

FISIKA UMUM

Buku ini mendeskripsikan beberapa pokok bahasan yang penting dalam pembelajaran Mata Kuliah Fisika Umum. Penulisan buku ajar ini berawal dari keinginan penulis untuk memberi kemudahan bagi mahasiswa yang menempuh mata kuliah Fisika Umum. Materi buku ajar ini sebagian besar adalah materi Fisika yang disusun dengan bahasa yang mudah dimengerti, sehingga mahasiswa lebih mudah mencerna dan lebih cepat memahami materi yang ada di dalamnya. Dalam memahami dasar-dasar fisika, tentunya diperlukan buku pegangan atau rujukan yang mempermudah mahasiswa dalam menggali ilmu dan pengetahuannya. Sistematika penulisan buku ini terdiri atas beberapa bab mulai dari 1) pengukuran, 2) materi dan perubahannya, 3) gerak dan penerapannya, 4) suhu dan kalor, 5) getaran, gelombang, dan bunyi, 6) cahaya dan optik, 7) listrik statis dan dinamis, dan 8) kemagnetan. Dalam penulisan buku ini didukung oleh data yang dikumpulkan berupa data sekunder dari berbagai buku, artikel pada jurnal ilmiah dan dokumen-dokumen pendukung yang sesuai.



UIN MATARAM PRESS
GEDUNG RESEARCH CENTER LT.1 KAMPUS II UIN MATARAM
Jl. GAJAH MADA NO. 100 JEMPONG BARU KOTA MATARAM



Kurniawan Arizona, M.Pd.

FISIKA UMUM



FISIKA UMUM

Kurniawan Arizona, M.Pd.

Kurniawan Arizona, M.Pd.

FISIKA UMUM



FISIKA UMUM

Penulis:

Kurniawan Arizona, M.Pd.

ISBN 978-623-8497-01-0

Editor:

Prof. Dr. Bahtiar, M.Pd.Si

Layout:

Tim UIN Mataram Press

Desain Sampul:

Tim Creative UIN Mataram Press

Penerbit:

UIN Mataram Press

Redaksi:

Kampus II UIN Mataram (Gedung Research Center Lt. 1)

Jl. Gajah Mada No. 100 Jempong Baru

Kota Mataram – NTB 83116

Fax. (0370) 625337 Telp. 087753236499

Email: uinmatarampress@gmail.com

Distribusi:

CV. Pustaka Egaliter (Penerbit & Percetakan)

Anggota IKAPI (No. 184/DIY/2023)

E-mail: pustakaegaliter@gmail.com

<https://pustakaegaliter.com/>

Cetakan Pertama, Desember 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR PENULIS

Puji syukur penulis panjatkan hanya ke hadirat Allah *Azza wa Jalla*, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku ajar Fisika Umum ini dapat terselesaikan. Selanjutnya shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan alam Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wasallam* yang menuntun kita kepada jalan yang benar.

Penulisan buku ajar ini berawal dari keinginan penulis untuk memberi kemudahan bagi mahasiswa yang menempuh mata kuliah Fisika Umum. Materi buku ajar ini sebagian besar adalah materi Fisika yang disusun dengan bahasa yang mudah dimengerti, sehingga mahasiswa lebih mudah mencerna dan lebih cepat memahami materi yang ada di dalamnya.

Berkaitan dengan penyelesaian buku ajar ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada istri tercinta yang dengan tulus hati memberikan semangat, ide dan saran serta segala bantuan demi penyelesaian penulisan buku. Tidak lupa juga untuk putriku tersayang Mutiara Fathimah Arizona, Aisyah Putri Arizona, Zahrah Afifah Arizona dan Sofiya Habibah Arizona yang sudah sangat membantu dengan selalu mengerti dan memahami.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan buku ajar ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran yang bersifat membangun, semoga buku ajar Fisika Umum ini dapat digunakan sebagai referensi dalam kegiatan perkuliahan.

Mataram, 2 Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Sampul ~ i

Kata Pengantar Penulis ~ iii

Daftar Isi ~ v

Daftar Tabel ~ viii

Daftar Gambar ~ ix

Daftar Singkatan ~ xiii

BAB I PENGUKURAN

- A. Pengertian Pengukuran ~1
- B. Besaran Pokok dan Besaran Turunan ~ 2
- C. Pengukuran Besaran Fisika ~ 11
- D. Keselamatan Kerja dalam Pengukuran ~ 16
- E. Notasi Ilmiah, Angka Penting dan Teori Ralat ~17

BAB II MATERI DAN PERUBAHANNYA

- A. Konsep Materi ~ 33
- B. Pengelompokan Materi ~ 37
- C. Perubahan Materi ~ 42

BAB III GERAK DAN PENERAPANNYA

- A. Kinematika Gerak ~ 53
- B. Dinamika Gerak ~ 62
- C. Energi dan Usaha ~ 75
- D. Pesawat Sederhana ~ 92

BAB IV SUHU DAN KALOR

- A. Definisi Suhu dan Kalor ~ 105
- B. Skala pada Termometer ~ 107
- C. Jenis-jenis Termometer ~ 113
- D. Perubahan Wujud dan Sifat Benda ~ 118
- E. Energi Kalor ~ 121

iv Fisika Umum

F. Perpindahan Kalor ~ 126

BAB V GETARAN, GELOMBANG DAN BUNYI

A. Pengertian Getaran dan Gelombang ~ 135

B. Besaran-besaran Getaran ~ 137

C. Besaran-besaran Gelombang~ 140

D. Jenis-jenis Gelombang~ 144

E. Pengertian Bunyi ~ 148

F. Cepat Rambat Bunyi~ 149

G. Sifat-Sifat Bunyi ~ 154

H. Pemantulan Bunyi ~ 156

I. Intensitas Bunyi ~ 160

J. Efek Doppler ~ 167

BAB VI CAHAYA DAN OPTIK

A. Definisi Cahaya dan Optik ~ 173

B. Sifat-sifat Cahaya ~ 176

C. Mata sebagai Alat Optik ~188

D. Cacat Mata dan Kacamata ~ 190

E. Lup ~ 195

F. Mikroskop ~ 197

G. Teropong ~ 199

H. Kamera ~ 200

I. Periskop ~ 203

BAB VII LISTRIK STATIS DAN DINAMIS

A. Muatan Listrik ~ 207

B. Gaya Coulomb dan Medan Listrik ~ 219

C. Arus dan Tegangan Listrik ~ 227

D. Hukum Ohm ~ 232

E. Hukum Kirchoff ~ 235

F. Hambatan (Resistor) dan Rangkaianannya ~ 236

BAB VIII KEMAGNETAN

- A. Pengertian Magnet ~ 247
- B. Bentuk dan Jenis Magnet ~249
- C. Pembuatan dan Menghilangkan Sifat Magnet~252
- D. Mendeskripsikan Sifat Magnet ~ 256
- E. Kemagnetan Bumi~258
- F. Peranan Magnet dalam Kehidupan Sehari-hari~259
- G. Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus Listrik~262

Daftar Pustaka ~ 269

Daftar Istilah ~ 271

Indeks ~ 276

Biodata Penulis ~ 280

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Satuan Besaran Pokok dalam Sistem Metrik~	3
Tabel 1.2 Beberapa Besaran Turunan beserta Satuannya~	4
Tabel 1.3 Awalan Satuan Sistem Metrik Besaran Panjang~	10
Tabel 2.1 Perbedaan Senyawa dengan Campuran~	42
Tabel 3.1 Pengamatan terhadap Mobil yang Bergerak~	61
Tabel 3.2 Pengaruh Resultan Gaya terhadap Percepatan~	68
Tabel 3.3 Pengaruh Massa Benda terhadap Percepatan~	70
Tabel 4.1 Kalor Jenis Suatu Zat~	123
Tabel 4.2 Titik Didih dan Kalor Uap Beberapa Zat~	124
Tabel 4.3 Titik Lebur dan Kalor Lebur Beberapa Zat~	125
Tabel 5.1 Cepat Rambat Bunyi pada Beberapa Medium~	150
Tabel 5.2 Taraf Intensitas Bunyi~	161
Tabel 7.1 Hambatan Jenis Beberapa Zat~	238

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1 Tangga Konversi Panjang ~ 8
Gambar 1.2 Alat Ukur Panjang ~ 13
Gambar 1.3 Pembacaan Skala pada Mistar ~ 13
Gambar 1.4 Jangka Sorong ~ 14
Gambar 1.5 Mikrometer Sekrup ~ 15
Gambar 1.6 Contoh Neraca (Timbangan) ~ 15
Gambar 1.7 Alat Ukur Waktu~ 16
Gambar 2.1 Contoh Materi Berwujud Padat, Cair, dan Gas~ 38
Gambar 2.2 Contoh Unsur dan Senyawa Nitrogen~ 40
Gambar 2.3 Pembakaran Kertas~ 47
Gambar 2.4 Pembusukan Kentang~ 47
Gambar 2.5 Besi yang Berkarat~ 48
Gambar 2.6 Pelapukan Kayu dan Batuan~ 50
Gambar 3.1 Bergerak dari Suatu Tempat ke Tempat Lain~ 55
Gambar 3.2 Hubungan antara Kecepatan dan Waktu~ 55
Gambar 3.3 Grafik Jarak yang Ditempuh Sebuah Benda~56
Gambar 3.4 Posisi Benda dalam Sumbu Koordinat~ 57
Gambar 3.5 Bola Digulirkan pada Bidang Datar~ 58
Gambar 3.6 Perbedaan Jarak dan Perpindahan~ 59
Gambar 3.7 Perubahan Posisi Bola 3~ 59
Gambar 3.8 Grafik Jarak terhadap Waktu~ 62
Gambar 3.9 Benda Bergerak dengan Arah yang Sama~ 62
Gambar 3.10 Benda Bergerak dengan Arah yang Berlawanan~ 62
Gambar 3.11 Contoh Kasus Resultan Gaya ~ 66
Gambar 3.12 Pengaruh Resultan Gaya terhadap Percepatan~ 68
Gambar 3.13 Pengaruh Massa Benda terhadap Percepatan~ 69
Gambar 3.14 Segitiga Rumus Newton~ 71
Gambar 3.15 Gaya Besarnya Sama tetapi Berlawanan Arah ~ 73
Gambar 3.16 Tabrakan Dua Buah Mobil~ 83
Gambar 3.17 Benda Dipengaruhi Gaya F ~ 84
Gambar 3.18 Benda yang Diangkat dari Lantai~ 87

- Gambar 3.19 Benda yang Dijatuhkan ke Lantai ~ 88
- Gambar 3.20 Benda yang Jatuh Bebas Memiliki EP dan EK ~ 89
- Gambar 3.21 Gerakan Benda Jatuh~ 90
- Gambar 3.22 Gerakan Benda Berayun~ 91
- Gambar 3.23 Contoh Pesawat Rumit~ 93
- Gambar 3.24 Contoh Pesawat Sederhana~ 93
- Gambar 3.25 Pengungkit atau Tuas~ 94
- Gambar 3.26 Penggunaan Pengungkit pada Pintu~ 94
- Gambar 3.27 Penggunaan Bidang Miring~ 95
- Gambar 3.28 Roda dan Penggunaannya~ 95
- Gambar 3.29 Orang Mengangkat Benda dengan Katrol~ 96
- Gambar 3.30 Katrol Tetap dan Katrol Bergerak~ 97
- Gambar 3.31 Katrol Majemuk~ 97
- Gambar 3.32 Pembuka Botol~ 98
- Gambar 4.1 Titik Tetap Bawah dan Atas Skala Termometer ~ 109
- Gambar 4.2 Termometer Zat Cair~ 113
- Gambar 4.3 Termokopel~ 114
- Gambar 4.4 Termometer Hambatan Listrik~ 115
- Gambar 4.5 Termometer Gas Volume Tetap~ 115
- Gambar 4.6 Termometer Klinis~ 116
- Gambar 4.7 Termometer Ruang~ 116
- Gambar 4.8 Termometer Bimetal~ 117
- Gambar 4.9 Termometer Max-Min~ 118
- Gambar 4.10 Perubahan Wujud Zat~ 119
- Gambar 4.11 Perubahan Wujud Zat Akibat Penambahan Energi~ 121
- Gambar 4.12 Perubahan Suhu pada Sistem~ 126
- Gambar 4.13 Aliran Energi secara Konduksi~ 128
- Gambar 5.1 Bandul yang Digetarkan~ 136
- Gambar 5.2 Simpangan Getaran~ 137
- Gambar 5.3 Grafik Simpangan terhadap Waktu ~ 141
- Gambar 5.4 Panjang Gelombang Transversal dan Longitudinal ~ 142
- Gambar 5.5 Contoh-contoh Gelombang Mekanik ~ 145

- Gambar 5.6 Pemanfaatan Gelombang Elektromagnetik~ 145
- Gambar 5.7 Gelombang Transversal~ 146
- Gambar 5.8 Gelombang Longitudinal~ 147
- Gambar 5.9 Bunyi Merambat melalui Suatu Medium~ 149
- Gambar 5.10 Pengaruh Suhu Udara pada Kecepatan Bunyi~ 151
- Gambar 5.11 Penggunaan Gelombang Ultrasonik ~ 153
- Gambar 5.12 Simpangan Senar saat Gitar dipetik~ 155
- Gambar 6.1 Proses Pemantulan Baur~ 177
- Gambar 6.2 Proses Pemantulan Teratur~ 177
- Gambar 6.3 Proses Pembentukan Sinar Pantul~ 178
- Gambar 6.4 Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cekung~ 180
- Gambar 6.5 Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cembung~ 181
- Gambar 6.6 Pembiasan Cahaya~ 182
- Gambar 6.7 Pembiasan dari Medium Renggang ke Rapat~183
- Gambar 6.8 Pembiasan dari Medium Rapat ke Renggang~ 184
- Gambar 6.9 Bagian-bagian Mata~ 189
- Gambar 6.10 Kemampuan Daya Akomodasi Mata ~ 190
- Gambar 6.11 Miopi Dibantu dengan Lensa Cekung ~ 191
- Gambar 6.12 Hipermetropi Dibantu dengan Lensa Cembung ~ 193
- Gambar 6.13 Lup dan Proses Pembentukan Bayangan~ 195
- Gambar 6.14 Bagian-bagian Mikroskop~ 198
- Gambar 6.15 Teropong Bintang~ 200
- Gambar 6.16 Bagian-bagian Kamera~ 201
- Gambar 6.17 Pembentukan Bayangan pada Kamera dan Mata ~ 202
- Gambar 6.18 Periskop~ 204
- Gambar 7.1 Muatan sejenis dan tak sejenis~ 210
- Gambar 7.2 Model Atom Sederhana~ 212
- Gambar 7.3 Sebuah Molekul Air yang Polar~ 212
- Gambar 7.4 Muatan Listrik pada Logam~ 215
- Gambar 7.5 Memberikan muatan listrik dengan jalan induksi~ 215
- Gambar 7.6 Induksi Muatan pada Suatu Benda~ 216
- Gambar 7.7 Alat Elektroskop~ 217
- Gambar 7.8 Muatan Listrik dan Deduksi Elektroskop~ 218

Gambar 7.9 Elektroskop diberi muatan listrik untuk mengenal tanda~ 219

Gambar 7.10 Gaya Tolak menolak dan Tarik menarik~ 220

Gambar 7.11 Daerah Medan Listrik~ 221

Gambar 7.12 Muatan dan Medan Listrik~ 222

Gambar 7.13 Garis Medan Listrik~ 222

Gambar 7.14 Garis Medan dan Muatan Listrik~ 223

Gambar 7.15 Garis Medan Listrik dan Titik Medan Listrik~ 224

Gambar 7.16 Petir ~ 225

Gambar 7.17 Proses Terjadinya Petir~ 225

Gambar 7.18 Penangkal Petir~ 226

Gambar 7.19 Skema Rangkaian Listrik Tertutup~ 228

Gambar 7.20 Arah Arus pada Penghantar~ 229

Gambar 7.21 Grafik Hubungan Tegangan dan Arus~ 233

Gambar 7.22 Filamen pada Bola Lampu~ 235

Gambar 8.1 Bentuk-Bentuk Magnet~ 250

Gambar 8.2 Pembuatan Magnet dengan Arus Listrik Searah~ 254

Gambar 8.3 Pembuatan Magnet dengan Induksi~ 254

Gambar 8.4 Pembuatan Magnet dengan Gosokan~ 255

Gambar 8.5 Magnet Batang~ 256

Gambar 8.6 Ilustrasi Garis Gaya Magnet~ 258

Gambar 8.7 Kutub Magnet~ 258

Gambar 8.8 Fenomena Deklinasi~ 259

Gambar 8.9 Fenomena Inklinasi~ 259

Gambar 8.10 Kompas~ 260

Gambar 8.11 Generator~ 260

Gambar 8.12 Kipas Angin~ 261

Gambar 8.13 Alat Pengangkut Besi Tua~ 262

Gambar 8.14 H.C. Oersted dan Temuannya~ 262

Gambar 8.15 Pengaruh Kawat Berarus pada Magnet Jarum~ 263

Gambar 8.16 Arah Medan Magnet dengan Tangan Kanan~ 264

Gambar 8.17 Arah Medan Magnet Induksi~ 265

DAFTAR SINGKATAN

A

- A : ampere
AC : alternating current (arus bolak-balik)
Al : Alumunium
Ar : Argon

B

- BBM : bahan bakar minyak

C

- C : Karbon
cd : candela
CGS : centimeter gram second
Cl : Klorida
cm : centimeter
°C : derajat celcius

D

- DC : direct current (arus searah)

E

- E_K : energi kinetik
 E_M : energi mekanik
 E_P : energi potensial

F

- f : frekuensi
Fb : gaya beban
Fk : gaya kuasa
°F : derajat fahrenheit

G

g : gram
GLB : gerak lurus beraturan
GLBB : gerak lurus berubah beraturan
Ge : Germanium

H

He : Helium

I

I : intensitas

J

J : joule

K

K : Kelvin

KA : kemampuan akhir

kg : kilogram

KM : keuntungan mekanik

KMI : keuntungan mekanik ideal

M

m : meter

MKS : meter kilogram second

mm : milimeter

N

N : newton

N : Nitrogen

Na : Natrium

NST : nilai skala terkecil

O

O : Oksigen

P

Pa : pascal

PLTA : pembangkit listrik tenaga air

PP : *punctum proximum* (titik dekat mata)

PR : *punctum remotum* (titik jauh mata)

R

°R : derajat reamur

S

s : sekon

SI : satuan sistem internasional

Si : Silikon

T

TI : taraf intensitas

W

W : watt

Wi : usaha masukan

Wo : usaha keluaran

X

Xe : Xenon

BAB I

PENGUKURAN

KEMAMPUAN AKHIR (KA):

1) Melalui perkuliahan tatap muka dan penugasan, mahasiswa dapat menganalisis teknik pengukuran sesuai dengan prosedur ilmiah dan teori angka penting.

INDIKATOR:

- 1.1) Menjelaskan definisi pengukuran.
- 1.2) Mendeskripsikan besaran pokok dan besaran turunan beserta satuannya.
- 1.3) Melakukan pengukuran dasar secara teliti dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dan sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari.
- 1.4) Menerapkan keselamatan kerja dalam proses pengukuran.
- 1.5) Menganalisis hasil pengukuran berdasarkan angka penting dan teori ralat.

A. PENGERTIAN PENGUKURAN

Pengukuran merupakan kegiatan membandingkan suatu besaran yang diukur dengan alat ukur yang digunakan sebagai satuan. Misalnya, Anda melakukan kegiatan pengukuran panjang meja dengan pensil. Dalam kegiatan tersebut artinya Anda membandingkan panjang meja dengan panjang pensil. Panjang pensil yang Anda gunakan adalah sebagai satuan. Sesuatu yang dapat diukur

dan dapat dinyatakan dengan angka disebut **besaran**, sedangkan perbandingan dalam suatu pengukuran disebut **satuan**. Satuan yang digunakan untuk melakukan pengukuran dengan hasil yang sama atau tetap untuk semua orang disebut **satuan baku**, sedangkan satuan yang digunakan untuk melakukan pengukuran dengan hasil yang tidak sama untuk orang yang berlainan disebut **satuan tidak baku**.

B. BESARAN POKOK DAN BESARAN TURUNAN

Besaran Pokok adalah besaran yang satuannya telah didefinisikan terlebih dahulu. Besaran Turunan adalah besaran yang satuannya diperoleh dari besaran pokok.

1. Pengertian Besaran Fisika, Besaran Pokok, dan Besaran Turunan

Di dalam pembicaraan kita sehari-hari yang dimaksud dengan berat badan adalah massa, sedangkan dalam fisika pengertian berat dan massa berbeda. Berat badan dapat kita tentukan dengan menggunakan alat timbangan berat badan. Misalnya, setelah ditimbang berat badanmu 50 kg atau dalam fisika bermassa 50 kg. Tinggi atau panjang dan massa adalah sesuatu yang dapat kita ukur dan dapat kita nyatakan dengan angka dan satuan. Panjang dan massa merupakan besaran fisika. Jadi, **besaran fisika** adalah ukuran fisis suatu benda yang dinyatakan secara kuantitas.

Selain besaran fisika juga terdapat besaran-besaran yang bukan besaran fisika, misalnya perasaan sedih, gembira, dan lelah. Karena perasaan tidak dapat diukur dan tidak dapat dinyatakan dengan angka dan satuan, maka perasaan bukan besaran fisika.

Besaran fisika dikelompokkan menjadi dua, yaitu besaran pokok dan besaran turunan. **Besaran pokok** adalah besaran yang sudah ditetapkan terlebih dahulu. Adapun, besaran turunan merupakan besaran yang dijabarkan dari besaran-besaran pokok.

Sistem satuan besaran fisika pada prinsipnya bersifat standar atau baku, yaitu bersifat tetap, berlaku universal, dan mudah digunakan setiap saat dengan tepat. Sistem satuan standar ditetapkan pada tahun 1960 melalui pertemuan para ilmuwan di Sevres, Paris. Sistem satuan yang digunakan dalam dunia pendidikan dan pengetahuan dinamakan sistem metrik, yang dikelompokkan menjadi sistem metrik besar atau **MKS (Meter Kilogram Second)** yang disebut sistem internasional atau disingkat SI dan sistem metrik kecil atau **CGS (Centimeter Gram Second)**. Besaran pokok beserta dengan satuannya dapat dilihat dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Satuan Besaran Pokok dalam Sistem Metrik

No	Besaran Pokok	Satuan SI / MKS	Singkatan n	Satuan Sistem CGS	Singkatan n
1	Panjang	meter	m	centimeter	cm
2	Massa	kilogram	Kg	gram	g
3	Waktu	detik	S	detik	s
4	Suhu	kelvin	K	kelvin	K
5	Kuat arus listrik	ampere	A	stat ampere	stat A

6	Intensitas cahaya	candela	Cd	candela	Cd
7	Jumlah zat	mole	Mol	mole	mol

Selain tujuh besaran pokok di atas, terdapat dua besaran pokok tambahan, yaitu sudut bidang datar dengan satuan radian (rad) dan sudut ruang dengan satuan steradian (sr).

Semua besaran selain besaran pokok yang telah disebutkan di atas dipastikan merupakan besaran turunan. Contoh dari beberapa besaran turunan dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. Beberapa Besaran Turunan beserta Satuannya

No.	Besaran Turunan	Penjabaran dari Besaran Pokok	Satuan Sistem MKS
1	Luas	panjang x lebar	m^2
2	Volume	panjang x lebar x tinggi	m^3
3	Massa jenis	massa : volume	kg/m^3
4	Kecepatan	perpindahan : waktu	m/s
5	Percepatan	kecepatan : waktu	m/s^2
6	Gaya	massa x percepatan	newton (N) = $kg.m/s^2$
7	Usaha	gaya x perpindahan	joule (J) = $kg.m^2/s^2$
8	Daya	usaha : waktu	watt (W) = $kg.m^2/s^2$
9	Tekanan	gaya : luas	pascal (Pa) = N/m^2

No.	Besaran Turunan	Penjabaran dari Besaran Pokok	Satuan Sistem MKS
10	Momentum	massa x kecepatan	kg.m/s

2. Sistem Internasional

Dahulu orang biasa menggunakan jengkal, hasta, depa, langkah sebagai alat ukur panjang. Ternyata hasil pengukuran yang dilakukan menghasilkan data berbeda-beda yang berakibat menyulitkan dalam pengukuran, karena jengkal seseorang dengan lainnya tidak sama. Oleh karena itu, harus ditentukan dan ditetapkan satuan yang dapat berlaku secara umum. Usaha para ilmuwan melalui berbagai pertemuan membuahkan hasil sistem satuan yang berlaku di negara manapun dengan pertimbangan satuan yang baik harus memiliki syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Satuan selalu tetap, artinya tidak mengalami perubahan karena pengaruh apapun, misalnya suhu, tekanan dan kelembaban.
- b. Bersifat internasional, artinya dapat dipakai di seluruh negara.
- c. Mudah ditiru bagi setiap orang yang akan menggunakannya.

Satuan Sistem Internasional (SI) digunakan di seluruh negara dan berguna untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan perdagangan antarnegara. Anda dapat membayangkan betapa kacanya perdagangan apabila tidak ada satuan standar, misalnya satu kilogram dan satu meter kubik.

a. Satuan Internasional untuk Panjang

Hasil pengukuran besaran panjang biasanya dinyatakan dalam satuan meter, centimeter, milimeter, atau kilometer. Satuan besaran panjang dalam SI adalah meter. Pada mulanya satu meter ditetapkan sama dengan panjang sepersepuluh juta ($1/10000000$) dari jarak kutub utara ke khatulistiwa melalui Paris. Kemudian dibuatlah batang meter standar dari campuran Platina-Iridium. Satu meter didefinisikan sebagai jarak dua goresan pada batang ketika bersuhu 0°C . Meter standar ini disimpan di International Bureau of Weights and Measure di Sevres, dekat kota Paris.

Batang meter standar dapat berubah dan rusak karena dipengaruhi suhu, serta menimbulkan kesulitan dalam menentukan ketelitian pengukuran. Oleh karena itu, pada tahun 1960 definisi satu meter diubah. Satu meter didefinisikan sebagai jarak $1650763,72$ kali panjang gelombang sinar jingga yang dipancarkan oleh atom gas krypton-86 dalam ruang hampa pada suatu lucutan listrik.

Pada tahun 1983, Konferensi Internasional tentang timbangan dan ukuran memutuskan bahwa satu meter merupakan jarak yang ditempuh cahaya pada selang waktu $1/299792458$ sekon. Penggunaan kecepatan cahaya ini, karena nilainya dianggap selalu konstan.

b. Satuan Internasional untuk Massa

Besaran massa dalam SI dinyatakan dalam satuan kilogram (kg). Pada mulanya para ahli mendefinisikan satu kilogram sebagai

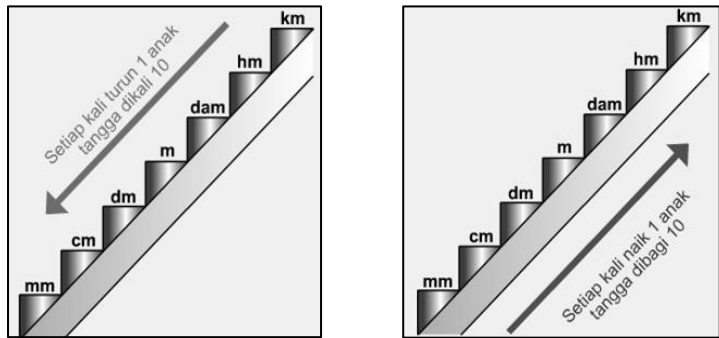
massa sebuah silinder yang terbuat dari bahan campuran Platina dan Iridium yang disimpan di Sevres, dekat Paris. Untuk mendapatkan ketelitian yang lebih baik, massa standar satu kilogram didefinisikan sebagai massa satu liter air murni pada suhu 4°C.

c. Satuan Internasional untuk Waktu

Besaran waktu dinyatakan dalam satuan detik atau sekon dalam SI. Pada awalnya satuan waktu dinyatakan atas dasar waktu rotasi bumi pada porosnya, yaitu 1 hari. Satu detik didefinisikan sebagai $1/26400$ kali satu hari rata-rata. Satu hari rata-rata sama dengan $24 \text{ jam} = 24 \times 60 \times 60 = 86400$ detik. Karena satu hari matahari tidak selalu tetap dari waktu ke waktu, maka pada tahun 1956 para ahli menetapkan definisi baru. Satu detik adalah selang waktu yang diperlukan oleh atom cesium-133 untuk melakukan getaran sebanyak 9.192.631.770 kali.

3. *Konversi Satuan Panjang, Massa, dan Waktu*

Setiap besaran memiliki satuan yang sesuai. Penggunaan satuan suatu besaran harus tepat, sebab apabila tidak sesuai akan berkesan janggal bahkan lucu. Misalnya seseorang mengatakan tinggi badannya 150°C, orang lain yang mendengar mungkin akan tersenyum karena hal itu salah. Demikian pula dengan pernyataan bahwa suhu badan orang yang sehat biasanya 36 meter, terdengar janggal.



Gambar 1.1 Tangga Konversi Panjang

Hasil suatu pengukuran belum tentu dinyatakan dalam satuan yang sesuai dengan keinginan kita atau yang kita perlukan. Contohnya panjang meja 1,5 m, sedangkan kita memerlukan dalam satuan cm, satuan gram dinyatakan dalam kilogram, dari satuan milisekon menjadi sekon. Untuk mengonversi atau mengubah dari suatu satuan ke satuan yang lainnya diperlukan tangga konversi. Gambar berikut menunjukkan tangga konversi panjang, massa, dan waktu, beserta dengan langkah-langkah penggunaannya.

4. Awalan Satuan dan Sistem Satuan di Luar Sistem Metrik

Di samping satuan sistem metrik, juga dikenal satuan lainnya yang sering dipakai dalam kehidupan sehari-hari, misalnya liter, inci, yard, feet, mil, ton, dan ons. Satuan-satuan tersebut dapat dikonversi atau diubah ke dalam satuan sistem metrik dengan patokan yang ditentukan. Konversi besaran panjang menggunakan acuan sebagai berikut:

- a. 1 mil = 1760 yard (1 yard adalah jarak pundak sampai ujung jari tangan orang dewasa).

- b. 1 yard = 3 feet (1 feet adalah jarak tumit sampai ujung jari kaki orang dewasa).
- c. 1 feet = 12 inci (1 inci adalah lebar maksimal ibu jari tangan orang dewasa).
- d. 1 inci = 2,54 cm
- e. 1 cm = 0,01 m

Satuan mil, yard, feet, inci tersebut dinamakan satuan sistem Inggris. Untuk besaran massa berlaku juga sistem konversi dari satuan sehari-hari maupun sistem Inggris ke dalam sistem SI. Contohnya sebagai berikut.

- a. 1 ton = 1000 kg
- b. 1 kuintal = 100 kg
- c. 1 slug = 14,59 kg
- d. 1 ons (oz) = 0,02835 kg
- e. 1 pon (lb) = 0,4536 kg

Satuan waktu dalam kehidupan sehari-hari dapat dikonversi ke dalam sistem SI yaitu detik atau sekon. Contohnya sebagai berikut.

- a. 1 tahun = $3,156 \times 10^7$ detik
- b. 1 hari = $8,640 \times 10^4$ detik
- c. 1 jam = 3600 detik
- d. 1 menit = 60 detik

Di dalam sistem metrik juga dikenal sistem awalan dari sistem MKS baik ke sistem makro maupun ke sistem mikro. Perhatikan Tabel 1.3. Penelitian jagad mikro dengan konversi sistem mikro

banyak berkembang dalam bidang teknologi dewasa ini, contohnya teknologi nano yang menyelidiki jagad renik seperti sel, virus, bakteriofage, dan DNA. Adapun penelitian jagad makro menggunakan konversi sistem makro karena objek penelitiannya mencakup wilayah lain dari jagad raya, yaitu objek alam semesta di luar bumi.

Tabel 1.3. Awalan Satuan Sistem Metrik Besaran Panjang

Sistem	Awalan Satuan	Lambang	Konversi
Konversi Makro	Eksa	E	10^{18}
	Peta	P	10^{15}
	Tera	T	10^{12}
	Giga	G	10^9
	Mega	M	10^6
	kilo	k	10^3
	hekto	h	10^2
	deka	da	10^1
MKS	meter		1
Konversi Mikro	centi	c	10^{-2}
	mili	m	10^{-3}
	mikro	M	10^{-6}
	nano	n	10^{-9}
	piko	p	10^{-12}
	femto	f	10^{-15}
	atto	A	10^{-18}

5. *Mengonversi Satuan Besaran Turunan*

Besaran turunan memiliki satuan yang dijabarkan dari satuan besaran-besaran pokok yang mendefinisikan besaran turunan tersebut. Oleh karena itu, seringkali dijumpai satuan besaran turunan dapat berkembang lebih dari satu macam karena penjabarannya dari definisi yang berbeda. Sebagai contoh, satuan percepatan dapat ditulis dengan m/s^2 dapat juga ditulis dengan N/kg . Satuan besaran turunan dapat juga dikonversi. Perhatikan beberapa contoh di bawah ini!

- a. $1 \text{ dyne} = 10^{-5} \text{ newton}$
- b. $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ joule}$
- c. $1 \text{ kalori} = 0,24 \text{ joule}$
- d. $1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ joule}$
- e. $1 \text{ liter} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3$
- f. $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ cc}$
- g. $1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ pascal}$
- h. $1 \text{ gauss} = 10^{-4} \text{ tesla}$

C. PENGUKURAN BESARAN FISIKA

Peranan pengukuran dalam kehidupan sehari-hari sangat penting. Seorang tukang jahit pakaian mengukur panjang kain untuk dipotong sesuai dengan pola pakaian yang akan dibuat dengan menggunakan meteran pita. Penjual daging menimbang massa daging sesuai kebutuhan pembelinya dengan menggunakan timbangan duduk.

Seorang petani tradisional mungkin melakukan pengukuran panjang dan lebar sawahnya menggunakan satuan bata, dan tentunya alat ukur yang digunakan adalah sebuah batu bata. Tetapi seorang insinyur sipil mengukur lebar jalan menggunakan alat meteran kelos untuk mendapatkan satuan meter.

Ketika kita mengukur panjang meja dengan penggaris, misalnya didapat panjang meja 100 cm, maka panjang meja merupakan besaran, 100 merupakan hasil dari pengukuran sedangkan cm adalah satuannya.

Beberapa aspek pengukuran yang harus diperhatikan yaitu ketepatan (akurasi), kalibrasi alat, ketelitian (presisi), dan kepekaan (sensitivitas). Dengan aspek-aspek pengukuran tersebut diharapkan mendapatkan hasil pengukuran yang akurat dan benar.

Berikut ini akan kita bahas pengukuran besaran-besaran fisika, meliputi panjang, massa, dan waktu.

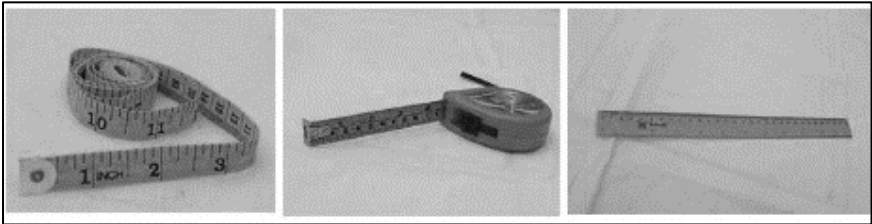
1. Pengukuran Panjang

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur panjang benda haruslah sesuai dengan ukuran benda. Sebagai contoh, untuk mengukur lebar buku kita gunakan penggaris, sedangkan untuk mengukur lebar jalan raya lebih mudah menggunakan meteran kelos.

a. Pengukuran Panjang dengan Mistar

Penggaris atau mistar berbagai macam jenisnya, seperti penggaris yang berbentuk lurus, berbentuk segitiga yang terbuat dari plastik atau logam, mistar tukang kayu, dan penggaris berbentuk pita

(meteran pita). Mistar mempunyai batas ukur sampai 1 meter, sedangkan meteran pita dapat mengukur panjang sampai 3 meter. Mistar memiliki nilai skala terkecil (nst) 1 mm atau 0,1 cm. Ketelitian atau ketidakpastian mistar adalah $\frac{1}{2} \times \text{nst} = \frac{1}{2} \times 1 \text{ mm} = 0,5 \text{ mm}$ atau 0,05 cm



.Gambar 1.2 Alat Ukur Panjang

Posisi mata harus melihat tegak lurus terhadap skala ketika membaca skala mistar. Hal ini untuk menghindari kesalahan pembacaan hasil pengukuran akibat beda sudut kemiringan dalam melihat atau disebut dengan kesalahan paralaks.

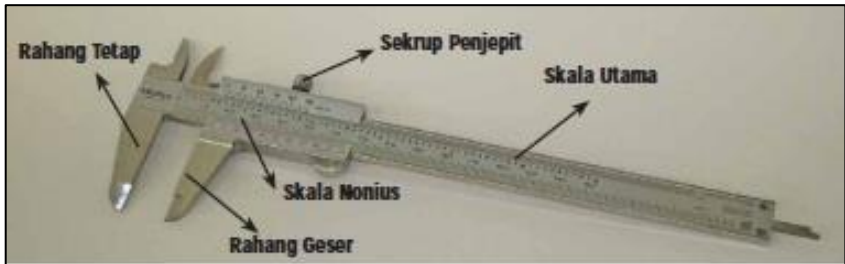


Gambar 1.3 Pembacaan Skala pada Mistar

b. Pengukuran Panjang dengan Jangka Sorong

Jangka sorong merupakan alat ukur panjang yang mempunyai batas ukur sampai 10 cm dengan nilai skala terkecil 0,1 mm atau

0,01 cm. Dengan demikian ketelitian alat ini $\frac{1}{2} \times 0,1 \text{ mm} = 0,05 \text{ mm}$ atau 0,005 cm. Jangka sorong dapat digunakan untuk mengukur diameter cincin dan diameter bagian dalam sebuah pipa. Bagian-bagian penting jangka sorong yaitu: a) rahang tetap dengan skala tetap terkecil 0,1 cm dan b) rahang geser yang dilengkapi skala nonius. Skala tetap dan nonius mempunyai selisih 1 mm.



Gambar 1.4 Jangka Sorong

c. Pengukuran Panjang dengan Mikrometer Sekrup

Mikrometer sekrup memiliki nilai skala terkecil 0,01 mm atau 0,001 cm. Sehingga ketelitian alat ini adalah $\frac{1}{2} \times 0,01 \text{ mm} = 0,005 \text{ mm}$. Mikrometer sekrup dapat digunakan untuk mengukur benda yang mempunyai ukuran kecil dan tipis, seperti mengukur ketebalan plat, diameter kawat, dan onderdil kendaraan yang berukuran kecil. Bagian-bagian dari mikrometer adalah rahang putar, skala utama, skala putar, dan silinder bergerigi. Skala utama tertera pada selubang dan skala nonius tertera pada selubang luar. Selubang luar memiliki 50 skala, 1 skala pada selubang luar sama dengan jarak maju atau mundur rahang geser sejauh $0,5 \text{ mm}/50 = 0,01 \text{ mm}$. Berikut ini gambar bagian-bagian dari mikrometer.



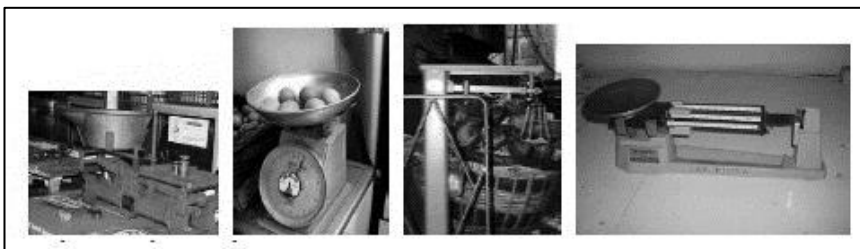
Gambar 1.5 Mikrometer Sekrup

2. Pengukuran Massa Benda

Timbangan digunakan untuk mengukur massa benda. Prinsip kerjanya adalah keseimbangan kedua lengan, yaitu keseimbangan antara massa benda yang diukur dengan anak timbangan yang digunakan. Dalam dunia pendidikan sering digunakan neraca O’Haus tiga lengan atau dua lengan. Perhatikan beberapa alat ukur berat berikut ini.

Bagian-bagian dari neraca O’Haus tiga lengan adalah sebagai berikut:

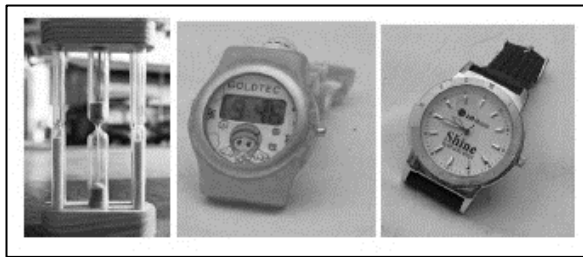
- Lengan depan memiliki skala 0-10 g, dengan tiap skala bernilai 1 g.
- Lengan tengah berskala mulai 0-500 g, tiap skala sebesar 100 g.
- Lengan belakang dengan skala bernilai 10 sampai 100 g, tiap skala 10



Gambar 1.6 Contoh Neraca (Timbangan)

3. Pengukuran Besaran Waktu

Berbagai jenis alat ukur waktu misalnya: jam analog, jam digital, jam dinding, jam matahari, dan stopwatch. Dari alat-alat tersebut, stopwatch termasuk alat ukur yang memiliki ketelitian cukup baik dan memiliki nilai skala terkecil 0,1 s. Dengan demikian nilai ketelitian stopwatch adalah $\frac{1}{2} \times 0,1 \text{ sekon} = 0,05 \text{ sekon}$.



Gambar 1.7 Alat Ukur Waktu

D. KESELAMATAN KERJA DALAM PENGUKURAN

Belajar fisika tidak dapat dipisahkan dari kegiatan laboratorium. Dalam melaksanakan percobaan dan kegiatan di laboratorium mungkin saja terjadi kecelakaan. Oleh karena itu, penting sekali untuk menjaga keselamatan dalam bekerja. Salah satu usaha menjaga keselamatan kerja dan mencegah terjadinya kecelakaan adalah dengan memperhatikan dan melaksanakan tata tertib di laboratorium.

Mengapa kecelakaan dapat terjadi? Kecelakaan di laboratorium dapat terjadi disebabkan beberapa hal, antara lain:

1. tidak mematuhi tata tertib laboratorium,
2. tidak bersikap baik dalam melaksanakan kegiatan laboratorium,

3. kurangnya pemahaman dan pengetahuan terhadap alat, bahan, serta cara penggunaannya,
4. kurangnya penjelasan dari guru atau tenaga laboratorium, dan
5. tidak menggunakan alat pelindung.

Adapun bahaya-bahaya yang mungkin perlu diantisipasi di lingkungan laboratorium adalah sebagai berikut:

1. luka bakar akibat panas,
2. bahaya listrik,
3. bahaya radioaktif, dan
4. bahaya kebakaran.

E. NOTASI ILMIAH, ANGKA PENTING DAN TEORI RALAT

1. Notasi Ilmiah

Kita mungkin masih ingat mengenai 7 besaran pokok, ternyata salah satu dari satuan SI dari ketujuh besaran tersebut memiliki awalan, yaitu kilogram (kg). Kilo di sini artinya 10^3 atau 1000, bentuk notasi 10^3 inilah yang dinamakan orde dalam notasi ilmiah. Notasi ilmiah adalah cara untuk mengekspresikan (menampilkan) angka yang terlalu besar atau terlalu kecil untuk ditampilkan dalam bentuk desimal. Notasi ilmiah ini umum dipakai oleh ilmuwan, matematikawan, dan teknisi. Notasi ilmiah dituliskan ke dalam bentuk:

$$a \times 10^n$$

Keterangan:

$1 \leq |a| < 10$, a disebut bilangan penting atau *significand*.

n adalah bilangan bulat (bisa positif atau negatif).

10^n disebut sebagai orde.

Jika bilangan tersebut sangat besar, maka yang harus kita lakukan adalah menghitung jumlah digit pada bilangan yang sangat besar tersebut, kemudian kita kurangi 1 dan hasilnya kita tuliskan sebagai n. Bilangan a diperoleh dari bilangan yang sangat besar tersebut kita ambil digit depannya dan kita beri koma di samping digit terdepan. Misalnya menuliskan bilangan 1424000000000000000 dalam bentuk baku. Kita hitung jumlah digit yang ada pada bilangan tersebut. Kita dapatkan ada 20 digit, sehingga kita tuliskan $n = 19$ dan a adalah angka depannya yang diberi tanda koma yaitu 1,424. Dengan demikian bentuk bakunya kita dapatkan $1424000000000000000 = 1,424 \times 10^{19}$.

Contoh yang lainnya:

- a. $87120000000 = 8,712 \times 10^{10}$
- b. $90000000000000000 = 9 \times 10^{16}$
- c. $453000000000000 = 4,53 \times 10^{14}$
- d. $536500000000000 = 5,365 \times 10^{14}$
- e. $1023000000000 = 1,023 \times 10^{13}$

Jika bilangan tersebut sangat kecil (di antara 0 dan 1 atau di antara -1 dan 0), maka yang harus kita lakukan adalah menggeser

tanda koma ke kanan sampai pada bilangan bukan nol yang terdekat. Banyaknya pergeseran adalah sama dengan n dikalikan dengan negatif 1. Langsung saja perhatikan contoh berikut.

$$0,0000025 = a \times 10^n$$

Pertama, kita geser tanda koma tersebut ke arah kanan sampai bertemu dengan angka tak nol yang terdekat.

- a. 0,0000025 (angka semula)
- b. 00,000025 (pergeseran pertama)
- c. 000,00025 (pergeseran kedua)
- d. 0000,0025 (pergeseran ketiga)
- e. 00000,025 (pergeseran keempat)
- f. 000000,25 (pergeseran kelima)
- g. 0000002,5 (pergeseran keenam)

Sehingga didapatkan $n = -6$. Dan $a = 2,5$. Dalam bentuk baku dapat dituliskan

$$2,5 \times 10^{-6}.$$

Contoh yang lain:

- a. $0,0301 = 3,01 \times 10^{-2}$
- b. $0,000000102 = 1,02 \times 10^{-7}$
- c. $0,009279 = 9,279 \times 10^{-3}$
- d. $0,00000000000012 = 1,2 \times 10^{-12}$

Notasi ilmiah ini biasanya digunakan untuk mengukur jarak-jarak pada ruang angkasa yang jaraknya sangat jauh. Selain itu bisa juga digunakan dalam sebuah ukuran mikroba yang sangat kecil.

2. *Angka Penting*

Angka penting adalah semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran. Angka penting terdiri dari atas angka pasti dan angka taksiran (angka yang diragukan) sesuai dengan alat ukur yang digunakan.

a. *Aturan Angka Penting*

- 1) Semua angka bukan nol adalah angka penting.
- 2) Contoh: 836,5 gr memiliki empat angka penting
- 3) Angka nol yang terletak di antara dua angka bukan nol termasuk angka penting.
- 4) Contoh: 75,006 kg memiliki lima angka penting
- 5) Untuk bilangan desimal yang lebih kecil dari satu, maka angka nol setelah angka bukan nol termasuk angka penting.
- 6) Contoh: 0,0060 m memiliki dua angka penting
- 7) Untuk bilangan desimal yang lebih kecil dari satu, maka angka nol sebelum angka bukan nol tidak termasuk angka penting.
- 8) Contoh: 0,006 m memiliki satu angka penting
- 9) Bilangan-bilangan puluhan, ratusan, ribuan dan seterusnya yang memiliki angka nol harus ditulis dalam notasi ilmiah. Angka-angka pada notasi ilmiah merupakan angka penting.
- 10) Contoh: 8900 gr ditulis menjadi $8,9 \times 10^3$ gr memiliki dua angka penting

b. *Aturan Pembulatan Angka*

Ketika angka-angka ditiadakan dari suatu bilangan, nilai dari angka terakhir yang dipertahankan ditentukan dengan suatu proses yang disebut pembulatan bilangan.

Aturan pembulatan bilangan tersebut, antara lain:

- 1) Angka-angka yang lebih kecil dari 5 dibulatkan ke bawah
- 2) Angka-angka yang lebih besar dari 5 dibulatkan ke atas
- 3) Angka 5 dibulatkan ke atas jika sebelum angka 5 adalah ganjil dan jika sebelum angka 5 adalah angka genap maka angkanya tetap.

c. *Operasi Penjumlahan dan Pengurangan*

Dalam melakukan operasi penjumlahan atau pengurangan, maka hasilnya hanya boleh mengandung satu angka taksiran (angka terakhir dari suatu bilangan penting).

Contoh 1:

$$\begin{array}{r} 35,572 \quad \quad \quad 2 \text{ angka taksiran} \\ \underline{2,2626} + \quad \quad \quad 6 \text{ angka taksiran} \\ 37,8346 \end{array}$$

4 dan 6 merupakan angka taksiran, sehingga hasil penjumlahan ditulis 37,835 disesuaikan dengan aturan pembulatan.

Contoh 2:

$$\begin{array}{r}
 385,617 \quad 7 \text{ angka taksiran} \\
 \underline{13,2} \quad - \quad 2 \text{ angka taksiran} \\
 372,417
 \end{array}$$

4 dan 7 merupakan angka taksiran, sehingga hasil penjumlahan ditulis 372,42 disesuaikan dengan aturan pembulatan.

d. *Operasi Perkalian dan Pembagian*

Dalam operasi perkalian atau pembagian, maka hasilnya hanya boleh memiliki angka penting sebanyak bilangan yang jumlah angka pentingnya paling sedikit.

Contoh 1:

$$\begin{array}{r}
 34,231 \quad \text{mengandung lima angka penting} \\
 \underline{0,250} \quad \times \quad \text{mengandung tiga angka penting} \\
 8,557750
 \end{array}$$

Penulisan hasil perkalian hanya boleh mengandung tiga angka penting, sehingga hasil perkalian 8,557750 ditulis 8,56 (tiga angka penting).

Contoh 2:

$$\begin{array}{r}
 46,532 \quad \text{mengandung lima angka penting} \\
 \underline{200} \quad : \quad \text{mengandung satu angka penting} \\
 0,2326
 \end{array}$$

Hasil pembagian hanya boleh mengandung satu angka penting, sehingga hasil pembagian 0,2326 ditulis 0,2.

3. *Teori Ralat atau Ketidakpastian Pengukuran*

Sebelum diuraikan bagaimana ralat atau ketidakpastian selalu meliputi hasil pengukuran, akan dijelaskan pengertian pengukuran. Pengukuran merupakan tindakan yang bertujuan untuk menentukan kuantitas dimensi suatu besaran pada suatu sistem, dengan cara membandingkannya dengan satu satuan dimensi besaran tersebut, menggunakan alat ukur yang telah terkalibrasi dengan baik.

Hasil pengukuran berupa angka-angka yang diteruskan ke khalayak untuk keperluan ilmiah atau sekedar keperluan praktis saja. Agar keperluan tersebut tercapai ada beberapa pertanyaan yang muncul. Adakah jaminan bahwa hasil pengukuran tersebut tidak salah? Jika menyimpang dari nilai sebenarnya, berapa penyimpangan tersebut? Seberapa jauh hasil pengukuran dapat dipercaya? Bagaimana memberitahukan hasil pengukuran tersebut?

Hasil suatu pengukuran tidak bisa dijamin tepat karena pada suatu pengukuran, misalnya dihasilkan angka 4,38 namun jika diulang bisa saja muncul 4,37 atau 4,39 atau 4,38 atau angka lain yang tak dapat dipastikan. Selalu ada ketidakpastian pada setiap angka yang diperoleh dari pengukuran. Sumbernya berasal dari ketidaksempurnaan alat, metode atau cara, dan manusia sebagai pelaku pengukuran.

Hal yang patut dilakukan dengan semua keadaan itu adalah menghindari kesalahan yang mungkin. Tetapi terpulung pada

ketidaksempurnaan manusia, itu adalah hal yang mustahil dilakukan. Oleh sebab itu pada akhirnya harus disadari bahwa setiap pengukuran selalu mengandung kesalahan dalam bentuk ketidakpastian hasil. Jadi selain harus menyajikan hasil pengukuran dengan tatacara yang tepat, perlu pula disampaikan secara jujur suatu taksiran ketidakpastian yang terikut dalam hasil pengukuran. Rambu-rambu inilah yang harus diperhatikan oleh pelaku eksperimen sehingga orang akan dapat mengapresiasi hasil pengukuran secara wajar.

a. Jenis Kesalahan dan Sumbernya

Jenis kesalahan sebagai penyebab ketidakpastian hasil pengukuran adalah:

1) Kesalahan sistematis (*systematic error*)

Adalah ketidak-akuratan hasil pengukuran akibat alat, kalibrasi atau teknik ukur yang salah.

Misalnya:

a) Kesalahan alat:

- (1) kesalahan nol (*zero error*) akibat tidak berimpitnya titik nol skala dengan titik nol jarum penunjuk.
- (2) kelelahan (*fatigue*) alat karena misalnya pegas yang dipakai telah lembek.
- (3) gesekan antar bagian yang bergerak.
- (4) dan sebagainya.

Kesalahan ini bisa dihindari bila alat ukur diganti dengan yang lebih baik jika mungkin.

b) Kesalahan kalibrasi yaitu ketidak-tepatan pemberian skala ketika pertama kali alat dibuat. Bisa dihindari dengan membandingkan alat tersebut dengan alat baku (standar).

c) Kesalahan pribadi pengamat:

(1) Kesalahan parallax yaitu kesalahan akibat posisi mata saat pembacaan skala tidak tepat tegak lurus di atas jarum.

(2) Kesalahan interpolasi yaitu salah membaca kedudukan jarum di antara dua garis skala terdekat.

(3) Penguasaan prosedur dan ketangkasan penggunaan alat. Beberapa peralatan membutuhkan prosedur yang rumit, misalnya osiloskop, yang membutuhkan keterampilan pemakaian yang cukup.

(4) Sikap pengamat, misalnya kelelahan maupun keseriusan pengamat.

Sumber kesalahan ini dapat dihindari dengan sikap pengamatan yang baik, memahami sumber kesalahan dan berlatih sesering mungkin.

d) Pemakaian alat pada kondisi berbeda dengan saat dikalibrasi, yaitu pada kondisi suhu, tekanan atau kelembaban yang berbeda. Itulah sebabnya perlu dicatat nilai variabel atau kondisi lingkungan saat eksperimen dilakukan, misalnya suhu dan tekanan udara di laboratorium.

2) Kesalahan Rambang (*random error*)

Walupun kesalahan sistematis sudah berusaha dihindari, namun masih ada sumber kesalahan lain berasal dari luar sistem dan tak dapat dikuasai sepenuhnya:

- a) Gerak brown molekul udara yang dapat mempengaruhi penunjukan alat-alat halus seperti galvanometer.
- b) Fluktuasi tegangan listrik yang tak teratur yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran dengan alat-alat ukur listrik.
- c) Landasan (meja, lantai atau dudukan lain) alat yang bergetar akibat lalu lintas atau sumber lain.
- d) *Noise* atau bising pada rangkaian elektronika.
- e) Latar belakang radiasi kosmos pada pengukuran dengan pencacah radioaktif.

b. Nilai Sebenarnya, Nilai Pendekatan Terbaik dan Penyimpangan

Secara ringkas dari uraian di atas, kesalahan bersumber dari ketidaksempurnaan manusia dalam membuat alat, bersikap atau mengantisipasi perilaku alam. Akibatnya adalah kesalahan pengukuran tidak mungkin dihindari sehingga hasilnya bukanlah nilai sebenarnya (true value) dari besaran yang diukur. Ingatlah bahwa nilai sebenarnya tak akan pernah diketahui selamanya. Oleh sebab itu perlu dilakukan:

- 1) Pemilihan nilai pendekatan terbaik (best value) sebagai pengganti nilai sebenarnya.
- 2) Pemilihan suatu nilai lainnya sebagai ukuran dari “penyimpangan” nilai pendekatan terbaik (best value) terhadap

nilai sebenarnya (true value). Nilai ini sekaligus sebagai ukuran seberapa jauh nilai pendekatan terbaik dapat dipercaya.

c. Pengukuran Tunggal

Pengukuran-pengukuran lamanya benda mendingin, kecepatan komet, dan lain-lain, tidak mungkin dilakukan lebih dari sekali. Oleh sebab itu pengukurannya mungkin dilakukan hanya sekali. Di samping itu jika dilakukan pengukuran lebih dari sekali, mungkin tidak menghasilkan nilai-nilai yang berbeda, misalnya alat yang kasar dipakai untuk mengukur sesuatu yang halus. Oleh sebab itu ukuran ketepatan suatu pengukuran tunggal ditentukan oleh alat yang digunakan. Dalam hal ini hasil pengukuran dilaporkan sebagai:

$$(x \pm \Delta x) \text{ atau } (x \pm NST) \quad (1.1)$$

dengan x menyatakan hasil pengukuran tunggal dan Δx adalah setengah nilai skala terkecil (NST) alat ukur. Misalnya hasil pengukuran besaran panjang dengan mistar adalah $(2,1 \pm 0,05)$ cm sebagai interpretasi, ada kepastian (keyakinan) 100 %, bahwa nilai benar x berada di antara $(x - \Delta x)$ dan $(x + \Delta x)$.

d. Pengukuran Berulang

Meskipun pengukuran berulang sangat disarankan, namun jumlahnya tetaplah terbatas. Oleh sebab itu pengukuran berulang kali disebut contoh (*sample*). Sementara itu dari berbagai literatur dijelaskan bahwa sebaran atau distribusi data pengukuran berulang tak berhingga bersifat simetri Gauss atau terdistribusi normal. Untuk sekumpulan data yang diperoleh dengan pengukuran

berulang terbatas kali, distribusi datanya akan semakin simetri bila semakin besar.

Dari data yang diperoleh dengan pengukuran berulang, akan dapat diperoleh tiga besaran yaitu nilai rata-rata (*mean*) sampel, nilai tengah (*median*) sampel, dan nilai terbanyak muncul (*modus*) sampel. Manakah yang patut dipakai sebagai nilai pendekatan terbaik?

Bila distribusi data hasil pengukuran kali dipercayai seperti distribusi Gauss (simetri), maka nilai ketiga besaran tersebut sama. Nilai pendekatan terbaik yang paling tepat adalah nilai rata-rata sample karena sesuai dengan asas kuadrat terkecil (*Principle of Least Square*) dalam statistik yang berbunyi “Nilai terbaik diantara sekumpulan nilai suatu besaran adalah nilai yang sedemikian rupa sehingga jumlah selisih nilai-nilai lain terhadap nilai tersebut setelah dikuadratkan adalah sekecil-kecilnya”.

Jika pada suatu besaran diukur secara berulang-ulang tanpa mengubah setting alat, maka hasil ukur terbaik merupakan nilai rata-ratanya. Untuk pengukuran yang diulangi sampai n kali dengan hasil maka nilai rata-ratanya adalah:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (1.2)$$

Keterangan:

\bar{x} = nilai rata-rata

$\sum x$ = jumlah data

n = banyak data

ketidakpastian nilai rata-rata sampel dinyatakan dengan simpangan baku (deviasi standar) :

$$\delta x = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (1.3)$$

Keterangan:

δx = standar deviasi

\bar{x} = nilai rata-rata

$\sum x$ = jumlah data

n = banyak data

Sehingga nilai hasil pengukuran berulang dapat ditulis seperti persamaan di bawah ini.

$$x = (\bar{x} \pm \delta x) \quad (1.4)$$

RINGKASAN BAB I

1. Pengukuran adalah aktivitas membandingkan suatu besaran dengan besaran standart yang sudah ditetapkan terlebih dahulu.
2. Besaran adalah segala sesuatu yang didapat dari hasil pengukuran yang dinyatakan dalam bentuk angka.
3. Besaran pokok merupakan besaran yang satuannya telah ditentukan terlebih dahulu sedangkan besaran turunan adalah besaran yang satuannya diturunkan dari satuan besaran pokok penyusunnya.

4. Tujuh besaran pokok yaitu panjang (meter), massa (kilogram), waktu (sekon), suhu (Kelvin), kuat arus (ampere), intensitas (candela), dan jumlah zat (mol).
5. Dalam melakukan kegiatan pengukuran digunakan alat ukur. Alat ukur panjang dapat menggunakan mistar, jangka sorong, dan micrometer sekrup. Sedangkan alat ukur massa yaitu neraca atau timbangan. Alat ukur waktu bisa memakai arloji dan *stopwatch*.
6. Kegiatan pengukuran dalam laboratorium harus memperhatikan keselamatan kerja dengan memperhatikan dan melaksanakan tata tertib di laboratorium.
7. Notasi ilmiah adalah cara mengekspresikan angka yang terlalu besar atau kecil untuk ditampilkan dalam bentuk desimal.
8. Angka penting adalah semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran yang terdiri atas angka pasti dan taksiran.
9. Suatu kegiatan pengukuran selalu mengandung kesalahan dalam bentuk ketidakpastian hasil yang dapat disebabkan oleh kesalahan sistematis dan rambang (*random*).

LATIHAN BAB I

1. Sebutkan tujuh besaran pokok lengkap dengan satuan dan dimensinya!
2. Sebuah jangka sorong memiliki skala nonius sejumlah 20 skala. Pengukuran ketebalan benda dengan jangka sorong tersebut tidak mungkin bernilai

3. Hasil pengukuran panjang dan lebar suatu lantai adalah 12,61 m dan 5,2 m. Menurut aturan angka penting luas lantai tersebut adalah
4. Tentukan besaran yang memiliki dimensi
 - a. $ML^2 T^{-2}$
 - b. $ML^2 T^{-1}$
 - c. $ML^2 T^{-2}$
 - d. MT^{-1}
5. Jelaskan bentuk-bentuk kesalahan dan macam-macamnya!

RUJUKAN DAN BAHAN BACA YANG DIANJURKAN

- Cooper, W.D. (1999). *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran Edisi kedua*, terjemahan Sahat Pakpahan. Erlangga: Jakarta.
- Giancoli, D. C. (2005). *Physics Principles and Applications Sixth Edition*. Pearson Education Increase: United States
- Serway, R. A. & Jewett, J. W. (2004). *Physic for Scientists and Engineers, Six Edition*. California: Thomson Brook/Cole
- Tipler, P. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1*, terjemahan Lea. P dan Rahmad W.A. Erlangga: Jakarta.

BAB II

MATERI DAN PERUBAHANNYA

KEMAMPUAN AKHIR (KA):

2) Melalui perkuliahan tatap muka dan penugasan, mahasiswa semester II dapat menjelaskan konsep materi, pengelompokan materi dan perubahan materi.

INDIKATOR:

- 2.1 Menjelaskan konsep materi.
- 2.2 Menjelaskan perbedaan beberapa pengelompokan materi.
- 2.3 Menjelaskan faktor penyebab, akibat dan pemanfaatan perubahan materi secara biologi, fisika dan kimia.

A. KONSEP MATERI

Segala sesuatu di alam tergolong materi. Materi adalah segala sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruang. Contoh: gula pasir, air, dan gas oksigen, karena benda-benda tersebut memiliki massa dan volume. Massa suatu materi tidak dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi. Materi di alam dapat berupa zat tunggal (murni) atau berupa campuran.

Suatu materi dapat berwujud padat, cair dan gas. Materi berwujud padat mempunyai bentuk tertentu, materi berwujud cair dan gas memiliki bentuk sesuai wadahnya. Materi berwujud padat dan cair memiliki volume tertentu, sedangkan gas memiliki volume yang tidak tentu tergantung tempatnya. Materi berwujud padat tidak dapat

ditekan, materi cair sukar ditekan, tetapi gas dapat ditekan karena memiliki massa jenis yang kecil. Contoh materi yang berwujud padat adalah emas, perak, tembaga dan lain-lain. Sedangkan materi yang berwujud cair misalnya air, bensin, solar dan sebagainya. Materi yang berwujud gas contohnya hidrogen, nitrogen, helium dan lain-lain.

Materi memiliki dua sifat yaitu sifat ekstensif dan intensif. Sifat ekstensif ialah sifat materi yang tergantung pada jumlah dan ukuran materi. Massa dan volume adalah dua sifat ekstensif yang banyak dikemukakan dalam ilmu pengetahuan alam. Contohnya:

1. Volume, semakin besar ukuran suatu materi, maka semakin besar volume materi tersebut.
2. Massa, semakin banyak jumlah materi, maka semakin besar pula massa materi tersebut.

Sifat intensif adalah sifat materi yang tidak tergantung pada jumlah maupun ukuran materi. Sifat intensif dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu sifat fisis dan sifat kimia.

1. Sifat fisis

Sifat fisis suatu materi adalah sifat yang berhubungan dengan perubahan fisis materi itu. Sifat fisis dapat digunakan untuk menerangkan penampilan sebuah benda. Sifat-sifat yang tergolong sifat fisis materi antara lain:

a. Warna

Berhubungan dengan panjang gelombang yang dipantulkan oleh permukaan materi

b. Bau

Berhubungan dengan gas atau uap yang dikeluarkan oleh materi

c. Rasa

Berhubungan dengan komposisi zat dalam materi

d. Kerapatan

Kerapatan yaitu banyaknya massa per satuan volume, dinyatakan dalam g/mL. Misalnya kerapatan suatu zat 0,5 g/mL, artinya tiap 1 mL zat tersebut mempunyai massa sebesar 0,5 gram. Harga kerapatan identik dengan harga massa jenis.

e. Titik didih

Titik didih adalah suhu terendah suatu zat cair ketika mulai mendidih

f. Titik lebur

Titik lebur adalah suhu terendah suatu zat padat ketika mulai melebur

g. Titik beku

Titik beku adalah suhu terendah suatu zat cair ketika mulai membeku

h. Daya hantar

Berhubungan dengan kemampuan suatu zat untuk menghantarkan panas atau arus listrik

i. Kemagnetan

Berhubungan dengan kemampuan suatu zat (biasanya logam) untuk dipengaruhi oleh suatu medan magnet

j. Kelarutan

Berhubungan dengan kemampuan suatu zat untuk melarut dalam suatu pelarut

k. Kekerasan

Berhubungan dengan keras dan lunaknya suatu materi

2. *Sifat kimia*

Sifat kimia suatu zat adalah sifat yang menunjukkan kemampuan suatu zat untuk melakukan reaksi kimia atau sifat yang menyatakan interaksi antar zat. Sifat yang tergolong sifat kimia antara lain:

a. Mudah tidaknya suatu zat terbakar

Contoh: alkohol mudah terbakar

b. Kestabilan (mudah tidaknya suatu zat terurai oleh pengurai panas)

Contoh: air adalah contoh zat yang cukup stabil, air dapat berubah menjadi gas oksigen dan gas hydrogen pada suhu 2000 oC

c. Kereaktifan (mudah tidaknya suatu zat untuk bereaksi dengan zat lain)

Contoh: zat asam dapat bereaksi dengan zat basa sehingga menghasilkan garam.

d. Perkaratan

Contoh: besi mudah berkarat pada tempat yang lembab

B. PENGELOMPOKAN MATERI

Pengelompokan materi secara garis besar dapat ditinjau menjadi dua hal yaitu pengelompokan materi berdasarkan wujudnya dan berdasarkan komposisi penyusun materinya.

1. Pengelompokan materi berdasarkan wujudnya

Berdasarkan wujudnya suatu materi dapat dikelompokkan menjadi tiga wujud yaitu wujud padat, cair dan gas.

a. Wujud padat

Materi berwujud padat memiliki ciri-ciri:

- 1) Kerapatannya sangat tinggi, jauh lebih tinggi daripada gas dan cairan
- 2) Jarak antar partikel sangat dekat
- 3) Merupakan fase yang terkondensasi
- 4) Merupakan fase yang bisa dikatakan tidak terkompresi
- 5) Mampu mempertahankan bentuknya

b. Wujud cair

Materi berwujud cair bercirikan:

- 1) Mempunyai kerapatan yang lebih tinggi bila dibanding dengan gas, namun lebih rendah bila dibandingkan dengan padatan
- 2) Jarak antar partikel lebih dekat
- 3) Merupakan fase yang terkondensasi
- 4) Merupakan fase yang bisa dikatakan tidak terkompresi
- 5) Bentuk cairan akan menyesuaikan dengan wadahnya

c. Wujud gas

Materi yang berwujud gas mempunyai ciri-ciri:

- 1) Gas mempunyai susunan molekul yang berjauhan, kerapatan rendah/tidak memiliki volume dan bentuk tetap/selalu bergerak dengan kecepatan tinggi
- 2) Campuran gas selalu uniform (serba sama)
- 3) Gaya tarik-menarik antarpartikel dapat diabaikan.
- 4) Laju suatu partikel selalu berubah-ubah tapi laju rata-rata partikel-partikel gas pada suhu tertentu adalah konstan
- 5) Gas dapat dimampatkan
- 6) Gas dapat dalam bentuk atom tunggal seperti golongan gas mulia (He, Ar, Xe), diatomic (H_2 , O_2 , F_2), dan senyawa (NO, CO_2 , H_2S)



Gambar 2.1 Contoh materi berwujud padat (a), cair (b), dan gas (c)

2. Pengelompokan materi berdasarkan komposisi penyusunnya

Pengelompokan materi berdasarkan penyusunnya dapat diklasifikasikan menjadi zat tunggal dan campuran.

a. Zat Tunggal (Zat Murni)

Zat tunggal adalah suatu zat yang komposisinya terdiri atas zat-zat dengan sifat kimia yang sama. Zat tunggal (zat murni) terdiri dari sejenis materi. Contohnya: karbon, belerang, oksigen, air, alkohol. Zat tunggal terdiri atas unsur dan senyawa.

1) Unsur

Unsur adalah zat tunggal yang tidak dapat diuraikan lagi secara kimia menjadi zat-zat lain yang lebih sederhana. Selain itu unsur merupakan zat tunggal yang paling sederhana dari materi. Contohnya: H, C, N, P, Fe, Au, Mg. Unsur yang dikenal sampai saat ini 118 unsur yang terdiri dari 94 unsur alam dan sisanya buatan. Jumlah unsur oksigen di alam terbanyak yaitu 21% di udara, 90% di air, 50% dalam kulit bumi dan 60% dalam tubuh manusia.

Berdasarkan sifatnya unsur dibagi menjadi unsur logam, unsur bukan logam dan semi logam. Ciri-ciri golongan logam adalah keras, pada suhu kamar berwujud padat kecuali raksa (Hg), bersifat konduktor, mengkilap, kenyal, memiliki daya rentang, elastis, dan dapat ditarik (Au, Al, Ag, dan Na). Ciri-ciri golongan non logam adalah bersifat isolator kecuali karbon bersifat semikonduktor, tidak mengkilap, rapuh, umumnya berwujud gas (gas oksigen, gas klor dan gas helium). Unsur metaloid adalah unsur peralihan dari logam ke non logam sehingga sebagian mempunyai sifat logam dan sebagian sifat bukan logam (B, Si, As dan Ge).

2) Senyawa

Senyawa adalah zat tunggal yang masih dapat diuraikan menjadi zat-zat lain yang lebih sederhana secara reaksi kimia, dimana sifat senyawa berbeda dengan sifat-sifat unsur pembentuknya. Massa komponen (unsur) penyusun senyawa mempunyai perbandingan tetap. Senyawa terbentuk oleh perikatan kimia dari dua atau lebih jenis unsur. Contohnya: senyawa $\text{CO}_{2(g)}$, $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ dan $\text{NaCl}_{(s)}$.



Gambar 2.2 Contoh Unsur dan Senyawa Nitrogen

b. Campuran

Campuran adalah materi yang terdiri atas 2 (dua) atau lebih zat dan masih mempunyai sifat zat asalnya. Contohnya: larutan garam, air lumpur, santan.

Sifat-sifat campuran:

- Terdiri dari 2 zat tunggal atau lebih
- Komposisinya sembarang dan tidak tetap
- Sifat zat penyusunnya masih tampak
- Dapat dipisahkan dengan cara fisika

Campuran terbagi menjadi 2, yaitu:

- 1) Campuran homogen, yaitu campuran yang serba sama dan merata, sehingga tidak dapat dibedakan antara zat-zat yang

bercampur di dalamnya, disebut juga dengan larutan. Dalam larutan, seluruh bagiannya mempunyai sifat yang sama. Ukuran partikel dalam larutan kurang dari 1 nanometer. Berdasarkan wujudnya, larutan terbagi menjadi 3 jenis, yaitu:

- a) Larutan padat, contoh: kuningan (campuran tembaga dengan seng), perunggu (campuran tembaga dengan timah), stainless steel.
 - b) Larutan cair, contoh: larutan gula (campuran gula dengan air), larutan garam (campuran garam dengan air)
 - c) Larutan gas, contoh: udara (campuran bermacam-macam gas)
- 2) Campuran heterogen, yaitu campuran yang tidak serba sama karena seluruh bagiannya tidak bercampur secara merata, tiap bagiannya mempunyai sifat yang tidak sama, baik warna, rasa maupun kekentalannya. Campuran heterogen terdiri dari dua jenis, yaitu:
- a) Suspensi, yaitu campuran kasar serta umumnya tampak keruh dan terdiri dari berbagai fasa, contoh: air sungai, minyak dengan air. Ukuran partikel dalam suspensi lebih besar dari 100 nanometer
 - b) Koloid, yaitu campuran yang terletak antara larutan dengan suspensi, contoh: tinta, susu, kecap, kabut, asap. Ukuran partikel dalam koloid 1 nanometer-100 nanometer.

Perbedaan senyawa dan campuran secara jelas dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan Senyawa dengan Campuran

No.	Senyawa	Campuran
1	Cara pembuatannya melalui proses kimia	Cara pembuatannya melalui proses fisika
2	Perbandingan massa zat pembentuk senyawa harus tetap dan tertentu	Perbandingan massa zat pembentuknya dapat berubah-ubah
3	Sifat partikel-partikel pembentuk senyawa tidak ada lagi	Sifat partikel pembentuknya masih ada
4	Partikel-partikel pembentuk senyawa sukar dipisah-pisahkan lagi	Partikel-partikelnya mudah dipisahkan lagi

C. PERUBAHAN MATERI

Perubahan materi terjadi disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya perubahan fisika, perubahan kimia dan perubahan biologi. Perubahan fisika adalah perubahan materi yang tidak terbentuk zat baru. Materi hanya mengalami perubahan wujud. Contoh es (padat) di tempat terbuka menjadi cair (cair), kapur barus berubah wujud menjadi gas, lilin meleleh. Perubahan kimia adalah perubahan materi dengan terbentuknya zat baru. Contoh: Lilin menyala, besi berkarat, dan kayu terbakar. Perubahan biologi merupakan perubahan materi yang disebabkan oleh organisme khususnya mikroorganisme seperti

jamur dan bakteri. Contoh kedelai menjadi tempe, roti yang rusak ditandai dengan adanya jamur dan fermentasi singkong menjadi tape.

1. Perubahan Fisika

Perubahan fisika adalah perubahan suatu materi yang tidak disertai terbentuknya suatu materi baru. Perubahan fisika merupakan perubahan yang bersifat sementara. Berikut macam-macam perubahan fisika.

a. Perubahan wujud

Perubahan wujud zat meliputi:

1) Menguap dan mengembun

Menguap adalah perubahan wujud suatu zat dari wujud cair berubah menjadi wujud gas. Mengembun adalah perubahan wujud suatu zat dari wujud gas berubah menjadi wujud cair.

Contoh: air jika dipanaskan akan menguap menjadi uap air, uap air jika didinginkan akan mengembun dan kembali menjadi air.

2) Mencair dan membeku

Mencair adalah perubahan wujud suatu zat dari wujud padat berubah menjadi wujud cair. Membeku adalah perubahan wujud suatu zat dari wujud cair menjadi wujud padat.

Contoh: es yang padat jika dipanaskan akan mencair, air akan membeku dan membentuk es kembali jika didinginkan sampai suhu 0°C .

3) Menyublim dan deposisi

Menyublim adalah perubahan wujud suatu zat dari wujud padat berubah menjadi wujud gas. Deposisi adalah perubahan wujud suatu zat dari wujud gas berubah menjadi wujud padat.

Contoh: kapur barus dan iodin merupakan zat padat, keduanya berubah wujud menjadi gas.

4) Melarut dan mengkristal

Saat kita memasukkan sesendok gula pasir ke dalam gelas yang berisi air panas, kemudian diaduk beberapa kali maka lama-kelamaan butiran kristal tersebut akan hilang. Jika kita cicipi larutan tersebut, maka air akan berasa manis. Hal ini bahwa gula tidaklah benar-benar hilang, tetapi bercampur dengan air dalam gelas. Dengan kata lain gula melarut dalam air. Campuran gula dengan air ini disebut dengan larutan gula. Dalam hal ini gula adalah zat terlarut, sedangkan air adalah pelarutnya. Kita dapat memperoleh kembali butiran-butiran kristal gula dalam air dengan cara menguapkan pelarutnya (air), melalui cara pemanasan. Saat semua air di dalam larutan telah menguap, maka gula akan mengkristal kembali membentuk butiran-butiran gula. Prosesnya disebut pengkristalan atau kristalisasi.

Contoh: proses pembuatan garam dari air laut dilakukan dengan cara pengkristalan, yaitu dengan menguapkan air laut hingga memperoleh kristal garam.

b. Perubahan bentuk

Tukang kayu mengubah kayu menjadi kursi dan meja. Perubahan materi dari kayu menjadi kursi termasuk perubahan fisika. Hal ini karena kayu hanya mengalami perubahan bentuk saja, sedangkan sifatnya tidak berubah. Contoh lain adalah perubahan materi dari aluminium menjadi teko, sendok, dan panci. Hal ini termasuk perubahan fisika karena aluminium hanya mengalami perubahan bentuk saja, sedangkan sifatnya tidak berubah.

c. Perubahan ukuran

Perubahan biji kopi yang digiling menjadi serbuk kopi dan batu yang dipecah-pecah menjadi kerikil. Sifat kopi tidak berubah, yang berubah hanya ukurannya. Demikian juga dengan batu yang dipecah-pecah.

d. Pengaruh pelarutan/pemanasan

Contoh perubahan fisika karena pelarutan adalah melarutkan sari jeruk ke dalam air dingin. Rasa jeruk setelah dicampurkan dengan air dingin tetap sama. Oleh karena sifat jeruk tidak berubah setelah dilarutkan dalam air. Contoh lain adalah ketika kita membuat kopi. Rasa kopi setelah dilarutkan dalam air tetap sama atau tidak berubah.

e. Perubahan karena sebab-sebab lain misalnya pewarnaan pada makanan

2. Perubahan Kimia

Perubahan kimia adalah perubahan suatu materi yang menghasilkan suatu materi baru. Perubahan kimia merupakan perubahan yang bersifat kekal. Pada perubahan kimia komposisi (susunan) zat-zat yang menyusun materi akan mengalami perubahan, sehingga komposisi zat penyusun materi awal akan berbeda dengan komposisi zat penyusun materi akhir. Perubahan kimia sering disebut juga sebagai reaksi kimia.

Proses-proses perubahan kimia antara lain:

a. Pembakaran

Salah satu perubahan kimia yang sering kita saksikan dalam kehidupan sehari-hari adalah peristiwa pembakaran. Pembakaran adalah reaksi kimia antara materi yang terbakar dengan oksigen. Oleh karena itu, reaksi pembakaran sering disebut reaksi oksidasi. Peristiwa kebakaran hutan merupakan salah satu contoh perubahan kimia akibat pembakaran. Contoh lainnya adalah pembakaran kembang api. Reaksi pembakaran banyak digunakan sebagai sumber energi. Misalnya, pembakaran bensin di dalam mesin mobil dapat menghasilkan energi gerak sehingga mobil dapat bergerak. Peristiwa perubahan kimia karena pembakaran juga terjadi dalam tubuh. Bahan makanan yang telah kita makan diproses dalam tubuh dengan cara pembakaran sehingga menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan aktivitas sehari-hari.



Gambar 2.3 Pembakaran

b. Pembedusan

Pembedusan adalah peristiwa perubahan kimia karena mikroorganisme. Pada kentang yang membusuk, kentang berubah menjadi bau, berlendir, dan mengeluarkan gas (Gambar 2.4). Oleh karena sifat kentang setelah membusuk berbeda dengan kentang sebelum membusuk, maka peristiwa pembedusan kentang dapat dikatakan sebagai perubahan kimia.



Gambar 2.4 Pembedusan

c. Perkaratan

Perkaratan adalah reaksi kimia antara logam dengan udara (oksigen) dan air. Perkaratan merupakan peristiwa perubahan kimia karena menghasilkan zat yang baru. Paku yang terbuat dari besi jika bereaksi dengan udara dan air, maka besi (Fe) tersebut dapat berubah menjadi karat besi. Sifat besi dan karat besi sangat berbeda. Besi mempunyai sifat yang kuat, sedangkan karat besi mempunyai sifat yang rapuh.

Faktor-faktor yang mempercepat proses perkaratan antara lain:

- 1) adanya uap air (udara yang lembap) karat
- 2) adanya uap garam atau asam di udara
- 3) permukaan logam yang tidak rata
- 4) singgungan dengan logam lain



Gambar 2.5 Besi yang Berkarat

Peristiwa perkaratan ini menimbulkan banyak kerugian karena benda-benda yang terbuat dari besi menjadi rapuh dan cepat rusak. Peristiwa perkaratan pada besi dapat dicegah dengan cara:

- 1) menghindari kontak langsung antara benda yang terbuat dari besi dengan oksigen atau air. Ini dapat dilakukan dengan cara mengecat, melumuri besi dengan oli, membalut besi dengan plastik, atau melapisi besi dengan timah
- 2) memperhalus permukaan logam, misalnya diampelas
- 3) mencegah logam agar tidak terkena uap garam atau asam
- 4) menyimpan logam di tempat kering

Ciri-ciri yang menyertai terjadinya perubahan kimia

a. Terjadinya perubahan warna

Terjadinya perbedaan warna antara sebelum dan sesudah reaksi pada zat-zat yang bereaksi juga menunjukkan adanya perubahan kimia. Contoh: perubahan warna pada kertas lakmus,

kertas lakmus biru saat dicelupkan ke larutan asam akan berubah menjadi merah, sedangkan kertas lakmus merah saat dicelupkan ke dalam larutan basa akan berubah menjadi biru.

b. Terjadinya perubahan suhu

Contoh: jika larutan asam klorida dalam tabung reaksi ditambahkan larutan natrium hidroksida, maka suhu campuran akan naik ditandai dengan tabung reaksi yang menjadi hangat.

c. Timbulnya gas

Jika sebutir telur kita rendam di dalam gelas berisi cuka, maka akan timbul gelembung-gelembung gas. Timbulnya gelembung gas ini menunjukkan terjadinya perubahan kimia yang terjadi pada telur dan cuka

d. Terjadinya endapan

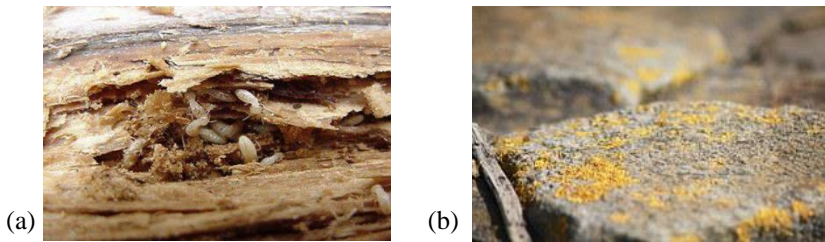
Produk dari zat-zat yang bereaksi jika terbentuk endapan maka termasuk perubahan kimia. Contoh: perak nitrat (AgNO_3) dicampur dengan natrium klorida (NaCl) menghasilkan natrium nitrat (NaNO_3) dan endapan berwarna putih perak klorida (AgCl).

3. Perubahan Biologi

Perubahan biologi merupakan perubahan materi yang disebabkan oleh organisme khususnya mikroorganisme seperti jamur dan bakteri. Contoh kedelai menjadi tempe, roti yang rusak ditandai dengan adanya jamur dan fermentasi singkong menjadi tape.

Pelapukan salah satu contoh perubahan materi secara biologi. Pelapukan disebabkan oleh kegiatan makhluk hidup terutama hewan

kecil dan tumbuhan. Hewan kecil dapat melapukkan kayu, sedangkan tumbuhan melapukkan batuan. Hewan kecil yang dapat melapukkan kayu adalah ngengat dan rayap. Hewan kecil ini memakan kayu sehingga kayu menjadi keropos dan hancur. Tumbuhan yang dapat melapukkan batuan adalah lumut. Akar lumut mampu masuk ke dalam celah-celah kecil batu dan tembok.



Gambar 2.6 (a) Pelapukan Kayu oleh Rayap (b) Pelapukan Batuan

Berdasarkan fenomena di atas, perubahan materi dapat dimanfaatkan dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari di antaranya:

- a. Perubahan fisika
 - 1) pengolahan gula dari tebu
 - 2) pembuatan garam dari air laut
 - 3) penyulingan minyak
- b. Perubahan kimia
 - 1) pembuatan obat-obatan
 - 2) industri tekstil, cat, pupuk, pestisida, sabun, detergen
- c. Perubahan biologi
 - 1) pembuatan tempe
 - 2) pembuatan alkohol dari hasil fermentasi

- 3) pembuatan *yoghurt*
- 4) pembuatan *nata de coco*

RINGKASAN BAB II

1. Materi adalah segala sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruang. Contoh: gula pasir, air, dan gas oksigen, karena benda-benda tersebut memiliki massa dan volume.
2. Materi memiliki dua sifat yaitu sifat ekstensif dan intensif. Sifat ekstensif ialah sifat materi yang tergantung pada jumlah dan ukuran materi.
3. Pengelompokan materi secara garis besar dapat ditinjau menjadi dua hal yaitu pengelompokan materi berdasarkan wujudnya dan berdasarkan komposisi penyusun materinya.
4. Berdasarkan wujudnya suatu materi dapat dikelompokkan menjadi tiga wujud yaitu wujud padat, cair dan gas.
5. Pengelompokan materi berdasarkan penyusunnya dapat diklasifikasikan menjadi zat tunggal dan campuran.
6. Perubahan materi terjadi disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya perubahan fisika, perubahan kimia dan perubahan biologi.
7. Perubahan fisika adalah perubahan suatu materi yang tidak disertai terbentuknya suatu materi baru. Contohnya air dipanaskan akan berubah menjadi gas.

8. Perubahan kimia adalah perubahan suatu materi yang menghasilkan suatu materi baru. Misalnya proses pembakaran kayu yang berubah menjadi arang atau abu.
9. Perubahan biologi merupakan perubahan materi yang disebabkan oleh organisme khususnya mikroorganisme seperti jamur dan bakteri. Contoh kedelai menjadi tempe, roti yang rusak ditandai dengan adanya jamur dan fermentasi singkong menjadi tape.

LATIHAN BAB II

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan materi!
2. Jelaskan tentang sifat ekstensif dan intensif pada materi!
3. Jelaskan perbedaan beberapa pengelompokan materi!
4. Bagaimana Anda membedakan faktor-faktor perubahan materi secara fisika, kimia dan biologi?
5. Mengapa tape yang difermentasi berubah menjadi alkohol?

RUJUKAN DAN BAHAN BACA YANG DIANJURKAN

Brady, JE and Senese. (2004). *Chemistry: Matter and Its Changes 4th edition*. John Willey and Sons: New York

Stocky, C. dkk. 2000. *Kamus Fisika Bergambar*, terjemahan Abdul Djamil Husin. Erlangga: Jakarta.

BAB III

GERAK DAN PENERAPANNYA

KEMAMPUAN AKHIR (KA):

3) Melalui perkuliahan tatap muka dan penugasan, Mahasiswa dapat menjelaskan konsep gerak benda, gaya, energi, dan penerapannya dalam konsep pesawat sederhana.

INDIKATOR:

- 3.1 Menjelaskan perbedaan jarak dengan perpindahan, serta kecepatan dan kelajuan
- 3.2 Menjelaskan hubungan v, s, t
- 3.3 Menjelaskan gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB)
- 3.4 Mengukur berat dan massa suatu benda
- 3.5 Menganalisis energi mekanik suatu benda
- 3.6 Mengklasifikasikan pesawat sederhana
- 3.7 Menganalisis keuntungan mekanik pesawat sederhana

A. KINEMATIKA GERAK

Bumi berputar mengelilingi matahari tetapi mengapa kita tidak merasakan gerakan itu? Manusia yang berada di atas permukaan bumi dikatakan diam terhadap bumi, tetapi manusia bergerak terhadap matahari. Jadi benda dikatakan bergerak atau diam tergantung benda yang dipakai sebagai acuan. Jika acuannya bergeraknya bumi,

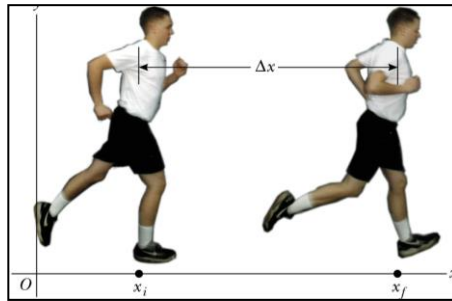
manusai dikatakan diam, tetapi jika acuannya matahari manusia dikatakan bergerak.

Jika Anda berada di dalam mobil yang sedang bergerak, kemudian menengok ke luar jendela mobil, bagaimanakah keadaan benda-benda yang Anda lihat di luar mobil? Benda-benda seperti pohon dan rambu-rambu lalu lintas yang berada di depan mobil seolah mendekati, kemudian melintas dan akhirnya menjauh ke belakang mobil. Padahal sesungguhnya Anda yang melewati pohon. Peristiwa ini disebut dengan gerak semu. Gerak semu terjadi pada benda yang sebenarnya diam tetapi tampak seolah-olah bergerak.

1. Pengertian gerak

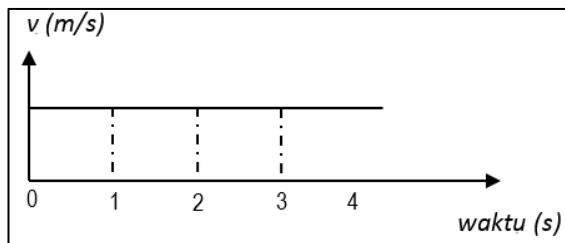
Dalam kehidupan **sehari-hari**, kita sering mendengar kata “gerak”, seperti sepeda motor bergerak, mobil bergerak, ular bergerak, akar tanaman bergerak, dan lain-lain. Suatu benda dikatakan bergerak apabila kedudukannya berubah terhadap acuan tertentu. Misalnya, Anda sedang berdiri di *halte*, dan melihat sebuah mobil A bergerak meninggalkan halte tersebut. *Halte* Anda tentukan sebagai acuan, mobil A dikatakan bergerak terhadap *halte*. Penumpang mobil A tidak bergerak terhadap mobil A karena kedudukan penumpang tersebut setiap saat tidak berubah terhadap mobil A. Setelah mobil A berjalan di jalan raya, suatu saat mobil akan berbelok ke kiri, bergerak lurus lagi, berbelok ke kanan, lurus lagi, dan seterusnya. Jalan yang dilalui oleh mobil tersebut disebut lintasan. Lintasan dapat berbentuk lurus, melengkung, atau tak beraturan.

Gambar 3.1 berikut mengilustrasikan bagaimana seseorang bergerak dari satu tempat ke tempat lain. Selama bergerak, orang tersebut telah menempuh jarak sejauh Δx dengan kecepatan dan waktu yang tertentu.



Gambar 3.1 Seseorang Bergerak dari Suatu Tempat ke Tempat Lain

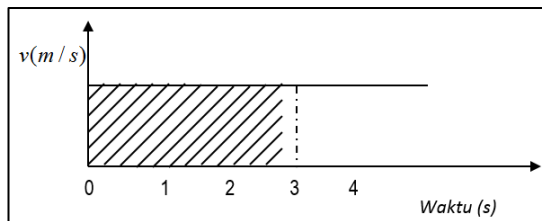
Suatu benda yang bergerak pada lintasan lurus dengan kecepatan tetap dikatakan sedang melakukan gerak lurus beraturan. Hubungan antara kecepatan dan waktu pada gerak lurus beraturan ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Hubungan antara Kecepatan dan Waktu

Berdasarkan grafik tersebut cobalah Anda tentukan berapa besar kecepatan benda pada pada saat $t=0$ s; $t=1$ s; $t=2$ s; $t=3$ s?

Tampak dari grafik pada gambar di atas, kecepatan benda sama dari waktu ke waktu, yakni 5 m/s. Semua benda yang bergerak lurus beraturan akan memiliki grafik v-t. Anda dapat menghitung jarak yang ditempuh oleh benda dengan cara menghitung luas daerah di bawah kurva bila diketahui grafik (v-t). Jarak yang ditempuh = luas daerah yang diarsir pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Grafik Jarak yang Ditempuh Sebuah Benda

Cara lain untuk **menghitung** jarak tempuh adalah dengan menggunakan persamaan GLB. Telah Anda ketahui bahwa jarak pada GLB dirumuskan:

$$s = v \cdot t \quad (3.1)$$

Keterangan:

s = jarak tempuh (m)

v = kecepatan (m/s)

t = waktu tempuh (s)

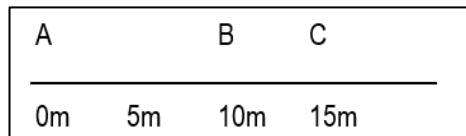
Berdasarkan **Gambar 3.3** sebelumnya diketahui: $v = 5$ m/s dan $t = 3$ s. Dengan demikian, jarak yang ditempuh adalah $5 \text{ m/s} \times 3 \text{ s} = 15$ m.

Persamaan GLB tersebut berlaku bila gerak benda memenuhi grafik seperti gambar 3.1. Pada grafik tersebut terlihat bahwa pada saat $t = 0$ s; maka $v = 0$. Artinya, pada mulanya benda diam, kemudian bergerak dengan kecepatan 5 m/s. Padahal dapat saja terjadi bahwa saat awal kita amati benda sudah dalam keadaan bergerak, sehingga benda telah memiliki posisi s_0 . Untuk keadaan ini, maka persamaan GLB sedikit mengalami perubahan sehingga menjadi:

$$s = s_0 + v \cdot t \quad (3.2)$$

2. Kedudukan, jarak dan perpindahan

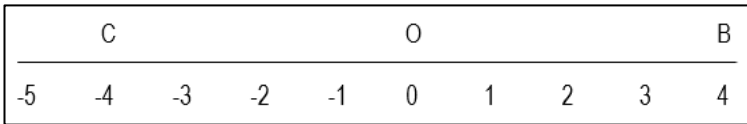
Bayangkan Anda berada di pinggir jalan lurus dan panjang. Posisi Anda saat itu di A.



Gambar 3.4: Posisi Benda dalam Sumbu Koordinat

Dari A, Anda berjalan menuju C melalui B. Sesampainya di C, Anda berbalik dan kembali berjalan lalu berhenti di B. Pada **kejadian** di atas, berapa jauhkah jarak yang ditempuh? Berapa pula perpindahan Anda? Samakah pengertian jarak dengan perpindahan? Dalam kehidupan sehari-hari kata jarak dan perpindahan dipakai untuk arti yang sama. Dalam fisika, kedua kata itu mengandung arti yang berbeda.

Perhatikan ilustrasi berikut. Sebuah bola digulirkan pada sebuah bidang datar lurus. Posisi bola setiap saat diwakili oleh garis berskala yang disebut sumbu koordinat seperti Gambar 3.5 di bawah ini.

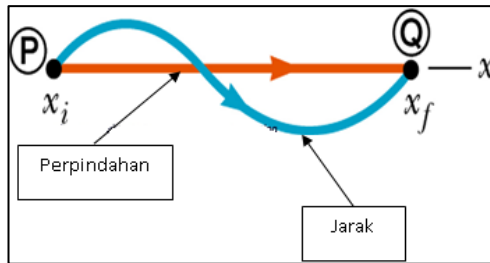


Gambar 3.5: Bola Digulirkan pada Bidang Datar

Andaikan ada 2 bola yang digulirkan dari titik O. Bola 1 digulirkan ke kanan dan berhenti di B. Bola 2 digulirkan ke kiri dan berhenti di C. Lihatlah bahwa panjang lintasan yang ditempuh oleh kedua bola sama, yaitu 4 satuan. Namun bila diperhatikan arah gerakannya, kedua bola berpindah posisi ke arah yang berlawanan. Bola 1 berpindah ke sebelah kanan titik O, sedangkan bola ke 2 ke sebelah kiri titik O.

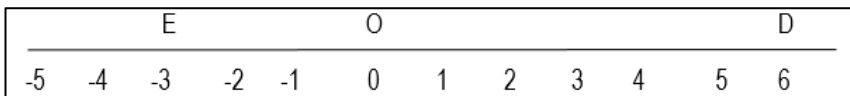
*“panjang lintasan yang ditempuh disebut **jarak**, sedangkan **perpindahan** diartikan sebagai perubahan posisi benda dari keadaan awal ke keadaan akhirnya”.*

Jarak tidak mempersoalkan ke arah mana benda bergerak, sedangkan perpindahan tidak mempersoalkan bagaimana lintasan suatu benda yang bergerak. Perpindahan hanya mempersoalkan kedudukan, awal dan akhir benda itu. Jarak adalah besaran skalar, sedangkan perpindahan adalah vektor. Dua benda dapat menempuh jarak (panjang=lintasan) yang sama, tetapi mengalami perpindahan yang berbeda seperti pada contoh ini. Dalam hal ini, dapat dikatakan bahwa jarak merupakan besar perpindahan.



Gambar 3.6. Perbedaan Jarak dan Perpindahan

Apabila **kemudian** ada bola 3 bergerak dari titik O ke kanan, sampai di D lalu balik bergerak ke kiri melewati titik O kemudian berhenti di E, seperti yang ditunjukkan gambar di bawah ini, bagaimanakah jarak dan perpindahannya?



Gambar 3.7 Perubahan Posisi Bola 3

Jarak yang ditempuh bola adalah panjang lintasan $ODE = OD + DE$, yaitu $6 + 9 = 15$ satuan. Sementara perpindahan bola adalah OE (kedudukan awal bola di O, kedudukan akhirnya di E). Jadi $\Delta s = -3$ satuan.

Tanda minus pada Δs menunjukkan arah perpindahan bola ke kiri dari titik acuan. Perlu dicatat pula bahwa dalam contoh di atas perbedaan antara jarak dan perpindahan ditandai oleh ada atau tidaknya “arah”, juga oleh “besar” kedua besaran itu (jarak = 15 satuan, perpindahan = 3 satuan). Mungkinkah jarak yang ditempuh oleh suatu benda sama dengan besar perpindahannya?

Untuk benda yang bergerak ke satu arah tertentu, jarak yang ditempuh benda sama dengan besar perpindahannya. Misalnya, bila benda bergerak lurus ke kanan sejauh 5 m, baik jarak maupun besar perpindahannya sama-sama 5 m.

3. Kelajuan dan kecepatan rata-rata

Dalam ilmu fisika, kelajuan dan kecepatan memiliki pengertian yang berbeda. Kelajuan merupakan besaran skalar, sedangkan kecepatan adalah besaran vektor. Kelajuan adalah jarak yang ditempuh suatu benda dibagi selang waktu atau waktu untuk menempuh jarak itu, sedangkan kecepatan adalah perpindahan suatu benda dibagi selang waktu. Jika dinyatakan dalam bentuk persamaan, keduanya dapat ditulis:

$$\bar{v} = \frac{S}{\Delta t}$$

kelajuan rata-rata (3.3)

$$\vec{v} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

kecepatan rata-rata (3.4)

Keterangan:

S = jarak yang ditempuh benda (m)

ΔS = perpindahan benda (m)

Δt = waktu tempuh (s)

Dalam kehidupan sehari-hari, kelajuan dan kecepatan senantiasa berubah-ubah karena berbagai sebab, misalnya, jalanan yang tidak rata. Oleh karenanya kita dapat mengartikan kelajuan dan

kecepatan pada persamaan 3.3 dan 3.4 sebagai kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata.

4. Hubungan jarak, kecepatan, dan selang waktu GLB

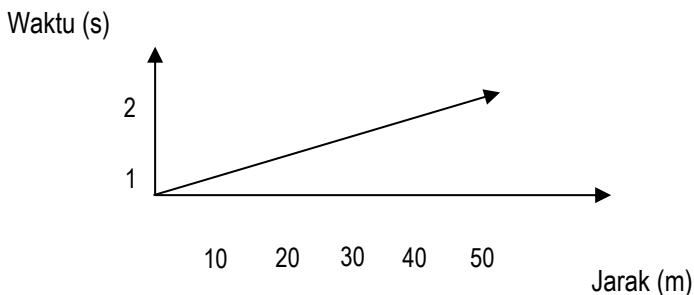
Di jalan tol yang lurus dan datar mungkin kelajuan mobil dapat diusahakan tetap. Contoh tersebut adalah contoh dari gerak lurus beraturan. Lintasan benda yang berupa garis lurus dengan arah gerak yang selalu tetap dapat diganti dengan jarak atau perpindahan. Kelajuan tetap dapat diganti dengan kecepatan tetap. Sebuah benda yang bergerak dengan kecepatan tetap akan menempuh jarak yang sama untuk selang waktu t yang sama. Jadi, jarak sebanding dengan selang waktu yang secara matematis dapat ditulis: $s = v \cdot t$

Misalnya, mobil berjalan dengan kecepatan tetap 10 m/s, artinya tiap detik mobil akan menempuh jarak 10 m, seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Pengamatan terhadap Mobil yang Bergerak

Waktu (s)	0	1	2	3	4	5
Jarak (m)	0	10	20	30	40	50

Dari data pada tabel di atas, dapat dibuat grafik jarak terhadap waktu sebagai berikut.



Gambar 3.8 Grafik jarak terhadap waktu

Dari grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa pada gerak lurus beraturan jarak yang ditempuh benda berbanding lurus dengan waktu.

Pada GLB, terdapat dua kejadian yang mungkin terjadi. Kedua kejadian tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Dua benda bergerak searah

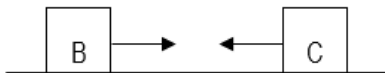
Benda A mula-mula berada di depan benda B. Benda B kemudian dapat menyusul benda A. Kecepatan benda B lebih besar daripada kecepatan benda A, ($V_B > V_A$). Perhatikan gambar di bawah ini!



Gambar 3.9 Benda bergerak dengan arah yang sama

- b. Dua benda bergerak berlawanan arah

Benda B dan benda C semula terpisah pada jarak s . Kedua benda akan bertemu atau berpapasan pada titik tertentu dan waktu tertentu. Perhatikan gambar berikut ini!



Gambar 3.10 Benda bergerak dengan arah yang berlawanan

B. DINAMIKA GERAK

Benda dapat bergerak atau mengalami perubahan gerak karena ada gaya yang mengenainya. Ilmu yang mempelajari gerak benda dengan memperhatikan penyebabnya disebut dinamika, sedangkan

ilmu yang mempelajari gerak benda tanpa memperhatikan penyebabnya disebut kinematika. Dasar dinamika gerak adalah hukum Newton. Pendapat Newton tentang gerak benda ini dikemukakan dalam tiga rumusan yang dikenal dengan hukum I Newton, hukum I Newton, dan hukum II Newton.

Siapakah Sir Isaac Newton?



Lahir pada tanggal 4 januari 1642 di Whoolsthorpe, Lincolnshire, Inggris. Newton menguasai berbagai bidang keilmuan meliputi fisika, matematika, ekonomi, filsafat dan teologi. Anda pasti mengetahui cerita tentang Newton dan apel jatuh. Cerita tersebut mengatakan bahwa pada tahun 1665 ketika Newton sedang duduk di kebun buahnya sebuah apel jatuh di atas kepalanya dan terinspirasi tentang gaya gravitasi. Benar tidaknya cerita tersebut, Newton menyadari bahwa gaya yang mengatur gerakan bulan juga mengatur jatuhnya apel tersebut.

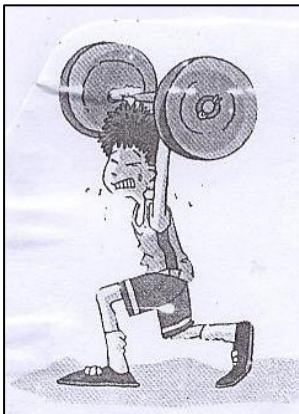
Newton kemudian mengembangkan tiga hukum gerak monumental dalam salah satu bukunya *Mathematical Principles Of Natural Philosophy* (The Principia).

Ia merumuskan berbagai persamaan gerak yang menjadi bahasan utama dalam bidang fisika dan astronomi. Tiga hukum gerak tersebut menjadi acuan utama dalam menjelaskan gaya yang timbul karena pergerakan benda memiliki massa dan percepatan.

Tiga hukum gerak tersebut juga dikenal dengan nama Hukum Gerak Newton. Buku tersebut dipublikasikan 20 tahun kemudian dalam bahasa latin. Setelah itu Newton diangkat menjadi anggota parlemen dan presiden masyarakat bangsawan. Newton kemudian meninggal pada tahun 1727 dan dimakamkan di Westminster Abbey, London bersama raja-raja Inggris dan orang-orang terkenal lainnya.

1. Hukum I Newton

Setiap benda mempunyai sifat ingin mempertahankan keadaannya, artinya benda yang diam cenderung untuk tetap diam, dan benda yang bergerak cenderung untuk tetap bergerak. Sifat seperti itu disebut sifat kelembaman atau inersia benda. Kelembaman artinya kelambanan atau kemalasan, maksudnya keadaan benda lamban atau malas berubah dari keadaan sebelumnya. Kelembaman



suatu benda bergantung pada massa benda itu sendiri, semakin besar massa benda, maka semakin besar pula kelembaman benda itu, sehingga gaya yang diperlukan untuk mengubah keadaan benda itu juga semakin besar. Hal itu dapat dilihat pada atlet angkat besi.

Atlet tersebut mampu mengangkat barbel karena atlet itu mampu memberikan gaya yang besar pada barbel sehingga barbel terangkat. Dengan demikian dapat dikatakan untuk mengubah keadaan benda, diperlukan gaya yang dapat mengimbangi kelembaman benda itu.

Adanya sifat kelembaman benda pertama kali dinyatakan oleh Galileo-galilei (1564-1642), kecepatan yang diberikan pada sebuah benda akan dipertahankan jika semua penghambatnya dihilangkan. Pernyataan itu diperbaiki oleh Newton kira-kira satu abad kemudian, dalam hal ini Newton mengemukakan hukum gerak pertamanya yang disebut Hukum I Newton yang berbunyi “*Jika resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, maka benda yang mula-mula diam akan tetap diam dan benda yang mula-mula bergerak lurus beraturan akan tetap bergerak lurus beraturan*”. Hukum I Newton juga dikenal dengan sebutan *hukum kelembaman* Secara matematis dirumuskan:

$$\sum F = 0 \quad (3.5)$$

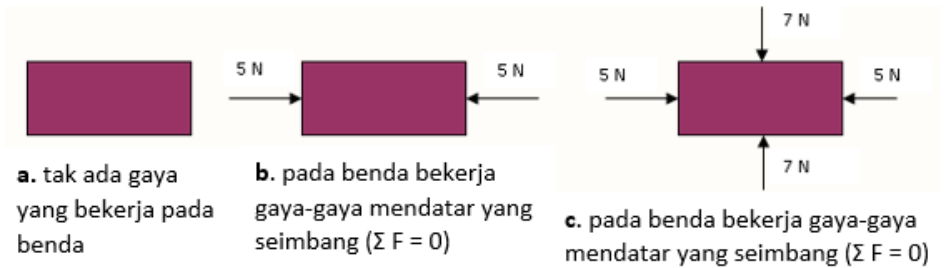
jika $\sum F = 0$, maka $a = 0$ atau $v = \text{konstan}$

- a. Menurut Newton, jika tidak ada gaya gesekan maka benda akan terus bergerak selamanya sampai dihentikan. Dan benda yang diam akan tetap diam selamanya sampai diberikan gerakan.
- b. Aplikasi ini dapat dilihat pada seorang pemain *ice skating* lapangan yang dilapisi es sangat licin sehingga gaya gesekannya hampir nol karena itu ketika pemain meluncur tanpa menggerakkan tenaga, tidak satupun gaya yang bekerja pada pemain.
- c. Hal ini juga dapat dilihat pada astronot di luar angkasa yang melayang-layang karena tidak adanya gaya yang bekerja pada astronot tersebut.

Apakah keseimbangan itu?

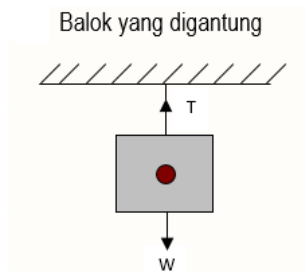
Tidak ada gaya yang bekerja pada suatu benda sama artinya dengan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol. Gaya sama dengan nol dapat dihasilkan oleh dua gaya atau lebih yang bekerja pada suatu benda, asalkan gaya-gaya itu setimbang. *Syarat gaya-gaya itu setimbang dinyatakan oleh resultan gaya sama dengan nol ($\sum F = 0$)*

Beberapa kasus dimana resultan gaya $\sum F = 0$



Gambar 3.11 Contoh kasus resultan gaya

Contoh gaya dalam keadaan setimbang



Beberapa contoh benda dalam keadaan setimbang dalam kehidupan sehari-hari

- Kapal yang terapung di air
- Adu tarik tambang

c. Penerjun payung pada saat payungnya terbuka

Fenomena fisika tentang hukum I Newton dalam kehidupan sehari-hari:

- a. Kardus yang berada di atas mobil terlempar ketika mobil tiba-tiba berbelok, hal ini disebabkan karena kardus mempertahankan keadaan awalnya yaitu bergerak lurus.
- b. Ketika sebuah sepeda motor sedang melaju kencang, tiba-tiba di depannya melintas sebuah mobil, maka pengemudi motor akan terlempar ke depan pada saat motor direm secara mendadak, karena pengemudi motor mempertahankan keadaan awalnya yaitu melaju kencang.
- c. Selembar kertas yang ditaruh di bawah gelas berisi air. Apabila ditarik dengan cepat, maka gelas tidak akan bergerak sedikitpun karena gelas tersebut mempertahankan kedudukan awalnya yaitu diam.
- d. Mobil yang sedang bergerak di jalan tol yang lurus, resultan gaya yang bekerja pada mobil sama dengan nol sehingga mobil akan tetap bergerak lurus, begitu juga halnya dengan pesawat terbang .

Contoh soal 3.1

Sebuah benda bermassa 2 kg digantung dengan seutas tali, bila percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 dan benda dalam keadaan setimbang, tentukan gaya tegangan tali?

Penyelesaian contoh soal 3.1

Berat benda $W = m \cdot g$

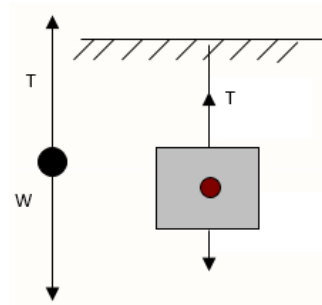
$$= 2 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2$$

$$= 20 \text{ N}$$

Dari hukum I Newton : $\sum F = 0$

$$W - T = 0$$

$$T = W$$



Jadi tegangan tali adalah 20 N.

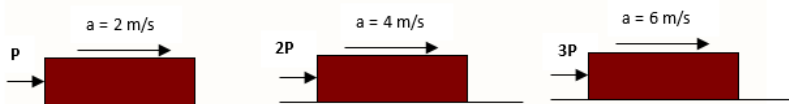
2. Hukum II Newton

Gaya dapat menyebabkan perubahan gerak benda, benda yang bergerak dapat berhenti jika dikenai gaya (ditahan) dan benda diam dapat bergerak jika dikenai gaya (didorong). Perubahan gerak merupakan percepatan jadi gaya dapat menimbulkan percepatan.

a. Hubungan antara percepatan dan dan resultan gaya:

Jika massa benda tetap dan gaya yang mengenainya diperbesar, maka percepatan yang terjadi semakin besar. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa *percepatan gerak benda berbanding lurus dengan resultan gaya yang bekerja pada benda.*

Hal ini dapat dilihat pada percobaan berikut:



Gambar 3.12: Pengaruh Resultan Gaya terhadap Percepatan dengan Massa Benda Konstan

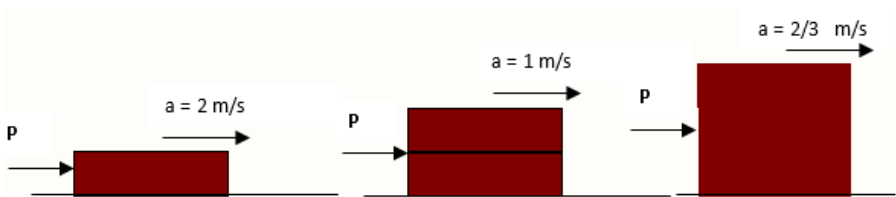
Dari percobaan di atas maka dapat dibuat dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 3.2 Percobaan Pengaruh Resultan Gaya terhadap Percepatan

F (N)	a (m/s ²)	m (kg)
1	2	0,5
2	4	0,5
3	6	0,5

b. Hubungan antara percepatan dengan massa benda

Ukuran kemampuan benda mempertahankan keadaan diam atau keadaan geraknya adalah inersia ini sama saja artinya bahwa percepatan benda dipengaruhi oleh inersianya, sedangkan kualitas inersia benda diukur oleh massanya, dengan demikian percepatan berhubungan dengan massa. Jika massa benda diperbesar dan gaya yang mengenainya tetap, percepatan yang terjadi makin kecil, dengan demikian dapat disimpulkan *bahwa percepatan gerak suatu benda berbanding terbalik dengan massa benda*. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.13 Pengaruh massa benda terhadap percepatan

Dari percobaan di atas maka dapat di buat dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 3.3 Percobaan Pengaruh Massa Benda terhadap Percepatan

F (N)	a (m/s²)	m (kg)
1	2	0,5
1	1	1
1	2/3	1,5

c. Pernyataan Hukum II Newton

Dari hasil eksperimen Newton menggabung dua kesimpulan yang telah diberikan dan menyatakannya sebagai Hukum II Newton yang berbunyi sebagai berikut: “*percepatan yang dihasilkan oleh resultan gaya yang bekerja pada suatu benda berbanding lurus dengan resultan gaya, searah dengan resultan gaya dan berbanding terbalik dengan massa benda*”. Secara matematis hukum I Newton dinyatakan sebagai:

$$a = \frac{F}{m} \text{ atau } F = m \cdot a \quad (3.6)$$

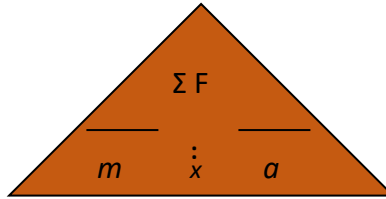
Keterangan:

F = gaya (N)

a = percepatan (m/s²)

m = massa benda (kg)

Hukum II Newton di atas dapat dinyatakan dalam bentuk segitiga rumus Newton, seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3.14 Segitiga Rumus Newton $a = F/m$

Catatan: satuan gaya dalam SI adalah Newton, gaya dapat juga dinyatakan dalam dyne (1 Newton = 10 dyne). Satu Newton (1 N) didefinisikan sebagai gaya yang menghasilkan percepatan 1 m/s² ketika gaya ini diberikan pada benda bermassa 1 kg.

Menurut hukum II Newton: “*kecepatan gerak benda akan berubah jika benda tersebut diberi gaya dari luar*”

Beberapa contoh aplikasi hukum II Newton dalam kehidupan sehari-hari:

- 1) Bola yang sedang bergerak tiba-tiba ditangkap maka akan diam
- 2) Bola yang dilempar ke depan akan berbelok arahnya apabila dipukul

Contoh soal 3.2

- 1) Jika gaya yang bekerja pada benda yang bermassa 4 kg sebesar 1 Newton, percepatan yang terjadi adalah?

Penyelesaian contoh soal 3.2

Diketahui : $F = 4\text{N}$

$m = 4\text{ kg}$

Ditanya: percepatan (a) =....?

Penyelesaian:

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

$$a = \frac{4}{1}$$

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

Contoh soal 3.3

Sebuah benda bermassa 2 kg ditarik oleh dua buah gaya yang saling berlawanan seperti pada gambar di bawah ini, jika gesekan dengan lantai diabaikan, berapakah percepatan benda tersebut dan kemana arahnya?

Penyelesaian contoh soal 3.3

Diketahui: $F_1 = 6 \text{ N}$

$F_2 = 8 \text{ N}$

$m = 2 \text{ kg}$

Ditanya: $a = \dots?$

Penyelesaian:

$$F = F_2 - F_1$$

$$F = (8 - 6) \text{ N}$$

$$F = 2 \text{ N ke kanan}$$

Jadi

$$a = F/m$$

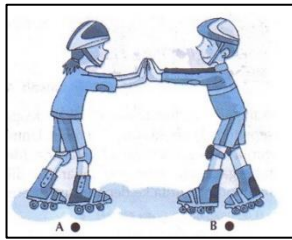
$$a = 2/2$$

$$a = 1 \text{ m/s}^2$$



3. Hukum III Newton

Ketika Anda dan teman sedang bermain sepatu roda, suruhlah teman Anda untuk menghadap ke arah Anda, kemudian doronglah teman tersebut, apa yang terjadi? Anda dan teman Anda akan sama-sama terdorong ke belakang, karena apabila Anda memberikan gaya dorong pada teman tersebut, maka teman Anda juga akan memberikan gaya terhadap Anda. Seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3.15 Anak a dan Anak b saling Memberikan Gaya yang Besarnya Sama tetapi Arahnya Berlawanan.

Dari fenomena seperti di atas, Newton merumuskannya ke dalam hukumnya yang ketiga yang berbunyi “*jika benda pertama mengerjakan gaya terhadap benda kedua, maka benda kedua pun akan mengerjakan gaya terhadap benda pertama yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan*”.

Jadi apabila suatu benda mengerjakan gaya (melakukan aksi) terhadap benda lain, maka benda lain juga akan mengerjakan gaya (memberikan reaksi) terhadap benda itu. Pasangan kedua gaya ini sering dikenal dengan *pasangan gaya aksi reaksi*.

Secara matematis hukum III Newton dirumuskan sebagai berikut:

$$\sum F_1 = - \sum F_2 \quad (3.7)$$

Keterangan:

$\sum F_1$ = jumlah gaya aksi (N)

$\sum F_2$ = jumlah gaya reaksi (N)

Tanda negatif (-) menunjukkan kedua gaya berlawanan arah.

- a. Pasangan gaya aksi dan reaksi bekerja pada dua benda yang berlainan, pasangan yang bekerja pada satu benda bukan merupakan pasangan gaya aksi dan reaksi.
- b. Besarnya gaya aksi sama dengan gaya reaksi, tetapi arahnya berlawanan. Perlu diperhatikan bahwa pasangan gaya aksi dan reaksi selalu muncul secara bersamaan. Jadi keduanya dapat saling dipertukarkan, tergantung darimana kita memandangnya, namun dalam soal-soal fisika biasanya disebutkan bahwa gaya yang kita lakukan disebut gaya aksi.

Peristiwa sehari-hari yang menunjukkan adanya gaya aksi dan reaksi adalah sebagai berikut:

- a. Agar dapat melompat tinggi, seorang pemain basket harus menjejakkan kakinya ke tanah kuat-kuat. Hal itu berarti ia memberi gaya aksi pada tanah, karena diberi gaya aksi, tanah memberikan gaya reaksi. Gaya reaksi itulah yang menyebabkan pemain basket itu terangkat (meloncat).
- b. Gaya aksi dan reaksi ketika berenang
- c. Gaya aksi dan reaksi ketika pelari mulai berlari
- d. Gaya aksi dan reaksi ketika senapan menembakkan peluru
- e. Gaya aksi dan reaksi pada roket
- f. Gaya aksi dan reaksi pada bola

C. ENERGI DAN USAHA

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering kali melihat orang sedang bekerja. Misalnya, seorang petani sedang mencangkul sawah atau mengangkat sekarung padi hasil panennya. Untuk mencangkul sawah atau mengangkat sekarung padi, petani memerlukan tenaga yang cukup besar. Pernahkah Anda berfikir, dari mana petani tersebut mendapatkan tenaga?

Pada malam hari dalam keadaan gelap, untuk belajar Anda harus menyalakan lampu. Apakah yang membuat lampu tersebut dapat menyala, sehingga ruang belajarmu menjadi terang?

Ketika berangkat ke kampus, Anda membawa tas. Untuk dapat membawa tas, Anda juga memerlukan tenaga. Pernahkah Anda berpikir dari manakah Anda memperoleh energi?

Contoh yang lain, misalnya mobil yang sedang berjalan dan mangga yang jatuh dari tangkainya. Mengapa mobil dapat berjalan? Mengapa mangga yang tergantung pada tangkainya dapat jatuh ke tanah?

1. Pengertian energi

Semua contoh di atas berhubungan dengan tenaga atau energi. Apakah sebenarnya energi itu? Dari manakah energi itu diperoleh? Untuk apakah energi yang dimiliki manusia, binatang, ataupun benda mati?

Dari contoh tersebut, orang dapat bekerja jika mendapat energi dari bahan makanan yang dimakannya. Lampu dapat menyala karena mendapat energi dari minyak tanah atau listrik. Mobil dapat berjalan karena mendapat energi dari bahan bakar bensin, solar, atau gas.

Mangga yang tergantung pada suatu ketinggian menyimpan sejumlah energi.

Orang bekerja, mobil berjalan, dan mangga jatuh ke tanah dikatakan melakukan usaha. Setiap benda yang melakukan usaha memerlukan energi. Satuan energi dalam SI adalah joule, satuan energi lainnya adalah erg. James Preseot Joule menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kalori dan joule yaitu $1 \text{ kalori} = 4,18 \text{ J}$ sehingga dibulatkan menjadi $1 \text{ kalori} = 4,2 \text{ joule}$.

“Jadi, konsep energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja”

2. Bentuk energi

a. Energi panas

Energi panas adalah energi yang berasal dari panas. Misalnya api.

b. Energi listrik

Energi listrik adalah energi yang berasal dari beda potensial listrik.

Misalnya *Accu*, baterai.

c. Energi bunyi

Energi bunyi berasal dari benda yang bergetar. Misalnya gitar, beduk, sirine, dan sebagainya.

d. Energi cahaya

Energi cahaya berasal dari benda yang bersinar. Misalnya lampu, sinar matahari, OHP.

e. Energi Nuklir

Energi nuklir adalah energi yang berasal dari reaksi inti atom baik reaksi fusi dan reaksi fisi. Misalnya bom atom yang dapat menghancurkan Hiroshima dan Nagasaki pada Perang Dunia I.

3. Sumber energi

Di alam ini banyak sekali terdapat sumber energi di antaranya:

a. Matahari

Energi yang berasal dari matahari adalah sumber energi utama di alam ini. Energi yang berasal dari matahari sudah banyak digunakan untuk pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan sel surya yang alatnya disebut fotovoltaiik.

b. Angin

Energi yang berasal dari angin dimanfaatkan untuk menggerakkan kincir angin.

c. Air

Energi yang berasal dari air dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin sehingga dapat menghasilkan sumber arus listrik.

d. Panas Bumi

Energi yang berasal dari panas bumi dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga panas bumi. Dimana panas bumi tersebut berasal dari air yang melewati lapisan batuan yang bersuhu tinggi sehingga air yang keluar ke permukaan menjadi panas dan mengeluarkan banyak uap. Uap inilah yang dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin. Sumber energi seperti ini banyak ditemukan di daerah yang ada gunung apinya.

e. Pasang Surut

Pasang surut air laut juga ternyata dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Dengan membuat bendungan di hilir sungai. Bendungan harus lebih tinggi dari keadaan air ketika air laut pasang. Ketika terjadi pasang, air akan memenuhi bendungan dan kemudian dialirkan melalui saluran yang telah dibuat agar dapat menggerakkan turbin.

f. Biogas

Kotoran hewan seperti kotoran kuda, sapi, kerbau atau lainnya ternyata dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan gas yang digunakan untuk rumah tangga dan lampu petromaks. Kotoran tersebut dimasukkan ke dalam drum yang kemudian ditutup sehingga tidak ada udara yang masuk. Ke dalam drum tersebut dimasukkan bakteri anaerob yang dapat bekerja tanpa oksigen sehingga hasil penguraiannya berupa gas metana dan gas lainnya disalurkan melalui pipa langsung ke kompor yang dapat digunakan untuk memasak.

g. Fosil

Energi yang berupa minyak bumi, batu bara, dan gas alam berasal dari hewan atau binatang yang telah membatu dan terkubur ribuan atau jutaan tahun yang lalu.

h. Nuklir/Inti Atom

Energi ini berasal dari inti atom yang meluruh ataupun terjadinya reaksi fisi dan fusi pada inti.

4. Perubahan bentuk energi

Di alam ini terdapat berbagai bentuk energi, di antaranya energi listrik, energi cahaya, energi kalor, energi bunyi, dan energi mekanik. Dari berbagai bentuk energi yang disebutkan pada contoh di atas ternyata energi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lain. Bagaimanakah energi berubah dari satu bentuk ke bentuk lain? Untuk menyelidiki hal tersebut, lakukanlah percobaan seperti kegiatan 3.1!

Kegiatan 3.1

Alat dan bahan

- a. batu baterai
- b. kawat tembaga
- c. kabel
- d. lampu pijar

Cara kerja

- a. Hubungkan kutub-kutub baterai dengan kawat tembaga.
- b. Sentuhlah kawat tersebut dengan kedua tanganmu. Apakah yang Anda rasakan? Mengapa demikian?
- c. Hubungkanlah kutub-kutub baterai dan lampu pijar dengan kabel. Apakah lampu pijar menyala?

Jika kita memperhatikan lingkungan di sekitar kita, banyak contoh-contoh perubahan energi, antara lain sebagai berikut:

- a. Energi listrik menjadi energi kalor, misalnya pada setrika listrik, solder listrik, dan kompor listrik.
- b. Energi gerak menjadi energi kalor, misalnya pada tumbukan antara dua benda dan pada peristiwa pengeboran.

- c. Energi kimia menjadi energi listrik, misalnya pada akumulator dan baterai.
- d. Energi gerak menjadi energi listrik, misalnya pada dynamo sepeda dan kincir air pembangkit listrik.
- e. Energi gerak menjadi energi bunyi, misalnya orang memukul beduk dan memukul paku.
- f. Energi listrik menjadi energi cahaya, misalnya pada bohlam.

5. Hukum kekekalan energi

Sumber energi yang utama di bumi berasal dari matahari. Semua makhluk hidup dapat melakukan aktivitasnya apabila mempunyai energi. Sebagai contoh, manusia beraktivitas, karena mempunyai energi yang berasal dari makanan yang dimakan, sedangkan makanan dapat berasal dari tumbuh-tumbuhan dan hewan juga berasal dari bentuk energi lain, yaitu energi kimia.

Dari uraian di atas ternyata energi tidak diciptakan, tetapi diperoleh dari pengubahan bentuk energi yang lain. Begitu pula energi dari cahaya matahari sampai di bumi tidak berarti hilang, tetapi dimanfaatkan oleh tumbuh-tumbuhan, hewan, dan manusia. Hal itu menunjukkan bahwa energi tidak musnah, tetapi berubah menjadi bentuk energi lain.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, tetapi hanya dapat diubah menjadi bentuk yang lain. Kesimpulan tersebut disebut atau dikenal dengan hukum kekekalan energi.

Albert Einstein (1879-1955) juga telah meramalkan hubungan ini. Menurut teori Einstein, materi dan energi dinyatakan dalam

persamaan $E = mc^2$, dengan E menyatakan jumlah energi, m jumlah materi, dan c menyatakan kecepatan cahaya. Dalam 50 tahun yang lampau telah banyak percobaan yang dilakukan untuk membuktikan kebenaran teori ini.

Dari percobaan pembakaran karbon yang sudah dilakukan, dapat dilihat mengapa hal itu terjadi. Instrumen-instrumen yang mula-mula digunakan belum cukup peka. Begitu pula telah diterima dan dipercaya bahwa energi itupun tidak diciptakan dan dimusnahkan. Kepercayaan ini dinamakan sebagai hukum kekekalan energi yang telah disebutkan di atas. Dengan menggunakan instrumen yang cukup peka untuk menemukan energi, menunjukkan bahwa tidak ada energi yang hilang bila ada perubahan dari satu bentuk ke bentuk lain. Jadi, pada saat itu, materi dan energi dianggap tidak ada hubungan.

6. Penghematan energi BBM dan listrik

Saat ini pemerintah terus menganjurkan agar kita dapat menghemat energi. Energi yang dimaksud adalah energi yang berasal dari bahan bakar minyak (BBM) dan energi listrik. Energi tersebut sangat diperlukan untuk menunjang kegiatan sehari-hari. Misalnya, BBM sangat diperlukan dalam keperluan rumah tangga untuk memasak dan penerangan. Pada industri, BBM digunakan sebagai bahan bakar mesin industri dan untuk bahan bakar kendaraan bermotor.

Cadangan minyak bumi (minyak tanah, bensin, dan solar) sangat terbatas dan menurut para ahli jika tidak dikendalikan penggunaannya, puluhan tahun yang akan datang akan terjadi krisis

energi. Oleh karena itu, kita yang hidup di bumi ini perlu menghemat energi.

Para ahli sudah memikirkan dan melakukan penelitian untuk memanfaatkan sumber-sumber energi alternatif sebagai pengganti BBM. Seperti yang dilakukan pemerintah Indonesia, baru-baru ini pemerintah mengkampanyekan penggunaan batu bara untuk keperluan memasak dalam rumah tangga.

Selain itu, pemerintah Indonesia dan **Negara**-negara di kawasan Asia Pasifik mengadakan kerja sama untuk memanfaatkan energi alternatif. Energi alternatif itu antara lain energi surya, energi angin, energi air, bio gas, dan panas bumi.

Negara-negara maju sudah banyak yang dapat memanfaatkan energi alternatif dalam jumlah besar, misalnya

- a. Energi angin sebagai pembangkit listrik, seperti di Belanda;
- b. Energi nuklir sebagai pembangkit listrik, seperti di Amerika Serikat, Prancis, dan Rusia;
- c. Energi surya (matahari) sebagai pembangkit listrik, seperti di Jepang.

Sampai saat ini sumber energi dimanfaatkan oleh manusia dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Sumber energi yang dimanfaatkan itu berasal dari fosil. Fosil adalah sisa-sisa tumbuhan dan binatang yang hidup ratusan sampai jutaan tahun yang lalu dan telah terpendam di dasar laut atau di dalam bumi. Sumber-sumber energi yang lain belum dimanfaatkan secara maksimal.

Sumber energi yang berasal dari fosil ada kecenderungan banyak menimbulkan polusi. Cadangan sumber energi yang berasal dari fosil di bumi ini jumlahnya sangat terbatas. Dengan penggunaan terus-menerus sumber energi akan habis. Sumber energi yang dapat habis semacam itu disebut *sumber energi yang tidak dapat diperbaharui*.

Sumber energi yang berasal dari matahari, angin, air, dan nuklir tidak akan habis, selalu dapat diperoleh atau diperbaharui. Sumber energi semacam itu disebut *sumber energi yang dapat diperbaharui*. Sumber energi yang dapat diperbaharui mempunyai tingkat polusi rendah. Sumber energi yang dapat diperbaharui adalah sumber energi yang tidak akan habis, selalu dapat diadakan lagi atau diperbaharui.

7. Energi kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh benda yang sedang bergerak. Besarnya energi kinetik benda bergantung pada kecepatan dan massa benda itu sendiri. Semakin besar kecepatan, semakin besar pula energi kinetiknya. Sebaliknya, jika massa atau kecepatan semakin kecil, energi kinetiknya juga makin besar.

Untuk diketahui bahwa tabrakan dua buah mobil sering mengakibatkan kerusakan yang parah pada mobil hingga hancur. Hal ini diakibatkan oleh besarnya energi kinetik kedua mobil tersebut.



Gambar 3.16 Tabrakan dua buah mobil

Hubungan antara energi kinetik, massa benda, dan kecepatan secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad (3.8)$$

Keterangan:

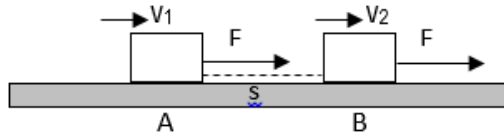
E_k = energi kinetik, dengan satuan joule atau erg.

m = massa benda, dengan satuan kg atau gram.

v = kecepatan, dengan satuan m/s atau cm/s.

Rumus di atas diperoleh dengan cara sebagai berikut:

Perhatikan gambar berikut!



Gambar 3.17 Benda Dipengaruhi Gaya F

Besar usaha pada perpindahan benda dari A ke B adalah sebagai berikut:

$$W = F \cdot s \quad (3.9)$$

Gerak benda dari A ke B adalah gerak dipercepat dengan gaya F.

Jadi,

$$F = m \cdot a \quad (3.10)$$

$$v_t = v_o + at \quad (3.11)$$

$$s_t = v_o.t + \frac{1}{2} at^2 \quad (3.12)$$

dari persamaan 3.11 dan 3.12

$$\begin{aligned} t &= \frac{v_t - v_o}{a} \\ s_t &= v_o \frac{v_t - v_o}{a} + \frac{1}{2} a \left(\frac{v_t - v_o}{a} \right)^2 \\ &= \frac{v_o v_t - v_o^2}{a} + \frac{v_t^2 + v_o^2 - 2v_o v_t}{2a} \\ &= \frac{v_t^2 - v_o^2}{2a} \end{aligned}$$

Jadi, pada perpindahan benda di atas adalah sebagai berikut:

$$s = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2a}$$

$$W = F.s$$

$$= m.a \left(\frac{v_B^2 - v_A^2}{2a} \right)$$

$$W = \frac{1}{2} m.v_B^2 - \frac{1}{2} m.v_A^2 \quad (3.13)$$

$\frac{1}{2} m.v^2$ adalah energi kinetik benda yang mempunyai massa m dan kecepatan v .

8. Energi potensial

Energi **potensial** adalah energi yang dimiliki benda karena kedudukannya atau letaknya terhadap suatu acuan atau patokan tertentu. Energi potensial ini banyak jenisnya yaitu:

a. Energi Potensial Elastik atau Pegas

Energi potensial elastik atau juga disebut juga energi potensial pegas adalah gaya potensial yang bekerja secara horizontal atau mendatar. Misalnya ketapel, ketika ketapel direntangkan, karet memanjang atau lebih panjang dari keadaan normal yang dinyatakan sebagai acuan, dikatakan bahwa ketapel memiliki energi potensial. Jika rentangan karet ketapel dilepas, menimbulkan tenaga yang mampu melontarkan batu kerikil atau kelereng. Energi potensial karet ketapel yang direntangkan disebut *energi potensial pegas* atau *energi potensial elastik*.

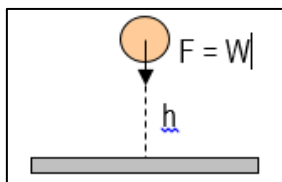
Contoh lain energi potensial pegas adalah pegas yang ditekan atau ditarik dan busur anak panah yang diregangkan.

b. Energi Potensial Gravitasi

Mengapa buah kelapa yang jatuh dapat menghancurkan genting atau benda lainnya? Buah kelapa yang tergantung di tangkainya memiliki energi potensial. Acuannya adalah permukaan bumi. Buah kelapa yang tergantung memiliki kemampuan yang tersimpan. Saat kelapa itu jatuh menimbulkan tenaga yang cukup besar. Jika buah kelapa itu menimpa genting dapat hancur.

Buah kelapa **jatuh** karena gaya gravitasi. Energi potensial buah kelapa saat masih tergantung di tangkainya disebut *energi potensial gravitasi*. Benda-benda yang berada pada ketinggian tertentu dari bumi mempunyai energi potensial gravitasi karena adanya pengaruh gaya gravitasi bumi yang menimbulkan percepatan gravitasi.

Sebuah benda diangkat dari lantai setinggi h meter seperti pada Gambar 3.18. Oleh karena gaya berat dan kedudukan benda terhadap lantai (sebagai acuan) benda tersebut memiliki energi potensial. Apabila benda tersebut dilepaskan, maka benda melakukan perpindahan (bergerak ke bawah). Energi potensial yang dimiliki benda itu disebut energi potensial gravitasi. Sama halnya dengan contoh sebelumnya.



Gambar 3.18 Benda yang diangkat dari lantai

Besar energi potensial gravitasi sama dengan usaha yang dilakukan untuk memindahkan benda dari suatu kedudukan ke titik acuannya.

$$E_p = F.s$$

$$= w.h$$

Oleh karena $w = m.g$

Maka diperoleh hubungan antara energi potensial, massa benda, letak benda (ketinggian), dan percepatan gravitasi secara matematis dirumuskan:

$$E_p = m.g.h \quad (3.14)$$

Keterangan:

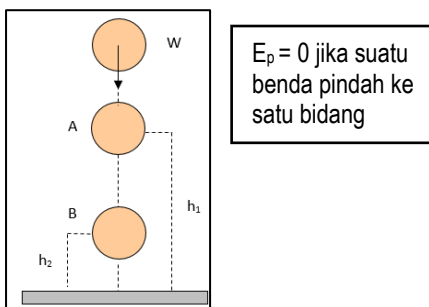
E_p = energi potensial, dengan satuan joule atau kalori.

m = massa benda, dengan satuan kg atau gram.

g = percepatan gravitasi, dengan satuan m/s^2 atau cm/s^2 .

h = ketinggian benda, dengan satuan m atau cm.

Apabila sebuah benda dilepaskan dari ketinggian tertentu di atas lantai. Oleh karena pengaruh gaya berat (w), maka benda itu jatuh vertikal melalui tempat-tempat A dan B masing-masing terletak pada ketinggian h_1 dan h_2 seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.19 Benda yang Dijatuhkan ke Lantai

9. Energi Mekanik

Energi potensial adalah energi yang dimiliki benda karena kedudukannya atau letaknya terhadap suatu acuan atau patokan tertentu. Benda-benda yang jatuh bebas adalah gerak benda yang dipengaruhi oleh gravitasi. Bagaimana tentang energi yang dimiliki selama benda bergerak jatuh? Energi yang dimiliki selama benda bergerak jatuh dari atas adalah energi potensial dan energi kinetik. Jumlah energi potensial dan energi kinetik setiap saat itulah yang disebut energi mekanik ($E_M = E_p + E_k$).

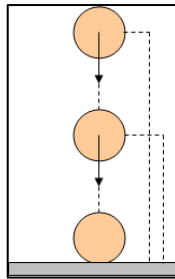
Sepintas dapat dimengerti karena kedudukan benda dalam gerakannya berubah berarti besar energi potensialnya berubah pula. Karena kecepatan benda pada setiap saat berubah, maka energi kinetiknya juga berubah. Akan tetapi bagaimana energi mekaniknya? Pada lintasan geraknya dapat ditinjau. Misalnya pada saat t_1 , benda

berada pada ketinggian h_1 , dan kecepatan yang dimiliki adalah v_1 , serta pada saat itu t_2 benda pada ketinggian h_2 dan kecepatan saat itu v_2 (Gambar 3.19), maka usaha yang dilakukan oleh gaya beratnya (w) adalah:

$$\begin{aligned} W_{AB} &= F \cdot s = w \cdot h \\ &= m \cdot g(h_1 - h_2) \\ &= m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2 \end{aligned} \quad (3.15)$$

Apabila menggunakan rumus usaha dan energi kinetik, maka:

$$\begin{aligned} W_{AB} &= \Delta E_k \\ &= \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 \end{aligned} \quad (3.16)$$



Gambar 3.20 Benda yang jatuh bebas memiliki energi potensial dan energi kinetik

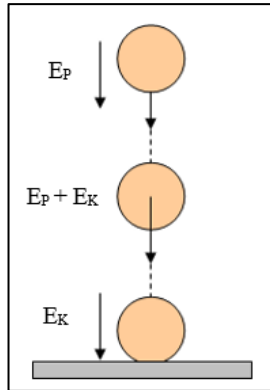
Dari persamaan 3.15 dan 3.16 didapat:

$$m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2 = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 \quad (3.17)$$

$$m \cdot g \cdot h_1 + \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 = m \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 \quad (3.18)$$

$$E_{p1} + E_{k1} = E_{p2} + E_{k2} \quad (3.19)$$

$$E_{M1} = E_{M2} \quad (3.20)$$



Gambar 3.21 Gerakan benda jatuh

Ternyata energi mekanik pada saat t_1 dan t_2 besarnya sama. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa besar energi mekanik pada setiap saat akan sama di sepanjang lintasannya. Konsep di atas dinamakan *hukum kekekalan mekanik*, yaitu *besar energi mekanik dari benda yang berada dalam medan gravitasi adalah tetap* dan dirumuskan:

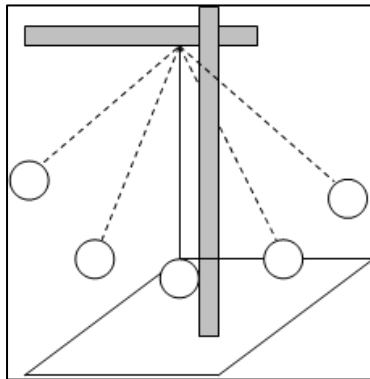
$$E_M = k \quad (3.21)$$

Keterangan:

k = konstan

Dari penjelasan tersebut, perubahan energi pada gerak benda jatuh dan gerak benda berayun dapat digambarkan sebagai berikut.

Selama geraknya jumlah energi potensial benda selalu konstan (tetap). Hukum kekekalan energi akan tidak berlaku jika ada gaya luar atau gaya lain selain gaya berat yang bekerja pada benda itu. Misalnya, benda yang dijatuhkan atau dilemparkan vertikal atau miring mendapat hambatan udara, maka hukum kekekalan energi mekanik tidak berlaku.



Gambar 3.22 Gerakan Benda Berayun

Pada prinsip kerja PLTA mengubah energi mekanik air terjun menjadi energi listrik. Untuk mendapatkan energi mekanik air terjun yang besar, maka ketinggian dan debit air terjun sangat menentukan. Makin tinggi dan makin besar debit air terjun, energi mekaniknya makin besar.

Energi mekanik air terjun ($E_p + E_k$) digunakan untuk memutar turbin yang dihubungkan dengan generator dan akhirnya dari generator timbul energi listrik. Pada alat penumbuk padi diperlukan energi kinetik yang cukup kuat. Dalam hal ini diperhitungkan sehingga dapat menghancurkan kulit padi tetapi berasnya tidak hancur.

D. PESAWAT SEDERHANA

1. Pengertian Pesawat Sederhana

Kerja atau usaha merupakan kegiatan yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Membawa barang-barang dari lantai bawah ke lantai atas, mendorong kereta bayi, dan memindahkan barang-barang merupakan beberapa contoh usaha yang harus dilakukan. Bentuk usaha semacam itu umumnya dilakukan secara berulang-ulang setiap harinya.

Untuk memudahkan melakukan berbagai usaha dan kerja, manusia menciptakan peralatan yang disebut dengan mesin atau pesawat. Mesin pompa air, eskalator, traktor (Gambar 3.23) adalah beberapa mesin atau pesawat yang sering ditemui dalam kehidupan. Dengan adanya mesin atau pesawat ini berbagai kerja dan usaha dapat dilakukan dengan jauh lebih mudah dan lebih cepat. Dalam fisika, mesin atau pesawat ini dikenal dengan pesawat rumit. Perlu ditegaskan bahwa pesawat tidak mengurangi usaha melainkan hanya mempermudah melakukan usaha.

Beberapa di antara pesawat atau mesin tersebut merupakan perangkat yang sederhana. Gunting, pembuka botol, obeng, dan sekrup adalah beberapa contohnya. Perbedaan utama pesawat sederhana dan pesawat rumit adalah pada komponennya. Pesawat sederhana umumnya terdiri atas satu piranti, sedangkan pesawat rumit merupakan kumpulan dari beberapa pesawat sederhana yang membentuk sistem tertentu.



Gambar 3.23 Contoh Pesawat Rumit

Pada bagian ini pembahasan akan difokuskan pada pesawat sederhana.



Gambar 3.24 Contoh Pesawat Sederhana

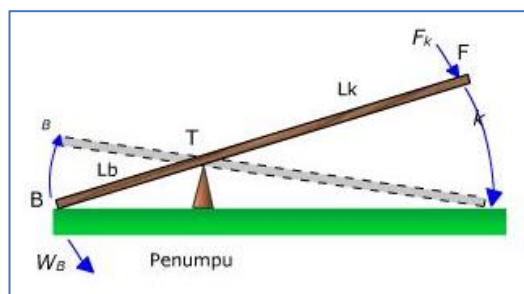
2. Jenis-Jenis Pesawat Sederhana

Berdasarkan jenisnya, pesawat sederhana dikelompokkan menjadi empat, yaitu tuas (pengungkit), bidang miring, katrol, dan roda poros.

a. Pengungkit atau Tuas

Pengungkit atau tuas adalah pesawat sederhana seperti terlihat pada Gambar 3.25. Ada tiga titik penting yang perlu kita ketahui dalam penggunaan pengungkit, yaitu titik kuasa (K), titik tumpu (T), dan titik beban (B). Titik kuasa adalah tempat kita memberi gaya untuk mengangkat, sedangkan titik beban adalah tempat

beban yang berat terletak. Jarak untuk T ke K disebut jarak kuasa, sedangkan dari T ke B disebut jarak beban.



Gambar 3.25 Pengungkit atau Tuas

Banyak peralatan yang kita gunakan sehari-hari yang menggunakan prinsip pengungkit. Berbagai peralatan tersebut adalah: gunting, sekop, timbangan, pembuka tutup botol, dan timbangan gantung. Gambar 3.26 di bawah ini merupakan salah satu contoh kegiatan yang menggunakan prinsip pengungkit.

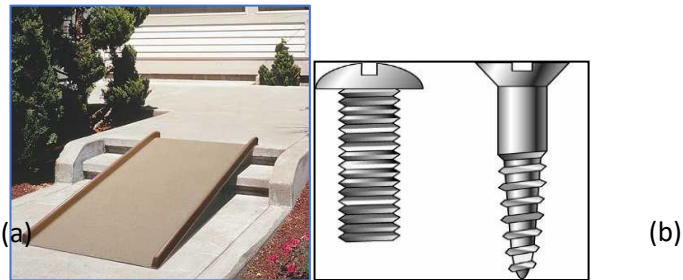


Gambar 3.26 Penggunaan Pengungkit pada Pintu

b. Bidang Miring

Bayangkan jika rumah susun kita tidak memiliki tangga. Tentu akan susah sekali untuk berpindah dari satu lantai ke lantai lain. Tangga merupakan salah satu contoh bidang miring yang juga tergolong pesawat sederhana. Peralatan lain yang biasa kita

gunakan sehari-hari banyak yang menggunakan prinsip bidang miring misalnya sekrup, eskalator, pisau, papan untuk mengangkat benda berat ke dalam truk, dan bor kayu. Gambar 3.27a dan 3.27b menunjukkan penggunaan bidang miring.



Gambar 3.27 (a) Bidang miring untuk berbagai keperluan (b) Sekrup

c. Roda dan Poros

Perhatikanlah roda yang tertempel pada tempat sampah sebagaimana Gambar 3.28 berikut. Meskipun sederhana, roda memiliki peranan yang penting. Jika tanpa roda, kita akan kesulitan untuk memindahkan tempat sampah tersebut



. Gambar 3.28 Roda dan Penggunaannya

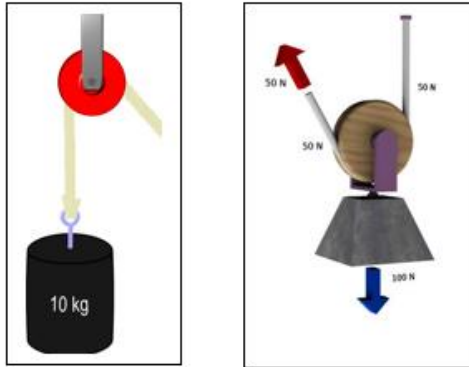
d. Katrol

Katrol (Gambar 3.29) merupakan pesawat sederhana yang lain. Penggunaan katrol dapat mempermudah pekerjaan kita sehari-hari. Dengan menggunakan sistem katrol kita dapat mengangkat beban yang berat dengan lebih mudah dan mengarahkan gaya yang lebih kecil. Sebelum ditemukannya pompa air masyarakat menggunakan katrol untuk mempermudah menimba air dari sumur.



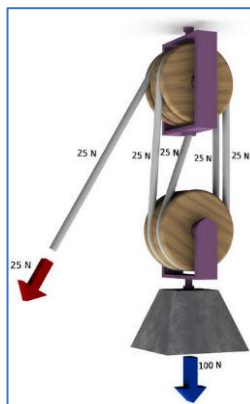
Gambar 3.29 Orang Mengangkat Benda dengan Katrol

Berdasarkan cara penggunaan dan posisi katrol, katrol dapat dibedakan atas katrol tetap dan katrol bergerak. Dikatakan sebagai katrol tetap jika kita dapat memindahkan benda dengan katrol tersebut namun katrol tetap pada tempatnya. Sementara pada katrol bergerak, katrol ikut bergerak sementara beban berpindah (Gambar 3.30).



Gambar 3.30 Katrol Tetap dan Katrol Bergerak

Berdasarkan jumlah katrol yang digunakan, katrol dapat dibedakan atas katrol tunggal (dengan satu roda) dan katrol majemuk (dengan dua roda atau lebih). Katrol majemuk disebut juga katrol berganda. Penggunaan katrol majemuk seperti pada Gambar 3.31 akan lebih menguntungkan dan gaya yang diperlukan menjadi jauh lebih kecil.



Gambar 3.31 Katrol Majemuk

3. Keuntungan Mekanik Pesawat Sederhana

Bila kita menggunakan pembuka botol untuk membuka tutup botol minuman (Gambar 3.32), kita mengangkat pegangan dari pembuka botol itu. Ini berarti kita melakukan usaha pada pembuka botol tersebut. Sedangkan pembuka tersebut mengangkat tutup botol dan melakukan usaha padanya. Usaha yang kita lakukan disebut usaha masukan, W_i . Usaha yang dilakukan pesawat disebut usaha keluaran, W_o .



Gambar 3.32 Pembuka Botol

Adapun gaya yang kita kerahkan pada pesawat disebut gaya kuasa, F_k . Sementara gaya yang dikerahkan pesawat terhadap beban disebut gaya beban, F_b . Perbandingan gaya beban terhadap gaya kuasa, F_b/F_k , disebut keuntungan mekanik (KM) pesawat tersebut. Hal ini dirumuskan:

$$KM = \frac{F_b}{F_k} \quad (3.22)$$

Keuntungan mekanik pesawat juga dapat dihitung dengan menggunakan definisi usaha. Usaha masukan, W_i , adalah hasil kali gaya kuasa, F_k , dengan perpindahan tangan kita, d_k , atau dinyatakan dengan rumus:

$$W_i = F_k d_k \quad (3.23)$$

Usaha keluaran, W_o , adalah hasil kali gaya beban, F_b , dengan perpindahan beban, d_b ,

$$W_i = F_b d_b \quad (3.24)$$

Untuk pesawat yang ideal, tidak ada gaya disipasi (tidak ada energi yang diubah menjadi energi panas karena gesekan) sehingga

$$W_i = W_o \quad (3.25)$$

$$F_k d_k = F_b d_b \quad (3.26)$$

Persamaan ini dapat ditulis ulang sebagai berikut:

$$\frac{d_k}{d_b} = \frac{F_b}{F_k} \quad (3.27)$$

Jadi, untuk pesawat yang ideal kita dapat menentukan keuntungan mekanik ideal, KMI, yaitu:

$$KMI = \frac{d_k}{d_b} \quad (3.28)$$

4. Efisiensi Pesawat Sederhana

Pada pesawat yang sebenarnya, tidak semua usaha masukan menjadi usaha keluaran (sebagian menjadi energi panas). Efisiensi sebuah pesawat didefinisikan sebagai perbandingan usaha keluaran terhadap usaha masukan, atau

$$Efisiensi = \frac{W_o}{W_i} \times 100\% \quad (3.29)$$

Untuk pesawat ideal, $W_o = W_i$ sehingga $W_o/W_i = 1$, dan efisiensinya 100%. Kita dapat pula menyatakan efisiensi dalam bentuk keuntungan mekanik berikut.

$$Efisiensi = \frac{\frac{F_b}{d_k}}{\frac{F_k}{d_b}} \times 100\% \quad (3.30)$$

$$Efisiensi = \frac{KM}{KMI} \times 100\% \quad (3.31)$$

KMI sebuah pesawat ditentukan oleh rancangan pesawat itu. Pesawat yang efisien memiliki KM yang hampir sama dengan KMI.

RINGKASAN BAB III

1. Ilmu yang mempelajari gerak benda dengan memperhatikan penyebabnya disebut dinamika, sedangkan ilmu yang mempelajari gerak benda tanpa memperhatikan penyebabnya disebut kinematika.
2. Pada kinematika gerak lurus dikenal dua jenis besaran yaitu besaran vektor yang terdiri atas perpindahan, kecepatan dan percepatan. Sedangkan besaran skalar yang termasuk dalam kinematika gerak adalah jarak, kelajuan dan perlajuan.
3. Dasar dinamika gerak adalah hukum Newton yang dikenal dengan tiga rumusan yaitu hukum I Newton (kelembaman; $\sum F=0$), hukum I Newton ($\sum F=ma$), dan hukum II Newton (aksi reaksi $\sum F_{aksi}=-\sum F_{reaksi}$).

4. Usaha dan energi memiliki dimensi dan satuan yang sama. Usaha merupakan kemampuan melakukan kerja dirumuskan perkalian gaya dengan perpindahan ($W= F.s$). Ketika melakukan usaha memerlukan energi.
5. Bentuk energi terdiri atas energi panas, listrik, bunyi, cahaya, nuklir dan lain-lain. Adapun sumber energi dapat berasal dari matahari, angin, air, panas bumi, pasang surut air laut, biogas, bahan bakar fosil dan nuklir.
6. Energi bersifat kekal dan hanya dapat berubah dari bentuk suatu energi ke bentuk energi yang lain. Misalnya, dynamo sepeda dapat mengubah bentuk energi gerak menjadi listrik dan cahaya.
7. Energi mekanik terdiri atas energi kinetik (energi saat benda bergerak, $E_k= \frac{1}{2} mv^2$) dan energi potensial (energi yang dimiliki benda karena kedudukan atau ketinggian, $E_p = m.g.h$)
8. Berdasarkan jenisnya, pesawat sederhana dikelompokkan menjadi empat, yaitu tuas (pengungkit), bidang miring, katrol, dan roda poros.
9. Keuntungan mekanik ideal (KMI) pesawat sederhana ditentukan dengan persamaan:

$$KMI = \frac{F_b}{F_k} = \frac{d_k}{d_b}$$

LATIHAN BAB III

1. Jelaskan perbedaan antara
 - a. jarak dan perpindahan,
 - b. kelajuan dan kecepatan
2. Sebuah mobil pembalap memulai gerakanya dengan kecepatan 10 m/s. Mesin mobil tersebut mampu memberikan percepatan yang tetap 2 m/s². Berapakah kecepatan mobil tersebut setelah bergerak 10 s.....
3. Jelaskan perbedaan antara gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB)!
4. Balok A bermassa 4 kg diletakkan di atas balok B yang bermassa 6 kg. Kemudian balok B ditarik dengan gaya F di atas lantai mendatar licin sehingga gabungan balok itu mengalami percepatan 1,8 m/s². Jika tiba-tiba balok A terjatuh maka berapakah percepatan yang dialami oleh balok B saja.
5. Tentukan besar energi kinetik sebuah mobil yang memiliki massa 1 kwintal yang bergerak dengan kelajuan 72 km/jam!

RUJUKAN DAN BAHAN BACA YANG DIANJURKAN

Giancoli, D. C. (2005). *Physics Principles and Applications Sixth Edition*. Pearson Education Increase: United States

Serway, R. A. & Jewett, J. W. (2004). *Physic for Scientists and Engineers, Six Edition*. California: Thomson Brook/Cole

Tipler, P. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1*, terjemahan Lea. P dan Rahmad W.A. Erlangga: Jakarta.

Young, H. D. *et al.* (2008). *University Physics 12th Edition with Modern Physics*. Pearson Addison Wesley: New York.

BAB IV

SUHU DAN KALOR

KEMAMPUAN AKHIR (KA):

4) Melalui perkuliahan tatap muka dan penugasan, mahasiswa dapat menganalisis suhu dan kalor serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

INDIKATOR:

- 4.1) Menjelaskan perbedaan suhu dan kalor.
- 4.2) Mengkonversikan satuan hasil pengukuran suhu pada thermometer Celcius, Reamur, Fahrenheit dan Kelvin.
- 4.3) Menjelaskan pengaruh perubahan suhu terhadap perubahan wujud dan sifat benda.
- 4.4) Menghitung besarnya energi panas akibat perubahan suhu.
- 4.5) Menganalisis perpindahan kalor dengan cara konduksi, konveksi dan radiasi.

A. DEFINISI SUHU DAN KALOR

Anda sering mendengar istilah ‘panas’ dan ‘dingin’ di kehidupan sehari-hari. Pada siang hari udara terasa panas dan pada malam hari udara terasa dingin. Segelas air es yang ada di meja akan terasa dingin dan nasi yang berada dalam penghangat nasi terasa panas. Hal yang senada diungkapkan oleh Young *at all* (2008), **Konsep temperatur berakar dari ide kualitatif ‘panas’ dan ‘dingin’ yang berdasarkan pada indera sentuhan. Suatu benda**

yang terasa panas umumnya memiliki suhu yang lebih tinggi dari pada benda serupa yang dingin.

Keadaan derajat panas dan dingin yang di alami suatu benda atau keadaan dinamakan suhu. Demikian pula yang diungkapkan oleh **Giancoli (2001)**, suhu merupakan ukuran mengenai panas dan dinginnya benda. Banyak sifat zat yang berubah terhadap temperatur. Sebagai contoh, sebagian besar zat memuai ketika dipanaskan. Sebatang besi lebih panjang ketika panas dari pada waktu dingin. Demikian juga dengan warna yang dipancarkan benda, paling tidak pada temperatur tinggi elemen pemanas kompor akan memancarkan warna merah ketika panas. Pada temperatur yang lebih tinggi, zat padat seperti besi bersinar jingga atau bahkan putih.

Suhu yang dialami pada suatu benda tergantung energi panas yang masuk pada benda tersebut. Benda dikatakan panas jika bersuhu tinggi sedang benda dikatakan dingin jika bersuhu rendah. Pada umumnya benda yang bersuhu tinggi (panas), akan mengalirkan suhunya ke benda yang memiliki suhu lebih rendah. Air panas yang dicampur dengan air dingin akan menjadi air hangat. Hal ini berarti ada sesuatu yang berpindah atau masuk pada air dingin, yaitu panas atau kalor. Dengan demikian kalor merupakan energi panas yang mengalir dari bersuhu tinggi ke bersuhu rendah.

Air hangat merupakan keseimbangan antara suhu panas dan dingin. Kalor sangat berperan dalam kehidupan sehari-hari. Mengapa kabel listrik terlihat kendor di siang hari, rel kereta api diberi rongga pada sambungannya, demikian juga dalam pemasangan kaca pada

jendela. Hal ini tidak terlepas dari pengaruh kalor. Pada bab ini, akan menjelaskan tentang suhu, pengaruh kalor terhadap zat, cara perpindahan kalor, dan penerapan asas Black.

B. SKALA PADA TERMOMETER

Ketika kita menyentuh es krim dari *frezzer*! Terasa dingin, bukan? Coba pegang lampu bohlam yang sedang menyala! Terasa panas, bukan? Suhu dapat dirasakan oleh tangan Anda melalui syaraf yang ada pada kulit dan diteruskan ke otak, sehingga Anda menyatakan panas atau dingin. Namun, kulit kita tidak dapat dijadikan sebagai alat ukur suhu suatu benda. Alat yang dapat mengukur suhu suatu benda disebut termometer.

Termometer bekerja dengan memanfaatkan perubahan sifat-sifat fisis benda akibat perubahan suhu. Termometer berupa tabung kaca yang di dalamnya berisi zat cair, yaitu raksa atau alkohol. Pada suhu yang lebih tinggi, raksa dalam tabung memuai sehingga menunjuk angka yang lebih tinggi pada skala. Sebaliknya, pada suhu yang lebih rendah raksa dalam tabung menyusut sehingga menunjuk angka yang lebih rendah pada skala.

Termometer bekerja dengan memanfaatkan perubahan sifat-sifat fisis benda akibat perubahan suhu. Termometer berupa tabung kaca yang di dalamnya berisi zat cair, yaitu raksa atau alkohol. Pada suhu yang lebih tinggi, raksa dalam tabung memuai sehingga menunjuk angka yang lebih tinggi pada skala. Sebaliknya, pada suhu yang lebih rendah raksa dalam tabung menyusut sehingga menunjuk angka yang lebih rendah pada skala.

Adapun bagian-bagian termometer adalah:

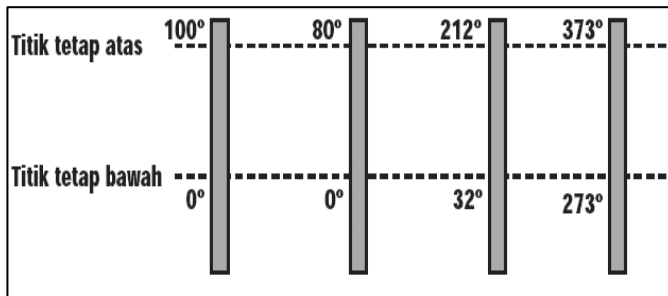
1. Tangkai kaca dengan dinding tebal
2. Ruang hampa
3. Pipa kapiler
4. Air raksa
5. Pentolan dengan dinding tipis

Suhu termasuk besaran pokok. Alat untuk untuk mengukur besarnya suhu suatu benda adalah termometer. Termometer yang umum digunakan adalah termometer zat cair dengan pengisi pipa kapilernya adalah raksa atau alkohol. Pertimbangan dipilihnya raksa sebagai pengisi pipa kapiler termometer adalah sebagai berikut:

1. Raksa tidak membasahi dinding kaca,
2. Raksa merupakan penghantar panas yang baik,
3. Kalor jenis raksa rendah akibatnya dengan perubahan panas yang kecil cukup dapat mengubah suhunya,
4. Jangkauan ukur raksa lebar karena titik bekunya -39°C dan titik didihnya 357°C .

Pengukuran suhu yang sangat rendah biasanya menggunakan termometer alkohol. Alkohol memiliki titik beku yang sangat rendah, yaitu -114°C . Namun demikian, termometer alkohol tidak dapat digunakan untuk mengukur suhu benda yang tinggi sebab titik didihnya hanya 78°C . Pada pembuatan termometer terlebih dahulu ditetapkan titik tetap atas dan titik tetap bawah. Titik tetap termometer tersebut diukur pada tekanan 1 atmosfer. Di antara kedua titik tetap tersebut dibuat skala suhu. Penetapan titik tetap bawah adalah suhu ketika es melebur dan penetapan titik tetap atas adalah suhu saat air

mendidih. Berikut ini adalah penetapan titik tetap pada skala termometer.



Gambar 4.1. Rentang titik tetap bawah dan atas skala Celcius, Reamur, Fahrenheit dan Kelvin (mulai dari kiri)

1. Termometer Celcius

Titik tetap bawah diberi angka 0 dan titik tetap atas diberi angka 100. Diantara titik tetap bawah dan titik tetap atas dibagi 100 skala.

2. Termometer Reamur

Titik tetap bawah diberi angka 0 dan titik tetap atas diberi angka 80. Di antara titik tetap bawah dan titik tetap atas dibagi menjadi 80 skala.

3. Termometer Fahrenheit

Titik tetap bawah diberi angka 32 dan titik tetap atas diberi angka 212. Suhu es yang dicampur dengan garam ditetapkan sebagai 0°F. Di antara titik tetap bawah dan titik tetap atas dibagi 180 skala.

4. Termometer Kelvin

Pada termometer Kelvin, titik terbawah diberi angka nol. Titik ini disebut suhu mutlak, yaitu suhu terkecil yang dimiliki benda ketika energi total partikel benda tersebut nol. Kelvin menetapkan suhu

es melebur dengan angka 273 dan suhu air mendidih dengan angka 373. Rentang titik tetap bawah dan titik tetap atas termometer Kelvin dibagi 100 skala.

Perbandingan skala antara termometer Celcius, termometer Reaumur, dan termometer Fahrenheit adalah

$$C : R : F = 100 : 80 : 180$$

$$C : R : F = 5 : 4 : 9$$

Dengan memperhatikan titik tetap bawah $0^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}\text{R} = 32^{\circ}\text{F}$, maka hubungan skala C, R, dan F dapat ditulis sebagai berikut:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{4}t^{\circ}\text{R} \quad (4.1)$$

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32) \quad (4.2)$$

$$t^{\circ}\text{R} = \frac{4}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32) \quad (4.3)$$

Hubungan skala Celcius dan Kelvin adalah

$$t\text{K} = t^{\circ}\text{C} + 273 \text{ K} \quad (4.4)$$

Kita dapat menentukan sendiri skala suatu termometer. Skala termometer yang kita buat dapat dikonversikan ke skala termometer yang lain apabila pada saat menentukan titik tetap kedua termometer berada dalam keadaan yang sama.

Misalnya, kita akan menentukan skala termometer X dan Y. Termometer X dengan titik tetap bawah X_b dan titik tetap atas X_a . Termometer Y dengan titik tetap bawah Y_b dan titik tetap atas Y_a .

Titik tetap bawah dan titik tetap atas kedua termometer di atas adalah suhu saat es melebur dan suhu saat air mendidih pada tekanan 1 atmosfer.

Dengan membandingkan perubahan suhu dan interval kedua titik tetap masing-masing termometer, diperoleh hubungan sebagai berikut.

$$\frac{T_x - X_b}{X_a - X_b} = \frac{T_y - Y_b}{Y_a - Y_b} \quad (4.5)$$

Keterangan:

X_a = titik tetap atas termometer X

X_b = titik tetap bawah termometer X

T_x = suhu pada termometer X

Y_a = titik tetap atas termometer Y

Y_b = titik tetap bawah termometer Y

T_y = suhu pada termometer Y

Contoh Soal 4.1

1. Suatu pengukuran dengan termometer skala Celsius menunjukkan suhu 50°C . Suhu yang ditunjukkan oleh skala Fahrenheit dan Kelvin adalah...
2. Suatu termometer X mengukur suhu es sedang melebur pada -10°X dan mengukur suhu air mendidih pada 110°X . Termometer Celsius mengukur suhu benda tersebut adalah 40°C . Berapa suhu benda tersebut jika diukur dengan termometer X?

Pembahasan Soal 4.1

1. Skala $50^{\circ}\text{C} = \dots^{\circ}\text{F}$

$$\begin{aligned}50^{\circ}\text{C} &= (9/5 \times 50) + 32^{\circ}\text{F} \\ &= 90 + 32^{\circ}\text{F} \\ &= 122^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$

Skala $50^{\circ}\text{C} = \dots\text{K}$

$$\begin{aligned}50^{\circ}\text{C} &= (50 + 273) \text{K} \\ &= 323 \text{K}\end{aligned}$$

Jadi, $50^{\circ}\text{C} = 122^{\circ}\text{F} = 323 \text{K}$

2. Diketahui : $X_b = -10^{\circ}\text{X}$

$$C_a = 100^{\circ}\text{C}$$

$$X_a = 110^{\circ}\text{X}$$

$$C_b = 0^{\circ}\text{C}$$

$$T_c = 40^{\circ}\text{C}$$

Ditanya : t_x

$$\frac{T_x - X_b}{X_a - X_b} = \frac{T_c - C_b}{C_a - C_b}$$

$$\frac{T_x - (-10)}{110 - (-10)} = \frac{40 - 0}{100 - 0}$$

$$\frac{T_x + 10}{120} = \frac{40}{100}$$

$$(T_x + 10)100 = 120 (40)$$

$$100T_x + 1000 = 4800$$

$$100T_x = 4800 - 1000 = 3800$$

$$100T_x = 3800$$

$$T_x = \frac{3800}{100} = 38^\circ$$

C. JENIS-JENIS TERMOMETER

Jadi, suhu benda tersebut jika diukur dengan termometer X adalah 38°X . Jenis-jenis termometer, antara lain:

1. *Termometer zat cair dalam gelas*

Termometer ini biasanya digunakan untuk mengukur temperatur pada daerah batas pengukuran yang dipengaruhi oleh jenis zat termometrik yang berupa cairan dalam pipa kapiler. Prinsip yang dipakai adalah zat cair memuai apabila dipanaskan.



Gambar 4.2. Termometer zat cair

2. *Termokopel*

Termokopel terdiri dari dua jenis logam yang dihubungkan dan membentuk rangkaian tertutup. Besarnya aliran listrik pada kawat

berubah sesuai dengan perubahan suhu. Keuntungan termokopel terletak pada kecepatan mencapai keseimbangan suhu dengan sistem yang akan diukur.

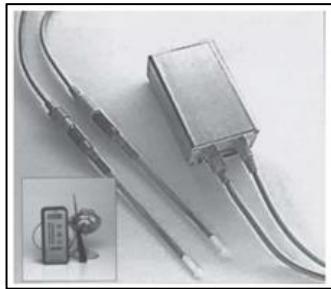


Gambar 4.3. Termokopel

3. *Termometer hambatan listrik*

Untuk mengukur suhu yang tinggi tidak mungkin menggunakan termometer zat cair. Termometer logam adalah termometer yang paling tepat digunakan dalam industri untuk mengukur suhu diatas 1.000°C . Salah satu termometer yang dibuat berdasarkan perubahan hambatannya adalah termometer hambatan platina. Hambatan listrik pada seutas kawat logam akan bertambah jika dipanaskan. Sifat termometrik ini dimanfaatkan untuk mengukur suhu pada termometer hambatan.

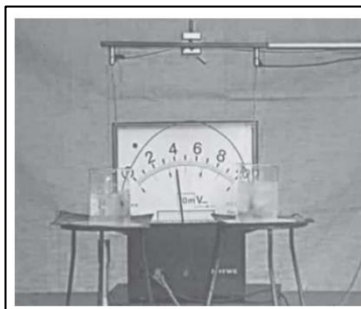
Cara kerja termometer ini adalah dengan menyentuhkan kawat penghantar ke sasaran, misalnya lelehan besi yang panas pada pengolahan besi atau baja. Panas tersebut direspon oleh tahanan, kemudian energi listrik yang bersangkutan diubah menjadi energi gerak yang bisa menunjukkan angka tertentu pada skala suhu.



Gambar 4.4. Termometer hambatan listrik

4. *Termometer gas volume tetap*

Termometer ini terdiri dari bola yang berisi gas yang dihubungkan dengan tabung manometer. Prinsip kerjanya adalah perubahan tekanan suatu gas akibat perubahan suhu bila volumenya tetap.



Gambar 4.5. Termometer gas volume tetap

5. *Termometer klinis*

Termometer klinis sering digunakan untuk mengukur suhu tubuh. Umumnya, termometer ini digunakan oleh para dokter untuk mengetahui suhu badan pasiennya. Termometer ini mempunyai skala dari 35 °C sampai dengan 42 °C. Hal ini dikarenakan suhu tubuh manusia tidak pernah kurang dari 35 °C atau tidak pernah lebih dari

42 °C. Bagianbagian termometer ini terdiri atas tabung (terbuat dari kaca tipis), bagian sempit, batang kaca, dan air raksa.



Gambar 4.6. Termometer klinis

6. Termometer ruang

Termometer ruangan adalah termometer yang digunakan untuk mengukur suhu suatu ruangan. Termometer ini umumnya mempunyai skala dari $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Untuk memudahkan pembacaan suhu, termometer ini biasanya diletakkan menempel pada dinding dengan arah vertikal.



Gambar 4.7. Termometer ruang

7. Termometer bimetal

Jenis termometer ini adalah termometer bimetal yang menggunakan logam sebagai bahan untuk menunjukkan adanya

perubahan suhu dengan prinsip logam akan memuai jika dipanaskan dan menyusut jika didinginkan. Jika kendaraan bermotor melaju cepat, mesinnya cepat panas dan spidometer menunjukkan angka kelajuan yang besar. Jika kendaraan melaju pelan, mesin tidak cepat panas dan spidometer akan menunjukkan angka kelajuan yang kecil. Prinsip kerjanya, keping bimetal dibentuk spiral dan tipis. Ujung spiral bimetal ditahan, atau tidak bergerak dan ujung lainnya menempel pada gir penunjuk. Semakin besar suhu, keping bimetal semakin melengkung dan menyebabkan jarum penunjuk bergerak ke kanan ke angka yang lebih besar. Jika suhu turun, jarum penunjuk bergerak ke kiri ke arah angka yang lebih kecil. Skala yang dibuat biasa dibentuk lingkaran.

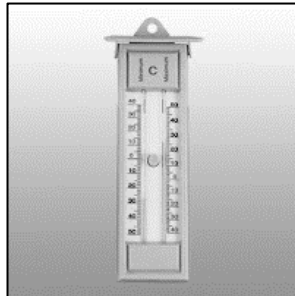


Gambar 4.8. Termometer bimetal

8. *Termometer max-min*

Termometer maksimum-minimum digunakan untuk mengukur suhu tertinggi dan suhu terendah di suatu tempat. Termometer ini dapat mengukur suhu maksimum dan suhu minimum sekaligus. Hal ini dapat dilakukan karena termometer maksimum-minimum terdiri atas raksa dan alkohol (sekarang digunakan minyak *creosote*). Raksa

digunakan untuk mengukur suhu maksimum, sedangkan alkohol digunakan untuk mengukur suhu minimum.



Gambar 4.9. Termometer Max-Min

D. PERUBAHAN WUJUD DAN SIFAT BENDA AKIBAT PERUBAHAN SUHU

Lilin biasanya terbuat dari parafin, yaitu campuran hidrokarbon, bahan yang sering kita jumpai dalam minyak tanah. Seperti tersirat dalam namanya molekul-molekul hidrokarbon hanya terdiri atas atom-atom hidrogen dan karbon. Ketika bahan ini terbakar, mereka bereaksi dengan oksigen dalam udara. Karbon dan oksigen menjadi karbondioksida, sedangkan hidrogen dan oksigen menjadi air. Kedua hasil ini berwujud gas pada suhu bakar, jadi semua terbang ke udara.

Perubahan wujud zat dapat berlangsung apabila mendapat pengaruh panas maupun tekanan, baik dari luar maupun dari dalam zat itu sendiri. Pengaruh panas yang diserap zat dapat mengubah wujud zat dari padat ke cair maupun langsung ke bentuk gas, dapat juga mengubah wujud dari cair menjadi gas. Perubahan wujud zat dapat digambarkan secara skematik seperti yang tersaji pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Perubahan wujud zat

1. Membeku

Peristiwa perubahan wujud dari cair menjadi padat. Dalam peristiwa ini zat melepaskan energi panas. Contoh: air menjadi es di dalam freezer.

2. Mencair

Peristiwa perubahan wujud zat dari padat menjadi cair. Dalam peristiwa ini zat memerlukan energi panas. Contoh: es mencair atau mentega berubah menjadi minyak ketika dipanaskan.

3. Menguap

Peristiwa perubahan wujud dari cair menjadi gas. Dalam peristiwa ini zat memerlukan energi panas. Contoh: air menjadi uap dan spiritus menjadi gas.

4. Mengembun

Peristiwa perubahan wujud dari gas menjadi cair. Dalam peristiwa ini zat melepaskan energi panas. Contoh: embun di pagi hari.

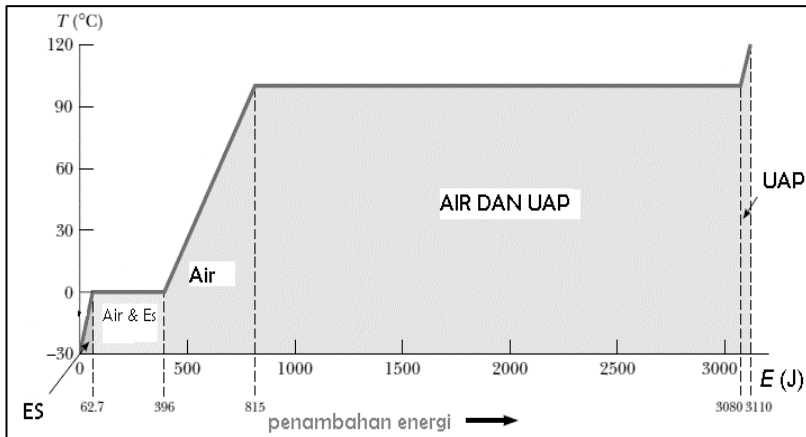
5. Menyublim

Peristiwa perubahan wujud dari padat menjadi gas. Dalam peristiwa ini zat memerlukan energi panas. Contoh: habisnya kapur barus dalam lemari.

6. Mengkristal

Peristiwa perubahan wujud dari gas menjadi padat. Dalam peristiwa ini zat melepaskan energi panas. Contoh: proses pembuatan garam.

Saat sebuah benda menyerap atau kehilangan energi panas, akan mengakibatkan kenaikan atau penurunan suhu benda (yang besarnya tergantung pada kapasitas panas benda). Efek dari perpindahan panas ini adalah terjadi perubahan wujud yang ditandai dengan perubahan dari suatu wujud fisis (padat, cair dan gas) ke wujud fisis yang lain. Ketika perubahan wujud terjadi, tidak ada perubahan suhu. Sebagai gantinya, semua energi diserap ataupun dilepaskan, dipergunakan untuk membentuk atau memutuskan ikatan-ikatan molekul (Stockley dkk, 2000). Berikut merupakan gambar yang menunjukkan terjadinya perubahan fase pada temperatur akibat penambahan energi.



Gambar 4.11 Perubahan wujud zat akibat penambahan energi

Berdasarkan Gambar 4.11 tersebut, terlihat terjadi perubahan wujud air pada titik temperatur tertentu akibat penambahan energi mulai dari berwujud padat berupa es, sampai berbentuk gas berupa uap.

E. ENERGI KALOR

Sendok yang digunakan untuk **menyeduh** kopi panas, akan terasa hangat. Leher Anda jika disentuh akan terasa hangat. Apa sebenarnya yang berpindah dari kopi panas ke sendok dan dari leher ke syaraf kulit? Sesuatu yang berpindah tersebut merupakan energi/kalor. Pada dasarnya kalor adalah perpindahan energi kinetik dari satu benda yang bersuhu lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah. Pada waktu zat mengalami pemanasan, partikel-partikel benda akan bergetar dan menumbuk partikel tetangga yang bersuhu rendah. Hal ini berlangsung terus menerus membentuk energi kinetik rata-rata sama antara benda panas dengan benda yang semula dingin.

Pada kondisi seperti ini terjadi keseimbangan termal dan suhu kedua benda akan sama.

Sewaktu Anda memasak air, Anda membutuhkan kalor untuk menaikkan suhu air hingga mendidihkan air. Nasi yang dingin dapat dihangatkan dengan penghangat nasi. Nasi butuh kalor untuk menaikkan suhunya. Berapa banyak kalor yang diperlukan air dan nasi untuk menaikkan suhu hingga mencapai suhu yang diinginkan? Secara induktif, makin besar kenaikan suhu suatu benda, makin besar pula kalor yang diserapnya. Selain itu, kalor yang diserap benda juga bergantung massa benda dan bahan penyusun benda. Secara matematis dapat di tulis seperti berikut.

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (4.5)$$

Keterangan:

Q : kalor yang diserap/dilepas benda (J)

m : massa benda (kg)

c : kalor jenis benda (J/kg°C)

ΔT : perubahan suhu (° C)

Kalor jenis **suatu** zat adalah banyaknya kaolor yang diperlukan oleh suatu zat yang bermassa 1 kg untuk menaikkan suhunya sebesar 1⁰ C. sebagai contoh, kalor jenis air 4200 J/kg °C, artinya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg air sebesar 1 °C adalah 4200 J. kalor jenis suatu zat dapat diukur dengan Kalorimeter.

Sedangkan kapasitas kalor adalah banyaknya kalor yang diperlukan oleh suatu benda sehingga suhunya naik 1°C. Secara matematis kapasitas kalor dapat dituliskan:

$$C = m \times c \quad (4.6)$$

Sehingga persamaan kalor (Q) dapat dituliskan menjadi,

$$Q = Cx \Delta T \quad (4.7)$$

Tabel 4.1 Kalor Jenis Suatu Zat

No.	Jenis zat	Kalor jenis zat (J/kg ⁰ C)
1	Air	4200
2	Alkohol	2300
3	Aluminium	900
4	Baja	450
5	Besi	460
6	Emas	130
7	Es	2100
8	Geliserin	2400
9	Kaca	670
10	Kayu	1700
11	Kuningan	370
12	Marmer	860
13	Minyak tanah	2200
14	Perak	234
15	Raksa	140
16	Seng	390
17	Tembaga	390
18	Timah hitam	130
19	Timbale	130

No.	Jenis zat	Kalor jenis zat (J/kg ⁰ C)
20	Udara	1000

Zat cair yang mendidih jika dipanaskan terus-menerus akan berubah menjadi uap. Banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk mengubah 1 kg zat cair menjadi uap seluruhnya pada titik didihnya disebut kalor uap (U). Besarnya kalor uap dapat dirumuskan:

$$Q = m \times U \quad (4.8)$$

Keterangan:

Q = kalor yang diserap/dilepaskan (joule)

m = massa zat (kg)

U = kalor uap (joule/kg)

Jika uap **didinginkan** akan berubah bentuk menjadi zat cair, yang disebut mengembun. Pada waktu mengembun zat melepaskan kalor, banyaknya kalor yang dilepaskan pada waktu mengembun sama dengan banyaknya kalor yang diperlukan waktu menguap dan suhu dimana zat mulai menguap.

Tabel 4.2 Titik Didih dan Kalor Uap Beberapa Zat

No.	Jenis Zat	Titik Didih Normal (°C)	Kalor Uap (J/kg)
1	Air	100	2260000
2	Alkohol	78	1100000
3	Emas	2660	1578000
4	Perak	2190	2336000
5	Raksa	357	298000

6	Tembaga	2300	7350000
7	Timbal	1620	7350000

Sumber: Tipler (1998)

Melebur adalah **peristiwa** perubahan wujud zat padat menjadi zat cair. Banyaknya kalor yang diperlukan untuk mengubah satu satuan massa zat padat menjadi cair pada titik leburnya disebut kalor lebur (L). Besarnya kalor lebur dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = m \times L \quad (4.9)$$

Keterangan:

Q = kalor yang diserap/dilepaskan (joule)

m = massa zat (kg)

L = kalor lebur (joule/kg)

Jika zat cair didinginkan akan membeku, pada saat membeku zat melepaskan kalor. Banyaknya kalor yang dilepaskan oleh satu satuan massa zat cair menjadi padat disebut kalor beku.

Tabel 4.3 Titik Lebur dan Kalor Lebur Beberapa Zat

No.	Jenis Zat	Titik Lebur (°C)	Kalor Lebur (J/kg)
1	Alkohol	-97	69000
2	Aluminium	660	403000
3	Amoniak	-75	452500
4	Es	0	336000
5	Platina	1769	113000
6	Raksa	-39	120000
7	Tembaga	1083	206000

8	Timbale	327	25000
---	---------	-----	-------

Sumber: Tipler (1998)

F. PERPINDAHAN KALOR

Telah diketahui bahwa tiap bahan terdiri dari **sejumlah** atom atau molekul yang selalu dalam keadaan bergerak atau bergetar. Energi yang dimiliki atom atau molekul tersebut untuk bergetar disebut energi termis benda tersebut. Energi termis ini dapat dijumpai dalam banyak aspek kehidupan sehari-hari mulai dari urusan memasak sampai urusan memanaskan besi. Makin besar energi termis yang dimiliki suatu benda makin panas benda tersebut (Prasetio dan Setiawan, 1991).



Gambar 4.12 Perubahan suhu pada sistem dapat dicapai dengan (a) memberi kerja pada sistem (b) menambah panas pada sistem (Young *at all*, 2008).

Menurut Halliday dan **Resnick** (1992), panas merupakan energi yang dipindahkan dari satu benda ke benda lain karena perbedaan temperatur. Young *at all* (2008) memaparkan, sangatlah penting untuk mengingat perbedaan suhu dan panas. Suhu tergantung pada keadaan fisik suatu bahan dan merupakan dekripsi kuantitatif dari panas atau dinginnya. Dalam fisika, kata ‘panas‘ selalu merujuk pada energi yang berpindah dari satu benda ke benda yang lainnya karena perbedaan suhu, bukan karena jumlah energi yang terdapat dalam

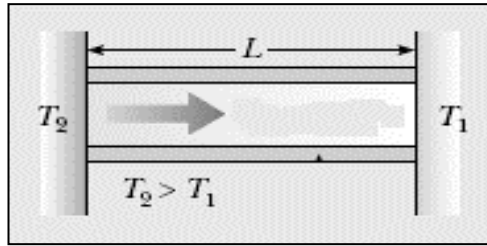
suatu sistem. Suhu suatu benda dapat diubah dengan menambahkan panas atau mengambil panas, atau dengan menambah atau mengurangi energi dengan cara lain misalnya dengan kerja mekanik, seperti yang dilukiskan pada Gambar 4.12.

Energi termis ditransfer dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui tiga proses yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

1. Konduksi

Konduksi adalah proses hantaran panas dari daerah bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Peristiwa ini dapat terjadi pada sebagian besar medium zat padat dan ebagian kecil berupa zat cair atau gas. Pada konduksi, energi termis ditransfer lewat interaksi antara atom-atom atau molekul, walaupun atom-atom dan molekulnya sendiri tidak berpindah. Misalnya, jika salah satu ujung batang dipanaskan, maka atom-atom di ujung yang dipanaskan bergetar dengan energi yang lebih besar dibandingkan atom-atom di ujung yang lebih dingin. Karena interaksi atom-atom yang lebih energetik dengan sekitarnya, energi dipindahkan sepanjang batang.

Konduksi kalor hanya terjadi jika ada perbedaan temperatur dan memang ditemukan pada percobaan bahwa kecepatan aliran kalor sebanding dengan perbedaan temperatur di ujung-ujungnya. Kecepatan aliran kalor juga bergantung pada ukuran dan bentuk benda, seperti pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Aliran energi secara konduksi

Secara kuantitatif aliran kalor per selang waktu secara konduksi dapat dinyatakan oleh hubungan

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (4.6)$$

yang mana A adalah luas penampang lintang benda, L adalah jarak antara kedua ujung yang mempunyai temperatur T_1 dan T_2 , serta k adalah konstanta pembanding yang disebut konduktivitas termal yang merupakan karakteristik materi tersebut.

Contoh soal 4.2

Sebuah keping baja yang tebalnya 0,2 cm meneruskan kalor secara konduksi karena antara kedua permukaannya terdapat selisih suhu 100 °C. Jika K baja = 0,11 W/m²°C. Berapa kalor yang dilepaskan setiap jam setiap 1 cm² permukaan keping baja?

Penyelesaian contoh soal 4.2

Dik: $l = 0,2 \text{ cm} = 0,002 \text{ m}$

$$k_{\text{baja}} = 0,11 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$\Delta T = 100 \text{ °C}$$

$$A = 1 \text{ cm}^2 = 0,0001 \text{ m}^2$$

$$\text{Dit: } \frac{Q}{\Delta t} = \dots ?$$

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } \frac{Q}{\Delta t} &= \frac{k A \Delta T}{l} \\ &= \frac{0,11 \text{ watt/m}^2\text{°C} \times 0,0001 \text{ m}^2 \times 100\text{°C}}{0,002 \text{ m}} \\ &= \frac{0,0001 \text{ watt}}{0,002 \text{ m}} = 0,05 \text{ watt/m} \end{aligned}$$

2. Konveksi

Konveksi (aliran) ialah pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan. Jika zat cair atau gas dipanaskan, zat cair akan memuai menjadi kurang rapat dan bergerak ke atas. Kemudian tempat yang ditinggalkan tersebut akan diisi oleh zat cair atau gas yang lebih dingin dan lebih rapat yang bergerak turun, fenomena ini dinamakan sebagai arus konveksi.

Secara garis besar proses konveksi dibedakan menjadi dua yaitu konveksi yang dipaksa dan konveksi alamiah. Jika bahan yang dipanaskan dipaksa bergerak dengan piranti mekanik seperti pompa dan pengaduk dinamakan konveksi yang dipaksa. Sedangkan kalau bahan itu mengalir akibat perbedaan densitas (rapat massa) akibat pemanasan, proses ini disebut konveksi alamiah. Perpindahan panas konveksi adalah proses yang sangat kompleks, dan tidak ada persamaan sederhana yang dapat mendeskripsikannya.

Contoh soal 4.3

Suhu kulit seseorang kira-kira 32 °C. Jika orang yang luas permukaan tubuhnya kira-kira 1,6 m² berada dalam ruangan yang suhunya 22 °C. Berapa besar kalor yang dilepaskan tubuh orang itu melalui konveksi selama 5 menit? ($h = 7,0 \text{ W/m}^2\text{K}^1$)

Penyelesain contoh soal 4.3

Dik: $\Delta T = T_2 - T_1 = (305 - 295) = 10 \text{ K}$

$$A = 1,6 \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 5 \times 60 = 300 \text{ sekon}$$

$$h = 7,0 \text{ W/m}^2\text{K}^1$$

Dit: $Q = \dots?$

Jawab: $\frac{Q}{\Delta t} = h A \Delta T$

$$Q = h A \Delta T \Delta t$$

$$= 7 \text{ W/m}^2\text{K}^1 \times 1,6 \text{ m}^2 \times 10 \text{ K} \times 300 \text{ s}$$

$$= 33600 \text{ J}$$

3. Radiasi

Sedangkan pada radiasi, energi dipancarkan dan diserap oleh benda-benda dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Setiap orang merasakan kehangatan radiasi matahari dan panas yang intens dari pembakaran kayu atau batu bara yang membara dari perapian. Kebanyakan panas dari benda yang sangat panas tersebut mencapai benda yang lain tidak dengan konveksi melalui udara atau konduksi melainkan dengan radiasi.

Kecepatan sebuah benda meradiasikan energi telah ditemukan sebanding dengan pangkat empat dari temperatur (T) dalam satuan Kelvin, luasan (A). Sehingga kecepatan energi ($\frac{\Delta Q}{\Delta t}$) benda secara kuantitatif dapat dirumuskan

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = e\alpha AT^4 \quad (4.7)$$

Persamaan di atas dinamakan persamaan Stefan-Boltzman, dan α merupakan konstanta universal yang disebut konstanta Stefan-Boltzman yang memiliki nilai

$$\alpha = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4 \quad (4.8)$$

Sementara faktor e , disebut emisivitas merupakan bilangan antara 0 dan 1 yang merupakan karakteristik dari materi.

Contoh soal 4.4

Sebuah plat tipis memiliki total luas permukaan $0,02 \text{ m}^2$. Plat tersebut dipanaskan dengan sebuah tungku hingga suhunya mencapai 1.000 K . Jika emisivitas plat $0,6$, maka tentukan laju radiasi yang dipancarkan plat tersebut!

Penyelesaian contoh soal 4.4

Diketahui : $A = 0,02 \text{ m}^2$
 $e = 0,6$
 $T = 1000 \text{ K}$
 $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

Ditanya: $\frac{Q}{\Delta t} = \dots ?$

Jawab:

$$\begin{aligned}\frac{Q}{\Delta t} &= e \sigma A \Delta T^4 \\ &= 0,6 \times 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4 \times 0,02 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ K}^4 \\ &= 3,402 \times 10^4 \text{ watt}\end{aligned}$$

RINGKASAN BAB IV

1. Suhu merupakan ukuran mengenai panas dan dinginnya benda. Sedangkan panas (kalor) merupakan energi yang mengalir atau menjalar dari benda yang bersuhu tinggi ke rendah.
2. Alat ukur suhu disebut termometer. Skala termometer dapat diklasifikasikan menjadi skala Celcius ($0^\circ - 100^\circ$), Reamur ($0^\circ - 80^\circ$), Fahrenheit ($32^\circ - 212^\circ$) dan Kelvin ($273^\circ - 373^\circ$)
3. Jenis-jenis termometer yang ada terdiri atas termometer zat cair, termokopel, termometer hambatan listrik, termometer gas volume tetap, termometer klinis, termometer ruang, termometer bimetal, dan termometer *max-min*
4. Perubahan wujud cairan akibat pemberian dan pelepasan panas dibedakan menjadi membeku, mencair, menguap, mengembun, menyublim dan mengkristal.
5. Energi kalor dapat dikelompokkan menjadi energi kalor yang mengubah temperatur zat ($Q = m.c.\Delta T$) dan mengubah wujud benda (kalor laten).
6. Kalor laten yang terdiri atas kalor lebur ($Q_L = m.L$) dan kalor uap ($Q_U = m.U$)

7. Perpindahan kalor terdiri atas konduksi (hantaran; $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{T_2 - T_1}{L}$), konveksi (aliran; $\frac{Q}{\Delta t} = h A \Delta T$) dan radiasi (pancaran; $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = e\alpha AT^4$)

LATIHAN BAB IV

1. Kemukakan pendapat Anda terkait dengan perbedaan suhu dan panas!
2. Konversi nilai suhu berikut!
 - a. $20^\circ\text{C} = \dots^\circ\text{R}$
 - b. $86^\circ\text{F} = \dots^\circ\text{C}$
 - c. $30^\circ\text{C} = \dots\text{K}$
 - d. $300\text{K} = \dots^\circ\text{R}$
3. Jelaskan macam-macam termometer!
4. Berapa kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan 1 kg air yang bersuhu 20°C menjadi 100°C jika diketahui kalor jenis air $1000 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$?
5. Sebuah keping baja yang tebalnya $0,3 \text{ cm}$ meneruskan kalor secara konduksi karena antara kedua permukaannya terdapat selisih suhu 120°C . Jika $K \text{ baja} = 0,11 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$. Berapa kalor yang dilepaskan setiap jam setiap 2 cm^2 permukaan keping baja?

RUJUKAN DAN BAHAN BACA YANG DIANJURKAN

Arizona, K., Nurhuda, M., & Saroja, G. (2019). Optimalisasi Titik Didih Minyak Goreng pada Suhu Tinggi Dengan Metode Perangkat Suhu. *KONSTAN-Jurnal Fisika dan Pendidikan Fisika*, 4(2), 98-115.

Giancoli, D. C. (2005). *Physics Principles and Applications Sixth Edition*. Pearson Education Increase: United States

- Halliday, D. dan R. Resnick. (1992). *Fisika Jilid I*, terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. Erlangga: Jakarta.
- Kreith, F. (1986). *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas Edisi Ketiga*, terjemahan Arko Prijono. Erlangga: Jakarta.
- Masyithah, Z. dan B. Haryanto. (2006). *Buku Ajar Perpindahan Panas*. Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara: Medan.
- Prasetio, L. dan S. Setiawan. (1991). *Mengerti Fisika Seri: Termofisika*. Andi Offset: Yogyakarta.
- Stocky, C. dkk. (2000). *Kamus Fisika Bergambar*, terjemahan Abdul Djamil Husin. Erlangga: Jakarta.
- Tipler, P. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1*, terjemahan Lea. P dan Rahmad W.A. Erlangga: Jakarta.

BAB V

GETARAN, GELOMBANG DAN BUNYI

KEMAMPUAN AKHIR (KA):

5) Melalui perkuliahan tatap muka dan penugasan, mahasiswa dapat menganalisis konsep getaran, gelombang dan bunyi serta parameter-parameternya.

INDIKATOR:

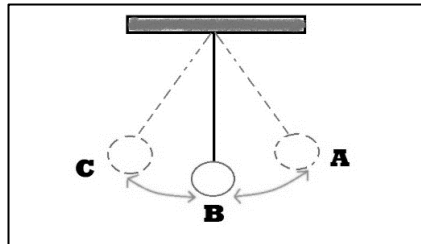
- 5.1) Mengidentifikasi getaran dalam kehidupan sehari-hari.
- 5.2) Mendeskripsikan konsep getaran, gelombang dan bunyi serta parameter-parameternya.
- 5.3) Menjelaskan hubungan periode dan frekuensi.
- 5.4) Menganalisis intensitas bunyi.
- 5.5) Menjelaskan prinsip efek Doppler.

A. PENGERTIAN GETARAN DAN GELOMBANG

Pernahkah Anda berusaha menggetar sebuah benda? Misalnya, memukul-mukul kentongan atau meja. Setelah memukul-mukul benda tersebut, Anda merasakan adanya getaran lewat telapak tanganmu. Hal ini berlangsung sesaat saja. Jika ingin benda tersebut bergetar terus, Anda harus memukul-mukul lagi bendanya. Cara memukul atau memberi usikan merupakan bentuk lain bahwa Anda sedang memberikan gaya pada suatu benda. Anda telah ketahui bahwa selama ini gaya memberi efek pada benda untuk bergerak. Selain bergerak, ternyata efek gaya pada benda juga memberi efek getar.

Getaran merupakan gerak bolak-balik suatu benda di sekitar titik tertentu (setimbang). Kita cukup sulit melihat gerak bolak-balik ini pada sebuah benda yang bergetar cepat. Ketika memukul drum, melalui kamera berkecepatan tinggi, kita akan melihat bahwa lapisan seperkian sekon. Pada beberapa benda, gerakan bolak-balik dapat berupa gerak ke kiri dan ke kanan. Untuk membahas getaran ini menjadi lebih mudah, kita akan membahas gerak bolak-balik pada benda yang bergetar relatif lambat, seperti usikan pada mistar dan bandul sederhana.

Sebuah bandul yang diayunkan akan berayun. Apakah bandul yang berayun tersebut dikatakan bergetar? Untuk lebih memahami tentang getaran lakukan kegiatan mengamati getaran pada ayunan bandul.



Gambar 5.1 Bandul yang digetarkan

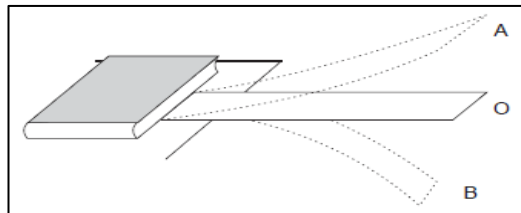
Getaran adalah gerak bolak-balik melalui titik setimbang. Dalam kehidupan sehari-hari kita sering memanfaatkan konsep getaran. Salah satunya adalah pada ayunan yang digunakan untuk menidurkan bayi. Ketika ayunan ditarik agak jauh ke belakang dan dilepaskan ternyata ayunan dapat berayun berkali-kali. Bandul yang diayunkan dari titik A akan berayun sampai ke titik C, kemudian kembali ke A dengan selalu melewati titik B, demikian seterusnya.

Gelombang adalah suatu getaran yang merambat, selama perambatannya gelombang membawa energi. Pada gelombang, materi yang merambat memerlukan medium, tetapi medium tidak ikut berpindah. Dengan kata lain Gelombang merambat tanpa memindahkan materi. Gelombang adalah getaran yang merambat dari suatu tempat ke tempat yang lain.

B. BESARAN-BESARAN GETARAN

1. Simpangan dan Amplitudo Getaran

Mistar bergerak dari titik A lalu ke B dan kembali lagi ke A dengan melewati titik O. Gerakan tersebut dapat disingkat A–O–B–O–A. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa ujung mistar melakukan satu getaran. Satu getaran merupakan gerak benda kembali ke suatu titik yang dipakai sebagai titik awal gerakan. Dalam hal ini, titik A dipakai sebagai titik awal gerakan.



Gambar 5.2 Simpangan getaran

Jarak mistar yang digetarkan dari titik setimbangnya disebut dengan simpangan. Sedangkan jarak antara O–A atau O–B adalah jarak simpangan terbesar yang dikenal dengan amplitudo. Jadi, amplitudo getaran adalah simpangan terbesar dari titik setimbang.

2. Periode dan Frekuensi Getaran

a. Periode getaran

Periode getaran adalah selang waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu getaran penuh.

$$T = \frac{t}{n} \quad (5.1)$$

Keterangan :

T = periode (s)

t = waktu yang diperlukan (s)

n = jumlah getaran dalam t sekon

Contoh soal 5.1

Sebuah bandul bergetar sebanyak 10 kali dalam waktu 5 detik. Berapakah periode getaran tersebut?

Penyelesaian contoh soal 5.1

Diketahui: $n = 10$

$t = 5 \text{ s}$

Ditanya: $T = \dots ?$

Maka: $T = \frac{t}{n} = \frac{5 \text{ s}}{10} = 0,5 \text{ s}$

Jadi periode atau waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali gerak bolak balik adalah 0,5 s.

b. Frekuensi Getaran

Frekuensi getaran adalah banyaknya getaran yang dilakukan benda dalam satu sekon.

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

Keterangan:

f = frekuensi (Hz atau s^{-1})

t = waktu yang diperlukan (s)

n = jumlah getaran dalam t sekon

Contoh soal 5.2

Sebuah pegas bergetar sebanyak 10 kali dalam waktu 5 detik. Berapakah frekuensi getaran tersebut (banyaknya getaran dalam satu detik)?

Penyelesaian contoh soal 5.2

Diketahui :

$$n = 10$$

$$T = 5 \text{ s}$$

Ditanya: $f = \dots ?$

$$\text{Maka : } f = \frac{n}{t} = \frac{10}{5 \text{ s}} = 2 \text{ s}^{-1} = 2 \text{ Hz}$$

Jadi pegas tersebut bergetar sebanyak 2 kali perdetiknya.

c. Hubungan antara periode dan frekuensi

$$\text{Karena } f = \frac{n}{t} \text{ dan } T = \frac{t}{n}$$

Maka

$$f = \frac{1}{T} \text{ dan } T = \frac{1}{f} \quad (5.3)$$

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa frekuensi berbanding terbalik dengan periode. Semakin kecil periode maka frekuensinya semakin besar, begitupun sebaliknya.

Contoh soal 5.3

Periode getaran suatu pegas adalah 0,2 s. Besar frekuensinya adalah .

..

Penyelesaian contoh soal 5.3

Diketahui : $T = 0,2 \text{ s}$

Ditanya : $f = \dots ?$

Maka : $f = \frac{1}{T}$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,2 \text{ s}} = 5 \text{ s}^{-1} = 5 \text{ Hz}$$

Jadi pegas tersebut bergetar sebanyak 5 kali perdetiknya.

Contoh soal 5.4

Frekuensi getaran suatu pegas adalah 5 Hz. Besar periodenya adalah

...

Penyelesaian contoh soal 5.4

Diketahui : $f = 5 \text{ Hz}$

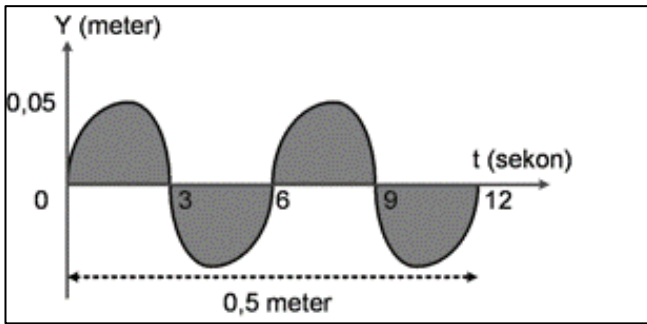
Ditanya : $T = \dots ?$

Maka : $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5 \text{ Hz}} = 0,2 \text{ s}$

Jadi pegas tersebut periodenya 0,2 s.

C. BESARAN-BESARAN GELOMBANG

Beberapa besaran gelombang yang perlu dipahami yaitu panjang gelombang, amplitudo, cepat rambat gelombang, periode gelombang, dan frekuensi gelombang. Untuk memahami besaran-besaran gelombang yang ada, perhatikan grafik hubungan simpangan terhadap waktu berikut.



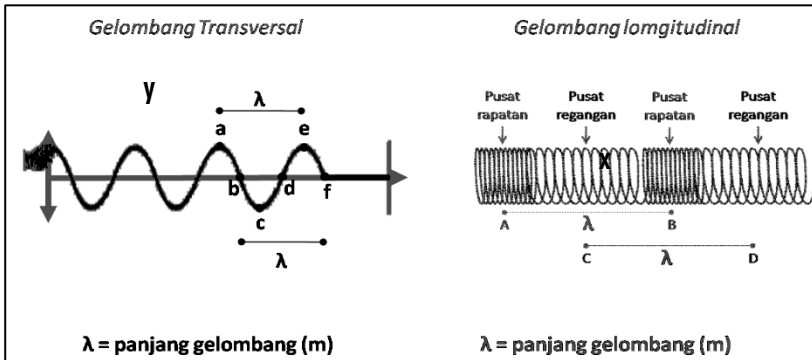
Gambar 5.3 Grafik simpangan (y) terhadap waktu (t).

Berikut akan dijelaskan untuk masing-masing besaran gelombang *secara lengkap* mengacu pada gambar di atas.

1. Panjang Gelombang

Panjang gelombang adalah panjang satu bentuk gelombang. Panjang gelombang didapat dengan melihat panjang satu bukit dan satu buah lembah. Pada grafik tampil dua buah gelombang dengan panjang totalnya adalah 0,5 meter, sehingga untuk satu gelombang panjangnya adalah $0,5:2 = 0,25$ meter, jadi panjang gelombangnya adalah 0,25 meter atau $\frac{1}{4}$ meter.

Perhatikan pula gambar berikut supaya dapat memahami panjang gelombang baik pada gelombang transversal maupun gelombang longitudinal.



Gambar 5.4 satu panjang gelombang untuk gelombang transversal dan longitudinal

2. Amplitudo Gelombang

Amplitudo adalah simpangan terjauh, nampak dari Gambar 5.3 bahwa gelombang menyimpang paling jauh 0,05 meter.

3. Cepat Rambat Gelombang

Cepat rambat gelombang adalah jarak yang ditempuh gelombang setiap satu periode. Atau dengan kata lain cepat rambat gelombang (kecepatan gelombang) didapat dengan mengalikan panjang gelombang dengan frekuensi gelombang. Berdasarkan Gambar 5.3 nilai cepat rambat gelombang dapat dihitung dengan memperoleh $v = \lambda \cdot f = (1/4)(1/6) = 1/24$ meter/sekon.

$$v = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}} = \frac{s}{t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \quad (5.4)$$

Keterangan :

- v = cepat rambat gelombang (m/s)
- λ = panjang gelombang (m)
- T = periode (s)

Contoh soal 5.5

Sebuah gelombang tali dengan panjang gelombang 2 meter dan periode 1 sekon, memiliki cepat rambat gelombang ...

Penyelesaian contoh soal 5.5

Diketahui: $\lambda = 2 \text{ m}$

$T = 1 \text{ s}$

Ditanya: $v = \dots ?$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{2 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}$$

Jadi cepat rambat gelombang tali tersebut adalah 2 m/s.

4. Hubungan antara Periode, Frekuensi, Cepat Rambat Gelombang dan Panjang Gelombang

Untuk menentukan periode kita harus mencari waktu yang diperlukan untuk terbentuknya satu gelombang, dimana satu gelombang adalah satu bukit penuh dan satu lembah penuh, atau yang senilai dengan itu, misalnya dari puncak sebuah bukit ke puncak bukit sebelahnya (yang berurutan) juga adalah satu buah gelombang. Dari Gambar 5.3 terlihat untuk terbentuk satu gelombang perlu waktu 6 sekon, sehingga periode gelombang adalah 6 sekon, perhatikan bukan 12 sekon, karena 12 sekon adalah untuk dua buah gelombang.

Jika nilai periode suatu gelombang telah diketahui, maka nilai frekuensi adalah kebalikan dari nilai periode gelombang. Periode gelombang adalah 6 sekon, sehingga frekuensi gelombang adalah $1/6$ sekon) atau $1/6$ Hertz (Hz).

Hubungan antara periode, frekuensi, cepat rambat gelombang dan panjang gelombang dapat dirumuskan seperti persamaan 5.5.

$$v = \frac{\lambda}{T} \text{ atau } \lambda = v T$$

$$v = \lambda f \text{ atau } \lambda = \frac{v}{f} \quad (5.5)$$

Keterangan :

f = frekuensi (Hz)

Contoh soal 5.6

Sebuah gelombang tali dengan panjang gelombang 2 meter dan frekuensi 1 Hz, memiliki cepat rambat gelombang ...

Penyelesaian contoh soal 5.6

Diketahui:

$$\lambda = 2 \text{ m}$$

$$f = 1 \text{ Hz}$$

Ditanya: $v = \dots?$

$$v = \lambda f = 2 \text{ m} \times 1 \text{ Hz} = 2 \text{ m/s}$$

Dengan demikian didapatkan nilai cepat rambat gelombang sebesar 2 m/s.

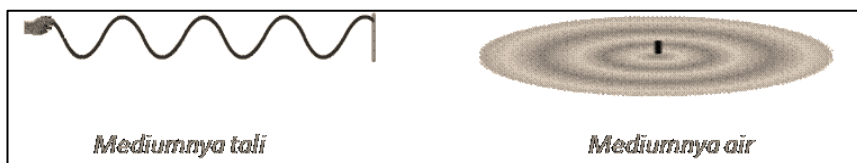
D. JENIS-JENIS GELOMBANG

1. Berdasarkan mediumnya

Jenis gelombang berdasarkan mediumnya dikelompokkan menjadi gelombang mekanik dan elektromagnetik. Berikut penjelasan ringkasnya.

a. Gelombang Mekanik

Gelombang mekanik adalah gelombang yang dalam perambatannya memerlukan medium. Contoh: gelombang bunyi, gelombang tali, dan gelombang permukaan air.



Gambar 5.5 Contoh-contoh gelombang mekanik

b. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dalam perambatannya tidak memerlukan medium. Contoh: gelombang radio, gelombang infrared, gelombang TV, gelombang cahaya dan sebagainya.



sebagainya.

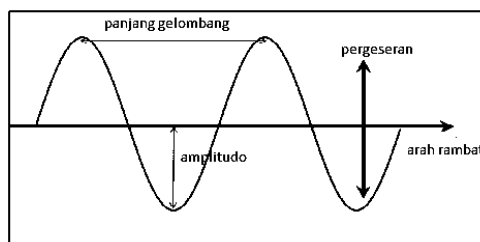
Gambar 5.6 TV sebagai benda yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik.

2. Berdasarkan arah getar dan perambatannya

Berdasarkan arah getar dan arah perambatannya, gelombang dibedakan menjadi dua yaitu gelombang transversal dan longitudinal. Suatu gelombang dapat dikelompokkan menjadi gelombang trasnversal jika partikel-partikel mediumnya bergetar ke atas dan ke bawah dalam arah tegak lurus terhadap gerak gelombang. Contoh

gelombang transversal adalah gelombang tali. Ketika kita menggerakkan tali naik turun, tampak bahwa tali bergerak naik turun dalam arah tegak lurus dengan arah gerak gelombang. Bentuk gelombang transversal tampak seperti Gambar 5.7.

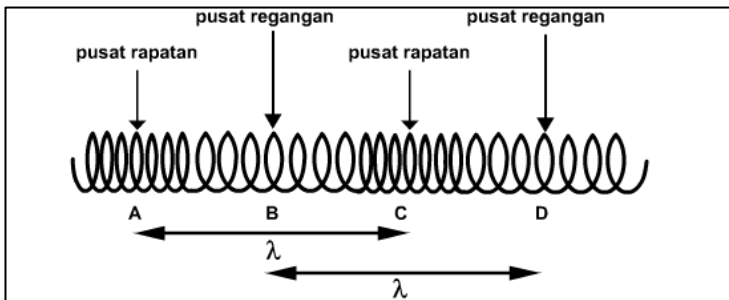
Berdasarkan Gambar 5.7, tampak bahwa gelombang merambat ke kanan pada bidang horisontal, sedangkan arah getaran naik-turun pada bidang vertikal. Garis putus-putus yang digambarkan di tengah sepanjang arah rambat gelombang menyatakan posisi setimbang medium (misalnya tali atau air). Titik tertinggi gelombang disebut puncak sedangkan titik terendah disebut lembah. Amplitudo adalah ketinggian maksimum puncak atau kedalaman maksimum lembah, diukur dari posisi setimbang. Jarak dari dua titik yang sama dan berurutan pada gelombang disebut panjang gelombang (λ). Panjang gelombang juga bisa juga dianggap sebagai jarak dari puncak ke puncak atau jarak dari lembah ke lembah.



Gambar 5.7 Gelombang Transversal

Selain gelombang transversal, terdapat juga gelombang longitudinal. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah

rambatnya sejajar dengan arah getarannya. Bentuk getarannya berupa rapatan dan renggangan (Dapat dilihat pada gambar di bawah).



Gambar 5.8 Gelombang Longitudinal

Berdasarkan Gambar 5.8 kita ketahui bahwa: Arah rambat gelombangnya ke kiri dan ke kanan, dan arah getarnya ke kiri dan ke kanan pula. Oleh karena itu gelombang ini adalah gelombang longitudinal yang arah getar dan arah rambatnya sejajar. Contoh gelombang ini adalah Gelombang bunyi, di udara yang dirambati gelombang ini akan terjadi rapatan dan renggangan pada molekul-molekulnya, dan saat ada rambatan molekul-molekul ini juga bergetar. Akan tetapi getarannya hanya sebatas gerak maju mundur dan tetap di titik keseimbangan, sehingga tidak membentuk bukit dan lembah.

3. Berdasarkan amplitudo

Berdasarkan Amplitudonya (simpangan terjauh), gelombang juga dibagi menjadi dua yaitu gelombang berjalan dan gelombang diam. Gelombang berjalan adalah gelombang yang amplitudonya tetap pada setiap titik yang dilalui gelombang, misalnya gelombang

pada tali. Gelombang diam adalah gelombang yang amplitudonya berubah, misalnya gelombang pada senar gitar yang dipetik.

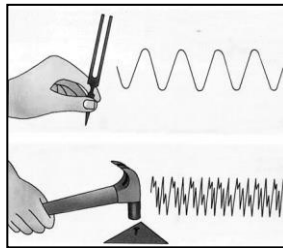
E. PENGERTIAN BUNYI

Bunyi yang sampai ke telinga kita memberikan informasi yang luar biasa banyaknya. Bunyi menyebabkan kita mengetahui banyak hal, misalnya gemericik air, suara guntur, serta suara hewan dan mesin. Bunyi termasuk gelombang longitudinal yang merambat dalam bentuk rapatan dan renggangan. Gelombang bunyi dapat merambat melalui zat padat, zat cair dan gas.

Bunyi dapat **tedengar** karena getaran gelombang bunyi merambat melalui suatu medium (zat perantara). Gelombang bunyi tidak dapat merambat dalam hampa udara.

Proses **merambatnya** bunyi: benda yang bergetar akan menggetarkan molekul udara di sekitarnya lalu molekul yang bergetar akan merambat ke molekul udara yang lain, dan begitu seterusnya sampai getaran itu terdengar di telinga kita. Molekul udara membentuk rapatan (R) dan renggangan (r) mirip seperti rapatan dan renggangan pada slinki. Selanjutnya yang menjadi pertanyaan bagi kita bagaimanakah bunyi yang berasal dari sumbernya dapat terdengar oleh telinga? Sumber bunyi yang bergetar akan menggetarkan molekul-molekul udara di sekitarnya. Dimana dalam setiap getarannya akan terbentuk rapatan dan renggangan pada daerah molekul-molekul udara tersebut. Pada akhirnya dari rapatan dan renggangan tersebut merambat sampai ke telinga, sehingga menggetarkan selaput gendang telinga. Getaran tersebut kemudian

diteruskan ke otak oleh saraf pendengaran sehingga akan dapat terdengar oleh telinga sebagai bunyi.



Gambar 5.9. Bunyi merambat melalui suatu medium (zat perantara).

Jadi dapat **disimpulkan** bahwa bunyi dapat terdengar jika memenuhi syarat sebagai berikut: (a) Ada sumber bunyi, (b) Ada medium/ zat perantara, dan (c) Ada alat pendengaran (penerima bunyi).

F. CEPAT RAMBAT BUNYI

Bunyi termasuk gelombang longitudinal. Bunyi memerlukan waktu dalam proses perambatannya. Seberapa cepat gelombang bunyi merambat? Kecepatan bunyi jauh lebih kecil dibandingkan kecepatan cahaya. Hal ini dapat diamati ketika terjadi petir. Ketika terjadi petir, cahaya petir merambat dalam bentuk gelombang cahaya, sedangkan bunyi petir merambat dalam bentuk gelombang bunyi. Kedua hal itu sebenarnya terjadi dalam waktu yang bersamaan. Tetapi, kita sebagai pengamat akan melihat kilatan cahaya petir terlebih dahulu, baru kemudian kita mendengar bunyi petir. Hal ini menunjukkan bahwa gelombang cahaya mempunyai kecepatan yang lebih besar

dibandingkan gelombang bunyi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa cepat rambat cahaya lebih besar daripada cepat rambat bunyi.

Ada beberapa hal yang mempengaruhi kecepatan bunyi yaitu kerapatan medium, suhu dan frekuensi bunyi:

1. *Kerapatan Medium*

Bunyi ditransmisikan melalui medium tertentu yaitu gas, cair dan padat. Kecepatan bunyi bergantung pada medium yang dilaluinya. Cepat rambat bunyi pada beberapa medium dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Cepat rambat bunyi pada beberapa medium

No.	Medium	Cepat Rambat Bunyi (m/s)
1	Udara (0°C)	331
2	Udara (15°C)	340
3	Air laut (25°C)	1490
4	Air (25°C)	1530
5	Alumium (20°C)	5100
6	Tembaga (20°C)	3560
7	Besi (20°C)	5130

Cepat rambat bunyi pada zat padat lebih besar dari pada melalui s cair. Sedangkan cepat rambat bunyi pada medium zat cair lebih besar daripada melalui medium gas. Hal tersebut dapat dinyatakan:

$$v_{\text{gas}} < v_{\text{cair}} < v_{\text{padat}}$$

2. Suhu

Cepat rambat bunyi juga dipengaruhi oleh suhu medium gelombang bunyi. Cepat rambat bunyi akan bertambah besar dengan adanya kenaikan suhu medium. Bunyi merambat melewati udara kering pada $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan kecepatan 331 m/s . Pada suhu ruang kira-kira $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ kecepatan bunyi di udara adalah 340 m/s . Kecepatannya akan terus naik, bahkan mencapai 700 m/s pada suhu $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Apabila seseorang memukul sebuah lonceng, ternyata pada jarak tertentu bunyi lonceng belum terdengar saat lonceng dipukul. Akan tetapi justru bunyi lonceng itu terdengar sesaat setelah lonceng itu dipukul. Selanjutnya semakin jauh kedudukan pendengar dari sumber bunyi (lonceng), semakin lama selang waktu antara saat lonceng dipukul dengan bunyi yang terdengar.



Gambar 5.10 Pengaruh suhu udara pada kecepatan bunyi

Hal itu membuktikan bahwa makin jauh jarak yang ditempuh oleh bunyi makin lama waktu yang diperlukan untuk menempuhnya. Berikut ini hubungan antara jarak, waktu tempuh, dan cepat rambat bunyi.

$$v = \frac{s}{t} \quad (5.6)$$

Keterangan :

v = cepat rambat bunyi (m/s)

s = jarak tempuh (m)

t = waktu tempuh (s)

Contoh Soal 5.7

Bunyi sirine terdengar 1 sekon setelah dibunyikan. Jika cepat rambat bunyi di udara sebesar 340 m/s, berapa jarak pendengar dari sirine?

Penyelesaian contoh soal 5.7

Diketahui : t = 1 s

$$v = 340 \text{ m/s}$$

Ditanyakan : s = . . . ?

Jawab :

$$s = v \cdot t$$

$$s = 340 \text{ m/s} \times 1 \text{ s}$$

$$= 340 \text{ meter}$$

3. Frekuensi Bunyi

Bunyi merupakan gelombang longitudinal yang berasal dari getaran sebuah sumber bunyi dan merambat melalui suatu medium. Gelombang bunyi mempunyai rentang frekuensi yang lebar. Namun, tidak semua rentang frekuensi bunyi dapat didengar oleh manusia. Telinga manusia normal hanya mampu mendengar frekuensi bunyi

antara 20 Hz sampai 20.000 Hz disebut *frekuensi audiosonik*. Bunyi yang frekuensinya kurang dari 20 Hz disebut *infrasonik*. Sedangkan bunyi yang frekuensinya lebih dari 20.000 Hz disebut *ultrasonik*.



Gambar 5.11. Penggunaan gelombang ultrasonik untuk melihat kondisi janin

Bunyi infrasonik dapat didengar oleh binatang seperti jangkrik dan anjing. Anjing akan terbangun dari tidurnya apabila mendengar langkah kaki manusia dan jangkrik akan segera menghindar begitu mendengar langkah manusia atau binatang lain yang mendekatinya. Sementara itu, kelelawar merupakan binatang yang memancarkan gelombang ultrasonik. Hal ini dilakukan untuk menentukan posisi benda. Gelombang ultrasonik yang dipancarkan kelelawar dipantulkan kembali, memberitahu jarak dan ukuran benda yang akan dilewatinya, sehingga tidak terjadi tabrakan.

Manfaat bunyi ultrasonik bagi manusia:

- a. Melihat bagian dalam tubuh: penggunaan gelombang bunyi untuk melihat kondisi janin jauh lebih aman daripada sinar X.

- b. Membersihkan benda yang halus: banyak digunakan di pabrik untuk membersihkan partikel kecil pada benda dengan cara mengarahkan bunyi ultrasonic pada benda-benda tersebut dan partikel kotoran akan lepas.
- c. Kacamata tunanetra: sama seperti prinsip kerja kelelawar, kacamata ini memiliki alat yang berfungsi menghasilkan bunyi ultrasonic dan alat menangkap suara ultrasonic tersebut.

G. SIFAT-SIFAT BUNYI

Pada umumnya bunyi memiliki tiga sifat, yaitu sifat tinggi rendahnya bunyi, kuat lemahnya bunyi, dan warna bunyi.

1. Tinggi Rendahnya Bunyi

Bunyi ditimbulkan oleh benda yang bergetar. Frekuensi yang dihasilkan oleh beda-benda tersebut berbeda-beda. Makin tinggi frekuensi sumber bunyi, makin tinggi bunyi yang dihasilkan. Bunyi yang sangat tinggi menyebabkan telinga sakit. Hal tersebut karena ketika mencapai telinga bunyi yang tinggi menyebabkan gendang telinga bergetar cepat, akibatnya telinga terasa nyeri.

2. Kuat lemahnya Bunyi

Pada saat kita memetik gitar, berarti kita memberikan simpangan (amplitudo) terhadap gitar. Jika kita memberikan simpangan yang kecil, maka bunyi yang terdengar lemah. Sebaliknya makin jauh kita menarik senar, berarti semakin besar kita memberikan simpangan, maka bunyi yang terdengar semakin kuat.



Gambar 5.12 Simpangan senar (amplitudo) saat gitar dipetik

Kuat lemah bunyi bergantung pada amplitudo bunyi. Amplitudo adalah simpangan maksimum suatu gelombang. Makin besar amplitudo bunyi semakin kuat bunyi yang terdengar, demikian pula sebaliknya. Hal ini dapat dibuktikan pada sebuah garpu tala yang digetarkan secara perlahan atau dengan kuat, frekuensi yang dihasilkan akan sama walaupun terdengar keras jika digetarkan dengan kuat dan terdengar lemah jika getarannya lemah. Pada peralatan elektronika seperti radio dan televisi, untuk mengeraskan suara biasanya kita mengatur tombol volume. Pengaturan ini tidak mengubah frekuensi bunyi yang dikeluarkan speaker, pengaturan ini hanya mengubah amplitudo bunyi. Bunyi yang keras dapat merusak gendang telinga.

3. *Kualitas Bunyi*

Kualitas atau warna bunyi adalah kondisi bunyi yang diterima oleh alat pendengaran berdasarkan sumber getarannya. Sumber getaran yang berbedakan menghasilkan bentuk gelombang bunyi yang berbeda pula. Hal ini menyebabkan nada yang sama dari dua sumber getaran berbeda akan terdengar berbedapada telinga manusia.

Kualitas bunyi membedakan bunyi yang dikeluarkan pada berbagai alat music. Sebagai contoh ketika piano dan gitar dimainkan pada nada yang sama, bunyi yang berbeda akan terdengar dari kedua alat music tersebut walaupun dimainkan secara bersamaan.

H. PEMANTULAN BUNYI

Bunyi merupakan gelombang dan salah satu sifat gelombang adalah dapat dipantulkan. Dengan demikian, bunyi juga dapat dipantulkan. Cobalah kamu berdiri di depan dinding yang agak tinggi pada jarak kira-kira 50 cm. kemudian berteriaklah. Perhatikan apa yang terjadi sesaat setelah kamu berteriak?

Ketika kamu berteriak di depan sebuah dinding yang tinggi, ternyata beberapa detik kemudian terdengar bunyi teriakan kedua. Bunyi ini merupakan bunyi hasil pantulan dari bunyi pertama. Pada peristiwa tersebut, bunyi teriakan pertama dipantulkan oleh dinding yang tinggi. Jadi, gelombang bunyi akan dipantulkan apabila mengenai permukaan yang keras seperti dinding, lereng gunung, dinding batu, dan sebagainya.

Dari peristiwa tersebut, diperoleh hukum-hukum pemantulan bunyi, yaitu:

- a. *Bunyi datang, bunyi pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.*
- b. *Sudut datang sama dengan sudut pantul.*

1. *Macam-Macam Bunyi Pantul*

a. Bunyi pantul yang memeperkuat bunyi asli

Jika kita berteriak, maka teriakan kita akan terdengar lebih jelas jika kita melakukannya di dalam ruangan dibandingkan jika kita melakukannya di lapangan. Hal ini dikarenakan suara kita dipantulkan oleh dinding penghalang, sehingga suara yang dipantulkan memperkuat suara asli karena bunyi pantul tersebut datangnya hampir bersamaan dengan bunyi asli.

b. Gaung

Jika kita mengucapkan suatu kata dengan keras dalam suatu ruangan gedung yang luas (aula), kita akan mendengarkan kata tersebut kurang jelas terdengar. Hal ini disebabkan sebagian bunyi pantul terdengar bersamaan dengan bunyi asli. Bunyi seperti inilah yang disebut *gaung atau kerdam*.

Misalkan kita mengucapkan kata “matahari.”

Bunyi asli : Ma-ta-ha-ri

Bunyi pantul : Ma-ta-ha-ri

Terdengar : Ma-ri

Suku kata yang jelas kita dengar adalah suku kata pertama (ma) dan suku kata terakhir (ri), sedangkan suku kata di antaranya terdengar kabur. Bagaimana cara menghindari terjadinya gaung? *Untuk menghindari terjadinya gaung, pada dinding ruangan yang besar harus dilengkapi peredam suara. Peredam suara terbuat dari bahan karet busa, karton tebal, karpet, dan bahan-bahan lain*

yang bersifat lunak. Biasanya bahan-bahan tersebut sering kita jumpai di gedung bioskop, studio TV atau radio, aula, studio rekaman, dan sebagainya.

c. Gema

Jika kita berteriak di lereng bukit dari jarak yang cukup jauh, maka kita akan mendengar bunyi dua kali secara berurutan. Bunyi pertama merupakan bunyi asli (keras), sedangkan bunyi yang kedua merupakan bunyi pantul. Bunyi seperti inilah yang disebut dengan ***gema***. *Jadi gema adalah bunyi pantul yang terdengar setelah bunyi asli.*

Misalkan kita mengucapkan kata “matahari”

Bunyi asli : Ma-ta-ha-ri

Bunyi pantul : Ma-ta-ha-ri

Terdengar : Ma-ta-ha-ri-Ma-ta-ha-ri

Jika jarak antara pendengar dan bidang pemantul sangat dekat maka bunyi pantul dapat memperkuat bunyi asli. Misalnya suara pemain drama dalam gedung terater. Suara pemain drama lebih keras dibandingkan di tanah lapangan yang terbuka.

2. Manfaat Pemantulan Bunyi

Dalam kehidupan sehari-hari pemantulan bunyi dapat dimanfaatkan di dalam bidang pengukuran, industri dan kesehatan. Berikut ini beberapa manfaat pemantulan bunyi.

a. Menentukan Kedalaman Laut

Untuk mengukur kedalaman laut, sebuah kapal dilengkapi dengan alat pembangkit sinyal (fathometer) yang dikirim ke dasar laut. Kemudian sinyal tersebut akan dipantulkan dan kembali diterima oleh alat penerima sinyal bunyi di kapal. Jarak yang ditempuh oleh gelombang bunyi adalah jarak yang ditempuh gelombang datang dan jarak yang ditempuh gelombang pantul, sehingga jarak yang ditempuh adalah dua kali kedalaman laut. bunyi pantul diterima kembali, yaitu sebesar t . Apabila cepat rambat bunyi (v) diketahui, maka kedalaman laut dapat ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$s = \frac{v \times t}{2} \quad (5.7)$$

Keterangan :

s = kedalaman laut (m)

v = cepat rambat bunyi di dalam medium/air laut (m/s)

t = waktu tempuh (s)

Contoh soal 5.8

Waktu yang diperlukan untuk pengiriman sinyal bunyi dari sebuah kapal ke dasar laut sampai diterima kembali adalah 2 sekon. Jika cepat rambat bunyi dalam air laut sebesar 1.800 m/s, berapa kedalaman laut tersebut?

Penyelesaian contoh soal 5.8

Diketahui: $t = 2$ s

$v = 1.800$ m/s

Ditanya: $s = \dots ?$

Jawab: $s = \frac{v \times t}{2}$

$$s = \frac{1.800 \text{ m/s} \times 2s}{2}$$

$$= 1.800 \text{ meter}$$

Jadi, kedalaman laut tersebut adalah 1.800 meter.

b. Pemindahan Ultrasonik Tubuh Manusia

Tulang, lemak, dan otot semuanya memantulkan gelombang ultrasonik secara berbeda. Gelombang pantul (gema), contohnya dari bayi yang berada dalam kandungan, diubah kedalam pulsa-pulsa listrik yang membentuk citra (pindahan) pada layar. Pindahan ini menunjukkan apakah bayi dalam kandungan itu sehat dan tumbuh dengan baik.

I. INTENSITAS BUNYI

1. Pengertian Taraf Intensitas Bunyi

Intensitas berasal dari bahasa latin yaitu *intentio* yang berarti ukuran kekuatan, keadaan tingkatan atau ukuran intensnya. Misalnya intensitas energi yang dibawa gelombang, intensitas bunyi (kuat bunyi), dan intensitas cahaya (kuat cahaya). Secara sederhana, Taraf intensitas bunyi bisa diartikan dengan tingkat kebisingan suatu bunyi pada pendengaran manusia. Bunyi yang mempunyai taraf intensitas yang tinggi akan memekakkan telinga kita seperti bunyi ledakan bom atau pesawat terbang. Namun ada juga bunyi yang sangat pelan sampai sampai tidak terdengar oleh telinga kita.

Secara fisika, Taraf intensitas bunyi merupakan perbandingan nilai logaritma antara intensitas bunyi yang diukur (I) dengan intensitas ambang pendengaran (I_0). Intensitas ambang pendengaran

(I_0) yaitu intensitas bunyi terkecil yang masih mampu didengar oleh telinga, Besarnya ambang pendengaran berkisar pada 10^{-12} W/m^2 . Satuan dari Taraf Intensitas bunyi adalah desiBell (dB). Berikut tabel taraf intensitas beberapa sumber bunyi.

Tabel 5.2 Tabel taraf intensitas bunyi

No.	Medium	TI (dB)
1.	Ambang pendengaran	0
2.	Bisik-bisik	10-20
3.	Perpustakaan	30-40
4.	Rumah tinggal	50-60
5.	Percakapan pada umumnya	60-70
6.	Lalu lintas alami	70-80
7.	Suara sepeda motor dengan knalpot terbuka	90-100
8.	Senjata mesin	120-130
9.	Pesawat jet tinggal landas	130-150

2. Persamaan Taraf Intensitas Bunyi

Taraf intensitas dari sebuah sumber bunyi dirumuskan dengan:

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (5.8)$$

Keterangan:

TI = Taraf Intesitas bunyi (dB)

I = Intensitas sumber bunyi (W/m^2)

I_0 = Intensitas ambang pendengaran (10^{-12} W/m^2)

a. Taraf intensitas dari n buah sumber bunyi identik

Jika terdapat sebanyak n buah sumber bunyi yang identik (mempunyai intensitas bunyi sama), besar Taraf intensitas totalnya dirumuskan dengan persamaan:

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n \quad (5.9)$$

Keterangan:

TI_n = Taraf Intesitas n buah sumber bunyi (dB)

TI_1 = Taraf Intesitas 1 buah sumber bunyi (dB)

n = jumlah sumber bunyi

b. Perbandingan taraf intensitas pada radius yang berbeda

Taraf intensitas bunyi pada jarak yang berbeda dari sumber bunyi akan berbeda, dirumuskan dengan:

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 \rightarrow TI_2 = TI_1 + 10 \log \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2$$

atau

$$TI_2 = TI_1 - 10 \log \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 \rightarrow TI_2 = TI_1 - 10 \log \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 \quad (5.10)$$

Keterangan:

TI_1 = Taraf Intesitas pada R_1 (dB)

TI_2 = Taraf Intesitas pada R_2 (dB)

R_1 = Radius 1 dari sumber bunyi (m)

R₂ = Radius 2 dari sumber bunyi (m)

Contoh soal 5.9

Sebuah sumber bunyi mempunyai Intensitas Bunyi sebesar 10^{-8} Watt/m². Jika Intensitas ambang pendengaran $I_0 = 10^{-12}$ W/m². Maka besar taraf intensitas bunyi tersebut adalah

Pembahasan contoh soal 5.9

Diketahui:

$$I = 10^{-8} \text{ watt/m}^2$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ watt/m}^2$$

Penyelesaian:

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$TI = 10 \log \frac{10^{-8}}{10^{-12}}$$

$$TI = 10 \log 10^4$$

$$TI = 10 \times 4 \log 10$$

$$TI = 10 \times 4 \times 1$$

$$TI = 40 \text{ dB}$$

Contoh soal 5.10

Jika taraf intensitas bunyi dari sebuah mesin jet adalah 110 dB, maka intensitas bunyi mesin tersebut adalah

Pembahasan contoh soal 5.10

Diketahui:

$$TI = 110 \text{ dB}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ watt/m}^2$$

Penyelesaian:

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$110 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$\frac{110}{10} = \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$11 = \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$\log 10^{11} = \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$10^{11} = \frac{I}{10^{-12}}$$

$$I = 10^{11} \times 10^{-12} = 10^{-1} \text{ watt/m}^2$$

Contoh soal 5.11

Sebuah sirine rata-rata menimbulkan taraf intensitas 100 dB. Berapa taraf intensitas yang ditimbulkan oleh 10 buah sirine secara bersamaan?

Pembahasan contoh soal 5.11

Diketahui:

$$TI_1 = 110 \text{ dB}$$

$$n = 10 \text{ buah}$$

Penyelesaian:

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n$$

$$TI_n = 100 + 10 \log 10$$

$$TI_n = 100 + 10$$

$$TI_n = 110 \text{ dB}$$

Contoh soal 5.12

Taraf intensitas bunyi suatu tempat yang berjarak 5 m dari sumber bunyi sebesar 70 dB. Tempat yang berjarak 500 m dari sumber bunyi bertaraf intensitas sebesar

Pembahasan contoh soal 5.12

Pembahasan:

Diketahui:

$$TI_1 = 70 \text{ dB}$$

$$R_1 = 5 \text{ m}$$

$$R_2 = 500 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$TI_2 = TI_1 - 20 \log \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$TI_2 = 70 - 20 \log \left(\frac{500}{5} \right)$$

$$TI_2 = 70 - 20 \log 100$$

$$TI_2 = 70 - 20(2)$$

$$TI_2 = 70 - 40 = 30 \text{ dB}$$

Contoh soal 5.13

Intensitas bunyi sebuah mesin jahit yang sedang bekerja adalah 10^9 watt/m². Jika intensitas ambang bunyi adalah 10^{-12} Watt/m², maka

taraf intensitas bunyi dari 10 mesin jahit yang sedang bekerja bersama-sama adalah ...

Pembahasan contoh soal 5.13

Diketahui:

$$I = 10^{-9} \text{ watt/m}^2$$

$$I_o = 10^{-12} \text{ watt/m}^2$$

$$n = 10 \text{ mesin}$$

Penyelesaian:

Langkah pertama penyelesaian soal ini adalah dengan mencari TI untuk sebuah mesin. Kemudian menentukan TI untuk 10 mesin.

➤ TI untuk 1 mesin:

$$TI_1 = 10 \log \left(\frac{I}{I_o} \right)$$

$$TI_1 = 10 \log \left(\frac{10^{-9}}{10^{-12}} \right)$$

$$TI_1 = 10 \log 10^3$$

$$TI_1 = 10 \times 3 = 30 \text{ dB}$$

➤ TI untuk 10 mesin:

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n$$

$$TI_n = 30 + 10 \log 10$$

$$TI_n = 30 + 10 = 40 \text{ dB}$$

J. EFEK DOPPLER

Ketika kita mendekati sumber bunyi maka frekuensi yang terdengar akan lebih keras. Sebaliknya jika kita menjauhi sumber bunyi maka frekuensi yang didengar akan lebih kecil. Peristiwa ini pertama kali dipikirkan oleh fisikawan Austria bernama Christian Johan Doppler (1803-1855). Dengan demikian peristiwa seperti ini dikenal dengan efek Doppler.

Secara umum, efek doppler dialami ketika ada gerak relatif antar sumber bunyi dan pengamat. Jika cepat rambat bunyi di udara saat itu adalah v , kecepatan pengamat v_p dan kecepatan sumber bunyi v_s dan frekuensi yang dipancarkan sumber adalah f_s , maka secara perhitungan frekuensi yang didengar oleh pengamat adalah:

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s \quad (5.11)$$

Keterangan:

f_p = frekuensi pendengar

f_s = frekuensi sumber

v = kecepatan bunyi di udara

v_p = kecepatan pendengar

v_s = kecepatan sumber

Perjanjian Tanda:

Cara 1

v_p (Kecepatan pendengar)

+ = pendengar mendekati sumber

0 = pendengar diam

- = pendengar menjauhi sumber

v_s (Kecepatan sumber)

(-) = sumber mendekati pendengar

(+) = sumber menjauhi pendengar

0 = sumber diam

Cara 2

Tentukan arah P – S : arah Positif

Sumber bunyi/pendengar yang gerakanya searah dengan arah P – S = kecepataannya bertanda positif

Contoh soal 5.14

Sebuah kereta api bergerak mendekati stasiun dengan kecepatan sebesar 20 m/s. Peluit kereta api yang memiliki frekuensi 2000 Hz dibunyikan. Bila cepat rambat bunyi diudara 340 m/s, tentukan frekuensi yang didengar orang yang berada didalam stasiun!

Penyelesaian contoh soal 5.14

Kereta

(sumber bunyi “S”) \longleftarrow ++ \longrightarrow Pengamat (P)

Dilihat dari gerakannya, kita peroleh data:

$v_p = 0$ karena pengamat sedang diam

v_s bertanda negatif karena arah geraknya berlawanan dengan arah dari P-S / mendekati pendengar maka rumusnya kita tulis:

$$f_p = \frac{v \pm 0}{v - v_s} f_s$$

$$f_p = \frac{340 \pm 0}{340 - 20} 2000$$

$$f_p = \frac{340}{320} 2000$$

$$f_p = 2125 \text{ Hz}$$

RINGKASAN BAB V

1. Getaran merupakan gerak bolak-balik suatu benda di sekitar titik setimbang. Gelombang adalah suatu getaran yang merambat, selama perambatannya gelombang membawa energi.
2. Besaran getaran yaitu simpangan, amplitude, periode, dan frekuensi. Sedangkan besaran gelombang di antaranya panjang gelombang, amplitudo gelombang, cepat rambat gelombang, periode gelombang dan frekuensi gelombang.
3. Jenis-jenis gelombang dapat dikelompokkan berdasarkan mediumnya (gelombnag mekanik dan elektromagnetik), berdasarkan arah getar dan perambatannya (gelombang longitudinal dan transversal), dan berdasarkan amplitudonya (gelombang berjalan dan diam).
4. Bunyi termasuk geombang longitudinal yang merambat dalam bentuk rapatan dan renggangan. Gelombang bunyi dapat merambat melalui zat padat, zat cair dan gas.

5. Ada beberapa hal yang mempengaruhi kecepatan bunyi yaitu kerapatan medium, suhu dan frekuensi bunyi.
6. Pada umumnya bunyi memiliki tiga sifat, yaitu sifat tinggi rendahnya bunyi, kuat lemahnya bunyi, dan warna (kualitas) bunyi. Tinggi rendahnya bunyi tergantung frekuensi bunyi. Kuat lemahnya bunyi dipengaruhi oleh simpangan (amplitudo). Warna bunyi adalah kondisi bunyi yang diterima oleh alat pendengaran berdasarkan sumber getarannya.
7. Bunyi merupakan gelombang dan salah satu sifat gelombang adalah dapat dipantulkan. Macam-macam bunyi pantul yaitu bunyi pantul yang memperkuat bunyi asli, gaung dan gema. Manfaat bunyi pantul di antaranya menentukan kedalaman laut dan USG.
8. Intensitas bunyi merupakan ukuran kekuatan atau keadaan tingkatan suatu bunyi. Taraf intensitas bunyi merupakan perbandingan nilai logaritma antara intensitas bunyi yang diukur (I) dengan intensitas ambang pendengaran (I_0).
9. Ketika kita mendekati sumber bunyi maka frekuensi yang terdengar akan lebih keras. Sebaliknya jika kita menjauhi sumber bunyi maka frekuensi yang didengar akan lebih kecil. Peristiwa seperti ini dikenal dengan efek Doppler.

LATIHAN BAB V

1. Jelaskan perbedaan getaran dan gelombang serta berikan contohnya masing-masing dalam kehidupan sehari-hari!
2. Sebut dan jelaskan besaran-besaran getaran dan gelombang secara ringkas dan benar!

3. Sebuah bandul bergetar sebanyak 20 kali dalam waktu 5 detik. Berapakah periode dan frekuensi getaran bandul tersebut?
4. Sebuah sumber bunyi mempunyai Intensitas Bunyi sebesar 10^{-7} Watt/m². Jika Intensitas ambang pendengaran $I_0 = 10^{-11}$ W/m². Hitunglah nilai taraf intensitas bunyi tersebut!
5. Sebuah mobil ambulans bergerak mendekati halte dengan kecepatan sebesar 30 m/s. Suara sirine ambulans yang memiliki frekuensi 1000 Hz. Bila cepat rambat bunyi diudara 340 m/s, tentukan frekuensi yang didengar orang yang berada didalam stasiun!

RUJUKAN DAN BAHAN BACA YANG DIANJURKAN

- Giancoli, D. C. (2005). *Physics Principles and Applications Sixth Edition*. Pearson Education Increase. United States
- Halliday, D. dan R. Resnick. (1992). *Fisika Jilid I*, terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. Erlangga. Jakarta.
- Serway, R. A. & Jewett, J. W. (2004). *Physic for Scientists and Engineers, Six Edition*. California: Thomson Brook/Cole
- Tipler, P. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid I*, terjemahan Lea. P dan Rahmad W.A. Erlangga. Jakarta.

BAB VI

CAHAYA DAN OPTIK

KEMAMPUAN AKHIR (KA):

6) Melalui perkuliahan tatap muka dan penugasan, mahasiswa dapat menganalisis sifat-sifat cahaya dan hubungannya dengan berbagai bentuk cermin dan lensa.

INDIKATOR:

- 6.1) Merancang dan melakukan percobaan untuk membuktikan sifat-sifat cahaya.
- 6.2) Mendeskripsikan proses pembentukan dan sifat-sifat bayangan pada cermin.
- 6.3) Mendeskripsikan proses pembentukan dan sifat-sifat bayangan pada lensa.
- 6.4) Menjelaskan fungsi mata sebagai alat optik.
- 6.5) Menggambarkan pembentukan bayangan benda pada retina.
- 6.6) Menjelaskan beberapa cacat mata dan penggunaan kacamata.
- 6.7) Menghitung perbesaran pada lup dan mikroskop.
- 6.8) Menjabarkan prinsip kerja teropong, kamera dan periskop.

A. DEFINISI CAHAYA DAN OPTIK

Cahaya merupakan salah satu bentuk energi. Sumber cahaya memancarkan energi cahaya secara radiasi sehingga energi ini disebut *energi radiasi*. Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang merambat secara transversal. Besaran fisis

yang dimiliki cahaya mirip dengan besaran fisis yang dimiliki gelombang, seperti *panjang gelombang*, *cepat rambat gelombang*, dan *frekuensi gelombang*. Cahaya yang hanya bisa dilihat oleh mata manusia disebut *cahaya tampak*. Sumber cahaya adalah benda yang bisa menghasilkan cahaya. Sumber cahaya dibedakan menjadi dua yakni *sumber cahaya alami* adalah benda yang dapat memancarkan cahayanya sendiri, seperti matahari, api dan bioluminesens. Sedangkan *sumber cahaya buatan* adalah benda yang dapat memancarkan cahaya akibat suatu proses tertentu.

Sementara optik adalah cabang fisika yang menggambarkan perilaku dan sifat cahaya dan interaksi cahaya dengan materi. Optik menerangkan dan diwarnai oleh gejala optis. Kata *optik* berasal dari bahasa Latin, yang berarti *tampilan*. Bidang optik biasanya menggambarkan sifat cahaya tampak, inframerah dan ultraviolet; tetapi karena cahaya adalah gelombang elektromagnetik, gejala yang sama juga terjadi di sinar-X, gelombang mikro, gelombang radio, dan bentuk lain dari radiasi elektromagnetik dan juga gejala serupa seperti pada sorotan partikel muatan (*charged beam*). Optik secara umum dapat dianggap sebagai bagian dari keelektromagnetan. Beberapa gejala optis bergantung pada sifat kuantum cahaya yang terkait dengan beberapa bidang optik hingga mekanika kuantum. Dalam praktiknya, kebanyakan dari gejala optis dapat dihitung dengan menggunakan sifat elektromagnetik dari cahaya, seperti yang dijelaskan oleh persamaan Maxwell.

Bidang optik memiliki identitas, masyarakat, dan konferensinya sendiri. Aspek keilmuannya sering disebut ilmu optik atau fisika

optik. Ilmu optik terapan sering disebut rekayasa optik. Aplikasi dari rekayasa optik yang terkait khusus dengan sistem iluminasi (iluminasi) disebut rekayasa pencahayaan. Setiap disiplin cenderung sedikit berbeda dalam aplikasi, keterampilan teknis, fokus, dan afiliasi profesionalnya. Inovasi lebih baru dalam rekayasa optik sering dikategorikan sebagai fotonika atau optoelektronika. Batas-batas antara bidang ini dan "optik" sering tidak jelas, dan istilah yang digunakan berbeda di berbagai belahan dunia dan dalam berbagai bidang industri.

Karena aplikasi yang luas dari ilmu "cahaya" untuk aplikasi dunia nyata, bidang ilmu optik dan rekayasa optik cenderung sangat lintas disiplin. Ilmu optik merupakan bagian dari berbagai disiplin terkait termasuk elektro, fisika, psikologi, kedokteran (khususnya optalmologi dan optometri), dan lain-lain. Selain itu, penjelasan yang paling lengkap tentang perilaku optis, seperti dijelaskan dalam fisika, tidak selalu rumit untuk kebanyakan masalah, jadi model sederhana dapat digunakan. Model sederhana ini cukup untuk menjelaskan sebagian gejala optis serta mengabaikan perilaku yang tidak relevan dan / atau tidak terdeteksi pada suatu sistem.

Di ruang bebas suatu gelombang berjalan pada kecepatan $c = 3 \times 10^8$ meter/detik. Ketika memasuki medium tertentu (*dielectric* atau *nonconducting*) gelombang berjalan dengan suatu kecepatan v , yang mana adalah karakteristik dari bahan dan kurang dari besarnya kecepatan cahaya itu sendiri (c). Perbandingan kecepatan cahaya di

dalam ruang hampa dengan kecepatan cahaya di medium adalah indeks bias n bahan sebagai berikut:

$$n = \frac{c}{v} \quad (6.1)$$

B. SIFAT-SIFAT CAHAYA

Cahaya memiliki berbagai sifat di antaranya dapat merambat pada ruang hampa, dapat dipantulkan, dapat dibiaskan, dapat diuraikan, dan dapat dInterferensi.

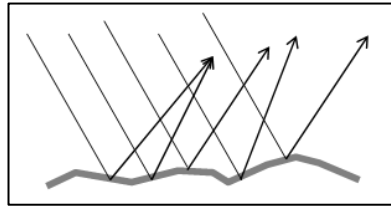
1. *Perambatan Cahaya dan Pembentukan Bayangan*

Cahaya merambat menurut lintasan yang berbentuk garis lurus. Pembentukan bayangan suatu benda disebabkan oleh sifat cahaya yang merambat menurut garis lurus. Anggapan cahaya yang merambat menurut garis lurus disebut *optik geometrik*. Akibat cahaya merambat lurus, benda yang tidak tembus cahaya seperti buku, pohon, kertas, atau tubuh manusia akan membentuk bayangan apabila terkena cahaya. Jika sebuah benda tidak tembus cahaya dikenai cahaya, di belakang benda tersebut akan terbentuk dua bayangan, yaitu bayangan inti dan bayangan kabur. Bayangan inti disebut *umbra* dan bayangan kabur disebut *penumbra*.

2. *Pemantulan Cahaya (Refleksi)*

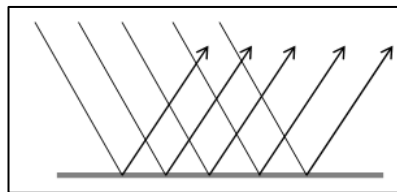
Pada pemantulan, berkas cahaya yang datang mengenai suatu benda disebut *sinar datang*, sedangkan berkas cahaya yang meninggalkan benda (dipantulkan) disebut *sinar pantul*. Berkas cahaya yang dipantulkan bergantung pada jenis permukaan benda. Bila cahaya mengenai permukaan kasar maka cahaya akan

dipantulkan secara tersebar yang disebut dengan pemantulan baur sebagaimana yang nampak pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Proses pemantulan baur

Namun, bila cahaya mengenai permukaan yang mulus maka cahaya akan dipantulkan secara teratur yang disebut dengan pemantulan teratur seperti yang tersaji pada Gambar 6.2.

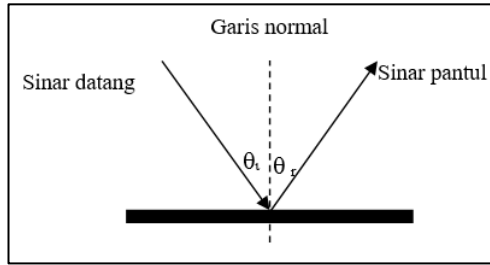


Gambar 6.2 Proses pemantulan teratur

Pemantulan teratur banyak dimanfaatkan seperti pada kaca spion dan pembuatan berlian. Benda yang dapat memantulkan cahaya secara teratur akan kelihatan mengkilap, sedangkan benda yang memantulkan cahaya secara baur akan kelihatan redup. Selain bergantung pada jenis permukaan, pemantulan cahaya selalu mengikuti suatu aturan yang disebut hukum pemantulan cahaya, yang berbunyi sebagai berikut.

- a. Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.

b. Sudut sinar datang sama dengan sudut sinar pantul.



Gambar 6.3 Proses pembentukan sinar pantul

Sudut sinar datang dan sudut sinar pantul diukur terhadap garis normal. Garis normal adalah garis yang tegak lurus terhadap bidang pantul. Berikut akan dijelaskan terkait dengan pemantulan pada cermin datar dan lengkung.

a. Pemantulan cahaya pada cermin datar

Sifat pemantulan cahaya pada cermin datar yaitu

- 1) jarak bayangan ke cermin sama
- 2) tinggi bayangan sama dengan tinggi benda
- 3) bayangannya tegak dan selalu maya

4) perbesaran linier $M = \left| \frac{S'}{S} \right| = \left| \frac{h'}{h} \right| = 1$

Bila dua cermin datar membentuk sudut $= \theta$ maka banyak bayangan (n) yang terbentuk adalah:

$$n = \frac{360^\circ}{\theta} - 1 \quad (6.2)$$

Contoh soal 6.1

Seorang anak ingin melihat 5 bayangannya di cermin dengan menggunakan dua cermin datar yang membentuk sudut satu sama lain. Berapa besar sudut yang harus dibentuk?

Penyelesaian contoh soal 6.1

Dik: $n = 5$

Dit: $q = \dots?$

$$n = \frac{360^\circ}{\theta} - 1$$

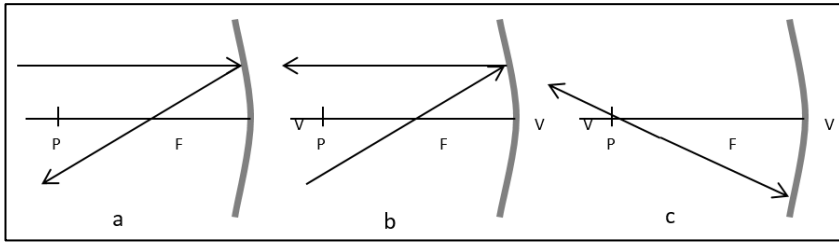
$$5 = \frac{360^\circ}{\theta} - 1$$

$$\theta = \frac{360^\circ}{6} = 60^\circ$$

b. Pemantulan Cahaya pada Cermin Cekung

Untuk menggambarkan bayangan pada cermin cekung diperlukan minimal dua sinar istimewa. Sinar-sinar istimewa pada cermin cekung:

- 1) sinar datang sejajar sumbu utama dipantulkan melalui titik fokus
- 2) sinar datang melalui titik fokus dipantulkan sejajar sumbu utama
- 3) berkas sinar melalui titik pusat kelengkungan cermin dipantulkan kembali melalui titik tersebut



Gambar 6.4 Sinar-sinar istimewa pada cermin cekung

Persamaan pembentukan bayangan pada cermin lengkung:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \quad (6.3)$$

Keterangan:

- s = jarak benda
- s' = jarak bayangan
- f = jarak fokus cermin
- R = jari-jari kelengkungan cermin

Perbesaran lateral adalah perbandingan antara tinggi bayangan dengan tinggi benda atau perbandingan jarak bayangan dengan jarak benda yang dirumuskan. Untuk mendapatkan nilai perbesaran pada cermin cekung diperoleh dengan persamaan:

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s} \quad (6.4)$$

Keterangan:

s = jarak benda

s' = jarak bayangan

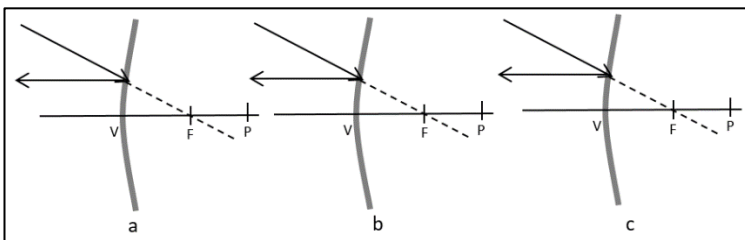
f = jarak fokus cermin

R = jari-jari kelengkungan cermin

c. Pemantulan Cahaya pada Cermin Cembung

Untuk menggambarkan bayangan pada cermin cembung diperlukan minimal dua sinar istimewa. Sinar-sinar istimewa pada cermin cembung.

- 1) sinar datang sejajar sumbu utama dipantulkan seolah-olah datang dari titik fokus
- 2) sinar datang melalui titik fokus dipantulkan sejajar sumbu utama
- 3) Sinar datang melalui titik pusat kelengkungan cermin dipantulkan melalui titik tersebut



Gambar 6.5 Sinar-sinar istimewa pada cermin cembung

Persamaan yang digunakan pada cermin cembung sama dengan persamaan yang digunakan pada cermin cekung.

Sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung

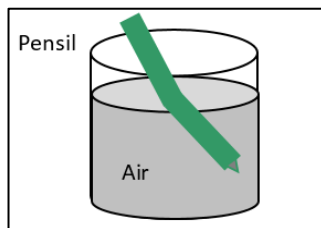
- 1) bayangan maya

- 2) diperkecil
- 3) terbalik

3. *Pembiasan Cahaya (Refraksi)*

Refraksi adalah peristiwa pembelokan arah rambat cahaya, yang terjadi ketika cahaya tersebut berpindah dari medium satu ke medium lainnya. Pembelokan cahaya ini terjadi karena perubahan kecepatan cahaya ketika memasuki medium yang berbeda. Setiap medium memiliki kerapatan yang berbeda.

Pembiasan arah rambat cahaya bergantung pada suatu aturan atau hukum yang disebut *hukum pembiasan*. Hukum pembiasan ditemukan oleh seorang ahli matematika asal Belanda yang bernama **Willebrord van Roijen Snell** sehingga hukum ini lebih dikenal dengan sebutan hukum Snellius.



Gambar 6.6 Pensil yang dilihat tegak di atas permukaan air tampak membengkok pada bagian pensil yang terbenam dalam air

Hukum Snellius berbunyi sebagai berikut.

- a. Sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar dan berpotongan di satu titik.
- b. Sinar yang datang dari medium kurang rapat menuju medium yang lebih rapat akan dibiaskan mendekati garis normal. Sebaliknya

sinar yang datang dari medium lebih rapat ke medium kurang rapat akan dibiaskan menjauhi garis normal.

- c. Perbandingan sinus sudut datang dengan sinus sudut bias selalu tetap yang disebut indeks bias relatif dirumuskan sebagaimana persamaan 6.5.

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} \quad (6.5)$$

Keterangan:

n_{21} = indeks bias medium 2 terhadap medium 1

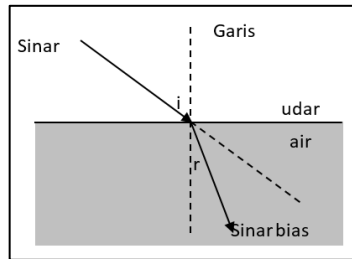
n_2 = indeks bias medium 2

n_1 = indeks bias medium 1

θ_i = sudut datang sinar

θ_r = sudut bias sinar

Hal-hal penting dalam pembiasan sehingga sering disebut hukum pembiasan: Bila sinar datang dari medium renggang ke medium rapat ($n_1 < n_2$) maka sinar dibiaskan mendekati garis normal ($i > r$).

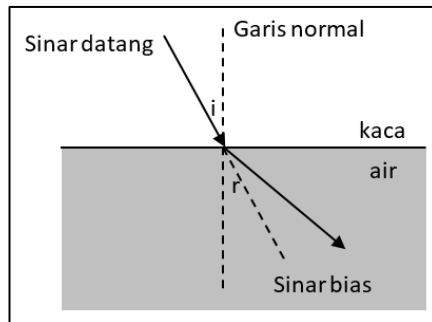


Gambar 6.7 Jalannya sinar pada proses pembiasan dari medium renggang ke rapat

Keterangan:

- i (initial/awal) = sudut yang dibentuk oleh sinar datang
- r (refraction/pembiasan) = sudut yang dibentuk oleh sinar bias.
- Garis normal = garis yang tegak lurus terhadap bidang batas
- Sinar datang = berkas sinar yang datang
- Sinar bias = berkas sinar yang dibelokkan dalam air

Bila sinar datang dari medium rapat ke medium renggang ($n_1 > n_2$) maka sinar dibiaskan menjauhi garis normal ($i > r$)



Gambar 6.8 Jalannya sinar pada proses pembiasan dari medium rapat ke renggang

Bila sinar datang tegak lurus bidang batas ($i = r = 0^\circ$) maka sinar diteruskan tidak dibiaskan.

Berdasarkan Hukum Snellius diperoleh persamaan:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad (6.6)$$

Keterangan:

v_1 = kelajuan cahaya pada medium 1

v_2 = kelajuan cahaya pada medium 2

λ_1 = panjang gelombang medium 1

λ_2 = panjang gelombang medium 2

Untuk medium udara, $n = 1$ dan $v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, maka:

$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$$

Kerapatan medium yang mempengaruhi cepat rambat cahaya, selanjutnya disebut dengan *indeks bias*. Indeks bias merupakan perbandingan antara cepat rambat cahaya di dalam vakum dan cepat rambat cahaya di dalam medium.

Nilai sudut bias, bergantung pada nilai sudut datangnya. Bila sudut datangnya semakin besar maka sudut biasnya juga semakin besar, tetapi pertambahannya tidak terjadi secara linier.

Contoh Soal 6.2

Seberkas cahaya datang dari udara ke suatu zat cair dengan sudut datang 45° dan sudut bias 30° . Apabila diketahui kelajuan cahaya di udara $3 \times 10^8 \text{ m/s}$, tentukan indeks bias zat cair!

Penyelesaian Contoh Soal 6.2

Dik: $\theta_i = 45^\circ$

$\theta_r = 30^\circ$

Dit: $n = \dots?$

Jawab:

Indeks bias zat cair:

$$\begin{aligned}n_{21} &= \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} \\n_{21} &= \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} \\&= \frac{0,7}{0,5} \\&= 1,4\end{aligned}$$

Jadi indeks bias zat cair tersebut = 1,4

4. Cahaya dapat diuraikan

Cahaya di alam ini banyak sekali jenisnya. Ada cahaya yang dapat dilihat dan ada cahaya yang tidak dapat dilihat. Cahaya yang tidak dapat dilihat misalnya cahaya sinar-X, sinar inframerah, sinar ultraviolet dan sinar yang dihasilkan oleh zat radioaktif. Mata manusia hanya mampu melihat cahaya tertentu. Cahaya yang dapat dilihat oleh manusia disebut *cahaya tampak*.

Cahaya tampak yang berwarna putih, sebenarnya terdiri atas sejumlah warna yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu (Me-Ji-Ku-Hi-Bi-Ni-U). Setiap warna memiliki panjang gelombang dan energi tertentu. Warna merah memiliki panjang gelombang terpanjang, tetapi energinya paling kecil. Sementara warna ungu memiliki panjang gelombang terpendek, tetapi energinya paling besar.

Cahaya bisa terurai menjadi penyusunnya melalui suatu peristiwa penguraian cahaya, contohnya pelangi. Peristiwa

penguraian cahaya ini disebut *dispersi cahaya*. Tiga warna yang berfungsi sebagai filter yaitu merah, kuning dan biru disebut *warna pokok*.

5. Cahaya dapat dInterferensi

Asas superposisi menentukan interferensi yang menyatakan bilamana dua gelombang atau lebih yang mempunyai sifat sama melewati suatu titik pada saat yang sama, amplitudo sesaat pada titik tersebut merupakan jumlah dari amplitudo sesaat masing-masing gelombang.

Mengapa interferensi cahaya sukar diamati? pertama panjang gelombang cahaya adalah sangat pendek, kira-kira hanya 1 % dari tebak rambut manusia. Kedua, setiap sumber cahaya alam memancarkan gelombang-gelombang cahaya hanya sebagai kelompok fase yang pendek, sehingga interferensi yang terjadi biasanya menjadi berimbang selama periode observasi tersingkat oleh mata atau film fotografis kecuali jika digunakan prosedur khusus.

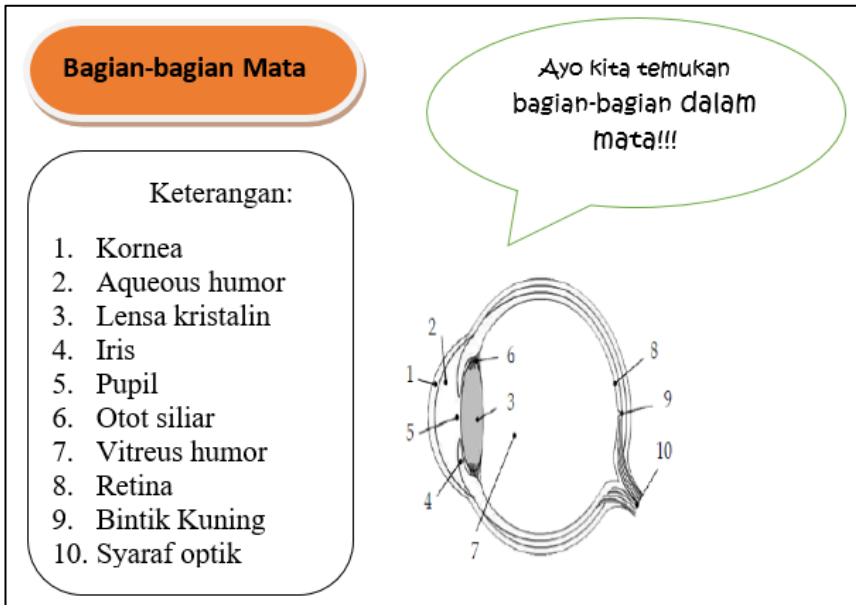
Jika dua sumber gelombang yang memancarkan gelombang-gelombang dengan hubungan fase tetap selama gelombang-gelombang itu diamati, maka dua sumber gelombang itu dikatakan koheren. Jika sumber-sumber tersebut mempunyai pergeseran fase relatif bolak-balik sementara observasi dilakukan, beda-beda fase itu menjadi berimbang, dan tidak ada pola interferensi. Sumber-sumber semacam itu dikatakan inkoheren. Oleh karena itu sumber cahaya monokromatik yaitu sumber cahaya yang memancarkan gelombang-gelombang yang hanya terdiri dari satu panjang gelombang.

C. MATA SEBAGAI ALAT OPTIK

Salah satu organ manusia maupun hewan yang sangat vital adalah mata. Tentunya setiap manusia yang normal memiliki alat optik terancang ini. Mata merupakan bagian dari pancaindra yang berfungsi untuk melihat. Mata membantu Anda menikmati keindahan alam, melihat teman-teman, mengamati benda-benda di sekeliling, dan masih banyak lagi yang dapat Anda nikmati melalui mata. Coba bayangkan bila manusia tidak mempunyai mata atau mata Anda buta, tentu dunia ini terlihat gelap gulita.

Dua bagian penting yang berperan dalam aksi pemfokusan mata, adalah kornea dan lensa kristalin yang mana antara keduanya terdapat cairan yang disebut Aqueous humor. Sedangkan cairan bening yang mengisi mata disebut Vitreus humor. Kornea adalah lapisan luar pelindung mata yang bersifat kuat dan tembus cahaya, selalu dibasahi air mata. Karena memiliki fungsi utama membiaskan (membelokkan) cahaya yang memasuki mata. Sedangkan lensa kristalin berfungsi mengatur pembiasan yang disebabkan cairan di depan lensa dan berperan penting mengatur letak bayangan agar tepat jatuh di bintik kuning yaitu lengkungan pada retina yang merupakan bagian yang paling peka pada retina. Retina merupakan lapisan pada dinding belakang bola mata tempat bayangan dibentuk untuk meneruskan rangsangan cahaya tersebut ke otak maka yang berperan adalah syaraf optik. Cahaya memasuki mata melalui suatu bukaan yang disebut dengan *pupil*. Pupil adalah lingkaran hitam di pusat

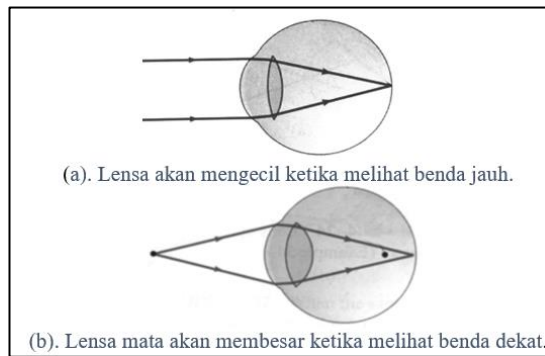
mata. Warnanya hitam karena tidak ada cahaya yang dipantulkan dari pupil. Daerah bewarna di sekitar pupil disebut dengan iris, yang berfungsi untuk mengatur banyaknya cahaya yang memasuki pupil.



Gambar 6.9 Bagian-bagian mata

Manusia dapat melihat suatu benda jika ada cahaya yang mengenai benda, kemudian benda tersebut dapat memantulkan cahaya ke arah mata. Pantulan cahaya tersebut masuk menembus kornea mata dan diteruskan melalui pupil. Banyak sedikitnya cahaya yang masuk tergantung pada daya akomodasi pupil. Cahaya tersebut oleh pupil diteruskan menembus lensa mata. Selanjutnya lensa mata mengatur kecembungannya agar bayangan benda tepat jatuh pada bintik kuning retina. Pada daerah bintik kuning, rangsang cahaya diterima oleh sel-sel penglihat dan diteruskan oleh urat saraf mata

menuju ke pusat penglihatan di otak. Akhirnya otak mengolah dan menerjemahkannya sehingga manusia dapat melihat.



Gambar 6.10 Lensa memiliki kemampuan daya akomodasi

Melebar dan mengerutnya mata kita akan mengakibatkan lensa mata menjadi menebal atau menipis. Kemampuan lensa mata untuk menipis atau menebal sesuai dengan jarak benda yang dilihat disebut daya akomodasi. Jika mata melihat benda yang makin dekat, maka daya akomodasinya makin besar. Sebaliknya jika melihat benda yang makin jauh, maka daya akomodasinya makin kecil (Gambar 6.10).

Daya akomodasi menyebabkan mata memiliki titik dekat (*punctum proximum*) dan titik jauh (*punctum remotum*). Titik dekat mata adalah titik terdekat yang dapat dilihat jelas oleh mata dengan berakomodasi maksimum. Titik jauh adalah titik terjauh yang dapat dilihat jelas oleh mata dengan tanpa berakomodasi.

D. CACAT MATA DAN KACA MATA

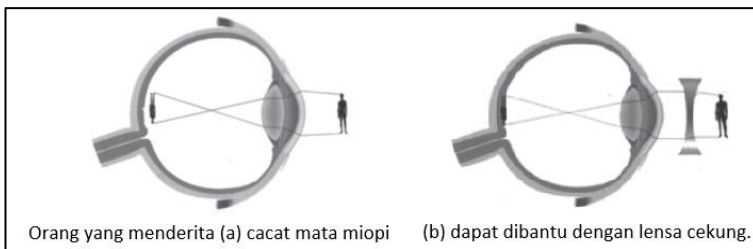
Bila matamu normal maka jarak yang tepat agar mata dapat membaca dengan rileks adalah 25 cm. Jarak baca sejauh 25 cm ini disebut dengan *jarak baca mata normal*. Jarak ini merupakan jarak

terdekat yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata normal tanpa rasa sakit. Jarak ini disebut dengan titik dekat mata (*punctum proximum*). Jarak terjauh yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata normal tanpa rasa sakit disebut sebagai titik jauh (*punctum remotum*).

Cacat mata bisa dibantu dengan menggunakan *kacamata*. Berikut ini adalah kelainan mata berdasarkan pergeseran titik dekat dan atau titik jauhnya.

1. Rabun Jauh (*Miopi*)

Miopi atau rabun jauh adalah salah satu jenis cacat mata yang penglihatannya tampak buram jika melihat benda-benda jauh. Hal ini disebabkan bola mata terlalu tebal. Kecilnya daya akomodasi menyebabkan berkas cahaya yang seharusnya tiba di retina berpotongan di depan retina. Dengan kata lain, bayangan berada jauh di depan retina.



Gambar 6.11 Penderita miopi dapat dibantu dengan menggunakan lensa cekung

Untuk menolong cacat mata miopi, Anda harus menggunakan lensa yang dapat menyebarkan sinar agar bayangan tepat di retina.

Lensa tersebut adalah lensa cekung atau lensa negatif yang bersifat divergen.

Penderita rabun jauh titik dekatnya lebih pendek daripada titik dekat mata normal ($S_n < 25 \text{ cm}$) dan titik jauhnya lebih pendek daripada titik jauh mata normal akibatnya penderita rabun jauh tidak dapat melihat benda-benda yang letaknya jauh sebab bayangan benda jatuh di depan retina.

Untuk menentukan ukuran atau kekuatan lensa yang dibutuhkan oleh penderita rabun jauh digunakan rumus sebagai berikut:

$$P = -\frac{1}{PR} \text{ dioptri} \quad (6.7)$$

Keterangan:

P = kekuatan lensa (dioptri)

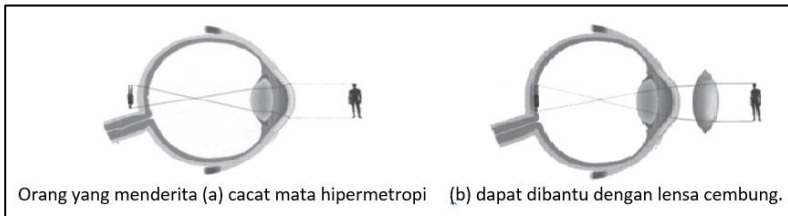
PR = titik jauh mata

2. Rabun Dekat (*Hipermetropi*)

Selain ada orang yang tidak dapat melihat dengan jelas benda-benda jauh, ada pula orang yang tidak dapat melihat dengan jelas benda-benda dekat (lebih besar dari 25 cm). Cacat mata seperti ini disebut hipermetropi atau rabun dekat.

Pada umumnya, rabun dekat disebabkan bola mata yang terlalu datar. Berkas sinar bias yang seharusnya berpotongan di retina akan berpotongan di belakang retina. Akibatnya, penglihatan menjadi buram. Cacat mata rabun dekat harus ditolong oleh lensa yang dapat mengumpulkan sinar sehingga sinar yang masuk dapat difokuskan di

retina. Lensa apakah itu? Lensa itu adalah lensa cembung atau lensa positif.



Gambar 6.12 Penderita hipermetropi dibantu dengan menggunakan lensa cembung

Penderita rabun dekat titik dekatnya lebih jauh daripada titik dekat mata normal ($S_n > 25 \text{ cm}$) dan titik jauhnya terletak pada jauh takhingga akibatnya penderita rabun dekat tidak dapat melihat benda-benda yang letaknya sangat dekat sebab bayangan benda yang terletak pada jarak baca (titik dekatnya) jauh di belakang retina.

Untuk menentukan ukuran atau kekuatan lensa yang dibutuhkan oleh penderita rabun dekat digunakan rumus sebagai berikut,

$$P = 4 - \frac{1}{PP} \text{ dioptri} \quad (6.8)$$

Atau dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan lensa berikut.

$$P = \frac{1}{f} \quad (6.9)$$

Keterangan:

P = kekuatan lensa (dioptri)

PP = titik dekat mata

f = fokus lensa

3. Mata Tua (*Presbiopi*)

Presbiopi merupakan cacat mata yang lebih banyak disebabkan oleh faktor usia. Orang yang usianya sudah lanjut, daya akomodasinya semakin lemah sehingga lensa mata sukar mencembung secembung-cembungnya dan sukar memipih sepipih-pipihnya. Cacat mata presbiopi adalah cacat mata yang tidak dapat melihat benda-benda jauh atau dekat dengan jelas. Akibatnya tidak mampu melihat benda yang dekat atau titik dekatnya lebih besar dari jarak baca normal (25 cm) dan juga tidak dapat melihat benda yang sangat jauh.

Untuk menolong orang yang menderita cacat mata presbiopi, harus digunakan kacamata rangkap. Lensa kacamata rangkap terdiri atas lensa cekung untuk melihat benda-benda jauh dan lensa cembung untuk melihat benda-benda dekat. Kelainan ini, dialami oleh hampir 100% orang-orang yang sudah berusia 50 tahun. Hilangnya kelenturan lensa mata ini menjadi penyebab utama penderita presbiopi ke atas.

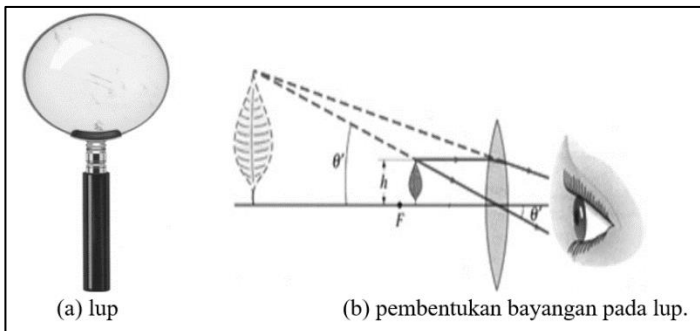
Namun walaupun mata dapat melihat sejauh-jauhnya, atau dapat melihat benda yang sangat jauh sekalipun, mata manusia tetap memerlukan alat bantu mata untuk dapat melihat benda tersebut, misalkan melihat benda angkasa luar dengan menggunakan teropong atau periskop, ataupun melihat benda di sekitar kita yang sangat kecil dengan Lup, maupun melihat benda-benda renik, misalnya bakteri

atau virus yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang menggunakan mikroskop.

E. LUP

1. Definisi, Fungsi dan Cara Kerja Lup

Lup (kaca pembesar) merupakan alat optik yang paling sederhana karena hanya terdiri atas satu lensa cembung dan cara penggunaannya pun sangat sederhana. Alat ini digunakan untuk membantu melihat benda-benda kecil. Lup biasanya digunakan oleh tukang reparasi arloji (jam) atau untuk melihat komponen-komponen jam tangan yang kecil. Atau untuk melihat nama-nama jalan di peta yang tercetak sangat kecil, melihat gambar di peranko, dan benda kecil lainnya. Di samping itu lup digunakan untuk membuat api. Karena lup bersifat mengumpulkan cahaya sehingga dapat digunakan untuk mengumpulkan cahaya Matahari. Lup diletakkan di bawah terik Matahari, dengan mengatur jarak lup terhadap benda yang akan dibakar sehingga cahaya Matahari mengumpul di satu titik. Energi kalor yang dikumpulkan oleh lup ini mampu membuat kertas terbakar. Bayangan yang terbentuk oleh alat optik ini selalu *diperbesar, tegak dan maya*.



Gambar 6.13 Lup dan proses pembentukan bayangan

Agar mendapatkan bayangan yang sebesar-besarnya, benda harus diletakkan di antara pusat lensa (O) dan titik fokus (F) atau benda selalu di ruang satu (I) sehingga bayangan selalu berada di ruang empat (IV) dengan sifat maya, sama tegak, dan diperbesar.

2. Perbesaran Bayangan yang Terbentuk oleh Lup

a. Mata tak berakomodasi

$$M = \frac{S_n}{f} \quad (6.10)$$

b. Mata berakomodasi maksimum

$$M = \frac{S_n}{f} + 1 \quad (6.11)$$

Keterangan:

S_n = titik dekat pengamat

f = jarak fokus lensa

Contoh soal 6.3.

Sebuah lup mempunyai jarak fokus 5 cm, digunakan untuk melihat benda kecil yang berjarak 5 cm dari lup. Perbesaran angular lup itu adalah....

Penyelesaian contoh soal 6.3.

Diketahui

$$S_n = 25 \text{ cm}$$

$S = f \rightarrow S' = \infty$ maka mata tidak berakomodasi

$$M = \frac{S_n}{f} = \frac{25}{5} = 5 \text{ kali}$$

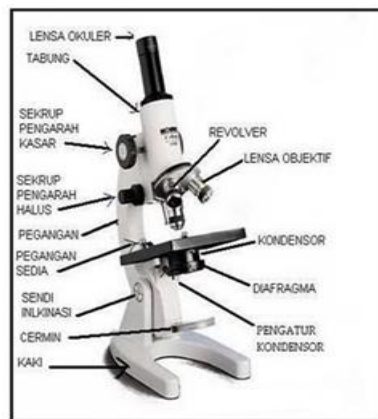
F. MIKROSKOP

Mikroskop dipercaya orang pertama kali ditemukan tahun 1595 oleh Zacharias Janssens dan ayahnya Hans Janssens, dengan susunan yang sangat primitif, hanya menggunakan dua lensa cembung. Pada tahun 1665, Robert Hooke memperbaiki kinerja mikroskop agar dapat digunakan untuk mengamati benda-benda yang lebih kecil. Antony Van Leuwenhooke, dengan mikroskop ciptaannya berhasil memperbesar objek yang dilihatnya hingga 70-250 kali dari ukuran sebenarnya. Beliau juga merupakan orang pertama yang melihat bentuk bakteri. Dengan demikian mikroskop adalah alat optik yang terdiri dari dua buah lensa cembung yang digunakan untuk mengamati benda-benda renik (sangat kecil) supaya terlihat lebih besar.

Pada mikroskop dipasang dua buah lensa cembung. Kedua lensa tersebut yaitu *lensa okuler* (merupakan lensa yang mengarah ke mata) dan *lensa objektif* (lensa yang mengarah ke objek atau benda). Pada mikroskop terdapat bagian penting lainnya yang juga menggunakan prinsip optik yaitu cermin. Cermin berfungsi untuk mengatur jumlah cahaya yang datang ke tempat benda. Pengaturan

fokus mikroskop dilakukan oleh dua sekrup putar. Sekrup yang lebih besar menggerakkan tabung lensa mundur maju dengan cepat, sedangkan sekrup putar yang lebih kecil menggerakkan tabung lensa mundur maju dengan perlahan. Benda yang akan dilihat disiapkan dalam sebuah kaca preparat tipis yang dijepit pada meja mikroskop tempat benda diletakkan. Hal penting yang perlu diperhatikan dalam menggunakan mikroskop adalah sebagai berikut.

- a. Benda harus terletak antara f_{ob} hingga $2 f_{ob}$.
- b. Bayangan lensa objektif merupakan benda bagi lensa okuler.



Gambar 6.14 Bagian-bagian mikroskop

Olehkarena itu, bayangan lensa objektif harus terletak di antara fokus okuler dan pusat optik okuler. Persamaan dalam mikroskop sama dengan persamaan pada lensa cembung, karena lensa objektif dan okuler merupakan lensa cembung. Sedang perbesaran mikroskop sama dengan perkalian dari perbesaran lensa objektif dan okuler.

$$M = M_{ob} \times M_{ok} \quad (6.12)$$

Secara matematis panjang mikroskop :

$$d = s'_{ob} \times s_{ok} \quad (6.13)$$

Keterangan:

d : panjang mikroskop (m atau cm)

s'_{ob} : jarak bayangan lensa objektif (m atau cm)

s'_{ok} : jarak bayangan lensa okuler (m atau cm)

f_{ob} : fokus lensa objektif

f_{ok} : fokus lensa okuler

M_{ob} : perbesaran lensa objektif = s'_{ob} / s_{ob}

M_{ok} : perbesaran lensa okuler (sama rumusnya dengan Lup)

G. TEROPONG

Teropong merupakan alat optik untuk melihat benda-benda jauh. Teropong berfungsi “mendekatkan” benda ke mata kita. Ada dua jenis teropong, yaitu teropong bias dan teropong pantul. Teropong bias menggunakan lensa, teropong pantul menggunakan cermin. Adapun teropong bias yang akan kita pelajari meliputi teropong bintang, dan teropong bumi.

1. Teropong Bintang

Cara kerja teropong bintang mirip dengan cara kerja mikroskop. Teropong ini terdiri atas dua buah lensa cembung yaitu lensa objektif

dan lensa okuler. Lensa objektif digunakan untuk menangkap cahaya dari benda-benda yang jauh. Karena jaraknya jauh benda dapat dianggap diletakkan di luar $2f$.



Gambar 6.15 Teropong bintang

Dengan demikian bayangan yang dibentuknya adalah nyata, terbalik, dan diperkecil. Bayangan dari lensa objektif ini menjadi benda bagi lensa okuler. Oleh lensa okuler, bayangan ini dibiarkan lagi sehingga membentuk bayangan yang maya, tegak, dan diperbesar dan dapat dilihat dengan mata. Dengan demikian benda-benda langit yang jaraknya jauh akan tampak dekat dan jelas jika dilihat menggunakan teropong bintang. Bayangan yang dihasilkan teropong bintang adalah terbalik.

2. Teropong Bumi

Teropong bumi digunakan untuk melihat benda-benda di permukaan bumi. Teropong bumi terdiri atas tiga lensa cembung yang masing-masing berperan sebagai lensa objektif, lensa pembalik, lensa okuler. Lensa pembalik berfungsi membalik bayangan dari lensa objektif agar teramati seperti keadaan aslinya oleh lensa okuler (tidak terbalik).

H. KAMERA

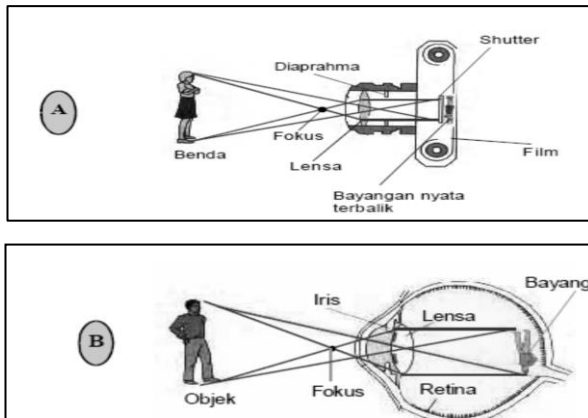
1. Definisi dan Cara Kerja Kamera

Dengan adanya kamera Anda dapat mengabadikan kejadian-kejadian penting dan bersejarah. Kamera terdiri atas tiga bagian utama, yaitu lensa, diafragma, dan film. Cara kerja kamera adalah sebagai berikut. Benda yang akan diambil gambarnya diletakkan di depan kamera. Cahaya yang berasal dari objek tersebut akan diterima oleh lensa cembung dan akan dibiaskan sehingga membentuk bayangan nyata di film. Kedudukan lensa terhadap film dapat diubah-ubah. Hal ini dimaksudkan agar bayangan yang terbentuk jatuh tepat di atas film.



Gambar 6.16 Bagian-bagian kamera

Pada film, terdapat zat kimia yang peka terhadap cahaya. Cahaya gelap dan cahaya terang masing-masing akan meninggalkan jejak yang berbeda pada kamera. Dari film, gambar tersebut dapat dicuci dan dicetak. Jika diperhatikan, prinsip kerja antara kamera dan mata kita adalah sama. Mata kita menangkap bayangannya di retina yang akan diolah oleh otak melalui saraf, sedangkan pada kamera, bayangan yang ditangkap lensa dibentuk pada film.



Gambar 6.17 Pembentukan bayangan pada kamera dan mata manusia

Telah Anda ketahui bahwa bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung bersifat nyata dan terbalik. Bayangan yang dibentuk pada film kamera bersifat nyata, terbalik, dan diperkecil seperti ditunjukkan pada Gambar 6.17

2. *Bagian-bagian kamera*

Kamera terdiri dari lensa positif, celah diafragma (aperture), dan film. Prinsip kerja komponen kamera hampir sama dengan mata manusia yaitu sebagai berikut

a. Lensa mata dengan lensa positif kamera

Agar cahaya atau bayangan yang diterima lensa mata dapat jatuh tepat di retina, lensa mata akan mengubah kecembungannya. Sedangkan pengaturan lensa positif dilakukan dengan menggerakkan susunan lensa positif mendekati atau menjauhi film.

b. Retina dengan film

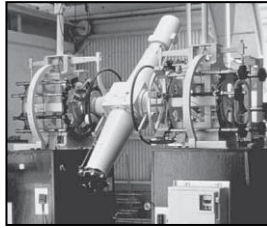
Cahaya atau bayangan yang diterima lensa mata diteruskan ke retina menjadi bayangan nyata, terbalik dan diperkecil. Sedangkan pada kamera cahaya atau bayangan benda diterima dan sifat bayangannya sama dengan mata.

c. Pupil dengan diafragma

Pada tempat yang terlalu terang otot-otot iris akan mengerut sehingga mengecil. Akibatnya, cahaya yang masuk ke mata tidak terlalu banyak. Pada kamera pengaturan jumlah cahaya masuk dilakukan oleh diafragma dengan cara mengubah ukuran celah diafragma.

I. PERISKOP

Periskop adalah alat bantu optik yang berfungsi untuk mengamati benda dalam jarak jauh atau berada dalam sudut tertentu. Periskop memiliki bentuk sederhana, yaitu berupa tabung yang dilengkapi dengan cermin atau prisma pada ujung ujungnya. Prisma ini akan memantulkan cahaya yang datar sejajar padanya, kemudian diatur sedemikian rupa sehingga membentuk sudut 45° terhadap sumbu tabung. Ketika Anda melihat dari ujung bawah, cahaya sejajar masuk lewat ujung atas mengenai cermin, oleh cermin akan dipantulkan membentuk sudut 45° ke cermin bawah yang juga membentuk 45° . Sinar-sinar pantul sejajar tadi akan dipantulkan kembali ke mata yang melihat dari ujung bawah sehingga Anda dapat melihat benda-benda yang berada di ujung atas.



Gambar 6.18 Periskop

RINGKASAN BAB VI

1. Cahaya merupakan salah satu bentuk energi. Sumber cahaya memancarkan energi cahaya secara radiasi sehingga energi ini disebut energi radiasi. Sementara optik adalah cabang fisika yang menggambarkan perilaku dan sifat cahaya dan interaksi cahaya dengan materi.
2. Cahaya memiliki berbagai sifat diantaranya dapat merambat pada ruang hampa, dapat dipantulkan, dapat dibiaskan, dapat diuraikan, dan mengalami interferensi.
3. Salah satu organ manusia maupun hewan yang sangat vital adalah mata yang terdiri atas kornea, aqueous humor, lensa, iris, pupil, otot siliar, retina, bitnik kuning dan syaraf optik.
4. Cacat mata terdiri atas rabun jauh (miopi), rabun dekat (hipermetropi), rabun tua (presbiopi), rabun senja dan astigmatisma.
5. Beberapa alat optic yang dapat membantu aktivitas manusia dalam berbagai bidang yaitu lup, kacamata, kamera, teleskop, periskop dan lup.

LATIHAN BAB VI

1. Jelaskan perbedaan cahaya dengan optik!
2. Sebut dan jelaskan sifat-sifat cahaya!
3. Gambarkan bagian-bagian mata dan tuliskan fungsinya masing-masing!
4. Berapakah nilai perbesaran pada lup saat mata berakomodasi maksimum untuk mata normal jika jarak fokus lensa adalah 10 cm?
5. Sebuah mikroskop mempunyai lensa objektif dengan fokus 5 cm dan lensaokuler dengan fokus 8 cm. jika benda terletak pada jarak 8 cm dari lensa objektif dan panjang mikroskop 18 cm, maka perbesaran bayangan mikroskop ialah sebesar....

RUJUKAN DAN BAHAN BACA YANG DIANJURKAN

Giancoli, D. C. (2005). *Physics Principles and Applications Sixth Edition*. Pearson Education Increase: United States

Serway, R. A. & Jewett, J. W. (2004). *Physic for Scientists and Engineers, Six Edition*. California: Thomson Brook/Cole

Stocky, C. dkk. (2000). *Kamus Fisika Bergambar*, terjemahan Abdul Djamil Husin. Erlangga: Jakarta.

BAB VII

LISTRIK STATIS DAN DINAMIS

KEMAMPUAN AKHIR (KA)

7) Melalui perkuliahan tatap muka dan penugasan, Mahasiswa dapat mendeskripsikan muatan listrik untuk memahami gejala-gejala listrik serta kaitannya dalam kehidupan sehari-hari.

INDIKATOR

- 7.1) Melakukan percobaan sederhana untuk menunjukkan sifat benda yang bermuatan listrik
- 7.2) Menjelaskan secara kualitatif hubungan antara gaya listrik dengan besarnya muatan listrik masing-masing benda bermuatan dan jarak antara dua benda bermuatan
- 7.3) Menjelaskan definisi arus dan tegangan listrik
- 7.4) Menentukan hubungan arus listrik dan tegangan listrik menggunakan Hukum Ohm
- 7.5) Menghitung arus listrik dalam rangkaian dengan menggunakan hukum Kirchoff.
- 7.6) Menentukan nilai resistor pengganti pada suatu rangkaian.

A. MUATAN LISTRIK

Istilah muatan listrik pertama kali diperkenalkan oleh fisikawan Benjamin Franklin (1706-1790) dengan menggunakan botol Leyden. Ia menerbangkan layang-layang ketika banyak terjadi kilat. Melalui

tali layang-layang yang dilapisi logam ia berhasil mengalihkan muatan listrik ke dalam botol tersebut.

Muatan listrik suatu benda terjadi karena susunan partikel benda yang terdiri dari molekul-molekul dan atom, yang di dalamnya terdapat proton dan elektron dalam jumlah tertentu. Sesuai dengan teori Thomson, Rutherford dan Bohr, atom terdiri dari muatan positif dan negatif. Muatan positif dinamakan proton dalam inti, dan muatan negatif dinamakan elektron yang bergerak mengelilingi inti. Berdasarkan temuan percobaan Milikan diperoleh muatan terkecil sebesar $e = 1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb. Jika proton dan elektron jumlahnya sama, maka benda dikatakan bermuatan netral. Sebaliknya benda bermuatan negatif bila jumlah elektron lebih besar dibandingkan proton. Benda bermuatan positif bila jumlah proton lebih besar dibandingkan elektron. Proses seperti ini terjadi ketika atom membentuk ion dengan cara melepas atau menangkap elektron.

1. Terjadinya Muatan Listrik Statis pada Benda

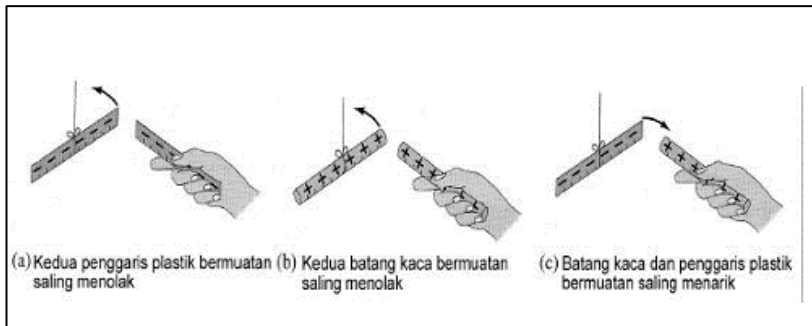
Kata listrik berasal dari bahasa Yunani elektron yang berarti amber, merupakan damar yang membatu. Jika kita menggosok batang amber dengan sepotong kain, maka amber akan menarik potongan daun kecil-kecil atau debu. Batang kaca atau penggaris plastik jika digosok dengan sepotong kain akan menunjukkan efek amber atau listrik statis. Efek ini juga dapat terjadi ketika kita menyisir rambut atau ketika menyeterika baju nilon, menyebabkan suatu benda bermuatan listrik karena proses gosokan dan dikatakan benda memiliki muatan listrik. Muatan listrik pada benda dipengaruhi oleh

atom penyusunnya yang membentuk ion. Proses ionisasi terjadi karena beberapa hal seperti karena induksi, pengaruh energi luar baik melalui gesekan, pemanasan, dan sebagainya.

2. Jenis Muatan Listrik

Dengan menggunakan elektroskop kita dapat mengenali muatan listrik dengan cara berikut.

- Dalam keadaan netral daun elektroskop akan menutup atau terkulai ke bawah.
- Kita dapat memilih 4 jenis batang, yaitu batang plastik yang telah digosok dengan kain wool, batang kaca yang telah digosok kain sutera, dan 2 batang logam lagi yang telah diberi muatan berbeda, positif, dan negatif.
- Ketika kedua penggaris plastik yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menjauhi satu sama lain seperti pada gambar 7.1a.
- Ketika kedua penggaris plastik yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menolak satu sama lain seperti pada gambar 7.1a.
- Ketika kedua batang kaca yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menolak satu sama lain seperti pada gambar 7.1b.
- Ketika penggaris plastik yang telah dimuati didekatkan dengan batang kaca yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menarik satu sama lain seperti pada gambar 7.1c.



Gambar 7.1 Muatan Sejenis dan Tak Sejenis

Muatan yang tidak sejenis tarik menarik, sedangkan muatan yang sejenis saling tolak menolak (Giancoli, 2005)

Karena itu, muatan pada batang kaca harus berbeda dengan muatan pada penggaris plastik. Setiap benda bermuatan yang ditarik oleh penggaris plastik, akan ditolak oleh batang kaca, atau setiap benda yang ditolak oleh penggaris plastik, akan ditarik oleh batang kaca. Jadi, terdapat dua jenis muatan listrik, yaitu muatan yang ditolak batang kaca bermuatan, dan muatan yang ditarik batang kaca bermuatan. Dua jenis muatan listrik tersebut dinyatakan oleh seorang saintis dan filsuf Amerika, yang bernama Benjamin Franklin (1706-1790) sebagai muatan positif dan muatan negatif. Franklin memilih muatan pada batang kaca yang digosok adalah muatan positif, sedangkan muatan pada penggaris plastik yang digosok (atau amber) adalah muatan negatif. Sampai sekarang kita masih mengikuti perjanjian ini.

3. Hukum Kekekalan Muatan Listrik

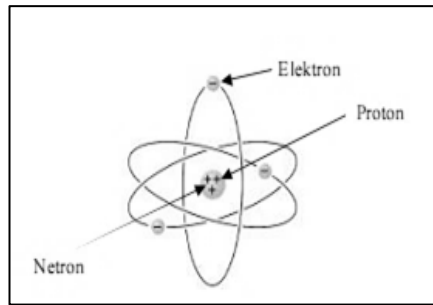
Menurut Franklin, jumlah muatan yang dihasilkan oleh suatu benda melalui suatu proses penggosokan adalah sama dengan jumlah

muatan positif dan negatif yang dihasilkan. Jumlah bersih muatan yang dihasilkan oleh suatu benda selama proses penggosokan adalah nol. Contoh, ketika penggaris plastik digosok dengan kain wol, plastik memperoleh muatan negatif dan kain wol memperoleh muatan positif dengan jumlah yang sama. Muatan-muatan tersebut dipisahkan, namun jumlah kedua jenis muatan adalah sama. Ini adalah contoh dari suatu hukum yang berlaku sampai sekarang, yang dikenal dengan nama hukum kekekalan muatan listrik yang berbunyi: Jumlah bersih muatan listrik yang dihasilkan pada dua benda yang berbeda (penggaris plastik dan kain wol) dalam suatu proses penggosokan adalah nol.

Jika suatu benda atau suatu daerah ruang memperoleh muatan positif, maka akan dihasilkan sejumlah muatan negatif dengan jumlah yang sama pada daerah atau benda di sekitarnya.

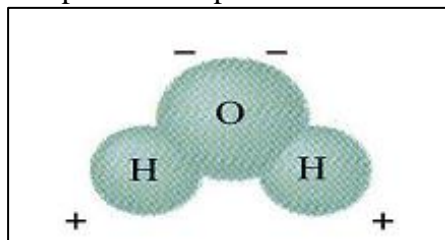
4. Muatan Listrik dalam Suatu Atom

Gambar 7.2 memperlihatkan model atom sederhana, terdiri dari muatan positif di dalam inti, dikelilingi satu atau lebih elektron. Inti berisi proton-proton bermuatan positif, dan neutron yang tidak bermuatan listrik. Besarnya muatan proton dan elektron adalah sama, tetapi tandanya berlawanan. Karena itu atom-atom netral berisi proton-proton dan elektron-elektron dengan jumlah yang sama. Meskipun demikian, suatu atom kadang-kadang akan kehilangan satu atau lebih elektron, atau akan memperoleh elektron-elektron ekstra. Pada kasus ini, atom akan bermuatan positif atau negatif, dan disebut ion.



Gambar 7.2 Model Atom Sederhana (Giancoli, 2003)

Umumnya, ketika benda diberi muatan melalui gosokan, benda-benda akan mempertahankan muatannya hanya sebentar, kemudian kembali ke keadaan netral. Hal ini karena dinetralkan oleh ion-ion bermuatan di udara (misalnya, oleh tumbukan dengan partikel-partikel bermuatan, yang kita kenal sebagai sinar kosmik dari ruang angkasa yang mencapai bumi). Atau adanya pelepasan muatan benda ke inti air di udara, karena molekul-molekul air adalah polar, meskipun molekul-molekul air tersebut adalah netral. Hal ini karena muatan dalam molekul-molekul air tidak terdistribusikan secara seragam sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 7.3.



Gambar 7.3 Sebuah molekul air yang polar karena muatannya tidak terdistribusi seragam (mempunyai muatan berlawanan pada ujung yang berbeda) (Giancoli, 2003)

Jadi elektron-elektron ekstra pada penggaris plastik, dapat lepas ke udara karena ditarik menuju molekul-molekul positif air. Di sisi lain, benda-benda yang dimuati secara positif, dapat dinetralkan oleh hilangnya (berpindahnya) elektron-elektron air dari molekul-molekul udara ke benda-benda bermuatan positif tersebut. Pada udara kering, listrik statis lebih mudah diperoleh karena udara berisi lebih sedikit molekul-molekul yang dapat berpindah. Pada udara lembab, adalah sulit untuk membuat benda bermuatan tahan lama.

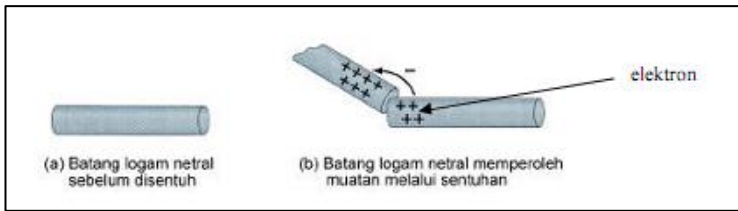
5. Isolator dan Konduktor Listrik

Jika kita memiliki dua jenis batang logam, salah satu bermuatan listrik sangat tinggi, sedangkan yang lainnya bermuatan listrik netral. Bila kita menyentuhkan ujung besi pada kedua batang logam tersebut, batang besi yang semula tidak bermuatan listrik tiba-tiba menjadi bermuatan listrik. Sebaliknya bila kedua batang besi kita sentuhkan bersamaan dengan batang kayu atau lembaran plastik, batang besi yang semula tidak bermuatan listrik tetap tidak bermuatan. Bahan-bahan yang bersifat seperti batang besi disebut konduktor (penghantar) listrik, sementara bahan seperti kayu dan plastik disebut isolator. Logam pada umumnya termasuk konduktor listrik yang baik, sementara hampir semua bahan alam termasuk isolator listrik (meskipun bahan isolator dapat menghantarkan listrik kecil sekali). Bahan-bahan seperti silikon, germanium, dan karbon mampu menghantarkan listrik sedang, disebut semikonduktor.

Berdasarkan gambaran atom-atom di dalamnya, elektron-elektron dalam bahan isolator listrik terikat sangat kuat pada inti atom. Sedangkan dalam bahan konduktor listrik yang baik elektron terikat lemah pada inti atom sehingga dapat bergerak bebas di dalam bahan (meskipun mereka tidak dapat meninggalkan logam secara mudah). Bila bahan bermuatan positif bersentuhan dengan bahan konduktor listrik, maka elektron-elektron bebas akan ditarik oleh muatan positif tersebut dan bergerak cepat menuju muatan positif tersebut. Di lain pihak, elektron bebasnya bergerak lambat meninggalkan (menjauhi) muatan negatifnya. Dalam bahan semikonduktor terdapat elektron-elektron bebas sangat sedikit, sementara dalam bahan isolator sama sekali tidak ada elektron bebas.

6. Cara Memperoleh Muatan Listrik

Bila sebuah benda logam bermuatan positif disentuhkan kepada benda logam lain yang tidak bermuatan (netral), maka elektron-elektron bebas dalam logam yang netral akan ditarik menuju logam yang bermuatan positif tersebut sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 7.4. Karena sekarang logam kedua tersebut kehilangan beberapa elektronnya, maka logam ini akan bermuatan positif. Proses demikian disebut memperoleh muatan dengan cara konduksi atau dengan cara kontak, dan akhirnya kedua benda tersebut memiliki muatan dengan tanda yang sama.



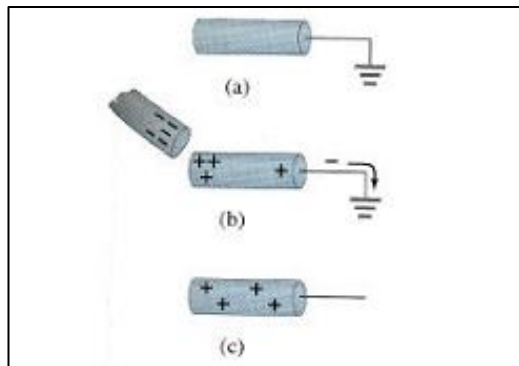
Gambar 7.4 Muatan Listrik pada Logam (Giancoli, 2003)

Bila benda yang bermuatan positif didekatkan kepada batang logam yang netral, tetapi tidak bersentuhan, maka elektron-elektron batang logam tidak meninggalkan batang, namun elektron-elektron tersebut bergerak dalam logam menuju benda yang bermuatan, dan meninggalkan muatan positif pada ujung yang berlawanan, seperti diperlihatkan pada Gambar 7.5. Muatan tersebut dikatakan telah diinduksikan pada kedua ujung batang logam. Proses demikian disebut memberikan muatan listrik dengan cara induksi. Tentu saja tidak ada muatan yang dihasilkan dalam batang, namun muatan hanya dipisahkan. Jumlah muatan pada batang logam masih sama dengan nol. Meskipun demikian, jika dipotong menjadi dua bagian, kita akan memiliki dua benda yang bermuatan, satu bermuatan positif dan yang lain bermuatan negatif.



Gambar 7.5 Memberikan Muatan Listrik dengan Jalan Induksi

Cara lain untuk menginduksi muatan pada benda logam adalah dengan menghubungkan logam tersebut menuju *ground* melalui kawat konduktor sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.6a. Selanjutnya benda dikatakan "digroundkan" atau "dibumikan". Karena bumi sangat besar dan dapat menyalurkan elektron, maka bumi dengan mudah dapat menerima atau memberi elektron-elektron. Karena itu dapat bertindak sebagai penampung (*reservoir*) untuk muatan listrik. Jika suatu benda bermuatan negatif didekatkan ke sebuah logam, maka elektron-elektron bebas dalam logam akan menolak dan beberapa elektron akan bergerak menuju bumi melalui kabel seperti terlihat pada Gambar 7.6b.

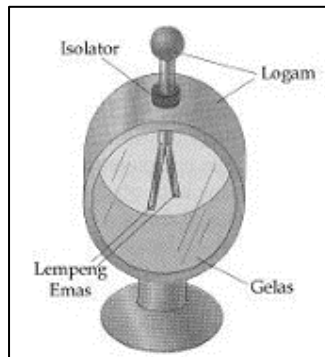


**Gambar 7.6 Induksi Muatan pada Suatu Benda yang
Dihubungkan ke Bumi (Giancoli, 2003)**

Ini menyebabkan logam bermuatan positif. Jika sekarang kabel dipotong, maka logam akan memiliki muatan induksi positif seperti pada Gambar 7.6c.

7. Cara Mendeteksi Muatan Listrik

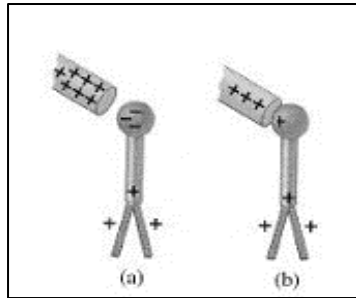
Elektroskop atau elektrometer sederhana adalah suatu piranti yang dapat digunakan untuk mendeteksi muatan. Sebagaimana diperlihatkan Gambar 7.7, di dalam sebuah peti kaca terdapat dua buah daun elektroskop yang dapat bergerak (kadang-kadang yang dapat bergerak hanya satu daun saja), biasanya dibuat dari emas. Daun-daun elektroskop ini dihubungkan ke sebuah bola logam yang berada di luar peti kaca melalui suatu konduktor yang terisolasi dari peti.



Gambar 7.7 Alat Elektroskop (Giancoli,2003)

Apabila benda yang bermuatan positif didekatkan ke bola logam, maka terjadi pemisahan muatan melalui induksi. Elektron-elektron ditarik naik menuju bola, sehingga kedua daun elektroskop bermuatan positif dan saling tolak-menolak seperti pada Gambar 7.8a.

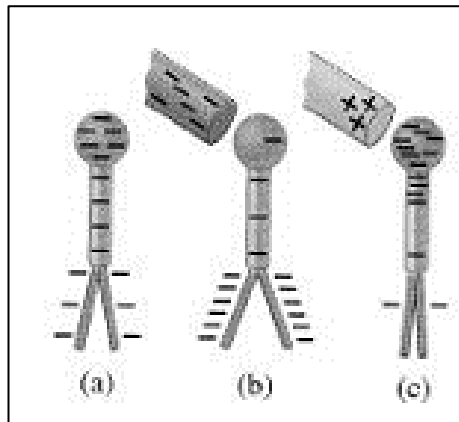
Proses demikian disebut memberi muatan listrik dengan cara induksi. Sedangkan, jika bola diberi muatan listrik dengan cara konduksi, maka bola logam konduktor, dan kedua daun elektroskop memperoleh muatan positif, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7.8b.



Gambar 7.8 Muatan Listrik Induksi dan Deduksi Elektroskop diberi muatan listrik (a) dengan cara induksi, (b) dengan cara konduksi (Giancoli, 2003)

Pada umumnya, makin besar muatan, makin lebar pemisahan daun-daun elektroskop. Namun dengan cara ini, kita tidak dapat menentukan tanda muatan karena dalam setiap kasus, kedua daun elektroskop saling menolak satu sama lainnya. Meskipun demikian, suatu elektroskop dapat digunakan untuk menentukan “tanda muatan” jika pertama-tama pemisahan muatan dilakukan dengan cara konduksi, misalnya secara negatif, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.9a. Sekarang, jika benda bermuatan negatif didekatkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.9b, maka lebih banyak elektron dInduksi untuk bergerak ke bawah menuju daun-daun elektroskop sehingga kedua daun ini terpisah lebih lebar. Di sisi lain, jika muatan positif didekatkan, elektron-elektron akan dInduksi untuk bergerak ke atas, sehingga menjadi lebih negatif dan jarak pisah kedua

daun ini menjadi berkurang (menjadi lebih sempit), seperti pada Gambar 7.9.



Gambar 7.9 Elektroskop

Elektroskop pertama-tama diberi muatan listrik dapat digunakan untuk menentukan tanda suatu muatan yang diberikan (Giancoli, 2003)

B. GAYA COULUMB DAN MEDAN LISTRIK

Muatan listrik sejenis akan saling tolak menolak, sedangkan muatan tidak sejenis akan saling tarik menarik. Gaya tarik atau gaya tolak antarmuatan listrik dinamakan gaya elektrostatika. Hubungan antara gaya elektrostatika benda bermuatan listrik dengan jaraknya pertama kali diselidiki oleh fisikawan Perancis Charles Coulomb.

1. Gaya Coulumb

Coulomb menggunakan neraca puntiran dalam percobaannya, menghasilkan fenomena : pada setiap jarak dan muatan berbeda menghasilkan simpulan berikut ini.

- a. Gaya elektrostatik sebanding dengan muatan msing-masing
- b. Gaya elektrostatik berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya

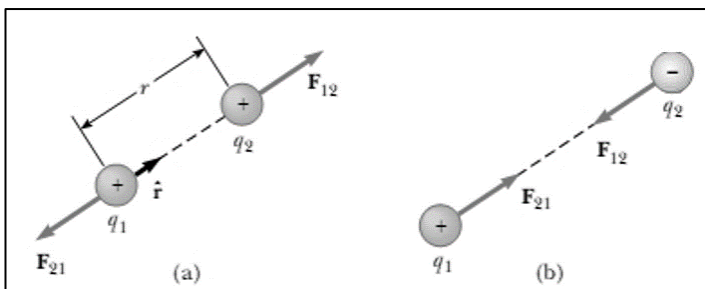
Secara matematis hukum Coulomb dituliskan dengan persamaan:

$$F_{AB} = \frac{kQ_A x Q_B}{r^2} \quad (7.1)$$

QA dan QB adalah muatan masing-masing benda ; r = jarak antara kedua muatan; k = konstanta. Dalam satuan Internasional SI harga k = $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ untuk medium udara. Nilai k tergantung pada mediumnya yakni:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon} \quad (7.2) \quad \text{dan} \quad \epsilon = K \cdot \epsilon_o \quad (7.3)$$

K adalah konstanta dielektrik; $\epsilon_o =$ permitivitas udara = $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ Karena gaya adalah suatu besaran vektor, maka medan listrik juga merupakan besaran vektor yang mempunyai besar dan arah seperti pada Gambar 7.10.



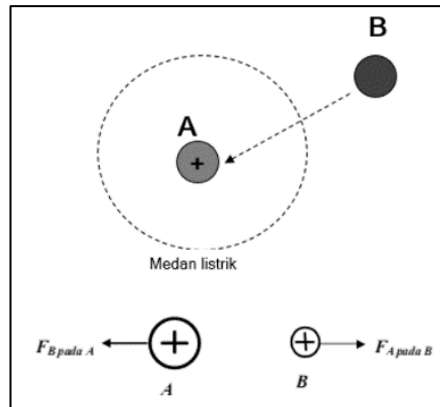
Gambar 7.10 Gaya Tolak-Menolak dan Tarik-Menarik
Dua buah muatan yang terpisah pada jarak r akan memberikan gaya sesuai dengan Hukum Coulomb : (a) muatan sama, menimbulkan gaya tolak-menolak, (b) muatan berlawanan, menimbulkan gaya tarik-menarik

2. Medan Listrik

Medan listrik adalah ruang di sekitar muatan listrik, di mana gaya elektrostatis masih berpengaruh seperti terlihat pada Gambar 7.11. Jika ada muatan mengalami tarikan/tolakan elektrostatis, maka ia berada dalam medan listrik. Jika tidak mengalami tarikan, maka ia berada pada ruang t atau V/m. Kuat medan listrik didefinisikan sebagai besar gaya elektrostatis persatuan muatan di titik itu dan diberi lambang E maka:

$$E = \frac{F}{q} \quad (7.4)$$

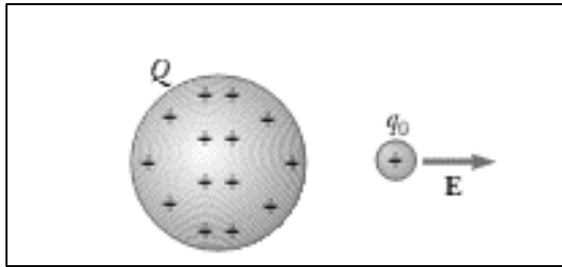
$$E = k \frac{Q \cdot q}{r^2} \times \frac{1}{q} = k \frac{Q}{r^2} \quad (7.5)$$



Gambar 7.11 Daerah Medan Listrik

Titik B berada di dalam daerah medan listrik yang disebabkan oleh benda bermuatan A (Sarway, 2004)

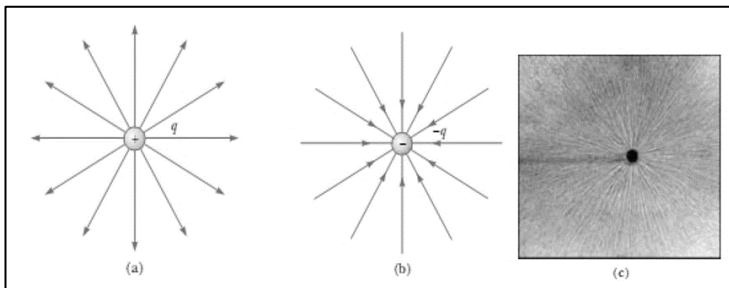
Arah medan listrik menjauhi muatan positif dan menuju muatan negatif seperti terlihat pada Gambar 7.12.



Gambar 7.12 Muatan dan Medan Listrik

Muatan listrik q_0 diletakkan di dekat bahan bermuatan positif arah medan listrik E menjahui muatan listrik positif (Sarway,2004)

Kuat medan listrik adalah besaran vektor. Bila terdapat banyak muatan, maka digunakan resultan vektor.



Gambar 7.13 Garis Medan Listrik

Garis medan listrik untuk : (a) muatan positif, arahnya menjahui muatan dan (b) muatan negatif, arahnya mendekati muatan listrik ; (c) daerah gelap merupakan medan listrik yang dihasilkan oleh muatan suatu konduktor (Sarway, 2004)

Arah garis medan listrik sering dinamakan sebagai garis gaya medan listrik. Menurut Gauss, banyaknya garis gaya medan listrik

sebanding muatannya. Anda dapat melihat tampilan hubungan jenis muatan, besar muatan serta medan listrik yang ditimbulkan. Medan listrik di sekitar keping sejajar konduktor merata di permukaan bola.

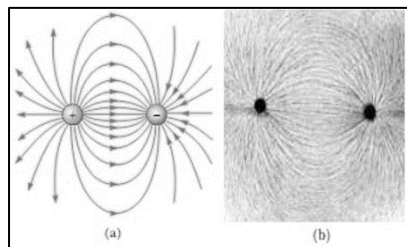
- Di dalam keping medan listrik bersifat homogen, besarnya sama
- Di luar keping medan listrik adalah nol, karena tidak ada garis gaya

Oleh karena muatan listrik pada bola berongga cenderung tersebar merata di permukaan bola secara teratur, maka

- kuat medan listrik di dalam bola adalah nol karena tidak ada garis gaya medan listrik,
- kuat medan listrik di permukaan adalah sebagai berikut.

$$E = k \frac{Q}{r^2} \quad (7.6)$$

Besar kecilnya muatan listrik menentukan banyak sedikitnya gaya-gaya karena menurut Gauss jumlah garis gaya atau fluks listrik berbanding lurus dengan muatannya seperti terlihat pada Gambar 7.14 dan 7.15.

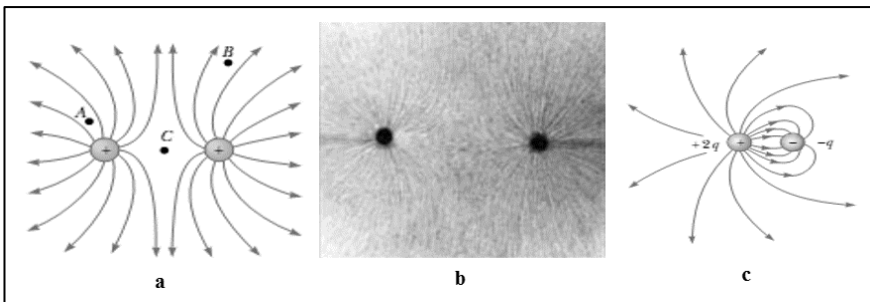


Gambar 7.14 Garis Medan Listrik dan Muatan Listrik

Garis medan listrik dua titik muatan yang besarnya sama dan berlawanan tandanya. Jumlah garis yang meninggalkan muatan

positif sama dengan jumlah garis yang menuju muatan negatif (Sarway, 2004).

Garis medan listrik dua titik muatan yang besarnya sama dan sama tandanya. (positif) (Gambar 7.15a). Jumlah garis yang meninggalkan muatan positif sama (Gambar 7.15b) dan Garis medan listrik dua titik muatan yang besarnya tidak sama dan berlawanan tandanya(, dua garis meninggalkan muatan $+2q$ untuk setiap satu terminal muatan $-1q$ (Gambar 7.15.c) (Sarway, 2004)



Gambar 7.15 Garis Meda Listrik dan Titik Muatan Listrik

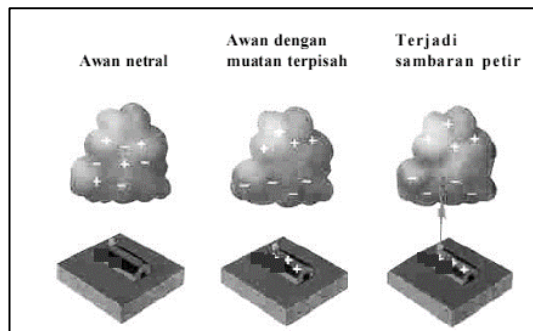
3. Pengosongan Muatan Listrik

Loncatan muatan listrik terjadi pada saat muatan listrik bergerak secara bersama-sama. Kejadian ini disebut pengosongan listrik statis. Pengosongan itu ditunjukkan oleh sambaran petir pada Gambar 7.16.



Gambar 7.16 Petir adalah contoh loncatan muatan listrik statis yang besar

Muatan listrik dapat hilang dengan pengosongan. Pengosongan terjadi apabila tersedia suatu jalan bagi elektron-elektron untuk mengalir dari suatu benda bermuatan ke benda lain. Perpindahan muatan listrik statis dari satu benda ke benda lain disebut penetralan atau pengosongan muatan statis. Pengosongan itu lazim juga disebut pentanahan, karena muatan itu sering dikosongkan dengan cara menyalurkan ke tanah. Pengosongan muatan statis di udara dapat terjadi sangat besar sehingga menimbulkan suara dahsyat yang kita sebut guntur. Proses terjadinya petir dapat dijelaskan pada Gambar 7.17a, 7.17b, dan 7.17c. Bacalah keterangan ketiga gambar tersebut!

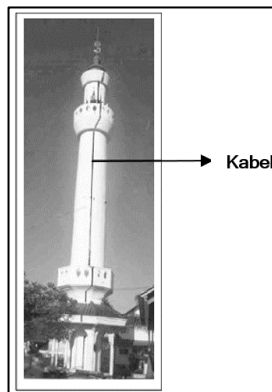


Gambar 7.17 Proses Terjadinya Petir

Sebelum terjadi petir, muatan listrik terbentuk di awan ketika butiran-butiran air saling menggosok satu sama lainnya (Gambar 7.17.a). Kemudian terjadi pemisahan muatan di dalam awan. Bagian bawah awan menjadi bermuatan lebih negatif dibandingkan tanah di bawah awan tersebut (Gambar 7.17b). Sambaran dari awan ke tanah terjadi ketika muatan negatif (elektron) meloncat dari bagian bawah awan ke titik tertinggi di atas tanah (Gambar 7.17.c).

4. *Penangkal Petir*

Batang logam penangkal petir sering dipasang di atas atap rumah bertingkat atau di atas bangunan tinggi, dan dihubungkan ke dalam tanah melalui kabel logam. Penangkal petir melindungi rumah dan bangunan tinggi tersebut dari kerusakan oleh energi listrik yang besar di dalam petir. Penangkal petir ini menyediakan suatu jalan aman, atau pentanahan, agar arus listrik petir mengalir masuk ke dalam tanah, bukan melewati rumah atau bangunan lain.



Gambar 7.18 Penangkal petir

Pernahkah Anda melihat penangkal petir? Pernahkah Anda melihat bangunan tinggi yang dilengkapi dengan penangkal petir

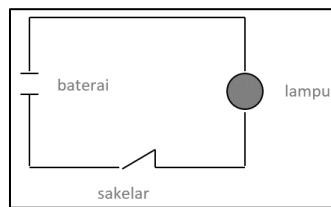
seperti Gambar 7.18. Penangkal petir itu merupakan contoh pengosongan muatan statis yang tidak menimbulkan kerusakan. Pada saat terjadi petir, pengosongan listrik statis dari bagian bawah awan yang bermuatan ke Bumi akan melewati batang penangkal petir ini. Muatan listrik akan mengalir ke bawah dengan aman melalui kabel logam tersebut, dan masuk ke dalam tanah.

C. ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

Pernahkah Anda perhatikan aliran arus sungai? Dari manakah air sungai itu berasal dan kemana air itu mengalir? Air sungai berasal dari mata air di pegunungan yang mengalir ke tempat yang lebih rendah hingga akhirnya sampai di lautan. Dari keterangan tersebut dapat disimpulkan bahwa air mengalir dari dataran tinggi ke dataran rendah. Mengapa demikian? Hal ini disebabkan karena dataran tinggi mempunyai potensial gravitasi yang lebih besar daripada dataran rendah.

Bagaimana dengan aliran arus listrik? Sama halnya dengan air yang memerlukan sungai untuk mengalir, arus listrik memerlukan penghantar untuk dapat mengalir. Arus listrik mengalir dari daerah yang mempunyai potensial listrik lebih tinggi ke daerah yang mempunyai potensial listrik lebih rendah. dalam suatu rangkaian listrik, terminal atau sambungan kawat penghantar yang mempunyai potensial listrik lebih tinggi disebut kutub positif, dan terminal yang mempunyai potensial lebih rendah di sebut kutub negatif. Rangkaian listrik yang di dalamnya terdapat kutub positif dan kutub negatif disebut rangkaian bipolar (dua kutub).

Arus listrik mengalir dari kutub positif ke kutub negatif. Arus listrik dapat mengalir pada sebuah rangkaian listrik, jika ujung-ujung rangkaian dalam keadaan tertutup. Rangkaian seperti ini disebut rangkaian listrik tertutup. Perhatikan Gambar 7.19 berikut. Pada gambar tersebut, terdapat skema rangkaian listrik sederhana yang tertutup sehingga jika sakelar ditutup, akan mengakibatkan lampu menyala.

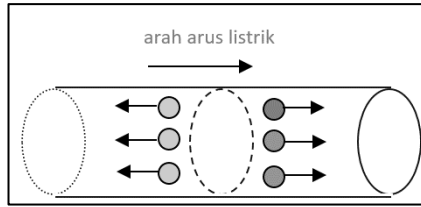


Gambar 7. 19. skema rangkaian listrik tertutup

Telah disebutkan bahwa lampu senter merupakan contoh rangkain listrik sederhana yang tertutup. Lampu senter dapat menyala ketika sakelar ditutup dan padam ketika sakelar terbuka. Hal tersebut tidak lain disebabkan ada atau tidaknya arus yang mengalir. Pada saat sakelar tertutup, arus listrik dapat mengalir. Adapun saat sakelar terbuka, arus listrik tidak mengalir sehingga lampu padam.

1. Kuat Arus Listrik

Anda telah mengetahui bahwa lampu akan menyala, jika arus listrik mengalir dalam suatu rangkain listrik tertutup. Adapun terang dan redupnya nyala lampu bergantung pada arus yang mengalir. Besarnya kuat arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian dapat diukur dengan suatu alat yang disebut amperemeter. Apa sebenarnya kuat arus listrik itu?



Gambar 7.20 Arah arus pada penghantar

Di dalam sebuah kawat penghantar, elektron-elektron (muatan negatif) mengalir dengan arah yang berlawanan dengan arah arus listrik. Adapun muatan positif mengalir dengan arah yang sama dengan arah arus listrik. Perhatikan 7.20 di atas. Kuat arus listrik didefinisikan sebagai *banyaknya muatan listrik yang mengalir melalui suatu penampang kawat penghantar setiap sekon*. Satuan kuat arus listrik adalah ampere (A). Satuan ini diambil dari nama seorang ilmuwan dari Prancis **Andre Marie Ampere** yang berhasil menemukan hubungan antara kuat arus listrik (I), banyaknya muatan listrik (Q), dan selang waktu (Δt) untuk perpindahan muatan. Hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\mathbf{I} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (7.7)$$

Dari hubungan tersebut, satuan kuat arus (*ampere*) dinyatakan sebagai satuan muatan (*coulomb*) per satuan waktu (*sekon*).

$$1 \text{ Ampere} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ sekon}}$$

Muatan sebuah elektron adalah $1,6 \times 10^{-19}$ coulomb. Jadi, banyaknya elektron untuk menghasilkan muatan sebesar 1 coulomb dirumuskan sebagai berikut. Muatan sebuah elektron: 1 elektron = $1,6 \times 10^{-19}$ coulomb.

$$\begin{aligned}\text{Jadi, 1 coulomb} &= \frac{1}{1,6 \times 10^{-19}} \text{ elektron} \\ &= 6,25 \times 10^{18} \text{ elektron}\end{aligned}$$

Bagaimana mengukur kuat arus listrik pada rangkaian listrik tertutup? Untuk memudahkan pengukuran kuat arus listrik, maka digunakan amperemeter yang disusun berurutan atau seri dalam suatu rangkaian listrik tertutup. ampere meter memiliki satuan ampere. 1 ampere didefinisikan sebagai aliran elektron sebanyak $6,25 \times 10^{18}$ elektron atau 1 coulomb, yang mengalir pada suatu penghantar tiap detik. Hal ini berarti bahwa sebuah lampu yang dialiri $3,125 \times 10^{18}$ elektron setiap sekonnnya memiliki kuat arus listrik sebesar $\frac{3,125 \times 10^{18}}{6,25 \times 10^{18}}$ atau sama dengan $\frac{1}{2}$ ampere.

Contoh soal 7.1

Jika sebuah kawat penghantar listrik dialiri muatan listrik sebesar 720 coulomb dalam waktu 1 menit, kita dapat menentukan kuat arus listrik yang melintasi kawat penghantar tersebut.

Penyelesaian contoh soal 7.2

Diketahui : $\Delta Q = 720$ coulomb; $\Delta t = 1$ menit = 60 sekon

Maka kuat arus listrik (I) adalah....

$$\begin{aligned} I &= \frac{\Delta Q}{\Delta t} \\ &= 720/60 \text{ coulomb/sekon} \\ &= 2 \text{ coulomb/s} \end{aligned}$$

2. Pengertian Tegangan (Beda Potensial Listrik)

Apabila sebuah bola diangkat dan dijatuhkan dari ketinggian tertentu diatas permukaan tanah, bola akan jatuh. Mengapa demikian? Hal ini disebabkan bola memiliki potensial gravitasi yang lebih besar di ketinggian tertentu, daripada bola berada di permukaan tanah. Jika Anda pergi ke daerah pegunungan, perhatikanlah sebuah air terjun! Air di permukaan atas air terjun akan jatuh ke bawah karena adanya potensial gravitasi. Oleh karena potensial gravitasinya lebih besar, semakin tinggi posisi air terjun, semakin keras jatuhnya air.

Sekarang, bagaimana dengan listrik? Arus listrik mengalir dari potensial yang tinggi (kutub positif) ke potensial yang lebih rendah (kutub negatif). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa arus listrik timbul jika ada perbedaan potensial. Beda potensial antara dua titik dalam suatu rangkaian listrik disebut tegangan listrik. Beda potensial listrik mempunyai satuan volt (V). Satuan ini diambil dari nama seorang ilmuwan berkebangsaan Italia bernama **Alessandro Volta** (1775-1827).

Jika arus listrik dapat diukur, bagaimana dengan beda potensial listrik? Beda potensial listrik dapat diukur dengan menggunakan alat

yang dinamakan *voltmeter*. Berbeda dengan amperemeter, voltmeter disusun secara paralel atau sejajar dengan komponen yang akan diukur tegangannya. Dengan cara ini, Anda dapat mengukur beda potensial antara titik-titik pada komponen yang diukur. Beda potensial yang diukur ini disebut *tegangan jepit*.

D. HUKUM OHM

Pada pembahasan sebelumnya, Anda telah mengetahui bahwa rangkaian komponen listrik di rumah Anda disusun secara paralel. Bagaimana jika rangkaian listrik dirumahmu disusun secara seri? Ketika komponen tersebut dirangkai secara paralel, arus yang melalui komponen listrik atau alat elektronika akan berbeda, tetapi tegangan yang dimilikinya tetap sama. Adapun ketika komponen tersebut dirangkai seri, arus yang melalui komponen listrik atau alat elektronika akan sama, tetapi tegangan yang dimilikinya akan berbeda. sekarang, bandingkanlah lampu yang disusun secara seri dan paralel. Manakah yang menyala lebih terang?

Seorang ilmuwan Jerman bernama **Georg Simone Ohm** (1789-1854), berhasil menemukan hubungan antara hambatan, beda potensial listrik dan kuat arus listrik dalam satu kawat penghantar. Hukum Ohm yang ditemukan pada tahun 1826 ini, mengungkapkan bahwa jika suhu tidak berubah, arus yang mengalir melalui kawat penghantar sebanding dengan perbedaan potensial pada ujung lainnya. Perbandingan antara beda potensial listrik dan kuat arus listrik akan selalu tetap. Perbandingan tersebut selanjutnya

dinyatakan sebagai besaran resistansi (R) dari kawat penghantar tersebut. Hubungannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R = \frac{V}{I} \quad (7.8)$$

Keterangan:

R = resistansi hambatan (Ohm atau Ω)

V = beda potensial (volt atau V)

I = Arus listrik (ampere atau A)

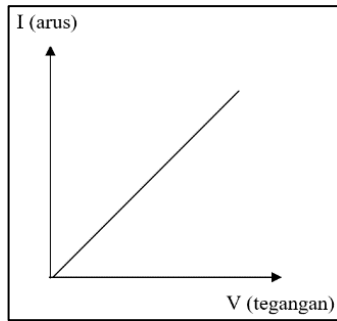
Berdasarkan persamaan di atas, tampak bahwa semakin besar beda potensial, semakin besar pula kuat arusnya. Hal ini menunjukkan, besar kuat arus sebanding dengan besar beda potensial.

$$I \sim V$$

Perbandingan antara V dan I selalu tetap. Nilai tetap yang merupakan perbandingan antara V dan I ini disebut hambatan (R).

$$\frac{V}{I} = \text{tetap} \quad (7.9)$$

Adapun tampilan grafik I terhadap V dapat Anda perhatikan pada Grafik di bawah ini:



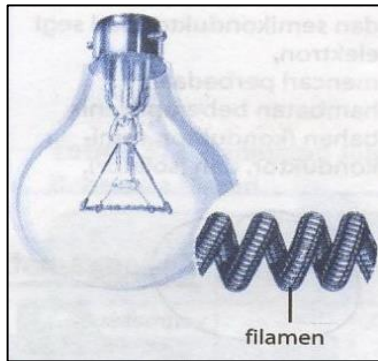
Gambar 7.21 Grafik hubungan tegangan dan arus

Garis miring yang terbentuk merupakan nilai dari hambatan (R). Oleh karena garis miring yang terbentuk merupakan garis lurus, nilai hambatan (R) konstan.

Bagaimana penerapan hukum Ohm dalam kehidupan sehari-hari? Setiap peralatan listrik mempunyai nilai hambatan tertentu. Apabila diberi hambatan dengan nilai tertentu, akan mengalir arus listrik dengan nilai tertentu pula sesuai dengan hukum Ohm. Pada umumnya, alat-alat listrik akan mempunyai ketahanan sampai batas kuat arus tertentu. Apabila arus yang mengalir melebihi batas, alat listrik tersebut akan menjadi sangat panas dan bahkan mungkin akan terbakar sehingga dapat merusak alat tersebut. Sebaliknya, apabila arus yang mengalir terlampau lemah, kerja alat listrikpun akan menjadi kurang baik.

Oleh karena itu, beda potensial yang diberikan pada alat listrik harus disesuaikan dengan tegangan yang seharusnya diperuntukkan bagi alat itu. Misalnya, dua buah lampu pijar masing-masing mempunyai beda potensial 110 volt dan 220 volt. Jika lampu pijar 110 volt dipasang pada tegangan 220 volt, filamen lampu akan terbakar

sehingga laampu menjadi rusak dan tidak dapat dipakai lagi. sebaliknya, jika lampu pijar 220 volt dipasang pada tegangan 10 volt, nyala lampu akan redup. Mengapa terjadi demikian?



Gambar 7.22 Filamen pada bola lampu

Filamen pada bola lampu terbuat dari bahan tungsten. Pada Gambar 7.22 dapat dilihat ilustrasi dari filamen yang terdapat dalam lampu pijar. Filamen ini mempunyai hambatan R . Berdasarkan hukum Ohm, jika lampu diberi beda potensial melebihi kapasitas filamen, arus yang mengalir pada filamen akan menjadi lebih besar dari pada yang seharusnya. Akibatnya, filamen akan menjadi sangat panas dari pada yang seharusnya sehingga menjadi cepat rusak.

E. HUKUM KIRCHOFF

Pada rangkaian listrik, seringkali ditemukan percabangan kawat. Arus listrik akan melewati setiap percabangan kawat tersebut. Bagaimanakah kuat arus listrik pada masing-masing kawat percabangan?

Pemisalah kuat arus air dapat Anda gunakan untuk memahami kuat arus listrik pada kawat bercabang. Jika Anda mengalirkan air dari bak penampungan ke pipa yang bercabang dan ditampung kembali ke dalam suatu bak, volume air akan tetap (dengan catatan tidak ada kebocoran). Dalam rangkaian listrik juga demikian. Pada setiap titik percabangan jumlah kuat arus listrik akan selalu tetap.

Jumlah kuat arus listrik yang masuk ke titik percabangan ($\sum I_{\text{masuk}}$) akan sama dengan jumlah kuat arus listrik yang keluar dari titik percabangan itu ($\sum I_{\text{keluar}}$). Pernyataan ini dikenal dengan Hukum Kirchhoff tentang arus listrik atau Hukum I Kirchhoff, yang dikemukakan oleh Gustav Kirchhoff sekitar pertengahan abad ke-19.

Hukum I Kirchhoff tentang arus listrik pada titik percabangan menyatakan bahwa jumlah aljabar semua arus listrik dalam suatu titik percabangan sama dengan nol.

$$\sum I_{\text{percabangan}} = 0 \text{ atau } \sum I_{\text{masuk}} - \sum I_{\text{keluar}} = 0 \quad (7.10)$$

dapat dinyatakan pula bahwa : $\sum I_{\text{masuk}} = \sum I_{\text{keluar}}$

F. HAMBATAN (RESISTOR) DAN RANGKAIANNYA

Sebelum membahas rangkaian hambatan, kita bahas kembali mengenai aliran air dalam pipa. Ketika aliran air sudah mencapai ujung pipa, aliran air harus menghadapi suatu hambatan, yaitu keran. Keran berfungsi untuk mengatur arus air yang keluar dari pipa. Ketika keran dibuka cukup sempit, air hanya akan mengalir dengan laju yang

lambat. Akan tetapi, ketika keran dibuka lebar, air akan keluar dengan laju yang cepat. Kesimpulan apa yang dapat Anda peroleh dari uraian tersebut?

Dalam peralatan listrik dari rangkaian elektronika, keran dapat dianalogikan sebagai hambatan. Mengapa demikian? Sama halnya dengan fungsi keran, hambatan berfungsi untuk mengatur besar kuat arus yang mengalir.

Jika dalam suatu rangkaian listrik tertutup tidak terdapat hambatan sama sekali, arus listrik yang mengalir akan besar sekali. Akibatnya, dapat terjadi hubungan singkat atau dapat merusak komponen listrik lainnya. Jika dalam suatu rangkaian listrik tertutup diberi suatu hambatan, arus listrik yang mengalir akan lebih kecil. Semakin besar nilai hambatan, arus listrik yang mengalir akan semakin kecil.

Jika dipandang dari bahan-bahan yang menyusun sebuah hambatan, besar kecilnya hambatan suatu penghantar (R) dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu jenis kawat (ρ), panjang kawat (L), dan luas penampang kawat (A). Secara matematis besarnya dapat dirumuskan seperti berikut.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (7.11)$$

Keterangan:

R = hambatan Ω .

ρ = hambatan jenis penghantar ($\Omega \text{ m}$)

l = panjang penghantar (m)

A = Luas penampang penghantar (m^2)

ρ adalah sifat intrinsik dari bahan konduktor yang disebut dengan resistivitas atau hambatan jenis. Sebuah konduktor memiliki hambatan jenis yang kecil dan bahan isolator yang baik akan mempunyai hambatan jenis yang sangat besar.

Tabel 7.1 Hambatan Jenis Beberapa Zat

Zat	Hambatan Jenis (ρ) pada 20 °C (Ω)
Perak	$1,6 \times 10^{-8}$
Tembaga	$1,7 \times 10^{-8}$
Alumunium	$2,7 \times 10^{-8}$
Tungsten	$5,6 \times 10^{-8}$

Satuan hambatan jenis dalam sistem SI dinyatakan dengan ohm meter. Untuk mempermudah Anda mengenai berbagai macam jenis logam dan hambatan jenisnya, Anda perhatikan tabel 7.1.

Contoh Soal 7.2

Seutas kawat besi panjang 20 meter dan luas penampangnya 1 mm^2 , mempunyai hambatan jenis 10^{-7} ohm meter. Jika antara ujung-ujung kawat dipasang beda potensial 20 volt, tentukan kuat arus yang mengalir dalam kawat!

Penyelesaian Contoh Soal 7.2

Diketahui: $l = 40 \text{ m}$
 $A = 1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$
 $V = 20 \text{ V}$
 $\rho = 10^{-7} \Omega \text{ m}$

Ditanyakan: $I = \dots?$

Jawaban

Langkah pertama, selidiki dahulu nilai hambatannya!

$$R = \rho \frac{l}{A}$$
$$R = 10^{-7} \frac{40}{10^{-6}}$$
$$R = 4 \text{ ohm}$$

Berdasarkan hukum ohm:

$$I = \frac{V}{R}$$
$$I = \frac{20}{4}$$
$$I = 5 \text{ A}$$

Hambatan atau disebut juga resisitor, dalam suatu rangkaian dapat disusun secara seri maupun paralel atau kombinasi antara keduanya. Rangkaian seri dan paralel masing-masing mempunyai kekurangan dan kelebihan, bergantung pada tujuan penggunaan rangkaian tersebut.

1. Rangkaian Hambatan Seri

Rangkaian hambatan seri adalah rangkaian yang hambatannya disusun secara berderet sedemikian rupa, sehingga arus listrik yang mengalir pada setiap komponennya adalah sama. Rangkaian seri dimaksudkan untuk memperbesar hambatan dan berfungsi sebagai pembagi tegangan.

Misalnya, lampu 1 memiliki resistansi (besar hambatan) R_1 , lampu 2 memiliki resistansi R_2 , dan lampu 3 memiliki resistansi R_3 . Beda potensial antara titik a dan titik b adalah sama dengan tegangan baterai dan sama pula nilainya dengan jumlah tegangan pada masing-masing lampu.

$$V_{ab} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (7.12)$$

Besar kuat arus listrik pada rangkaian seri adalah sama sehingga arus listrik yang mengalir pada setiap lampu pun sama. Berdasarkan Hukum Ohm, beda potensial pada masing-masing lampu adalah sama dengan nilai resistansi lampu dikalikan besar kuat arus yang melaluinya.

$$V_1 = I \cdot R_1$$

$$V_2 = I \cdot R_2$$

$$V_3 = I \cdot R_3$$

$$\begin{aligned}
\text{maka, } V_{ab} &= V_1 + V_2 + V_3 \\
&= I R_1 + I R_2 + I R_3 \\
&= I (R_1 + R_2 + R_3) \\
&= I R_{\text{pengganti}}
\end{aligned}$$

Dengan $R_{\text{pengganti}} = R_1 + R_2 + R_3$

Jika terdapat n buah hambatan yang disusun seri, hambatan pengganti dari susunan seri n buah hambatan itu adalah sebagai berikut.

$$R_{\text{pengganti}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (7.13)$$

2. Rangkaian Hambatan Paralel

Rangkaian hambatan paralel adalah rangkaian yang terdiri atas hambatan-hambatan yang disusun berjajar sedemikian rupa, sehingga tegangan pada setiap komponen adalah sama. Rangkaian paralel dimaksudkan untuk memperkecil hambatan dan berfungsi sebagai pembagi arus listrik. Arus listrik pada setiap titik percabangan akan berbeda sesuai dengan harga hambatan pada titik percabangan tersebut. Berdasarkan Hukum I Kirchhoff pada titik b berlaku persamaan

$$\begin{aligned}
I &= I_1 + I_2 + I_3 \\
&= \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}
\end{aligned} \quad (7.14)$$

Tegangan listrik pada setiap lampu adalah sama, yaitu sama dengan beda potensial antara titik a dan titik b (V_{ab})

$$V_{ab} = V_1 = V_2 = V_3 = V$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } I &= \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \\ &= V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \\ &= V \left(\frac{1}{R_{\text{pengganti}}} \right) \end{aligned}$$

$$\text{dengan } \frac{1}{R_{\text{pengganti}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Jika terdapat n buah hambatan yang disusun paralel, hambatan pengganti dari susunan paralel hambatan itu adalah

$$\frac{1}{R_{\text{pengganti}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (7.15)$$

3. Hambatan Geser

Telah Anda ketahui, bahwa dalam elektronika terdapat komponen yang dibuat agar memiliki nilai hambatan tertentu, dan komponen tersebut dinamakan resistor atau hambatan. Hambatan yang biasa digunakan dalam laboratorium ada dua macam, yaitu hambatan tetap dan hambatan variabel. Hambatan tetap adalah hambatan yang nilainya tetap. Nilai hambatan ini dinyatakan dalam

kode warna. Hambatan tetap terbuat dari bahan campuran karbon, metal film ataupun lilitan kawat.

Hambatan variabel adalah hambatan yang nilainya dapat diubah-ubah dengan cara menggerak-gerakkan kontak geser. Salah satu contoh hambatan variabel adalah hambatan geser atau *rheostat*. Hambatan variabel ini digunakan untuk mengatur potensial pada suatu rangkaian listrik atau mengatur besarnya kuat arus yang mengalir. Bahan utama hambatan geser adalah kawat nikelin, atau kawat-kawat yang mempunyai nilai hambatan jenis yang besar sesuai dengan kebutuhan.

RINGKASAN BAB VII

1. Muatan listrik suatu benda terjadi karena susunan partikel benda yang terdiri dari molekul-molekul dan atom, yang di dalamnya terdapat proton dan elektron dalam jumlah tertentu.
2. Muatan listrik sejenis akan saling tolak menolak, sedangkan muatan tidak sejenis akan saling tarik menarik. Gaya tarik atau gaya tolak antarmuatan listrik dinamakan gaya elektrostatika (gaya Coulumb; $F_{AB} = \frac{kQ_A \times Q_B}{r^2}$)
3. Kuat arus listrik didefinisikan sebagai banyaknya muatan listrik yang mengalir melalui suatu penampang kawat penghantar setiap sekon ($I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$). Satuan kuat arus listrik adalah ampere (A). Arus listrik memerlukan penghantar untuk dapat mengalir. Arus listrik mengalir dari daerah yang mempunyai potensial listrik lebih tinggi ke daerah yang mempunyai potensial listrik lebih rendah.

4. Seorang ilmuwan Jerman bernama **Georg Simone Ohm** (1789-1854), berhasil menemukan hubungan antara hambatan, beda potensial listrik dan kuat arus listrik dalam satu kawat penghantar

$$(R = \frac{V}{I}).$$

5. Hukum I Kirchhoff tentang arus listrik pada titik percabangan menyatakan bahwa jumlah aljabar semua arus listrik dalam suatu titik percabangan sama dengan nol ($\sum I_{\text{masuk}} = \sum I_{\text{keluar}}$).
6. Besar kecilnya hambatan suatu penghantar (R) dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu jenis kawat (ρ), panjang kawat (L), dan luas penampang kawat (A). Secara matematis besarnya dapat dirumuskan ($R = \rho \frac{l}{A}$)

LATIHAN BAB VII

1. Bagaiman suatu benda dikatakan bermuatan listrik?
2. Dua titik yang bermuatan sama mula-mula berjarak 1 cm saling tolak dengan gaya sebesar 160 N. Agar kedua titik tersebut gaya tolak menolaknya menjadi 10 N, maka berapakah jarak kedua titik?
3. Jika sebuah kawat penghantar listrik dialiri muatan listrik sebesar 360 coulomb dalam waktu 2 menit. Hitunglah kuat arus listrik yang melintasi kawat penghantar tersebut!
4. Tentukan nilai tegangan pada suatu rangkaian yang di dalamnya mengalir arus listrik sebesar 3 A dan besar hambatan pada rangkaian tersebut sebesar 500 k Ω !

5. Seutas kawat besi panjang 10 m dan luas penampangnya 2 mm^2 , mempunyai hambatan jenis 10^{-8} ohmmeter. Jika antara ujung-ujung kawat dipasang beda potensial 10 volt, tentukan kuat arus yang mengalir dalam kawat!

RUJUKAN DAN BAHAN BACA YANG DIANJURKAN

- Arizona, K. (2021). *Elektronika Dasar*. Sanabil: Mataram.
- Cooper, W.D. 1999. *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran Edisi kedua*, terjemahan Sahat Pakpahan. Erlangga: Jakarta.
- Giancoli, D. C. 2005. *Physics Principles and Applications Sixth Edition*. Pearson Education Increase: United States
- Serway, R. A. & Jewett, J. W. 2004. *Physic for Scientists and Engineers, Six Edition*. California: Thomson Brook/Cole
- Sucilestari, R., & Arizona, K. 2018. Pengaruh Project Based Learning pada Matakuliah Elektronika Dasar terhadap Kecakapan Hidup Mahasiswa Prodi Tadris Fisika UIN Mataram. *KONSTAN-Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 3(1), 26-35.
- Tipler, P. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid I*, terjemahan Lea. P dan Rahmad W.A. Erlangga: Jakarta.

BAB VIII

KEMAGNETAN

KEMAMPUAN AKHIR (KA)

8) Melalui perkuliahan tatap muka dan penugasan, mahasiswa dapat menyelidiki gejala-gejala kemagnetan, pembuatan magnet dan aplikasi magnet dalam kehidupan sehari-hari.

INDIKATOR

- 8.1) Menjelaskan definisi magnet.
- 8.2) Menunjukkan bentuk-bentuk magnet.
- 8.3) Mendemonstrasikan cara membuat magnet dan cara menghilangkan sifat magnet.
- 8.4) Mendeskripsikan gaya magnet berdasarkan sifat kutub dan garis gaya magnet.
- 8.5) Menjelaskan kemagnetan bumi.
- 8.6) Mengaplikasikan kegunaan magnet dalam kehidupan sehari-hari.
- 8.7) Menyelidiki medan magnet dalam kawat berarus.

A. PENGERTIAN MAGNET

Pengetahuan tentang magnet sudah mulai dipelajari sejak 500 tahun sebelum Masehi. Seorang ahli matematika Yunani kuno, Thales of Meletus (624-547 SM) diperkirakan pernah melakukan penelitian-penelitian tentang gejala-gejala kemagnetan dan gejala-gejala

kelistrikan menggunakan batu amber. Benda ini dapat menarik benda-benda tertentu yang ringan.

Benda yang dapat menarik benda yang terbuat dari besi, baja, nikel dan kobalt disebut *magnet*. Magnet mempunyai kutub utara maupun kutub selatan. Karena sebuah jarum kompas penunjukannya menjauhi kutub utara dan mendekati kutub selatan, garis-garis medan magnet keluar dari kutub utara dan masuk ke kutub selatan. *Kemagnetan* adalah tarikan sebuah magnet pada benda-benda lain. Tidak semua benda dapat ditarik oleh sebuah magnet, magnet hanya dapat menarik benda-benda dari bahan tertentu, diantaranya benda yang bahannya terbuat dari logam seperti baja, besi dan campuran logam lainnya.

Sekarang orang telah dapat membuat magnet dari besi, baja, dan campuran logam lainnya, sehingga benda-benda yang dapat ditarik oleh magnet disebut benda-benda yang bahannya bersifat magnetik, sedang benda-benda yang tidak dapat ditarik oleh sebuah magnet disebut benda-benda yang bahannya bersifat bukan magnetik.

Apabila sebatang magnet diletakkan di atas serbuk besi kemudian diangkat, maka serbuk besi tersebar tidak merata pada permukaan magnet batang. Serbuk besi menempel lebih rapat pada ujung-ujung magnet dari pada tempat-tempat lain. Hal ini menunjukkan bahwa ujung-ujung magnet mempunyai gaya tarik besar. Sebatang magnet yang dapat bergerak bebas akan cenderung menunjuk arah utara-selatan. Oleh karena itu, kutub magnet dinamakan kutub utara dan kutub selatan. Kutub utara adalah kutub

yang menunjuk arah utara dan kutub selatan menunjuk arah selatan. Jika saling didekatkan kutub-kutub yang berbeda maka keduanya akan saling tarik menarik, demikian pula sebaliknya. Ini membuktikan antara kutub-kutub magnet bekerja suatu gaya, pada kutub senama akan bekerja gaya tolak sedang pada kutub yang tak senama bekerja gaya tarik.

Teori tentang magnet yang biasa disebut dengan teori magnet elementer atau teori magnet Weber berbunyi sebagai berikut:

1. Suatu magnet dapat dibagi-bagi menjadi magnet kecil yang tidak terhingga banyaknya. Magnet kecil itu disebut magnet elementer.
2. Semua benda (zat) terdiri dari magnet elementer.
3. Pada benda yang bersifat magnet, letak magnet elementer teratur dan searah sehingga merupakan rangkaian terbuka. Berbeda dengan benda yang bukan magnet, letak magnet elementernya tidak teratur dan merupakan rangkaian magnet elementer yang tertutup.
4. Magnet elementer pada besi mudah bergerak, sedangkan pada baja sukar bergerak.

B. BENTUK DAN JENIS MAGNET

Sekarang magnet memiliki banyak bentuk, karena setiap bentuk magnet dibuat dengan tujuan dan kegunaan yang berbeda. Secara umum terdapat 5 bentuk tetap magnet, yaitu Magnet Batang, Magnet Silinder, Magnet Jarum, Magnet Cincin, Magnet U (Magnet Ladam).

Silahkan Anda melihat gambar 8.1 agar lebih mengenali macam-macam bentuk magnet.



Gambar 8.1 Bentuk-bentuk magnet

1. Pengelompokan magnet berdasarkan kekuatan tarikannya

Berdasarkan sifat-sifatnya jika didekati magnet, Zat magnet dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

- a. Zat **ferromagnetik**, yaitu bahan-bahan yang ditarik sangat kuat oleh magnet. Contohnya besi, baja, nikel, kobalt, dan logam campuran (alnico dan alkomax).
- b. Zat **paramagnetik**, yaitu zat-zat yang ditarik dengan lemah oleh magnet atau tidak dapat ditarik oleh magnet. Contoh tembaga, kayu dan gelas.
- c. Zat **diamagnetik**, yaitu zat-zat yang ditolak oleh magnet. Contoh: bismut, seng, garam dapur, dan timbal.

2. Pengelompokan magnet berdasarkan sifat kemagnetannya

Berdasarkan sifat kemagnetanya, magnet dapat digolongkan menjadi magnet permanen dan magnet tidak tetap (sementara).

- a. Magnet permanen memiliki sifat kemagnetan yang lama dan tidak mudah hilang. Contohnya magnet yang ada pada *speaker* atau *hardisk*.
- b. Magnet tidak tetap memiliki sifat kemagnetan yang sementara dan mudah hilang, misalkan paku yang ditempel magnet. Paku tersebut akan memiliki sifat magnet yang sementara saja dan lambat laun akan hilang.

3. *Pengelompokan magnet berdasarkan jenis bahannya*

Berdasarkan jenis bahan yang digunakan, magnet dapat dibedakan menjadi empat tipe:

- a. Magnet Permanen Campuran. Sifat magnet tipe ini adalah keras dan memiliki gaya tarik sangat kuat. Magnet permanen campuran dibagi menjadi:
 - Magnet alcomax, dibuat dari campuran besi dengan aluminium
 - Magnet alnico, dibuat dari campuran besi dengan nikel
 - Magnet ticonal, dibuat dari campuran besi dengan kobalt
- b. Magnet Permanen Keramik. Tipe magnet ini disebut juga dengan *magnadur*, terbuat dari serbuk ferit dan bersifat keras serta memiliki gaya tarik kuat.
- c. Magnet Besi Lunak. Tipe magnet besi lunak disebut juga *stalloy*, terbuat dari 96% besi dan 4% silikon. Sifat kemagnetannya tidak keras dan sementara.
- d. Magnet Pelindung. Tipe magnet ini disebut juga *mumetal*, terbuat dari 74% nikel, 20% besi, 5% tembaga, dan 1% mangan. Magnet ini tidak keras dan bersifat sementara.

4. Pengelompokan magnet berdasarkan jenis bahannya

Berdasarkan pembuatannya, magnet dapat pula diklasifikasikan menjadi magnet buatan dan alami. Magnet alami merupakan magnet yang sudah terbentuk secara alami tanpa campur tangan manusia. Sedangkan magnet buatan sebaliknya.

C. PEMBUATAN DAN MENGHILANGKAN SIFAT KEMAGNETAN

Pada prinsipnya membuat magnet adalah suatu proses penyearahan/pengaturan posisi magnet elementer sehingga teratur dan terarah susunan kutub magnetnya. Besi mudah menjadi magnet dibandingkan dengan baja karena magnet elementer pada besi mudah diatur dan diarahkan, sedangkan pada baja sukar, sehingga sifat kemagnetan besi mudah hilang dibandingkan baja.

Ada tiga cara membuat magnet:

1. Menggunakan arus listrik searah (DC)
2. Dengan menempelkan benda magnetik (induksi) seperti paku besi ke sebuah magnet
3. Menggosok-gosokkan magnet secara teratur pada satu arah ke benda magnetik

Untuk lebih jelasnya mari kita melakukan serangkaian percobaan dalam membuat magnet.

1. Menggunakan arus listrik searah (DC)

Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan:

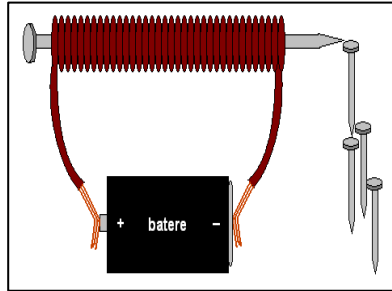
- a. Kawat berisolasi (kabel)
- b. Paku besar

- c. Paku kecil
- d. Isolasi
- e. Baterai

Cara Kerja:

- a. Lilitkan kabel berisolasi pada paku kurang lebih 30 lilitan (kalaupun bisa mencoba, dengan membandingkan jumlah lilitan yang berbeda untuk melihat pengaruhnya terhadap kekuatan gaya tarik magnet)
- b. Kemudian gunakan gunting untuk membuka kedua ujung isolasi kabel kurang lebih 2 cm.
- c. Lekatkan salah satu ujung kabel ke ujung baterai yang bertanda (+) dan ujung lainnya yang bertanda (-). Sekarang Kamu bisa mengujinya dengan paku ukuran kecil, apakah paku sudah termagnetisasi atau belum
- d. Lepaskan kabel dari baterai. Jika pakunya terbuat dari besi murni, paku kecil akan jatuh dengan perlahan, namun jika mengandung baja, paku tersebut akan menjadi magnet permanen.

Untuk lebih jelasnya perhatikan ilustrasi gambar 8.2. berikut!.



Gambar 8.2 Pembuatan magnet dengan menggunakan arus listrik searah

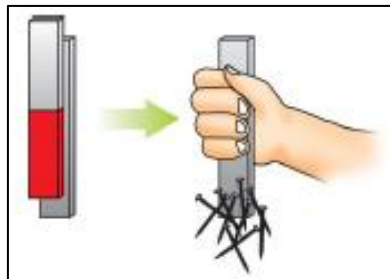
2. Dengan menempelkan benda magnetik (induksi) ke sebuah magnet

Siapkan alat dan bahan sebagai berikut:

- a. Magnet (bisa berupa magnet batang, magnet U dan lain-lain)
- b. Paku logam atau benda magnetik lainnya

Cara Kerja:

Tempelkan paku besi atau baja pada salah satu ujung atau kutub magnet. Ketika besi atau baja ditempelkan ke magnet, magnet elementer yang ada di dalam paku logam akan menyearahkan diri mengikuti pola pada magnet.



Gambar 8.3 Pembuatan magnet dengan cara induksi

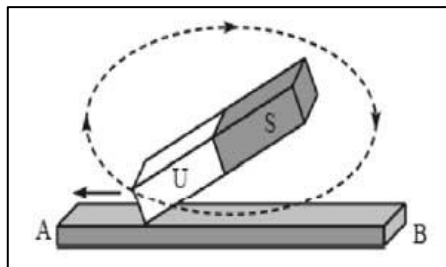
3. Menggosok-gosokkan magnet secara teratur pada satu arah ke benda magnetik

Siapkan alat dan bahan sebagai berikut:

- Magnet (bisa berupa magnet batang, magnet U dan lain-lain)
- Paku logam atau benda magnetik lainnya

Cara Kerja:

Gosokkan paku besi atau baja secara searah oleh magnet. Ketika besi atau baja digosokkan oleh magnet, magnet elementer yang ada di dalam besi akan menyetarakan diri mengikuti pola pada magnet.

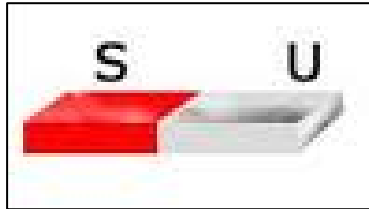


Gambar 8.4 Pembuatan magnet dengan cara gosokan

Sifat magnetik benda dapat dihilangkan dengan cara pemanasan atau pemukulan. Kedua proses ini menyebabkan atom-atom magnet bergetar lebih kuat dan mengganggu keteraturan magnet-magnet elementer. Magnet-magnet elementer yang tadinya searah atau searah menjadi berarah sembarangan, sehingga benda kehilangan sifat magnetiknya. Sedangkan untuk magnet yang dibuat dengan prinsip imbas elektromagnetik akan hilang sifat kemagnetannya ketika sumber arusnya diputus atau dihilangkan.

D. MENDESKRIPSIKAN SIFAT MAGNET

Perhatikan gambar magnet batang berikut!.



Gambar 8.5 Magnet batang

Cobalah tempelkan jarum besi di ujung magnet! Ternyata jarum dapat ditarik oleh magnet. Namun bagaimana jika diletakkan tepat di tengah-tengah? Jarum besi tidak tertarik sama sekali oleh magnet.

Dari ilustrasi fenomena di atas, setiap magnet mempunyai dua kutub yaitu kutub utara dan selatan. Kutub-kutub ini terletak di ujung-ujung magnet.

Senangnya Mencoba

Apa yang bisa Anda jelaskan ketika serbuk besi disebar di sekitar magnet seperti percobaan di samping?



Senangnya Berlatih

Berilah tanda centang sesuai keadaan gambar berikut!

1.

Tarik-menarik

Tolak menolak



2.

Tarik-menarik

Tolak menolak



3.

Tarik-menarik

Tolak menolak

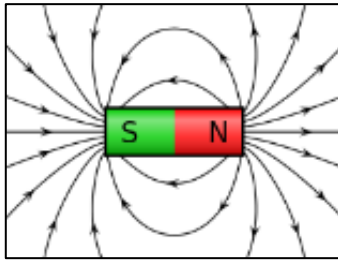


4.

Tarik-menarik

Tolak menolak

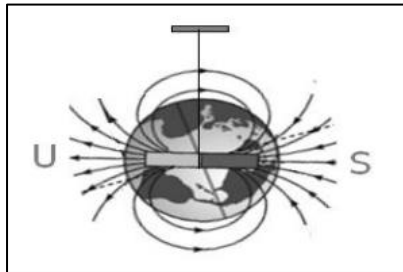
Gaya magnet tidak hanya terbatas pada kutub, meskipun gaya magnet paling kuat terdapat pada kutub-kutubnya. Gaya magnet juga terdapat di sekitar magnet tempat gaya magnet bekerja disebut medan magnet. Sangat membantu jika kita memikirkan medan magnet sebagai suatu daerah yang dilewati oleh garis gaya magnet. Garis gaya magnet menentukan medan magnet suatu magnet. Garis gaya magnet dapat diperlihatkan dengan cara menaburkan serbuk besi pada selembar kertas yang diletakkan di atas sebuah magnet.



Gambar 8.6 Ilustrasi Garis gaya magnet batang

E. KEMAGNETAN BUMI

Magnet selalu mengarah ke utara dan selatan karena bumi bersifat sebagai sebuah magnet raksasa. Kutub utara kompas mengarah ke utara, dengan demikian kutub selatan magnet bumi pasti berada di dekat kutub utara geografi bumi dan kutub utara magnet bumi berada di dekat kutub selatan geografi bumi.



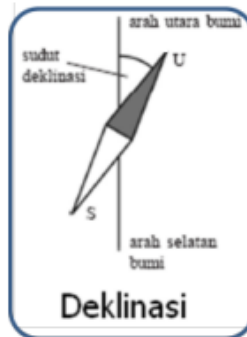
Gambar 8.7 Kutub bumi

Kutub utara-selatan magnet bumi tidak berimpit dengan kutub utara-selatan geografi bumi, sehingga membentuk sudut deklinasi dan inklinasi.

- Deklinasi adalah sudut yang dibentuk oleh kutub utara jarum kompas dengan arah utara-selatan geografi bumi.

Gambar 8.8 Fenomena Deklinasi

- Inklinasi adalah sudut yang dibentuk kutub utara jarum kompas



dengan bidang datar.



Gambar 8.9 Fenomena Inklinasi

F. PERANAN MAGNET DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI

Banyak sekali manfaat dari magnet dalam kehidupan kita sehari-hari. Manfaat magnet terlihat dari aplikasi magnet sebagai berikut, di antaranya: kompas, generator, motor listrik, alat pengangkut besi tua, hiasan kulkas, *puzzle* magnet dan lain-lain.

1. Kompas

Kompas digunakan untuk menentukan arah (navigasi). Jarum kompas selalu menunjuk ke arah utara. Jarum kompas merupakan sebuah magnet yang memiliki kutub utara dan selatan.



Gambar 8.10 Kompas

2. Generator

Salah satu contoh generator sederhana yang sering dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari adalah dinamo sepeda seperti gambar 8.11. Generator ini mampu merubah energi gerak menjadi energi listrik. Di dalam generator terdiri atas magnet dan kumparan, yang apabila digerakkan akan menghasilkan energi listrik.



Gambar 8.11 Generator

3. *Motor Listrik*

Pemanfaatan motor listrik sering kita temukan pada kipas angin, mesin bor, dan lain-lain. Pada prinsipnya motor listrik merubah energi listrik menjadi energi gerak, yang memiliki fungsi kebalikan dari generator. Di dalam motor listrik pun terdapat kumparan kawat tembaga dan magnet.



**Gambar 8.12 Kipas angin sebagai aplikasi dari motor listrik
(magnet)**

4. *Alat Pengangkut Besi Tua*

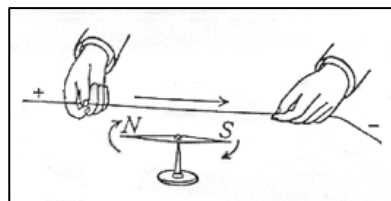
Penerapan alat pengangkut besi tua pada dasarnya menggunakan prinsip pembuatan magnet secara aliran dengan arus listrik searah (DC) atau elektromagnetik. Ketika arus listrik DC mengalir, media tempat menempelnya besi tua akan bersifat magnet. Setelah arus listrik DC dimatikan tentunya sifat kemagnetannya pun akan hilang. Dengan demikian pada saat ingin mengambil besi tua, arus listriknya menyala dan ketika besi tua ingin dilepas pada suatu tempat maka arus listriknya dimatikan.



Gambar 8.13 Alat penganku besi tua

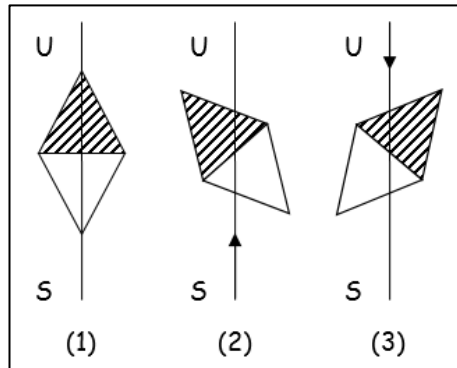
G. MEDAN MAGNET DI SEKITAR KAWAT BERARUS LISTRIK

Umumnya medan magnet dapat ditemui di sekitar magnet. Namun secara tidak sengaja H.C Oersted (Gambar 8.14) menemukan bahwa di sekitar kawat berarus listrik ternyata juga terdapat medan magnet. Penemuan yang sepintas terlihat sederhana ini pada akhirnya menghasilkan berbagai perkembangan teknologi listrik magnet yang kita kenal sekarang ini.



Gambar 8.14 H. C. Oersted dan Temuannya

Apabila sebuah pengantar dialiri arus listrik, maka di sekitar kawat pengantar tersebut akan timbul medan magnet sebagaimana tampak pada Gambar 8.15.



Gambar 8.15 Pengaruh Kawat Berarus Pada Magnet Jarum

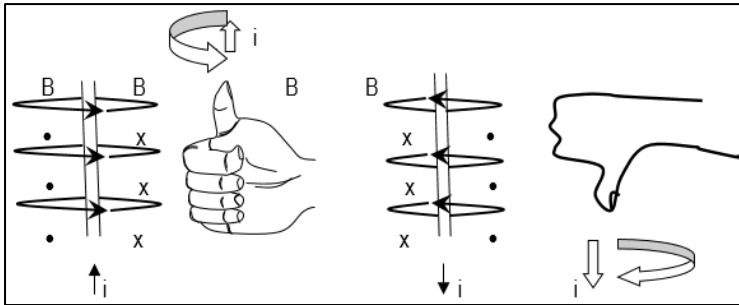
Keterangan:

- 1) Kawat tidak dialiri arus listrik, magnet jarum tetap.
- 2) Kawat dialiri arus listrik dari selatan, magnet jarum menyimpang ke kiri.
- 3) Kawat dialiri arus listrik dari utara, magnet jarum menyimpang ke kanan.

Besarnya medan magnet akibat arus listrik ini dipengaruhi oleh besarnya kuat arus listrik dan jarak dari kawat. Semakin dekat dengan kawat medan magnet semakin besar dan semakin besar kuat arus semakin besar pula medan magnet yang ditimbulkan.

Bagaimanakah cara menentukan arah medan magnet yang ditimbulkan oleh kawat berarus ini? Cara menentukan arah medan

magnet dapat menggunakan kaidah tangan kanan sebagaimana Gambar 8.16.



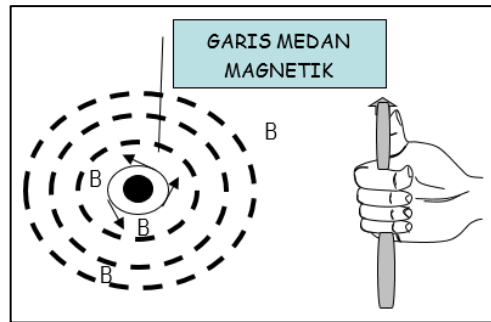
Gambar 8.16 Menentukan Arah Medan Magnet dengan Tangan Kanan

Arah ibu jari menunjukkan arah arus listrik dan arah lipatan jari-jari lainnya menunjukkan arah putaran garis-garis medan magnetiknya. Tanda titik (.) menyatakan arah medan magnetik B keluar bidang kertas secara tegak lurus, dan tanda silang (x) menyatakan arah medan magnetik B memasuki bidang kertas secara tegak lurus.

Kaidah tangan kanan pada kawat lurus berarus listrik

I = Arus listrik

B = Medan magnetik



Gambar 8.17 Arah Medan Magnet Induksi

Jika arus menuju Anda (\cdot), arah medan magnetik berputar berlawanan arah jarum jam. Namun, jika arus menjauhi anda (\times) arah medan magnetik berputar searah jarum jam.

RINGKASAN BAB VIII

1. Benda yang dapat menarik benda yang terbuat dari besi, baja, nikel dan kobalt disebut magnet. Magnet mempunyai kutub utara maupun kutub selatan. Ketika magnet yang memiliki kutub yang sama didekatkan akan tolak menolak dan yang tidak sama akan tarik menarik.
2. Secara umum terdapat 5 bentuk tetap magnet, yaitu Magnet Batang, Magnet Silinder, Magnet Jarum, Magnet Cincin, Magnet U (Magnet Ladam).
3. Ada tiga cara membuat magnet: menggunakan arus listrik searah (DC), menempelkan benda magnetik (induksi) seperti paku besi ke sebuah magnet dan menggosok-gosokkan magnet secara teratur pada satu arah ke benda magnetik

4. Sifat magnetik benda dapat dihilangkan dapat dihilangkan dengan cara pemanasan atau pemukulan dan mengalirkan arus listrik bolak balik (AC).
5. Magnet selalu mengarah ke utara dan selatan karena bumi bersifat sebagai sebuah magnet raksasa.
6. Manfaat magnet di antaranya: kompas, generator, motor listrik, alat pengangkut besi tua, hiasan kulkas, puzzle magnet dan lain-lain.
7. Umumnya medan magnet dapat ditemui di sekitar magnet. Namun secara tidak sengaja H.C Oersted menemukan bahwa di sekitar kawat berarus listrik ternyata juga terdapat medan magnet.

LATIHAN BAB VIII

1. Apa yang dimaksud dengan magnet?
2. Sebut dan jelaskan cara pembuatan magnet sementara dan cara menghilangkan sifat magnet!
3. Jelaskan perbedaan antara inklinasi dan deklinasi lengkap dengan ilustrasi gambar!
4. Paparkan manfaat dari magnet dalam kehidupan sehari-hari!
5. Gambarkan dengan aturan tangan kanan arah medan magnet pada kawat berarus!

RUJUKAN DAN BAHAN BACA YANG DIANJURKAN

Arizona, K., Harjono, A., & Jufri, A. W. (2013). Pengaruh implementasi media tiga dimensi kemagnetan berbasis inkuiri

(MTDKBI) melalui strategi kooperatif terhadap kecakapan sosial. *Erudio Journal of Educational Innovation*, 1(2).

Arizona, K., Rokhmat, J., Ramdani, A., Gunawan, G., & Sukarso, A. A. (2023). Development of Student Magnetic Inquiry Project Results Sheet (SMIPRS) Integrated with Local Wisdom and Islamic Values. *KONSTAN-Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 8(01), 11-18.

Cooper, W.D. (1999). *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran Edisi kedua*, terjemahan Sahat Pakpahan. Erlangga: Jakarta.

Giancoli, D. C. (2005). *Physics Principles and Applications Sixth Edition*. Pearson Education Increase: United States

Harjono, A., Jufri, W., & Arizona, K. (2015). Implementasi Media Tiga Dimensi Kemagnetan Berbasis Inkuiri Melalui Strategi Kooperatif Terhadap Sikap Ilmiah Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1(1), 15-23.

Serway, R. A. & Jewett, J. W. (2004). *Physic for Scientists and Engineers, Six Edition*. California: Thomson Brook/Cole

Stocky, C. dkk. (2000). *Kamus Fisika Bergambar*, terjemahan Abdul Djamil Husin. Erlangga: Jakarta.

Tipler, P. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid II*, terjemahan Lea. P dan Rahmad W.A. Erlangga: Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Arizona, K., Harjono, A., & Jufri, A. W. (2013). Pengaruh implementasi media tiga dimensi kemagnetan berbasis inkuiri (MTDKBI) melalui strategi kooperatif terhadap kecakapan sosial. *Erudio Journal of Educational Innovation*, 1(2).
- Arizona, K., Nurhuda, M., & Saroja, G. (2019). Optimalisasi Titik Didih Minyak Goreng pada Suhu Tinggi Dengan Metode Perangkap Suhu. *KONSTAN-Jurnal Fisika dan Pendidikan Fisika*, 4(2), 98-115.
- Arizona, K. (2021). *Buku Ajar Elektronika Dasar*. Sanabil: Mataram.
- Arizona, K., Rokhmat, J., Ramdani, A., Gunawan, G., & Sukarso, A. A. (2023). Development of Student Magnetic Inquiry Project Results Sheet (SMIPRS) Integrated with Local Wisdom and Islamic Values. *KONSTAN-Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 8(01), 11-18.
- Cooper, W.D. (1999). *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran Edisi kedua*, terjemahan Sahat Pakpahan. Erlangga. Jakarta.
- Giancoli, D. C. (2005). *Physics Principles and Applications Sixth Edition*. Pearson Education Increase. United States
- Halliday, D. dan R. Resnick. (1992). *Fisika Jilid I*, terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. Erlangga. Jakarta.

- Harjono, A., Jufri, W., & Arizona, K. (2015). Implementasi Media Tiga Dimensi Kemagnetan Berbasis Inkuiri Melalui Strategi Kooperatif Terhadap Sikap Ilmiah Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1(1), 15-23.
- Kreith, F. (1986). *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas Edisi Ketiga*, terjemahan Arko Prijono. Erlangga. Jakarta.
- Masyithah, Z. dan B. Haryanto. (2006). *Buku Ajar Perpindahan Panas*. Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Prasetio, L. dan S. Setiawan. (1991). *Mengerti Fisika Seri: Termofisika*. Andi Offset: Yogyakarta.
- Serway, R. A. & Jewett, J. W. (2004). *Physic for Scientists and Engineers*, Six Edition. California: Thomson Brook/Cole
- Stocky, C. dkk. (2000). *Kamus Fisika Bergambar*, terjemahan Abdul Djamil Husin. Erlangga: Jakarta.
- Sucilestari, R., & Arizona, K. (2018). Pengaruh Project Based Learning pada Matakuliah Elektronika Dasar terhadap Kecakapan Hidup Mahasiswa Prodi Tadris Fisika UIN Mataram. *Konstan-Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 3(1), 26-35.
- Tipler, P. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1*, terjemahan Lea. P dan Rahmad W.A. Erlangga: Jakarta.

DAFTAR ISTILAH

A

Amplitudo: simpangan terjauh dari suatu getaran/gelombang.

Angka penting: semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran.

Arus listrik: banyaknya muatan listrik yang mengalir melalui suatu penampang kawat penghantar setiap sekon.

B

Besaran pokok: besaran yang sudah ditetapkan terlebih dahulu.

Besaran turunan: besaran yang dijabarkan dari besaran-besaran pokok.

Besaran: suatu yang dapat diukur dan dapat dinyatakan dengan angka dalam satuan.

Bunyi: gelombang longitudinal yang membutuhkan medium dalam perambatannya.

C

Cahaya: gelombang elektromagnetik yang merambat secara transversal.

Campuran: materi yang terdiri atas 2 (dua) atau lebih zat dan masih mempunyai sifat zat asalnya.

Campuran heterogen: campuran yang tidak serba sama karena seluruh bagiannya tidak bercampur secara merata.

Campuran homogen: campuran yang serba sama dan merata, sehingga tidak dapat dibedakan antara zat-zat yang bercampur di dalamnya, disebut juga dengan larutan. Campuran heterogen, yaitu campuran yang tidak serba sama karena seluruh bagiannya tidak bercampur secara merata

Cepat rambat gelombang: jarak yang ditempuh gelombang setiap satu periode atau hasil kali panjang gelombang dengan frekuensi gelombang.

D

Diamagnetik: zat-zat yang ditolak oleh magnet. Contoh: bismut, seng, garam dapur, dan timbal.

Dispersi cahaya: peristiwa penguraian cahaya menjadi penyusunnya seperti fenomena pembentukan Pelangi.

E

Energi kinetik: energi yang dimiliki oleh benda yang sedang bergerak.

Energi mekanik: jumlah energi potensial dan energi kinetik.

Energi potensial: energi yang dimiliki benda karena kedudukannya atau letaknya terhadap suatu acuan atau patokan tertentu.

Energi: kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja.

F

Ferromagnetik: bahan-bahan yang ditarik sangat kuat oleh magnet. Contohnya besi, baja, nikel, kobalt, dan logam campuran (alnico dan alkomax).

Frekuensi getaran: banyaknya getaran yang dilakukan benda dalam satu sekon

G

Gelombang berjalan: gelombang yang amplitudonya tetap pada setiap titik yang dilalui gelombang misalnya gelombang pada tali.

Gelombang diam: gelombang yang amplitudonya berubah, misalnya gelombang pada senar gitar yang dipetik.

Gelombang longitudinal: gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan arah getarannya.

Gelombang mekanik: gelombang yang dalam perambatannya memerlukan medium.

Gelombang transversal: gelombang yang arah rambatnya tegak lurus dengan arah getarannya.

Gelombang: suatu getaran yang merambat, selama perambatannya gelombang membawa energi.

Getaran: gerak bolak-balik suatu benda di sekitar titik tertentu (setimbang).

H

Hipermetropi: rabun dekat adalah salah satu jenis cacatmata yang penglihatannya tampak buram jika melihat benda-benda dekat.

J

Jarak: panjang lintasan yang ditempuh dan termasuk besaran skalar.

K

Kalor lebur: banyaknya kalor yang diperlukan untuk mengubah satu satuan massa zat padat menjadi cair pada titik leburnya.

Kalor uap: banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk mengubah 1 kg zat cair menjadi uap seluruhnya pada titik didihnya.

Kalor: perpindahan energi kinetik dari satu benda yang bersuhu lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah.

Kapasitas kalor: banyaknya kalor yang diperlukan oleh suatu benda sehingga suhunya naik 1°C .

Kecepatan adalah perpindahan suatu benda dibagi selang waktu (besaran vektor).

Kelajuan: jarak yang ditempuh suatu benda dibagi selang waktu atau waktu untuk menempuh jarak tersebut (besaran skalar).

Koloid: campuran yang terletak antara larutan dengan suspense.

Konduksi: proses hantaran panas dari daerah bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung.

Konveksi: pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan.

M

Materi: segala sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruang.

Medan listrik: ruang di sekitar muatan listrik, di mana gaya elektrostatik masih berpengaruh.

Membeku: peristiwa perubahan wujud dari cair menjadi padat.

Mencair: peristiwa perubahan wujud zat dari padat menjadi cair.

Mengembun: peristiwa perubahan wujud dari gas menjadi cair.

Mengkristal (menghablur): Peristiwa perubahan wujud dari gas menjadi padat.

Menguap: peristiwa perubahan wujud dari cair menjadi gas.

Menyublim: peristiwa perubahan wujud dari padat menjadi gas.

Miopi: rabun jauh adalah salah satu jenis cacat mata yang penglihatannya tampak buram jika melihat benda-benda jauh.

Muatan listrik suatu benda terjadi karena susunan partikel benda yang terdiri dari molekul-molekul dan atom, yang di dalamnya terdapat proton dan elektron dalam jumlah tertentu.

N

Notasi ilmiah: cara untuk mengekspresikan (menampilkan) angka yang terlalu besar atau terlalu kecil untuk ditampilkan dalam bentuk desimal.

P

Panjang gelombang: panjang satu bentuk gelombang. Panjang gelombang didapat dengan melihat panjang satu bukit dan satu buah lembah.

Paramagnetik: zat-zat yang ditarik dengan lemah oleh magnet atau tidak dapat ditarik oleh magnet. Contoh tembaga, kayu dan gelas.

Pembakaran: reaksi kimia antara materi yang terbakar dengan oksigen.

Pembusukan: peristiwa perubahan kimia karena mikroorganisme.

Periode getaran: selang waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu getaran penuh.

Perkaratan: reaksi kimia antara logam dengan udara (oksigen) dan air.

Perpindahan: perubahan posisi benda dari keadaan awal ke keadaan akhir dan termasuk besaran vektor.

Presbiopi: cacat mata yang lebih banyak disebabkan oleh faktor usia.

R

Radiasi: energi dipancarkan dan diserap oleh benda-benda dalam bentuk radiasi elektromagnetik.

Refleksi cahaya: peristiwa pemantulan cahaya yang mana berkas cahaya yang datang mengenai suatu benda disebut *sinar datang*, sedangkan berkas cahaya yang meninggalkan benda (dipantulkan) disebut *sinar pantul*.

Refraksi cahaya: peristiwa pembelokan arah rambat cahaya, yang terjadi ketika cahaya tersebut berpindah dari medium satu ke medium lainnya.

S

Satuan baku: satuan yang digunakan untuk melakukan pengukuran dalam hasil yang sama atau tetap.

Satuan tidak baku: satuan yang digunakan untuk melakukan pengukuran dengan hasil yang tidak sama untuk orang yang berlainan.

Satuan: perbandingan dalam suatu pengukuran.

Senyawa: zat tunggal yang masih dapat diuraikan menjadi zat-zat lain yang lebih sederhana secara reaksi kimia, dimana sifat senyawa berbeda dengan sifat-sifat unsur pembentuknya.

Suhu: ukuran mengenai panas dan dinginnya benda.

Suspensi: campuran kasar serta umumnya tampak keruh dan terdiri dari berbagai fasa, contoh: air sungai, minyak dengan air.

T

Taraf intensitas bunyi: perbandingan nilai logaritma antara intensitas bunyi yang diukur (I) dengan intensitas ambang pendengaran (I_0)

Tegangan listrik: beda potensial antara dua titik dalam suatu rangkaian listrik.

U

Unsur: zat tunggal yang tidak dapat diuraikan lagi secara kimia menjadi zat-zat lain yang lebih sederhana.

INDEKS

A

Amplitudo, 110, 114, 117, 125, 218
Angka penting, 16, 24, 218
Arus listrik, 184, 187, 188, 190, 195, 197, 213, 218

B

Besaran, iii, iv, vi, 2, 3, 5, 8, 9, 12, 23, 110, 113, 136, 139, 218
Besaran pokok, 2, 3, 23, 218
Besaran turunan, 8, 218
Bunyi, iv, vi, ix, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 129,
130, 131, 137, 138, 218

C

Cahaya, iv, ix, 139, 141, 142, 144, 145, 146, 150, 152, 162, 163,
164, 165, 218
Cair, vii, viii
Campuran, vi, 28, 30, 31, 32, 33, 202, 218
Campuran heterogen, 31, 218
Campuran homogen, 31, 218
Cepat rambat gelombang, 114, 218

D

Diamagnetik, 219
Dispersi, 219

E

Energi, iii, iv, viii, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 80, 96,
100, 101, 106, 157, 219
Energi kinetik, 65, 219

Energi mekanik, 72, 80, 219

F

Ferromagnetik, 219

Fisika, ii, iii, 2, 9, 24, 32, 40, 81, 107, 138, 166, 198, 215, 216, 217, 227, 228

Frekuensi, 110, 111, 112, 115, 123, 124, 219

G

Gas, vii, viii, 28, 29

Gelombang, iv, viii, ix, 108, 109, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 123, 128, 136, 137, 219, 220

Gelombang berjalan, 119, 219

Gelombang diam, 119, 219

Gelombang longitudinal, 118, 219

Gelombang mekanik, 116, 219

Gelombang trasnversal, 220

Getaran, iv, viii, 108, 109, 110, 111, 119, 136, 220

H

Hipermetropi, ix, 155, 220

J

Jarak, vii, 28, 43, 45, 46, 48, 74, 110, 117, 128, 153, 220

K

Kalor, iii, iv, vi, 83, 84, 85, 96, 97, 98, 99, 100, 106, 220

Kalor lebur, 220

Kalor uap, 220

Kamera, iv, ix, 162, 163

Kapasitas kalor, 220

Kecepatan, vii, ix, 3, 48, 101, 104, 120, 135, 220

Kelajuan, 47, 220

Koloid, 31, 220
Konduksi, viii, 101, 220
Konveksi, 103, 221

L

Listrik, iv, v, viii, ix, x, 167, 168, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177,
178, 179, 180, 181, 184, 185, 187, 210, 211
Listrik Statis, 168
Lup, iv, ix, 157, 158, 161

M

Magnet, v, x, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 209, 211,
212, 213, 214
Materi, ii, iii, vii, 25, 26, 28, 32, 39, 221, 227
Medan listrik, 178, 180, 221
Membeku, 33, 94, 221
Mencair, 33, 94, 221
Mengembun, 33, 95, 221
Mengkristal, 95, 221
Menguap, 33, 95, 221
Menyublim, 33, 95, 221
Mikroskop, iv, ix, 159
Miopi, ix, 154, 221
Muatan, iv, ix, x, 167, 168, 169, 170, 173, 174, 175, 176, 177, 179,
181, 182, 183, 186, 196, 197, 221

N

Notasi ilmiah, 14, 15, 23, 221

P

Padat, vii
Panas, 61, 91, 107
Panjang gelombang, 113, 117, 221

Paramagnetik, 222
Pembakaran, vii, 35, 222
Pembusukan, vii, 35, 222
Periode, 110, 112, 115, 222
Perkaratan, 28, 36, 222
Perpindahan, iv, vii, 45, 46, 100, 103, 106, 107, 182, 222
Presbiopi, 156, 222

R

Radiasi, 104, 222
Refleksi, 142, 222
Refraksi, 146, 222

S

Satuan, vi, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 60, 129, 185, 187, 193, 197, 222
Satuan baku, 222
Satuan tidak baku, 222
Senyawa, vi, vii, 30, 32, 223
Suhu, iii, viii, ix, 3, 83, 84, 85, 86, 88, 94, 100, 103, 105, 121, 165,
223
Suspensi, 31, 223

T

Taraf intensitas bunyi, 129, 131, 133, 137, 223
Tegangan listrik, 195, 223
Teropong, iv, ix, 161, 162

U

Unsur, vii, 29, 30, 223

Z

Zat, vi, viii, 29, 98, 99, 100, 192, 201, 202

BIODATA PENULIS



Kurniawan Arizona, S.Si. M.Pd. seorang anak dari Ibunda Hj. Siti Zohrah dan Ayahanda H. Napiah (almarhum). Lahir di Sakra Lombok Timur NTB pada tanggal 16 April 1987. Penulis telah menyelesaikan S1 pada Prodi Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2010 dan S2 Prodi Magister Pendidikan IPA Konsentrasi Pendidikan Fisika Universitas Mataram pada tahun 2013. Pengalaman mengajar diawali di Universitas Muhammadiyah (tahun 2011-2012), Universitas Mataram (tahun 2014-2016), IAIN Mataram (2015-2017) dan mulai 2017 sampai sekarang menjadi dosen tetap di Prodi Tadris Fisika Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) Universitas Islam Negeri (UIN) Mataram. Matakuliah yang pernah diampu diantaranya Fisika Dasar 1 dan 2, Fisika Umum, Elektronika Dasar, Elektronika Lanjut, Metodologi Penelitian, Statitika Dasar, Ilmu Falak, Ilmu Alamiyah Dasar, dan Inovasi Pembelajaran Fisika. Saat ini aktif sebagai Editor Jurnal Transformasi dan Jurnal KONSTAN UIN Mataram.