri atas pemuaian panjang, pemuaian luas dan pemuaian volume.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Persamaan hubungan suhu dan panjang kolom raksa: $\frac{\theta}{100} = \frac{X_q - X_o}{X_{100} - X_o}$
	Hubungan antara skala celcius dan skala kelvin dapat dinyatakan dengan persamaan berikut: $T = t + 273$
	Hubungan antara skala Fahrenheit dan skala Celcius: $(t_F - 32) : t_C = 9 : 5$
	Persamaan pemuaian panjang: $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ $\Delta L = L_t - L_0$ $\Delta T = T - T_0$
	Persamaan pemuaian luas:

	$\Delta A = \beta A_0 \Delta T$
	Persamaan hubungan koefisien muai luas dengan koefisien muai panjang. $\beta = 2\alpha$
	Persamaan pemuaian volume: $\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$
	Persamaan kalor karena perubahan suhu: $Q = mc\Delta T$
	Persamaan kapasitas kalor: $C = \frac{Q}{\Delta T}$ atau $Q = C\Delta T$ dengan $C = mc$
	Persamaan Asas Black: $Q_{lepas} = Q_{terima}$
	Persamaan kalor lebur: $L_f = \frac{Q}{m}$ atau $Q = mL_f$
	Persamaan laju konduksi kalor: $\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{L}$
	Persamaan laju konduksi kalor $\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{L}$
	Persamaan prinsip sambungan 2 batang logam: $\frac{Q_1}{t} = \frac{Q_2}{t}$
	Persamaan daya radiasi: $\frac{Q}{t} = e\sigma AT^4$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	Suhu adalah suatu besaran pokok yang menyatakan ukuran derajat panas atau dinginnya suatu benda.
	Alat pengukur suhu disebut thermometer.
	Pemuaian adalah bertambah besarnya ukuran suatu benda karena kenaikan suhu yang terjadi pada benda tersebut. Pemuaian terjadi pada zat padat, cair dan gas.
	Pemuaian zat padat, karena bentuk zat padat tetap,

	<p>maka pada pemuaian zat padat dibedakan menjadi tiga yaitu :pemuaian panjang, pemuaian luas dan pemuaian volume.</p>
	<p><b>Pemuaian Zat Cair</b></p> <p>Pemuaian pada zat cair hanya muai volume. Koefisien muai volume zat cair lebih besar dari pada koefisien muai volume zat padat.</p>
	<p><b>Karakteristik dari asas black:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalor berpindah dari suhu tinggi kesuhu rendah</li> <li>• Setiap dua benda atau lebih dengan suhu berbeda dicampurkan</li> </ul>
	<p>Asas black adalah kalor yang dilepas oleh benda yang bersuhu tinggi sama dengan kalor yang diterima oleh benda yang bersuhu lebih rendah.</p>
	<p>Konduktor , yaitu benda yang dapat menghantarkan kalor dengan baik. Contoh dari konduktor yaitu perak, tembaga, aluminium, emas, grafit, dan lain-lain.</p>
	<p>Isolator yaitu benda yang tidak dapat menghantarkan kalor dengan baik. Contoh dari isolator yaitu asbes, karet, plastik, dan lilin. Semua zat cair kecuali raksa adalah konduktor yang buruk.</p>
	<p>Radiasi adalah proses perpindahan halor yang tidak memerlukan adanya medium zat perantara</p>
	<p>Laju konduksi kalor yang mengalir dalam suatu batang sepanjang L dengan luas penampang A dipengaruhi oleh :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Beda suhu diantara kedua permukaan</li> <li>b. Luas permukaan batang</li> <li>c. Konduktivitas termal bahan</li> <li>d. Tebal logam atau panjang logam</li> </ol>
	<p><b>Pengetahuan Prosedural</b></p>
<p><b>Pengetahuan</b></p>	<p>Membuat rangkuman tentang jenis-jenis termometer</p>

Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Percobaan menunjukkan bahwa air termasuk isolator bagi perpindahan kalor
	Percobaan untuk mendemonstrasikan konveksi dalam zat cair
	Percobaan menunjukkan bahwa permukaan hitam memancarkan radiasi lebih baik dari pada permukaan mengkilap
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Mendemonstrasikan pembekuan air dengan cara penguapan.
	Mendemonstrasikan bahwa saat air mendidih
	Menganalisis hubungan panjang kolom raksa dan bacaan suhu.
	Menganalisis hubungan koefisien muai luas dengan koefisien muai panjang.
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	<p>Melakukan percobaan muai panjang zat padat dan muai volume zat cair.</p> <p>Melakukan percobaan menentukan persamaan kalor. (perubahan wujud) suhunya tetap (tidak berubah).</p> <p>Melakukan demonstrasi bahwa gas memuai</p>

### XI. 3.6 Teori Kinetik Gas

#### A. Persamaan Umum Gas Ideal

Gas adalah materi yang memiliki interaksi yang lemah di antara partikel-partikel penyusunnya sehingga perilaku termalnya relatif sederhana. Sifat gas ideal:

1. *Tidak ada interaksi antar-molekul gas.*
2. *Molekul gas dapat dipandang sebagai partikel yang ukurannya dapat diabaikan( dianggap nol).*
3. *Dalam satu wadah, partikel gas bergerak secara acak ke segala arah.*

Bentuk umum persamaan gas ideal adalah

$$pV = nKT$$

(Foster,2012)

#### B. Hukum Boyle Gay Lussac

Robert Boyle (1627-1691) melakukan percobaan untuk menyelidiki hubungan tekanan dengan volume gas dalam suatu wadah tertutup pada suhu konstan. Boyle mendapat kesimpulan bahwa :

V sebanding 1/P

Gay-Lussac mengamati perubahan tekanan gas bila suhunya diubah-ubah dengan mempertahankan volum gas supaya tetap. Gay-Lussac sampai pada kesimpulan bahwa: *Pada volume tetap (konstan), tekanan gas berbanding lurus dengan suhunya.* Pernyataan diatas dapat ditulis sebagai

$$P \propto T$$

Charles mengamati sifat gas yang mendekati sifat gas ideal pada tekanan tetap. Charles sampai pada kesimpulan bahwa : *Jika tekanan gas dipertahankan konstan, maka volum gas berbanding lurus dengan suhunya.* Pernyataan diatas dapat ditulis sebagai  $V \propto T$ . Sehingga diperoleh persamaan untuk gas ideal  $pV = nKT$

#### C. Energi Kinetik Rata-rata

Energi kinetik rata-rata partikel gas bergantung pada besarnya suhu. Berdasarkan teori kinetik, semakin tinggi suhunya, maka gerak partikel gas akan semakin cepat. Besar energi kinetik rata-rata diperoleh:

$$\frac{N \cdot k \cdot T}{V} = \frac{2 N \cdot Ek}{3 V} T = \frac{2}{3k} Ek$$

$$E_k = \frac{3}{2} k T$$

(Kanginan,2007)

#### D. Kecepatan Efektif Gas

Nilai rata-rata kuadrat kecepatan molekul gas  $\overline{v^2}$  di atas dikenal sebagai nilai kecepatan efektif. Kecepatan efektif  $v_{rms}$  (rms = *root mean square*) didefinisikan sebagai akar dari rata-rata kuadrat kecepatan  $v^2$ .

$$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}}$$

(Foster, 2012)

#### E. Teori Ekipartisi Energi dan Energi Dalam

Makin besar suhu gas maka makin besar kecepatan gerak molekulnya, yang berarti makin besar energi kinetiknya. Persamaan yang menghubungkan energi kinetik molekul dengan suhu benda adalah teori ekipartisi energi. Teori ekipartisi energi menyatakan bahwa :

*“Energi rata-rata untuk tiap derajat kebebasan yang dimiliki molekul sama dengan  $\frac{1}{2} kT$ ”*. Energi dalam dinyatakan sebagai

$$U = N\overline{E_k} = Nf \left( \frac{1}{2} kT \right)$$

(Foster,2012)

Berdasarkan uraian materi diatas, maka materi teori kinetik gas dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, konseptual dan pengetahuan prosedural seperti pada tabel 17

**Tabel 17. Uraian Materi Teori Kinetik Gas**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Volume disimbolkan $V$
	Tetapan Boltzmann disimbolkan $k$
	Energi dalam disimbolkan $U$
	Suhu disimbolkan $T$
	Tekanan disimbolkan $P$
	Jumlah zat disimbolkan $n$
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Tetapan Boltzmann ( $k$ ) = $1,38 \times 10^{-23}$ J/K
	Jasques Charles dan Joseph Gay Lussac pertama kali menyatakan hukum Charles-Gay Lussac
	Teorema ekipartisi energi diusulkan pertama kali oleh Ludwig Boltzmann
	Balon yang dipanaskan dapat meletus.
	Robert Boyle (1627-1691) melakukan percobaan untuk menyelidiki hubungan tekanan dengan volume gas dalam suatu wadah tertutup pada suhu konstan
	Ban sepeda yang sudah lama tidak dipakai akan kempes
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	<p>Sifat gas ideal:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak ada interaksi antar-molekul gas.</li> <li>2. Molekul gas dapat dipandang sebagai partikel yang ukurannya dapat diabaikan (dianggap nol).</li> <li>3. Dalam satu wadah, partikel gas bergerak secara acak ke segala arah.</li> </ol>
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Bentuk umum persamaan gas ideal adalah
	$pV = nKT$
	Hukum Boyle dapat ditulis dalam bentuk berikut :
	$V \propto 1/P$
	Hukum Gay Lussac secara matematis dapat ditulis

	<p style="text-align: center;"><math>P \sim T</math></p>
	<p>Hukum Charles diatas dapat ditulis sebagai</p> <p style="text-align: center;"><math>V \sim T</math></p>
	<p>Energi kinetik rata-rata dari gas secara matematis dapat ditulis</p> <p style="text-align: center;"><math>E_k = \frac{3}{2} k T</math></p>
	<p>Kecepatan efektif diformulasikan sebagai</p> <p style="text-align: center;"><math>v_{rms} = \sqrt{v^2}</math></p>
	<p>Maka energi dalam dinyatakan sebagai</p> <p style="text-align: center;"><math>U = N \overline{E_k} = N f \left( \frac{1}{2} k T \right)</math></p>
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	<p>Gas adalah materi yang memiliki interaksi yang lemah di antara partikel-partikel penyusunnya sehingga perilaku termalnya relatif sederhana.</p>
	<p>Boyle mendapat kesimpulan bahwa :</p> <p>Pada suhu tetap (konstan), volume gas berbanding terbalik dengan tekanannya</p>
	<p>Gay Lussac melakukan percobaan dengan kesimpulan:</p> <p>Pada volume tetap (konstan), tekanan gas berbanding lurus dengan suhunya.</p>
	<p>Charles mengamati sifat gas yang mendekati sifat gas ideal pada tekanan tetap, sampai pada kesimpulan bahwa :</p> <p><i>Jika tekanan gas dipertahankan konstan, maka volum gas berbanding lurus dengan suhunya.</i></p>
	<p>Energi kinetik rata-rata partikel gas bergantung pada besarnya suhu.</p>
	<p>Persamaan yang menghubungkan energi kinetik molekul dengan suhu benda adalah teori ekipartisi energi.</p>
	<p>“Untuk suatu sistem molekul-molekul gas pada</p>

	<p>suhu mutlak T dengan tiap molekul memiliki f derajat kebebasan, rata-rata energy kinetic per molekul (<math>\overline{E_k}</math>) adalah</p> $\overline{E_k} = f\left(\frac{1}{2}kT\right)$
	<p>Nilai rata-rata kuadrat kecepatan molekul gas <math>\overline{v^2}</math> di atas dikenal sebagai nilai kecepatan efektif. Kecepatan efektif <math>v_{rms}</math> (rms = <i>root mean square</i>) didefinisikan sebagai akar dari rata-rata kuadrat kecepatan <math>v^2</math>.</p> $v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}}$
	<p>Energi dalam satu gas ideal adalah jumlah energy kinetic translasi, rotasi, dan vibrasi seluruh molekul gas yang terdapat di dalam suatu wadah tertentu.</p>
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Membuat rangkuman tentang teori kinetik gas
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Melakukan percobaan pemuaian gas (meniup balon).
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Menformulasikan persamaan pada teori ekipartisi energi menggunakan konsep diferensial.

### XI. 3.7 Termodinamika

#### A. Hukum Ke Nol

Termodinamika merupakan ilmu yang mempelajari hubungan antara usaha dan kalor. Bunyi Hukum ke Nol Termodinamika adalah jika dua benda berada dalam kesetimbangan termal dengan benda ketiga, maka ketiga benda tersebut berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain. Dengan kata lain jika dua benda (Benda A dan Benda C) lalu ada benda B maka benda tersebut disebut dalam keadaan keseimbangan termal.

## B. Hukum I Termodinamika

Hukum I termodinamika berisi pernyataan tentang kekekalan energi. Hukum ini menggambarkan percobaan yang menghubungkan usaha yang dilakukan pada sistem ( $W$ ), panas yang ditambahkan atau dikurangi pada sistem ( $Q$ ), dan energi internal sistem ( $U$ ).

Bunyi Hukum Termodinamika I:

*“Setiap proses yang diberikan kalor ( $Q$ ) terhadap sistem dan sistem tersebut melakukan usaha ( $W$ ) maka energi kalor dalam sistem ( $U$ ) akan terjadi perubahan di dalam sistem setelah dikurangi kerja pada sistem terhadap lingkungan ( $\Delta U = Q - W$ )”.*

Penerapan Hukum I Termodinamika Pada Beberapa Proses:

### 1. Proses Isotermal

Proses isotermal merupakan suatu proses yang terjadi dalam sistem pada suhu tetap.

$$Q = \Delta U + W = 0 + W$$

$$Q = W = nR T \ln (V_2/V_1)$$

### 2. Proses Isokhorik

Dalam proses isokhorik perubahan yang dialami oleh sistem berada dalam keadaan volume tetap.

Persamaan Hukum Pertama Termodinamika untuk proses ini dituliskan sebagai

$$Q = \Delta U + W = \Delta U + 0$$

$$Q = \Delta U = U_2 - U_1$$

### 3. Proses Isobarik

Jika gas mengalami proses isobarik, perubahan yang terjadi pada gas berada dalam keadaan tekanan tetap.

Persamaan Hukum Pertama Termodinamika untuk proses isobarik dapat dituliskan sebagai berikut.

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q = \Delta U + p (V_2 - V_1)$$

### 4. Proses Adiabatik

Pada proses adiabatik, tidak ada kalor yang keluar atau masuk ke dalam sistem sehingga  $Q = 0$ .

Persamaan Hukum Pertama Termodinamika untuk proses adiabatik ini dapat dituliskan menjadi

$$Q = \Delta U + W$$

$$0 = \Delta U + W$$

(Kanginan, 2007)

## C. Hukum II Termodinamika

Bunyi Hukum II Termodinamika :

*“Kalor mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah dan tidak mengalir secara spontan dalam arah kebalikannya”*

Terdapat 3 pernyataan Hukum II Termodinamika yaitu :

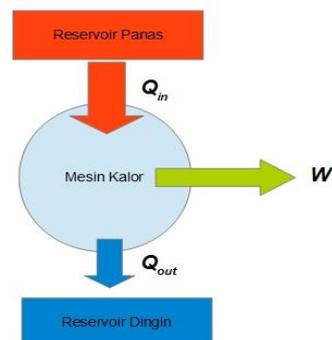
1. Kalor tidak mengalir secara spontan dari dingin kepanas
2. Tidak ada mesin yang dapat mengubah kalor menjadi usaha secara utuh
3. Setiap sistem terisolasi condong menjadi acak

#### D. Entropi

Pemaskan nasi, dispenser yang mana memiliki prinsip kerja pemanas air dan prinsip kerja pendingin air dengan memanfaatkan konsep entropi. Entropi bisa dianggap sebagai ukuran dari ketidakteraturan. Menurut Clausius, besarnya perubahan entropi yang dialami oleh sistem, ketika sistem tersebut mendapat tambahan kalor ( $Q$ ) pada suhu tetap, dinyatakan melalui persamaan :

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Total entropi jagad raya tidak berubah ketika proses reversibel terjadi ( $\Delta S_{\text{jagad raya}} = 0$ ) dan bertambah ketika proses ireversibel terjadi ( $\Delta S_{\text{jagad raya}} > 0$ ). Hukum kedua termodinamika menyatakan adanya proses ireversibel atau tidak dapat balik. Proses reversibel sebenarnya menunjukkan adanya tenaga mekanis yang hilang. Salah satu penerapan entropi adalah pada mesin Carnot



Persamaan  $W = Q_1 - Q_2$

Efisiensi mesin kalor

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Gambar 27. Proses Kerja Mesin Carnot  
Sumber: Edukasi.net

Berdasarkan uraian materi diatas, maka materi termodinamika dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural terdapat pada tabel 18

**Tabel 18. Uraian Materi Termodinamika**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Usaha yang dilakukan oleh gas disimbolkan $W$
	Banyak mol disimbolkan $n$
	Tetapan umum gas disimbolkan $R$
	Kalor pada tandon suhu tinggi disimbolkan $Q_1$
	Kalor pada tandon suhu rendah disimbolkan $Q_2$
	Koefisien mesin kalor
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Panas adalah suatu keadaan.
	Pembuatan popcorn.
	Pemasak Nasi dan Dispenser
	Besaran entropi dikenalkan pertama kali oleh Clausius dan diturunkan dari siklus carnot (mesin kalor).
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Pada sistem juga terdapat 3 sistem
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistem terisolasi ( contohnya tabung gas terisolasi)</li> <li>2. Sistem tertutup (contohnya ketika tutup diletakkan pada gelas kimia, itu menjadi sistem tertutup)</li> <li>3. Sistem terbuka (contohnya samudra)</li> </ol>
	Proses-proses termodinamika gas : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proses isobarik (tekanan tetap)</li> <li>2. Proses isokhorik (volume tetap)</li> <li>3. Proses isothermal (suhu tetap)</li> <li>4. Proses adiabatic</li> </ol>

	<p>Pernyataan Hukum II Termodinamika yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kalor tidak mengalir secara spontan dari dingin kepanas</li> <li>2. Tidak ada mesin yang dapat mengubah kalor menjadi usaha secara utuh</li> <li>3. Setiap sistem terisolasi condong menjadi acak</li> </ol>
<p>Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi</p>	<p>Jika dua benda (Benda A dan Benda C) lalu ada benda B maka benda tersebut disebut dalam keadaan keseimbangan termal. Prinsip ini memakai prinsip termometer yaitu mengukur suhu. Dimana benda A = benda C, benda B = benda C maka benda A = benda B.</p> <p>Hukum pertama termodinamika adalah prinsip kekekalan energi yang diaplikasikan pada kalor, usaha, dan energi dalam</p> <p>Proses isothermal ini dapat dituliskan sebagai berikut.</p> $Q = \Delta U + W = 0 + W$ $Q = W = nR T \ln (V_2/V_1)$ <p>Proses isokhorik dituliskan sebagai</p> $Q = \Delta U + W = \Delta U + 0$ $Q = \Delta U = U_2 - U_1$ <p>Proses isobarik dapat dituliskan sebagai berikut.</p> $Q = \Delta U + W$ $Q = \Delta U + p(V_2 - V_1)$ <p>Proses adiabatik ini dapat dituliskan menjadi</p> $Q = \Delta U + W$ $0 = \Delta U + W$ <p>Besarnya perubahan entropi dinyatakan melalui persamaan :</p> $\Delta S = \frac{Q}{T}$

	<p>Efisiensi mesin kalor</p> $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Bunyi Hukum ke Nol Termodinamika adalah jika dua benda berada dalam kesetimbangan termal dengan benda ketiga, maka ketiga benda tersebut berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain.</p>
	<p>Bunyi Hukum Termodinamika I:  “ Setiap proses yang diberikan kalor (Q) terhadap sistem dan sistem tersebut melakukan usaha (W) maka energi kalor dalam sistem (U) akan terjadi perubahan di dalam sistem setelah dikurangi kerja pada sistem terhadap lingkungan (<math>\Delta U = Q - W</math>)”.</p>
	<p>Proses isobarik adalah proses perubahan keadaan gas pada tekanan tetap(Hukum Gay-Lussac)</p>
	<p>Proses isokhorik atau isovolumik adalah proses perubahan gas pada volum tetap (Hukum Charles)</p>
	<p>Proses isothermal adalah proses perubahan keadaan gas pada suhu tetap(Hukum Boyle)</p>
	<p>Proses adiabatik adalah proses perubahan keadaan gas dimana tidak ada aliran kalor yang masuk ke dalam sistem atau keluar dari sistem</p>
	<p>Bunyi Hukum II Termodinamika :  “Kalor mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah dan tidak mengalir secara spontan dalam arah kebalikannya”</p>
	<p>Total entropi jagad raya tidak berubah ketika proses reversibel terjadi (<math>\Delta S_{\text{jagad raya}} = 0</math>) dan bertambah ketika proses ireversibel terjadi (<math>\Delta S_{\text{jagad raya}} &gt; 0</math>).</p>
	<p>Hukum kedua termodinamika menyatakan adanya proses ireversibel atau tidak dapat balik.</p>

	Entropi bisa dianggap sebagai ukuran dari ketidakteraturan.
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Melakukan percobaan hukum I termodinamika
	Melakukan percobaan pemuaian adiabatik
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	

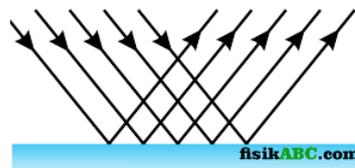
### XI. 3.8 Ciri-Ciri Gelombang Mekanik

#### A. Pemantulan

Pengemudi mobil saat malam hari yang gelap. Pada saat jalanan kering di malam yang gelap sinar lampu mobil akan dipantulkan ke segala arah oleh permukaan jalanan yang tidak rata ke segala arah termasuk ke mata pengemudi sehingga jalanan terlihat terang.

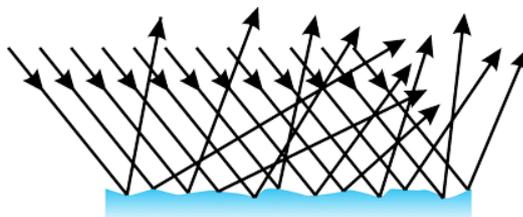
Pemantulan (refleksi) adalah peristiwa pengembalian seluruh atau sebagian dari suatu berkas partikel atau gelombang bila berkas tersebut bertemu dengan bidang batas antara dua medium.

1. Pemantulan teratur adalah pemantulan yang terjadi pada permukaan benda licin seperti cermin datar, cahaya dipantulkan membentuk sudut pola yang teratur. Sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan cermin dipantulkan sebagai sinar-sinar sejajar pula



Gambar 28. Pemantulan Teratur  
Sumber : fisikaabc.com

2. Pemantulan baur adalah pemantulan pada saat cahaya mengenai suatu permukaan yang tidak rata, maka sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan tersebut dipantulkan tidak sebagai sinar-sinar sejajar



Gambar 29. Pemantulan Baur  
Sumber: fisikaabc.com

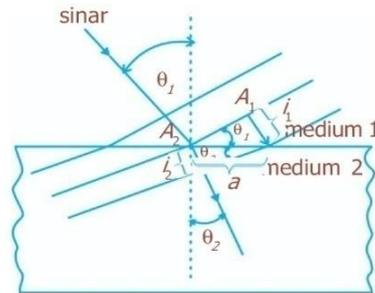
## B. Pembiasan

Dasar kolam terlihat lebih dangkal bila dilihat dari atas, sendok tercelup air sebagian nampak membengkok, terjadinya pelangi setelah hujan, intan dan berlian tampak bersinar, cahaya senter terlihat membelok merupakan fenomena terkait pembiasan.

Pembiasan adalah peristiwa penyimpangan atau pembelokan cahaya karena melalui dua medium yang berbeda kerapatan optiknya.

Hukum Snellius tentang Pembiasan :

1. Hukum I snellius, berbunyi : sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar
2. Hukum II Snellius berbunyi : jika sinar datang dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat (dari udara ke air) sinar dibelokkan mendekati garis normal



Gambar 30. Pembiasan Gelombang

Sumber : Edukasi.net

Arah pembiasan dibedakan menjadi dua yaitu mendekati garis normal dan menjauhi garis normal

1. Mendekati garis normal adalah cahaya dibiaskan mendekati garis normal jika cahaya yang merambat dari medium optik kurang rapat ke medium optik lebih rapat
2. Menjauhi garis normal adalah cahaya dibiaskan menjauhi jika cahaya merambat dari medium optik lebih rapat ke medium optik kurang rapat

Persamaan umum yang berlaku untuk pembiasan gelombang adalah :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = n$$

Jika diganti dengan sudut datang dan sudut bias, maka persamaan tersebut menjadi

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

atau

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

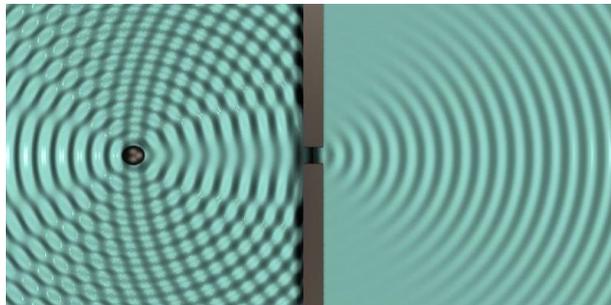
Syarat-syarat terjadinya pembiasan :

1. Cahaya melalui dua medium yang berbeda kerapatannya

2. Cahaya datang tidak tegak lurus terhadap bidang batas ( sudut datang lebih kecil dari  $90^0$ )

Indeks bias pembiasan cahaya dapat terjadi dikarenakan perbedaan laju cahaya pada kedua medium. Laju cahaya pada medium yang rapat lebih kecil dibandingkan dengan laju cahaya pada medium yang kurang rapat. Menurut Christian Hyugens : *“perbandingan laju cahaya dalam ruang hampa dengan laju cahaya dalam suatu zat dinamakan indeks bias”*

### C. Difraksi



Gambar 31. Difraksi Gelombang  
Sumber : fisikaabc.com

Difraksi merupakan peristiwa penyebaran atau pembelokan gelombang pada saat gelombang tersebut melintas melalui bukaan atau mengelilingi ujung penghalang.

Jenis-jenis Difraksi Gelombang :

#### 1. Difraksi Fresnel

Difraksi Fresnel merupakan difraksi yang terjadi apabila letak sumber cahaya, celah, dan layar pengamatan berdekatan. Biasanya disebut difraksi jarak dekat.

#### 2. Difraksi Fraunhofer

Difraksi Franhoufer merupakan difraksi yang terjadi apabila letak sumber cahaya, celah, dan layar pengamatan berada pada jarak yang jauh.

### 3. Difraksi Celah Tunggal

Pada difraksi celah tunggal digunakan penghalang yang memiliki celah tunggal. Setiap tepi celah akan menghasilkan gelombang baru atau berperan sebagai sumber gelombang.

### 4. Difraksi Celah Ganda

Pada difraksi celah ganda digunakan penghalang bercelah ganda, sehingga dihasilkan 4 gelombang baru, karena setiap satu celah menghasilkan dua gelombang baru.

### 5. Difraksi Celah Majemuk

Pada Difraksi celah majemuk digunakan penghalang yang memiliki celah atau kisi yang banyak. Sehingga akan menghasilkan banyak sumber gelombang baru, yang semuanya akan saling berinterferensi menghasilkan pola difraksi

## D. Interferensi

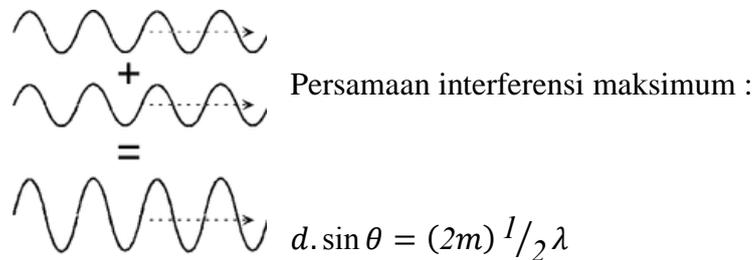
Tetesan air yang dijatuhkan ke air di dalam wadah, maka akan terbentuk gelombang baru, gelembung air sabun akan terlihat berwarna timbulnya garis-garis berwarna yang tampak pada lapisan tipis minyak tanah yang tumpah di permukaan air adalah fenomena interferensi.

Interferensi gelombang adalah perpaduan atau superposisi gelombang ketika dua gelombang atau lebih tiba di tempat yang sama pada saat yang sama

Pola intererensi ada 2 :

#### 1. Intererensi maksimum

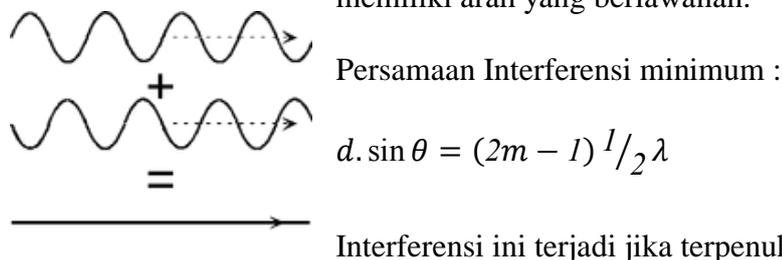
Interferensi dua gelombang dapat menghasilkan gelombang yang amplitudonya saling menguatkan, karena kedua gelombang tersebut memiliki arah yang sama.



Gambar 32. Gelombang Maksimum  
Sumber: fisika.com

## 2. Intererensi minimum

Interferensi dua gelombang dapat menghasilkan gelombang yang amplitudonya saling melemahkan, karena kedua gelombang tersebut memiliki arah yang berlawanan.



Gambar 33. Gelombang Minimum  
Sumber: fisika.com

1. Kedua gelombang cahaya harus koheren, dalam arti bahwa kedua gelombang cahaya harus memiliki beda fase yang selalu tetap, oleh sebab itu keduanya harus memiliki frekuensi yang sama
2. Kedua gelombang cahaya harus memiliki amplitudo yang hampir sama  
Kedua gelombang saling *memperkuat* (*interferensi konstruktif*), dan dihasilkan amplitudo paling besar, yaitu dua kali amplitudo semula. Kedua gelombang *saling memperlemah* atau *meniadakan* (*interferensi destruktif*), dan dihasilkan amplitudo nol.

Interferensi memiliki dua sifat yaitu

### 1. Interferensi Destruktif

Peristiwa yang mana dua buah gelombang saling bertemu dengan sudut fase yang berlawanan sehingga membentuk interferensi destruktif atau interferensi saling melemahkan..

Beda Fase gelombang destruktif bisa ditulis sebagai

$$\Delta\varphi = \left(m + \frac{1}{2}\right) 2\pi$$

### 2. Interferensi Konstruktif

Interferensi bersifat konstruktif artinya saling memperkuat, yaitu saat kedua gelombang bertemu (berinterferensi) memiliki fase yang sama.

Beda fase gelombang konstruktif ditulis sebagai

$$\Delta\varphi = m2\pi$$

(Abdullah,2006)

Berdasarkan uraian materi diatas, maka materi ciri-ciri gelombang mekanik dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural terdapat pada tabel 19

**Tabel 19. Uraian Materi Ciri-ciri Gelombang Mekanik**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Sudut datang disimbolkan $i$
	Indeks bias medium 2 relatif terhadap medium 1 disimbolkan $n$
	Sudut bias disimbolkan $r$
	Beda fase disimbolkan $\Delta\varphi$
	Jarak disimbolkan $d$
	Panjang gelombang disimbolkan $\lambda$

Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Pada saat jalanan kering di malam yang gelap sinar lampu mobil akan dipantulkan ke segala arah oleh permukaan jalanan yang tidak rata ke segala arah termasuk ke mata pengemudi sehingga jalanan terlihat terang.
	Saat jalanan basah, permukaan jalanan menjadi rata sehingga sinar lampu mobil hanya dipantulkan ke arah tertentu saja, yakni ke arah depan jalanan sehingga pengemudi mengalami kesulitan karena tidak dapat melihat jalanan di depannya dengan baik disebut dengan pemantulan baur
	Dasar kolam terlihat lebih dangkal bila dilihat dari atas
	Sendok tercelup air sebagian nampak membengkok
	Terjadinya pelangi setelah hujan
	Intan dan berlian tampak bersinar
	Cahaya senter terlihat membelok
	Saat mendengar suara orang yang berbincang di balik sebuah sudut bangunan
	Tetesan air yang dijatuhkan ke air di dalam wadah, maka akan terbentuk gelombang baru
	Timbulnya garis-garis berwarna yang tampak pada lapisan tipis minyak tanah yang tumpah di permukaan air
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Pemantulan terbagi dua yaitu pemantulan teratur dan pemantulan baur
	Hukum Snellius tentang Pembiasan : 1. Hukum I snellius, berbunyi : sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar 2. Hukum II Snellius berbunyi : jika sinar datang

	<p>dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat (dari udara ke air) sinar dibelokkan mendekati garis normal</p>
	<p>Arah pembiasan dibedakan menjadi dua yaitu mendekati garis normal dan menjauhi garis normal</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mendekati garis normal adalah cahaya dibiaskan mendekati garis normal jika cahaya yang merambat dari medium optik kurang rapat ke medium optik lebih rambat</li> <li>2. Menjauhi garis normal adalah cahaya dibiaskan menjauhi jika cahaya merambat dari medium optik lebih rapat ke medium optik kurang rapat</li> </ol>
	<p>Syarat-syarat terjadinya pembiasan :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cahaya melalui dua medium yang berbeda kerapatan optiknya</li> <li>2. Cahaya datang tidak tegak lurus terhadap bidang batas ( sudut datang lebih kecil dari 90°)</li> </ol>
	<p>Jenis-jenis Difraksi Gelombang :</p> <p>Difraksi Fresnel</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Difraksi Fraunhofer</li> <li>2. Difraksi Celah Tunggal</li> <li>3. Difraksi Celah Ganda</li> <li>4. Difraksi Celah Majemuk</li> </ol>
	<p>Interferensi ini terjadi jika terpenuhi dua syarat interferensi :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kedua gelombang cahaya harus koheren</li> <li>2. Kedua gelombang cahaya harus memiliki amplitudo yang hampir sama</li> </ol>
<p>Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi</p>	<p>Persamaan umum yang berlaku untuk pembiasan gelombang adalah :</p> $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = n$

	<p>Beda Fase gelombang destruktif bisa ditulis sebagai</p> $\Delta\varphi = \left(m + \frac{1}{2}\right) 2\pi$
	<p>Beda fase gelombang konstruktif ditulis sebagai</p> $\Delta\varphi = m2\pi$
	<p>Persamaan interferensi maksimum :</p> $d \cdot \sin \theta = (2m) \frac{1}{2} \lambda$
	<p>Persamaan Interferensi minimum</p> $d \cdot \sin \theta = (2m - 1) \frac{1}{2} \lambda$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	<p>Pemantulan (refleksi) adalah peristiwa pengembalian seluruh atau sebagian dari suatu berkas partikel atau gelombang bila berkas tersebut bertemu dengan bidang batas antara dua medium.</p>
	<p>Pemantulan baur adalah pemantulan pada saat cahaya mengenai suatu permukaan yang tidak rata, maka sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan tersebut dipantulkan tidak sebagai sinar-sinar sejajar</p>
	<p>Pemantulan teratur adalah pemantulan yang terjadi pada permukaan benda licin seperti cermin datar, cahaya dipantulkan membentuk sudut pola yang teratur.</p>
	<p>Pembiasan adalah peristiwa penyimpangan atau pembelokan cahaya karena melalui dua medium yang berbeda kerapatan optiknya.</p>
	<p>Menurut Christian Hyugens : “<i>perbandingan laju cahaya dalam ruang hampa dengan laju cahaya dalam suatu zat dinamakan indeks bias</i>”</p>
	<p>Difraksi merupakan peristiwa penyebaran atau pembelokan gelombang pada saat gelombang tersebut melintas melalui bukaan atau mengelilingi ujung penghalang.</p>

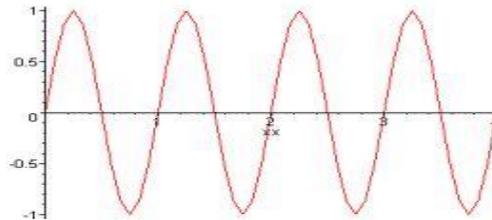
	Difraksi Fresnel merupakan difraksi yang terjadi apabila letak sumber cahaya, celah, dan layar pengamatan berdekatan. Biasanya disebut difraksi jarak dekat.
	Difraksi Franhoufer merupakan difraksi yang terjadi apabila letak sumber cahaya, celah, dan layar pengamatan berada pada jarak yang jauh.
	Pada difraksi celah ganda digunakan penghalang bercelah ganda, sehingga dihasilkan 4 gelombang baru, karena setiap satu celah menghasilkan dua gelombang baru.
	Pada Difraksi celah majemuk digunakan penghalang yang memiliki celah atau kisi yang banyak.
	Pada difraksi celah tunggal digunakan penghalang yang memiliki celah tunggal.
	Interferensi gelombang adalah perpaduan atau superposisi gelombang ketika dua gelombang atau lebih tiba di tempat yang sama pada saat yang sama
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Mengamati karakteristik pemantulan dan pembiasan gelombang air pada tangki riak.
	Mengamati karakteristik difraksi dan interferensi gelombang air pada tangki riak.
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan	

prosedur yang tepat	
---------------------	--

### XI. 3.9 Gelombang Berjalan dan Gelombang Stationer

#### A. Persamaan Gelombang

##### 1. Gelombang Berjalan



Gambar 34. Gelombang Berjalan  
Sumber: fisika.com

Gelombang berjalan merupakan gelombang yang amplitudonya tetap pada titik yang dilewatinya.

Persamaan gelombang berjalan :

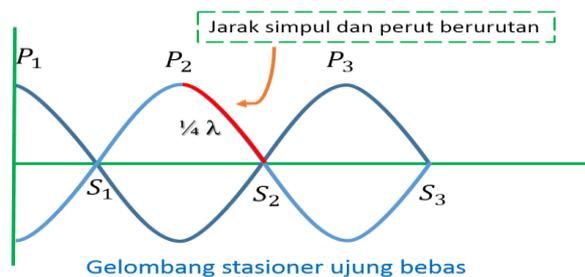
$$y = \pm A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$y = \pm A \sin 2\pi (\omega t \pm kx)$$

##### 2. Gelombang Stationer

Gelombang stasioner merupakan gelombang yang memiliki amplitudo yang berubah-ubah antara nol sampai nilai maksimum. Gelombang berdiri dibagi menjadi dua yaitu:

###### a. Ujung Bebas

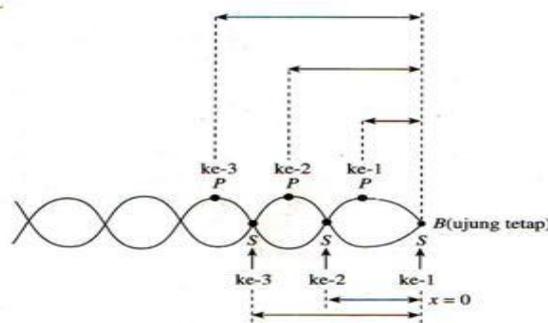


Gambar 35. Gelombang Berdiri Ujung Bebas  
Sumber: fisika.com

Gelombang berdiri pada ujung bebas memiliki fase gelombang datang sama dengan gelombang pantul. Ujung pemantul dapat bergerak bebas naik atau turun mengikuti arah getar gelombang datang. Besar simpangannya adalah  $y = 2A \cos kx \sin \omega t$

- Simpul  $\longrightarrow x = (2n+1) \frac{\lambda}{4}$  dengan  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
- Perut  $\longrightarrow x = \frac{1}{2} n\lambda$  dengan  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

#### b. Ujung Terikat



Gambar 36. Gelombang Berdiri Ujung Terikat  
Sumber: fisika.com

Gelombang berdiri dengan ujung terikat memiliki sudut fase gelombang datang dan gelombang pantul yang berbeda besar radiannya. Ujung pemantul tidak dapat bergerak bebas mengikuti arah getar gelombang datang. Besar simpangan pada gelombang berdiri ujung terikat adalah  $y = 2A \cos kx \sin \omega t$

(Foster, 2011)

#### B. Besaran-besaran Fisis

##### 1. Panjang gelombang

Panjang gelombang adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang dalam satu periode.

##### 2. Frekuensi gelombang ( $f$ )

Frekuensi adalah banyaknya gelombang yang bisa terbentuk setiap detik.

### 3. Periode gelombang ( $T$ )

Periode adalah waktu yang dibutuhkan gelombang untuk menempuh satu panjang gelombangnya.

### 4. Cepat rambat gelombang

Cepat rambat adalah panjangnya jarak yang ditempuh oleh gelombang tiap satuan waktu.

(Foster, 2011)

Berdasarkan uraian diatas, maka materi gelombang berjalan dan gelombang stationer dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti terdapat pada tabel 20

**Tabel 20. Uraian Materi Gelombang Berjalan dan Gelombang Stationer**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Panjang gelombang disimbolkan $\lambda$
	Cepat rambat gelombang disimbolkan $v$
	Periode disimbolkan $T$
	Frekuensi gelombang disimbolkan $f$
	Jumlah gelombang yang terbentuk disimbolkan $n$
	Waktu tempuh gelombang disimbolkan $t$
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	<i>Seutas tali yang salah satu ujungnya diikat pada suatu tiang yang ujung lainnya digerakkan ke atas dan ke bawah.</i>
	Gelombang air laut, merupakan jenis gelombang tetap atau stasioner dan mengalami pemantulan ujung bebas. Gelombang ini sekarang dimanfaatkan sebagai gelombang pembangkit aliran listrik tenaga

	gelombang
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Gelombang stasioner (gelombang berdiri) terdiri dari simpul dan perut.
	Gelombang stasioner dibagi dua yaitu ujung bebas dan ujung terikat
	Berdasarkan amplitudonya, gelombang terbagi dua yaitu gelombang berjalan dan gelombang berdiri.
	Besaran fisis yang terkait dengan gelombang adalah panjang gelombang, periode, frekuensi, amplitudo, cepat rambat gelombang.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Persamaan gelombang berjalan : $y = \pm A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right)$ $y = \pm A \sin (\omega t \pm kx)$
	Besar simpangan gelombang stasioner dengan ujung bebas adalah $y = 2A \cos kx \sin \omega t$
	Frekuensi dirumuskan sebagai berikut. $f = n/t$ Periode dirumuskan sebagai berikut. $T = 1/f$
	Besar simpangan pada gelombang berdiri ujung terikat adalah $y = 2A \cos kx \sin \omega t$
	Secara matematis, cepat rambat gelombang dirumuskan sebagai berikut. $v = \frac{\lambda}{T}$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	Gelombang berjalan merupakan gelombang yang amplitudonya tetap pada titik yang dilewatinya.
	Gelombang stasioner merupakan gelombang yang memiliki amplitudo yang berubah-ubah antara nol

	sampai nilai maksimum.
	Simpul adalah tempat kedudukan titik yang amplitudonya minimum
	Perut adalah tempat kedudukan titik yang amplitudonya maksimum pada suatu gelombang.
	Gelombang berdiri pada ujung bebas memiliki fase gelombang datang sama dengan gelombang pantul
	Gelombang berdiri dengan ujung terikat memiliki sudut fase gelombang datang dan gelombang pantul yang berbeda besar radiannya.
	Panjang gelombang adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang dalam satu periode
	Pada gelombang transversal dan gelombang longitudinal, panjang gelombang adalah jarak antara dua titik yang memiliki fase gelombang yang sama.
	Frekuensi adalah banyaknya gelombang yang bisa terbentuk setiap detik.
	Periode adalah waktu yang dibutuhkan gelombang untuk menempuh satu panjang gelombangnya.
	Cepat rambat adalah panjangnya jarak yang ditempuh oleh gelombang tiap satuan waktu.
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Melakukan demonstrasi tentang peristiwa superposisi gelombang
	Melakukan demonstrasi gelombang berjalan
	Melakukan demonstrasi gelombang stasioner

Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Percobaan menyelidiki bentuk gelombang stasioner menggunakan peralatan percobaan Melde.
---	---

### XI. 3.10 Gelombang Bunyi dan Gelombang Cahaya

#### A. Gelombang Bunyi

##### 1. Karakteristik Geombang Bunyi

Bunyi adalah peristiwa yang ditimbulkan oleh getaran benda yang merambat melalui medium dengan kecepatan tertentu. Bunyi memiliki sifat-sifat atau ciri- ciri tertentu. Ciri- ciri gelombang bunyi tersebut, antara lain ialah sebagai berikut:

- a. Merupakan gelombang longitudinal
- b. Tidak dapat merambat pada ruang hampa
- c. Kecepatan rambatnya dipengaruhi oleh kerapatan medium (pengantar) perambatannya (padat, cair, gas). Paling cepat pada medium yang kerapatannya tinggi.
- d. Dapat mengalami resonansi serta pemantulan.
- e. Bunyi dapat juga mengalami resonansi.

Contoh : Kita dapat mendengar suara orang diruangan berbeda dan tertutup, karena bunyi melewati celah-celah sempit yang bisa dilewati bunyi.

##### 2. Cepat Rambat Gelombang Bunyi

Cepat rambat bunyi adalah hasil bagi jarak yang ditempuh bunyi oleh gelombang bunyi per satuan waktu. Persamaannya

$$v = \frac{s}{t} \text{ atau } t = \frac{s}{v} \text{ atau } s = v \times t$$

### 3. Azas Doppler

Efek Doppler adalah perubahan frekuensi atau panjang gelombang suatu gelombang pada seorang penerima yang sedang bergerak relatif terhadap sumber gelombang. Efek Doppler dapat dirumuskan dengan:

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \times f_s$$

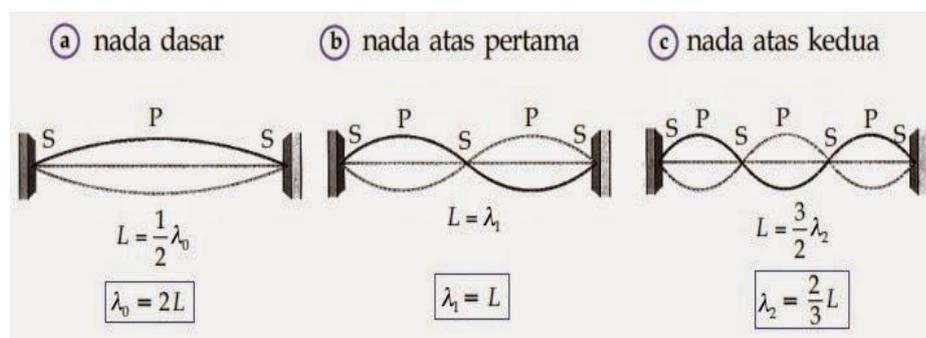
Berikut ini perjanjian mengenai pemakaian tanda plus dan minus tersebut:

- $v_p$  bernilai + (positif) jika si pendengar mendekati sumber suara
- $v_s$  bernilai + (positif) jika sumber suara menjauhi pendengar

### 4. Fenomena Dawai dan Pipa Organa

#### a. Dawai

Nada yang dihasilkan dari dawai berbeda - beda sesuai panjang gelombang yang dihasilkan. Pola nada yang dihasilkan adalah Nada Dasar, Nada atas pertama, Nada atas kedua, dst. Berikut gambaran pola nada yang terbentuk.



Gambar 37. Pola Resonansi Bunyi Pada Dawai

Besar frekuensi yang dihasilkan adalah :

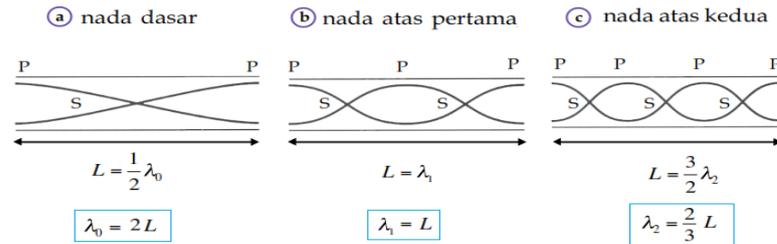
Rumus frekuensi	Nada dasar	Nada atas pertama	Nada atas kedua	Nada ke-n
$f = \frac{v}{\lambda}$	$f = \frac{v}{2L}$	$f = \frac{v}{L}$	$f = \frac{3v}{2L}$	$f_n = (n+1) \frac{v}{2L}$

Cepat rambat gelombang pada tali/dawai yang dirumuskan dengan :

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} = \sqrt{\frac{F_T L}{m}}$$

b. Pipa Organa Terbuka

Terjadinya resonansi nada - nada pada pipa organa terbuka ditunjukkan oleh gambar 38



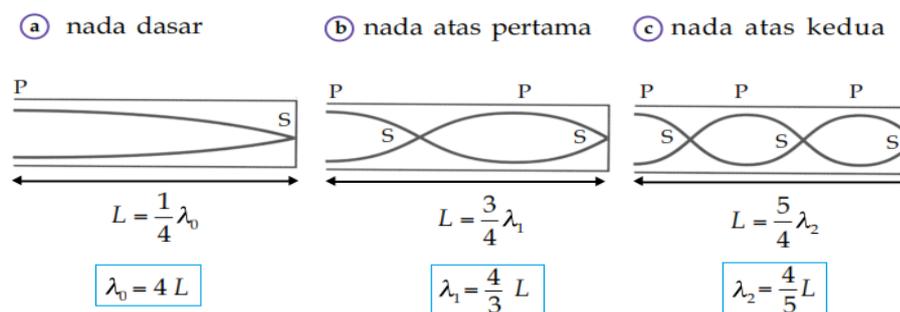
Gambar 38. Pola Resonansi Bunyi Pada Pipa Organa Terbuka

Besar frekuensi yang dihasilkan adalah :

Rumus frekuensi	Nada dasar	Nada atas pertama	Nada atas kedua	Nada ke-n
$f = \frac{v}{\lambda}$	$f = \frac{v}{2L}$	$f = \frac{v}{L}$	$f = \frac{3v}{2L}$	$f_n = (n+1) \frac{v}{2L}$

c. Pipa Organa Tertutup

Pola nada yang dihasilkan adalah sebagai berikut !



Gambar 39. Pola Nada Pipa Organa Tertutup

Besar frekuensi yang dihasilkan adalah :

Rumus frekuensi	Nada dasar	Nada atas pertama	Nada atas kedua	Nada ke-n
$f = \frac{v}{\lambda}$	$f = \frac{v}{4L}$	$f = \frac{3v}{4L}$	$f = \frac{5v}{4L}$	$f_n = (2n+1) \frac{v}{4L}$

#### d. Intensitas dan Taraf Intensitas

Intensitas didefinisikan sebagai energi yang dipindahkan tiap satuan waktu tiap satuan luas. Taraf intensitas bunyi ialah logaritma perbandingan intensitas bunyi terhadap intensitas ambang

Secara matematis, intensitas ditulis sebagai

$$I = \frac{P}{A}$$

Sedangkan Taraf Intensitas

$$TI = 10 \log I/I_0$$

Taraf Intensitas untuk n buah sumber

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n$$

$$TI = TI_1 + 20 \log \frac{r_A}{r_B}$$

## B. Gelombang Cahaya

### 1. Spektrum Cahaya

Spektrum optik adalah spektrum yang kontinu sehingga tidak ada batas yang jelas antara satu warna dengan warna lainnya, tabel 21 memberikan batas kira-kira untuk warna-warna spektrum

**Tabel 21. Spektrum Cahaya Tampak**

Warna Cahaya Tampak	Frekuensi (nm)
Ungu	380–450
Biru	450–495
Hijau	495–570
Kuning	570–590
Jingga	590–620
Merah	620–750

### 2. Difraksi

Difraksi merupakan gejala pembelokan cahaya bila mengenai suatu celah sempit. Semakin sempit celah yang dilalui cahaya, semakin dapat menghasilkan perubahan arah penjalaran cahaya yang semakin lebar.

a. Difraksi celah tunggal

Salah satu jenis difraksi Fraunhofer, yaitu difraksi dengan sumber cahaya dan layar penerima berada pada jarak tak terhingga dari benda penyebab difraksi, sehingga muka gelombang tidak lagi diperlakukan sebagai bidang sferis, melainkan sebagai bidang datar.

Pola gelap (difraksi minimum) terjadi jika:

$$d \cdot \sin \theta = n \cdot \lambda ; n = 1, 2, 3 \dots$$

Sementara itu, pola terang (difraksi maksimum) terjadi bila:

$$d \sin \theta = \left( n - \frac{1}{2} \right) \lambda ; n = 1, 2, 3 \dots$$

b. Difraksi celah majemuk (Kisi difraksi)

Kisi difraksi merupakan piranti untuk menghasilkan spektrum dengan menggunakan difraksi dan interferensi.

Bila cahaya dilewatkan pada kisi dan diarahkan ke layar, maka pada layar akan terjadi hal-hal berikut ini.

1) Garis terang (maksimum), bila:

$$d \cdot \sin \theta = n \cdot \lambda ; n = 0, 1, 2 \dots$$

2) Garis gelap (minimum), bila:

$$d \sin \theta = \left( n - \frac{1}{2} \right) \lambda ; n = 1, 2, 3 \dots$$

3. Interferensi

Interferensi cahaya adalah perpaduan atau superposisi gelombang ketika dua gelombang atau lebih tiba di tempat yang sama pada saat yang sama.

a. Interferensi celah ganda (percobaan young)

Fenomena interferensi cahaya ditunjukkan oleh percobaan yang dilakukan oleh Thomas Young. Berkas cahaya yang melalui celah  $S_1$  dan  $S_2$  berasal dari celah sempit  $S_0$ .

1) Interferensi maksimum (saling menguatkan)

$$d \sin \theta = n \lambda$$

2) Interferensi minimum (saling melemahkan)

$$d \sin \theta = \left( n - \left( \frac{1}{2} \right) \right) \lambda$$

Bilangan  $n$  menyatakan orde atau nomor gelap,  $n = 1, 2, 3, \dots$ .

$$d \frac{p}{l} = \left( n - \left( \frac{1}{2} \right) \right) \lambda$$

4. Polarisasi

a. Polarisasi cahaya karena pemantulan

Cahaya yang datang ke cermin dengan sudut datang sebesar  $57^\circ$ , maka sinar yang terpantul akan merupakan cahaya yang terpolarisasi.

b. Pada suatu saat sinar pantul dan sinar bias akan saling tegak lurus.

Saat terjadi keadaan seperti inilah akan terjadi pembagian intensitas pada kedua sinar itu,  $I$  untuk sinar bias dan  $I$  untuk sinar pantul sehingga sinarnya mengalami polarisasi. Pada polarisasi linier ini akan berlaku hubungan-hubungan seperti di bawah.

$$i_p + r = 90^\circ$$

$$\operatorname{tg} i_p = \frac{n_2}{n_1}$$

c. Polarisasi Cahaya Karena Bias Kembar (Pembiasan Ganda)

Polarisasi karena bias kembar dapat terjadi apabila cahaya melewati suatu bahan yang mempunyai indeks bias ganda atau lebih dari satu,

d. Polarisasi cahaya karena hamburan

Polarisasi cahaya karena peristiwa hamburan dapat terjadi pada peristiwa terhamburnya cahaya matahari oleh partikel-partikel debu di atmosfer yang menyelubungi Bumi.

e. Polarisasi Cahaya Karena Pemutaran Bidang Polarisasi

Besarnya sudut perubahan arah polarisasi cahaya  $\theta$  tergantung pada konsentrasi larutan  $c$ , panjang larutan  $l$  dan sudut putar larutan  $\beta$ . Hubungan ini dapat ditulis secara matematik sebagai:  $\theta = c \cdot \beta \cdot l$

f. Polarisasi Cahaya Karena Absorpsi Selektif

Bahan yang dapat menyerap secara selektif ini dinamakan polarisator. Cahaya yang terpolarisasi intensitasnya menjadi  $I = \frac{1}{2} I_0$ . Secara eksperimen dapat diperoleh hubungan seperti persamaan berikut.

$$I' = I \cos^2 \alpha \quad \text{atau} \quad I' = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$$

Persamaan inilah yang kemudian dikenal sebagai hukum Mallus dalam polarisasi cahaya (Budiyanto,2009).

## 5. Teknologi LCD dan LED

### a. LCD (Liquid Crystal Display)

LCD atau Liquid Crystal Display merupakan monitor yang tidak menggunakan tabung. Pada jenis monitor ini maka gambar yang

dihasilkan memiliki presisi yang lebih tinggi dan datar. Monitor ini memiliki bahan kristal cair yang terdiri dari piksel yang cukup banyak.

b. LED (Light Emitting Diode)

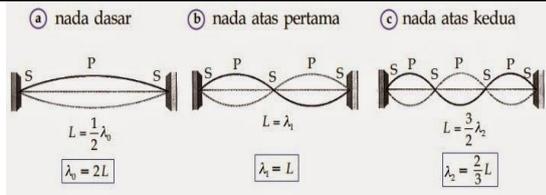
Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju.

Berdasarkan uraian diatas, materi gelombang bunyi dan gelombang cahaya dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural terdapat pada tabel 22

**Tabel 22. Uraian Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan	<i>Light Emitting Diode</i> disimbolkan LED
Tentang	<i>Liquid Crystal Display</i> disimbolkan LCD
Terminologi	Intensitas cahaya awal disimbolkan $I_0$
	Sudut antara kedua polarisator disimbolkan $\alpha$
	Intensitas cahaya setelah melalui dua bahan polarisator disimbolkan $I'$
	Intensitas cahaya terpolarisasi disimbolkan $I$
Pengetahuan	Kita dapat mendengar suara orang diruangan berbeda dan tertutup, karena bunyi melewati celah-celah sempit yang bisa dilewati bunyi.
Tentang Elemen-elemen Spesifik	Christian Doppler, yang pertama kali menjelaskan fenomena efek doppler pada tahun 1842.
	Ketika kita mendengar mobil bersirine yang sedang melaju ke arah kita, maka kita akan mendengar bunyi sirine yang makin meninggi (pitch atau frekuensi suara makin tinggi);
	Saat mobil tersebut telah melewati kita dan makin menjauh, bunyi sirine akan makin mengecil (pitch makin rendah).

Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	<p>Ciri- ciri gelombang bunyi tersebut, antara lain ialah sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Merupakan gelombang longitudinal</li> <li>• Tidak dapat merambat pada ruang hampa</li> <li>• Kecepatan rambatnya dipengaruhi oleh kerapatan medium (pengantar) perambatannya (padat, cair, gas). Paling cepat pada medium yang kerapatannya tinggi.</li> <li>• Dapat mengalami resonansi serta pemantulan.</li> <li>• Bunyi dapat juga mengalami resonansi.</li> </ul>
	<p>Polarisasi berdasarkan penyebabnya dibagi menjadi 6 yaitu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polarisasi cahaya karena pemantulan</li> <li>• Pada suatu saat sinar pantul dan sinar bias akan saling tegak lurus.</li> <li>• Polarisasi Cahaya Karena Bias Kembar (Pembiasan Ganda)</li> <li>• Polarisasi cahaya karena hamburan</li> <li>• Polarisasi Cahaya Karena Pemutaran Bidang Polarisasi</li> <li>• Polarisasi Cahaya Karena Absorpsi Selektif</li> </ul>
	<p>Besarnya perubahan sudut arah polarisasi karena pemutaran bidang polarisasi dapat ditulis secara matematik sebagai:</p> $\theta = c.\beta. l$
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	<p>Persamaan cepat rambat gelombang adalah</p> $v = \frac{\lambda}{t}$
	<p>Efek Doppler dapat dirumuskan dengan:</p> $f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s$
	<p>Berikut gambar pola nada dawai</p>



Pola resonansi bunyi pada dawai memiliki perbedaan sebesar  $1/2 \lambda$ .

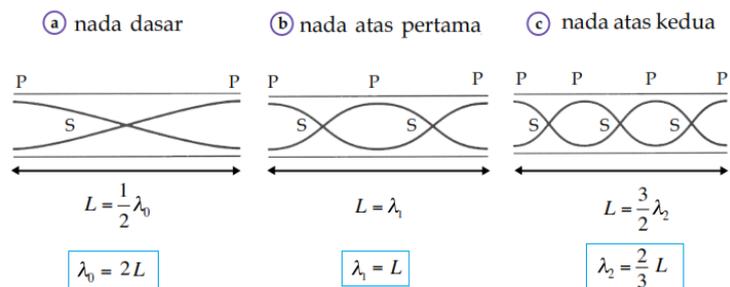
Pola besar frekuensi yang dihasilkan dawai:

Rumus frekuensi	Nada dasar	Nada atas pertama	Nada atas kedua	Nada ke-n
$f = \frac{v}{\lambda}$	$f = \frac{v}{2L}$	$f = \frac{v}{L}$	$f = \frac{3v}{2L}$	$f_n = (n+1) \frac{v}{2L}$

Cepat rambat gelombang pada tali/dawai yang dirumuskan dengan :

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} = \sqrt{\frac{F_T L}{m}}$$

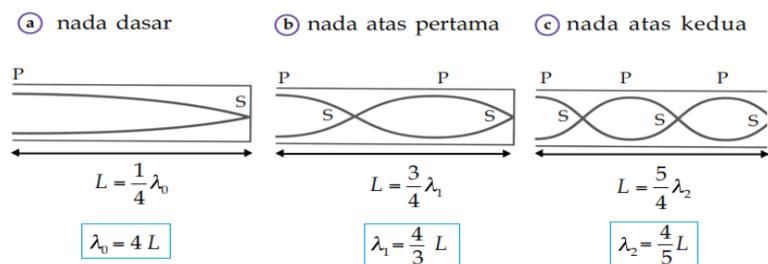
Pola nada pipa organa terbuka:



Pola besar frekuensi yang dihasilkan pipa organa terbuka

Rumus frekuensi	Nada dasar	Nada atas pertama	Nada atas kedua	Nada ke-n
$f = \frac{v}{\lambda}$	$f = \frac{v}{2L}$	$f = \frac{v}{L}$	$f = \frac{3v}{2L}$	$f_n = (n+1) \frac{v}{2L}$

Pola nada pipa organa tertutup



Pola besar frekuensi yang dihasilkan pipa organa tertutup

Rumus frekuensi	Nada dasar	Nada atas pertama	Nada atas kedua	Nada ke-n
$f = \frac{v}{\lambda}$	$f = \frac{v}{4L}$	$f = \frac{3v}{4L}$	$f = \frac{5v}{4L}$	$f_n = (2n+1) \frac{v}{4L}$

Intensitas ditulis sebagai

$$I = \frac{P}{A}$$

Sedangkan Taraf Intensitas

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Taraf Intensitas untuk n buah sumber

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n$$

$$TI = TI_1 + 20 \log \frac{r_A}{r_B}$$

Bila cahaya dilewatkan pada kisi dan diarahkan ke layar pada difraksi celah majemuk, maka akan terjadi hal-hal berikut ini.

1. Garis terang (maksimum), bila:  
 $d \cdot \sin \theta = n \cdot \lambda ; n = 0, 1, 2 \dots$
2. Garis gelap (minimum), bila:  
 $d \sin \theta = \left( n - \frac{1}{2} \right) \lambda ; n = 1, 2, 3 \dots$

Pola gelap pada difraksi celah tunggal (difraksi minimum) terjadi jika:  
 $d \cdot \sin \theta = n \cdot \lambda ; n = 1, 2, 3 \dots$

Pola terang (difraksi maksimum) terjadi bila:  
 $d \sin \theta = \left( n - \frac{1}{2} \right) \lambda ; n = 1, 2, 3 \dots$

Interferensi maksimum pada interferensi celah ganda (saling menguatkan) dinyatakan dengan persamaan :

$$d \sin \theta = n \lambda$$

Interferensi minimum (saling melemahkan) dinyatakan dengan persamaan :

	$d \sin \theta = \left( n - \left( \frac{1}{2} \right) \right) \lambda$
	<p>Interferensi celah tipis menghasilkan:</p> <p>Interferensi maksimum (terang)</p> $2n.d.\cos r = (m + 1/2) \lambda$ <p>Dengan <math>m = 1, 2, 3, \dots</math></p> <p>Interferensi minimum (gelap)</p> $2n.d.\cos r = \left( m - \frac{1}{2} \right) \lambda$
	<p>Interferensi Cincin Newton menghasilkan</p> <p>Interferensi maksimum (lingkaran terang)</p> $rt^2 = (m + \frac{1}{2})\lambda R$ <p>Dengan <math>m = 0, 1, 2, 3, \dots</math></p> <p>Dengan <math>rt</math> adalah jari-jari lingkaran terang ke <math>-n</math>.</p> <p>Interferensi minimum (lingkaran gelap)</p> $rg^2 = m\lambda R$ <p>Dengan <math>m = 0, 1, 2, 3, \dots</math></p>
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	<p>Cahaya terpolarisasi melewati zat optik aktif</p> <p>LCD atau Liquid Crystal Display merupakan monitor yang tidak menggunakan tabung</p> <p>Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju.</p> <p>Bunyi adalah peristiwa yang ditimbulkan oleh getaran benda yang merambat melalui medium dengan kecepatan tertentu. Bunyi memiliki sifat-sifat atau ciri- ciri tertentu.</p> <p>Cepat rambat bunyi adalah hasil bagi jarak yang ditempuh bunyi oleh gelombang bunyi per satuan waktu.</p> <p>Efek Doppler adalah perubahan frekuensi atau panjang gelombang suatu gelombang pada seorang penerima yang</p>

	sedang bergerak relatif terhadap sumber gelombang.
	Taraf intensitas bunyi ialah logaritma perbandingan intensitas bunyi terhadap intensitas ambang
	Intensitas didefinisikan sebagai energi yang dipindahkan tiap satuan waktu tiap satuan luas.
	Cahaya (Spektrum optic, atau spektrum terlihat atau spektrum tampak) adalah bagian dari spektrum elektromagnetik yang tampak oleh mata manusia.
	Spektrum optik adalah spektrum yang kontinu sehingga tidak ada batas yang jelas antara satu warna dengan warna lainnya
	Difraksi merupakan gejala pembelokan cahaya bila mengenai suatu celah sempit. Semakin sempit celah yang dilalui cahaya, semakin dapat menghasilkan perubahan arah penjalaran cahaya yang semakin lebar.
	Kisi difraksi merupakan piranti untuk menghasilkan spektrum dengan menggunakan difraksi dan interferensi, yang tersusun oleh celah sejajar dalam jumlah sangat banyak dan memiliki jarak yang sama
	Interferensi cahaya adalah perpaduan atau superposisi gelombang ketika dua gelombang atau lebih tiba di tempat yang sama pada saat yang sama.
	Interferensi cincin newton adalah pola interferensi yang terbentuk oleh sebuah lensa yang sedikit cembung yang diletakkan di atas sebuah keping gelas datar.
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan	Melakukan percobaan tentang interferensi celah ganda

Algoritma	
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Cara kerja LED  Cara kerja dari LED hampir sama dengan keluarga dioda yang memiliki dua kutub, yaitu Kutub Positif (P) dan Kutub Negatif (N). LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (bias forward) dari Anoda ke Katoda. LED sendiri terdiri atas sebuah chip semikonduktor yang didopping, sehingga menciptakan junction antara kutub P dan kutub N. Proses dopping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan impurity / ketidakmampuan pada semikonduktor yang murni, sehingga dapat menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan.
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Perjanjian mengenai pemakaian tanda plus dan minus pada efek doppler:  •vp bernilai + (positif) jika si pendengar mendekati sumber suara, dan bernilai – (negatif) jika menjauhi sumber suara  •vs bernilai + (positif) jika sumber suara menjauhi pendengar, dan bernilai – (negatif) jika mendekati pendengar

### **XI. 3.11 Alat-Alat Optik**

#### **A. Mata dan Kacamata**

Mata adalah indra penglihatan. Prinsip kerja mata yang memanfaatkan getaran-getaran gelombang elektromagnetik dari cahaya yang kemudian diterjemahkan menjadi pola-pola impuls saraf yang kemudian diteruskan ke otak menjadikan mata dapat dikategorikan sebagai alat optik.

#### **Cacat Mata**

##### **1. Miopi (Rabun jauh)**

Miopi atau rabun jauh adalah kondisi dimana bayangan jatuh didepan retina Kekuatan lensa mata ( $p$ ) yang cocok dicari menggunakan persamaan pembiasan pada mata.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

Untuk melihat dengan jelas benda yang berada pada jarak tak hingga ( $s = \infty$ ) maka  $p = -\frac{1}{PR}$

## 2. Hipermetropi (Rabun dekat)

Hipermetropi atau rabun dekat adalah kondisi dimana bayangan jatuh dibelakang retina. Kekuatan lensa mata ( $p$ ) yang cocok digunakan untuk penderita miopi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan pembiasan pada mata.

$$p = \frac{1}{f}$$

Untuk melihat dengan jelas benda yang berada pada titik dekat mata normal ( $s_n = 25$  cm) maka  $p = \frac{1}{s_n} - \frac{1}{pp}$

## B. Kaca Pembesar

Lup berfungsi untuk mengamati benda-benda kecil sehingga tampak menjadi besar dan lebih jelas yang tidak dapat dilihat dengan mata secara langsung dengan menggunakan sebuah lensa cembung atau lensa positif.

Ada 2 cara dalam menggunakan lup, yaitu dengan mata berakomodasi dan dengan mata tak berakomodasi.

1. Pada saat mata belum menggunakan lup, benda tampak jelas bila diletakkan pada titik dekat pengamat ( $s = s_n$ ) sehingga mata melihat benda dengan sudut pandang  $\alpha$ .

$$M = \frac{25}{f} - \frac{25}{-25} \text{ atau } M = \frac{25}{f} + 1$$

2. Pengamatan dengan menggunakan lup sebaiknya dilakukan dengan mata tak berakomodasi (mata dalam keadaan rileks).

$$M = \frac{25}{f}$$

### C. Mikroskop

Mikroskop adalah alat yang digunakan untuk melihat benda-benda mikro atau yang sangat kecil. Prinsip kerja atau cara kerja mikroskop secara sederhana adalah lensa objektif akan membentuk bayangan benda yang bersifat nyata, terbalik, dan diperbesar. Bayangan benda oleh lensa objektif akan ditangkap sebagai benda oleh lensa okuler. Bayangan inilah yang tampak oleh mata.

Jarak lensa objektif dan okuler sebagai panjang mikroskop dihitung dengan

$$d = s'_{ob} + s_{ok}$$

Perbesaran total mikroskop dihitung dengan

$$M = M_{ob} \times M_{ok}$$

$$\text{dengan } M_{ob} = \frac{s'_{ob}}{s_{ob}}$$

$$M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} \text{ untuk mata tanpa akomodasi dan } M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} + 1 \text{ untuk mata}$$

berakomodasi maksimum.

### D. Teropong

Teropong merupakan alat optik yang digunakan sebagai alat untuk melihat benda yang letaknya jauh. Jarak benda pada lensa objektif terletak pada jarak tak terhingga ( $s_{ob} = \infty$ ),  $s'_{ob} = f_{ob}$ .

### E. Kamera

Prinsip kerja kamera mirip dengan mata manusia. Lensa kamera merupakan bagian dari kamera yang berfungsi untuk membentuk bayangan, mirip lensa mata pada mata.

Berdasarkan uraian diatas, maka materi alat-alat optik dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural terdapat pada tabel 23

**Tabel 23. Uraian Materi Alat-Alat Optik**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Sudut datang simbolnya $i$
	Sudut pantul simbolnya $r$
	Indeks bias mutlah simbolnya $n$
	Sudut datang simbolnya $\theta$
	Cepat rambat cahaya simbolnya $v$
	Kuat lensa simbolnya $P$
	Jarak fokus simbolnya $f$
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Mata adalah indra penglihatan.
	Kamera adalah alat untuk mengambil gambar
	Melihat bayangan diri dalam cermin
	Cermin cembung pada kaca spion mobil
	Melihat benda kecil dengan lup
	Reparasi jam menggunakan lup
	Fotografer memotret suatu objek dengan kamera
	Manusia memiliki mata yang digunakan untuk melihat.
	Penderita rabun mata menggunakan kacamata
	Praktikan melihat hewan kecil dengan mikroskop
Melihat hilal dengan teropong	
Pengetahuan Konseptual	

<p>Pengetahuan tentang dan Klasifikasi Kategori</p>	<p>Cacat Mata</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Miopi (Rabun jauh) Miopi atau rabun jauh adalah kondisi dimana bayangan jatuh didepan retina</li> <li>2. Hipermetropi (Rabun dekat) Hipermetropi atau rabun dekat adalah kondisi dimana bayangan jatuh dibelakang retina</li> </ol> <p>Ada 2 cara dalam menggunakan lup, yaitu dengan mata berakomodasi dan dengan mata tak berakomodasi.</p> <p>Jarak benda pada lensa objektif terletak pada jarak tak terhingga (<math>s_{ob} = \infty</math>), <math>S'_{ob} = f_{ob}</math>.</p> <p>Teropong dibagi menjadi 3 yaitu</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teropong Bintang</li> <li>2. Teropong Bumi</li> <li>3. Teropong Panggung</li> </ol>
<p>Pengetahuan tentang dan Prinsip Generalisasi</p>	<p>Prinsip kerja mata yang memanfaatkan getaran-getaran gelombang elektromagnetik dari cahaya yang kemudian diterjemahkan menjadi pola-pola impuls saraf yang kemudian diteruskan ke otak menjadikan mata dapat dikategorikan sebagai alat optic</p> <p>Kekuatan lensa mata (<math>p</math>) menderita miopi yang cocok dicari menggunakan persamaan pembiasan pada mata.</p> $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ <p>Dimana : <math>p = \frac{1}{f}</math></p> <p>Untuk melihat dengan jelas benda yang berada pada jarak tak hingga (<math>s = \infty</math>) maka <math>p = -\frac{1}{PR}</math></p> <p>Kekuatan lensa mata (<math>p</math>) yang cocok digunakan</p>

	<p>untuk penderita hipermetropi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan pembiasan pada mata.</p> $p = \frac{l}{f}$ <p>Untuk melihat dengan jelas benda yang berada pada titik dekat mata normal (<math>s_n=25</math> cm) maka <math>p = \frac{l}{s_n} - \frac{l}{pp}</math></p>
	<p>Perbesaran lup mata tak berakomodasi (mata dalam keadaan rileks)</p> $M = \frac{25}{f}$
	<p>Perbesaran lup mata berakomodasi maksimum</p> $M = \frac{25}{f} - \frac{25}{-25} \text{ atau } M = \frac{25}{f} + 1$
	<p>Jarak lensa objektif dan okuler sebagai panjang mikroskop dihitung dengan</p> $d = s'_{ob} + s_{ok}$
	<p>Perbesaran total mikroskop dihitung dengan</p> $M = M_{ob} \times M_{ok}$ <p>dengan <math>M_{ob} = \frac{s'_{ob}}{s_{ob}}</math></p> $M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} \text{ untuk mata tanpa akomodasi dan}$ $M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} + 1 \text{ untuk mata berakomodasi maksimum.}$
	<p>Prinsip kerja atau cara kerja mikroskop secara sederhana adalah lensa objektif akan membentuk bayangan benda yang bersifat nyata, terbalik, dan diperbesar.</p>
	<p>Teropong Bintang dengan mata berakomodasi maksimum, bayangan pada lensa okuler terletak di</p>

	<p>titik dekat mata (<math>s'_{ok} = -s_n</math>) maka <math>S_{ok} = \frac{f_{ok}S_n}{f_{ok} + S_n}</math></p> <p>Perbesaran angular <math>M = \frac{f_{ob}}{S_{ok}}</math></p>
	<p>Teropong Bumi dengan mata berakomodasi maksimum, perbesaran angular dicari menggunakan <math>M = \frac{f_{ob}}{S_{ok}}</math> dan panjang teropong <math>d = f_{ob} + 4f_p + S_{ok}</math></p>
	<p>Teropong Bumi dengan mata tidak berakomodasi, perbesaran angular dicari menggunakan <math>M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}</math> dan panjang teropong <math>d = f_{ob} + 4f_p + f_{ok}</math></p>
	<p>Teropong Panggung dengan mata berakomodasi maksimum, perbesaran angular dicari menggunakan <math>M = \frac{f_{ob}}{S_{ok}}</math> dan panjang teropong <math>d = f_{ob} + S_{ok}</math></p>
	<p>Teropong Panggung dengan mata tanpa berakomodasi, perbesaran angular dicari menggunakan <math>M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}</math> dan panjang teropong <math>d = f_{ob} + f_{ok}</math></p>
	<p>Lensa kamera merupakan bagian dari kamera yang berfungsi untuk membentuk bayangan, mirip lensa mata pada mata.</p>
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	<p>cairan (<i>aqueus humor</i>) yang berperan sebagai pembias cahaya yang masuk kedalam mata.</p>
	<p>iris yang berperan sebagai pemberi warna pada mata</p>
	<p>pupil yang berperan sebagai pengatur intensitas cahaya yang masuk kedalam mata.</p>
	<p>Lensa mata (lensa kristalin) sebagai pengatur pembiasan cahaya ke dalam mata...</p>
	<p>Lensa mata bekerja sesuai prinsip pembiasan pada lensa cembung sehingga bayangan yang terbentuk</p>

	bersifat nyata terbalik dan diperkecil
	otot siliaris yang berperan untuk mengatur panjang fokus mata
	Lup berfungsi untuk mengamati benda-benda kecil sehingga tampak menjadi besar dan lebih jelas yang tidak dapat dilihat dengan mata secara langsung dengan menggunakan sebuah lensa cembung atau lensa positif.
	Mikroskop adalah alat yang digunakan untuk melihat benda-benda mikro atau yang sangat kecil.
	Teropong merupakan alat optik yang digunakan sebagai alat untuk melihat benda yang letaknya jauh.
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Melakukan percobaan tentang proses pembentukan bayangan pada mikroskop
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Menganalisis pembentukan bayangan pada kamera
	Mengidentifikasi bagian-bagian dari kamera dan fungsinya
	Mengidentifikasi bagian-bagian dari kamera dan fungsinya
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Menganalisis pembentukan bayangan pada kamera

### **XI. 3.12 Gejala Pemanasan Global**

#### **A. Gejala Pemanasan Global**

## 1. Efek Rumah Kaca

Rumah kaca adalah sebuah bangunan yang berbentuk rumah yang keseluruhan bangunannya terdiri dari kaca. Efek rumah kaca merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan bumi memiliki efek seperti rumah kaca diatas dimana panas matahari terperangkap oleh atmosfer bumi.

### Proses Terjadinya Efek Rumah Kaca

- a. Terjadinya efek rumah kaca didasari oleh sinar matahari yang dipantulkan oleh berbagai macam benda di permukaan bumi.
- b. Dan sinar matahari yang dipantulkan dapat merusak lapisan ozon, yang memiliki fungsi utama untuk menghambat cahaya matahari yang berada di atmosfer.
- c. Apabila lapisan ozon yang berada di atmosfer bumi semakin berkurang, maka akan menyebabkan kenaikan suhu di permukaan bumi.
- d. Kondisi ini menjadi lebih buruk karena banyaknya karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang ada di bumi. Karena dapat menahan pantulan sinar matahari, sehingga suhu di bumi semakin meningkat.
- e. Untuk menghindari kerusakan lapisan ozon pada lapisan atmosfer bumi. Maka kita harus mengurangi berbagai alat atau bahan yang dapat menghasilkan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Dan juga berbagai hal yang dapat mengakibatkan kerusakan lapisan ozon lainnya.

## 2. Emisi Karbon dan Perubahan Iklim

Emisi (buangan) gas karbon adalah gas-gas yang dikeluarkan dari hasil pembakaran senyawa yang mengandung karbon, contoh  $\text{CO}_2$ , merupakan gas buang dari pembakaran bensin, solar, kayu, daun, gas LPG

(elpiji) dan bahan bakar lain yang banyak mengandung hidro karbon (senyawa yang mengandung hidrogen dan karbon).

### 3. Dampak Pemanasan Global

Pemanasan global merupakan peristiwa memanasnya suhu rata-rata di permukaan bumi atau kerak bumi sehingga menyebabkan bumi menjadi lebih panas. Maka dari itulah disadari atau tidak, pemanasan global akan berpengaruh terhadap iklim. Upaya yang bisa dilakukan secara kolektif

#### a. Melestarikan hutan

Hutan merupakan rumah bagi banyak sekali jenis pohon dan juga binatang. Adanya pepohonan dalam jumlah besar akan sangat membantu mengurangi polusi udara yang ada di Bumi yang menyebabkan terjadinya pemanasan global.

#### b. Menggunakan energi alternatif

Penggunaan energi alternatif yang aman perlu dilakukan oleh suatu negara. Energi alternatif secara kolektif akan sangat membantu mengurangi produksi gas-gas rumah kaca. Penggunaan energi alternatif ini bisa dilakukan dalam produksi listrik.

#### c. Mengurangi penggunaan CFC

CFC merupakan jenis gas yang sangat membantu terjadinya pemanasan global. Maka dari itulah CFC perlu diminimalisir penggunaannya agar terjadinya pemanasan global menjadi berkurang.

(Kanginan,2013)

## B. Alternatif Solusi

### 1. Efisiensi Penggunaan Energi

Efisiensi Energi adalah usaha yang dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi jumlah energi yang dibutuhkan, dalam menggunakan sebuah peralatan atau bahkan sistem yang berhubungan dengan energi.

Efisiensi energi berarti:

- a. Memilih teknologi yang paling baru yang mampu dimiliki untuk menyediakan kenyamanan hidup dengan penggunaan energi yang lebih sedikit.
- b. Menggunakan energi secara bijaksana
- c. Mengurangi kebocoran energi yang tidak perlu.

## 2. Pencarian Sumber-sumber Energi Alternatif

Energi alternatif diantaranya yaitu energi yang berasal dari matahari, angin, air, dan juga panas bumi. Manfaat dari energi alternatif tersebut diantaranya yaitu :

- a. Mampu menggantikan penggunaan batu bara sebagai salah satu sumber energi, yang dapat menyebabkan pemanasan global dengan energi biomassa.
- b. Dapat mengubah bahan kimia menjadi energi listrik tanpa melalui pembakaran yang mampu menghasilkan karbondioksida, atau emisi gas lainnya.
- c. Dapat digunakan sebagai metanol, propane, gas alam, etanol, bensin, atau hidrogen yang menjadi gas yang dapat diperbaharui.
- d. Perawatan teknologinya terbilang sangat mudah.
- e. Dapat digunakan secara bersamaan sebagai sumber hybrid yang jauh lebih efisien.

- f. Energi matahari bisa diolah menjadi panel surya yaitu suatu alat yang fungsinya adalah menangkap energi panas, yang biasanya dipasang di bagian atap suatu rumah.
- g. Perputaran baling-baling dari energi angin akan menghasilkan suatu energi listrik yang dibutuhkan manusia.
- h. Pembangkit listrik tenaga air akan mengalirkan air lewat generator yang dapat berputar untuk menghasilkan listrik.
- i. Pemanfaatan dalam hal energi pasang, ketika air laut pasang maka air akan ditahan di dalam bendungan yang dekat dengan muara atau teluk. Sedangkan jika air turun maka aliran air akan digerakkan oleh turbin pada generator.
- j. Energi panas dari matahari juga dapat dimanfaatkan untuk mengawetkan bahan makanan, contohnya pada proses pembuatan ikan asin di pantai.
- k. Energi matahari juga dapat dimanfaatkan untuk mobil atau segala jenis peralatan energi yang membutuhkan tenaga surya.
- l. Energi dari panas bumi bermanfaat untuk pembangkit listrik tenaga angin. Misalnya pembangkit listrik tenaga angin yang berada di Kamojang dan Dataran Tinggi Dieng (Kanginan, 2013)

### C. Hasil Kesepakatan Dunia Internasional

#### 1. *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IPCC menyimpulkan bahwa sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan Abad ke-20, kemungkinan besar, disebabkan oleh naiknya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia. Gas buangan hasil industri membuat temperatur bumi kian memanas. Dampak

pemanasan global yang terjadi sudah disadari dan dirasakan oleh kita semua.

Pada tahun 1988, badan PBB untuk lingkungan (United Nations Environment Programme) dan organisasi meteorologi dunia (World Meteorology Organization) mendirikan sebuah panel antar pemerintah untuk perubahan iklim yang dikenal dengan IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) yang terdiri atas 300 lebih pakar perubahan iklim dari seluruh dunia.

## 2. Protokol Kyoto

Protokol Kyoto diadopsi pada sesi ketiga Konferensi Pihak Konvensi (UNFCCC) pada 1997 di Kyoto, Jepang. Semua pihak dalam UNFCCC dapat menandatangani atau meratifikasi Protokol Kyoto, sementara pihak luar tidak diperbolehkan. Negara-negara yang meratifikasi protokol ini berkomitmen untuk mengurangi emisi/pengeluaran karbon dioksida dan lima gas rumah kaca lainnya, atau bekerja sama dalam perdagangan emisi jika mereka menjaga jumlah atau menambah emisi gas-gas tersebut, yang telah dikaitkan dengan pemanasan global.

Protokol Kyoto adalah sebuah persetujuan sah di mana negara-negara perindustrian akan mengurangi emisi gas rumah kaca mereka secara kolektif sebesar 5,2% dibandingkan dengan tahun 1990 (namun yang perlu diperhatikan adalah jika dibandingkan dengan perkiraan jumlah emisi pada tahun 2010 tanpa protokol, target ini berarti pengurangan sebesar 29%). Tujuannya adalah untuk mengurangi rata-rata emisi dari enam gas rumah kaca : karbon dioksida, metan, nitrous oxide, sulfur heksafluorida, HFC, dan

PFC yang dihitung sebagai rata-rata selama masa lima tahun antara 2008 – 2012

### 3. *Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate*

Asia Pacific Partnership on Clean Development and Climate (APPCDC) merupakan kerjasama internasional yang bersifat sukarela antara Australia, Kanada, India, Jepang, Republik Rakyat Cina, Korea Selatan yang mengumumkan pembentukannya pada tanggal 28 Juli 2005, Menteri Luar Negeri, Lingkungan dan Energi dari negara-negara peserta sepakat untuk bekerja sama dalam pengembangan dan transfer teknologi yang memungkinkan pengurangan emisi gas rumah kaca yang bersesuaian dengan UNFCCC dan perangkat internasional lainnya seperti Protokol Kyoto.

Berdasarkan uraian diatas, maka materi gejala pemanasan global dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti tabel 24

**Tabel 24. Uraian Materi Gejala Pemanasan Global**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> disingkat IPCC Konferensi Pihak Konvensi disingkat UNFCCC
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Lima negara penghasil emisi karbondioksida terbesar di dunia disumbangkan oleh negara – negara maju. Negara – negara tersebut adalah Amerika Serikat, Kanada, Jerman, Inggris, dan Jepang.
	Ramalan cuaca kadang tidak akurat
	Matahari merupakan sumber energi utama bagi manusia yang ada di planet bumi, energi yang

	<p>dihasilkan oleh matahari berwujud sinar dan juga panas.</p> <p>Pada tahun 1988, badan PBB untuk lingkungan (United Nations Environment Programme) dan organisasi meteorologi dunia (World Meteorology Organization) mendirikan IPCC</p> <p>Protokol Kyoto adalah sebuah persetujuan sah di mana negara-negara perindustrian akan mengurangi emisi gas rumah kaca mereka secara kolektif sebesar 5,2% dibandingkan dengan tahun 1990</p> <p>IPCC menyimpulkan bahwa sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan Abad ke-20, kemungkinan besar, disebabkan oleh naiknya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia.</p>
Pengetahuan Konseptual	
<p>Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori</p>	<p>Jenis-Jenis Gas Rumah Kaca</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uap air</li> <li>2. Karbondioksida</li> <li>3. Metana</li> <li>4. Nitrogen Oksida</li> </ol> <p>Dampak dari pemanasan global</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mencairnya es di kutub</li> <li>2. Meningkatnya level permukaan laut</li> <li>3. Perubahan iklim yang makin ekstrim</li> <li>4. Gelombang panas yang makin meningkat</li> <li>5. Habisnya gletser sebagai sumber air bersih</li> </ol>
<p>Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi</p>	<p>Sinar matahari yang masuk ke permukaan bumi ini akan berbentuk suhu panas, lalu sebagian dari sinar ini akan dipantulkan kembali ke atmosfer oleh permukaan bumi. Sedangkan sebagian sinarnya akan diserap oleh permukaan bumi dengan warna</p>

	<p>yang agak gelap karena mengandung gas rumah kaca yang berada di atmosfer.</p>
	<p>Manfaat dari energi alternatif tersebut diantaranya yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Mampu menggantikan penggunaan batu bara sebagai salah satu sumber energi, yang dapat menyebabkan pemanasan global dengan energi biomassa.</li><li>2. Dapat mengubah bahan kimia menjadi energi listrik tanpa melalui pembakaran yang mampu menghasilkan karbondioksida, atau emisi gas lainnya.</li><li>3. Dapat digunakan sebagai metanol, propane, gas alam, etanol, bensin, atau hidrogen yang menjadi gas yang dapat diperbaharui.</li><li>4. Perawatan teknologinya terbilang sangat mudah.</li><li>5. Dapat digunakan secara bersamaan sebagai sumber hybrid yang jauh lebih efisien.</li><li>6. Energi matahari bisa diolah menjadi panel surya yaitu suatu alat yang fungsinya adalah menangkap energi panas, yang biasanya dipasang di bagian atap suatu rumah.</li><li>7. Baling-baling dari energi angin akan menghasilkan suatu energi listrik yang dibutuhkan manusia.</li><li>8. Pembangkit listrik tenaga air akan mengalirkan air lewat generator yang dapat berputar untuk menghasilkan listrik.</li><li>9. Pemanfaatan dalam hal energi pasang, ketika air laut pasang maka air akan ditahan di dalam bendungan yang dekat dengan muara atau</li></ol>

	<p>teluk. Sedangkan jika air turun maka aliran air akan digerakkan oleh turbin pada generator.</p> <p>10. Energi panas dari matahari juga dapat dimanfaatkan untuk mengawetkan bahan makanan</p> <p>11. Energi matahari juga dapat dimanfaatkan untuk mobil atau segala jenis peralatan energi yang membutuhkan tenaga surya.</p> <p>12. Energi dari panas bumi bermanfaat untuk pembangkit listrik tenaga angin.</p> <p>Suhu rata-rata global pada permukaan bumi telah meningkat <math>0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}</math> (<math>1.33 \pm 0.32^{\circ}\text{F}</math>) selama seratus tahun terakhir.</p>
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Rumah kaca adalah sebuah bangunan yang berbentuk rumah yang keseluruhan bangunannya terdiri dari kaca.</p> <p>Efek rumah kaca merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan bumi memiliki efek seperti rumah kaca diatas dimana panas matahari terperangkap oleh atmosfer bumi.</p> <p>Akibat adanya efek rumah kaca, sebagian panas yang harusnya dipantulkan permukaan bumi diperangkap oleh gas-gas rumah kaca di atmosfer.</p> <p>Fungsi dari rumah kaca ini adalah untuk menangkap cahaya matahari, karena panas dari sinar matahari tersebut terperangkap di dalam bangunan.</p> <p>Zat-zat yang menimbulkan efek rumah kaca : penebangan hutan dan lahan berpindah ,gas rumah kaca ,senyawa karbondioksida (CO<sub>2</sub>), senyawa methan, cloro floro carbon (CFC), senyawa nitrogen.</p>

	<p>Emisi (buangan) gas karbon adalah gas-gas yang dikeluarkan dari hasil pembakaran senyawa yang mengandung karbon</p>
	<p>Pemanasan global merupakan peristiwa memanasnya suhu rata-rata di permukaan bumi atau kerak bumi sehingga menyebabkan bumi menjadi lebih panas. Maka dari itulah disadari atau tidak, pemanasan global akan berpengaruh terhadap iklim.</p>
	<p>Efisiensi Energi adalah usaha yang dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi jumlah energi yang dibutuhkan, dalam menggunakan sebuah peralatan atau bahkan sistem yang berhubungan dengan energi.</p>
	<p>Energi alternatif diantaranya yaitu energi yang berasal dari matahari, angin, air, dan juga panas bumi</p>
<p>Pengetahuan Prosedural</p>	
<p>Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma</p>	<p>Proses Terjadinya Efek Rumah Kaca</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terjadinya efek rumah kaca didasari oleh sinar matahari yang dipantulkan oleh berbagai macam benda di permukaan bumi.</li> <li>2. Dan sinar matahari yang dipantulkan dapat merusak lapisan ozon, yang memiliki fungsi utama untuk menghambat cahaya matahari yang berada di atmosfer.</li> <li>3. Apabila lapisan ozon yang berada di atmosfer bumi semakin berkurang, maka akan menyebabkan kenaikan suhu di permukaan bumi.</li> <li>4. Kondisi ini menjadi lebih buruk karena banyaknya karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang ada di</li> </ol>

	<p>bumi. Karena dapat menahan pantulan sinar matahari, sehingga suhu di bumi semakin meningkat.</p> <p>5. Untuk menghindari kerusakan lapisan ozon pada lapisan atmosfer bumi. Maka kita harus mengurangi berbagai alat atau bahan yang dapat menghasilkan karbondioksida (<math>\text{CO}_2</math>). Dan juga berbagai hal yang dapat mengakibatkan kerusakan lapisan ozon lainnya.</p>
<p>Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu</p>	<p>Upaya yang bisa dilakukan secara kolektif</p> <p>1. Melestarikan hutan</p> <p>Hutan merupakan rumah bagi banyak sekali jenis pohon dan juga binatang. Adanya pepohonan dalam jumlah besar akan sangat membantu mengurangi polusi udara yang ada di Bumi yang menyebabkan terjadinya pemanasan global.</p> <p>2. Menggunakan energi alternatif</p> <p>Penggunaan energi alternatif yang aman perlu dilakukan oleh suatu negara. Energi alternatif secara kolektif akan sangat membantu mengurangi produksi gas-gas rumah kaca. Penggunaan energi alternatif ini bisa dilakukan dalam produksi listrik.</p> <p>3. Mengurangi penggunaan CFC</p> <p>CFC merupakan jenis gas yang sangat membantu terjadinya pemanasan global. Maka dari itulah CFC perlu diminimalisir penggunaannya agar terjadinya pemanasan global menjadi berkurang.</p>
<p>Pengetahuan tentang Kriteria untuk</p>	<p>Mengidentifikasi kenaikan suhu permukaan bumi dengan percobaan</p>

menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	
--	--

### XII.3.1 Rangkaian Arus Searah

#### A. Arus Listrik dan Pengukurannya

Arus listrik dapat didefinisikan sebagai aliran muatan positif dari potensial tinggi ke potensial rendah. Dengan demikian, yang dimaksud dengan kuat arus listrik adalah jumlah muatan listrik yang melalui penampang suatu penghantar setiap satuan waktu. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$I = \frac{q}{t} \text{ atau } q = It$$

##### 1. Mengukur Kuat Arus Listrik

Pada pengukuran kuat arus listrik, amperemeter disusun seri pada rangkaian listrik sehingga kuat arus yang mengalir melalui amperemeter sama dengan kuat arus yang mengalir pada penghantar.

Cara memasang amperemeter pada rangkaian listrik adalah sebagai berikut.

- a. Terminal positif amperemeter dihubungkan dengan kutub positif sumber tegangan (baterai).
- b. Terminal negatif amperemeter dihubungkan dengan kutub negatif sumber tegangan (baterai).

##### 2. Sakelar dan Sekering

Sakelar adalah alat yang berfungsi menghubungkan dan memutuskan arus listrik dalam waktu sementara. Dalam rangkaian listrik,

sakelar dipasang secara seri. Sekering mempunyai fungsi sebagai pemutus arus listrik secara otomatis. Sekering tidak hanya dipasang pada instalasi listrik rumah tangga saja, tetapi juga dipasang pada alat-alat listrik yang lain, seperti televisi, komputer, dan radio.

## B. Hukum Ohm

Orang pertama yang menyelidiki adalah Georg Simon Ohm, ahli fisika dari Jerman. Ohm berhasil menemukan hubungan secara matematis antara kuat arus listrik dan beda potensial, yang kemudian dikenal sebagai Hukum Ohm. Hubungan tersebut dituliskan menjadi persamaan sebagai berikut.

$$R = \frac{V}{I} \text{ atau } V = IR$$

Persamaan di atas dikenal sebagai Hukum Ohm, yang berbunyi “*Kuat arus yang mengalir pada suatu penghantar sebanding dengan beda potensial antara ujung-ujung penghantar itu dengan syarat suhunya konstan/tetap.*”

## C. Hambatan Listrik

Hambatan listrik adalah sesuatu yang menahan aliran listrik. Pada dasarnya setiap material memiliki hambatan listrik. Suatu penghantar dikatakan mempunyai hambatan satu ohm apabila dalam penghantar tersebut mengalir arus listrik sebesar satu ampere yang disebabkan adanya beda potensial di antara ujung-ujung penghantar sebesar satu volt.

### 1. Jenis-Jenis Hambatan

#### a. Resistor Tetap

Pada resistor tetap yang biasanya dibuat dari karbon atau kawat nikrom tipis, nilai hambatannya disimbolkan dengan warna-warna yang melingkar pada kulit luarnya. Simbol warna-warna tersebut mempunyai arti sesuai dengan letaknya.

#### b. Resistor Variabel

Di pasaran, resistor variabel yang kita kenal ada dua, yaitu resistor variabel tipe berputar (potensiometer), tripot dan bergeser (*rheostat*).

### 2. Mengukur Hambatan

#### a. Mengukur Hambatan Secara Langsung

Untuk mengukur hambatan dengan menggunakan multimeter, terlebih dahulu kita putar sakelar pilih pada multimeter ke arah yang bertanda R.

#### b. Mengukur Hambatan Secara Tidak Langsung

Selain menggunakan multimeter, Anda juga dapat menggabungkan voltmeter dan amperemeter secara bersama-sama pada rangkaian listrik yang diukur hambatannya. Voltmeter dipasang secara paralel, sedangkan amperemeter dipasang seri dengan benda yang akan diukur hambatannya.

### 3. Hambatan pada Kawat Penghantar

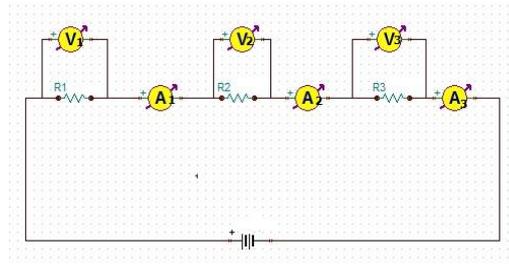
Kawat penghantar yang dipakai pada kawat listrik pasti mempunyai hambatan, meskipun nilainya kecil. Untuk menyelidiki faktor-faktor yang memengaruhi besarnya hambatan suatu penghantar, dapat diperoleh kesimpulan bahwa hambatan listrik suatu kawat penghantar dipengaruhi oleh panjang kawat ( $l$ ), hambatan jenis kawat ( $\rho$ ), dan luas penampang

kawat ( $A$ ). Secara matematis, hubungan ketiga faktor tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

#### 4. Rangkaian Hambatan Listrik

##### a. Rangkaian Seri



Gambar 39. Rangkaian Seri  
Sumber: fisikazone.com

Pada hubungan seri, komponen-komponen listrik dialiri oleh arus listrik yang sama besar. Hambatan gabungan ( $R_{gab}$ ) beberapa hambatan yang terhubung secara seri dapat dituliskan sebagai berikut:

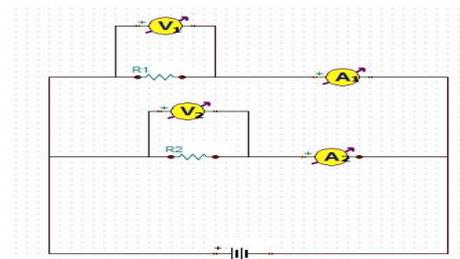
$$R_{gab} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Bila diterapkan hukum Ohm pada rangkaian akan di dapat:

$$V_1 = I R_1 \text{ dan } V = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\text{Sehingga } \frac{V_1}{V} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} \text{ atau } V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} \chi$$

##### b. Rangkaian Paralel

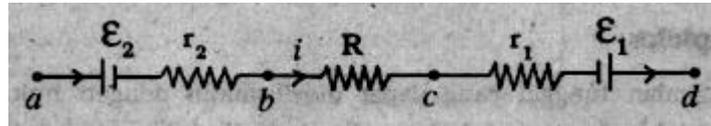


Gambar 40 Rangkaian Paralel  
Sumber: fisikazone.com

Gambar dapat digantikan oleh sebuah hambatan pengganti paralel  $R_p$  bernilai  $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$  atau  $R_p = \frac{\text{perkalian}}{\text{penjumlahan}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$  Pada hubungan paralel, komponen-komponen listrik mendapatkan beda potensial yang sama besar.

## 5. Hukum Kirchoff II

Hukum Kirchoff II didasarkan pada penjabaran daya ( $P$ ) pada sebuah rangkaian yang memiliki beberapa sumber tegangan (beberapa ggl).



Gambar 41. Rangkaian Dengan Beberapa Sumber Tegangan

Sumber: fisikazone.com

$$P = V.I = I^2 R$$

Dari gambar dapat kita jabarkan:

$$I.V_a - I.\mathcal{E}_2 - I^2 r_2 - I^2 R - I^2 r_1 + I.\mathcal{E}_1 = I.V_d$$

$$I.V_{ad} = \Sigma \mathcal{E}.I - \Sigma I^2 R$$

$$V_{ad} = \Sigma \mathcal{E} - \Sigma I.R \quad \text{dimana } V_{ad} = 0 \text{ (loop) maka,}$$

$$0 = \Sigma \mathcal{E} - \Sigma I.R$$

$$\Sigma \mathcal{E} = \Sigma I.R$$

Hukum Kirchoff II menyatakan bahwa “Dalam suatu rangkaian tertutup, jumlah aljabar gaya gerak listrik ( $\Sigma \mathcal{E}$ ) dengan penurunan tegangan ( $IR$ ) sama dengan nol”. Secara matematis dinyatakan dengan :

$$\Sigma \mathcal{E} + \Sigma I.R = 0$$

#### D. Energi dan Daya Listrik

Energi listrik adalah energi yang disebabkan oleh mengalirnya muatan listrik dalam suatu rangkaian listrik tertutup. Energi listrik yang diberikan oleh suatu sumber dc bertegangan  $V$  (Volt) yang mencatu arus  $I$  (ampere) selama selang waktu  $t$  (sekon) dinyatakan oleh,

$$W = V I t$$

Karena  $V = I R$  atau  $I = V/R$

maka energi listrik  $W$  dapat juga dinyatakan oleh :

$$W = I^2 R t \text{ Atau } W = \frac{V^2}{R} t$$

Daya listrik baterai  $V$  yang mencatu arus  $I$  melalui resistor (hambatan)  $R$  dinyatakan oleh  $P = W/t$  Atau  $P = V I$  Arus listrik  $I$  yang mengalir melalui resistor  $R$  akan menyebabkan daya yang dikirim baterai hilang dalam bentuk panas ini disebut *daya disipasi*, dan dirumuskan oleh  $P = I^2 R$  atau  $P = V^2/R$ .

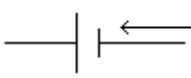
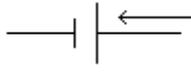
Berdasarkan uraian diatas, maka materi Arus Listrik Searah dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual pengetahuan knseptual dan pengetahuan prosedural seperti yang terdapat dalam tabel 25

**Tabel 25. Uraian Materi Arus Listrik Dan Pengukurannya**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	I adalah lambang untuk arus listrik
	V adalah lambang untuk tegangan
	R adalah lambang untuk hambatan
	W adalah lambang untuk energi listrik
	P adalah lambang untuk daya listrik
	DC adalah kependekan dari Direct Circuit

	GGL adalah kependekan dari Gaya Gerak Listrik
Pengetahuan	Arus listrik mengalir pada rangkaian tertutup
Tentang Elemen- elemen Spesifik	Baterai merupakan salah satu sumber tegangan
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Rangkaian listrik terdiri atas rangkaian terbuka dan rangkaian tertutup
	Jenis hambatan , yaitu resistor tetap dan resistor variabel
	Rangkaian pada hambatan listrik tersusun secara seri dan parallel.
	Hukum Kirchoff terdiri atas hukum kirchoff I dan hukum kirchoff II.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Kuat arus $I$ secara matematis dapat ditulis sebagai berikut. $I = \frac{q}{t} \text{ atau } q = It$
	Secara matematis beda potensial dapat dituliskan sebagai berikut. $V = \frac{W}{q}$
	Persamaan hukum ohm dapat dituliskan sebagai berikut. $R = \frac{V}{I} \text{ atau } V = IR$
	Secara matematis besarnya hambatan dapat ditulis : $R = \rho \frac{l}{A}$
	Hambatan gabungan pada rangkaian seri : $R_{gab} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$
	Hambatan gabungan pada rangkaian seri : $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

	<p>Persamaan matematis untuk energi listrik :</p> $W = I^2 R t \text{ Atau } W = \frac{V^2}{R} t$
	<p>Persamaan matematis untuk daya listrik adalah : oleh <math>P = I^2 R</math> atau <math>P = V^2/R</math> .</p>
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	<p>Arus listrik dapat didefinisikan sebagai aliran muatan positif dari potensial tinggi ke potensial rendah</p> <p>Sakelar adalah alat yang berfungsi menghubungkan dan memutuskan arus listrik dalam waktu sementara.</p> <p>Potensial listrik adalah banyaknya muatan yang terdapat dalam suatu benda.</p> <p>Persamaan yang dikenal sebagai Hukum Ohm, berbunyi “<i>Kuat arus yang mengalir pada suatu penghantar sebanding dengan beda potensial antara ujung-ujung penghantar itu dengan syarat suhunya konstan/tetap.</i>”</p> <p>Hambatan listrik adalah sesuatu yang menahan aliran listrik. Hambatan listrik sering disebut juga dengan resistansi</p> <p>Fungsi hambatan listrik adalah sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Menahan sebagian arus listrik agar sesuai dengan kebutuhan rangkaian elektronika.</li> <li>b. Menurunkan tegangan agar sesuai dengan kebutuhan rangkaian elektronika.</li> <li>c. Membagi tegangan.</li> <li>d. Membangkitkan frekuensi tinggi dan frekuensi rendah dengan bantuan transistor dan kapasitor.</li> </ol> <p>Energi listrik adalah energi yang disebabkan oleh mengalirnya muatan listrik dalam suatu rangkaian listrik tertutup</p>
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang	<p>Langkah mengukur hambatan menggunakan multimeter :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. putar sakelar pilih pada multimeter ke arah yang</li> </ol>

<p>Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma</p>	<p>bertanda R. Dengan demikian, multimeter telah berfungsi sebagai ohmmeter (pengukur hambatan).</p> <p>2. Hubungkan ujung-ujung terminal multimeter dengan ujung-ujung benda yang akan diukur hambatannya, kemudian perhatikan skala yang ditunjukkan pada multimeter.</p>
<p>Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu</p>	<p>Cara memasang amperemeter pada rangkaian listrik adalah sebagai berikut.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Terminal positif amperemeter dihubungkan dengan kutub positif sumber tegangan (baterai).</li> <li>b. Terminal negatif amperemeter dihubungkan dengan kutub negatif sumber tegangan (baterai)</li> </ol> <p>Cara membaca besarnya nilai hambatan pada resistor menggunakan kode warna yang tertera :</p> <p>Warna pada pita ke-1 menunjukkan angka pertama, pita ke-2 menunjukkan angka ke-2, pita ke-3 menunjukkan banyaknya angka nol, dan pita ke-4 menunjukkan tingkat</p>
<p>Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat</p>	<p>Aturan tanda untuk GGL dan kuat arus sebagai berikut.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) GGL bertanda positif jika kutub negatif lebih dulu di jumpai loop dan sebaliknya ggl negatif jika kutub positif lebih dulu dijumpai loop.</li> </ol> <div style="text-align: center;">  <p style="margin-left: 150px;"><math>\varepsilon = \text{positif}</math></p>  <p style="margin-left: 150px;"><math>\varepsilon = \text{negatif}</math></p> </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>b) Kuat arus bertanda positif jika searah dengan loop dan bertanda negatif jika berlawanan dengan arah loop.</li> </ol>

### XII.3.2 Listrik Statis (Elektrosatika)

#### A. Listrik Statis dan Muatan Listrik

Muatan listrik terdapat dalam dua bentuk, yaitu muatan positif dan negative. Besarnya muatan suatu benda ditentukan dengan persamaan

$$q = n e$$

Terjadinya perbedaan jumlah muatan electron dan proton disebabkan karena terjadinya perpindahan electron Hal ini dapat kita amati melalui langkah-langkah berikut:

1. Menggosokkan penggaris plastic pada rambut
2. Mendekatkan penggaris yang telah digosokan pada rambut
3. Mengamati peristiwa yang terjadi

Hukum Kekekalan Muatan menunjukkan bahwa muatan bersifat kekal, sehingga dalam halini berlaku hukum kekekalan muatan, yang berbunyi *“jumlah muatan item tertutup adalah tetap”*.

#### B. Hukum Coulomb

Pada tahun 1785, seorang ahli fisika Prancis bernama Charles Augustin de Coulomb melakukan penelitian mengenai gaya yang ditimbulkan oleh dua benda yang bermuatan listrik.

*Coulomb menyatakan bahwa diantara dua benda bermuatan berbanding lurus dengan hasil kali muatan-muatan tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua benda.*

Teori ini disebut *Hukum Coulomb*. Gaya tarik dan gaya tolak antara dua muatan listrik dinamakan gaya Coulomb, yang besarnya dapat ditentukan dalam persamaan:

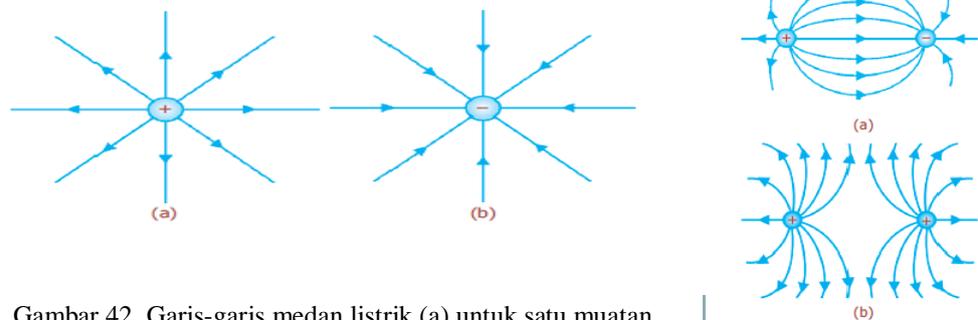
$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Karena  $k$  adalah konstanta pembanding, yaitu:  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

### C. Medan Listrik

Benda yang bermuatan listrik dikelilingi sebuah daerah yang disebut medan listrik. Menurut Faraday (1791-1867), suatu medan listrik didefinisikan sebagai daerah di sekitar benda bermuatan listrik ( $Q$ ) dimana benda bermuatan listrik lainnya ( $q$ ) masih mengalami gaya listrik (gaya Coulomb) jika ditempatkan pada daerah tersebut.

Untuk memvisualisasikan medan listrik, dilakukan dengan menggambarkan serangkaian garis untuk menunjukkan arah medan listrik pada berbagai titik di ruang, yang disebut garis-garis gaya listrik, dan ditunjukkan pada Gambar 32



Gambar 42. Garis-garis medan listrik (a) untuk satu muatan positif, (b) untuk satu muatan negatif

Garis-garis medan listrik yang dihasilkan oleh muatan listrik memenuhi aturan sebagai berikut :

- a. Garis-garis medan listrik tidak pernah berpotongan
- b. Garis-garis medan listrik selalu mengarah radial keluar dari muatan positif dan masuk menuju muatan negatif

c. Semakin rapat garis-garis medan listrik pada suatu tempat, maka medan listrik pada tempat tersebut semakin kuat dan sebaliknya.

Jika gaya listrik  $F$  dan muatan adalah  $q$ , maka secara matematis kuat medan listrik dirumuskan:

$$E = \frac{F}{q}$$

Satuan  $E$  adalah Newton per Coulomb (N/C).

Persamaan untuk mengukur medan listrik di semua titik pada ruang, sedangkan medan listrik pada jarak  $r$  dari satu muatan titik  $Q$  adalah:

$$E = \frac{k \cdot q \cdot Q / r^2}{q}$$

$$E = k \frac{Q}{r^2} \text{ atau } E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa  $E$  hanya bergantung pada muatan  $Q$  yang menghasilkan medan tersebut.

#### D. Potensial Listrik dan Energi Potensial Listrik

Energi Potensial listrik tidak lain adalah usaha yang dilakukan oleh suatu gaya luar untuk memindahkan partikel bermuatan yang berada disekitar medan listrik. Gaya Coulomb termasuk gaya konservatif (usaha yang dilakukan medan gaya tidak bergantung pada lintasan ) sehingga:

$$\Delta E_p = E_{p_2} - E_{p_1} = -W_{12}$$

Jadi:

$$\Delta E_{p_{12}} = k q_0 q \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

Jika titik  $q$  berada di tak terhingga sehingga  $r_2 = \infty$  maka  $\frac{1}{r_2} = 0$  . maka energi potensial dapat dirumuskan :

$$E_p = \frac{k q_0 q}{r}$$

### Beda Potensial Listrik

*Potensial listrik* didefinisikan sebagai perubahan energi potensial per satuan muatan ketika sebuah muatan uji dipindahkan di antara dua titik.

$$\Delta V_{12} = \frac{\Delta E_{p12}}{q_0}$$

$$\Delta V_{12} = \frac{k q_0 q \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)}{q_0}$$

$$\Delta V_{12} = kq \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

### E. Kapasitor

Kapasitor atau kondensator adalah alat (komponen) yang dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik yang besar untuk sementara waktu. Kapasitas kapasitor menyatakan kemampuan kapasitor dalam menyimpan muatan listrik. Secara matematis kapasitas kapasitor dapat dituliskan sebagai berikut:

$$C = \frac{q}{V}$$

#### 1. Rangkaian Kapasitor

##### a. Rangkaian seri kapasitor

Untuk memperoleh nilai kapasitas kapasitor yang lebih kecil daripada kapasitas semula adalah dengan menyusun beberapa kapasitor secara seri.

$$q_1 = q_2 = q_3 = q_{total}$$

Apabila beda potensial kapasitor seri tersebut

$V_{AB} = V_s$ , berlaku persamaan:

$$V_{AB} = V_s = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\text{Karena } V = \frac{q}{C}$$

b. Rangkaian paralel kapasitor

Kapasitor yang dirangkai paralel, apabila diberi tegangan  $V$  setiap kapasitor akan memperoleh tegangan yang sama, yaitu  $V$ , sehingga pada rangkaian kapasitor paralel berlaku:

$$V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = V_3$$

dengan menggunakan persamaan, maka akan diperoleh:

$$q_{\text{total}} = q_1 + q_2 + q_3$$

$$C_{\text{total}} \cdot V_{\text{total}} = C_1 \cdot V_1 + C_2 \cdot V_2 + C_3 \cdot V_3$$

Maka diperoleh:

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3$$

Apabila terdapat  $n$  kapasitor, maka:

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Energi Potensial Kapasitor

Maka beda potensial rata-ratanya adalah:

$$V = \frac{V+0}{2}$$

Berdasarkan persamaan, maka diperoleh:

$$W = \frac{1}{2} \frac{(CV)^2}{C}$$

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

Karena usaha yang dilakukan muatan sama dengan perubahan energi, dan energi yang terdapat pada kapasitor adalah energi potensial, maka energi potensial kapasitor dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_p = \frac{1}{2} CV^2$$

Berdasarkan uraian materi diatas, maka materi Listrik Statis dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, koseptual dan prosedural seperti tabel 26

**Tabel 26. Uraian Materi Listrik Statis**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	q adalah muatan suatu benda
	n adalah jumlah muatan
	e adalah muatan elctron atau proton
	F adalah gaya Coulomb
	E adalah kuat medan listrik
	$\Phi$ adalah fluks listrik (Wb)
	A adalah luas permukaan
	$\epsilon_0$ = permitivitas udara (vakum) ( $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}$ )
	$\sigma$ adalah rapat muatan permukaan
	V adalah potensial listrik
	C adalah kapasitas kapasitor
	d adalah jarak kedua keeping
	W adalah usaha listrik
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Penggaris palstik yang dogosokan pada rambut akan mampu menarik potongan kertas.
	Ketika Anda mendekatkan tangan ke layar TV yang baru saja dimatikan. Perhatikan bulu atau rambut yang ada di tangan Anda akan berdiri.
	Saat Anda menyisir rambut, tanpa disadari terkadang rambut akan terbawa berdiri sendiri beriringan dengan gerakan sisir. Hal tersebut terjadi karena ada interaksi muatan antar sisir dengan rambut.
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi	Muatan listrik terdapat dalam dua bentuk, yaitu muatan positif dan negative.

dan Kategori	<p>Benda-benda dapat bermuatan listrik dalam tiga cara, yaitu karena proses</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemuatan dengan menggosok,</li> <li>2. Pemuatan dengan konduksi, dan</li> <li>3. Pemuatan dengan induksi.</li> </ol>
	<p>Kapasitor berdasarkan bahan dielektriknya</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Kapasitor elektrolit</li> <li>2) Kapasitor tantalum</li> <li>3) Kapasitor poliester</li> <li>4) Kapasitor polypropylene</li> <li>5) Kapasitor kertas</li> <li>6) Kapasitor mica</li> <li>7) Kapasitor keramik</li> <li>8) Kapasitor epoxy</li> <li>9) Kapasitor variable</li> </ol>
	<p>Kapasitor berdasarkan polaritasnya (arah kutub)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Kapasitor non polar, yaitu kapasitor yang tidak memiliki polaritas, sehingga dapat dipasang terbalik pada rangkaian.</li> <li>2) Kapasitor polar, yaitu kapasitor yang memiliki polaritas, sehingga pemasangan pada rangkaian tidak boleh terbalik.</li> <li>3) Kapasitor bipolar, yaitu kapasitor yang memiliki polaritas ganda dan dapat dipasang terbalik dalam rangkaian serta memiliki kapasitas yang lebih besar.</li> </ol>
	<p>Kapasitor berdasarkan penentuan nilainya</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Kapasitor tetap, yaitu kapasitor yang memiliki kapasitas yang tetap. Contohnya kapasitor dielektrik</li> <li>2) Kapasitor variabel, yaitu kapasitor dengan nilai yang dapat diatur/diubah besarnya. Ada dua</li> </ol>

	<p>jenis kapasitor variabel, yaitu variable capacitor (varco) dan trimmer capacitor.</p> <p>3) Varactor, sebenarnya merupakan sejenis dioda (penyearah arus) tetapi ia memiliki nilai kapasitansi tertentu yang berubah seiring dengan tegangan bias yang diberikan padanya.</p>
<p>Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi</p>	<p>Sebuah proton mempunyai muatan +e, sedangkan sebuah electron mempunyai muatan -e, sehingga :</p> $q = n.e$ <p>Teori ini disebut <i>Hukum Coulomb</i>. Gaya tarik dan gaya tolak antara dua muatan listrik dinamakan gaya Coulomb, yang besarnya dapat ditentukan dalam persamaan:</p> $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ <p>Secara matematis kuat medan listrik dirumuskan:</p> $E = \frac{F}{q}$ <p>Rapat muatan permukaan diberi lambang <math>\sigma</math> (sigma), yang diukur dalam <math>C/m^2</math>.</p> $\sigma = \frac{q}{A}$ $\sigma = \frac{N}{A}$ <p>kuat medan listrik antara kedua keping sejajar adalah:</p> $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ <p>Gaya Coulomb termasuk gaya konservatif (usaha yang dilakukan medan gaya tidak bergantung pada lintasan ) sehingga:</p> $\Delta E p = E p_2 - E p_1 = -W_{12}$ <p>Jadi:</p> $\Delta E p_{12} = k q_0 q \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$

	<p>Rumusan matematis potensial mutlak ;</p> $V = \frac{kq}{r}$
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Muatan suatu benda adalah kelipatan ada muatan electron atau muatan proton.</p>
	<p>Muatan bersifat kelal, sehingga dalam halini berlaku hukum kekekalan muatan, yang berbunyi “<i>jumlah muatan item tertutup adalah tetap</i>”.</p>
	<p>Coulomb menyatakan bahwa diantara dua benda bermuatan berbanding lurus dengan hasil kali muatan-muatan tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua benda.</p>
	<p>Benda yang bermuatan listrik dikelilingi sebuah daerah yang disebut medan listrik.</p>
	<p>Ukuran kekuatan dari medan listrik pada suatu titik, didefinisikan sebagai gaya per satuan muatan pada muatan listrik yang ditempatkan pada titik tersebut, yang disebut kuat medan listrik (<math>E</math>)</p>
	<p>Muatan listrik tiap satu satuan luas keping penghantar didefinisikan sebagai rapat muatan permukaan</p>
	<p>Energi Potensial listrik tidak lain adalah usaha yang dilakukan oleh suatu gaya luar untuk memindahkan partikel bermuatan yang berada disekitar medan listrik</p>
	<p>Potensial listrik didefinisikan sebagai perubahan energi potensial per satuan muatan ketika sebuah muatan uji dipindahkan di antara dua titik.</p>
	<p>Potensial mutlak adalah perubahan energi potensial per satuan muatan yang terjadi ketika sebuah muatan uji dipindahkan dari suatu titik yang tak berhingga jauhnya ke titik yang di tanyakan.</p>
<p>Pengetahuan Prosedural</p>	
<p>Pengetahuan</p>	<p>Langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk melihat</p>

Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	gejala kelistrikan: 1. Menggosokan penggaris plastic pada rambut 2. Mendekatkan penggaris yang telah digosokan pada rambut 3. Mengamati peristiwa yang terjadi
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Potensial listrik di sekitar atau di dalam bola konduktor bermuatan dapat ditentukan dengan cara menganggap muatan bola berada di pusat bola.
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Garis-garis medan listrik yang dihasilkan oleh muatan listrik memenuhi aturan sebagai berikut : a. Garis-garis medan listrik tidak pernah berpotongan b. Garis-garis medan listrik elalu mengarah radial keluar dari muatan positif dan masuk menuju muatan negative c. Semakin rapat garis-garis medan listrik pada suatu tempat, maka medan listrik pada tempat tersebut semakin kuat dan sebaliknya.

### XII.3.3 Medan Magnet

#### A. Induksi Magnetik Pada Kawat Lurus

Besaran yang menyatakan medan magnetik di sekitar kawat berarus listrik adalah induksi magnetik (diberi lambang  $B$ ). Yang ditemukan pada tahun 1819 oleh Hans Christian Oersted. Dari hasil percobaanya Oersted mengambil kesimpulan bahwa disekitar arus listrik terdapat medan magnet yang dapat mempengaruhi kedudukan magnet jarum. Arah medan yang terdapat disekitar kawat berarus sesuai dengan kaidah tangan kanan.

Besar induksi magnet berdasarkan geometri yang dikenal sebagai hukum biot-savart adalah sebagai berikut :

1. Sebanding dengan kuat arus listrik  $I$
2. Sebanding dengan panjang elemen penghantar  $dl$
3. Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak  $r$  antara titik  $P$  dengan elemen penghantar  $dl$
4. Sebanding dengan sinus sudut apit  $\theta$  antara arah arus pada  $dl$  dengan garis penghubung titik P dengan  $dl$

Secara matematis, hasil ini dapat dirangkum dalam persamaan Biot-savart, yaitu

$$dB = k \frac{I dl \sin \theta}{r^2}$$

Dengan  $k =$  tetapan (Wb/Am) yang memenuhi hubungan

$$k = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

Besar induksi magnetik ditentukan dengan rumus

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dl \sin \theta}{r^2}$$

Dengan  $\mu_0 =$  permeabilitas vakum  $= 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/Am}$

Persamaan inilah yang digunakan untuk menentukan besar induksi magnetik yang dihasilkan kawat berarus. Untuk besar induksi magnetik untuk kawat lurus berarus dengan panjang tertentu dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)$$

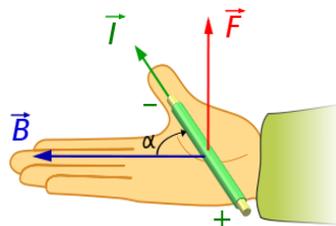
## B. Gaya Magnetik (Gaya Lorentz)

### 1. Gaya Lorentz Pada Berbagai Keadaan

- a. Gaya magnetik (gaya Lorentz) pada penghantar berarus dalam medan magnet

Apabila penghantar sepanjang  $l$  yang di aliri arus listrik  $I$  ditempatkan pada medan magnet  $B$ , maka penghantar tersebut akan mengalami gaya Lorentz yang besarnya dapat ditentukan oleh rumus:

$$F_L = B I l \sin \alpha$$



Gambar 43. Gaya Lorentz dengan kaidah tangan kanan

Sumber: fisikazone.com

Arah gaya Lorentz yang terjadi pada penghantar dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan yang menyatakan:

*Bila tangan kanan dibuka dengan ibu jari menunjukkan arah arus  $I$  dan keempat jari lain yang dirapatkan menunjukkan arah medan magnetik  $B$ , maka arah keluar dari telapak tangan menunjukkan arah gaya Lorentz.*

- b. Gaya magnetik (gaya Lorentz) antara dua penghantar lurus sejajar berarus

Besarnya gaya tarik-menarik atau tolak-menolak di antara dua penghantar sejajar berarus listrik yang terpisah sejauh  $a$  seperti gambar di atas, dapat ditentukan dengan rumus:

$$F_1 = F_2 = F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} l$$

c. Gaya magnetik (gaya Lorentz) pada muatan yang bergerak dalam medan magnetik

Apabila muatan listrik  $q$  bergerak dengan kecepatan  $v$  di dalam medan magnet  $B$ , maka muatan listrik tersebut akan mengalami gaya Lorentz yang besarnya ditentukan dengan rumus:

$$F_L = q v B \sin \alpha$$

## 2. Momen Kopel

Momen kopel ( $\tau$ ) adalah momen gaya yang timbul akibat gaya Lorentz sejajar yang berlawanan arah pada dua simpul kumparan

Momen kopel dapat dihitung:

$$\tau = N B A i \sin \theta$$

## 3. Aplikasi gaya Lorentz

Aplikasi gaya Lorentz antara lain adalah motor listrik, galvanometer, relai, speaker, dan kereta Maglev.

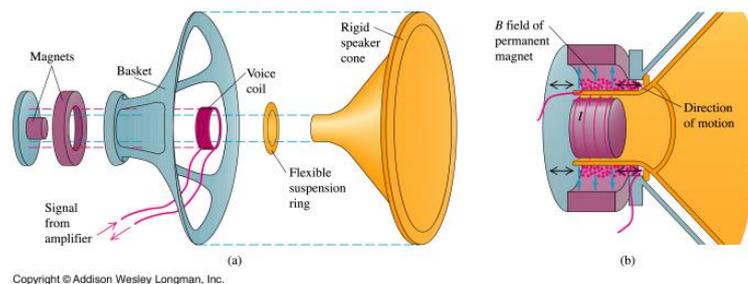
a. Motor listrik adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak.

1) Komponen motor listrik terdiri atas kumparan berarus (rotor/berputar), magnet (stator/diam), dan komutator (cincin belah).

2) Cara kerja motor listrik:

a) Arus listrik yang melewati medan magnet menimbulkan momen kopel.

- b) Momen kopel menyebabkan kumparan berputar dan menggerakkan motor.
  - c) Komutator berfungsi untuk menjaga agar arus listrik tetap DC.
- b. Galvanometer adalah komponen yang dapat mendeteksi arus listrik lemah, yang prinsip kerjanya sama dengan motor listrik.
- c. Spektrometer massa
- 1) Salah satu cara untuk mengukur massa sebuah atom menggunakan spektrometer massa.
  - 2) Spektrometer massa memiliki selektor kecepatan yang berfungsi memilih kecepatan partikel yang akan keluar dari alat ini
- d. Speaker adalah alat yang digunakan sebagai pengeras suara.



Gambar 44. Speaker  
sumber: fisikazone.com

Komponen speaker terdiri atas kerucut, kumparan solenoida dan magnet. Cara kerja speaker:

- 1) Kumparan solenoida dipasang pada salah satu kutub magnet sehingga menghasilkan gaya Lorentz dari arus listrik AC.
- 2) Gaya Lorentz berperan mengubah gelombang arus listrik AC tertentu dari receiver menjadi gelombang bunyi dengan frekuensi tertentu.

3) Kerucut dipasang di depan kumparan untuk menerima dan menyebarkan gelombang bunyi yang dihasilkan.

e. Siklotron

Partikel-partikel yang digunakan untuk menembak inti sasaran agar terjadi reaksi inti harus memiliki energi ini. Partikel ini dapat berupa partikel bermuatan yang dihasilkan oleh sebuah siklotron yang berasal dari reaktor atom.

Berdasarkan uraian diatas, maka materi medan magnetik dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual, dan pengetahuan prosedural seperti Tabel 27

**Tabel 27 Uraian Materi Medan Magnetik**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	B adalah induksi medan magnetic
	$\mu_0$ adalah permeabilitas ruang hampa
	I adalah kuat arus listrik
	a adalah jarak titik x ke penghantar
	$\theta$ = sudut antara kawat dan titik x
	N adalah jumlah lilitan
	l adalah panjang solenoida atau penghantar
	FL adalah gaya Lorentz
	$\alpha$ adalah sudut antara medan listrik dan medan magnet
	v adalah kecepatan gerak benda
	R = jari-jari lintasan partikel
	m = massa partikel (kg)
	Pengetahuan Tentang
Magnet jarum kompas misalnya, dapat menyimpang dari posisi	

Elemen- elemen Spesifik	normalnya jika didekatkan pada kawat berarus
	Gunting, pintu kulkas, kompas dan sebagainya menggunakan magnet.
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Besar induksi magnet berdasarkan geometri yang dikenal sebagai hukum biot-savart adalah sebagai berikut :  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sebanding dengan kuat arus listrik <math>I</math></li> <li>2. Sebanding dengan panjang elemen penghantar <math>dl</math></li> <li>3. Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak <math>r</math> antara titik <math>P</math> dengan elemen penghantar <math>dl</math></li> <li>4. Sebanding dengan sinus sudut apit <math>\theta</math> antara arah arus pada <math>dl</math> dengan garis penghubung titik P dengan <math>dl</math></li> </ol>
	Aplikasi gaya Lorentz antara lain adalah motor listrik, galvanometer, relai, speaker, dan kereta Maglev.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Besar induksi magnetik $B$ yang ditimbulkan oleh penghantar lurus berarus $I$ di suatu tempat yang jaraknya $a$ dari suatu penghantar lurus tak berhingga adalah:  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$
	Untuk penghantar melingkar yang terdiri dari $N$ lilitan, maka induksi magnetik di pusat lingkaran adalah:  $B = \frac{\mu_0 N I}{2a}$
	Besar induksi magnetik pada Toroida dapat dihitung dengan persamaan :  $B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi a}$
	Gaya Lorentz yang besarnya dapat ditentukan oleh rumus:  $F_L = B I l \sin \alpha$
	Besarnya gaya tarik-menarik atau tolak-menolak di antara dua

	<p>penghantar sejajar berarus listrik yang terpisah sejauh <math>a</math> seperti gambar di atas, dapat ditentukan dengan rumus:</p> $F_1 = F_2 = F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$
	<p>Momen kopel dapat dihitung:</p> $\tau = N B A i \sin \theta$
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	<p>Besaran yang menyatakan medan magnetik di sekitar kawat berarus listrik adalah induksi magnetik (diberi lambang <math>B</math>). Induksi magnetik termasuk besaran vektor yaitu memiliki besar dan arah.</p>
	<p>Pada sebuah kawat melingkar yang dialiri arus listrik akan timbul medan magnet, yang disebut dengan induksi magnet. Arah induksi magnet pada kawat melingkar dapat ditinjau dengan menggunakan kaidah tangan kanan</p>
	<p>Solenoida adalah penghantar lingkaran dengan jumlah lilitan yang sangat banyak sehingga menyerupai lilitan pegas.</p>
	<p>Toroida adalah kumparan yang dibentuk melingkar. Jika toroida dialiri arus listrik, akan timbul garis-garis medan magnetik berbentuk lingkaran di dalam toroida.</p>
	<p>Suatu penghantar berarus listrik yang berada dalam medan magnet akan mengalami gaya yang disebut <i>gaya magnetik</i> atau <i>gaya Lorentz</i>.</p>
	<p>Momen kopel (<math>\tau</math>) adalah momen gaya yang timbul akibat gaya Lorentz sejajar yang berlawanan arah pada dua simpul kumparan</p>
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	<p>Langkah – langkah dalam menentukan arah medan yang terdapat disekitar kawat berarus dengan kaidah tangan kanan :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Genggam kawat lurus dengan tangan kanan sedemikian hingga ibu jari menunjukkan arah kuat arus,</li> <li>2. arah putaran ke empat jari yang dirapatkan akan menyatakan arah lingkaran garis-garis medan magnetik.</li> </ol>

<p>Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu</p>	<p>Cara kerja speaker:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Kumbaran solenoida dipasang pada salah satu kutub magnet sehingga menghasilkan gaya Lorentz dari arus listrik AC.</li> <li>2) Gaya Lorentz berperan mengubah gelombang arus listrik AC tertentu dari receiver menjadi gelombang bunyi dengan frekuensi tertentu.</li> <li>3) Kerucut dipasang di depan kumbaran untuk menerima dan menyebarkan gelombang bunyi yang dihasilkan.</li> </ol> <p>Cara kerja motor listrik:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Arus listrik yang melewati medan magnet menimbulkan momen kopel.</li> <li>2) Momen kopel menyebabkan kumbaran berputar dan menggerakkan motor.</li> </ol>
<p>Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat</p>	<p>Catatan atau aturan pada gaya Lorentz :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bila muatan <math>q</math> positif, maka arah <math>v</math> searah dengan <math>I</math></li> <li>➤ Bila muatan <math>q</math> negatif, maka arah <math>v</math> berlawanan dengan <math>I</math></li> </ul>

### XII.3.4 Induksi Elektromagnetik

#### A. Potensial Induksi

*Induksi elektromagnetik, yaitu timbulnya ggl pada ujung-ujung kumbaran dimana Besarnya ggl induksi yang timbul antara ujung-ujung kumbaran berbanding lurus dengan kecepatan perubahan fluks magnetik yang dilingkupi oleh kumbaran tersebut.*

Secara matematik ditulis dalam persamaan :

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} \text{ Atau } \varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Jika pada kumparan hanya terdiri atas satu lilitan maka ggl induksi dapat dinyatakan :

$$\mathcal{E} = -Blv$$

berlaku untuk arah  $v$  tegak lurus  $B$ , jika arah  $v$  membentuk sudut terhadap  $B$ , maka menjadi :

$$\mathcal{E} = -Blv \sin \theta$$

## B. Hukum Lenz

Arah arus induksi yang terjadi baru dapat dijelaskan oleh Friederich Lenz pada tahun 1834 yang lebih dikenal dengan *hukum Lenz*.

Hukum Lenz berbunyi:

*Jika ggl induksi timbul pada suatu rangkaian, maka arah arus induksi yang dihasilkan sedemikian rupa sehingga menimbulkan medan magnetik induksi yang menentang perubahan medan magnetik (arus induksi berusaha mempertahankan fluks magnetik totalnya konstan).*

## C. Induktansi Diri

### 1. Induktansi Diri (Ggl Induksi pada Kumparan)

Perubahan arus pada sebuah kumparan dapat menimbulkan ggl induksi yang besarnya berbanding lurus dengan cepatnya perubahan kuat arusnya. Secara matematis, pernyataan yang dikemukakan pertama kali oleh Joseph Henry ini dituliskan sebagai berikut.

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

## 2. Induktansi Diri pada Toroida dan Solenoida

Solenoida merupakan kumparan kawat yang terlilit pada suatu pembentuk silinder. Sementara itu, toroida adalah solenoida yang dilengkungkan sehingga sumbunya menjadi berbentuk lingkaran. Medan magnet di dalam solenoida adalah:

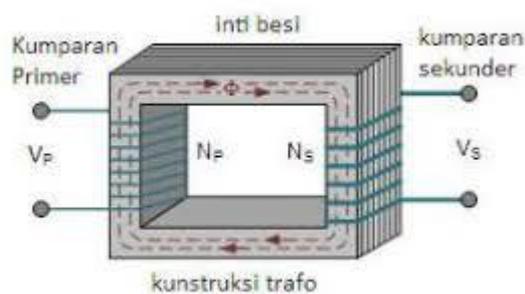
$$B = \mu_0 \cdot n \cdot I$$

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$

## D. Terapan Induksi Elektromagnetik pada Produk Teknologi

### 1. Transformator

Trasnformator adalah alat yang digunakan untuk memperbesar dan memperkecil tegangan arus yang masuk.



Gambar 45. Transformator  
Sumber: fisikazone.com

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s} = \frac{V_s}{V_p}$$

#### a. Step Up

Transformator step-up digunakan untuk memperbesar tegangan arus bolak-balik. Pada transformator ini jumlah lilitan sekunder lebih banyak daripada jumlah lilitan primer ( $N_s > N_p$ ), sehingga arus induksi

yang dihasilkan pada kumparan sekunder akan lebih besar daripada arus pada kumparan primer

b. Step Down

Transformator step-down digunakan untuk menurunkan tegangan listrik arus bolak-balik, dengan jumlah lilitan primer lebih banyak daripada jumlah lilitan sekunder ( $N_p > N_s$ )

2. Generator

a. Generator DC

Generator DC menggunakan cincin belah (Komutator) yang hanya mempunyai satu terminal keluaran, sehingga arus listrik yang dihasilkan berupa arus searah (Arus DC) walaupun sisi kumparan dalam magnet-magnetnya berputar.

b. Generator AC

Besarnya ggl yang ditimbulkan adalah:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= B.l.v \\ \varepsilon &= 2N.B.l.v \sin \theta \\ v &= \omega.r \text{ atau } v = \omega \left(\frac{h}{2}\right) \\ \varepsilon &= 2N.B.l.\omega \left(\frac{h}{2}\right) \sin \omega t\end{aligned}$$

atau

$$\begin{aligned}\varepsilon &= N.B.A.\omega \sin \omega t \\ \varepsilon_{maks} &= N.B.A.\omega \\ \varepsilon &= \varepsilon_{maks} \sin \omega t\end{aligned}$$

Berdasarkan uraian diatas, materi Induksi Elektromagnetik dapat dikelompokkan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti pada tabel 28

**Tabel 28 . Uraian Materi Induksi Elektromagnetik**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Ggl yang terjadi disimbolkan $\mathcal{E}$
	Permeabilitas udara disimbolkan $\mu_0$
	Induktansi diri solenoida atau toroida disimbolkan $L$
	Fluks magnetic disimbolkan $\Phi$
	Kuat arus primer disimbolkan $I_p$
	Kuat arus sekunder disimbolkan $I_s$
	Tegangan kumparan primer disimbolkan $V_p$
	Tegangan kumparan sekunder disimbolkan $V_s$
	Jumlah lilitan kumparan primer disimbolkan $N_1$
	Jumlah lilitan kumparan sekunder disimbolkan $N_2$
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Pada Induksi elektromagnetik energi mekanik berubah jadi energi listrik
	Radio dan televisi menangkap sinyal dari pemancar
	Generator listrik (AC dan DC) menggunakan prinsip induksi elektromagnetik
	Terjadi tolak menolak saat dua kutub magnet yang sejenis didekatkan
	Terjadi tarik menarik saat dua magnet yang berlawanan kutub didekatkan
	Tahun 1822 Michael Faradai melakukan percobaan untuk membuktikan medan magnet dapat menimbulkan arus listrik
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan	Generator berdasarkan sumber tegangannya dibagi menjadi dua yaitu generator AC dan generator DC
	Transformator berdasarkan fungsinya terbagi dua, yaitu

Kategori	transformator step up dan transformator step down.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Persamaan fluks magnet: $\Phi = BA \cos \theta$
	Perumusan besar GGL induksi: $\varepsilon = lBv \sin \theta$
	Persamaan umum hukum Faraday: $\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$
	GGL induksi oleh perubahan luas bidang kumparan $\varepsilon = -NB \cos \theta \frac{\Delta A}{\Delta t} = -NB \cos \theta \left( \frac{A_2 - A_1}{t_2 - t_1} \right)$
	GGL induksi oleh perubahan besar induksi magnetik $\varepsilon = -NB \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t} = -NA \cos \theta \left( \frac{B_2 - B_1}{t_2 - t_1} \right)$
	GGL induksi akibat perubahan sudut bidang kumparan
Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	Fluks magnet didefinisikan sebagai hasil kali antara komponen induksi magnetik tegak lurus bidang dengan luas bidang.
	Satu henry adalah satu kumparan memiliki induktansi diri 1 henry apabila perubahan kuat arus listrik sebesar 1 ampere dalam 1 sekon pada kumparan tersebut menimbulkan GGL induksi diri sebesar 1 volt.
	GGL induksi yang dihasilkan dalam kumparan sendiri, selalu menentang fluks utama penyebabnya disebut GGL induksi diri.
	Hukum lenz: “Polaritas GGL induksi selalu sedemikian rupa sehingga arus induksi yang ditimbulkannya selalu menghasilkan fluks induksi yang menentang perubahan fluks utama melalui loop, Ini berarti arus induksi cenderung mempertahankan fluks utama awal yang melalui rangkaian”.

	<p>Beda potensial antara ujung-ujung kumparan disebut garis-garis listrik induksi yang disebabkan oleh adanya perubahan fluks magnetik, yang memotong kumparan dapat bertambah atau berkurang.</p> <p>Bunyi hukum Faraday:          besarnya GGL Induksi yang timbul pada suatu kumparan/ penghantar sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik yang dilingkupinya dan sebanding dengan jumlah lilitan kumparan”</p>
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	Membuktikan bahwa medan magnetik dapat menimbulkan arus listrik.
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Menyelidiki timbulnya GGL induksi.
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Menghitung GGL induksi oleh perubahan besar induksi magnetik. Menghitung GGL induksi oleh perubahan luas bidang kumparan.

### XII.3.5 Rangkaian Arus Bolak Balik

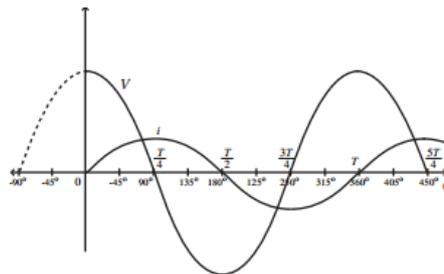
## A. Arus dan Tegangan Listrik Bolak Balik

Dewasa ini telah banyak dibangun proyek-proyek untuk Pembangkit Tenaga Listrik Negara dengan berbagai sumber tenaga yang digunakan untuk menjalankannya, misalnya PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel), PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas/Panas Bumi), PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), dan sebagainya.

### 1. Fase, Sudut Fase, dan Beda Fase

Pada arus dan tegangan bolak balik, konsep fase, sudut fase, dan beda fase ini juga digunakan. Untuk persamaan  $V = V_m \sin \frac{2\pi}{T} t$ , dan  $I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$ , nilai sudut  $\frac{2\pi}{T} t$ , sedangkan fase dapat dinyatakan dalam periode ( $T$ ).

Perhatikan gambar



Gambar 46. Grafik Arus Dan Tegangan Sinusoidal

Sumber: fisikazone.com

Maka persamaan arus bolak balik itu dapat dinyatakan menjadi:

$$I = I_m \sin (\omega t + \phi)$$

#### a. Nilai Efektif Arus dan Tegangan Bolak-Balik

Hubungan antara nilai efektif dan nilai maksimum dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$V_{ef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0,707 V_m \quad \text{dan} \quad I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$$

### 1) Rangkaian Resistif

Besarnya tegangan untuk rangkaian resistif dapat ditulis:

$$V_R = v = Ri = R(I_m \sin \omega t)$$

Jika kita ambil  $R I_m = V_m$ , maka persamaan diatas menjadi

$$v = R I_m \sin \omega t$$

$$I_R = \frac{V_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t$$

### 2) Rangkaian Induktif

Rangkaian AC yang hanya mengandung induktor murni disebut juga rangkaian induktif murni. Jika kita tetapkan sudut fase  $\omega t$  sebagai acuan sumbu X, maka diagram fasor untuk arus I dan tegangan v dari rangkaian induktif murni

### 3) Rangkaian Kapasitif

Dari diagram fasor tersebut tampak bahwa pada rangkaian kapasitif murni terdapat beda fase antara arus I dan tegangan v, yaitu  $90^\circ$ . Di sini fase tegangan v terlambat terhadap fase arus I sebesar  $\varphi = 90^\circ$ .

### b. Sifat Rangkaian

Sifat rangkaian dapat digolongkan berdasarkan perbedaan reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif menjadi 3 jenis, yaitu induktif, kapasitif, dan resistif atau resonansi.

1) Rangkaian bersifat induktif jika  $X_L > X_C$  atau  $\theta > 0$  di mana arus

tertinggal dari tegangan sebesar  $\theta \left( 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \right)$

- 2) Rangkaian bersifat kapasitif jika  $X_L < X_C$  atau  $\theta < 0$  di mana arus mendahului tegangan sebesar  $|\theta|$  ( $0 \leq |\theta| \leq \frac{\pi}{2}$ )
- 3) Rangkaian bersifat resistif jika  $X_L = X_C$  atau  $\theta = 0$  di mana arus sefase dengan tegangan

#### B. Daya dan Faktor Daya

Besarnya energi per satuan waktu disebut daya. Daya pada rangkaian arus bolak balik adalah daya rata-rata yang dipasok ke dalam resistor yang besarnya dinyatakan sebagai berikut:

$$P = V.I \cos \phi$$

$$\cos \theta = \frac{V_r}{V} = \frac{R}{Z}$$

Dengan nilai  $V$  dan  $I$  merupakan nilai efektifnya, sedangkan besaran  $\cos \phi$  disebut faktor daya rangkaian. Dalam ini, jika pada rangkaian tidak terdapat induktansi dan kapasitas, maka faktor daya rangkaian sama dengan satu, artinya  $\phi = 0$

Berdasarkan uraian diatas, maka materi Rangkaian Arus Bolak Balik dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti tabel 29

**Tabel 29. Uraian Materi Rangkaian AC**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	PLTU adalah singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap
	PLTD adalah singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

	PLTG adalah singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas/Panas Bumi
	PLTA adalah singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Air
	V adalah lambang untuk tegangan bolak balik
	T adalah lambang untuk perioda
	f adalah lambang untuk frekuensi
	t adalah lambang untuk waktu
	I adalah lambang untuk kuat arus
	$\Phi$ adalah lambang untuk beda fase
	R adalah lambang untuk hambatan
	$\varepsilon$ adalah lambang untuk ggl induksi
	C adalah lambang untuk kapasitas kapasitor
	q adalah lambang untuk muatan
	Z adalah lambang untuk impedansi
	$\omega$ adalah lambang untuk frekuensi sudut
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Tv, lampu, pompa air, dan peralatan listrik lainnya menggunakan sumber tegangan bolak-balik dari PLN Air, angin, dan panas bumi dijadikan sebagai sumber energi listrik
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Sifat rangkaian dapat digolongkan berdasarkan perbedaan reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif menjadi 3 jenis, yaitu induktif, kapasitif, dan resistif atau resonansi. a) Rangkaian bersifat induktif jika $X_L > X_C$ atau $\theta > 0$ di mana arus tertinggal dari tegangan sebesar $\theta$ b) Rangkaian bersifat kapasitif jika $X_L < X_C$ atau $\theta < 0$ di mana arus mendahului tegangan sebesar $ \theta $ c) Rangkaian bersifat resistif jika $X_L = X_C$ atau $\theta = 0$ di mana arus sefase dengan tegangan
Pengetahuan tentang	Tegangan yang dihasilkan berupa tegangan sinusoidal

Prinsip dan Generalisasi	dengan persamaan sebagai berikut: $\varepsilon = \varepsilon_{maks} \sin \omega t$
	Tegangan dan arus bolak-balik yang dihasilkan dapat dituliskan sebagai berikut. $V = V_m \sin \omega t$
	Besaran frekuensi dan periode tegangan bolak balik ini dapat ditentukan dengan persamaan berikut. $f = \frac{\omega}{2\pi}$ dan $T = \frac{2\pi}{\omega}$
	Arus bolak balik yang dihasilkan dapat dituliskan sebagai berikut: $I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$
	Hubungan antara nilai efektif dan nilai maksimum dapat dinyatakan dalam persamaan : $V_{ef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0,707 V_m \text{ dan } I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$
	Tegangan pada resistor $V_R$ sama dengan tegangan generator sehingga untuk rangkaian resistif dapat ditulis: $I_m = \frac{V_m}{R}$ $I_{ef} = \frac{V_{ef}}{R}$
	Besar tegangan total : $V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$
	Daya pada rangkaian arus bolak balik adalah daya rata-rata yang dipasok ke dalam resistor yang besarnya dinyatakan sebagai berikut: $P = V \cdot I \cos \phi$ $\cos \theta = \frac{V_r}{V} = \frac{R}{Z}$
Pengetahuan tentang teori,	<i>Arus dan tegangan bolak-balik</i> yaitu arus dan tegangan listrik yang arahnya selalu berubah-ubah secara

model dan struktur	kontinu/periodic
	Sumber arus bolak-balik adalah generator arus bolak-balik. Generator arus bolak-balik terdiri dari sebuah kumparan persegi panjang yang diputar dalam medan magnetik homogen.
	Besaran sinusoidal seperti arus dan tegangan bolak balik dapat dinyatakan dengan suatu diagram yang disebut diagram fasor.
	Untuk mengukur besarnya tegangan dan kuat arus listrik bolak balik (AC = Alternating Current) digunakan nilai efektif. Yang dimaksud dengan nilai efektif arus dan tegangan bolak balik yaitu nilai arus dan tegangan bolak-balik yang setara dengan arus searah yang dalam waktu yang sama jika mengalir dalam hambatan yang sama akan menghasilkan kalor yang sama
	Rangkaian resistif merupakan rangkaian yang hanya terdiri dari sumber tegangan (V) dengan resistor yang mempunyai hambatan (R) dan nilai kapasitas (C) maupun induktansi (L) rangkaian tersebut diabaikan.
	Rangkaian AC yang hanya mengandung induktor murni disebut juga rangkaian induktif murni
	Rangkaian RL adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari resistor atau hambatan dan inductor, yang terhubung secara langsung terhadap sumber arus atau sumber tegangan.
	Rangkaian RC adalah suatu rangkaian seri yang tersusun oleh resistor atau penghambat / hambatan dan kapasitor yang terhubung oleh suatu sumber arus atau sumber tegangan.
	Resonansi merupakan suatu kondisi rangkaian arus bolak-

	<p>balik yang dapat diterangkan dalam merancang rangkaian yang dapat digunakan untuk mendapatkan sinyal pada frekuensi tertentu.</p>
<p>Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma</p>	<p>Pengukuran tegangan AC :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hubungkan rangkaian ke sumber AC 220V pada kumparan primer trafo.</li> <li>2. Aturlah posisi saklar multimeter pada pengukuran tegangan AC dengan batas ukur 10 volt. Ukur tegangan pada kumparan sekunder trafo dengan menggunakan multimeter. Catat hasil penunjukan.</li> <li>3. Ganti pengukuran dengan menggunakan batas ukur 50 volt.</li> <li>4. Ukur tegangan yang sesuai dengan table pengukuran.</li> <li>5. Setelah selesai lepaskan rangkaian dengan sumber</li> </ol>
<p>Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu</p>	<p>Cara membaca tegangan pada alat osiloskop:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Misalkan tombol Volt/Dive menunjuk pada angka 1 Volt yang artinya tinggi 1 kotak dalam layar CRO tersebut menyatakan besarnya tegangan 1 Volt sedangkan jika tombol sweeptime menunjuk pada angka 20 ms yang berarti untuk menempuh satu kotak horizontal pada layar osiloskop membutuhkan waktu 20 milisekon.</li> <li>2. Misalkan sebuah tegangan sinusoidal arus bolak-balik pada layar osiloskop terlihat bahwa 1 gelombang menempati 4 kotak ke arah horizontal dan 6 kotak ke arah vertical.</li> </ol> <p>Apabila tombol pengatur vertikal menunjuk pada angka 2 Volt dan pengatur horizontal menunjuk angka 5 ms.</p> <p>Dapat diperoleh hasil pembacaan sebagai berikut:</p> $V_m = 3 \times 2 \text{ volt} = 60 \text{ volt}$ $V_{p-p} = 6 \times 2 \text{ volt} = 12 \text{ volt}$

	$\text{Periode} = T = 4 \times 5 \text{ ms} = 20 \text{ ms} = 0,02\text{s}$ $\text{Frekuensi} = f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,02 \text{ s}} = 50 \text{ Hz}$
	<p>Sedangkan cara hasil pembacaan pada alat ukur arus atau tegangan bolak-balik dapat dinyatakan :</p> $HP = \frac{\text{skala yang ditunjuk}}{\text{skala maksimum}} \times BU$ $HP = \frac{5}{5} \times 10 \text{ volt} = 10 \text{ volt}$
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	Syarat terjadinya resonansi adalah reaktansi sama dengan '0' (Nol), ( $X = X_L - X_C = 0$ ) dan $Z = R$ saja.

### XII.3.6 Radiasi Elektromagnetik

#### A. Spektrum Elektromagnetik

Spektrum elektromagnetik adalah rentang semua radiasi elektromagnetik yang mungkin. Urutan spektrum gelombang elektromagnetik mulai dari frekuensi terkecil hingga frekuensi terbesar sebagai berikut.

1. Gelombang radio/televisi ( $10^4 \text{ Hz} - 10^8 \text{ Hz}$ )
2. Gelombang mikro (radar) ( $10^9 \text{ Hz} - 10^{11} \text{ Hz}$ )
3. Sinar inframerah ( $10^{11} \text{ Hz} - 10^{14} \text{ Hz}$ )
4. Sinar tampak ( $10^{15} \text{ Hz} - 10^{16} \text{ Hz}$ )
5. Sinar ultraviolet ( $10^{16} \text{ Hz} - 10^{20} \text{ Hz}$ )
6. Sinar-X ( $10^{15} \text{ Hz} - 10^{21} \text{ Hz}$ )
7. Sinar gamma ( $>10^{21} \text{ Hz}$ )

#### B. Manfaat Radiasi Elektromagnetik

Rentang frekuensi tertinggi (sinar gamma) hingga frekuensi rendah (radio) serta aplikasi setiap spektrum gelombang elektronik adalah sebagai berikut.

### 1. Gelombang Radio dan Televisi

Gelombang radio mempunyai frekuensi antara  $10^4$  Hz sampai  $10^9$  Hz. Gelombang televisi frekuensinya sedikit lebih tinggi dari gelombang radio. Sifat gelombang radio mudah dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Pemanfaatan gelombang radio terdapat pada Ponsel, Gelombang Radio AM, Gelombang Radio FM, Gelombang Televisi

### 2. Gelombang Mikro

Gelombang mikro merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi sekitar  $10^{10}$  Hz. Panjang gelombangnya kira-kira 3 mm. Gelombang mikro ini dimanfaatkan pada pesawat radar (radio detection and ranging). Jarak sasaran dari pemancar radar dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$S = \frac{c \times \Delta t}{2}$$

### 3. Inframerah

Frekuensi gelombang ini dihasilkan oleh getaran-getaran electron pada suatu atom atau bahan yang dapat memancarkan gelombang elektromagnetik pada frekuensi khas. Di bidang kedokteran, radiasi inframerah diaplikasikan sebagai terapi medis seperti penyembuhan penyakit encok dan terapi saraf. permukaan bumi meskipun terhalang oleh kabut atau awan. Selain itu, infrared juga untuk pemotretan jarak jauh.

#### 4. Cahaya tampak

Cahaya atau sinar tampak mempunyai frekuensi sekitar  $10^{15}$  Hz.

Cahaya tampak untuk membantu manusia dan hewan untuk melihat benda di sekelilingnya, membantu tumbuhan dalam proses fotosintesis

#### 5. Ultraviolet

Sinar ultraviolet mempunyai frekuensi antara  $10^{15}$  Hz sampai dengan  $10^{16}$  Hz. Panjang gelombangnya antara 10 nm sampai 100 nm. Sinar ultraviolet dari matahari dalam kadar tertentu dapat merangsang badan menghasilkan vitamin D. Secara khusus, sinar ultraviolet juga dapat diaplikasikan untuk membunuh kuman.

#### 6. Sinar X

Sinar-X mempunyai frekuensi antara  $10^{16}$  Hz sampai  $10^{20}$  Hz. Panjang gelombangnya  $10^{-11}$  sampai  $10^{-8}$  m. Sinar -X ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895.

#### 7. Sinar Gamma

Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai frekuensi tertinggi dalam spektrum gelombang elektromagnetik, yaitu antara  $10^{20}$  Hz sampai  $10^{25}$  Hz. Panjang gelombangnya berkisar antara 10–5nm sampai 0,1 nm. Sinar gamma memiliki daya tembus yang sangat kuat, sehingga mampu menembus logam yang memiliki ketebalan beberapa sentimeter.

### C. Bahaya Radiasi Elektromagnetik

Radiasi elektromagnetik selain mempunyai manfaat juga mempunyai bahaya. Bahaya radiasi elektromagnetik diantaranya:

1. Sinar UV memiliki sifat dapat mengionisasi atom sehingga berbahaya untuk sel-sel hidup karena dapat menyebabkan kanker kulit.
2. Radiasi elektromagnetik dari telepon genggam dapat menyebabkan penyakit Alzheimer (menurunnya daya berfikir atau pikun) dan merusak DNA serta mengakibatkan tumor otak. Bagi laki-laki, telepon genggam tidak boleh diletakkan di dalam saku celana, karena akan menyebabkan kemandulan pada laki-laki.
3. SUTET (saluran udara tegangan ekstra tinggi) dapat mengganggu keseimbangan alam termasuk di dalamnya kekhawatiran timbulnya penyakit akibat pancaran radiasi medan listrik dan medan magnet yang ditimbulkan seperti pusing-pusing, kelumpuhan, dan memicu aktifnya sel-sel kanker dalam tubuh.
4. Radiasi elektromagnetik wifi dapat memengaruhi keseimbangan tubuh seperti kerusakan kromosom, menurunnya konsentrasi dan daya ingat, serta menjadi pemicu aktifnya pergerakan sel-sel kanker.
5. Jika radiasi pengion menembus jaringan, maka dapat mengakibatkan terjadinya ionisasi dan menghasilkan radikal bebas, misalnya radikal bebas hidroksil (OH), yang terdiri dari atom oksigen dan atom hidrogen.
6. Radiasi komputer tidak mengandung radiasi yang bersifat radioaktif. Radiasi komputer berasal dari cahaya yang dipancarkan oleh layar/ monitor computer.

7. Beberapa efek merugikan yang muncul pada tubuh manusia karena terpapar sinar-X dan gamma dengan dosis berlebihan. Marie Curie meninggal pada tahun 1934 akibat terserang oleh leukemia.

Berdasarkan uraian diatas, maka materi radiasi elektromagnetik dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti tabel 30

**Tabel 30. Uraian Materi Radiasi Elektromagnetik**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	E adalah simbol untuk kuat medan listrik
	B adalah simbol untuk medan magnet
	c adalah simbol untuk kecepatan cahaya
	$\lambda$ adalah symbol untuk panjang gelombang
	f adalah symbol untuk frekuensi
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Warna pada pelangi merupakan cahaya tampak
	Dengan adanya cahaya tampak, manusia dapat melihat hewan dan benda- benda di sekitarnya
	Cahaya berkontribusi penting dalam proses fotosintesis
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Urutan spektrum gelombang elektromagnetik mulai dari frekuensi terkecil hingga frekuensi terbesar sebagai berikut.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Gelombang radio/televisi (<math>10^4</math> Hz – <math>10^8</math> Hz)</li> <li>b. Gelombang mikro (radar) (<math>10^9</math> Hz – <math>10^{11}</math> Hz)</li> <li>c. Sinar inframerah (<math>10^{11}</math> Hz – <math>10^{14}</math> Hz)</li> <li>d. Sinar tampak (<math>10^{15}</math> Hz – <math>10^{16}</math> Hz)</li> <li>e. Sinar ultraviolet (<math>10^{16}</math> Hz – <math>10^{20}</math> Hz)</li> <li>f. Sinar-X (<math>10^{15}</math> Hz – <math>10^{21}</math> Hz)</li> <li>g. Sinar gamma (<math>&gt;10^{21}</math> Hz)</li> </ul>
	Gelombang elektromagnetik memiliki sifat-sifat yang

	<p>dimiliki cahaya, yaitu mengalami pemantulan, pembiasan, polarisasi, difraksi, serta dapat merambat dalam ruang hampa</p>
	<p>Nama-nama band frekuensi beserta kegunaannya adalah sebagai berikut.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Extremely Low Frequency (ELF) Memiliki frekuensi 3 Hz s/d 30 Hz dan panjang gelombang adalah <math>(10^5 - 10^4)</math> km.</li> <li>2) Super Low Frequency (SLF) Memiliki frekuensi 30 Hz s/d 300 Hz dan panjang gelombang adalah <math>(10^4 - 10^3)</math> km.</li> <li>3) Ultra Low Frequency (ULF) Memiliki frekuensi 300 Hz s/d 3000 Hz dan panjang gelombang adalah <math>(10^3 - 10^2)</math> km.</li> <li>4) Very Low Frequency (VLF) Memiliki frekuensi 3 KHz s/d 30 KHz dan panjang gelombang adalah <math>(10^2 - 10)</math> km.</li> <li>5) Frekuensi Rendah/Low Frequency (LF) Memiliki frekuensi 30 KHz s/d 300 KHz dan panjang gelombang adalah <math>(10 - 1)</math> km. Biasa digunakan untuk navigasi.</li> <li>6) Frekuensi Sedang/Medium Frequency (MF) Memiliki frekuensi 300 KHz s/d 3 MHz. Gelombang Radio berfrekuensi sedang biasa digunakan untuk sistem komunikasi.</li> <li>7) Frekuensi Tinggi/High Frequency (HF) Memiliki frekuensi 3 MHz s/d 30 MHz dan panjang dari gelombang ini adalah <math>(10^{-1} - 10^{-2})</math> km.</li> <li>8) Frekuensi Sangat Tinggi/Very High Frequency (VHF)</li> </ol>

	<p>Memiliki frekuensi 30 MHz s/d 300 MHz dan panjang gelombang adalah <math>(10^{-2} - 10^{-3})</math> km..</p> <p>9) Frekuensi Ultra Tinggi/Ultra High Frequency (UHF) Memiliki frekuensi 300 MHz s/d 3 GHz dan panjang gelombang adalah <math>(10^{-3} - 10^{-4})</math> km.</p> <p>10) Frekuensi Super Tinggi/Super High Frequency (SHF) Memiliki frekuensi diatas 3 GHz s/d 30 GHz dan panjang gelombang adalah <math>(10^{-4} - 10^{-5})</math> km.</p> <p>11) Extremely High Frequency (EHF) Memiliki frekuensi diatas 30 GHz s/d 300 GHz dan panjang gelombang adalah <math>(10^{-5} - 10^{-6})</math> km.</p> <p>Radiasi Ultraviolet terbagi atas tiga yaitu UV-A dengan panjang gelombang (400 – 320) nm, UV-B dengan panjang gelombang (320 – 290) nm, dan UV-C dengan panjang gelombang (290 - 100) nm. Dari ketiga jenis radiasi ultraviolet tersebut, UV-A dan UV-B yang sampai ke permukaan bumi.</p> <p>Sinar-X mempunyai frekuensi antara <math>10^{16}</math>Hz sampai <math>10^{20}</math> Hz. Panjang gelombangnya <math>10^{-11}</math> sampai <math>10^{-8}</math>m.</p> <p>Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai frekuensi tertinggi dalam spektrum gelombang elektromagnetik, yaitu antara <math>10^{20}</math>Hz sampai <math>10^{25}</math>Hz.</p>
<p>Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi</p>	<p>Adapun hubungan antara cepat rambat (<math>c</math>), frekuensi (<math>f</math>), dan panjang gelombang (<math>\lambda</math>) adalah :</p> $c = \lambda f$ <p>Jarak sasaran dari pemancar radar dapat ditentukan dengan persamaan berikut.</p>

	$s = \frac{c \times \nabla t}{2}$ <p>Kecepatan perambatan gelombang elektromagnetik bergantung pada permitivitas listrik dan permeabilitas magnetik medium.</p> $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang terjadi karena adanya perubahan medan magnet dan medan listrik yang saling tegak lurus serta keduanya tegak lurus pula dengan arah perambatannya.</p>
	<p>Radiasi elektromagnetik adalah kombinasi medan listrik dan medan magnet yang beresilasi saling tegak lurus dan merambat lewat ruang dan membawa energi dari suatu tempat ke tempat lain.</p>
	<p>Beberapa sifat gelombang elektromagnetik adalah sebagai berikut.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Dapat merambat dalam ruang hampa.</li> <li>Merupakan gelombang transversal (arah getar tegak lurus arah rambat), jadi dapat mengalami polarisasi.</li> <li>Dapat mengalami refleksi, refraksi, interferensi dan difraksi.</li> <li>Tidak dibelokkan dalam medan listrik maupun medan magnet</li> </ol>
	<p>Gelombang radio mempunyai frekuensi antara <math>10^4</math> Hz sampai <math>10^9</math> Hz. Gelombang televisi frekuensinya sedikit lebih tinggi dari gelombang radio. Sifat gelombang radio mudah dipantulkan oleh lapisan ionosfer Bumi sehingga gelombang radio dapat mencapai tempat-tempat di Bumi yang jaraknya sangat jauh dari pemancar radio.</p>

	<p>Ponsel salah satu alat komunikasi nirkabel, yang memanfaatkan gelombang radio sebagai medianya.</p>
	<p>Gelombang AM mempunyai frekuensi antara <math>10^4</math> Hz sampai <math>10^7</math> Hz. Gelombang tersebut memiliki sifat mudah dipantulkan oleh lapisan ionosfer bumi, sehingga mampu mencapai jangkauan yang sangat jauh dari stasiun pemancar radio. Kelemahan gelombang radio AM adalah sering terganggu oleh gejala kelistrikan di udara, sehingga gelombang yang ditangkap pesawat radio kadang terdengar berisik.</p>
	<p>Radio FM menggunakan gelombang ini sebagai pembawa berita/informasi. Informasi dibawa dengan cara frekuensi modulasi (FM). Pemancar FM lebih jernih jika dibandingkan dengan pemancar AM. Hal ini dikarenakan gelombang radio FM tidak terpengaruh oleh gejala kelistrikan di udara.</p>
	<p>Gelombang mikro merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi sekitar <math>10^{10}</math> Hz. Panjang gelombangnya kira-kira 3 mm. Gelombang mikro ini dimanfaatkan pada pesawat radar (radio detection and ranging).</p>
	<p>Gelombang mikro juga dimanfaatkan untuk memasak (mikrowave oven). Alat ini pertama kali diperkenalkan oleh Spencer tahun 1947. Microwave oven menggunakan gelombang mikro dalam band frekuensi ISM sekitar 2.45 GHz</p>
	<p>Sinar infra merah mempunyai frekuensi antara <math>10^{11}</math> Hz sampai <math>10^{14}</math> Hz. Panjang gelombangnya lebih panjang/besar dari pada sinar tampak. Frekuensi gelombang ini dihasilkan oleh getaran-getaran electron</p>

	<p>pada suatu atom atau bahan yang dapat memancarkan gelombang elektromagnetik pada frekuensi khas.</p>
	<p>Cahaya atau sinar tampak mempunyai frekuensi sekitar <math>10^{15}</math> Hz. Panjang gelombangnya antara 400 nm sampai 800 nm.</p>
	<p>Sinar ultraviolet mempunyai frekuensi antara <math>10^{15}</math> Hz sampai dengan <math>10^{16}</math> Hz. Panjang gelombangnya antara 10 nm sampai 100 nm.</p>
	<p>Sinar-X mempunyai frekuensi antara <math>10^{16}</math>Hz sampai <math>10^{20}</math> Hz. Panjang gelombangnya <math>10^{-11}</math> sampai <math>10^{-8}</math>m. Sinar -X ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895. Untuk menghormatinya sinar-X juga disebut sinar rontgen.</p>
	<p>Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai frekuensi tertinggi dalam spektrum gelombang elektromagnetik, yaitu antara <math>10^{20}</math>Hz sampai <math>10^{25}</math>Hz.</p>
	<p>Panjang gelombangnya berkisar antara 10–5nm sampai 0,1 nm. Sinar gamma memiliki daya tembus yang sangat kuat, sehingga mampu menembus logam yang memiliki ketebalan beberapa sentimet</p>
<p>Pengetahuan Prosedural</p>	
<p>Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma</p>	<p>Ada beberapa langkah untuk melindungi kita dari radiasi computer/laptop/TV</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Turunkan kecerahan layar</li> <li>2) Menggunakan kacamata anti radiasi</li> <li>3) Berkedip sebanyak mungkin</li> <li>4) Menjaga jarak ke layar computer/ TV</li> <li>5) Meningkatkan ukuran font pada computer</li> <li>6) Gunakan optical screen guard yaitu berupa pelindung</li> </ol>

	<p>layar mata yang digunakan pada layar computer</p> <p>Gunakan monitor yang berbentuk LCD/Plasma</p>
<p>Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu</p>	<p>Cara melindungi diri dari bahaya sinar ultraviolet adalah:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carilah tempat yang teduh</li> <li>2. Kenakan kemeja lengan panjang, celana panjang, sarung tangan, topi bertepi lebar atau payung.</li> <li>3. Gunakan pelembab (lotion) tabir surya dan ulangi penerapannya beberapa kali, sesuai petunjuk pada label.</li> <li>4. Pakailah kacamata hitam</li> <li>5. Berikan perlindungan ekstra pada bayi dan anak-anak.</li> </ol>
	<p>Tindakan perlindungan terhadap radiasi ponsel</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Gunakan speakerphone</li> <li>2) Lebih baik SMS dari pada menelpon</li> <li>3) Gunakan headset hands-free dengan ferrite bead</li> <li>4) Jangan gunakan telepon di daerah terpencil</li> <li>5) Jangan gunakan telepon dalam kendaraan bergerak atau lift</li> <li>6) Jauhkan telepon dari tubuh</li> <li>7) Gunakan telepon kabel</li> <li>8) Aktifkan Airplane mode atau matikan ponsel</li> <li>9) Tunggu sampai benar-benar terhubung</li> <li>10) Gonta gati letak HP</li> </ol>
<p>Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat</p>	<p>Antara medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus. Dimana berlaku hubungan <math>E_0 = c B_0</math>, dengan <math>c</math> adalah kecepatan jalar gelombang elektromagnetik</p>

### XII.3.7 Teori Relativitas Khusus

### A. Relativitas Newton

Galileo dan Newton mengemukakan tentang apa yang sekarang kita sebagai prinsip relativitas Newton, yaitu hukum – hukum mekanika berlaku sama pada semua kerangka acuan inersial.

### B. Percobaan Michelson-Morley

Pada abad XIX, digunakan suatu hipotesa tentang eter sebagai medium perambatan gelombang elektromagnetik, disebut teori Huygens. Hipotesanya sebagai berikut : Alam semesta di jagad raya ini banyak dipenuhi eter yang tidak mempunyai wujud tetapi dapat menghantarkan perambatan gelombang.

Eksperimen paling terkenal yang dirancang untuk menunjukkan keberadaan eter dilakukan pada tahun 1887 oleh A. A. Michelson (1852–1931) dan E. W. Morley (1838–1923). Tujuannya adalah untuk menentukan kecepatan Bumi melalui ruang angkasa sehubungan dengan eter. Alat eksperimen yang digunakan disebut dengan interferometer,

Hasil percobaan menunjukkan bahwa *tak seorang pun dapat mendeteksi kecepatan gerak Bumi dengan mengacu pada eter.*

### C. Postulat Teori Relativitas Khusus

Pada tahun 1905 Einstein mengemukakan Teori Relativitas Khusus dengan dua postulat yang menjadi dasar pengembangan Teori Relativitas Umum

#### **Postulat I**

Hukum-hukum fisik dapat dinyatakan dengan persamaan yang berbentuk sama, dalam semua kerangka acuan yang bergerak dengan kecepatan tetap satu

terhadap yang lain, artinya bentuk persamaan dalam fisika selalu tetap meskipun diamati dari keadaan yang bergerak.

### **Postulat II**

Kelajuan cahaya dalam ruang hampa sama besar untuk semua pengamat, tidak tergantung dari gerak pengamat. Artinya laju cahaya tetap  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s walaupun diamati oleh pengamat yang diam maupun oleh pengamat yang sedang bergerak, dan tidak ada benda yang kelajuannya = laju cahaya.

#### 1. Massa Relativistik

Einstein mengusulkan bahwa sebenarnya massa benda tidak tetap, melainkan bergantung pada kecepatan. Makin besar kecepatan, maka makin besar pula massa benda. Hubungan antara massa dan kecepatan benda yang memenuhi syarat diatas adalah

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

#### 2. Momentum Relativistik

Kecepatan cahaya  $c$  dalam teori relativitas menyatakan kecepatan cahaya dalam ruang hampa, yaitu  $3 \times 10^8$  m/s . Dalam semua media, seperti udara, air, atau kaca, cahaya bergerak dengan kecepatan lebih rendah daripada  $c$  Jika kecepatan benda  $v$  suatu saat mendekati kecepatan cahaya maka massa benda berubah dan saat itu momentum benda disebut *momentum relativistik*. Dirumuskan :

$$p = mv$$

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Maka :

$$p = \frac{m_o v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

### 3. Energi Relativistik

Hubungan yang terkenal dari teori relativitas Einstein adalah hubungan antara massa dan energi. Jadi,  $W$  dalam hal ini sama dengan energi kinetik.

$$E_k = F \Delta s$$

$$E_k = F ds.$$

Untuk massa diam benda adalah  $m_o$  persamaan energi kinetik adalah

$$E_k = v \frac{m_o v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \int_0^v \frac{m_o v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} dv$$

$$E_k = \gamma m_o c^2 - m_o c^2$$

$$E_k = mc^2 - m_o c^2$$

$$\text{karena } m = \gamma m_o$$

$$E = mc^2$$

Kesetaraan massa dan energi ini dikemukakan pertama kali oleh Einstein , sehingga persamaan dikenal sebagai hukum *kesetaraan massa-energi Einstein*.

$$\text{Energi diam : } E_0 = m_o c^2$$

$$\text{Energi total : } E = mc^2$$

$$E_k = E - E_0$$

Jika benda yang bergerak dihentikan, maka benda tersebut akan melepaskan energi ( yang berasal dari energi kinetiknya) sebesar

$$\Delta E = mc^2 - m_0c^2 = (m - m_0)c^2 = \Delta mc^2$$

Bentuk persamaan energi total dapat juga dinyatakan sebagai berikut.

$$E^2 = (pc)^2 + (m_0c^2)^2$$

Berdasarkan uraian diatas, maka materi teori relativistik dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti tabel 31

**Tabel 31 Uraian Materi Teori Relativistik**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan	c adalah symbol untuk kecepatan cahaya
Tentang Terminologi	t adalah simbol untuk waktu
	L adalah symbol untuk panjang benda
	$m_0$ adalah symbol untuk massa benda dalam keadaan diam
	m adalah symbol untuk massa benda
	v adalah symbol untuk kecepatan gerak benda
	p adalah symbol untuk momentum benda
	E adalah symbol untuk energy
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Kecepatan orang yang berjalan di kereta api akan terlihat sama dengan kecepatan kereta api menurut orang yang berdiri di samping rel kereta api
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Postulat Einstein , yaitu postulat I dan postulat II
Pengetahuan tentang	Kita dapat mengetahui laju objek I terhadap objek II

Prinsip dan Generalisasi	<p>jika kita mengetahui laju objek lain (objek III) terhadap objek II dan laju objek I terhadap objek III yang dinyatakan dengan rumus:</p> $v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$
	<p>Karena ruang dan waktu tidaklah konstan, maka selang waktu yang diamati oleh pengamat yang diam dengan selang waktu yang diamati oleh pengamat yang bergerak dengan kecepatan <math>v</math> tidaklah sama.</p> $\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
	<p>Karena ruang dan waktu tidaklah konstan, maka benda yang panjangnya <math>L_0</math> akan teramati sebesar <math>L</math> oleh pengamat yang bergerak sejajar dengan benda tersebut dengan kecepatan <math>v</math>; semakin besar kecepatan pengamat, maka benda akan terlihat semakin pendek dari panjang aslinya.</p> $L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$
	<p>Massa benda yang diamati pengamat yang diam akan berbeda dengan massa benda yang diamati oleh pengamat yang bergerak dengan kecepatan <math>v</math>.</p> $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ <p>Dari interpretasi diatas, benda yang bermassa <math>m</math> memiliki energi sebesar:</p> $E = mc^2$

	<p>Energi total benda yang bermassa didapat dengan:</p> $E = E_0 + E_k$ <p>dimana <math>E_0</math> adalah energi diam (<math>E = m_0c^2</math>).</p> <p>Selain itu, dalam mekanika relativistik, energi benda bermassa <math>m_0</math> (keadaan diam) dengan kecepatan <math>v</math> dirumuskan dengan:</p> $E_k = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2$
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Teori relativitas berhubungan dengan kejadian-kejadian yang diamati dari kerangka acuan inersial, yaitu kerangka acuan di mana hukum I Newton (hukum inersia) berlaku.</p> <p>Cahaya atau gelombang elektromagnetik lainnya dapat merambat melalui ruang hampa. Pada abad XIX, digunakan suatu hipotesa tentang eter sebagai medium perambatan gelombang elektromagnetik, disebut teori Huygens.</p> <p>Hipotesanya sebagai berikut : Alam semesta di jagad raya ini banyak dipenuhi eter yang tidak mempunyai wujud tetapi dapat menghantarkan perambatan gelombang.</p> <p>Teori gelombang Huygens telah membuat masalah yang harus memperoleh penyelesaian, yakni tentang medium yang merambatkan cahaya yang disebut eter.</p> <p>Relativitas berhubungan dengan dua kerangka acuan yang saling bergerak dengan kecepatan konstan</p> <p>Dilatasi waktu adalah konsekuensi dari teori relativitas khusus di mana dua pengamat yang</p>

	<p>bergerak relatif terhadap satu sama lain akan mengamati bahwa jam pengamat lain berdetak lebih lambat dari jamnya.</p>
	<p>Benda yang bergerak dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya akan tampak lebih pendek (berkontraksi) bila diukur dari kerangkadiam.</p>
	<p>Hubungan yang terkenal dari teori relativitas Einstein adalah hubungan antara massa dan energi. Hubungan itu dapat diturunkan dari rumus energi kinetik benda yang bergerak, sebagai usaha yang diperlukan untuk membawa benda itu dari keadaan diam sampai keadaan bergerak.</p>
	<p>Kesetaraan massa dan energi ini dikemukakan pertama kali oleh Einstein , sehingga persamaan dikenal sebagai hukum <i>kesetaraan massa-energi Einstein</i>.</p>
<p>Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma</p>	<p>Langkah percobaan :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pertama cahaya akan ditembakkan melalui laser, kemudian oleh permukaan beam splitter (pembagi berkas) cahaya laser.</li> <li>2. Sebagian dipantulkan ke kanan dan sisanya di transmisikan ke atas. Bagian yang ke kanan di pantulkan oleh cermin datar, cahaya akan di pantulkan oleh cermin datar 2 juga akan dipantulkan kembali ke <i>beam splitter</i>,</li> <li>3. Kemudian kedua sinar bersatu dengan cahaya dari cermin 1 menuju layar, sehingga kedua sinar akan berinterferensi yang ditunjukkan dengan adanya pola-pola cincin gelap-terang (<i>frinji</i>)</li> </ol>

Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	<p>Cara untuk menentukan pergeseran frinji pada percobaan, yaitu menggunakan persamaan dibawah setelah mendapatkan data.</p> $\text{pergeseran} = \frac{\Delta d}{\lambda}$
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	<p>Hasil percobaan Michelson dan Morley mencakup dua hal yang penting.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hipotesa tentang medium eter tidak dapat diterima sebagai teori yang benar, sebab medium eter tidak lulus dari ujian pengamatan.</li> <li>2. Kecepatan cahaya adalah sama dalam segala arah, tidak bergantung kepada gerak bumi.</li> </ol>

### XII.3.8 Konsep dan Fenomena Kuantum

#### A. Radiasi Termal dan Teori Kuantum Planck

##### 1. Benda Hitam

Benda hitam didefinisikan sebagai sebuah benda yang menyerap semua radiasi yang datang padanya. Jadi, benda hitam mempunyai harga absorptansi dan emisivitas yang besarnya sama dengan satu. Radiasi benda hitam adalah radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh sebuah benda hitam.

##### 2. Hukum Stefan Boltzman

Pada tahun 1879 seorang ahli fisika dari Austria, Josef Stefan melakukan eksperimen untuk mengetahui karakter universal dari radiasi benda hitam. Ia menemukan bahwa daya total per satuan luas yang dipancarkan pada semua frekuensi oleh suatu benda hitam panas (intensitas

total) adalah sebanding dengan pangkat empat dari suhu mutlaknya. Sehingga dapat dirumuskan :

$$I = \sigma T^4$$

Untuk kasus benda panas yang bukan benda hitam, akan memenuhi hukum yang sama, hanya diberi tambahan koefisien emisivitas yang lebih kecil dari pada 1, sehingga :

$$I_{total} = e \cdot \sigma \cdot T^4$$

Intensitas merupakan daya per satuan luas, maka persamaan diatas dapat ditulis sebagai:

$$\frac{P}{A} = e\sigma T^4$$

Hukum Stefan-Boltzmann, yang berbunyi:

*“Jumlah energi yang dipancarkan per satuan permukaan sebuah benda hitam dalam satuan waktu akan berbanding lurus dengan pangkat empat temperatur termodinamikanya”.*

### 3. Hukum Pergeseran Wien

Spektrum radiasi benda hitam di selidiki oleh Wien, menurut Wien, jika dipanaskan terus, benda hitam akan memancarkan radiasi kalor yang puncak spektrumnya memberikan warna-warna tertentu. Warna spektrum bergantung pada panjang gelombangnya, dan panjang gelombang ini akan bergeser sesuai suhu benda.

Wien merumuskan bahwa panjang gelombang pada puncak spektrum ( $\lambda_m$ ) berbanding terbalik dengan suhu mutlak benda, sesuai persamaan :

$$\lambda_{maks}T = C$$

#### 4. Teori Kuantum Plank dan Foton

Max Planck menjelaskan bahwa radiasi elektromagnetik hanya dapat merambat dalam bentuk *paket-paket energi* atau *kuanta* yang dinamakan Foton. Gagasan Planck ini kemudian berkembang menjadi teori baru dalam fisika yang disebut *Teori Kuantum*.

Anggapan baru ini sangat radikal dan bertentangan dengan fisika klasik, yaitu sebagai berikut:

- a) Radiasi yang dipancarkan oleh getaran molekul-molekul tidaklah kontinu tetapi dalam paket-paket energi diskrit, yang disebut kuantum (sekarang disebut foton). Besar energi yang berkaitan dengan tiap foton adalah

$$E = h\nu$$

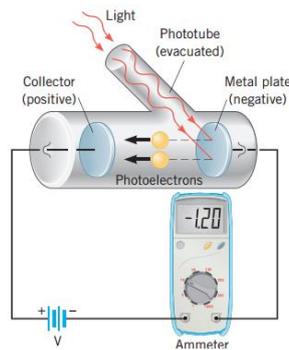
sehingga untuk  $n$  buah foton maka energinya dinyatakan oleh

$$E_n = nh\nu$$

- b) Molekul-molekul memancarkan atau menyerap energi dalam satuan diskrit dari energi cahaya, disebut kuantum (sekarang disebut foton). Molekul-molekul melakukan itu dengan “melompat” dari satu tingkat energi ke tingkat energi lainnya.

#### B. Efek Fotolistrik

Efek fotolistrik adalah gejala terlepasnya elektron dari permukaan logam yang disinari dengan cahaya (gelombang elektromagnetik).



Gambar 47. Skema Perangkat Eksperimen Efek Fotolistrik

Sumber: fisikazone.com

Energi kinetik maksimum, dihitung dengan persamaan

$$E_{\text{kmaks}} = e \cdot V_0$$

Efek fotolistrik akan terjadi jika:

- 1) Frekuensi foton lebih besar dari frekuensi ambang logam ( $f > f_0$ )
- 2) Panjang gelombang foton lebih kecil dari panjang gelombang ambang ( $\lambda < \lambda_0$ )

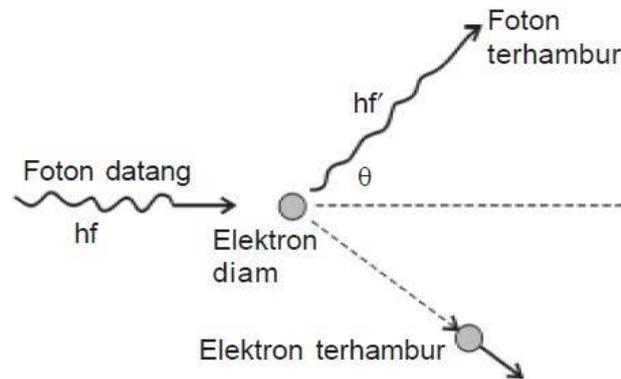
Pada peristiwa efek fotolistrik berlaku persamaan:

$$\left. \begin{aligned} hf &= hf_0 + E_k \\ eV_0 &= hf - hf_0 \\ V_0 &= \frac{hf}{e} - \frac{hf_0}{e} \end{aligned} \right\} \boxed{E = E_k + W}$$

### C. Efek Chompton

#### 1. Efek Compton

*Efek Compton* merupakan peristiwa yang menunjukkan perilaku cahaya atau foton sebagai partikel. Perhatikan gambar 38



Gambar 48 Gejala Compton Oleh Electron

Sumber: fisikazone.com

Gambar 38 memperlihatkan peristiwa tumbukan antara foton, berupa sinar X, dan electron bebas. Pada gambar tersebut dilukiskan bahwa sinar X menumbuk elektron yang diam. Setelah tumbukan, sinar X terhambur dengan sudut  $\theta$  dan mengalami penurunan energy dari  $E$  menjadi  $E'$ . Di sisi lain, electron bergerak dengan arah membentuk sudut  $\phi$  dengan arah gerak foton sebelum tumbukan.

Perubahan panjang gelombang cahaya pada efek Compton memenuhi persamaan berikut:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos \theta)$$

## 2. Sinar X

Sinar X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya sinar ultraviolet, tetapi mempunyai panjang gelombang yang sangat pendek sehingga dapat menembus benda-benda. Sinar-x ditemukan pertamakali oleh Roentgen pada tahun 1895.

Proses Terbentuknya Sinar X

Ada dua tipe kejadian yang terjadi di dalam proses menghasilkan foton sinar X yaitu, sinar X Bremstrahlung dan sinar X karakteristik. Dimana interaksi itu terjadi saat elektron proyektil menumbuk target.

a) Sinar X Bremstrahlung

Sinar-X Bremstrahlung terjadi ketika elektron dengan energi kinetik yang terjadi berinteraksi dengan medan energi pada inti atom. Karena inti atom ini mempunyai energi positif dan elektron mempunyai energi negatif, maka terjadi hubungan tarik-menarik antara inti atom dengan elektron. Energi yang hilang dari elektron proyektil ini dikenal dengan photon sinar X Bremstrahlung.

Aplikasi Sinar X

1) Mesin Fotocopy

Mesin fotocopy adalah mesin yang digunakan untuk membuat Salinan dokumen asli kedalam bentuk dokumen lainnya seperti kertas.

Cara kerja mesin fotokopy

- a) *Pre-exposure* adalah penyinaran pertama dari mesin
- b) *Primary charging* adalah mengalirkan aliran listrik pada drum sehingga membuatnya bermuatan negative untuk menarik toner
- c) *Laser exposure* adalah penyinaran laser, untuk mendapatkan kualitas bayangan yang lebih jelas, pada tahap ini bayangan dokumen asli ditangkap dan dipantulkan oleh lensa.
- d) *Development* adalah tahapan dimana serbuk toner mulai diisi dan ditempelkan ke drum mengikuti pantulan

- e) *Transfer* adalah tahapan dimana kertas disiapkan
- f) *Separation* adalah saat serbuk toner yang menempel di drum memisahkan diri dan menempel pada kertas karena tarikan magnet yang kuat dari alas kertas
- g) *Fixing* adalah tahap memansakan dan mempress toner pada kertas agar menempel dengan kuat
- h) *Cleaning* adalah membersihkan drum dari sisa sisa toner.

## 2) Sinar Rontgen

Sinar X yang digunakan untuk foto rontgen merupakan sinar yang dapat menyebarkan radiasi. Meski demikian, manfaat yang didapat dari teknologi ini lebih banyak ketimbang risikonya jika dilakukan dengan benar.

Saat tubuh seseorang disinari dengan sinar x, sinar x akan menemukan jaringan yang lebih padat dari jaringan lunak tubuh seperti tulang, tumor, dan bahan padat lainnya. Semakin besar kepadatan materi maka akan semakin banyak sinar x yang akan diserap. Kemudian plat fotografi diproses, bahan padat akan berwarna putih dan jaringan lembut akan berwarna abu – abu.

Berdasarkan uraian diatas, maka materi gejala kuantum dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual, pengetahuan prosedural seperti tabel 32

**Tabel 32 Uraian Materi Gejala Kuantum**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan	$\Delta\lambda$ adalah symbol untuk perubahan panjang
Tentang	$m_0$ adalah symbol untuk massa diam electron
Terminologi	$c$ adalah symbol untuk kecepatan cahaya
	$\theta$ adalah symbol untuk sudut hamburan
	$h$ adalah symbol untuk konstanta plank
	$f$ adalah frekuensi foto
	$f_0$ adalah frekuensi ambang
	$w$ adalah fungsi kerja logam
	$E_k$ adalah energi kinetic electron
	$V_0$ adalah symbol untuk potensial penghenti
Pengetahuan	Ketika kita mengenakan pakaian berwarna hitam di bawah sinar matahari, maka kita akan merasa kepanasan
Tentang	
Elemen-	Baju berwarna hitam akan lebih cepat kering dari pada baju barwarna lainnya ketika di jemur di bawah sinar matahari
elemen	
Spesifik	
Pengetahuan	Ada dua tipe kejadian yang terjadi di dalam proses menghasilkan foton sinar X yaitu, sinar X Bremstrahlung dan sinar X karakteristik
tentang	
Klasifikasi	
dan Kategori	
Pengetahuan	Intensitas radiasi dihitung dengan persamaan $I = \sigma T^4$
tentang	Intensitas merupakan daya per satuan luas, maka persamaan diatas dapat ditulis sebagai:
Prinsip dan	$\frac{P}{A} = e\sigma T^4$
	Wien merumuskan bahwa panjang gelombang pada puncak spektrum ( $\lambda_m$ ) berbanding terbalik dengan suhu mutlak benda, sesuai persamaan :
Generalisasi	$\lambda_{maks} T = C$

	<p>Besar energi yang berkaitan dengan tiap foton adalah</p> $E = hv$ <p>sehingga untuk <math>n</math> buah foton maka energinya dinyatakan oleh</p> $E_n = nhv$ <hr/> <p><math>E_{\text{kmaks}} = e \cdot V_0</math></p> <p>Pada peristiwa efek fotolistrik berlaku persamaan:</p> $\left. \begin{aligned} hf &= hf_0 + E_k \\ eV_0 &= hf - hf_0 \\ V_0 &= \frac{hf}{e} - \frac{hf_0}{e} \end{aligned} \right\} E = E_k + W$ <hr/> <p>Perubahan panjang gelombang cahaya pada efek Compton memenuhi persamaan berikut:</p> $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos \theta)$
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Benda hitam didefinisikan sebagai sebuah benda yang menyerap semua radiasi yang datang padanya. Dengan kata lain, tidak ada radiasi yang dipantulkan keluar dari benda hitam.</p> <p>Hukum Stefan-Boltzmann, yang berbunyi:</p> <p><i>“Jumlah energi yang dipancarkan per satuan permukaan sebuah benda hitam dalam satuan waktu akan berbanding lurus dengan pangkat empat temperatur termodinamikanya”.</i></p> <p>Spektrum radiasi benda hitam di selidiki oleh Wien, menurut Wien, jika dipanaskan terus, benda hitam akan memancarkan radiasi kalor yang puncak spektrumnya memberikan warna-warna tertentu.</p> <p><b>Max Planck</b> menjelaskan bahwa radiasi elektromagnetik hanya dapat merambat dalam bentuk <i>paket-paket energi</i> atau <i>kuanta</i> yang dinamakan <b>foton</b>. Gagasan Planck ini kemudian berkembang menjadi teori baru dalam fisika yang disebut <i>Teori Kuantum</i>.</p>

	<p>Efek fotolistrik adalah gejala terlepasnya elektron dari permukaan logam yang disinari dengan cahaya (gelombang elektromagnetik).</p>
	<p><i>Efek Compton</i> merupakan peristiwa yang menunjukkan perilaku cahaya atau foton sebagai partikel. Peristiwa efek Compton menunjukkan adanya tumbukan antara foton dengan elektron-elektron bahan.</p>
	<p>Sinar X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya sinar ultraviolet, tetapi mempunyai panjang gelombang yang sangat pendek sehingga dapat menembus benda-benda.</p>
<p><i>Pengetahuan Prosedural</i></p>	
<p>Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma</p>	<p>Peristiwa efek Compton :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. adanya tumbukan antara foton dengan elektron-elektron bahan.</li> <li>2. Dalam hal ini cahaya atau foton yang jatuh pada bahan akan dihamburkan oleh elektron-elektron sehingga panjang gelombang hamburannya lebih besar dari panjang gelombang cahaya yang datang.</li> <li>3. Saat foton menumbuk elektron, sebagian energi foton akan diberikan kepada elektron sehingga elektron akan memiliki energi kinetik. Sedangkan, energi foton setelah tumbukan akan berkurang.</li> </ol>
<p>Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu</p>	<p><u>Cara kerja mesin fotokopy</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) <i>Pre-exposure</i> adalah penyinaran pertama dari mesin</li> <li>b) <i>Primary charging</i> adalah mengalirkan aliran listrik pada drum sehingga membuatnya bermuatan negative untuk menarik toner</li> <li>c) <i>Laser exposure</i> adalah penyinaran laser, untuk mendapatkan kualitas bayangan yang lebih jelas, pada</li> </ol>

	<p>tahap ini bayangan dokumen asli ditangkap dan dipantulkan oleh lensa.</p> <p>d) <i>Development</i> adalah tahapan dimana serbuk toner mulai diisi dan ditempelkan ke drum mengikuti pantulan</p> <p>e) <i>Transfer</i> adalah tahapan dimana kertas disiapkan</p> <p>f) <i>Separation</i> adalah saat serbuk toner yang menempel di drum memisahkan diri dan menempel pada kertas karena tarikan magnet yang kuat dari alas kertas</p> <p>g) <i>Fixing</i> adalah tahap memansakan dan mempress toner pada kertas agar menempel dengan kuat</p> <p>h) <i>Cleaning</i> adalah membersihkan drum dari sisa-sisa toner.</p>
<p>Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat</p>	<p>Efek fotolistrik akan terjadi jika:</p> <p>a. Frekuensi foton lebih besar dari frekuensi ambang logam (<math>f &gt; f_0</math>)</p> <p>b. Panjang gelombang foton lebih kecil dari panjang gelombang ambang (<math>\lambda &lt; \lambda_0</math>)</p>

### XII.3.10 Inti Atom

#### 1. Struktur Inti Atom

##### 1. Partikel Penyusun Inti

Sebuah atom terdiri dari kulit atom dan inti atom. Inti atom tersusun oleh proton dan neutron, sedangkan elektron berada pada kulit atom. Secara sederhana gambar struktur atom dapat dilihat pada gambar 1.

Proton adalah partikel penyusun inti atom yang bermuatan positif, neutron merupakan partikel penyusun inti yang tidak bermuatan dan

elektron adalah partikel penyusun atom bermuatan negatif. Partikel penyusun inti atom disebut *nuklida*.

Suatu unsur X yang memiliki Z proton dan A nukleon (proton dan neutron) dilambangkan sebagai berikut:



Massa inti juga dapat dinyatakan dengan *satuan massa atom (sma)* atau *amu (atomic mass unit)*.

$$1 \text{ sma} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1 \text{ sma} = 931 \text{ MeV}$$

Massa dari masing-masing partikel penyusun atom dapat dilihat pada Tabel 33:

**Tabel 33. Symbol, massa, dan muatan partikel penyusun atom**

Partikel	Symbol	Massa (kg)	Muatan (C)
Proton	${}^1_1H$	$1,6726 \times 10^{-27}$	$+1,6 \times 10^{-19}$
Neutron	${}^1_0n$	$9,1090 \times 10^{-31}$	$-1,6 \times 10^{-19}$
Elektron	${}^0_{-1}e$	$1,6750 \times 10^{-27}$	0

## 2. Bentuk, Ukuran, dan Gaya Inti

Inti dapat berupa bola pejal, seperti pada atom-atom hydrogen (H), oksigen (O), Kalsium (Ca), nikel (Ni) dan sebagainya. Akan tetapi pada umumnya bentuk inti bulat lonjong, seperti bola rugby. Dengan anggapan inti berbentuk bola, secara matematika ukuran jari-jari inti dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$$

Sifat-sifat gaya inti adalah sebagai berikut:

- 1) Suatu interaksi antara dua benda yang dinyatakan dengan suatu potensial.
- 2) Bekerja pada jangkauan pendek (sekitar  $10^{-13}$  cm atau 1 fermi).
- 3) Merupakan gaya yang mempertahankan kestabilan suatu inti.
- 4) Merupakan jenis gaya terkuat di antara gaya-gaya yang ada, seperti pada gaya Coulomb dan gaya gravitasi.

Pada inti atom bekerja tiga jenis gaya, yaitu gaya inti, gaya Coulomb, dan gaya gravitasi. Akan tetapi yang terkuat adalah gaya inti.

### 3. Stabilitas Inti

Unsur-unsur yang terdapat dalam alam inilebih dari 90 macam. Unsur-unsur itu adalah yang stabil dan tidak stabil. Unsur-unsur dengan nomor atom  $z < 20$ , mempunyai inti yang stabil yang memenuhi persamaan:

$$\frac{\text{Jumlah Neutron}}{\text{Jumlah proton}} = 1$$

$$\frac{N}{P} = 1$$

Sedangkan untuk nomor atom  $z > 20$ , harga perbandingan neutron dan protonnya beransur-ansur naik dan akan mencapai 1,5 untuk nomor atom 80.

### 4. Defek Massa dan Energi Ikat Inti

#### a. Defek Massa

Defek massa adalah penyusutan massa inti yang disebabkan oleh adanya perubahan massa inti menjadi energi ikat inti. Defek massa dapat dihitung dengan cara:

$$\Delta m = \{Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m_{inti}\}$$

$$1 \text{ sma} = \frac{1}{12} \times \text{massa atom } {}^{12}_6\text{C} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

b. Energi ikat inti

Defek massa sebuah atom tidak hilang begitu saja, melainkan digunakan sebagai energi untuk mengikat nukleon-nukleon dalam inti yang disebut energi ikat inti (E).

Energy Per Nucleon

$$E_{ave} = \frac{E}{A}$$

Nilai energi ikat setiap nukleon dapat menentukan tingkat kestabilan suatu unsur. Semakin besar energi ikat per nukleon suatu unsur maka unsur tersebut akan semakin stabil. Karena dibutuhkan energi yang besar untuk melepaskan ikatan antara proton dan neutron dari unsur tersebut. Sedangkan semakin kecil energi ikat per nukleon suatu unsur maka unsur tersebut akan semakin tidak stabil.

## 2. Radioktivitas

Radioaktivitas merupakan unsur yang mengeluarkan radiasi secara spontan untuk mencapai kestabilan, dengan memancarkan sinar-sinar radioaktivitas.

Untuk memudahkan, Rutherford menamai tiga jenis radiasi tersebut dengan alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) dan gamma ( $\gamma$ ). Dengan memperhatikan arah sinar yang dibelokkan, dia menyimpulkan bahwa komponen sinar yang tidak dibelokkan adalah tidak bermuatan sinar  $\gamma$ , komponen sinar yang dibelokkan

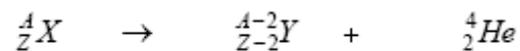
ke kanan adalah bermuatan positif sinar  $\alpha$ , dan sinar yang dibelokkan kekiri adalah bermuatan negative sinar  $\beta$ .

#### 1. Pemancaran Partikel alfa, beta dan gamma

Urutan daya tembus sinar  $\alpha < \text{sinar } \beta < \text{sinar } \gamma$

##### a. Peluruhan alfa

Peluruhan alfa terjadi karena di dalam inti terlalu banyak nukleon, sehingga untuk membentuk kestabilan inti atom, dua proton dan dua neutron dilepaskan dari inti induk dan sinar alfa yang sama dengan inti Helium dipancarkan keluar.



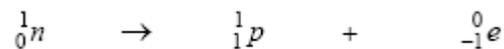
Sifat-sifat sinar  $\alpha$

- 1) Sinar dihasilkan oleh pancaran-pancaran partikel  $\alpha$  dari sebuah sumber radioaktif.
- 2) Sinar  $\alpha$  tidak lain adalah inti atom helium, bermuatan  $+2e$  dan bermassa  $4u$ .
- 3) Sinar  $\alpha$  dapat menghitamkan film. Jejak partikel  $\alpha$  dalam bahan radioaktif berupa garis lurus.
- 4) Radiasi sinar  $\alpha$  memiliki daya tembus terlemah dibandingkan dengan sinar lain.
- 5) Radiasi sinar  $\alpha$  memiliki jangkauan beberapa cm di udara dan sekitar 10-2 mm dalam logam tipis
- 6) Radiasi sinar  $\alpha$  mempunyai daya ionisasi paling kuat sebab muatannya paling besar.

- 7) Sinar  $\alpha$  dibelokkan oleh medan magnetik dan medan listrik.
- 8) Kecepatan sinar  $\alpha$  sekitar  $0,054c$  sampai  $0,07c$ , dengan  $c$  = kelajuan cahaya dalam vakum.
- 9) Massa sinar  $\alpha$  lebih besar dari sinar  $\beta$  sehingga lebih lambat.

#### b. Peluruhan Beta

Untuk mencapai kestabilan inti karena kandungan neutron terlalu banyak maka sebuah neutron berubah menjadi proton disertai pelepasan sinar yang bermuatan negatif yang dikenal dengan sinar beta. Dalam peluruhan beta negatif, neutron bertransformasi menjadi proton dan elektron. Elektron yang meninggalkan inti teramati sebagai partikel beta.

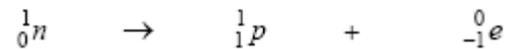


#### Sifat-sifat sinar $\beta$

- 1) Sinar  $\beta$  dihasilkan oleh pancaran partikel-partikel
- 2) Sinar  $\beta$  tidak lain adalah electron berkecepatan tinggi yang bermuatan  $-1 e$ .
- 3) Radiasi sinar  $\alpha < \text{sinar } \beta < \text{sinar } \gamma$
- 4) Kecepatan partikel  $\beta$  antara  $0,32c$  dan  $0,9c$ .
- 5) Sinar  $\beta$  dibelokkan dengan medan magnetik dan medan listrik karena massanya kecil.
- 6) Jejak partikel  $\beta$  dalam bahan berkelok-kelok.
- 7) Sinar  $\beta$  memiliki jangkauan beberapa cm di udara.

c. Peluruhan gamma

Setelah inti meluruh menjadi inti baru biasanya terdapat energi kelebihan pada ikatan intinya sehingga seringkali disebut inti dalam keadaan tereksitasi.



Sifat-sifat sinar  $\gamma$

- 1) Memiliki daya tembus paling besar tetapi daya ionisasi paling lemah.
- 2) Tidak dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnetik.
- 3) Sinar  $\gamma$  merupakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang yang sangat pendek.
- 4) Sinar  $\gamma$  hampir tidak bermassa.
- 5) Kecepatan  $\gamma$  bernilai sama dengan kecepatan cahaya di ruang hampa.
- 6) Sinar  $\gamma$  dalam interaksinya menimbulkan peristiwa fotolistrik atau juga dapat menimbulkan produksi pasangan. Dalam interaksi dengan bahan, seluruh energi sinar  $\gamma$  diserap oleh bahan. Peristiwa inilah yang disebut produksi pasangan.

d. Aktivitas Radioaktivitas

Aktivitas radioaktif  $A$  didefinisikan sebagai jumlah atom suatu bahan radioaktif yang meluruh per satuan waktu.

$$A = - \frac{dN}{dt}$$

### 3. Reaksi Inti

Reaksi inti merupakan peristiwa perubahan suatu inti atom sehingga berubah menjadi inti atom lain dengan memancarkan partikel-partikel dasar. Partikel-partikel dasar itu adalah alpha  ${}^4_2\text{He}$ , beta ( ${}^0_{-1}\beta$ ), Gamma ( ${}^0_0\gamma$ ), proton ( ${}^1_1\text{P}$ ), Neutron ( ${}^1_0\text{n}$ ), positron dan deuteron ( ${}^2_1\text{n}$ ). Agar terjadi reaksi inti diperlukan partikel lain untuk menggoyahkan kesetimbangan inti atom sehingga kesetimbangan inti terganggu. Akibatnya inti akan terpecah menjadi dua inti yang baru. Partikel yang digunakan untuk mengganggu kesetimbangan inti yaitu partikel *proton* atau *neutron*. Pada setiap reaksi inti selalu berlaku hukum berikut ini.

a. Hukum kekekalan Jumlah nukleon

“Jumlah nucleon (Proton + Neutron) sebelum reaksi sama dengan jumlah nukleon sesudah reaksi”.

b. Hukum Kekekalan Muatan

Jumlah muatan (proton) sebelum dan sesudah reaksi adalah sama. Berdasarkan hukum kekekalan muatan pada reaksi di atas berlaku

c. Hukum kekekalan momentum

Hukum kekekalan momentum menyatakan bahwa jumlah momentum relativistik sebelum reaksi sama dengan jumlah momentum relativistik sesudah reaksi.

$$\mathbf{P}_x + \mathbf{P}_a = \mathbf{P}_y + \mathbf{P}_b$$

$$m_x v_x + m_a v_a = m_y v_y + m_b v_b$$

Dengan:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

#### d. Hukum Kekekalan Energi

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa jumlah energi total (relativistik) sebelum dan sesudah reaksi adalah sama. Energi total adalah jumlah energi kinetik ( $K$ ) dan energi diamnya ( $E_0$ ).

Energi reaksi inti yang timbul diperoleh dari penyusutan massa inti, yaitu perbedaan jumlah massa inti atom sebelum reaksi dengan jumlah massa inti atom sesudah reaksi

Besarnya energi yang timbul dapat dicari dengan persamaan:

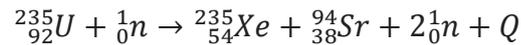
$$Q = \{(m_A + m_a) - (m_B + m_b)\} \times 931 \text{ MeV}$$

Dalam reaksi inti jika diperoleh  $Q > 0$ , maka reaksinya dinamakan *reaksi eksoterm* yaitu selama reaksi berlangsung dilepaskan energi sedangkan jika  $Q < 0$  maka reaksinya dinamakan *reaksi endoterm* yaitu selama reaksi berlangsung diperlukan energi. Reaksi inti dibedakan menjadi dua, yaitu *reaksi fisi* dan *reaksi fusi*.

##### 1) Reaksi Fisi

*Reaksi fisi* yaitu reaksi pembelahan inti atom berat menjadi dua inti atom lain yang lebih ringan dengan disertai timbulnya energi yang sangat besar. Misalnya inti atom uranium-235 ditembak dengan neutron sehingga terbelah menjadi inti atom Xe-235 dan Sr-94 disertai dengan timbulnya 2 neutron yang memiliki energi tinggi.

Reaksinya dapat dituliskan:



## 2) Reaksi Fusi

Reaksi fusi yaitu reaksi penggabungan dua inti atom ringan menjadi inti atom lain yang lebih berat dengan melepaskan energi.

## 4. Proteksi Radiasi

Proteksi Radiasi adalah pengawasan terhadap bahaya radiasi melalui peraturan-peraturan yang berkaitan dengan pemanfaatan radiasi dan bahan-bahan radioaktif. Di Indonesia, badan pengawas tersebut adalah Bapeten (Badan Pengawas Tenaga Nuklir).

### **Prinsip Proteksi Radiasi:**

#### 1. Menggunakan pelindung (perisai)

Penggunaan perisai/pelindung berupa apron berlapis Pb, glove Pb, kaca mata Pb dsb yang merupakan sarana proteksi radiasi individu. Tidak menghandle hewan secara langsung, hewan dapat disedasi atau bila perlu dianestesi.

#### 2. Menjaga jarak

Radiasi dipancarkan dari sumber radiasi ke segala arah. Semakin dekat tubuh kita dengan sumber radiasi maka paparan radiasi yang kita terima akan semakin besar. Pancaran radiasi sebagian akan menjadi pancaran hamburan saat mengenai materi.

#### 3. Mempersingkat waktu paparan

Sedapat mungkin diupayakan untuk tidak terlalu lama berada di dekat sumber radiasi saat proses radiografi. Hal ini untuk mencegah terjadinya paparan radiasi yang besar.

Berdasarkan uraian diatas, maka materi fisika inti dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan proseural seperti tabel 34

**Tabel 34 Uraian Materi Fisika Inti**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	X adalah symbol untuk namas unsure
	A adalah nomor atom
	Z adalah nomor massa
	R adalah Jari-jari inti atom suatu unsur
	Ro adalah Konstanta ( $1,2 \times 10^{-13}$ cm)
	$\Delta m$ adalah Defek massa
	$m_p$ adalah massa proton
	$m_n$ adalah massa neutrom
	E adalag symbol untuk Energi
	$T_{1/2}$ adalah symbol untuk waktu paroh
Pengetahuan Tentang Elemen-elemen Spesifik	Atom merupakan bagian terkecil penyusun makhluk hidup.
	Bom nuklir di jepang menghancurkan kota Hiroshima dan Nagasaki
	Radiasi sinar x di perdunakan dalam bidang kedokteran
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Sebuah atom terdiri dari kulit atom dan inti atom. Inti atom tersusun oleh proton dan neutron, sedangkan elektron berada pada kulit atom.
	Pada inti atom bekerja tiga jenis gaya, yaitu gaya inti, gaya Coulomb, dan gaya gravitasi.
	Reaksi inti dibedakan menjadi dua, yaitu <i>reaksi fisi</i> dan <i>reaksi fusi</i> .

	<p>Bagian utama dari reactor nuklir, yakni elemen bakar, moderator, pendingin, dan perisai.</p> <p>Berdasarkan fungsinya, reaktor nuklir dibedakan sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reaktor penelitian, yaitu reaktor yang dipergunakan untuk penelitian di bidang fisika, kimia, biologi, pertanian, industri, kedokteran, dan di bidang teknologi lainnya.</li> <li>▪ Reaktor daya, yaitu reaktor yang dapat menghasilkan tenaga listrik (PLTN).</li> <li>▪ Reaktor produksi isotop, yaitu reaktor yang dipergunakan untuk memproduksi radioisotop, yang akan dipergunakan dalam bidang kedokteran, pertanian, industri dan sebagainya.</li> </ul>
<p>Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi</p>	<p>Dengan anggapan inti berbentuk bola, secara matematika ukuran jari-jari inti dapat dinyatakan sebagai berikut:</p> $R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$ <p>Defek massa dapat dihitung dengan cara:</p> $\Delta m = \{Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m_{inti}\}$ <p>Aktivitas radioaktif</p> $A = -\frac{dN}{dt}$ <p>Besarnya energi yang timbul dapat dicari dengan persamaan:</p> $Q = \{(m_A + m_a) - (m_B + m_b)\} \times 931 \text{ MeV}$
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Proton adalah partikel penyusun inti atom yang bermuatan positif, neutron merupakan partikel penyusun inti yang tidak bermuatan dan elektron adalah partikel penyusun atom bermuatan negatif. Partikel penyusun inti atom disebut <i>nuklida</i></p>

	Defek massa adalah penyusutan massa inti yang disebabkan oleh adanya perubahan massa inti menjadi energi ikat inti.
	Defek massa sebuah atom tidak hilang begitu saja, melainkan digunakan sebagai energi untuk mengikat nukleon-nukleon dalam inti yang disebut energi ikat inti (E).
	Radioaktivitas merupakan unsur yang mengeluarkan radiasi secara spontan untuk mencapai kestabilan, dengan memancarkan sinar-sinar radioaktivitas.
	Rutherford menamai tiga jenis radiasi tersebut dengan alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) dan gamma ( $\gamma$ ).
	Aktivitas radioaktif A didefinisikan sebagai jumlah atom suatu bahan radioaktif yang meluruh per satuan waktu.
	Waktu paro ( $T_{1/2}$ ) adalah waktu yang dibutuhkan untuk peluruhan sehingga jumlah inti setelah peluruhan tinggal setengah dari jumlah inti mula-mula, atau waktu yang diperlukan untuk peluruhan sehingga aktivitas peluruhan tinggal setengah dari aktivitas mula-mula.
	Bom nuklir merupakan bom yang menggunakan energi dari tenaga nuklir. Bom nuklir terdiri atas dua macam, yaitu bom fisi nuklir dan bom fusi nuklir.
	<i>Reaksi fisi</i> yaitu reaksi pembelahan inti atom berat menjadi dua inti atom lain yang lebih ringan dengan disertai timbulnya energi yang sangat besar
	Reaksi fusi yaitu reaksi penggabungan dua inti atom ringan menjadi inti atom lain yang lebih berat dengan melepaskan energi.

	Reaktor nuklir adalah tempat terjadinya reaksi pembelahan inti (nuklir) atau dikenal dengan reaksi fisi berantai yang terkendali.
Pengetahuan Prosedural	
Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	<p>Reaksi inti merupakan peristiwa perubahan suatu inti atom sehingga berubah menjadi inti atom lain dengan memancarkan partikel-partikel dasar. Prosesnya yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Partikel-partikel dasar adalah alpha <math>{}^4_2\text{He}</math>, beta (<math>{}^0_{-1}\beta</math>), Gamma (<math>{}^0_0\gamma</math>), proton (<math>{}^1_1\text{P}</math>), Neutron (<math>{}^1_0\text{n}</math>), positron dan deuteron (<math>{}^2_1\text{n}</math>).</li> <li>2. Diperlukan partikel lain untuk menggoyahkan kesetimbangan inti atom sehingga kesetimbangan inti terganggu.</li> <li>3. Inti akan terpecah menjadi dua inti yang baru. Partikel yang digunakan untuk mengganggu kesetimbangan inti yaitu partikel <i>proton</i> atau <i>neutron</i>.</li> <li>4. Partikel proton atau neutron yang berenergi ditembakkan pada inti target sehingga setelah reaksi terjadi akan terbentuk inti atom yang baru disertai terbentuknya partikel yang baru.</li> </ol>
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	<p>Cara kerja spectrometer massa , yaiyu :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Partikel-partikel yang akan diukur massanya dipercepat melalui medan magnetik B dan medan listrik E sehingga memiliki kecepatan v.</li> <li>2. Kemudian, partikel-partikel tersebut dilewatkan pada medan magnetik homogen B yang arahnya tegak lurus v sehingga lintasan partikel berubah membentuk lingkaran dengan jari-jari R. Jika muatan partikelnya q, partikel tersebut akan mengalami gaya Lorent yang</li> </ol>

	juga bertindak sebagai gaya sentripetal
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	<p>Unsur-unsur dengan nomor atom <math>z &lt; 20</math>, mempunyai inti yang stabil yang memenuhi persamaan:</p> $\frac{\text{Jumlah Neutron}}{\text{Jumlah proton}} = 1$ $\frac{N}{P} = 1$ <p>Sedangkan untuk nomor atom <math>z &gt; 20</math>, harga perbandingan neutron dan protonnya beransur-ansur naik dan akan mencapai 1,5 untuk nomor atom 80.</p>

### XII.3.11 Sumber-Sumber Energi

Sumber energi adalah segala sesuatu di sekitar kita yang mampu menghasilkan energi. Di sekitar kita banyak sekali macam macam sumber energi yang bisa menghasilkan berbagai macam energy.

Sumber energi secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

#### A. Sumber Energi yang Terbarukan

Adalah energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan dimana energi ini dapat diperbaharui terus menerus selama masih ada sumber energi yang digunakan untuk memperbaharuinya contohnya :

##### 1. Energi surya atau matahari,

Energi matahari sangat melimpah jumlahnya khususnya bagi wilayah yang beriklim tropis. pemanfaatan sinar matahari adalah dengan menggunakan sel surya yang berfungsi mengubah energi surya menjadi energi listrik.

##### 2. Angin, merupakan udara yang bergerak sebagai akibat adanya rotasi bumi dan perbedaan tekanan udara. Angin merupakan salah satu fenomena yang

terjadi akibat pemanasan dan konveksi udara. Udara yang memuai akan lebih ringan, sehingga akan bergerak naik.

3. Panas bumi, Panas bumi merupakan energi yang bersumber dari dalam perut bumi, Panas bumi merupakan energi yang melimpah dan terbarukan sehingga tidak perlu khawatir akan kehabisan energi panas bumi. Selain jumlahnya yang melimpah energi ini memiliki harga yang lebih ekonomis dan ramah terhadap lingkungan.
4. Air, merupakan zat yang sangat melimpah. Jumlahnya diperkirakan mencapai 1,4 triliun kilometer kubik dan menutupi hampir 71% permukaan bumi. Air di alam ini mengalami pergerakan secara alamiah dalam bentuk siklus yang disebut daur hidrologi..
5. Energi Biomassa, Biomassa terdiri dari Tanaman hidup, pohon mati, dan serpihan kayu. Cara penggunaan biomassa sebagai bahan bakar yang paling sederhana adalah dengan membakarnya untuk menghasilkan energi panas, misalnya penggunaan kayu bakar untuk memasak. Penggunaan lain dari biomassa adalah untuk menghasilkan bahan bakar cair (*liquid biofuel*), misalnya etanol. Biomassa yang sering dimanfaatkan untuk membuat bahan bakar cair lainnya, yaitu biodiesel. Selain itu melalui proses pemanasan tertutup (tanpa oksigen), biomassa juga digunakan untuk memperoleh bahan bakar gas.
6. Energi Gas Alam, Merupakan energi yang terbarukan dan harganya lebih terjangkau daripada bahan bakar minyak.

7. Pembangkit Listrik Tenaga Air, Energi yang bersumber dari tenaga air sudah lama di manfaatkan oleh manusia karena ramah lingkungan dan juga berlimpah. Pembangkit listrik tenaga air atau PLTA merupakan salah satu contoh pemanfaatan tenaga air untuk kehidupan yang lebih baik.
8. Energi Pasang Surut, Pasang surut air laut dianggap lebih menjanjikan hasil yang maksimal bila di bandingkan dengan tenaga surya dan tenaga angin. tetapi pemanfaatan energi pasang surut masih sedikit hal ini di karenakan biayanya yang mahal.

#### B. Sumber Energi Tak Terbarukan

Sumber energi jenis ini jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbarui walaupun ada yang bisa diperbaharui tetapi memerlukan waktu yang sangat lama. sumber energi ini saat ini masih merupakan sumber energi utama yang banyak digunakan walaupun banyak pihak yang sudah beralih menggunakan sumber energi alternatif. Contoh sumber energi tak terbarukan adalah :

- 1) Sumber energi yang berasal dari fosil; Sumber energi ini sebenarnya bisa diperbaharui tetapi memerlukan waktu hingga jutaan tahun, berasal dari makhluk hidup yang mati dan terpendam dalam tanah hingga jutaan tahun. contohnya Minyak bumi, batu bara dan gas alam.

Penggunaan bahan bakar fosil mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari penggunaan bahan bakar fosil antara lain produksinya dapat dilakukan dalam jumlah yang besar (*concentrated production*), relatif murah (terutama batu bara), tidak terpengaruh dengan lokasi (*location independent*), dan telah teruji atau dapat diandalkan. Sementara

itu, kelemahan penggunaan bahan bakar fosil antara lain menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> dalam jumlah besar (menyebabkan pemanasan global, menyebabkan kerusakan lingkungan akibat dari proses tambang, dan merupakan sumber daya alam yang tak terbatas (tak terbarukan)

- 2) Sumber energi yang berasal dari mineral alam; Mineral alam bisa dimanfaatkan menjadi sumber energi setelah melalui beberapa proses, contohnya uranium yang bisa menghasilkan energi nuklir.

### C. Energi Alternatif

Energi alternatif adalah energi yang digunakan untuk menggantikan energi dari minyak bumi. Terdapat bermacam-macam contoh energi alternatif yang tersedia di alam, seperti energi matahari, energi angin, energi air, dan energi panas bumi. Contoh sumber energi alternatif yang terdapat di alam. Semua energi ini dapat digunakan untuk menggantikan sumber energi utama saat ini, yakni bahan bakar fosil.

#### a. Matahari

Matahari adalah sumber energi utama untuk planet bumi. Energi yang dihasilkan matahari berbentuk sinar dan panas. Selama ribuan tahun, manusia telah memanfaatkan energi matahari dalam kehidupannya. Energi matahari dapat dimanfaatkan langsung oleh manusia, seperti menjemur hasil panen, membuat garam, dan sebagainya.

#### b. Panas Bumi

Energi panas bumi adalah panas yang terdapat di dalam bumi. Biasanya, panas bumi muncul di permukaan bumi akibat aktivitas vulkanik

(gunung berapi). Oleh sebab itu, di sekitar gunung berapi terdapat tempat-tempat yang menyemburkan gas atau air panas. Terdapat 3 sumber utama panas geotermal, yaitu uap alam, air panas, dan batuan kering panas.

c. Angin

Energi angin adalah energi yang berasal dari hembusan angin. Beberapa negara mulai melirik energi dari alam ini. Belanda sudah sejak dulu memanfaatkan angin untuk digunakan sebagai energi. Kincir angin di Belanda digunakan untuk memompa air irigasi.

d. Hydropower

Hydropower adalah energi listrik yang dihasilkan dari kekuatan air. Hydropower dibuat dengan cara membendung air sungai, kemudian menggunakan pipa air tersebut diarahkan menuju turbin. Hal inilah yang terjadi pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air).

e. Gas Alam

Gas alam adalah gas yang terkumpul di bawah tanah dengan berbagai macam komposisi campuran hidrokarbon yang mempunyai daya tekan tinggi. Gas alam setelah diolah kita kenal dengan nama elpiji.

f. Hidrogen

Hidrogen dapat diubah menjadi bahan bakar pengganti BBM. Bahkan, hidrogen diklaim lebih baik dari BBM yang kita kenal saat ini. Bahan bakar hidrogen tidak menghasilkan polusi, sehingga bahan bakar ini tidak merusak bumi.

g. Biomassa

Biomassa adalah massa tumbuhan dan kotoran hewan yang dapat memberikan energi, baik dengan dibakar langsung, maupun setelah diubah menjadi bahan lain yang pembakarannya lebih mudah. Sumber energi biomassa berasal dari makhluk hidup

h. Biofuel

Biofuel adalah energi yang berasal dari bahan-bahan nabati, seperti minyak bumi, tanaman jarak, jagung, dan lain-lain. Energi ini dapat digunakan sebagai bahan bakar, yang disebut dengan Bahan Bakar Nabati (BBN).

i. Energi Tidal

Energi tidal atau energi pasang surut air laut. Prinsip kerja energi tidal ialah: saat pasang naik, air laut dengan volume jutaan kubik naik ke daratan. Jika di daratan itu dibuat bendungan yang besar, maka air pasang itu tertampung di dalam waduk.

j. Gelombang Laut

Energi yang dimiliki gelombang laut tersebut dapat dikonversi menjadi listrik. Prinsip kerjanya adalah dengan mengumpulkan energi gelombang laut untuk memutar turbin generator.

Berdasarkan uraian materi diatas, maka materi sumber energi dapat diklasifikasikan kedalam pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti tabel 35

**Tabel 35. Uraian Materi Sumber Energi**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	$E_1$ adalah energi matahari yang diterima Bumi (J)
	$E_2$ adalah energi matahari yang diserap Bumi (J)
	$E_3$ adalah energi yang dipancarkan oleh bumi dalam bentuk radiasi inframerah (J)
	R adalah jari-jari bumi (m)
	I adalah intensitas radiasi matahari ( $W/m^2$ )
	$\alpha$ = koefisien refleksi permukaan bumi
	T adalah suhu permukaan bumi
Pengetahuan Tentang Elemen- elemen Spesifik	Motor dan mobil dapat bergerak karena adanya bahan bakar
	Cahaya matahari berperan dalam proses fotosintesis
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Sumber energi terbagi atas dua, yaitu sumber energi terbarukan dan sumber energi tak terbarukan.
	Beberapa pembangkit listrik sebagai berikut: 1) PLTA : Pembangkit Listrik Tenaga Air. 2) PLTS : Pembangkit Listrik Tenaga Surya. 3) PLTU : Pembangkit Listrik Tenaga Uap. 4) PLTD : Pembangkit Listrik Tenaga Diesel.
	Terdapat bermacam-macam contoh energi alternatif yang tersedia di alam, seperti energi matahari, energi angin, energi air, dan energi panas bumi.
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Oleh karena itu, hubungan antara $E_1$ , $E_2$ , dan $E_3$ dapat dinyatakan sebagai berikut. $E_1 = E_2 + E_3$
	Jika I merupakan intensitas cahaya matahari yang dinyatakan dalam satuan watt per meter persegi ( $W/m^2$ ), maka energi yang diserap oleh bumi ( $E_2$ ) tiap satuan

	<p>waktu dapat ditentukan dengan persamaan berikut.</p> $E_2 = \pi R^2 I (1-\alpha)$
	<p>Suhu permukaan bumi setelah menyerap energi dari matahari tersebut dapat ditentukan sebagai berikut.</p> $T = \left[ \frac{I (1 - \alpha)}{4 e \sigma} \right]^{1/4}$
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Sumber energi adalah segala sesuatu di sekitar kita yang mampu menghasilkan energi.</p>
	<p>Energi alternatif adalah energi yang digunakan untuk menggantikan energi dari minyak bumi.</p>
	<p>Matahari adalah sumber energi utama untuk planet bumi. Energi yang dihasilkan matahari berbentuk sinar dan panas. Selama ribuan tahun, manusia telah memanfaatkan energi matahari dalam kehidupannya</p>
	<p>Energi panas bumi adalah panas yang terdapat di dalam bumi. Biasanya, panas bumi muncul di permukaan bumi akibat aktivitas vulkanik (gunung berapi).</p>
	<p>Energi angin adalah energi yang berasal dari hembusan angin.</p>
	<p>Hydropower adalah energi listrik yang dihasilkan dari kekuatan air. Hydropower dibuat dengan cara membendung air sungai, kemudian menggunakan pipa air tersebut diarahkan menuju turbin.</p>
	<p>Gas alam adalah gas yang terkumpul di bawah tanah dengan berbagai macam komposisi campuran hidrokarbon yang mempunyai daya tekan tinggi.</p>
	<p>Biomassa adalah massa tumbuhan dan kotoran hewan yang dapat memberikan energi, baik dengan dibakar langsung, maupun setelah diubah menjadi bahan lain yang pembakarannya lebih mudah. Sumber energi</p>

	<p>biomassa berasal dari makhluk hidup.</p> <p>Biofuel adalah energi yang berasal dari bahan-bahan nabati, seperti minyak bumi, tanaman jarak, jagung, dan lain-lain.</p> <p>Energi tidal atau energi pasang surut air laut barangkali kurang begitu dikenal, atau mungkin kita belum pernah mendengarnya sama sekali</p>
Pengetahuan Prosedural	
<p>Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma</p>	<p>Proses perubahan energi angin menjadi energi listrik :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. hembusan angin digunakan untuk memutar baling-baling,</li> <li>2. kemudian putaran tersebut digunakan untuk memutar generator. Dari generator inilah energi mekanik diubah menjadi energi listrik.</li> </ol>
<p>Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu</p>	<p>Cara kerja pembangkit listrik tenaga air toilet buangan ini yaitu dengan memutar turbin dari hasil air dari toilet yang selanjutnya akan menghasilkan tenaga listrik pada generatornya. Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga air toilet ini secara umum hampir sama dengan PLTA, namun sumber air yang akan memutar turbin bukanlah air terjun, melainkan dari aliran air buangan toilet</p>
<p>Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat</p>	<p>Keadaan keseimbangan akan terjadi jika energi yang diserap bumi (<math>E_2</math>) sama dengan energi yang dipancarkan bumi (<math>E_3</math>), sehingga <math>\pi R^2 I(1-\alpha) = 4\pi R^2 e\sigma T^4</math>.</p>

#### 4. Materi Gempa Bumi

##### A. Sejarah Gempabumi di Sumatera Barat

Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi gempabumi dan tsunami yang tinggi. Tiga sumber utama pembangkit gempabumi aktif di wilayah ini yaitu jalur subduksi / penujaman lempeng (*Megathrust*), sesar Mentawai (*Mentawai fault*) dan sesar besar Sumatera (*the great Sumatran fault*). Berdasarkan catatan sejarah, bencana gempabumi merusak di wilayah Sumatera Barat pernah terjadi pada tahun 1822, 1835, 1981, 1991, 2005, dan 2009 di Padang, 1926 dan 1943 di Singkarak, 1977 di Pasaman, 2003 di Agam, serta tahun 2007 di Bukittinggi. Gempabumi yang disertai tsunami pernah terjadi pada tahun 1861 di Mentawai, 1904 di Sori-sori dan pada tahun 2010 kembali terjadi di Mentawai.

Jika dilihat dari aktifitas seismik yang terjadi diwilayah Sumatera Barat dalam kurun waktu setengah tahun ini, kejadian yang terjadi cukup signifikan. Dari awal bulan Januari hingga Juni 2018, Stasiun Geofisika Kelas I Silaing Bawah telah mencatat 75 kejadian gempabumi dengan Magnitudo berkisar 2.3 SR hingga 4.9 SR.

Salah satu sumber pembangkit gempabumi di Sumatera adalah sesar besar Sumatera atau dikenal dengan sebutan Patahan Semangko. Sesar mendatar dengan orientasi menganan (*dextral strike slip fault*) sepanjang 1900 Km ini terbagi atas 19 segmen utama dengan 7 segmen yang mempengaruhi kondisi seismisitas di wilayah Sumatera Barat. Segmen tersebut adalah Segmen Angkola, Segmen Barumon, Segmen Sumpur,

Segmen Sianok, Segmen Sumani, Segmen Suliti, dan sebagian Segmen SiluaK. Secara historis segmen-segmen di wilayah Sumatera dapat menghasilkan gempa bumi dengan kekuatan  $> 7$  SR (Sieh & Natawidjaja, 2000). Segmen Barumon memiliki kecepatan pergerakan sebesar 6.5 mm/tahun dengan kekuatan magnitudo maksimum 7.5 SR, Segmen Angkola memiliki kecepatan 6 mm/tahun dengan kekuatan magnitudo maksimum 7.7 SR, Segmen Sianok memiliki kecepatan 14 mm/tahun dengan kekuatan magnitudo maksimum 7.4 SR, Segmen Sumani memiliki kecepatan 14 mm/tahun dengan kekuatan magnitudo maksimum 7.1 SR, Segmen Suliti memiliki kecepatan 6.5 mm/tahun dengan kekuatan magnitudo maksimum 7.5 SR, serta Segmen Siulak memiliki kecepatan 14 mm/tahun dengan kekuatan magnitudo maksimum 7.5 SR (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).

Sesar Mentawai yang terletak diantara *forearc ridge* dan *forearc basin* merupakan sesar yang paralel dengan Patahan Semangko (Diament, dalam Colling dkk, 2012). Namun Singh dkk, (2009) menunjukkan bahwa sesar ini merupakan *Backthrust* dengan kemiringan mengarah ke barat daya tanpa bukti adanya gerakan *strike-slip*. Dalam sejarahnya, sesar ini telah menghasilkan gempa bumi yang signifikan, diantaranya adalah gempa bumi pada 12 September 2007 dengan magnitudo 8.4, serta gempa bumi 25 Oktober 2010 dengan magnitudo 7.7 dan menghasilkan tsunami setinggi 7 meter di Pulau Pagai. Sesar Mentawai yang berada ditengah-tengah antara

jalur Subduksi dengan Sesar besar Sumatera memiliki kecepatan 5 mm/tahun (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).

Zona subduksi di sebelah barat Sumatera terbentuk dari lempeng Indo-Australia yang menunjam di bawah lempeng Eurasia, dengan kemiringan sekitar 400 dengan kecepatan pergerakan 52 mm/thn di bagian utara dan 60 mm/thn di bagian selatan (Prawirodirdjo dkk, 2000). Gempabumi signifikan yang pernah terjadi akibat aktifitas subduksi di wilayah Sumatra adalah gempabumi Aceh 26 Desember 2004 yang menghasilkan tsunami dan 2 Maret 2016 yang dirasakan di Sumatera Barat diantaranya Padang dan Padang Panjang (III-IV MMI) serta Bukittinggi (II-III MMI).

## B. Konsep Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan sebuah guncangan hebat yang menjalar ke permukaan bumi yang disebabkan oleh gangguan di dalam litosfir (kulit bumi). Gangguan ini terjadi karena di dalam lapisan kulit bumi dengan ketebalan 100 km terjadi akumulasi energi akibat dari pergeseran kulit bumi itu sendiri (Badrul,2010).

Menurut Noor (2005), gempa bumi adalah getaran bumi yang terjadi sebagai akibat dari terlepasnya energi yang terkumpul secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami deformasi. Besarnya gelombang yang beragam mulai dari yang sangat kecil sehingga sulit dirasakan hingga guncangan yang dahsyat, sehingga mampu meruntuhkan bangunan yang kokoh.

Gempabumi merupakan gejala alamiah yang berupa gerakan guncangan atau getaran tanah yang ditimbulkan oleh adanya sumber-sumber getaran tanah akibat terjadinya patahan atau sesar akibat aktivitas tektonik, letusan gunungapi akibat aktivitas vulkanik, hantaman benda langit (misalnya meteor dan asteroid), dan/atau ledakan bom akibat ulah manusia (BNPB,2012:1)

Menurut Bakornas PB (2007), bencana gempa bumi merupakan salah satu dari berbagai macam bencana alam yang ada di Indonesia yang bilamana penanganan maupun mitigasi yang dilakukan tidak baik akan menimbulkan ancaman korban jiwa maupun korban materi. Berbagai komponen yang terancam apabila terjadi gempabumi diantaranya:

1. Perkampungan padat dengan konstruksi yang lemah dan padat penghuni,
2. Bangunan dengan desain teknis yang buruk, bangunan tanah, bangunan tembok tanpa perkuatan,
3. Bangunan dengan atap yang berat
4. Bangunan tua dengan kekuatan lateral dan kualitas yang rendah
5. Bangunan tinggi yang dibangun diatas tanah lepas/tidak kompak
6. Bangunan diatas lereng yang lemah/tidak stabil
7. Infrastruktur diatas tanah atau timbunan

Gempa bumi merupakan hasil dari pelepasan tiba-tiba energi dalam kerak bumi yang menciptakan gelombang seismik. Kegempaan, seismism atau aktivitas seismik pada suatu daerah mengacu pada frekuensi, jenis dan ukuran gempa bumi yang terjadi selama periode waktu tertentu. Ketika

episentrum gempa besar terletak di lepas pantai, dasar laut akan tergerus dan cukup untuk menimbulkan tsunami. Gempa bumi juga bisa memicu tanah longsor, dan aktivitas vulkanik sesekali (Few,2004).

### C. Penyebab Gempa Bumi

Berdasarkan atas penyebabnya gempabumi dapat dikelompokkan menjadi beberapa macam diantaranya: tektonik, vulkanik, runtunan, jatuhnya meteor, dan gempabumi buatan manusia (Sunarjo, 2012:30)

Gempa bumi tektonik adalah gempa bumi yang disebabkan oleh pelepasan energi elastis yang tersimpan dalam lempeng tektonik. Karena adanya dinamika yang terjadi pada lapisan mantel bumi, lempeng tektonik bumi kita ini terus menerima energi dari lapisan tersebut. Lempeng tektonik adalah batuan yang bersifat elastis, sehingga energi yang diterima dari lapisan mantel tersimpan dalam bentuk energi elastis. Bila energi yang diterima sudah melebihi batas elastisitas lempeng tektonik, maka energi akan terlepas dalam bentuk deformasi plastis dan gelombang elastis. Daerah yang melepaskan energi elastis umumnya daerah yang lemah sehingga di daerah tersebut akan mengalami deformasi plastis, sedangkan daerah yang jauh dari sumber tersebut akan mengalami deformasi elastis dalam bentuk gelombang seismik. Dengan adanya deformasi plastis di sekitar sumber gempabumi, fenomena yang dapat diamati dalam jangka waktu panjang adalah terjadi pergerakan dari lempeng tektonik dengan jenis pergerakan antara lain: penunjaman antara lempeng samudra dan lempeng benua, tumbukan antara kedua lempeng benua, dan pergerakan lempeng samudera

yang saling menjauh, serta pergerakan lempeng yang saling bergeser. Dikarenakan tepian lempeng yang tidak rata maka jika bergesekan maka, timbullah friksi. Friksi inilah yang kemudian melepaskan energi guncangan gempabumi (Sunarjo, 2012:30-32).

Gempa bumi vulkanik adalah gempabumi yang disebabkan oleh kegiatan gunung api. Magma yang berada pada kantong di bawah gunung tersebut mendapat tekanan dan melepaskan energinya secara tiba-tiba sehingga menimbulkan getaran tanah. Selain itu, pelepasan energi *stress* tersebut juga menyebabkan gerakan magma secara perlahan. Aktivitas gempabumi tektonik dapat memicu aktivitas gempabumi vulkanik. Naiknya magma ke permukaan dapat dipicu oleh pergeseran lempeng tektonik pada sesar bumi. Biasanya ini terjadi pada batas lempeng tektonik yang bersifat konvergen (saling mendesak). Hanya saja pada gempabumi vulkanik, efek guncangan lebih ditimbulkan karena desakan magma, sedangkan pada gempabumi tektonik efek guncangan langsung ditimbulkan oleh benturan kedua lempeng tektonik. Bila lempeng tektonik yang terlibat adalah lempeng benua dengan lempeng samudera, maka akan terjadi deformasi di dasar laut yang kemudian menimbulkan tsunami karena batas lempengnya umumnya berada di dasar laut.

Gempa bumi runtuh adalah gempa bumi lokal yang terjadi apabila suatu gua di daerah batuan karst atau lokasi pertambangan runtuh. Sedangkan gempabumi jatuhnya meteor akibat kejatuhan meteorit atau benda langit ke permukaan bumi. Hal ini pernah terjadi di kawasan Arizona,



gelombangnya lebih besar. Karena pelemahan energi gelombang akibat perbedaan jarak sumber ke permukaan relatif kecil.

Berdasarkan kekuatannya atau magnitudo (M) berskala Richter (SR) dapat dibedakan atas :

- a. Gempabumi sangat besar  $M > 8$  SR
- b. Gempabumi besar  $M 7 - 8$  SR
- c. Gempabumi merusak  $M 5 - 6$  SR
- d. Gempabumi sedang  $M 4 - 5$  SR.
- e. Gempabumi kecil  $M 3 - 4$  SR
- f. Gempabumi mikro  $M 1 - 3$  SR
- g. Gempabumi ultra mikro  $M < 1$  SR

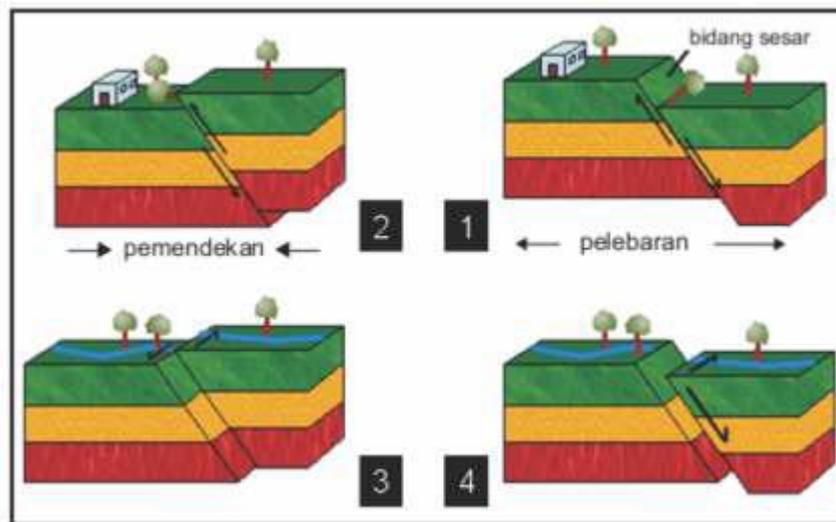
(Sunarjo, 2012:33).

## 2. Jenis-jenis Gempa Bumi

Berdasarkan proses kemunculan dan kesudahannya, Mogi membedakan gempabumi atas beberapa jenis, di antaranya:

- a. Gempabumi utama (*main shock*) langsung diikuti gempabumi susulan tanpa gempabumi pendahuluan (*fore shock*).
- b. Gempabumi sebelum terjadi gempabumi utama diawali dengan adanya gempabumi pendahuluan dan selanjutnya diikuti oleh gempabumi susulan.
- c. Gempabumi terus-menerus dan dengan tidak terdapat gempabumi utama yang signifikan disebut gempabumi *swarm*.

Biasanya dapat berlangsung cukup lama dan bisa mencapai 3 bulan atau lebih. Terjadi pada daerah vulkanik seperti di Gunung Lawu 1979, dan Kemiling, Bandar Lampung 2006 (Sunarjo, 2012:34-35).



Gambar 50 Tipe pergerakan sesar gempa bumi (1) Turun, (2) Naik, (3) Mendatar, dan (4) Sesar Oblique (Sumber : USGS).

Berdasarkan uraian materi gempa diatas, maka materi gempa dapat diklasifikasikan menjadi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural seperti pada tabel 36.

**Tabel 36. Uraian Materi Gempa Bumi**

Pengetahuan Faktual	
Pengetahuan Tentang Terminologi	Cepat rambat gelombang disimbolkan dengan $v$
	Panjang gelombang disimbolkan $\lambda$
	Perioda gelombang disimbolkan $T$
	Frekuensi gelombang disimbolkan $f$
	Amplitudo gelombang disimbolkan $A$
	Energi gelombang disimbolkan $E$
	Richter Magnitude disimbolkan $M$
Pengetahuan	Gempa terjadi pada kedalaman 100 km di dalam

Tentang Elemen- elemen Spesifik	lapisan kulit bumi.
	Pada 2 tahun terakhir ini, di Indonesia terdapat 50 kasus gempa bumi yang menyebabkan 581 orang meninggal dan hilang, 2166 orang luka-luka, dan 531,809 orang yang mengungsi, 77953 rumah warga yang rusak berat, 38,484 rumah warga yang rusak sedang dan 116699 yang rusak ringan.
	Goncangan gempa terjadi dengan kekuatan yang beragam dari guncangan yang sangat kecil sampai goncangan yang dahsyat sehingga mampu merobohkan bangunan.
	Gempa bumi terjadi secara alamiah, berupa getaran atau goncangan permukaan tanah sehingga sulit untuk memastikan kapan gempa bumi akan terjadi
	Bencana gempa bumi merupakan salah satu dari berbagai macam bencana alam yang ada di Indonesia yang bilamana mitigasi yang dilakukan tidak baik akan menimbulkan ancaman korban jiwa maupun korban materi.
	Peristiwa dapat mengancam beberapa komponen penting yaitu perkampungan padat, bangunan /gedung tinggi yang memiliki konstruksi yang buruk, bangunan yang memiliki atap berat, bangunan yang berada di daerah lereng, dan infrastruktur yang diatas tanah atau timbunan.
Pengetahuan Konseptual	
Pengetahuan tentang Klasifikasi dan Kategori	Gempa bumi merupakan sebuah guncangan hebat yang menjalar ke permukaan bumi yang disebabkan oleh gangguan di dalam litosfir (kulit bumi).
	Gempa bumi terjadi sebagai akibat dari terlepasnya

	energi yang terkumpul secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami deformasi.
	Sumber-sumber gempa bumi diantaranya adalah patahan atau sesar sebagai aktivitas tektonik, letusan gunung api sebagai aktivitas vulkanik, hantaman benda langit, dan atau ledakan bom sebagai aktivitas manusia.
	Gempa bumi yang terjadi dapat menimbulkan gelombang seismik pada suatu daerah yang memicu pada frekuensi, jenis dan periode gempa tertentu.
	Berdasarkan atas sumbernya, gempabumi dapat dikelompokkan menjadi beberapa macam diantaranya: tektonik, vulkanik, runtuhan, jatuhnya meteor, dan gempabumi buatan manusia.
	Gempa bumi berdasarkan proses kemunculannya diklasifikasikan menjadi beberapa macam yaitu gempabumi utama ( <i>main shock</i> ) langsung diikuti gempabumi susulan tanpa gempabumi pendahuluan ( <i>fore shock</i> ), gempabumi sebelum terjadi gempabumi utama diawali dengan adanya gempabumi pendahuluan dan selanjutnya diikuti oleh gempabumi susulan, dan Gempabumi terus-menerus dan dengan tidak terdapat gempabumi utama yang signifikan disebut gempabumi <i>swarm</i> .
Pengetahuan tentang Prinsip dan Generalisasi	Fowler (1990) mengklasifikasikan gempabumi berdasarkan kedalaman fokus ( <i>hypocentre</i> ) sebagai berikut: gempabumi dangkal ( <i>shallow</i> ) kurang dari 70 km, gempabumi menengah ( <i>intermediate</i> ) kurang dari 300 km, dan gempabumi dalam ( <i>deep</i> ) lebih dari 300 km atau 450 km.

	<p>Gelombang seismik yang dihasilkan oleh gempabumi biasanya berupa gelombang badan. Gelombang badan merambat secara cepat, baik sebagai gelombang primer maupun gelombang sekunder. Frekuensi mereka berkisar pada 0,5 hingga 20 hertz (0,5 hingga 20 siklus per detik) sehingga disebut pula sebagai gelombang perioda pendek.</p> <p>Ketika gelombang seismik dengan perioda tertentu membawa banyak energi melintasi formasi geologi yang tersusun atas batuan dengan perioda alamiah yang sama, getaran tanah akan mengalami penguatan (amplifikasi).</p> <p>Bila perioda bangunan yang ada di atas batuan tersebut juga memiliki perioda yang sama, maka kombinasi getaran atau resonansi akan semakin diperkuat. Resonansi dibentuk oleh kesamaan perioda antara gelombang seismik dan material yang dilaluinya, baik itu formasi batuan maupun bangunan. Akibat resonansi pada bangunan adalah kerusakan katastrofis.</p> <p>Perkiraan besarnya energi gempabumi diformulasikan sebagai</p> $\log E = 11,4 + 1,5 M$ <p>dimana M adalah richter magnitude</p>
<p>Pengetahuan tentang teori, model dan struktur</p>	<p>Gempa bumi tektonik adalah gempa bumi yang disebabkan oleh pelepasan energi elastis yang tersimpan dalam lempeng tektonik. Karena adanya dinamika yang terjadi pada lapisan mantel bumi, lempeng tektonik bumi kita ini terus menerima energi dari lapisan tersebut.</p>

	<p>Energi yang terdapat pada lapisan tektonik yaitu energi panas yang timbul akibat pergeseran lempeng tersebut.</p>
	<p>Lempeng tektonik adalah batuan yang bersifat elastis, sehingga energi yang diterima dari lapisan mantel tersimpan dalam bentuk energi elastis.</p>
	<p>Bila energi yang diterima sudah melebihi batas elastisitas lempeng tektonik, maka energi akan terlepas dalam bentuk deformasi plastis dan gelombang elastis.</p>
	<p>Bila lempeng tektonik yang terlibat adalah lempeng benua dengan lempeng samudera, maka akan terjadi deformasi di dasar laut yang kemudian menimbulkan tsunami karena batas lempengnya umumnya berada di dasar laut.</p>
	<p>Daerah yang melepaskan energi elastis umumnya daerah yang lemah sehingga di daerah tersebut akan mengalami deformasi plastis, sedangkan daerah yang jauh dari sumber tersebut akan mengalami deformasi elastis dalam bentuk gelombang seismik.</p>
	<p>Dengan adanya deformasi plastis di sekitar sumber gempa bumi, fenomena yang dapat diamati dalam jangka waktu panjang adalah terjadi pergerakan dari lempeng tektonik dengan jenis pergerakan antara lain: penunjaman antara lempeng samudra dan lempeng benua, tumbukan antara kedua lempeng benua, dan pergerakan lempeng samudera yang saling menjauh, serta pergerakan lempeng yang saling bergeser.</p>
<p>Pengetahuan Prosedural</p>	

Pengetahuan Tentang Keterampilan dibidang Tertentu dan Algoritma	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Mengidentifikasi tanda-tanda akan terjadinya gempa bumi susulan</li> <li>b. Mengidentifikasi kemungkinan terjadi tsunami</li> </ul>
Pengetahuan Tentang Teknik dan Metode Tertentu	Cara-cara untuk menyelamatkan diri pada gempabumi saat berada di dalam ruangan
	Cara-cara untuk menyelamatkan diri pada gempabumi saat berada di luar ruangan
	Cara-cara untuk menyelamatkan diri pada gempabumi saat berada di dalam gedung bertingkat
	Cara-cara untuk menyelamatkan diri pada gempabumi saat berada di dalam kendaraan
Pengetahuan tentang Kriteria untuk menentukan kapan harus menggunakan prosedur yang tepat	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Langkah-langkah penanggulangan prabencana gempabumi</li> <li>b. Langkah-langkah penanggulangan saat terjadi bencana gempabumi</li> <li>c. Langkah-langkah penanggulangan pasca bencana gempabumi</li> </ul>

## 5. Kaitan Materi Fisika dengan Materi Gempa Bumi

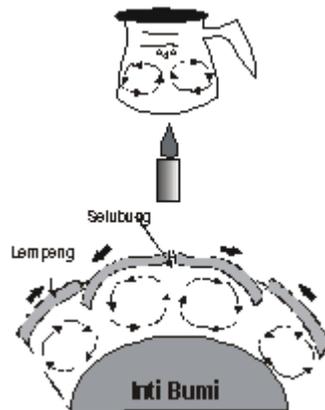
### A. Hakikat ilmu fisika dan keselamatan kerja di laboratorium

Fisika merupakan cabang dari sains. Sains adalah suatu ilmu pengetahuan yang mempelajari gejala alam melalui pengamatan, eksperimen dan analisis. Sebagai cabang dari sains, fisika adalah ilmu pengetahuan alam yang mempelajari materi dan energi serta interaksi antara keduanya.

Fisika merupakan ilmu pengetahuan yang lahir dan berkembang melalui langkah-langkah observasi (pengamatan), perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengujian hipotesis melalui eksperimen, penarikan kesimpulan serta penemuan teori dan konsep. Jadi, dapat disimpulkan hakikat fisika adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari materi dan energi serta integrasi antara keduanya melalui serangkaian proses yang dikenal dengan metode ilmiah. Proses tersebut dibangun atas dasar sikap ilmiah dan menghasilkan produk yang tersusun atas tiga komponen terpenting berupa konsep, prinsip dan teori yang berlaku secara universal. Pembelajaran fisika tidak hanya dalam bentuk teori namun juga ada praktikum yang dilaksanakan di Labor. Praktikum di Laboratorium memiliki aturan-aturan keselamatan kerja di antaranya aturan keselamatan umum, aturan keselamatan mata, aturan keselamatan terhadap benda panas, aturan keselamatan terhadap api dan sebagainya. Materi hakikat ilmu fisika dan keselamatan kerja di laboratorium tidak memiliki keterkaitan dengan materi Gempa Bumi.

#### B. Suhu dan Kalor

Gempa bumi tektonik disebabkan oleh aktifitas lempeng tektonik. Salah satu sumber energi gempa bumi adalah dari panas yang dihasilkan oleh gesekan antar lempeng tersebut. Hal ini diilustrasikan oleh gambar 3

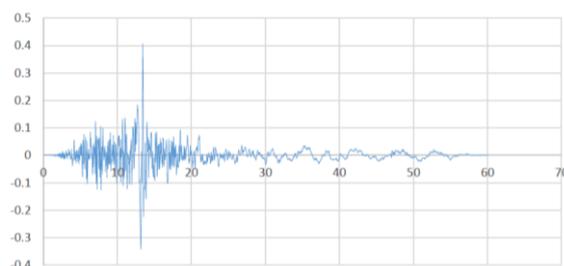


Gambar 51. Arus Konveksi  
sumber:<http://merapi.vsi.esdm.go.id/>

Arus konveksi memindahkan panas melalui zat cair atau gas. Gambar poci kopi menunjukkan dua arus konveksi dalam zat cair. Perhatikan, air yang dekat dengan api akan naik, saat dingin dipermukaan air kembali turun. Para ilmuwan menduga arus konveksi dalam selubung itulah yang membuat lempeng-lempeng bergerak. Karena suhu selubung amat panas, bagian-bagian di selubung bisa mengalir seperti cairan yang tipis. Lempeng-lempeng itu bergerak seperti ban berjalan berukuran besar (Sukanto, 2000).

### C. Getaran dan Gelombang

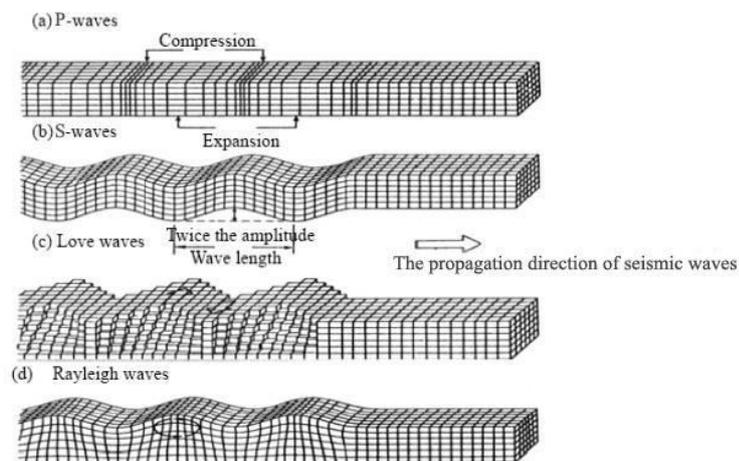
Semua gelombang gempa dideteksi oleh pencatat gempa baik seismograph maupun *eccelerograph*. Data rekaman ini yang menjadi data primer dalam analisis *Time History* seperti terlihat pada gambar 42



Gambar 52. Accelogram Rekaman Gempa  
Sumber : [peer.berkeley.edu](http://peer.berkeley.edu)

Gelombang gempa bumi dianggap merambat sebagaimana layaknya gelombang air, yang menempuh perjalanannya ke segala arah dari sumber penyebabnya, dalam runtutan gelombang demi gelombang. Pergeseran vertikal yang disebabkan oleh gelombang disebut amplitudo, jarak antar gelombang yang berurutan disebut panjang gelombang, waktu yang membentang antara dua gelombang disebut sebagai perioda, dan jumlah gelombang yang melintasi suatu titik pengamatan dalam satu detik disebut sebagai frekuensi (Bolt,2006:187).

Peristiwa gempabumi melepaskan energinya dalam gelombang seismik, sebagian besar merambat melalui seluruh tubuh planet (disebut gelombang badan) dan sebagian lainnya merambat hanya di dekat permukaan saja (dinamakan gelombang permukaan). Gelombang badan merambat secara cepat, baik sebagai gelombang primer maupun gelombang sekunder. Frekuensi mereka berkisar pada 0,5 hingga 20 hertz (0,5 hingga 20 siklus per detik) sehingga disebut pula sebagai gelombang perioda pendek.



Gambar 53. Jenis-Jenis Gelombang Seismik Dan Cara Rambatannya.

Gelombang primer (*P-wave*) merambat paling cepat, dengan cara menekan dan meregang (*push-pull*) material yang dilewatinya, baik itu berupa material padat, cair, maupun gas. Kecepatannya tergantung pada densitas dan kompresibilitas material yang dilewati; semakin besar densitas dan semakin resisten material terhadap tekanan, maka akan semakin besar pula kecepatan gelombang seismik. Kecepatan rerata gelombang primer pada batuan padat, seperti granit, adalah 4,8 km/detik, bila melewati air menjadi 1,4 km/detik. Karena gelombang primer mampu merambat di udara, mereka pun bisa terdengar di dekat episentrum dalam frekuensi 15 hertz, sebagai suara gemuruh yang mampu menggetarkan jendela rumah (Bolt,2006:190).

Gelombang sekunder (*S-wave*) merambat dengan kecepatan dibawah gelombang primer, sekitar 3 km/detik bila melewati granit. Mereka bergerak dengan menggeser partikel medium yang dilalui pada arah tegak-lurus rambatan, sehingga hanya bisa melewati medium padat saja, karena air dan gas tidak memiliki kekuatan geser. Karena gerakannya berupa geseran vertikal dan horisontal, maka gelombang sekunder memiliki lebih banyak kemampuan untuk merusak bangunan.

Gelombang permukaan yang merambat di dekat permukaan Bumi terdiri dari dua jenis: gelombang Love dan gelombang Rayleigh. Keduanya merupakan gelombang panjang karena memerlukan waktu lebih lama untuk menyelesaikan satu siklus gelombang (frekuensi rendah, kurang dari satu siklus per detik) dan bergerak dengan kecepatan yang lebih rendah,

sehingga mereka mampu membawa energi dalam jarak yang lebih jauh dari episentrum. Gelombang Love bergerak seperti gelombang sekunder, namun arah pergeserannya hanya horisontal saja. Gelombang Rayleigh bergerak dalam bentuk perputaran elips ke arah belakang, sehingga mampu menyebabkan gerakan mengarah vertikal dan horisontal sekaligus.

Konsep perioda dan frekuensi berlaku pada formasi geologi dan bangunan. Getaran bangunan berlantai 1 dan getaran bangunan berlantai 30 dalam menyelesaikan satu siklus pergerakan horisontal ke depan dan ke belakang, tentu tidak sama. Umumnya perioda getaran bangunan adalah 0,1 detik per lantai. Sehingga bangunan berlantai satu akan bergetar 0,1 detik per siklus, sedangkan bangunan berlantai 30 membutuhkan 3 detik per siklus. Selain jumlah lantai, perioda getaran bangunan juga dipengaruhi oleh material konstruksi. Material yang fleksibel seperti kayu atau baja memiliki perioda yang lebih panjang daripada material kaku seperti bata dan beton.

Jenis batuan di permukaan Bumi juga memiliki perioda alamiahnya. Batuan yang kaku dan keras bergetar dengan perioda 0,5 detik, sedangkan sedimen lunak yang belum terlitifikasi dapat melampaui perioda 2 detik per siklus.

Ketika gelombang seismik dengan perioda tertentu membawa banyak energi melintasi formasi geologi yang tersusun atas batuan dengan perioda alamiah yang sama, getaran tanah akan mengalami penguatan (amplifikasi). Ditambah lagi bila perioda bangunan yang ada di atas batuan tersebut juga memiliki perioda yang sama, maka kombinasi getaran atau resonansi akan

semakin diperkuat. Resonansi dibentuk oleh kesamaan perioda antara gelombang seismik dan material yang dilaluinya, baik itu formasi batuan maupun bangunan. Akibat resonansi pada bangunan adalah kerusakan katastrofis (Afnimar,2009: 41-46).

#### D. Usaha dan Energi

Gelombang gempa (*seismic wave*) adalah rambatan energi yang disebabkan karena adanya gangguan di dalam kerak bumi, misalnya adanya patahan atau adanya ledakan. Energi ini akan merambat ke seluruh bagian bumi melalui sebuah media (padat atau cair). Efek yang ditimbulkan oleh adanya gelombang seismik dari gangguan alami seperti: pergerakan lempeng (tektonik), bergeraknya patahan, aktivitas gunung api (vulkanik). Energi yang terdapat pada gempa bumi ditimbulkan dari energi gelombang gempa, energi panas akibat gesekan lempeng dan energi potensial bumi. Skala Richter atau Richter Magnitude adalah metoda kira-kira untuk menentukan besarnya energi gempa bumi yang dilepaskan dari pusat terjadinya gempa bumi. Perkiraan tersebut diformulasikan sebagai:

$$\log E = 11,4 + 1,5 M$$

dimana

E = energi gempa bumi (erg)

M = Richter magnitude

(Nandi, 2006).

### E. Elastisitas dan Hukum Hooke

Teori yang dapat menjelaskan tentang energi elastik yang dapat diterima adalah pergeseran sesar dan teori kekenyalan elastis (elastic rebound theory) dari H.F Rheld (1906). Teori menjelaskan bahwa jika permukaan bidang sesar saling bergesekan, batuan akan mengalami deformasi (perubahan wujud). Jika perubahan tersebut melampaui batas elastisitasnya, maka batuan akan patah (rupture) dan akan kembali ke bentuk asalnya (rebound). Hal ini diilustrasikan seperti gambar 6



Gambar 54. Ilustrasi pelepasan energi pada pegas  
(Mulyo, 2004:132)

## **B. Penelitian yang Relevan**

Berdasarkan penelitian yang relevan yaitu penelitian oleh Ardila (2018) menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian materi IPA dengan tujuan kurikulum pada buku teks pelajaran IPA SMP/MTs kelas VII semester 2 yang diterbitkan oleh Kemendikbud edisi revisi tahun 2017 dan tingkat kesesuaian materi IPA dengan tujuan kurikulum pada buku teks pelajaran IPA SMP/MTs kelas VII semester 2. Peneliti menyarankan untuk mengadakan penelitian menganalisis kesesuaian materi Fisika SMA/MA kelas X, XI, dan XII dengan materi bencana lain, namun penelitian tersebut belum dilakukan.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Amira (2019) menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian materi fisika untuk diintegrasikan dengan materi tsunami pada buku teks pelajaran fisika SMA/MA dan SMK kelas X, XI, dan XII yang diterbitkan oleh erlangga revisi 2016. Namun penelitian ini tidak mengintegrasikan materi gempa bumi dengan materi fisika.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan Tri Anggun (2018) berjudul Pengaruh LKPD Terintegrasi Materi Gelombang Gempa Bumi Terhadap Kompetensi Fisika Peserta Didik Di SMA. Penelitian ini menunjukkan bahwa LKPD Terintegrasi Materi Gelombang Gempa Bumi memberikan pengaruh yang berarti terhadap kompetensi fisika peserta didik di SMA. Namun, penelitian yang mengintegrasikan materi gempabumi dengan materi fisika secara utuh untuk semua KD belum dilakukan.

Penelitian Tita (2018) berjudul Keefektifan Pembelajaran Fisika SMA Terintegrasi Pendidikan Kebencanaan Gempa Bumi Ditinjau dari Penguasaan

Materi dan Kesiapsiagaan Bencana Alam. Penelitian ini telah mengintegrasikan materi gempa bumi dengan materi fisika, namun hanya untuk KD Gelombang saja. Namun yang mengintegrasikan materi gempabumi dengan materi fisika secara utuh untuk semua KD belum dilakukan.

Penelitian Nurul (2016) berjudul Pengaruh LKS Terintegrasi Materi Gempa Bumi pada Konsep Usaha, Energi, Momentum dan Impuls Terhadap Kompetensi Fisika Kelas XI SMAN 4 Padang dalam Model Pembelajaran Search, Solve, Create, and Share (SSCS) *Problem Solving*. Namun, penelitian ini tidak mengintegrasikan materi gempabumi dengan materi fisika secara utuh minimal untuk satu semester.

Penelitian Estuhono (2014) berjudul Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika SMA Berbasis Model Pembelajaran *Creative Problem Solving* (CPS) dengan Strategi Brainstorming pada Materi Elastisitas dan Getaran Terintegrasi Bencana Gempa Bumi. Penelitian ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis model *Creative Problem Solving* dengan strategi *Brainstorming* pada materi elastisitas dan getaran terintegrasi bencana gempa bumi berada dalam kriteria sangat valid, sangat praktis dan sangat efektif. Namun, pengintegrasian materi fisika dengan materi gempa bumi untuk semua KD minimal pada satu semester belum dilakukan.

Selanjutnya penelitian Dea Stivani Suherman (2016) yang berjudul Pengembangan Buku Teks Fisika SMA Terintegrasi Materi Gempa Bumi Berbasis Pendekatan *Constructivist* Dengan Model *Cooperative Inquiry*. Penelitian ini telah mengintegrasikan materi fisika dengan materi gempa bumi,

namun materi fisika yang diintegrasikan hanya materi elastisitas, materi getaran, materi usaha dan energi serta materi gelombang. Sedangkan analisis kesesuaian materi fisika dengan materi gempa bumi untuk semua KD belum dilakukan.

Penelitian Muhammad Zukir (2013) berjudul Pengaruh LKS Terintegrasi Materi Bencana Gempabumi pada Konsep Elastisitas dan Getaran terhadap Hasil Belajar Siswa Dalam Pembelajaran Problem Based Instruction di Kelas XI SMA N 1 Padang. Penelitian ini mengintegrasikan materi gempa bumi dengan materi Fisika pada Materi Pokok Elastisitas dan Getaran. Namun, penelitian yang menganalisis kesesuaian materi fisika dengan materi gempabumi untuk semua KD belum dilakukan.

Berdasarkan uraian penelitian-penelitian terdahulu diatas, diketahui bahwa belum ada peneliti yang menganalisis kesesuaian materi Gempa Bumi dengan materi Fisika untuk semua KD minimal untuk satu semester. Karena tidak semua materi fisika bisa diintegrasikan dengan materi gempabumi.

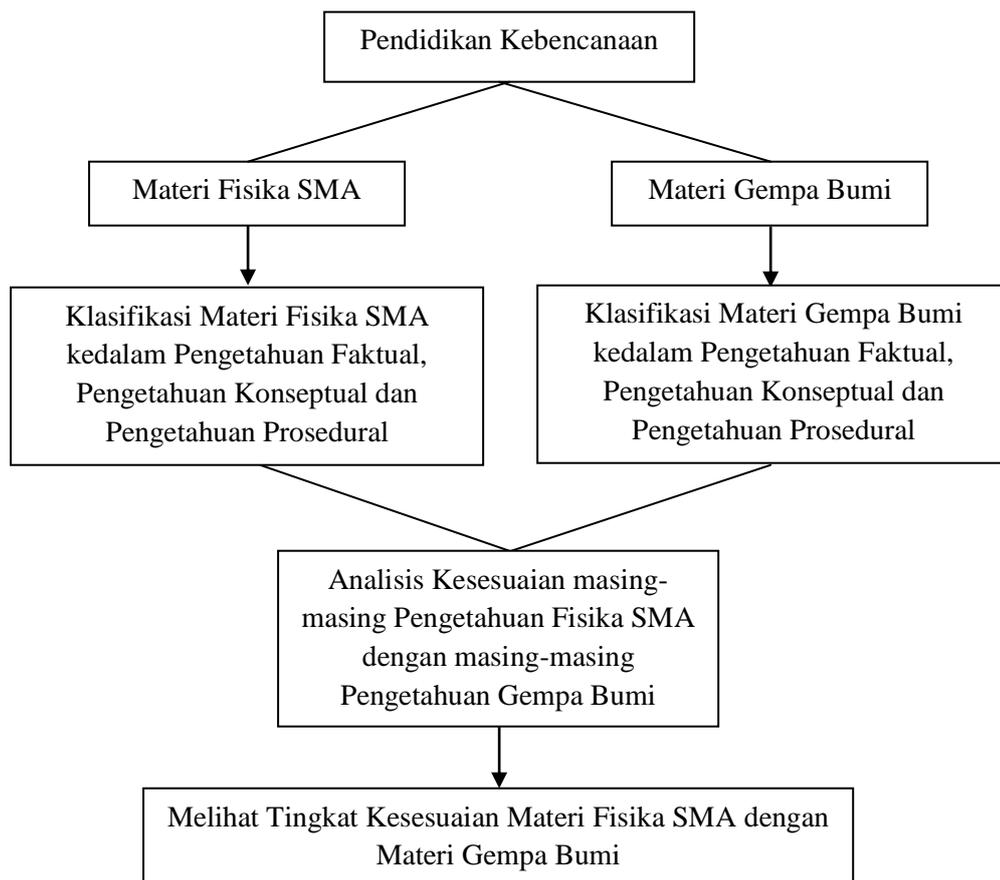
### **C. Kerangka Berfikir**

Dalam rangka mewujudkan pendidikan kebencanaan materi bencana harus diintegrasikan dengan materi yang diajarkan di sekolah. Materi Fisika adalah materi yang membicarakan tentang fenomena alam, sedangkan gempa bumi merupakan salah satu fenomena alam. Sehingga materi gempa bumi cocok untuk diintegrasikan dengan materi fisika.

Di pendidikan formal tingkat SMA, materi fisika untuk 6 semester terdiri dari 34 materi pokok. Namun, tidak semua materi pokok fisika SMA yang

sesuai untuk diintegrasikan dengan materi gempa bumi. Maka perlu dilakukan penelitian yang menganalisis kesesuaian materi gempa bumi dengan materi fisika SMA sehingga kita peroleh semester mana yang paling sesuai untuk diintegrasikan dengan materi gempa bumi.

Berdasarkan uraian di atas kerangka berpikir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 44.



Gambar 54. Kerangka Berfikir

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Tingkat kesesuaian materi Fisika SMA/MA dengan materi gempa bumi untuk kelas X semester 1 adalah cukup sesuai, kelas X semester 2 adalah sangat sesuai, kelas XI semester 1 adalah sesuai, kelas XI semester 2 adalah sangat sesuai, kelas XII semester 1 adalah tidak sesuai dan kelas XII semester 2 adalah tidak sesuai.

#### **B. Saran**

Berdasarkan simpulan di atas, maka peneliti mengemukakan saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menganalisis kesesuaian materi Fisika dengan materi bencana pada bencana yang lain seperti tanah longsor, banjir, gunung meletus, kejatuhan meteor dan lainnya. Hal itu dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kesesuaian materi Fisika dengan materi Bencana.
2. Materi Fisika SMA/MA kelas X, XI dan XII yang sangat sesuai untuk diintegrasikan dengan materi Gempa bumi yaitu pada semester 2 kelas X dan semester 2 kelas XI. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan buku Fisika yang terintegrasi materi Gempa bumi.