



KONSEP DASAR
FISIKA

Media Roza, M.Si.
Rita Desmawati, M.Pd.

KONSEP DASAR FISIKA

Media Roza, M.Si.
Rita Desmawati, M.Pd.



KONSEP DASAR FISIKA
© Media Roza, M.Si., Rita Desmawati., M.Pd.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
All right reserved

Penulis : Media Roza, M.Si.,
Rita Desmawati, M.Pd.
Editor : Marcella Fransiska
Tata Letak : Sabiq Ghidafian
Desain Sampul : Hilman F.N.

Cetakan Pertama, Oktober 2017

Penerbit:

Imam Bonjol Press

Alamat: Jl. Prof. Mahmud Yunus Lubuk Lintah Sumatera Barat

Kode Pos: 25153, Telp (0751) 24435-35711, Fax. (0751) 20923

E-mail: ib_press@yahoo.com

Perpustakaan Nasional : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Media Roza, M.Si.,

Rita Desmawati, M.Pd.

KONSEP DASAR FISIKA

/ Media Roza, M.Si.,

Rita Desmawati, M.Pd.;

Cet. I--Padang: Imam Bonjol Press, 2017

vi + 190 hlm. 15.5 X 23 cm

ISBN: 978-602-5515-03-3

SINOPSIS

Fisika adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari mengenai gejala-gejala alam. Fisika lahir dan berkembang dari hasil percobaan dan pengamatan. Percobaan (eksperimen) dan pengamatan (observasi) memerlukan pengukuran (*measurement*) dengan bantuan alat-alat ukur, sehingga diperoleh data/hasil pengamatan yang bersifat kuantitatif. Fisika mempelajari materi, energi, dan fenomena atau kejadian alam, baik yang bersifat makroskopis (berukuran besar, seperti gerak bumi mengelilingi matahari) maupun yang bersifat mikroskopis (berukuran kecil, seperti gerak elektron mengelilingi inti) yang berkaitan dengan perubahan zat atau energi. Dengan kata lain, fisika merupakan studi atau kajian yang menelaah ayat-ayat kauniyah (ayat-ayat Allah) yang terdapat di alam, sehingga diharapkan manusia dapat memahaminya serta memanfaatkannya sebagai rasa pengabdian kepada Sang Kholik.

Buku konsep dasar fisika ini memuat pengetahuan dasar tentang **besaran, satuan dan pengukuran**, Fenomena alam baik secara makro maupun mikro dapat ditunjukkan melalui sifat-sifat besaran fisika tersebut serta hubungan antara satu besaran dengan besaran lainnya. Kemampuan memahami berbagai gejala alam ini sangat berkaitan dengan 2 hal, yakni pemahaman tentang besaran dan kemampuan mengukur yang digambarkan dalam bentuk angka-angka. **Gerak/mekanika** (kinematika dan dinamika), gerak bersifat relatif berdasarkan titik acuan. Titik acuan bermanfaat untuk menentukan seberapa jauh suatu benda telah bergerak, tetapi tidak bisa untuk menentukan seberapa cepat geraknya. Kecepatan gerak tidak hanya ditentukan oleh perubahan kedudukan, tetapi juga terkait dengan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perubahan tersebut. **Usaha dan energi, pesawat sederhana, suhu dan kalor, sifat-sifat zat, cahaya, kelistrikan, dan kemagnetan**. Buku ini juga disajikan dengan mengaitkan fenomena alam dengan ayat Al-Quran.

Semoga buku ini bermanfaat dalam memperoleh pengetahuan, pemahaman, dan kemampuan menganalisis segala hal yang berkaitan dengan fenomena alam sehingga mampu hidup selaras berdasarkan hukum alam, mampu mengelola sumber daya alam dan lingkungan serta mampu mengurangi dampak bencana alam di sekitar.

1. Besaran dan Satuan

DAFTAR ISI

BESARAN DAN SATUAN.....	4
A. Konsep Besaran dan Satuan.....	4
B. Macam-Macam Besaran.....	5
C. Analisis Dimensi.....	10
D. Notasi Ilmiah.....	11
PENGUKURAN.....	13
A. Konsep Pengukuran.....	13
B. Ketelitian dan Akurasi Pengukuran.....	14
C. Pengukuran Besaran Panjang, Massa, dan Waktu.....	14
D. Ketidakpastian dalam Pengukuran.....	18
E. Angka Penting.....	19
GERAK LURUS BERATURAN (GLB).....	23
A. Pengertian Gerak Lurus Beraturan (GLB).....	23
B. Besaran-Besaran dalam Gerak Lurus Beraturan.....	24
GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN (GLBB).....	30
A. Pengertian Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB).....	30
B. Gerak Dipercepat (Percepatan).....	30
C. Gerak Diperlambat.....	31
D. Gerak Vertikal.....	32
GAYA DAN HUKUM-HUKUM NEWTON TENTANG GERAK.....	38
A. Gaya dan Pengaruhnya pada Benda.....	38
B. Hukum I Newton tentang Gerak.....	39
C. Hukum II Newton tentang Gerak.....	41
D. Hukum III Newton tentang Gerak.....	45
PENERAPAN HUKUM-HUKUM NEWTON TENTANG GERAK.....	47
A. Penerapan Hukum-Hukum Newton tentang Gerak dalam Kehidupan.....	47
B. Menyelesaikan Soal-Soal tentang Gaya dan Gerak.....	48

1. Besaran dan Satuan

MENERAPKAN KONSEP ENERGI DAN USAHA SERTA APLIKASINYA.....	55
A. Energi.....	55
B. Usaha.....	59
C. Daya.....	62
SIFAT-SIFAT ZAT.....	65
A. Pengertian Zat.....	65
B. Partikel Zat.....	65
C. Wujud Zat dan Sifatnya.....	66
D. Sifat-Sifat Gas.....	74
E. Perubahan Wujud Zat.....	77
KALOR.....	81
A. Pengertian Kalor.....	81
B. Pengaruh Kalor pada Suhu Benda.....	82
C. Hukum Kekekalan Energi pada Kalor (Asas Black).....	84
D. Perpindahan Kalor.....	85
PESAWAT SEDERHANA.....	91
A. Pengertian Pesawat Sederhana.....	91
B. Jenis-Jenis Pesawat Sederhana.....	92
C. Keuntungan Mekanik Menggunakan Pesawat Sederhana.....	94
D. Efisiensi Pesawat Sederhana.....	96
CAHAYA & PEMANTULANNYA.....	98
A. Pengetian Cahaya.....	98
B. Proses Penglihatan Benda oleh Mata.....	99
C. Sifat-Sifat Cahaya.....	99
D. Berkas Cahaya.....	102
E. Sumber Cahaya.....	102
F. Rambatannya Cahaya.....	103
G. Kecepatan Cahaya.....	104
H. Pemantulan Cahaya.....	104
LISTRIK STATIS & RANGKAIAN LISTRIK ARUS SEARAH.....	111
A. Pengertian Listrik Statis.....	111
B. Muatan listrik.....	112

1. Besaran dan Satuan	
C. Hukum Coulomb.....	116
D. Medan Listrik.....	117
E. Arus listrik.....	118
F. Hambatan dan Faktor yang Mempengaruhi.....	120
G. Rangkaian Seri dan Paralel.....	121
MEDAN MAGNET.....	124
A. Pengertian Medan Magnet.....	124
B. Bahan-Bahan Magnet.....	125
C. Cara Membuat Magnet.....	126
D. Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus Listrik.....	128
E. Gaya Lorentz.....	130
DAFTAR KEPUSTAKAAN.....	132
INDEKS.....	133
BIOGRAFI PENULIS.....	135

BESARAN DAN SATUAN

Ilmu Pengetahuan Alam sering dikatakan sebagai pokok ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan berbagai fenomena alam. Kemampuan memahami berbagai gejala alam ini sangat berkaitan dengan 2 hal, yakni pemahaman tentang besaran dan kemampuan mengukur yang digambarkan dalam bentuk angka-angka.

Salah satu cabang IPA adalah ilmu fisika (dari bahasa Yunani yang berarti alam). Fisika adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari mengenai gejala-gejala alam. Fisika adalah salah satu ilmu pengetahuan alam dasar yang banyak digunakan sebagai dasar bagi ilmu-ilmu yang lain. Fisika mempelajari materi, energi, dan fenomena atau kejadian alam, baik yang bersifat makroskopis (berukuran besar, seperti gerak bumi mengelilingi matahari) maupun yang bersifat mikroskopis (berukuran kecil, seperti gerak elektron mengelilingi inti) yang berkaitan dengan perubahan zat atau energi. Fisika merupakan studi atau kajian yang menelaah ayat-ayat kauniyah (ayat-ayat Allah) yang terdapat di alam, sehingga diharapkan manusia dapat memahaminya serta memanfaatkannya sebagai rasa pengabdian kita kepada Sang Kholik. Fenomena alam baik secara makro maupun mikro dapat ditunjukkan melalui sifat-sifat besaran fisika tersebut serta hubungan antara satu besaran dengan besaran lainnya.

Untuk memudahkan dalam mengungkap gejala alam, digunakan berbagai lambang notasi yang mewakili besaran-besaran fisika, misalnya massa (m), panjang (l), waktu (t), laju (v), suhu (T) dan sebagainya.

A. Konsep Besaran dan Satuan

Fisika lahir dan berkembang dari hasil percobaan dan pengamatan. Percobaan (eksperimen) dan pengamatan (observasi) memerlukan pengukuran (*measurement*) dengan bantuan alat-alat ukur, sehingga diperoleh data/hasil pengamatan yang bersifat kuantitatif. Sebagai contoh, hasil pengukuran pada suatu percobaan diperoleh panjang terukur 4 meter, volume air 10 cm³ pada suhu 15 °C. Dalam fisika, panjang, volume, dan suhu adalah sesuatu yang dapat diukur. Q.S. Al-Furqan ayat 2 juga telah menjabarkan bahwa Allah telah menciptakan segala sesuatu dan telah menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya.

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَرِيْكٌ فِي الْمَلِكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيْرًا ۝۲

Artinya :

“yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan(Nya), dan **Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya.**” (Al Furqan:2)

Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur, mempunyai nilai dan dapat dinyatakan dalam angka. Besaran mempunyai dua komponen utama, yaitu nilai dan satuan. Dalam ilmu fisika, perlu diingat bahwa tidak semua besaran fisika mempunyai satuan, sebagai contoh indeks bias dan massa jenis relatif. Besaran yang dapat diukur dan memiliki satuan disebut besaran fisika. Misalnya panjang, massa, waktu, suhu, dan lainnya. Sedangkan besaran yang tidak dapat diukur dan tidak memiliki satuan bukanlah besaran fisika. Seperti sedih, senang, kesetiaan, marah dan lainnya.

Besaran juga dapat dibedakan atas besaran yang dapat diukur langsung dengan alat dan besaran yang tidak dapat diukur langsung dengan alat. Panjang, volume, waktu, dan kecepatan adalah contoh besaran yang dapat diukur langsung dengan alat. Sedangkan besarnya energi yang dimiliki suatu benda

koefisien gaya gesekan, dan koefisien pemuai benda, adalah contoh besaran yang tidak dapat diukur langsung dengan alat, melainkan diperoleh melalui perhitungan dari besaran-besaran lain.

Satuan adalah pembandingan dalam suatu pengukuran. Satuan yang digunakan untuk melakukan pengukuran dengan hasil yang sama atau tetap untuk semua orang disebut satuan baku, contohnya: meter, kilogram, sekon, Kelvin, dll. Sedangkan satuan yang memberikan hasil pengukuran yang berbeda-beda untuk setiap orang adalah satuan tidak baku, contohnya jengkal, hasta, depa, langkah, dll. Syarat satuan yang baik adalah bersifat **tetap**, artinya tidak mengalami perubahan karena pengaruh apapun, bersifat **internasional**, artinya dipakai di seluruh negara, dan **mudah ditiru** bagi setiap orang yang akan menggunakannya.

B. Macam-Macam Besaran

1. Besaran Pokok dan Besaran Turunan

Berdasarkan satuannya, besaran terdiri atas besaran pokok dan besaran turunan. Besaran pokok adalah besaran yang satuannya didefinisikan sendiri berdasarkan hasil konferensi internasional. Terdapat 7 besaran pokok, yaitu panjang, massa, waktu, kuat arus, suhu, jumlah zat, dan intensitas cahaya. Perhatikan Tabel 1 dan lengkapi.

Tabel 1. Besaran Pokok dalam Satuan Internasional

No	Besaran	Satuan	Simbol satuan	Alat ukur
1	Panjang	Meter (sama dengan jarak yang ditempuh oleh cahaya dalam ruang hampa pada selang waktu $1/299792458$ sekon)	m	Mistar, jangka sorong (0,1 mm), micrometer sekrup (0,01), dan lainnya
2	Massa	Kilogram (massa sebuah silinder yang terbuat dari campuran platina-iridium)	kg	Timbangan/neraca
3	Waktu	Sekon (waktu yang diperlukan oleh atom <i>Cesium-133</i> untuk bergetar sebanyak 9.192.61.770 kali)	s	Jam, stopwatch,
4	Suhu	kelvin	K	termometer
5	Kuat Arus	ampere	A	ampermeter
6	Intensitas Cahaya	kandela	cd	
7	Jumlah zat	mole	mol	

Besaran turunan adalah besaran yang dapat diturunkan atau didefinisikan dari besaran pokok. Satuan besaran turunan disesuaikan dengan satuan besaran pokoknya. Salah satu contoh besaran turunan yang sederhana ialah luas. Luas merupakan hasil kali dua besaran panjang, yaitu panjang dan lebar. Oleh karena itu, luas merupakan turunan dari besaran panjang.

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= \text{besaran panjang} \times \text{besaran panjang} \\ \text{Satuan luas} &= \text{meter} \times \text{meter} \\ &= \text{meter persegi (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

Contoh besaran turunan lainnya adalah massa jenis, kecepatan, gaya, usaha, dan lain-lain. Contoh besaran turunan tersebut dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Contoh Besaran Turunan dan Satuannya

No	Besaran	Simbol	Penjabaran dari Besaran Pokok	Satuan
1	Kecepatan	v	Perpindahan : waktu	m/s
2	Percepatan	a	Kecepatan : waktu	m/s ²
3	Massa jenis	ρ	Massa : volume	Kg/m ³
4	Usaha	W	Gaya x perpindahan	Joule = kg m ² s ⁻²
5	Kalor	Q	Massa x kalor jenis x suhu	Joule = kg m ² s ⁻²
6	Energi kinetik	Ek	$\frac{1}{2}$ x massa x kecepatan ²	Joule = kg m ² s ⁻²
7	Energi potensial	Ep	Massa x gravitasi x jarak	Joule = kg m ² s ⁻²
8	Tekanan	p	Gaya : luas	Pascal = N/m ² = kg m ⁻¹ s ⁻²
9	Gaya	F	Massa x percepatan	Newton = kg m s ⁻²
10	Daya	P	Usaha : waktu	Watt = kg m ² s ⁻³

Kelompokkanlah besaran berikut ke dalam besaran pokok, besaran turunan, besaran vektor, dan besaran skalar:

Gaya, tekanan, panjang, usaha, daya, luas, massa, volume, massa jenis, waktu, kecepatan, percepatan, energi, jumlah zat, frekuensi, muatan listrik, kuat arus listrik, potensial listrik, hambatan listrik, dan suhu

2. Satuan

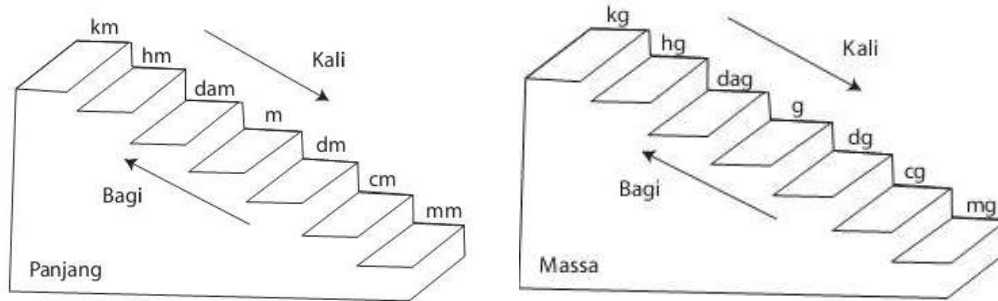
Satuan merupakan salah satu komponen besaran yang menjadi standar dari suatu besaran. Sebuah besaran tidak hanya memiliki satu satuan saja. Besaran panjang ada yang menggunakan satuan inci, kaki, mil, dan sebagainya. Untuk massa dapat menggunakan satuan ton, kilogram, gram, dan sebagainya. Adanya berbagai macam satuan untuk besaran yang sama akan menimbulkan kesulitan. Kalian harus melakukan penyesuaian-penyesuaian tertentu untuk memecahkan persoalan yang ada. Dengan adanya kesulitan tersebut, para ahli sepakat untuk menggunakan satu sistem satuan, yaitu menggunakan satuan standar Sistem Internasional, disebut *Systeme Internationale d'Unites* (SI).

Satuan Internasional adalah satuan yang diakui penggunaannya secara internasional serta memiliki standar yang sudah baku. Satuan ini dibuat untuk menghindari kesalahpahaman yang timbul dalam bidang ilmiah karena adanya perbedaan satuan yang digunakan. Pada awalnya, Sistem Internasional disebut sebagai Metre – Kilogram – Second (MKS). Selanjutnya pada Konferensi Berat dan Pengukuran Tahun 1948, tiga satuan yaitu newton (N), joule (J), dan watt (W) ditambahkan ke dalam SI. Akan tetapi, pada tahun 1960, tujuh Satuan Internasional dari besaran pokok telah ditetapkan yaitu meter, kilogram, sekon, ampere, kelvin, mol, dan kandela.

Sistem MKS menggantikan sistem metrik, yaitu suatu sistem satuan desimal yang mengacu pada meter, gram yang didefinisikan sebagai massa satu sentimeter kubik air, dan detik. Sistem itu juga disebut sistem Centimeter – Gram – Second (CGS). Satuan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu satuan tidak baku dan satuan baku. Standar satuan tidak baku tidak sama di setiap tempat, misalnya jengkal dan hasta. Sementara itu, standar satuan baku telah ditetapkan sama di setiap tempat.

3. Konversi Satuan Besaran

Untuk memudahkan dalam melakukan konversi satu satuan SI besaran panjang, dan massa ke satuan SI lainnya dapat kita gunakan tangga satuan besaran panjang dan massa di bawah ini!



Selain satuan di atas juga diketahui:

1 mil	= 1760 yard (1 yard adalah jarak pundak sampai ujung jari tangan orang dewasa).
1 yard	= 3 feet (1 feet adalah jarak tumit sampai ujung jari kaki orang dewasa).
1 feet	= 12 inci (1 inci adalah lebar maksimal ibu jari tangan orang dewasa).
1 inci	= 2,54 cm
1 ton	= 1000 kg
1 ons (oz)	= 0,02835 kg = 0,1 kg
1 kuintal	= 100 kg
1 pon (lb)	= 0,4536 kg = 0,5 kg
1 slug	= 14,59 kg
1 liter	= 1 dm ³
1 cc	= 1 cm ³ = 1 mL

Seperti pada besaran panjang dan massa, besaran waktu juga memiliki beberapa satuan yang dapat saling dikonversikan. Satuan-satuan besaran waktu antara lain jam, menit, dan detik.

1 jam	= 60 menit atau 1 menit
	= 1/60 jam
1 menit	= 60 sekon atau 1 sekon
	= 1/60 menit
1 jam	= 3.600 sekon atau 1 sekon
	= 1/3.600 jam

Awalan dalam Sistem Internasional terlihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Awalan dalam SI

No	Awalan	Lambang	Konversi	No	Awalan	Lambang	Konversi
1	Atto	a	10 ⁻¹⁸	9	Deka	da	10 ¹
2	femto	f	10 ⁻¹⁵	10	Hekto	h	10 ²
3	piko	p	10 ⁻¹²	11	Kilo	k	10 ³
4	nano	n	10 ⁻⁹	12	Mega	M	10 ⁶
5	mikro	μ	10 ⁻⁶	13	Giga	G	10 ⁹
6	mili	m	10 ⁻³	14	Tera	T	10 ¹²
7	centi	c	10 ⁻²	15	Peta	P	10 ¹⁵
8	Desi	d	10 ⁻¹	16	eksa	E	10 ¹⁸

4. Besaran Skalar dan Besaran Vektor

Berdasarkan nilai dan arahnya besaran dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu besaran vektor dan besaran skalar. **Besaran skalar merupakan besaran yang memiliki besar dan tidak memiliki arah. Sementara besaran vektor adalah besaran yang memiliki besar dan arah.** Pernyataan bahwa massa sebuah bola adalah 0,25 kg menunjukkan semua yang kita butuhkan untuk mengetahui tentang massanya. Khususnya, tidak ada arah tertentu ketika massa ditunjukkan. Hal yang sama adalah waktu yang diperlukan bola untuk menempuh jarak tertentu. Oleh karena itu, massa dan waktu adalah contoh besaran skalar. Contoh besaran skalar lainnya adalah suhu, energi benda yang bergerak, dan muatan listrik. Adapun beberapa contoh besaran vektor adalah kecepatan, gaya, dan medan listrik.

Suatu vektor dapat dinotasikan dengan pemberian tanda panah di atas nama vektor (\vec{A}), cetak tebal (**A**), ataupun dengan cetak miring (*A*). Karena vektor merupakan suatu besaran yang memiliki nilai dan arah, pada vektor dilakukan operasi aritmatika sederhana dengan catatan bahwa vektor tersebut sejenis dan berada pada arah yang sama. Vektor yang memiliki nilai sama tetapi memiliki arah yang berbeda, dapat dituliskan dengan $\mathbf{A} = -\mathbf{B}$.

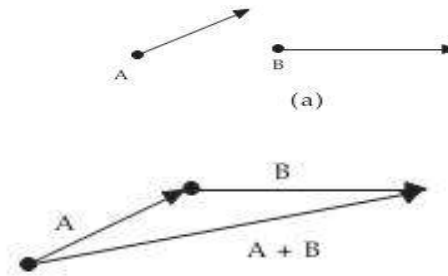
a. Penjumlahan dan pengurangan vektor

Jika kita ingin menjumlahkan atau mengurangi suatu vektor, yakinkan bahwa vektor tersebut berada pada bagian yang sama. Penjumlahan dan pengurangan vektor dapat dilakukan dengan beberapa cara, di antaranya adalah dengan menggunakan metode poligon ataupun dengan operasi aljabar. Jika digunakan grafik, sebaiknya digunakan kertas grafik sehingga didapatkan hasil yang tepat. Hasil penjumlahan atau pengurangan suatu vektor disebut dengan vektor resultan.

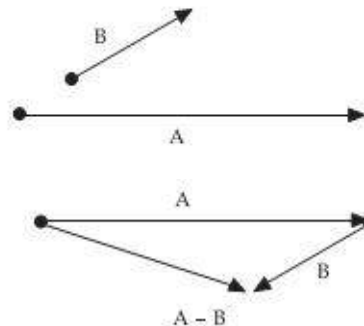
1) Metode Segitiga

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

5. Lukislah vektor pertama sesuai dengan nilai dan arahnya, misalnya **A**!
6. Lukislah vektor kedua, misalnya **B**, sesuai nilai dan arahnya dengan titik tangkapnya berimpit pada ujung vektor pertama!
7. Hubungkan titik tangkap vektor pertama (**A**) dengan ujung vektor kedua (**B**)!



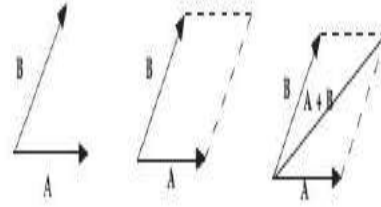
Selisih dua buah vektor dapat diketahui dengan cara seperti penjumlahan vektor. Misalnya, selisih dua buah vektor **A** dan **B** adalah **C**, juga dapat dinyatakan $\mathbf{C} = \mathbf{A} - \mathbf{B}$ atau $\mathbf{C} = \mathbf{A} + (-\mathbf{B})$. Hal ini menunjukkan bahwa selisih antara vektor **A** dan **B** adalah hasil penjumlahan vektor **A** dan $-\mathbf{B}$, dengan $-\mathbf{B}$ adalah vektor yang berlawanan arah dengan **B** tetapi nilainya sama dengan **B**.



2) Metode Jajargenjang

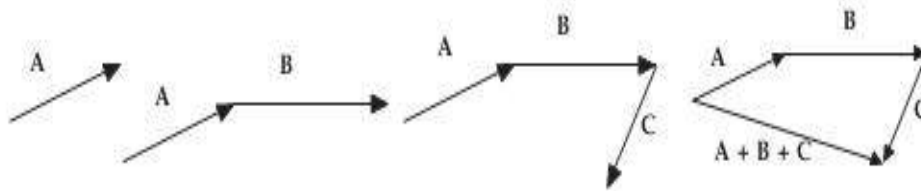
Langkahnya:

- 3) Lukis vektor pertama dan vektor kedua dengan titik pangkal berimpit
- 4) Lukis sebuah jajargenjang dengan kedua vektor tersebut sebagai sisi-sisinya
- 5) Resultan kedua vektor adalah diagonal jajargenjang yang titik pangkalnya sama dengan titik pangkal kedua vektor.



3) Metode polygon

Metode polygon digunakan untuk menjumlahkan dua buah vektor atau lebih, metode ini merupakan pengembangan dari metode segitiga.



4) Metode analitis

Metode yang paling baik (tepat) untuk menentukan resultan beberapa vektor dan arahnya adalah metode analisis. Metode ini, mencari resultan dengan cara perhitungan bukan pengukuran, yaitu menggunakan rumus kosinus dan mencari arah vektor resultan dengan menggunakan rumus sinus.

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$$

Keterangan:

R : resultan vektor

F_1 : vektor pertama

F_2 : vektor kedua

α : sudut apit antara kedua vektor

Contoh:

Diketahui dua buah vektor, masing-masing besarnya 8 N dan 6 N. Tentukan nilai resultan kedua vektor tersebut, jika titik pangkalnya berimpit dan membentuk sudut 60° !

Diketahui $F_1 = 8 \text{ N}$

$F_2 = 6 \text{ N}$

$\alpha = 60^\circ$

Ditanyakan : $R = \dots?$

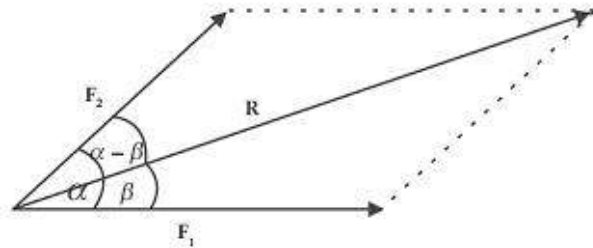
Jawab :

$$\begin{aligned}
 R &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha} \\
 &= \sqrt{8^2 + 6^2 + 2 \cdot 8 \cdot 6 \cos 60^\circ} \\
 &= \sqrt{(64 + 36) + 24} \\
 &= \sqrt{124}
 \end{aligned}$$

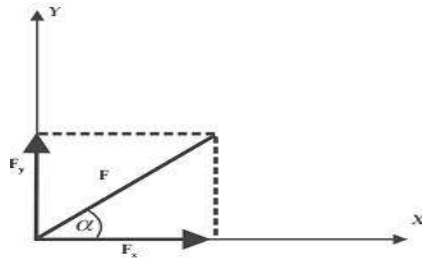
Menentukan arah resultan vektor menggunakan rumus sinus

$$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{F_1}{\sin (\alpha - \beta)} = \frac{F_2}{\sin \beta}$$

Tentukan terlebih dahulu resultan (R)



5) Menguraikan vektor



$$F_x = F \cos \theta \text{ dan } F_y = F \sin \theta$$

Maka **besar vektor F** adalah :

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Sedangkan **arah vektor F** adalah :

$$\tan \theta = \frac{F_y}{F_x}$$

6) Perkalian skalar dengan vektor

Hasil perkalian atau pembagian antara vektor dengan skalar, adalah sebuah vektor. Jika besaran skalar bernilai positif, arah vektor yang dihasilkan sama dengan arah vektor. Jika skalar bernilai negatif, arah vektor yang dihasilkan berlawanan dengan arah vektor sebelumnya.

C. Analisis Dimensi

Dalam fisika banyak besaran yang sebenarnya terbentuk atau tersusun atas besaran lain, atau besaran yang satu dengan lainnya sebenarnya sejenis. Misalnya, jarak yang ditempuh partikel selama bergerak lurus dengan keliling suatu lingkaran adalah dua besaran sejenis yang sama-sama merupakan besaran panjang. Kelajuan adalah jarak yang ditempuh tiap satu satuan waktu. Artinya, besaran kelajuan tersebut sebenarnya tersusun dari besaran panjang dibagi waktu. **Gambaran yang menggambarkan bagaimana suatu besaran terbentuk atau tersusun dari besaran-besaran lain disebut dengan dimensi.** Atau dengan kata lain **dimensi adalah cara penulisan suatu besaran dengan**

menggunakan simbol (lambang) besaran pokok. Dimensi suatu besaran yang dinyatakan dengan lambang huruf tertentu, biasanya diberi tanda []. Perhatikan Tabel 4.

Tabel 4. Lambang Dimensi Besaran-Besaran Pokok

NO	BESARAN	SATUAN	SIMBOL SATUAN	LAMBANG DIMENSI
1	Panjang	meter	m	[L]
2	Massa	Kilogram	kg	[M]
3	Waktu	Sekon	s	[T]
4	Suhu	kelvin	K	[Θ]
5	Kuat Arus	ampere	A	[I]
6	Intensitas Cahaya	kandela	cd	[J]
7	Jumlah zat	mole	mol	[N]

Dimensi besaran turunan dapat disusun dari dimensi besaran-besaran pokok.

Contoh **kelajuan**, dimensinya adalah $[v] = L/T = LT^{-1}$.

Dimensi ini diperoleh dari definisi bahwa kelajuan adalah jarak tempuh dibagi waktu.

Jarak tempuh termasuk besaran panjang, dan dimensinya L,

Besaran waktu memiliki dimensi T.

Dengan demikian, dimensi kelajuan menjadi $L/T = LT^{-1}$ dengan satuan m/s, km/jam, atau lainnya.

Selain dapat menggambarkan suatu besaran dalam besaran lain, analisis dimensi juga dapat digunakan untuk mengecek kebenaran suatu persamaan fisika.

Misalnya, dalam persamaan gerak lurus beraturan $s=v.t$.

Apabila dilakukan analisis dimensi, dimensi ruas kiri harus sama dengan dimensi ruas kanan,

Dimensi perpindahan adalah [L]

Dimensi kecepatan adalah $[L/T]$

Dimensi waktu adalah [T].

Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa $s= v.t$

$[L] = [L/T] \cdot [T]$

$[L] = [LT^{-1}][T]$

$[L] = [L] \Rightarrow$ berarti persamaan tersebut adalah benar, karena dimensinya konsisten.

D. Notasi Ilmiah

Salah satu bahasa fisika adalah angka. Rentangan angka dalam dunia fisika sangat besar. Sebagai contoh, jarak antara bumi ke matahari sekitar 150.000.000 kilometer (km), massa bumi sekitar 5.980.000.000.000.000.000.000 kilogram (kg), dan diameter atom sekitar 0,0000000001 meter (m). Angka-angka tersebut tentu sangat besar dan sangat merepotkan jika harus ditulis demikian. Untuk menyederhanakan angka-angka tersebut, para ahli menyarankan penggunaan pangkat 10.

Dengan penggunaan pangkat 10 ini, jarak antara bumi ke matahari adalah $1,5 \times 10^6$ km, massa bumi $5,98 \times 10^{24}$ kg, dan diameter atom dapat ditulis 10^{-10} m. Dalam notasi ini, 10^3 menyatakan 1000 dan 10^{-5} berarti 0,00001. Penggunaan pangkat 10 tersebut dinamakan dengan notasi ilmiah.

Bentuk notasi ilmiah adalah

$$a \times 10^n$$

dengan ketentuan $1 < a < 10$, dan n adalah bilangan bulat.

Latihan :

1. Jelaskanlah perbedaan antara besaran pokok, besaran turunan, besaran vektor, dan besaran skalar, dan berikanlah minimal 2 contoh untuk masing-masing besaran!

2. Lakukanlah analisis dimensi terhadap percepatan, gaya, dan daya !

3. Konversikan satuan panjang dan massa berikut!

- | | |
|---------------------|---------------------|
| a. 2,7 km = ... m | f. 4,5 kg = ... g |
| b. 4.500 m = ... km | g. 4.500 mg = ... g |
| c. 3,2 m = ... cm | h. 320 cg = ... dag |
| d. 162 mm = ... m | i. 3,3 kg = ... hg |
| e. 200 dm = ... dam | j. 1,5 dg = ... mg |

4. Konversikan satuan waktu berikut!

- 4,5 jam = ... menit
- 7.200 sekon = ... jam
- 600 menit = ... jam
- 300 sekon = ... menit
- 2,5 menit = ... sekon

5. Konversikan besaran turunan luas dan volume berikut!

- $4 \text{ m}^2 = \dots \text{ cm}^2$
- $7.500 \text{ cm}^3 = \dots \text{ dm}^3$
- $2.500 \text{ cm}^2 = \dots \text{ m}^2$
- $5,25 \text{ m}^3 = \dots \text{ dm}^3$
- $8 \text{ dm}^2 = \dots \text{ cm}^2$

6. Sebuah buku tulis mempunyai panjang 20 cm dan lebar 25 cm. Berapa dm^2 luas buku tulis tersebut?

7. Sebuah bak mandi berbentuk balok mempunyai panjang 1,5 m, lebar 75 cm, dan tinggi 100 cm. Berapa liter air yang diperlukan jika bak mandi tersebut diisi air sampai penuh? ($1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ liter}$)

8. Sebuah gaya sebesar 40 N bekerja pada benda dengan membentuk sudut 60° terhadap sumbu X. Tentukan :

- komponen vektor pada sumbu X dan Y!
- arah vektor !

($\sin 60^\circ = 0,8$, $\cos 60^\circ = 0,5$)

PENGUKURAN

Seberapa besarkah massa tubuh Anda, 40 kg, 60 kg, atau 80 kg? Bagaimana Anda dapat mengetahui massa Anda tersebut? Anda dapat mengetahui massa Anda tersebut dengan cara mengukur massa tubuh Anda dengan menggunakan timbangan badan. Timbangan badan atau neraca adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur massa suatu benda. Dalam kehidupan sehari-hari, selain neraca, banyak sekali alat ukur yang dapat membantu Anda untuk mengetahui besaran yang Anda ukur. Ketika ingin mengukur tinggi badan Anda, mistar atau meteran pita dapat Anda gunakan. Ketika suhu tubuh Anda panas, Anda dapat menggunakan termometer untuk mengetahui seberapa panas suhu tubuh Anda. Demikian pula, ketika Anda ingin mengetahui berapa lama suatu peristiwa berlangsung, Anda dapat menggunakan jam atau *stopwatch*. Selain itu Anda pun dapat mengukur diameter sebuah benda dengan menggunakan jangka sorong atau mikrometer sekrup. Sebenarnya, masih banyak alat ukur lainnya yang dapat Anda temukan. Dapatkah Anda menyebutkan dan menggunakannya?

Pengukuran merupakan bagian dari pengamatan. Pengukuran merupakan kegiatan yang cukup sederhana, tetapi sangat penting dalam kehidupan sehari-hari kita. Pengukuran merupakan kegiatan membandingkan suatu besaran dengan besaran lain sejenis yang dipergunakan sebagai satuannya. Misalnya, Anda mengukur panjang buku dengan mistar, artinya Anda membandingkan panjang buku tersebut dengan satuan-satuan panjang yang ada di mistar, yakni milimeter atau centimeter, sehingga diperoleh hasil pengukuran, yakni panjang buku adalah 350 mm atau 35 cm. Pengukuran dapat dilakukan terhadap besaran benda-benda, tidak hanya benda mati (misalnya, massa kelinci, panjang telinga kelinci, suhu kelinci, dan lain-lain).

A. Konsep Pengukuran

Pengukuran merupakan kegiatan membandingkan suatu besaran dengan besaran lain sejenis yang dipergunakan sebagai satuannya. Kegiatan pengukuran banyak dijumpai di sekitar kita. Contoh tinggi badan diukur menggunakan meteran. Membeli beras di pasar, penjual mengukur menggunakan neraca atau timbangan. Lama waktu saat pergi ke suatu tempat tujuan diukur menggunakan arloji.

Pengukuran dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung yaitu ketika hasil pembacaan skala pada alat ukur, langsung menyatakan nilai besaran yang diukur, tanpa menggunakan rumus untuk menghitung nilai yang diinginkan. Sedangkan pengukuran tidak langsung yaitu dalam pengukuran memerlukan penghitungan tambahan untuk mendapatkan nilai besaran yang diukur.

Allah telah menjelaskan konsep pengukuran ini dalam firman-Nya Q.S. Al-Qamar ayat 47-50

إِنَّ الْمَجْرِمِينَ فِي ضَلَالٍ وَسُعُرٍ ۚ ٤٧ يَوْمَ يُسْحَبُونَ فِي النَّارِ عَلَىٰ وُجُوهِهِمْ ذُوقُوا مَسَّ سَقَرَ ۚ ٤٨ إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ
خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ۚ ٤٩ وَمَا أَمْرُنَا إِلَّا وِجْدَةٌ كَلَمْحٍ بِالْبَصَرِ ۚ ٥٠

Artinya : Sesungguhnya orang-orang yang berdosa berada dalam kesesatan (di dunia) dan dalam neraka . (ingatlah) pada hari mereka diseret ke neraka atas muka mereka. (Dikatakan kepada mereka): "Rasakanlah sentuhan api neraka"! ***Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran*** .dan perintah Kami hanyalah satu perkataan seperti kejapan mata) .Q.S Al-Qamar : 47-50.

B. Ketelitian dan Akurasi Pengukuran

Ada dua hal yang perlu diperhatikan dalam kegiatan pengukuran, yaitu ketelitian (presisi) dan ketepatan (akurasi). **Ketelitian menyatakan derajat kepastian hasil suatu pengukuran**, sedangkan **ketepatan menggambarkan seberapa tepat hasil pengukuran mendekati nilai yang sebenarnya**. Ketelitian sangat bergantung pada alat yang digunakan dalam kegiatan pengukuran. Umumnya, semakin kecil pembagian skala suatu alat, semakin teliti hasil pengukurannya. Mistar umumnya memiliki skala terkecil 1 mm, sedangkan jangka sorong mencapai 0,1 mm atau 0,05 mm. Dengan demikian, menggunakan jangka sorong dalam pengukuran akan memberikan hasil yang lebih teliti daripada pengukuran yang menggunakan mistar.

Ketepatan dalam pemilihan alat ukur, memungkinkan diperolehnya hasil pengukuran yang lebih teliti, tetapi tidak mungkin menghasilkan pengukuran yang tepat (akurat) secara mutlak. Akurasi pengukuran harus dicek dengan cara membandingkan hasil pengukuran yang diperoleh dengan nilai standar yang ditetapkan. Selain itu, akurasi alat ukur yang digunakan pun harus dicek secara periodik dengan metode *the two-point calibration*. Apakah sebelum digunakan alat ukur telah menunjuk nol? Apakah pada saat digunakan untuk mengukur sesuatu yang standar, alat ukur tersebut menunjukkan pembacaan ukuran yang benar?

C. Pengukuran Besaran Panjang, Massa, dan Waktu

1. Pengukuran Panjang dan Ketelitiannya

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

a. Pengukuran Panjang dengan Mistar

Pada umumnya, mistar sebagai alat ukur panjang memiliki dua skala ukuran, yaitu skala utama dan skala terkecil. Satuan untuk skala utama adalah sentimeter (cm) dan satuan untuk skala terkecil adalah milimeter (mm). Skala terkecil pada mistar memiliki nilai 1 milimeter. Jarak antara skala utama adalah 1 cm. Di antara skala utama terdapat 10 bagian skala terkecil sehingga satu skala terkecil memiliki nilai $1 \text{ cm} / 10 = 0,1 \text{ cm}$ atau 1 mm.



Sumber: bioc.rice.edu

Mistar memiliki ketelitian atau ketidakpastian pengukuran sebesar 0,5 mm atau 0,05 cm, yakni setengah dari nilai skala terkecil yang dimiliki oleh mistar tersebut. Selain skala sentimeter (cm), terdapat juga skala lainnya pada mistar ukur. Tahukah Anda mengenai skala tersebut? Kapankah skala tersebut digunakan?

Mistar mempunyai batas ukur sampai 1 meter, sedangkan meteran pita dapat mengukur panjang sampai 3 meter. Mistar memiliki ketelitian 1 mm atau 0,1 cm.

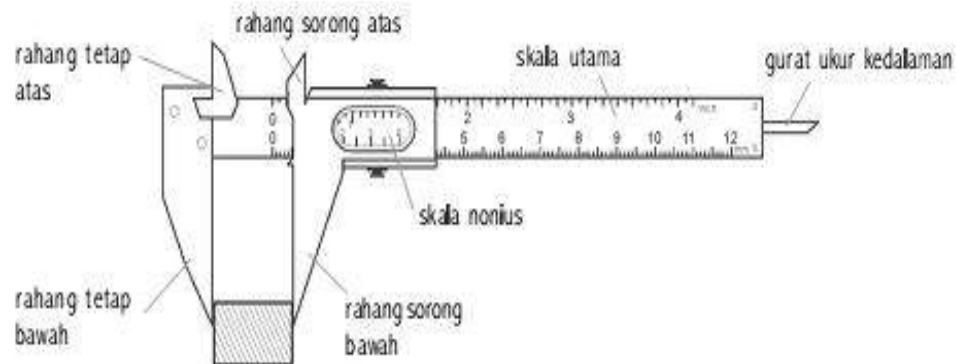
b. Pengukuran panjang dengan jangka sorong

Pernahkah Anda melihat atau menggunakan alat ukur yang memiliki skala nonius? Salah satu alat ukur ini adalah jangka sorong. Anda dapat menggunakan alat ukur ini untuk mengukur diameter dalam, diameter luar, serta kedalaman suatu benda yang akan diukur.

Untuk mengukur kedalaman tutup pulpen dapat kita gunakan jangka sorong. Jangka sorong merupakan alat ukur panjang yang mempunyai ketelitiannya 0,1 mm atau 0,01 cm. Jangka sorong juga dapat digunakan untuk mengukur diameter cincin dan diameter bagian dalam sebuah pipa.

Bagian penting yang terdapat pada jangka sorong adalah:

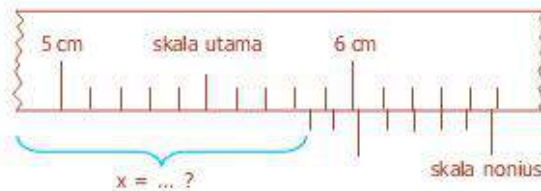
- 1) Rahang tetap yang memiliki skala utama.
- 2) Rahang sorong (dapat digeser-geser) yang memiliki skala nonius



Ketika Anda menggunakan jangka sorong, Anda akan menemukan nilai skala terkecil pada alat ukur tersebut. Tahukah Anda apakah nilai skala terkecil itu? Nilai skala terkecil pada jangka sorong, yakni perbandingan antara satu nilai skala utama dengan jumlah skala nonius.

Contoh pengukuran panjang menggunakan jangka sorong :

Pengukuran menggunakan jangka sorong diperoleh hasil sebagai berikut:



Hitunglah hasil pengukurannya berdasarkan gambar di atas!

Penyelesaian:

Pada skala utama menunjukkan = 58 mm

Pada skala nonius menunjukkan = $5 \times 0,1 = 0,5$ mm

Hasil pengukuran = $(58 + 0,5)$ mm = 58,5 mm = 5,85 cm

c. Pengukuran panjang dengan micrometer sekrup

Seperti halnya jangka sorong, mikrometer ulir (sekrup) terbagi ke dalam beberapa bagian, di antaranya landasan, poros, selubung dalam, selubung luar, roda bergerigi, kunci poros, dan bingkai. Mikrometer sekrup merupakan alat ukur ketebalan benda yang relatif tipis, misalnya kertas, seng, dan karbon. Pada mikrometer sekrup terdapat dua macam skala, yaitu skala tetap dan skala putar (nonius).

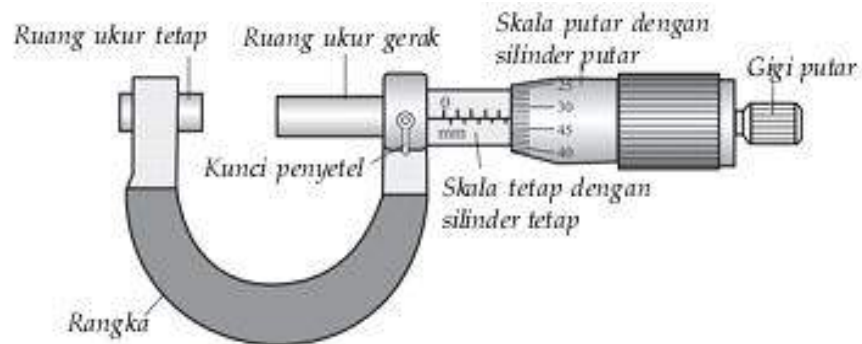
- 1) Skala tetap (skala utama)

Skala tetap terbagi dalam satuan milimeter (mm). Skala ini terdapat pada laras dan terbagi menjadi dua skala, yaitu skala atas dan skala bawah.

2) Skala putar (skala nonius)

Skala putar terdapat pada besi penutup laras yang dapat berputar dan dapat bergeser ke depan atau ke belakang. Skala ini terbagi menjadi 50 skala atau bagian ruas yang sama. Satu putaran pada skala ini menyebabkan skala utama bergeser 0,5 mm. Jadi, satu skala pada skala putar mempunyai ukuran: $\times 0,5 \text{ mm} = 0,01 \text{ mm}$. Ukuran ini merupakan batas ketelitian mikrometer sekrup.

Bagian-bagian micrometer sekrup



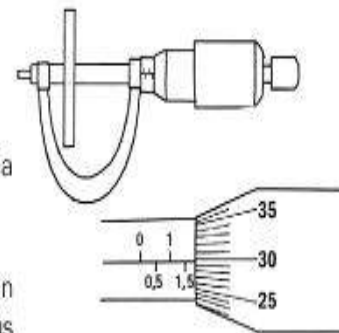
Contoh pengukuran panjang menggunakan micrometer sekrup:

Soal

Hitunglah diameter kawat seperti pada gambar berikut ini!

Pembahasan

1. Langkah pertama
Menentukan skala utama, terlihat pada gambar skala utamanya adalah 1,5 mm.
2. Langkah kedua
Perhatikan pada skala putar, garis yang sejajar dengan skala utamanya adalah angka 29. Jadi, skala nonius sebesar $29 \times 0,01 \text{ mm} = 0,29 \text{ mm}$.
3. Langkah ketiga
Menjumlahkan skala utama dan skala putar.
Hasil pengukuran = $1,5 \text{ mm} + 0,29 \text{ mm} = 1,79 \text{ mm}$.
Jadi hasil pengukuran diameter kawat adalah 1,79 mm.



Gambar 1.18 Contoh Hasil Pengukuran Diameter Kawat dengan Mikrometer
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

2. Pengukuran massa dan ketelitiannya

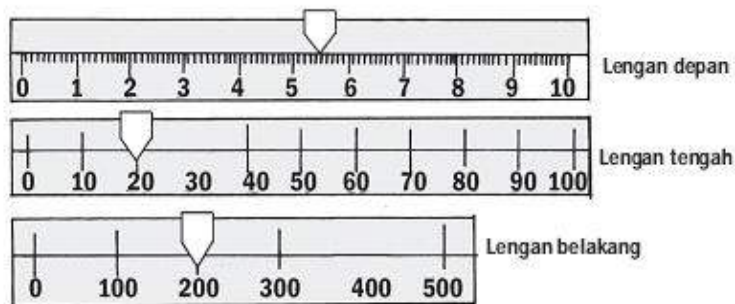
Mungkin Anda pernah menimbang sebuah telur dengan menggunakan timbangan atau membandingkan massa dua buah benda, dengan menggunakan kedua tangan Anda. Dalam hal ini Anda sedang melakukan pengukuran massa. Hanya saja alat yang digunakan berbeda. Terdapat banyak macam alat ukur massa, misalnya neraca ohaus, neraca pegas, dan timbangan. Setiap alat ukur massa memiliki cara pengukuran yang berbeda.



Massa suatu benda dapat diukur dengan timbangan atau neraca lengan. Prinsip kerjanya adalah keseimbangan kedua lengan, yaitu keseimbangan antara massa benda yang diukur dengan anak timbangan yang digunakan.

Contoh pengukuran massa dengan neraca ohaus:

Sekantong plastik gula pasir ditimbang dengan neraca O'Haus tiga lengan. Posisi lengan depan, tengah, dan belakang dalam keadaan setimbang ditunjukkan pada gambar berikut ini. Tentukan massa gula pasir tersebut!



Gambar 1.20 Contoh Hasil Pengukuran dengan Neraca O'Haus
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Pembahasan

Dari gambar dapat diketahui bahwa:

1. posisi anting depan	5,5 gram
2. posisi anting tengah	20,0 gram
3. posisi anting belakang	200,0 gram
<hr/>	
massa gula pasir	225,5 gram

3. Pengukuran waktu

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

- Stopwatch, dengan ketelitian 0,1 detik karena setiap skala pada stopwatch dibagi menjadi 10 bagian. Alat ini biasanya digunakan untuk pengukuran waktu dalam kegiatan olahraga atau dalam praktik penelitian.
- Arloji, umumnya dengan ketelitian 1 detik.
- Penunjuk waktu elektronik, mencapai ketelitian 1/1000 detik.
- Jam atom Cesium, dibuat dengan ketelitian 1 detik tiap 3.000 tahun, artinya kesalahan pengukuran jam ini kira-kira satu detik dalam kurun waktu 3.000 tahun.

Contoh pengukuran waktu menggunakan stopwatch analog.

Tampilan stopwatch yang digunakan terlihat pada gambar di samping. Berapakah waktu yang dibutuhkan?

Jarum pendek: 2 menit
 Jarum panjang: 34,5 detik (jarum pendek pada tanda hitam/merah berarti di atas 30 detik)
 Jadi waktu yang dibutuhkan memenuhi:
 $t = 2 \text{ menit} + 34,5 \text{ detik}$
 $= 120 \text{ detik} + 34,5 \text{ detik} = 154,5 \text{ detik}$



D. Ketidakpastian dalam Pengukuran

Ada tiga sumber utama yang menimbulkan ketidakpastian pengukuran.

1. Ketidakpastian Sistematis

Ketidakpastian sistematis bersumber dari alat ukur yang digunakan atau kondisi yang menyertai saat pengukuran. Jika sumber ketidakpastian adalah alat ukur, setiap kali alat ukur tersebut digunakan diperoleh hasil pengukuran yang menunjukkan ketidakpastian yang sama. Ketidakpastian sistematis terdiri atas :

- Ketidakpastian alat**
Ketidakpastian ini muncul akibat kalibrasi skala penunjukan angka pada alat ukur yang tidak tepat sehingga pembacaan skala menjadi tidak sesuai dengan yang sebenarnya.
- Kesalahan nol**
Ketidaktepatan penunjukkan alat pada skala nol juga menimbulkan ketidakpastian sistematis. Hal ini sering terjadi, tetapi juga sering terabaikan. Umumnya, sebagian besar alat ukur sudah dilengkapi dengan skrup pengatur/pengenol. Apabila sudah diatur maksimal tetap tidak tepat pada skala nol, untuk mengatasinya harus diperhitungkan selisih kesalahan tersebut setiap kali melakukan pembacaan skala.
- Waktu respon yang tidak tepat**
Ketidakpastian pengukuran ini muncul akibat dari waktu pengukuran (pengambilan data) yang tidak bersamaan dengan saat munculnya data yang seharusnya diukur. Akibatnya, data yang diperoleh bukan data yang sebenarnya.

- d. Kondisi yang tidak sesuai
Ketidakpastian pengukuran ini muncul karena kondisi alat ukur dipengaruhi oleh kejadian yang hendak diukur.

2. Ketidakpastian Random

Umumnya, ketidakpastian random bersumber dari gejala yang tidak mungkin dikendalikan secara pasti atau tidak dapat diatasi secara tuntas. Misalnya, gerak acak molekul udara (gerak Brown) sehingga berpeluang mengganggu alat ukur yang halus, misalnya mikro-galvanometer.

3. Ketidakpastian Pengamatan

Ketidakpastian pengukuran yang bersumber dari kekurangterampilan manusia saat melakukan kegiatan pengukuran. Misalnya, metode pembacaan skala tidak tegak lurus (paralaks), salah dalam membaca skala, dan pengaturan atau pengesetan alat ukur yang kurang tepat.

Ketidakpastian pada Pengukuran Tunggal (Δx) : setengah skala terkecil alat

Contoh: misalkan pada saat mengukur panjang sebuah pensil, ujung pensil terlihat pada tanda 15,6 cm lebih sedikit. Berapa nilai lebihnya? Telah disepakati bahwa ketidakpastian pada pengukuran tunggal merupakan setengah skala terkecil alat. Jadi, ketidakpastian pada pengukuran tersebut adalah $\frac{1}{2} \times 1 \text{ mm} = 0,5 \text{ mm} = 0,05 \text{ cm}$

Ketidakpastian pada Pengukuran Berulang :

$$\bar{x}_0 = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N} = \frac{\sum x_i}{N}$$

Keterangan:
 \bar{x}_0 : hasil pengukuran yang mendekati nilai benar
 Δx : ketidakpastian pengukuran
 N : banyaknya pengukuran yang dilakukan

$$\Delta x = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N-1}}$$

E. Angka Penting

1. Pengertian Angka Penting

Angka-angka hasil pengukuran yang terdiri atas angka pasti dan angka taksiran disebut angka penting. Suatu alat ukur menunjukkan bahwa panjang suatu benda adalah melebihi 9,2 cm. Jika skala pada alat ukur diperhatikan lebih teliti, tampak bahwa ujung benda berada kira-kira di tengah-tengah skala 9,2 cm dan 9,3 cm. Dengan demikian, jika kita mengikuti aturan penulisan hasil pengukuran hingga setengah skala terkecil, panjang benda tersebut dapat ditulis 9,25 cm. Angka terakhir (angka 5) merupakan angka taksiran, karena terbacanya angka tersebut hanyalah dari hasil menaksir atau memperkirakan. Berarti hasil pengukuran 9,25 cm terdiri atas dua angka pasti, yakni angka 9 dan angka 2, dan satu angka taksiran, yakni angka 5.

Penulisan angka nol pada angka penting ternyata memberikan implikasi yang amat berharga. Untuk mengidentifikasi apakah suatu angka tertentu termasuk angka penting atau bukan, dapat dipelajari beberapa kriteria berikut ini:

- Semua angka bukan nol termasuk angka penting (4,42 memiliki tiga angka penting).
- Semua angka nol yang tertulis setelah titik desimal termasuk angka penting (3,80 memiliki tiga angka penting, 12,00 memiliki empat angka penting).

- c. Angka nol yang tertulis di antara angka-angka penting (angka-angka bukan nol), juga termasuk angka penting (105 memiliki tiga angka penting, 30,20 memiliki empat angka penting).
- d. Angka nol yang tertulis sebelum angka bukan nol dan hanya berfungsi sebagai penunjuk titik desimal tidak termasuk angka penting (0,6 memiliki satu angka penting; 0,0450 memiliki tiga angka penting).

Sebagai contoh: suatu pengukuran menunjukkan hasil 123.000 meter, berapakah angka pentingnya? Untuk menjawab pertanyaan ini dapat digunakan 2 cara, yaitu

- a. Titik desimal diubah menjadi satuan sehingga diperoleh 123 km (terdiri atas tiga angka penting); atau 123,000 km (terdiri atas enam angka penting);
- b. Ditulis dalam bentuk notasi baku, yakni $1,23 \times 10^5$ m (terdiri atas tiga angka penting); $1,23000 \times 10^5$ m (terdiri atas enam angka penting)

Jumlah angka penting dalam penulisan hasil pengukuran dapat dijadikan indikator tingkat ketelitian pengukuran yang dilakukan. Semakin banyak angka penting yang dituliskan, berarti pengukuran yang dilakukan semakin teliti. Berikut beberapa contoh penulisan hasil pengukuran dengan memperhatikan angka penting.

Angka Penting				
Satu angka penting	4	0,6	0,003	$0,01 \times 10^{-8}$
Dua angka penting	12	1,0	0,020	$0,30 \times 10^3$
Tiga angka penting	212	2,34	0,0456	$4,01 \times 10^2$
Empat angka penting	5000	5,000	0,5000	$5,005 \times 10^6$

2. Perhitungan dengan Angka Penting

Setelah mencatat hasil pengukuran dengan tepat, diperoleh data-data kuantitatif yang mengandung sejumlah angka-angka penting. Sering angka-angka tersebut harus dijumlahkan, dikurangkan, dibagi, atau dikalikan. Pada saat mengoperasikan angka-angka penting hasil pengukuran, hasil yang didapatkan melalui perhitungan tidak mungkin memiliki ketelitian melebihi ketelitian hasil pengukuran.

- a. Penjumlahan dan Pengurangan

Apabila angka-angka penting dijumlahkan atau dikurangkan, hasil penjumlahan atau pengurangan tersebut memiliki ketelitian sama dengan ketelitian angka-angka yang dijumlahkan atau dikurangkan

Contoh:

$$\begin{array}{r}
 45,121 \\
 3,22 \\
 \underline{2,1} \\
 50,441
 \end{array}
 +$$

Bila hasil tersebut ditulis 50,4, tingkat ketelitiannya hingga sepersepuluh dengan jumlah angka penting 3. Jika hasilnya ditulis 50,44, ketelitiannya mencapai seperseratus dengan 4 angka penting. Jika hasil penjumlahan dituliskan 50,441, ketelitiannya adalah seperseribu dengan jumlah angka penting 5.

b. Perkalian dan Pembagian

Apabila angka-angka penting dikalikan atau dibagi, jumlah angka penting pada hasil operasi pembagian atau perkalian paling banyak sama dengan jumlah angka penting terkecil dari bilangan-bilangan yang dioperasikan.

Contoh: $4,22 \text{ cm} \times 2,1 \text{ cm} = 8,862 \text{ cm}^2$, ditulis $8,8 \text{ cm}^2$

c. Aturan Pembulatan Angka-Angka Penting

Untuk membulatkan angka-angka penting, ada beberapa aturan yang harus kita ikuti.

- 1) Angka kurang dari 5 dibulatkan ke bawah (ditiadakan) (contoh: 56,84 dibulatkan menjadi 56,8);
- 2) Angka lebih dari 5 dibulatkan ke atas (contoh: 56,88 dibulatkan menjadi 56,9);
- 3) Angka 5 dibulatkan ke atas bila angka sebelumnya ganjil dan ditiadakan bila angka sebelumnya genap (contoh: 25,75 dibulatkan menjadi 25,8; 25,65 dibulatkan menjadi 25,6).

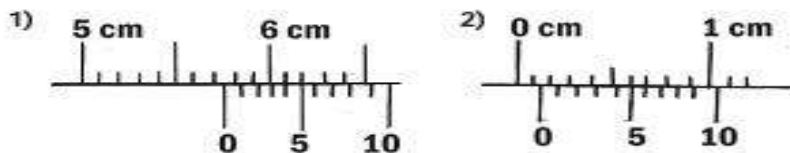
Contoh:

$$12,442 + 3,232 + 5,61 = 19,284 \quad \text{Ditulis } 19,28$$

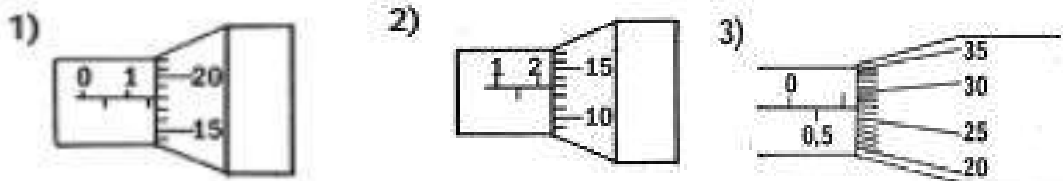
$$4,23 \times 2,1 = 8,883 \quad \text{Ditulis } 8,9$$

Latihan

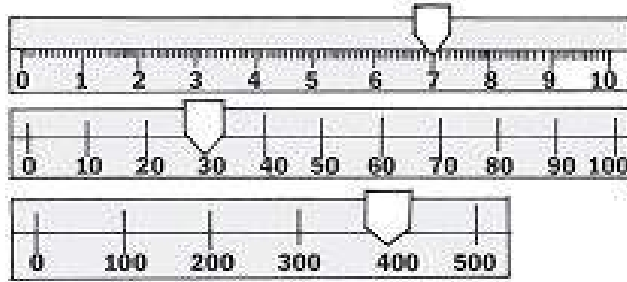
1. Setelah mempelajari materi pengukuran, nyatakanlah pengertian pengukuran menurut pemahamanmu !
2. Tentukan hasil pengukuran dari alat-alat ukur berikut ini!
3. Jangka sorong



4. Micrometer sekrup



5. Neraca tiga lengan



6. Mengapa alat ukur harus dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan dalam kegiatan pengukuran?
7. Seseorang melakukan pengukuran panjang, lebar, dan tinggi suatu balok menggunakan alat ukur yang berbeda-beda, sehingga diperoleh hasil, panjang 20,5 cm, lebar 5,1 cm, dan tinggi 2,00 cm. Tentukan volume balok tersebut ?

8. Suatu pengukuran berulang massa sebuah benda menghasilkan data sebagai berikut: 12,5 g; 12,3 g; 12,8 g; 12,4 g; 12,9 g; dan 12,6 g. Laporkan hasil pengukuran berulang tersebut lengkap dengan ketidak-pastiannya!

Percobaan ke-	x_i	X_i^2
1	12,3	
2	12,4	
3	12,5	
4	12,6	
5	12,8	
6	12,9	

GERAK LURUS BERATURAN (GLB)

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 di sebut lintasan. Lintasan dapat berbentuk lurus, melengkung, atau tak beraturan. Suatu benda yang bergerak pada lintasan lurus dengan kecepatan tetap dikatakan sedang melakukan gerak lurus beraturan.

A. Pengertian Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Kinematika adalah ilmu tentang gerak tanpa memperhatikan sebab benda bergerak. Perhatikan kedudukan benda-benda di sekitarmu yang selalu berubah dari posisi awalnya atau titik acuan. **Titik acuan yaitu sesuatu yang dianggap diam dan digunakan sebagai pembanding.** Misalnya, teman-temanmu yang hilir mudik di halaman sekolah, mobil atau motor yang melaju di jalan raya, dan burung-burung yang beterbangan di angkasa. Bahkan, kamu sendiri hampir tidak pernah seharian selalu berada di tempat atau posisi yang sama.

Bagaimana suatu benda dikatakan bergerak? Benda dikatakan bergerak jika mengalami perubahan kedudukan terhadap titik acuan tertentu. Jadi, **Gerak adalah perubahan kedudukan/posisi suatu benda terhadap titik acuan tertentu.**

Kembali kita ingat mukjizat Nabi Musa a.s. yang diberikan kelebihan oleh Allah tongkatnya bisa berubah menjadi ular dan bergerak. Hal ini dijelaskan Allah dalam firman-Nya Q.S. Al-Qasas: 30-31

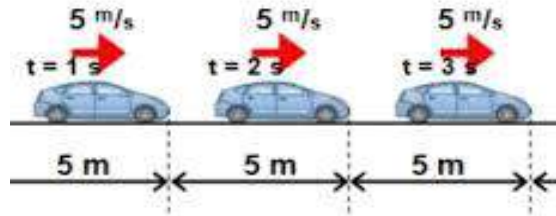
فَلَمَّا أَتَاهَا نُودِيَ مِنْ شَاطِئِ الْوَادِ الْأَيْمَنِ فِي الْبُقْعَةِ الْمُبْرَكَةِ مِنَ الشَّجَرَةِ أَنْ يُمُوسَىٰ إِنِّي أَنَا اللَّهُ رَبُّ الْعَالَمِينَ ۝
وَأَنْ أَلْقِ عَصَاكَ فَلَمَّا رَءَاهَا تَهْتَزُّ كَأَنَّهَا جَانٌّ وَلَّى مُدْبِرًا وَلَمْ يُعَقِّبْ يُمُوسَىٰ أَقْبَلَ وَلَا تَحَفُّ إِلَّا مِنْ الْأَمِينِ ۝ ٣١

Artinya: Maka tatkala Musa sampai ke (tempat) api itu, diserulah Dia dari (arah) pinggir lembah yang sebelah kanan(nya) pada tempat yang diberkahi, dari sebatang pohon kayu, Yaitu: "Ya Musa, Sesungguhnya aku adalah Allah, Tuhan semesta alam. dan lemparkanlah tongkatmu. Maka tatkala (tongkat itu menjadi ular dan) Musa melihatnya **bergerak-gerak** seolah-olah Dia seekor ular yang gesit, larilah ia berbalik ke belakang tanpa menoleh. (Kemudian Musa diseru): "Hai Musa datanglah kepada-Ku dan janganlah kamu takut. Se-sungguhnya kamu Termasuk orang-orang yang aman (Q.S. Al-Qasas: 30-31)

Gerak bersifat relatif berdasarkan titik acuan. Misalnya, kamu sedang berada di terminal. Orang-orang yang berada di terminal membandingkan kedudukanmu dengan terminal. Karena kedudukanmu berubah semakin jauh dari terminal, kamu disebut bergerak meninggalkan mereka. Sedangkan orang-orang yang duduk di dekatmu membandingkan kedudukanmu terhadap bus. Karena kedudukanmu terhadap bus tidak berubah, mereka menyebutmu diam atau tidak bergerak. Titik acuan juga bermanfaat untuk menentukan seberapa jauh suatu benda telah bergerak, tetapi tidak bisa untuk menentukan

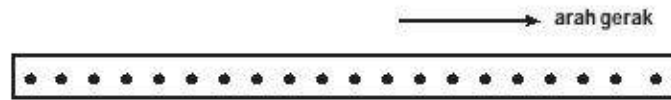
seberapa cepat gerakannya. Kecepatan gerak tidak hanya ditentukan oleh perubahan kedudukan, tetapi juga terkait dengan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perubahan tersebut.

Benda yang bergerak lurus menempuh lintasan garis lurus. Misal, bola yang menggelinding, kelereng yang menggelinding. Lintasan adalah titik–titik berurutan yang dilalui oleh suatu benda yang bergerak. **Gerak pada lintasan lurus dengan kecepatan tetap dan percepatan nol disebut gerak lurus beraturan.** Kecepatan tetap adalah saat benda menempuh perpindahan yang sama selang waktu yang dibutuhkan juga sama. Contoh gerak lurus diantaranya adalah mobil yang berjalan di jalan lurus dengan kecepatan konstan seperti gambar berikut



Sumber: www.google.co.id

Di dalam laboratorium, alat yang digunakan untuk menyelidiki gerak lurus beraturan adalah ticker timer. Alat ini mempunyai sebuah plat baja yang dapat bergetar 50 kali setiap sekonnnya. Setiap kali bergetar plat baja ini akan membuat sebuah tanda titik hitam pada kertas pita yang ditarik oleh benda yang akan diamati gerakannya. Hasil ketikan ticker timer untuk GLB terlihat pada gambar berikut.



Benda bergerak lurus beraturan (GLB) akan menghasilkan tanda ketikan yang jaraknya selalu sama dalam selang waktu tertentu.

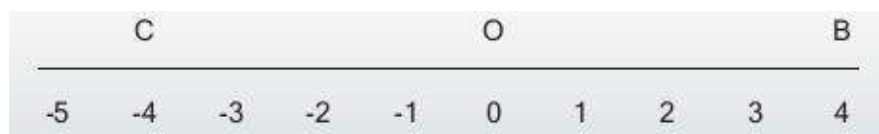
Ketika berada dalam bus dan kamu perhatikan ke luar jendela, terlihat seolah-olah pohon-pohon bergerak meninggalkanmu. Apakah pohon-pohon tersebut memang bergerak?. Gerak pohon sebagaimana yang kamu lihat itu disebut gerak semu.

B. Besaran-Besaran dalam Gerak Lurus Beraturan

1. Kedudukan, Jarak dan Perpindahan

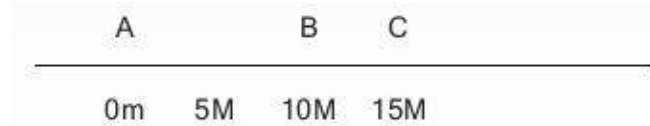
Perhatikan ilustrasi berikut.

- Sebuah bola digulirkan pada sebuah bidang datar lurus. Posisi bola setiap saat diwakili oleh garis berskala yang disebut sumbu koordinat.



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.

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



Dari A, Anda berjalan menuju C melalui B. Sesampainya di C, Anda berbalik dan kembali berjalan lalu berhenti di B. Maka jarak yang anda tempuh adalah sepanjang A-B-C-B. Sedangkan perpindahan yang anda lakukan hanyalah dari A-B.

Berdasarkan ilustrasi diatas maka diketahui **jarak adalah panjang lintasan yang ditempuh benda tanpa memerhatikan arah**, sedangkan **perpindahan adalah perubahan posisi benda dari keadaan awal ke keadaan akhirnya dengan memperhatikan arahnya**. Oleh karena itu jarak termasuk kedalam besaran skalar, sedangkan perpindahan termasuk ke dalam besaran vector.

Untuk lebih memahami beda jarak dengan perpindahan, dapat dilihat gambar berikut



Sumber: www.google.co.id

2. Kecepatan dan Kelajuan

Istilah kecepatan dan kelajuan dikenal dalam perubahan gerak. Kecepatan termasuk besaran vektor, sedangkan kelajuan merupakan besaran skalar. Kecepatan merupakan perpindahan yang ditempuh tiap satuan waktu, sedangkan kelajuan didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh tiap satuan waktu. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$\text{kecepatan} = \frac{\text{perpindahan (meter)}}{\text{selang waktu (detik)}}$$

$$\text{kelajuan} = \frac{\text{jarak (meter)}}{\text{selang waktu (detik)}}$$

Secara matematis, persamaan kelajuan dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$v = \frac{s}{t}$$

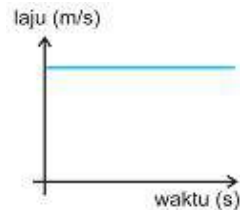
Ket :

v = kelajuan (m/s)

s = jarak (m)

t = selang waktu (s)

Grafik benda yang bergerak dengan laju tetap:



Grafik laju (v) terhadap waktu (t)



Grafik jarak (s) terhadap waktu (t)

Pada gerak lurus beraturan jarak yang ditempuh benda berbanding lurus dengan waktu.

Kecepatan memiliki besar dan arah. Besar kecepatan lazim disebut kelajuan. Misalnya, seseorang berlari 5 m/s ke arah timur. Kelajuan orang tersebut 5 m/s, sedangkan kecepatannya 5 m/s ke timur. Jadi, kecepatan adalah kelajuan yang disertai arah. Untuk mengetahui kelajuan gerak suatu benda harus dilakukan pengukuran. Speedometer pada kendaraan bermotor merupakan contoh alat pengukur kelajuan. Kelajuan yang terbaca pada speedometer disebut kelajuan sesaat, yaitu kelajuan yang terukur pada satu saat tertentu.

Contoh:

1. Konversikan satuan kelajuan berikut!

a. 72 km/jam = ... m/s

b. 50 m/s = ... km/jam

Jawab:

$$\begin{aligned} \text{a. } 72 \text{ km/jam} &= 72 \times \frac{5}{18} \text{ m/s} \\ &= 20 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } 50 \text{ m/s} &= 50 \times \frac{18}{5} \text{ km/jam} \\ &= 180 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

2. Sebuah motor melaju sejauh 6 km dalam waktu 15 menit. Berapakah kelajuan motor tersebut?

Jawab:

Diketahui: $s = 6 \text{ km}$

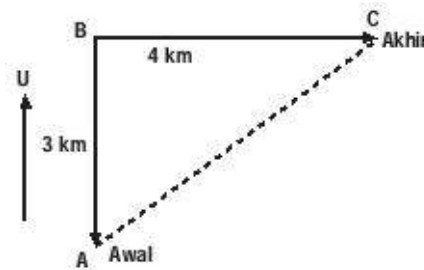
$$t = 15 \text{ menit} = \frac{15}{60} \text{ jam}$$

$$= \frac{1}{4} \text{ jam}$$

kelajuan (v) = ?

$$v = \frac{s}{t} = \frac{6 \text{ km}}{\frac{1}{4} \text{ jam}} = 24 \text{ km/jam}$$

3. Seorang siswa berjalan dengan lintasan ABC, seperti gambar berikut. Selang waktu dari A ke C 10 sekon. Tentukan kelajuan dan kecepatan siswa tersebut?



Pembahasan

Diketahui : jarak AC = 7 m
 selang waktu = 10 sekon
 perpindahan AC = 5 m

Ditanya : besar kelajuan dan kecepatan

Jawab : perpindahan AC = $\sqrt{AB^2 + BC^2}$
 $= \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{9 + 16}$
 perpindahan AC = $\sqrt{25} = 5 \text{ m}$

kelajuan = $\frac{\text{jarak (meter)}}{\text{selang waktu (sekon)}} = \frac{7 \text{ meter}}{10 \text{ sekon}} = 0,7 \text{ m/s}$

kecepatan = $\frac{\text{perpindahan (meter)}}{\text{selang waktu (sekon)}} = \frac{5 \text{ meter}}{10 \text{ sekon}} = 0,5 \text{ m/s}$

3. Kecepatan Rata-Rata dan Kelajuan Rata-Rata

Kecepatan rata-rata didefinisikan sebagai perpindahan yang ditempuh terhadap waktu.

Jika suatu benda bergerak sepanjang sumbu-x dan posisinya dinyatakan dengan koordinat-x, secara matematis persamaan kecepatan rata-rata dapat ditulis dengan :

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

Keterangan:
 \bar{v} = kecepatan rata-rata (m/s)
 $\Delta x = x_{\text{akhir}} - x_{\text{awal}}$ = perpindahan (m)
 Δt = perubahan waktu (s)

Kelajuan rata-rata merupakan hasil bagi lintasan total yang ditempuh suatu benda dengan selang waktu total yang diperlukan untuk menempuh lintasan tersebut.

Secara matematis persamaan kelajuan rata-rata dapat ditulis dengan :

$$\bar{v} = \frac{s_1 + s_2 + s_3 + \dots}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots}$$

Keterangan:

\bar{v} = kelajuan rata-rata (m/s)

s = lintasan yang di tempuh benda (m)

t = selang waktu untuk menempuh lintasan (s)

Contoh:

Sebuah bus melaju di jalan tol yang lurus. Selama 30 menit pertama bus itu menempuh jarak 45 km, 15 menit selanjutnya menempuh jarak 15 km, dan 15 menit selanjutnya menempuh jarak 20 km. Tentukanlah kelajuan rata-rata bus tersebut!

Jawab:

Diketahui: $s_1 = 45 \text{ km}$ $t_1 = 30 \text{ menit}$
 $s_2 = 15 \text{ km}$ $t_2 = 15 \text{ menit}$
 $s_3 = 20 \text{ km}$ $t_3 = 15 \text{ menit}$

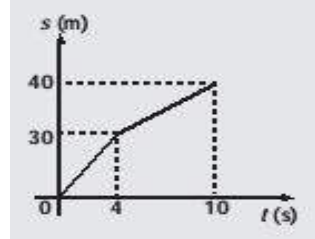
kelajuan rata-rata (\bar{v}) = ... ?

$$\begin{aligned} \bar{v} &= \frac{\text{lintasan yang ditempuh benda}}{\text{waktu total}} \\ &= \frac{45 \text{ km} + 15 \text{ km} + 20 \text{ km}}{30 \text{ menit} + 15 \text{ menit} + 15 \text{ menit}} \\ &= \frac{80 \text{ km}}{60 \text{ menit}} \\ &= \frac{80 \text{ km}}{1 \text{ jam}} \\ &= 80 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

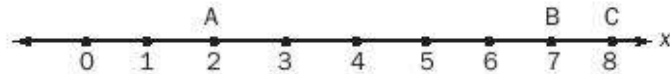
Latihan:

- Jelaskanlah apa yang dimaksud dengan :
 - Gerak
 - Titik acuan
 - Gerak relatif
 - Gerak semu
 - Kecepatan
 - Kelajuan
 - Kecepatan rata-rata
 - Kelajuan rata-rata
- Bedakanlah antara jarak dan perpindahan serta kecepatan dan kelajuan!
- Aisyah salah satu atlet lari jarak jauh. Ketika pemanasan biasanya ia berlari mengelilingi taman berbentuk lingkaran sebanyak 3 putaran. Jika jari-jari lingkaran taman 14 m, tentukan jarak dan perpindahan yang dialaminya!
- Sebuah sepeda motor bergerak lurus di jalan datar dan sepi dengan kecepatan 72 km/jam. tentukan:
 - jarak (m) yang ditempuh sepeda motor dalam 1 menit!
 - waktu yang dibutuhkan sepeda motor untuk mencapai jarak 10 meter!

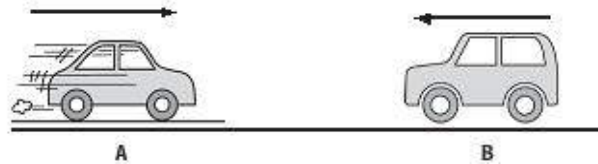
- c. Hubungan jarak dan waktu dari suatu benda bergerak lurus adalah sebagai berikut! Berapakah Kecepatan rata-rata gerak benda tersebut



5. Leo berlari dengan rute ACB, dari posisi A pada $x_1 = 2$ m menuju ke arah kanan dan sampai pada posisi $x_2 = 8$ m di titik C, kemudian berbalik ke posisi $x_3 = 7$ m di titik B, jika waktu yang digunakan adalah 2 sekon, berapakah kecepatan dan kelajuan rata-rata Leo?



6. Seekor semut bergerak dengan menempuh jarak 60 cm setelah 3 detik. Hitunglah kelajuan semut tersebut!
7. Selesaikanlah permasalahan berikut ini!
8. Perhatikan gambar di bawah ini. Sebuah mobil A dan B bergerak dengan arah berlawanan masing-masing dengan kecepatan tetap 20 m/s dan 10 m/s. Hitung kapan dan di mana mobil A berpapasan jika jarak kedua mobil mula-mula 210 m.



9. Dua buah mobil terpisah sejauh 100 m. Mobil A bergerak ke utara dengan kecepatan 5m/s sedang mobil B bergerak ke selatan dengan kecepatan 15 m/s. Berapakah waktu yang diperlukan kedua mobil untuk berpapasan dihitung dari waktu berangkatnya?
10. Yudi berangkat ke sekolah pukul 06.30 dengan naik sepeda. Jarak rumah Yudi dengan sekolah 3 km. Sekolah Yudi dimulai pukul 07.00. Agar Yudi tidak terlambat tiba di sekolah, berapakah kecepatan minimum yang harus dikayuh Yudi?
11. Sebuah mobil menempuh jarak 90 km selama 1 jam 12 menit. Berapakah jarak yang ditempuh apabila kendaraan tersebut hanya berjalan selama 32 menit?

GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN (GLBB)

Materi yang ini merupakan kelanjutan dari materi sebelumnya (gerak lurus beraturan). Fokus utamanya adalah adanya perubahan kecepatan (percepatan dan perlambatan tetap) dan gerak vertikal. Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan percepatan atau perlambatan tetap. Sebagai contoh adalah gerak mobil pada saat akan berjalan. Mobil semula diam kemudian bergerak perlahan dan semakin cepat. Sementara pada gerak mobil yang akan berhenti, ketika sopir menginjak rem, mobil tidak langsung berhenti, tetapi mobil akan berjalan lambat, semakin lambat akhirnya berhenti.

Gerak lurus suatu benda yang perubahan kecepatannya selalu bertambah disebut gerak lurus dipercepat. Sedangkan gerak suatu benda yang perubahan kecepatannya selalu berkurang disebut gerak lurus diperlambat. Contoh lain GLBB adalah gerak benda yang jatuh bebas atau gerak benda yang kita lempar vertikal ke atas. Gerak jatuh bebas mengalami percepatan oleh gravitasi sehingga kecepatannya semakin besar. Gerak vertikal ke atas mengalami perlambatan oleh gravitasi, karena itu kecepatannya semakin kecil.

A. Pengertian Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan percepatan atau perlambatan tetap. Percepatan tetap menunjukkan bahwa besar dan arahnya sama. Beberapa peristiwa yang termasuk GLBB adalah mobil yang bergerak dipercepat dengan menekan pedal gas atau mobil yang bergerak diperlambat dengan menekan pedal rem dan gerak benda yang dijatuhkan, misalnya, buah mangga yang jatuh dari tangkainya dan gerak batu yang dilempar ke atas sehingga kecepatan batu berkurang secara bertahap.

Berdasarkan contoh tersebut diketahui bahwa benda yang bergerak lurus berubah beraturan mengalami dua peristiwa yaitu percepatan dan perlambatan. Peristiwa GLBB ini juga tergambar dalam firman-Nya Q.S. An-Nazi'at ayat 3-4:

وَأَلْسِنَاتٍ سَبَّحًا ۙ فَالْسَّبَّحَاتِ سَبَّحًا ۙ

Artinya :dan (malaikat-malaikat) yang turun dari langit **dengan cepat** ,dan (malaikat-malaikat) yang **mendahului dengan kencang**) Q.S. An-Nazi'at.(4-3 :

B. Gerak Dipercepat (Percepatan)

Suatu benda akan mengalami percepatan apabila benda tersebut bergerak dengan kecepatan yang tidak konstan dalam selang waktu tertentu. **Percepatan menyatakan laju perubahan kecepatan, atau menyatakan perubahan kecepatan per satuan waktu.** Percepatan sebuah benda ditentukan dengan membandingkan perubahan kecepatan benda tersebut terhadap waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perubahan kecepatan itu.

Contoh peristiwa GLBB di percepat adalah buah jeruk yang jatuh dari pohonnya, mobil bergerak turun di jalan turunan, bola menggelinding turun di bidang miring, semboyo yang dijatuhkan helikopter dari ketinggian tertentu, dan lainnya.

Persaman matematis untuk GLBB

$$v = v_0 + a t$$

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 a S$$

Ket:

v = kecepatan akhir (m/s)

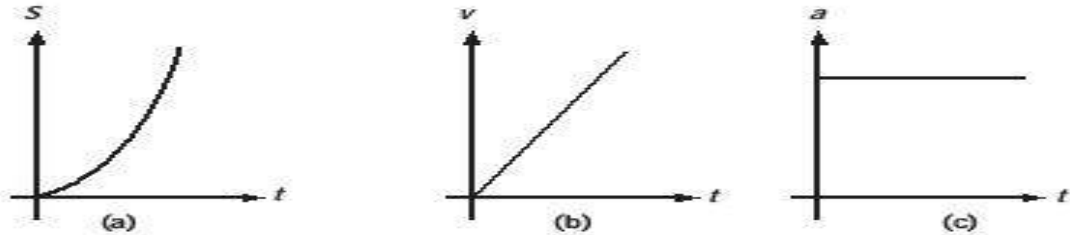
v₀ = kecepatan awal (m/s)

a = percepatan (m/s²)

t = waktu (s)

s = jarak (m)

Grafik untuk GLBB di percepat terlihat pada gambar berikut:



Gambar 10.15 Grafik Hubungan Antara: (a) s - t, (b) v - t, (c) a - t pada Gerak Lurus Berubah Beraturan

Grafik hubungan antara (a) s-t, (b) v-t, (c) a-t pada Gerak Lurus Berubah Beraturan dipercepat

Pada ticker timer, Benda yang dipercepat akan menghasilkan tanda ketikan yang jaraknya semakin besar dan perubahannya secara teratur.

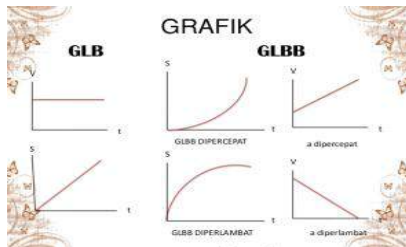


C. Gerak Diperlambat

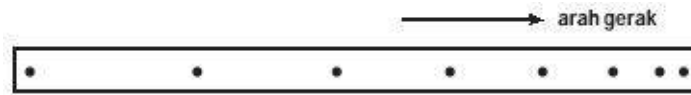
Gerak lurus diperlambat merupakan salah satu jenis gerak lurus berubah beraturan. Apabila benda bergerak pada lintasan lurus, kelajuannya akan berkurang secara tetap dalam selang waktu tertentu. Pada keadaan ini, benda tersebut bergerak lurus diperlambat. Contoh: mobil yang melaju dengan kecepatan v tiba-tiba berhenti mendadak untuk menghindari suatu tabrakan. Sebelum berhenti, kecepatan mobil tersebut berkurang secara bertahap. Contoh lainnya adalah mobil begerak naik di jalan tanjakan, bola atau batu yang dilemparkan ke atas, kelereng yang menggelinding pada permukaan datar dan kasar.

Persamaan matematis untuk menyelesaikan kasus gerak lurus diperlambat sama dengan persamaan matematis pada gerak lurus dipercepat, hanya nilai percepatannya (a) diberi tanda negatif. Tanda negatif menunjukkan bahwa benda yang bergerak tersebut mengalami perlambatan.

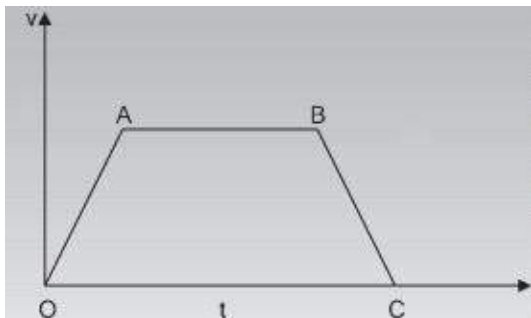
Grafik untuk GLBB di perlambat terlihat pada gambar berikut :



Pada Ticker Timer, apabila dihasilkan tanda ketikan semakin kecil berarti benda melakukan gerak diperlambat.



Untuk lebih memahami penggunaan persamaan GLBB, perlu diperhatikan perhatikan kasus ini. Sebuah mobil yang semula diam, kemudian melaju dengan percepatan (a) sampai kecepatan stabil. Karena ada halangan, kecepatan mobil dikurangi sampai akhirnya mobil berhenti. Kasus ini dapat digambarkan dengan grafik t - v .



Grafik kelajuan terhadap waktu

Pada kurva OA mobil yang semula diam mengalami percepatan (a) sampai pada kecepatan tertentu. Kurva AB menggambarkan kecepatan mobil stabil atau mobil bergerak lurus beraturan. Pada kurva BC mobil mengalami perlambatan sampai kecepatan akhir, yakni nol (mobil berhenti).

Jarak total yang ditempuh mobil tersebut adalah sama dengan luas trapezium OABC. Percepatan mobil pada suatu saat sama dengan kemiringan (gradien) kurva OA. Secara matematis dapat dirumuskan:

$$a = \tan \theta$$

Sedangkan perlambatan mobil sama dengan kemiringan kurva BC.

D. Gerak Vertikal

Gerak vertikal termasuk GLBB sehingga persamaan gerak vertikal sama dengan persamaan GLBB. Pernahkah Anda melempar bola ke atas kemudian pada ketinggian tertentu bola tersebut bergerak ke bawah? Pada kasus ini, bola tersebut mengalami GLBB. Ketika dilempar hingga mencapai ketinggian tertentu, bola tersebut telah mengalami perlambatan. Sementara ketika bergerak jatuh ke tanah, bola telah mengalami percepatan.

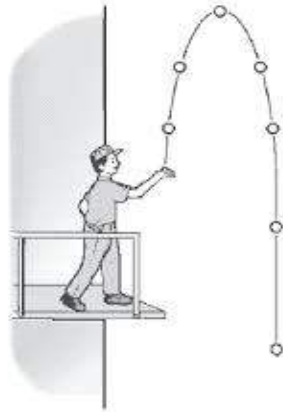
Percepatan ini disebabkan adanya gaya gravitasi bumi atau disebut percepatan gravitasi (g). Percepatan gravitasi arahnya selalu menuju pusat bumi. Jadi **gerak vertikal adalah gerak suatu benda pada arah vertikal terhadap tanah yang selama gerakannya benda itu dipengaruhi gaya gravitasi bumi**. Gerak vertikal yang akan kita bahas adalah gerak jatuh bebas yakni gerak vertikal ke atas, dan gerak vertikal ke bawah.

1. Gerak Vertikal ke Atas

Pada kasus bola yang dilempar ke atas, pada dasarnya bola mengalami dua fase gerakan. Saat bergerak ke atas bola bergerak GLBB diperlambat ($a=g$) dengan kecepatan awal tertentu. Selanjutnya, setelah mencapai ketinggian maksimum bola jatuh bebas yang merupakan GLBB dipercepat dengan kecepatan awal nol.

Perhatikan gambar di bawah ini

4. Gerak Lurus Berubah Beraturan



Pada saat benda bergerak naik berlaku persamaan gerak vertikal ke atas sebagai berikut :

$$v_t = v_o - gt$$

$$v_t^2 = v_o^2 - 2gh$$

$$h = v_o t - 1/2 gt^2$$

2. Gerak Vertikal ke Bawah

Gerak vertikal ke bawah berbeda dengan jatuh bebas, pada gerak jatuh bebas kecepatan awal benda adalah nol. Sedangkan gerak vertikal ke bawah adalah gerak benda-benda yang dilemparkan vertikal ke bawah dengan kecepatan awal tertentu. Jadi, hal ini sama dengan gerak vertikal ke atas, hanya arahnya ke bawah.

Dengan demikian persamaan-persamaannya sama dengan persamaan pada gerak vertikal ke atas, dengan mengganti tanda negatif pada persamaan-persamaan gerak vertikal ke atas menjadi tanda positif. Sebab gerak vertikal ke bawah adalah GLBB yang dipercepat dengan percepatan yang sama untuk setiap benda, yakni g . Pada saat benda bergerak turun berlaku persamaan gerak vertikal ke bawah sebagai berikut.

$$v_t = v_o + gt$$

$$v_t^2 = v_o^2 + 2gh$$

$$h = v_o t + 1/2 gt^2$$

Contoh soal GLBB:

1. Sebuah mobil melaju dengan kecepatan 72 km/jam dalam waktu 2 menit mengalami percepatan 5 m/s². Tentukan jarak yang ditempuh dan kelajuan akhirnya!

Pembahasan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } v_0 &= 72 \text{ km/jam} = 20 \text{ m/s} \\ t &= 2 \text{ menit} = 120 \text{ sekon} \\ a &= 5 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya : } s$$

$$\begin{aligned} \text{Jawab : } s &= v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ &= 20 \times 120 + \frac{1}{2} 5 (120)^2 \\ s &= 36240 \text{ m} \\ v_t &= v_0 + a t \\ &= 20 + (5 \cdot 120) \\ v_t &= 620 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Jadi, jarak yang ditempuh sebesar 36240 m dan kelajuan akhirnya sebesar 620 m/s.

2. Tiga buah pesawat (A, B, dan C) mula-mula bergerak dengan kecepatan yang sama 20 m/s. Setelah 1 sekon pesawat A bergerak dengan kecepatan 30 m/s, pesawat B bergerak dengan kecepatan 50 m/s, dan pesawat C bergerak dengan kecepatan 40 m/s. Tentukanlah besar percepatan masing-masing pesawat!

Jawab:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } v_0 &= 20 \text{ m/s} & v_A &= 30 \text{ m/s} \\ v_B &= 50 \text{ m/s} & v_C &= 40 \text{ m/s} \\ \Delta t &= 1 \text{ s} \end{aligned}$$

$$a_A = \dots ?$$

$$a_B = \dots ?$$

$$a_C = \dots ?$$

Percepatan pesawat A:

$$a_A = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_A - v_0}{\Delta t} = \frac{30 - 20}{1} = 10 \text{ m/s}^2$$

Percepatan pesawat B:

$$a_B = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_B - v_0}{\Delta t} = \frac{50 - 20}{1} = 30 \text{ m/s}^2$$

Percepatan pesawat C:

$$a_C = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_C - v_0}{\Delta t} = \frac{40 - 20}{1} = 20 \text{ m/s}^2$$

3. Kecepatan sebuah mobil berubah dari 36 km/jam menjadi 54 km/jam dalam waktu 10 sekon. Hitunglah percepatan mobil tersebut!

Diketahui: kecepatan awal, $v_0 = 36 \text{ km/jam}$
 $= 36.000\text{m}/3.600\text{s}$
 $= 10 \text{ m/s}$
 kecepatan akhir, $v_t = 54 \text{ km/jam}$
 $= 54.000 \text{ m}/3.600 \text{ s}$
 $= 15 \text{ m/s}$
 selang waktu, $t = 10 \text{ s}$
Ditanya : percepatan, $a = ?$

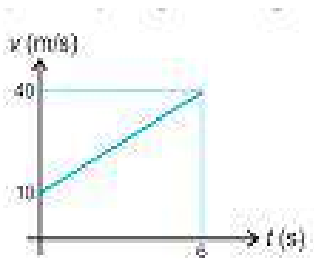
Jawab:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

$$= (15 - 10) / 10$$

$$= 0,5 \text{ m/s}^2$$

4. Perhatikan grafik di bawah! Tentukan besar percepatan dan jarak yang ditempuh!



Jawab:

Diketahui: $v_0 = 10 \text{ m/s}$
 $v_t = 40 \text{ m/s}$
 $s = \dots?$

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{40 - 10}{6} = 5 \text{ m/s}^2$$

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 10 \text{ m/s} \cdot 6 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ m/s}^2 \cdot (6 \text{ s})^2 = 150 \text{ m}$$

5. Sebuah benda dilemparkan ke atas dengan kecepatan awal 20 m/s. Berapakah ketinggian benda tersebut saat kecepatannya menjadi 5 m/s?

Diketahui:

$$v_0 = 20 \text{ m/s}$$

$$v = 5 \text{ m/s}$$

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

Ditanya: h ?

Jawab:

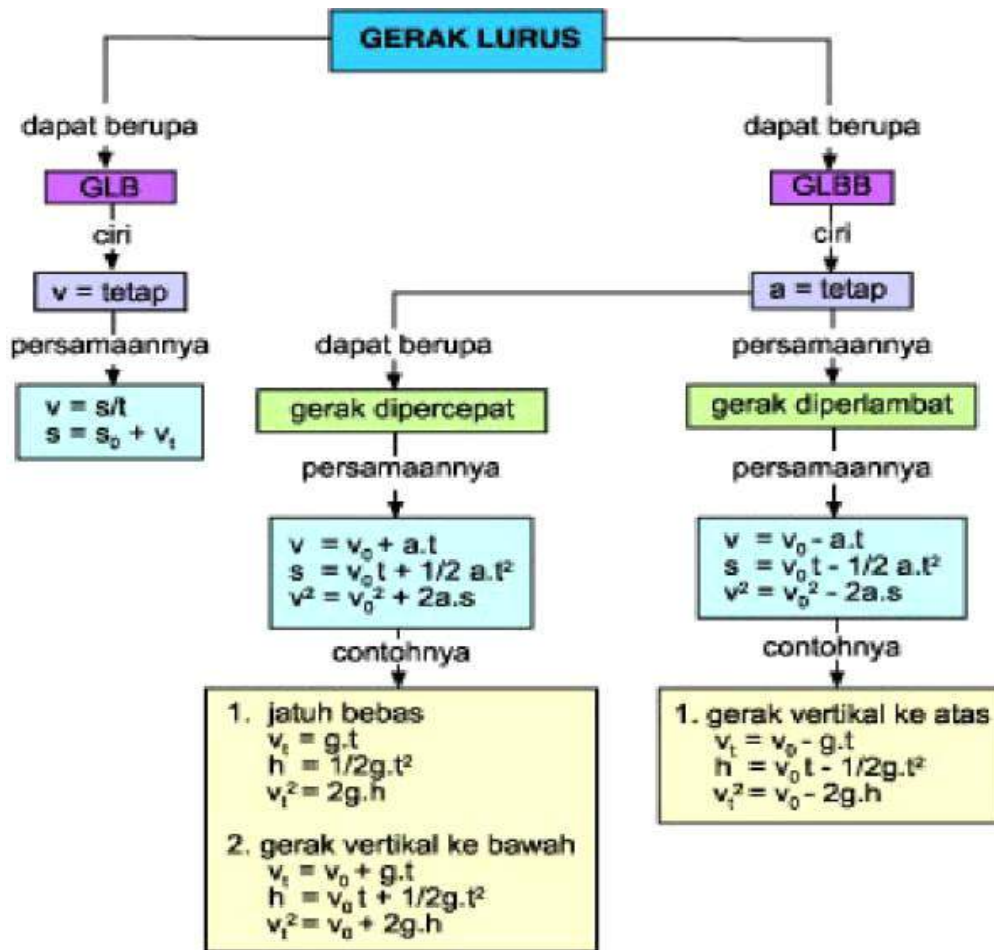
$$v^2 = v_0^2 - 2 g h$$

$$20^2 = 5^2 - 2 \cdot 10 \cdot h$$

$$400 = 25 - 20 h$$

$$h = 18,75 \text{ m}$$

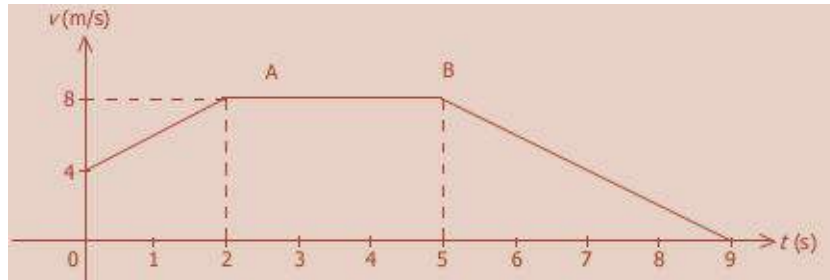
Perbedaan antara GLB dan GLBB dapat dilihat pada peta konsep berikut:



Latihan:

1. Jelaskan pengertian gerak lurus berubah beraturan!
2. Jelaskan dan berikan contoh-contoh perbedaan GLBB dengan GLB!
3. Bedakanlah suatu benda yang mengalami percepatan dan mengalami perlambatan!
4. Mobil yang semula diam, kemudian mulai berjalan dengan percepatan 3m/s^2 . setelah 10 detik berapa kecepatan mobil tersebut? Berapa jarak yang ditempuhnya?
5. Seorang anak menuruni bukit dengan motor, mula-mula kecepatannya 18 km/jam. Sepuluh sekon kemudian, kecepatannya menjadi 54 km/jam. Berapakah percepatan motor tersebut?
6. Sebuah Mobil melaju di jalan tol dengan kecepatan 100 km/jam. Pada jarak 20 m sopir melihat ada seekor sapi sedang melintas. Sopir mengerem sehingga tepat di depan sapi mobil berhenti. Jelaskan perlambatan yang dialami mobil!

7. Sebuah partikel bergerak menurut garis lurus yang dinyatakan seperti pada grafik v-t berikut ini.



Berapakah Jarak yang ditempuh partikel selama bergerak?

8. Benda dilemparkan ke bawah dengan kecepatan awal 10 m/s. Tentukan:
- kecepatan benda setelah 5 s,
 - jarak tempuh benda setelah 5 s,
 - jarak tempuh benda saat kecepatan benda 20 m/s!
9. Sebuah bola dilemparkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal 20 m/s ($g=10\text{m/s}^2$). Hitunglah:
- waktu yang dibutuhkan bola untuk sampai pada titik tertinggi!
 - Tinggi maksimum yang dicapai bola!
 - Waktu total bola berada di udara!
10. Jelaskanlah mengapa gerak jatuh bebas termasuk kedalam GLBB, dan mengapa gerak jatuh bebas tidak termasuk gerak vertikal ke bawah?

GAYA DAN HUKUM-HUKUM NEWTON TENTANG GERAK

Kajian tentang gerak benda merupakan bagian penting dari penggambaran alam semesta. Sejak zaman dahulu manusia berusaha menyingkap rahasia tentang gerak benda. Mulai dari masa Aristoteles sampai masa Galileo dan Newton, pemahaman gerak mengalami perkembangan yang signifikan. Pada zaman dahulu, orang percaya bahwa alam ini bergerak dengan sendirinya. Tidak ada sesuatu pun yang menggerakkannya. Mereka menyebutnya dengan gerak alami. Di lain sisi, untuk benda yang jelas-jelas digerakkan, mereka menamakan gerak paksa. Teori yang dipelopori oleh Aristoteles ini terbukti salah saat Galileo dan Newton mengemukakan pendapat mereka. Galileo mematahkan teori Aristoteles dengan sebuah percobaan sederhana. Ia membuat sebuah lintasan lengkung licin yang digunakan untuk menggelindingkan sebuah bola. Satu sisi dari lintasan tersebut diubah-ubah kemiringannya. Setelah mengamati, Galileo menyatakan “ Jika gaya gesek pada benda tersebut diabaikan, maka benda tersebut akan terus bergerak tanpa memerlukan gaya lagi”.

Teori Galileo dikembangkan oleh Isaac Newton. Newton mengatakan bahwa “ Jika resultan gaya pada suatu benda sama dengan nol, maka benda yang diam akan tetap diam dan benda yang bergerak akan tetap bergerak dengan kecepatan tetap”. Kesimpulan Newton tersebut dikenal sebagai hukum I Newton.

A. Gaya dan Pengaruhnya pada Benda

Di SMP dan SMA telah dipelajari bahwa sesuatu yang menyebabkan benda bergerak adalah gaya. Gaya dapat mempercepat atau memperlambat kelajuan gerak benda. Gaya juga dapat mengubah arah gerak benda. Sebelumnya telah dipelajari tentang gerak, seperti GLB dan GLBB yang bergerak tanpa mempedulikan penyebabnya (kinematika). Ilmu yang mempelajari tentang gerak dengan memperhatikan penyebabnya di sebut dinamika.

Menurut sains **gaya adalah suatu tarikan atau dorongan yang bekerja pada benda**. Kembali kita ingat proses terbentuknya bayangan yang dijelaskan Allah dalam firman-Nya Q.S. Al-Furqan : 45-46

أَلَمْ نَرِ إِلَىٰ رَبِّكَ كَيْفَ مَدَّ الظِّلَّ وَلَوْ شَاءَ لَجَعَلَهُ سَاكِنًا ثُمَّ جَعَلْنَا الشَّمْسَ عَلَيْهِ دَلِيلًا ٤٥ ثُمَّ قَبَضْنَاهُ إِلَيْنَا قَبْضًا يَسِيرًا ٤٦

Artinya: Apakah kamu tidak memperhatikan (penciptaan) Tuhanmu, bagaimana Dia memanjangkan (dan memendekkan) bayang-bayang dan kalau Dia menghendaki niscaya Dia menjadikan tetap bayang-bayang itu, kemudian Kami jadikan matahari sebagai petunjuk atas bayang-bayang itu, Kemudian Kami **menarik** bayang-bayang itu kepada kami dengan **tarikan** yang perlahan-lahan (Q.S. Al-Furqan : 45-46)

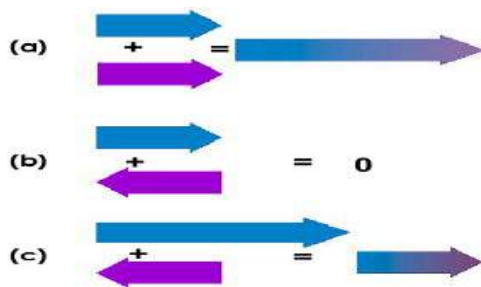
Gaya merupakan besaran vektor yang mempunyai nilai (besar) dan arah. Secara matematis, persamaan gaya dihasilkan dari perkalian massa dengan percepatan benda tersebut. Besar gaya yang dimiliki sumber gaya tidak sama, oleh karena itu besarnya Gaya dapat diukur dengan menggunakan neraca pegas atau **dinamometer**. Satuan gaya dalam SI adalah Newton (disingkat N). Satuan ini dipakai untuk menghormati tokoh Fisika Sir Isaac Newton. Satuan lain yang juga sering dipakai adalah dyne, di mana 1 Newton setara dengan 100.000 dyne.

Pengaruh gaya pada benda antara lain sebagai berikut.

1. Menyebabkan perubahan kecepatan gerak benda.
2. Menyebabkan benda diam menjadi bergerak dan sebaliknya.
3. Mengubah arah gerak benda.
4. Mengubah bentuk suatu benda.

Gaya dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan ada atau tidaknya sentuhan yang diberikan pada benda. (a) gaya sentuh/gaya kontak yaitu gaya yang timbul karena dua benda saling bersentuhan secara fisik. Contoh gaya sentuh antara lain gaya otot seperti, seorang anak yang mendorong meja, seorang ibu yang mengangkat barang belanjanya, seorang anak yang mengayuh sepeda, dan pemain basket yang melempar bola basket. Gaya gesek, dan gaya normal. (b) gaya tak sentuh/gaya medan yaitu gaya yang bekerja pada benda tanpa menyentuh benda tersebut. Contohnya gaya listrik, gaya gravitasi dan gaya magnet.

Apabila gaya yang bekerja pada sebuah benda lebih dari satu gaya, baik dua atau lebih maka dapat ditentukan resultannya. Resultan gaya adalah gabungan dari beberapa gaya yang bekerja pada sebuah benda. Gaya-gaya yang besarnya sama dan arahnya berlawanan yang bekerja pada sebuah benda disebut gaya-gaya setimbang. Kesetimbangan adalah keadaan suatu benda di mana resultan gaya sama dengan nol. Pada keadaan setimbang, benda tidak mengalami perubahan keadaan. Jika gaya total pada suatu benda menuju ke arah tertentu, gaya tersebut disebut gaya-gaya tak setimbang. Gaya-gaya tak setimbang selalumengubah kecepatan sebuah benda.



Berdasarkan gambar di samping, gaya dapat digambarkan sebagai anak panah. Panjang anak panah menunjukkan besar gaya, dan arah anak panah menunjukkan arah gaya. Dengan menggunakan anak panah ini dapat menyatakan berapa besar hasil gabungan gaya-gaya itu dan ke mana arahnya.

Dua gaya dapat bergabung sehingga dua gaya itu dapat dijumlahkan (a), menjadi setimbang (b), atau dikurangkan (c).

B. Hukum I Newton tentang Gerak

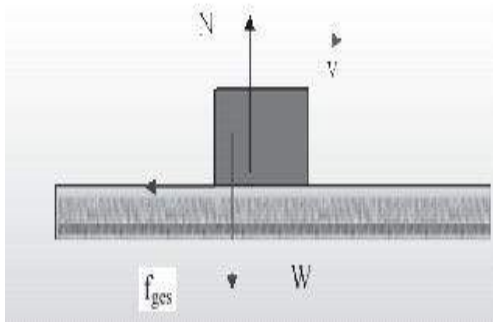
Hukum I Newton menyatakan bahwa **“Jika resultan gaya pada suatu benda sama dengan nol, maka benda yang diam akan tetap diam dan benda yang bergerak akan tetap bergerak dengan kecepatan tetap”**

$$\Sigma F = 0$$

Pada hukum pertamanya ini Newton menjelaskan keadaan benda jika tidak dipengaruhi gaya. Menurut Newton benda dapat mempertahankan keadaan jika tidak dipengaruhi gaya. Mempertahankan keadaan berarti benda yang diam akan tetap diam dan benda bergerak dengan kecepatan tetap akan tetap bergerak dengan kecepatan tetap. Mungkinkah di dunia ini ada benda yang tidak dipengaruhi gaya? Di luar angkasa mungkin ada tetapi di bumi ini tidak mungkin. Contohnya saja setiap benda pasti dipengaruhi oleh gaya gravitasi atau berat. Dari keadaan inilah hukum I Newton dapat diartikan juga untuk benda yang dipengaruhi gaya tetapi resultannya nol.

Contoh peristiwa hukum I Newton:

1. Jika sebuah buku berada di atas meja, buku akan mengerjakan gaya pada meja sebesar beratnya. Meja mengimbangi gaya berat itu dengan gaya normal yang besarnya sama dan arahnya berlawanan dengan gaya berat. Akhirnya resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol. Karena itu buku tetap diam selama tidak ada resultan gaya lain yang mempengaruhinya. Perhatikan gambar berikut ini!



Gaya yang Bekerja pada Sebuah Benda yang Bergerak dengan Kelajuan v

Sebuah balok bergerak dengan kelajuan v ke kanan. Pada sumbu vertikal, terdapat dua buah gaya, yaitu gaya berat W dan gaya normal bidang N . Keduanya mempunyai besar yang sama, tetapi arahnya berlawanan sehingga resultan atau jumlah gaya pada sumbu vertikal sama dengan nol. $\Sigma F_y = 0$. Jadi, tidak terdapat gerakan pada sumbu vertikal.

Pada sumbu horisontal terdapat gaya gesekan yang arahnya melawan gerak benda dan tidak ada yang mengimbangnya. Gaya inilah yang menyebabkan benda semakin lama kelajuannya semakin rendah dan akhirnya diam.

Hukum I Newton terkait erat dengan konsep kelembaman. Kelembaman/inersia adalah sifat materi yang mempertahankan dari perubahan gerak atau kecenderungan setiap benda melawan tiap perubahan dalam geraknya.. Jadi, sebuah benda yang diam cenderung tetap diam dan benda yang bergerak cenderung untuk terus-menerus bergerak. Kelembaman sebuah benda berhubungan dengan massanya.

Dapat juga dikatakan bahwa masa adalah ukuran kemalasan benda (inersia). **Semakin besar massa benda, akan semakin besar kelembamannya.** Artinya, jika benda diam sulit untuk digerakkan, sedangkan jika sudah bergerak sulit dihentikan.

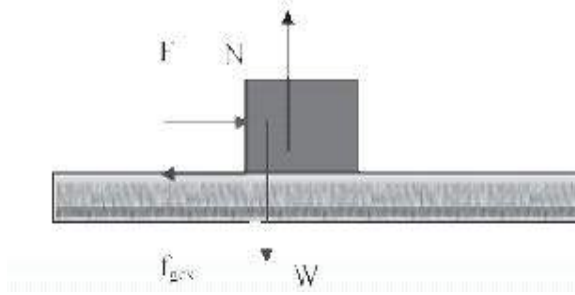
2. Kelembaman sering kita alami ketika kita berada di dalam mobil. Jika mula-mula mobil diam dan kemudian dijalankan secara tiba-tiba, kita akan tersentak ke belakang. Hal ini terjadi karena tubuh kita cenderung mempertahankan kedudukannya. Sebaliknya, ketika mobil sedang melaju kencang dan direm secara tiba-tiba, kita akan tersentak ke depan. Hal ini juga disebabkan tubuh kita mempertahankan gerakannya pada kelajuan tertentu.
3. Karena massanya yang besar, kereta api tentu memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai kelajuan yang besar. Dan jika telah bergerak, kereta api sulit untuk dihentikan. Lain halnya dengan sepeda motor, saat mengendarai sepeda motor kelajuan yang besar langsung bisa diperoleh dalam waktu singkat.

Contoh soal:

Sebuah balok diam di atas lantai yang kasar. Massa balok 100 kg dan percepatan gravitasi bumi $9,8 \text{ m/s}^2$. Jika balok didorong dengan gaya 50 N dan balok dalam keadaan diam, berapakah gaya gesek lantai dengan balok?

Jawab:

Gaya-gaya yang bekerja pada balok dapat digambarkan sebagai berikut

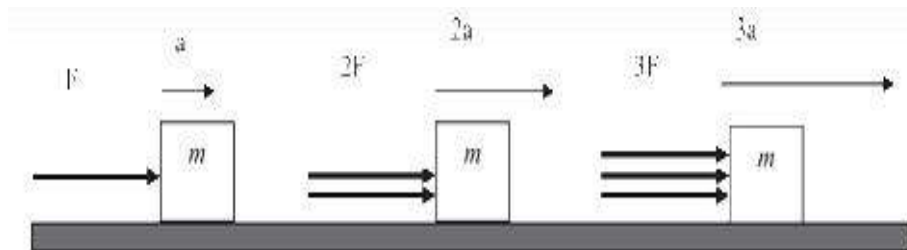


Karena benda diam, resultan gaya besarnya sama dengan nol. Pada sumbu Y, gaya berat diimbangi oleh gaya normal. Pada sumbu X gaya dorong diimbangi oleh gaya gesekan lantai pada benda. Jadi gaya gesekan lantai sama dengan gaya dorong yakni 50 N.

C. Hukum II Newton tentang Gerak

Hukum II Newton menyatakan bahwa **“Percepatan yang dihasilkan oleh resultan gaya yang bekerja pada suatu benda berbanding lurus dengan resultan gaya, dan berbanding terbalik dengan massa benda”**. Berbeda dengan hukum I Newton hanya membahas benda yang tidak dikenai gaya dari luar, artinya benda tidak mengalami percepatan. Bagaimana jika suatu benda mendapat gaya dari luar atau pada benda tersebut bekerja beberapa gaya yang resultannya tidak sama dengan nol? Pada kondisi ini benda mengalami perubahan percepatan. Pada Hukum II Newton, akan dibahas gaya-gaya yang tidak seimbang. Benda dengan resultan gaya tidak sama dengan nol akan mengalami perubahan gerak.

Untuk lebih memahami Hukum II Newton, kita dapat melakukan eksperimen tentang hubungan antara resultan gaya, massa benda dan percepatan benda. Untuk mendapatkan hasil yang baik, disarankan eksperimen dilakukan pada tempat yang gaya gesekan dapat diminimalkan, misalnya pada permukaan licin. Benda diletakkan di atas lantai licin dan dikenai gaya untuk diketahui percepatannya.



Benda Didorong dengan Gaya yang Berbeda

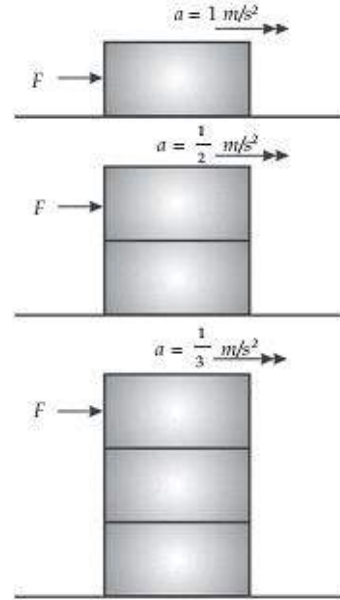
Dari beberapa eksperimen ini dapatlah disimpulkan bahwa jika resultan gaya (ΣF) bekerja pada benda bermassa m , benda akan mengalami percepatan sebesar a dengan hubungan percepatan berbanding lurus dengan besarnya resultan gaya yang bekerja pada suatu benda ($a \sim f$).

Sekarang, taruhlah sebuah kotak (dengan massa sama) di atas kotak yang tadi Anda dorong (massa kotak menjadi 2 kali semula (2m)). Ternyata dengan gaya F dihasilkan percepatan yang besarnya setengah percepatan semula (1/2 a). Kemudian tambahkan lagi sebuah kotak (dengan massa sama) di atas kotak yang tadi Anda dorong (massa menjadi 3 kali semula). Ternyata dengan gaya F dihasilkan percepatan yang besarnya sepertiga percepatan semula (1/3 a). Jadi, dapat disimpulkan bahwa percepatan berbanding terbalik dengan massa benda ().

Berdasarkan dua kesimpulan tersebut Newton menggabungkannya menjadi sebuah pernyataan, yang dikenal dengan hukum II Newton. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$a \sim f \Rightarrow a = \frac{\Sigma F}{m} \text{ atau } \Sigma F = m \times a$$

$$a \sim \frac{1}{m}$$

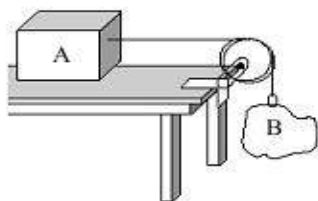


Keterangan:

- a : percepatan benda (ms⁻²)
- ΣF : resultan gaya yang bekerja pada benda (N)
- m : massa benda (kg)

Contoh Soal :

1. Balok A = 3 kg diletakkan di atas meja kemudian diikat tali yang dihubungkan batu B = 2 kg melalui sebuah katrol seperti pada gambar berikut.



Massa dan gesekan katrol diabaikan, g = 10 m/s². Tentukan percepatan sistem dan tegangan tali jika:

- a. meja licin
- b. meja kasar dengan koefisien gesek kinetik μ_k = 0,4!

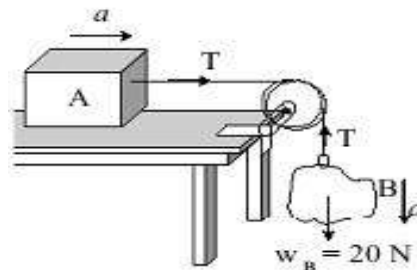
Penyelesaian

$$m_A = 3 \text{ kg} \rightarrow w_A = 30 \text{ N}$$

$$m_B = 2 \text{ kg} \rightarrow w_B = 20 \text{ N}$$

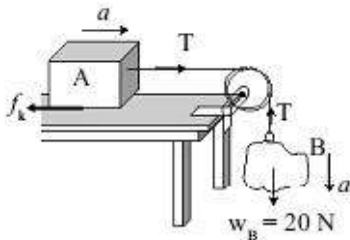
$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

Meja licin :



Pada balok A : $T = m_A a \rightarrow T = 5 a$
 Pada batu B : $w_B - T = m_B a \rightarrow \frac{20 - T = 2a +}{20 = 5a}$

Berarti percepatannya : $a = 4 \text{ m/s}^2$
 Dan tegangan tali memenuhi:
 $T = 3a = 3 \cdot 4 = 12 \text{ N}$



Meja kasar

$\mu_k = 0,4$
 $f_k = \mu_k \cdot N_A = 0,4 \cdot 30 = 12 \text{ N}$

Pada sistem ini juga berlaku hukum II Newton:

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

Pada balok A : $T - f_k = m_A a \rightarrow T - 12 = 3a$
 Pada balok B : $w_B - T = m_B a \rightarrow \frac{20 - T = 2a +}{8 = 5a}$

Berarti percepatannya : $a = 1,6 \text{ m/s}^2$
 Dan nilai T memenuhi:
 $T - 12 = 3 \cdot a$
 $T - 12 = 3 \cdot 1,6$
 $T = 16,8 \text{ N}$

2. Seseorang mendorong meja 250 kg dengan gaya 75 N. Berapakah percepatan meja tersebut?

Diket : $m = 250 \text{ kg}$
 $F = 75 \text{ N}$
 Ditanya : a ?
 Jawab:

$\vec{F} = m \times a$

$a = \frac{F}{m} = \frac{75}{250} = 0,3 \text{ m/s}^2$

3. Berapakah besar gaya yang diperlukan untuk mempercepat sepeda motor bermassa 200 kg dan pengendara bermassa 70 kg sebesar 4 m/s^2 ?

Diket : $m_p = 75 \text{ kg}$
 $m_s = 200 \text{ kg}$
 $a = 4 \text{ m/s}^2$
 ditanya : F ?
 jawab:

Massa total, m , adalah
 $70 \text{ kg} + 200 \text{ kg} = 270 \text{ kg}$
 $F = 270 \text{ kg} \times 4 \text{ m/s}^2$
 $= 1080 \text{ kg m/s}^2 = 1080 \text{ N}$
 Diperlukan gaya sebesar 1080 N

Di alam ini banyak sekali jenis gaya yang dapat bekerja pada benda. Tiga jenis gaya yang perlu diketahui adalah berat, gaya normal, dan gaya gesek. Gaya normal dan gaya gesek merupakan proyeksi gaya kontak. Setiap ada dua benda yang bersentuhan akan timbul gaya yang di namakan gaya sentuh atau

gaya kontak. Gaya kontak ini dapat di proyeksikan menjadi dua komponen yang saling tegak lurus. Proyeksi gaya kontak yang tegak lurus bidang sentuh dinamakan gaya normal. Sedangkan proyeksi gaya kontak yang sejajar bidang sentuh di namakan gaya gesek.

1. Gaya Berat

Pada kehidupan sehari-hari, banyak orang yang salah mengartikan antara massa dengan berat. Misalnya, orang mengatakan “Doni memiliki berat 65 kg”. Pernyataan orang tersebut keliru karena sebenarnya yang dikatakan orang tersebut adalah massa Doni.

Perbedaan antara massa dan berat adalah, massa merupakan ukuran banyaknya materi yang dikandung oleh suatu benda. Massa (m) suatu benda besarnya selalu tetap dimanapun benda tersebut berada, satuannya kg. **Gaya berat (w) merupakan gaya gravitasi bumi yang bekerja pada suatu benda.** Satuan berat adalah Newton (N). Setiap benda memiliki berat, berat disimbulkan w . Berat adalah gaya gravitasi bumi yang dirasakan oleh benda-benda di sekitar bumi. Berat suatu benda didefinisikan sebagai hasil kali massa m dengan percepatan gravitasi g .

2. Gaya Normal

Anda ketahui bahwa benda yang dilepaskan pada ketinggian tertentu akan jatuh bebas. Bagaimana jika benda tersebut di letakkan di atas meja, buku misalnya? Mengapa buku tersebut tidak jatuh? Gaya apa yang menahan buku tidak jatuh? Gaya yang menahan buku agar tidak jatuh adalah gaya tekan meja pada buku. Gaya ini ada karena permukaan buku bersentuhan dengan permukaan meja dan sering disebut gaya normal. **Gaya normal (N) adalah gaya yang bekerja pada bidang yang bersentuhan antara dua permukaan benda, yang arahnya selalu tegak lurus dengan bidang sentuh.** Jadi, pada buku terdapat dua gaya yang bekerja, yaitu gaya normal (N) yang berasal dari meja dan gaya berat (w). Kedua gaya tersebut besarnya sama tetapi berlawanan arah, sehingga membentuk keseimbangan pada buku.

Gaya normal selalu tegak lurus arahnya dengan bidang sentuh. Jika bidang sentuh antara dua benda adalah horizontal, maka arah gaya normalnya adalah vertikal. Jika bidang sentuhnya vertikal, maka arah gaya normalnya adalah horizontal. Jika bidang sentuhnya miring, maka gaya normalnya juga akan miring.

3. Gaya Gesekan

Jika Anda mendorong sebuah almari besar dengan gaya kecil, maka almari tersebut dapat dipastikan tidak akan bergerak (bergeser). Jika Anda mengelindingkan sebuah bola di lapangan rumput, maka setelah menempuh jarak tertentu bola tersebut pasti berhenti. Mengapa hal-hal tersebut dapat terjadi? Apa yang menyebabkan almari sulit di gerakkan dan bola berhenti setelah menempuh jarak tertentu? Gaya yang melawan gaya yang diberikan ke almari atau gaya yang menghentikan gerak bola adalah gaya gesek.

Gaya gesek adalah gaya yang bekerja antara dua permukaan benda yang saling bersentuhan. Arah gaya gesek berlawanan arah dengan kecenderungan arah gerak benda. Untuk benda yang bergerak di udara, gaya geseknya bergantung pada luas permukaan benda yang bersentuhan dengan udara. Makin besar luas bidang sentuh, makin besar gaya gesek udara pada benda tersebut sedangkan untuk benda padat yang bergerak di atas benda padat, gaya geseknya tidak tergantung luas bidang sentuhnya.

Gaya gesekan dibedakan menjadi 2 yaitu: **gaya gesekan statis dan gaya gesekan kinetis.** Gaya gesek statis (f_s) adalah gaya gesek yang bekerja pada benda selama benda tersebut masih diam. Menurut hukum I Newton, selama benda masih diam berarti resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut adalah nol. Jadi, selama benda masih diam gaya gesek statis selalu sama dengan yang bekerja pada benda tersebut. Gaya gesek kinetis (f_k) adalah gaya gesek yang bekerja pada saat benda dalam keadaan bergerak. Gaya ini termasuk gaya dissipatif, yaitu gaya dengan usaha yang dilakukan akan berubah menjadi kalor.

Besarnya gaya gesek ditentukan oleh:

- Kasar atau tidaknya permukaan benda, Semakin kasar permukaan suatu benda, semakin besar gaya geseknya.
- Besar atau tidaknya permukaan benda yang bergesekan, Semakin besar permukaan suatu benda, semakin besar gaya geseknya. Gaya gesekan dapat diperkecil, yaitu dengan memberi pelumas. Contohnya oli.

D. Hukum III Newton tentang Gerak

Hukum III Newton menyatakan bahwa **“Jika benda A mengerjakan gaya pada benda B, maka benda B akan mengerjakan gaya pada benda A, yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan”**. Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa **“setiap ada gaya aksi selalu ada gaya reaksi yang besarnya sama dan arahnya berlawanan”**

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

Ketika kita menendang bola, kita dapat merasakan bahwa bola juga melakukan gaya pada kaki kita, ketika berenang kita memberi gaya pada air dan sebaliknya air akan mendorong kita. Roket mendorong udara dan sebaliknya udara mendorong roket sehingga roket dapat meluncur.

Hal penting yang perlu diingat pada saat berhubungan dengan hukum ketiga Newton adalah bahwa gaya aksi-reaksi bekerja pada benda yang berbeda. Jadi, walaupun kedua gaya itu sama, tetapi kedua gaya itu tidak setimbang.

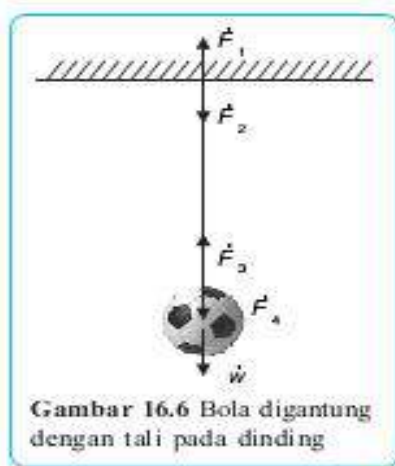
Dua gaya dikatakan pasangan aksi-reaksi jika:

- bekerja pada dua benda yang berbeda,
- saling berinteraksi,
- besarnya sama dan berlawanan arah.

Tekanlah pojok meja dengan tanganmu. Meja itu mungkin tetap diam, tetapi pada telapak tanganmu membekas permukaan meja itu. Bekas ini merupakan bukti bahwa meja tersebut memberikan gaya kepada tanganmu. Semakin kuat kamu menekannya, semakin kuat pula meja tersebut mendorong tanganmu.

Perhatikan ilustrasi berikut:

Sebuah bola digantungkan dengan seutas tali pada dinding gaya-gaya yang bekerja adalah sebagai berikut:



- F_1 = gaya yang diberikan tali pada dinding
- F_2 = gaya yang diberikan dinding pada tali
- F_3 = gaya yang diberikan bola pada tali
- F_4 = gaya yang diberikan tali pada bola
- W = gaya berat bola

\vec{F}_1 dan \vec{F}_2 serta \vec{F}_3 dan \vec{F}_4 adalah pasangan gaya aksi-reaksi. Kedua pasang gaya tersebut bekerja pada dua benda yang berbeda dan saling berinteraksi. Besar gaya \vec{F}_1 dan \vec{F}_2 adalah sama tetapi arahnya berlawanan. Demikian pula dengan gaya \vec{F}_3 dan \vec{F}_4 .

Sedangkan gaya \vec{F}_2 dan \vec{F}_3 bukan pasangan gaya aksi-reaksi karena kedua gaya tersebut bekerja pada satu benda yang sama, yaitu tali. \vec{F}_3 dan \vec{w} bukan merupakan pasangan aksi-reaksi meskipun kedua gaya tersebut besarnya sama, berlawanan arah, dan bekerja pada dua benda yang berbeda, karena kedua gaya tersebut tidak saling berinteraksi.

Jadi, dari kelima gaya tersebut yang merupakan pasangan aksi-reaksi adalah:

1. \vec{F}_1 dan \vec{F}_2
2. \vec{F}_3 dan \vec{F}_4

Dengan Hukum III Newton ini, kita dapat menjelaskan mengapa seseorang yang memakai sepatu roda dan mendorong tembok akan terdorong ke belakang. Ketika orang mendorong tembok, tembok akan memberikan reaksi mendorong orang dengan gaya yang sama. Jadi baik tembok maupun orang mengalami gaya yang besarnya sama. Karena tembok lebih lembam, maka tembok akan cenderung diam, sedangkan orang yang relatif kurang lembam cenderung terdorong ke belakang.

Latihan :

1. Jelaskan pengaruh gaya pada gerak benda!
2. Berilah dua contoh penerapan Hukum I Newton dalam kehidupan sehari-hari!
3. Sebuah gaya 100 Newton bekerja pada sebuah benda yang massanya adalah 10 kg. Benda terletak di atas lantai, yang gaya gesekan lantai dengan benda adalah 40 N. Bagaimana gerakan benda? Jelaskan!
4. Sebuah mobil bergerak dengan gaya mesin sebesar 7.500 N dan mengalami percepatan sebesar 7N/kg. Jika gaya gesekan ban mobil dengan jalan sebesar 500 N, tentukan massa mobil tersebut!
5. Pada benda yang bermassa m , bekerja gaya F yang menimbulkan percepatan a . Jika gaya yang bekerja dijadikan $2F$ dan massa benda dijadikan $\frac{1}{4} m$, maka tentukan besarnya percepatan yang ditimbulkan!
6. Dengan menggunakan Hukum II Newton, isilah tabel berikut!

Resultan Gaya (N)	Massa (kg)	Percepatan (N/kg)
4	2
....	4,5	2
5	2,5
....	6	1,5

7. Gambar dan jelaskan gaya aksi-reaksi yang terjadi ketika tangan kita mendorong tembok!

PENERAPAN HUKUM-HUKUM NEWTON TENTANG GERAK

Permasalahan gerak dalam kehidupan sehari-hari dapat dijelaskan dengan menggunakan Hukum Newton tentang gerak. Permasalahan gerak pada benda diam dan benda bergerak dengan kelajuan konstan dapat dianalisis dengan Hukum-hukum Newton I tentang gerak. Permasalahan gerak pada benda yang bergerak dengan percepatan konstan dapat dianalisis dengan Hukum-hukum Newton II tentang gerak. Permasalahan yang terkait dengan hubungan antar benda-benda dapat dianalisis dengan Hukum-hukum Newton III tentang gerak.

Pada bab ini akan dipelajari aplikasi Hukum Newton dalam kehidupan sehari-hari. Apabila pada bab sebelumnya telah dibahas dan dipahami dasar-dasar Hukum Newton tentang gerak, pada bab ini akan lebih banyak memecahkan permasalahan gerak dengan memanfaatkan Hukum-hukum Newton tersebut.

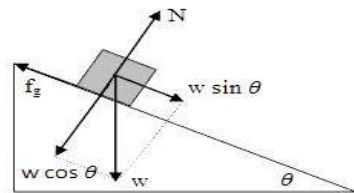
A. Penerapan Hukum-Hukum Newton tentang Gerak dalam Kehidupan

Hukum-hukum Newton tentang gerak dapat menjelaskan beberapa peristiwa gerak dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh,

1. Alasan mengapa pengemudi mobil dianjurkan untuk menggunakan sabuk pengaman. Menurut Hukum I Newton suatu benda akan cenderung mempertahankan kedudukannya. Jika benda diam, cenderung tetap diam, dan jika benda bergerak cenderung terus bergerak. Ketika naik mobil ada dua kemungkinan yang terjadi, yaitu mobil diam tiba-tiba bergerak dan ketika melaju kencang tiba-tiba mobil direm mendadak. Pada kemungkinan pertama (mobil diam tiba-tiba bergerak), tidak terlalu berbahaya karena tubuh akan tertahan oleh jok mobil, tetapi pada kemungkinan kedua (mobil tiba-tiba di rem) sangat berbahaya karena tubuh akan cenderung bergerak dan jika tidak menggunakan sabuk pengaman tubuh bisa terhenyak pada *dashboard* mobil. Dengan menggunakan sabuk pengaman kecelakaan semacam itu dapat diminimalisasi. Mobil-mobil terbaru selain dilengkapi sabuk pengaman, juga ditambah dengan balon udara yang akan mengembang jika terjadi tabrakan.
2. Mengapa mobil perlu terus-menerus diinjak pedal gasnya agar kelajuan sepeda motor konstan? Selain gaya dorong mesin, mobil juga mengalami gaya-gaya gesekan baik dari mesin maupun udara. Menurut Hukum I Newton, agar benda bergerak dengan kelajuan konstan, resultan gaya harus sama dengan nol. Karena itu gaya gesekan ini harus diimbangi dengan gaya tarik/dorong mesin sepeda motor dengan cara digas. Ketika mobil bergerak dengan kelajuan konstan, gaya dorong mesin sama dengan gaya gesek.
3. Mengapa sepeda balap dirancang seringan mungkin? Menurut Hukum II Newton semakin ringan sepeda yang digunakan, semakin sedikit gaya yang harus diberikan agar sepeda melaju dengan percepatan tertentu. Semakin ringan sepeda berarti waktu yang diperlukan untuk mencapai kecepatan tertentu juga semakin cepat atau dapat dikatakan akselerasinya tinggi. Hal ini tentunya juga dapat menghemat tenaga bagi pembalap. Karena itu, sepeda balap dibuat dari bahan khusus yang sangat kuat, tetapi juga sangat ringan.
4. Mengapa seorang karateka harus mempunyai kuda-kuda yang kokoh? Menurut Hukum III Newton, setiap ada aksi selalu ada reaksi. Menurut Hukum I Newton, benda yang memiliki inersia besar akan sulit digerakkan dan kalau bergerak sulit dihentikan. Dengan kuda-kuda yang baik, seorang karateka

seolah-olah menyatu dengan lantai sehingga inersianya besar. Dengan demikian, tidak mudah roboh ketika terpukul lawan.

Benda yang diletakkan pada bidang miring.



Dari hukum II Newton:

$$w \sin \theta - f_g = m \cdot a$$

Keterangan:

w = berat benda (N).

θ = sudut kemiringan bidang.

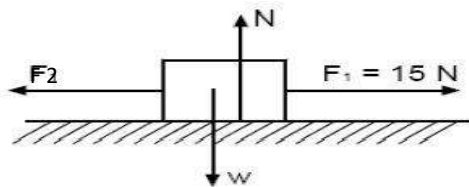
f_g = gaya gesekan (N).

m = massa benda (kg).

a = percepatan benda (m/s^2).

B. Menyelesaikan Soal-Soal tentang Gaya dan Gerak

1. Balok mengalami gaya tarik $F_1 = 15 \text{ N}$ ke kanan dan gaya F_2 ke kiri. Jika benda tetap diam berapa besar F_2 ?



Jawab:

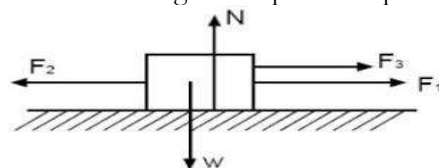
Karena benda tetap diam, sesuai dengan Hukum I Newton

$$\Sigma F = 0$$

$$F_1 - F_2 = 0$$

$$F_2 = F_1 = 15 \text{ N}$$

2. Balok meluncur ke kanan dengan kecepatan tetap 4 ms^{-1} . Jika $F_1 = 10 \text{ N}$; $F_2 = 20 \text{ N}$, berapa besar F_3 ?

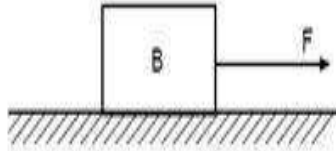


Jawab:

Sesuai dengan Hukum I Newton, gaya yang bergerak lurus beraturan (kecepatan tetap) adalah nol.

$$\begin{aligned}\Sigma F &= 0 \\ F_1 + F_3 - F_2 &= 0 \\ F_3 &= F_2 - F_1 \\ F_3 &= 20 - 10 \\ F_3 &= 10 \text{ N}\end{aligned}$$

3. Balok B massanya 2 kg ditarik dengan gaya F yang besarnya 6 Newton. Berapa percepatan yang dialami beban?

**Jawab:**

Berdasarkan Hukum Newton II

Diket: $F = 6 \text{ N}$

$m = 2 \text{ kg}$

Tanya = $F ?$

Jawab

$$F = m \cdot a$$

$$6 = 2 \cdot a$$

$$a =$$

$$a = 3 \text{ ms}^{-2}$$

4. Massa Ani, Dewi, dan Anggun berturut-turut adalah 45 kg, 40 kg, dan 50 kg. Jika percepatan gravitasi bumi 9,8 N/kg, hitunglah berat Ani, Dewi, dan Anggun!

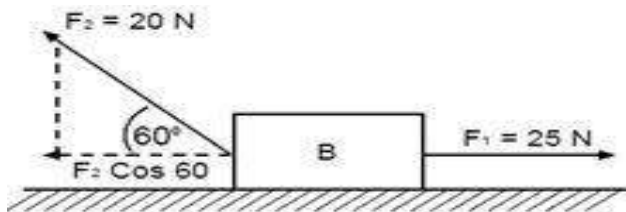
Jawab:

Berat Ani: $w = m \times g$
 $= 45 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N/kg}$
 $= 441 \text{ N}$

Berat Dewi: $w = m \times g$
 $= 40 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N/kg}$
 $= 392 \text{ N}$

Berat Anggun: $w = m \times g$
 $= 50 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N/kg}$
 $= 490 \text{ N}$

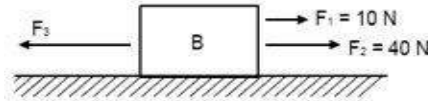
5. Balok B mengalami dua gaya masing-masing $F_1 = 25 \text{ N}$ dan $F_2 = 20 \text{ N}$ seperti ditunjukkan pada gambar. Berapa percepatan balok B?



Dari Hukum II Newton

$$\begin{aligned}\Sigma F &= m \cdot a \\ F_1 - F_2 \cos 60 &= m \cdot a \\ 25 - 20 \cdot 0,5 &= 2 \cdot a \\ a &= 7,5 \text{ ms}^{-2}\end{aligned}$$

6. Jika balok B yang massanya 2 kg mengalami percepatan 5 ms^{-2} ke kanan, berapa besar F_3 ?



Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Karena } \Sigma F &= m \cdot a \\ F_1 + F_2 - F_3 &= m \cdot a \\ 10 + 40 - F_3 &= 2 \cdot 5 \\ 50 - F_3 &= 10 \\ F_3 &= 50 - 10 = 40 \text{ N}\end{aligned}$$

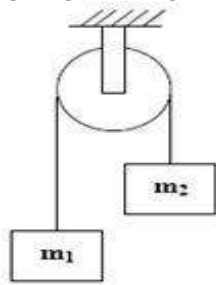
7. Berapakah berat benda yang memiliki massa 2 kg dan $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$?

Diket: $m = 2 \text{ kg}$
 $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$

Jawab:

$$\begin{aligned}w &= m \cdot g \\ w &= 2 \cdot 9,8 \\ w &= 19,6 \text{ Newton.}\end{aligned}$$

8. Dua buah benda digantungkan dengan seutas tali pada katrol yang licin seperti pada gambar. Massa m_1 dan m_2 masing-masing 5 kg dan 3 kg. Tentukan:
- Percepatan
 - Tegangan tali



Jawab:

Benda m_1 karena massanya lebih besar maka akan turun, sedangkan benda m_2 naik. Gaya tegangan tali di mana-mana sama karena katrol licin tanpa gesekan

Tinjau benda m_1

$$\begin{aligned}\Sigma F &= m_1 \cdot a \\ w_1 - T &= m_1 \cdot a \\ 5 \cdot 10 - T &= 5 \cdot a \\ \mathbf{T} &= \mathbf{50 - 5a} \dots\dots (1)\end{aligned}$$

Tinjau benda m_2 :

$$\begin{aligned}\Sigma F &= m_2 \cdot a \\ T - W_2 &= m_2 \cdot a \\ T - 3 \cdot 10 &= 3 \cdot a \\ \mathbf{T} &= \mathbf{30 + 3a} \dots\dots (2)\end{aligned}$$

Disubstitusikan harga T

$$T = T$$

$$50 - 5a = 30 + 3a$$

$$8a = 20$$

$$a = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Pilihlah salah satu persamaan dan sub-stitusikan nilai a

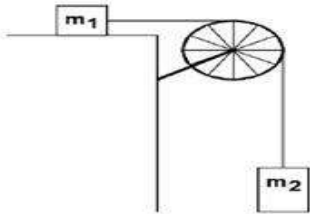
$$T = 30 + 3a$$

$$T = 30 + 3 \times 2,5$$

$$T = 30 + 7,5$$

$$T = 37,5 \text{ N}$$

9. Pesawat Atwood seperti pada gambar, terdiri atas katrol silinder yang licin tanpa gesekan. Jika $m_1 = 50 \text{ kg}$, $m_2 = 200 \text{ kg}$ dan $g = 10 \text{ m/det}^2$ antara balok m_1 dan bidang datar ada gaya gesek dengan $\mu = 0,1$. massa katrol 10 kg . hitunglah:
- percepatan sistem
 - gaya tegang tali



Diket: $m_1 = 50 \text{ kg}$, $m_2 = 200 \text{ kg}$,
 $g = 10 \text{ m/det}^2$, $\mu = 0,1$, $M = 10 \text{ kg}$
Tanya : a dan T ?

Jawab:

Tinjau m_1 :

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$T - f_k = m \cdot a$$

$$T - \mu_k \cdot N = m_1 \cdot a$$

$$T - 0,1 \cdot m_1 \cdot g = m_1 \cdot a$$

$$T - 0,1 \cdot 50 \cdot 10 = 50 \cdot a$$

$$\mathbf{T = 50 + 50a \dots (1)}$$

Tinjau m_2 (dan substitusikan nilai T):

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$w_2 - T = m_2 \cdot a$$

$$m_2 \cdot g - T = m_2 \cdot a$$

$$200 \cdot 10 - (50 + 50a) = 200 \cdot a$$

$$2000 - 50 - 50a = 200 \cdot a$$

$$1950 = 250 \cdot a$$

$$\mathbf{a = 7,8 \text{ m/s}^2}$$

Hitunglah nilai T

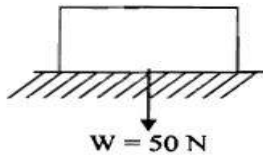
$$T = 50 + 50a$$

$$T = 50 + 50 \times 7,8$$

$$T = 50 + 390$$

$$T = 440 \text{ N}$$

10. Agar gaya normal yang bekerja pada balok sebesar 20 N , maka besar dan arah gaya luar yang bekerja pada balok adalah....



Jawab :

$$\Sigma F = 0$$

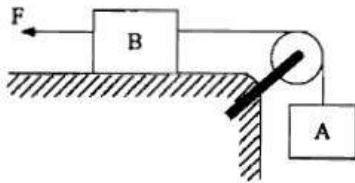
$$N - w + F = 0$$

$$20 \text{ N} - 50 \text{ N} + F = 0$$

$$- 30 \text{ N} + F = 0$$

$$F = 30 \text{ N} \text{ (karena positif berarti arah ke atas)}$$

11. Dua balok masing-masing bermassa 2 kg dihubungkan dengan tali dan katrol seperti gambar.



Bidang permukaan dan katrol licin. Jika balok B ditarik mendatar dengan gaya 40 N, tentukanlah percepatan balok ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Jawab:

Gunakan rumus:

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$F - W_A = (m_A + m_B) \cdot a$$

$$a = \frac{F - w_A}{m_A + m_B} = \frac{40 - 2 \cdot 10}{2 + 2} = 5 \text{ m/s}^2$$

12. Sebuah benda bermassa 1 kg mula-mula bergerak mendatar dengan kecepatan 10 m/s. Kemudian diberi gaya konstan 2 N selama 10 s searah dengan arah gerak benda. Berapakah Besar kecepatan benda setelah 10 s?

Jawab:

hitung percepatan dengan menggunakan hukum II Newton :

$$a = F / m$$

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

Menghitung kecepatan dengan menggunakan persamaan GLBB

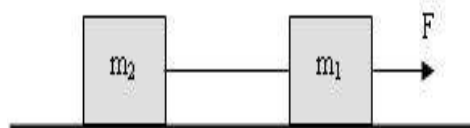
$$v = v_0 + a \cdot t$$

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

$$= 10 \text{ m/s} + 20 \text{ m/s}$$

$$= 30 \text{ m/s}$$

13. Dua buah balok dihubungkan dengan seutas tali ringan di tarik secara horizontal dengan gaya $F = 60 \text{ N}$.



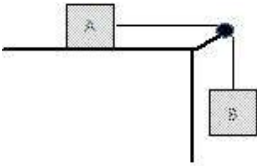
Massa benda $m_1 = 20$ kg dan $m_2 = 10$ kg. Jika $g = 10$ m/s² dan koefisien gesekan kinetis antara balok dan permukaan lantai 0,1, tentukan besar percepatan kedua balok !

Jawab:

$$a = \frac{F - f_{g1} - f_{g2}}{m_1 + m_2} = \frac{60 - 0,1 \cdot 200 - 0,1 \cdot 100}{20 + 10} = \frac{30}{30} = 1 \text{ m/s}^2$$

$$a = \frac{F - f_{g1} - f_{g2}}{m_1 + m_2} = \frac{60 - 0,1 \cdot 200 - 0,1 \cdot 100}{20 + 10} = \frac{30}{30} = 1 \text{ m/s}^2$$

14. Perhatikan gambar berikut!



Balok A mempunyai massa 2 kg dan balok B 1 kg. Balok B mula-mula diam dan kemudian bergerak ke bawah. Bila $g = 10$ m/s² berapakah tegangan tali yang menghubungkan kedua ?

Jawab:

Terlebih dahulu hitung percepatan kedua benda

$$a = \frac{w_B}{m_A + m_B} = \frac{10}{2 + 1} = \frac{10}{3} \text{ m/s}^2$$

Menghitung tegangan tali

$$T = w_B - m_B \cdot a$$

$$T = 10 \text{ N} - 1 \text{ kg} \cdot 10/3 \text{ m/s}^2 = 6,7 \text{ N}$$

15. Sebuah mesin perahu motor menghasilkan gaya 15.000 N. Berapa percepatan perahu motor jika massa perahu motor 1.000 kg dan total gaya gesekan perahu motor dengan air adalah 1.000 N?

Jawab:

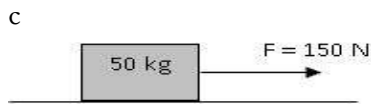
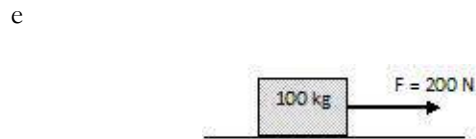
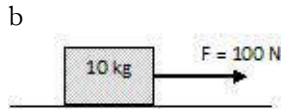
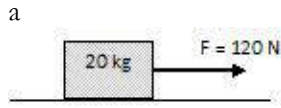
$$\begin{aligned} \Sigma F &= F - f \\ &= 15.000 \text{ N} - 1.000 \text{ N} \\ &= 14.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Percepatan perahu motor tersebut adalah:

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{14.000 \text{ N}}{1.000 \text{ kg}} = 14 \text{ N/kg}$$

Latihan :

1. Sebutkanlah bunyi hukum I, II, dan III Newton!
2. Berikut adalah gambar yang menunjukkan lima buah benda yang diberikan gaya berbeda-beda.



Tentukanlah percepatan masing-masing benda dan tunjukkan benda mana yang mengalami percepatan paling besar !

3. Sebuah gaya 40 Newton bekerja pada sebuah benda yang massanya 20 kg dan terletak di atas lantai yang licin sempurna. Berapakah percepatan yang dialami oleh benda?
4. Sebuah mobil bergerak dengan percepatan 4 m/s^2 . Jika massa mobil 1.500 kg, berapakah besar gaya yang bekerja pada mobil ?
5. Jelaskanlah bagaimana gaya aksi-reaksi pada sebuah senapan!

MENERAPKAN KONSEP ENERGI DAN USAHA SERTA APLIKASINYA

Energi dari suatu benda adalah ukuran kesanggupan atau kemampuan benda untuk melakukan suatu usaha. Sebagai contoh, sebuah mobil yang sedang melaju kencang memiliki kemampuan untuk menghan-curkan benda-benda yang ditabraknya karena memiliki energi gerak. Sebaliknya, truk tronton yang diam tidak akan menyebabkan kerusakan pada benda-benda sekelilingnya karena tidak memiliki energi gerak. Demikian pula dengan bom, meskipun dalam keadaan diam bom berpotensi untuk merusak benda-benda disekelilingnya. Hal ini terjadi karena bom memiliki energi yang tersimpan dalam bentuk kimia. Energi merupakan besaran skalar dengan satuan Joule.

Banyak hal yang terjadi berkaitan dengan usaha dalam kehidupan sehari-hari. Akan tetapi terkadang terjadi salah pengertian dalam memahami istilah usaha. Ada perbedaan pengertian atau definisi yang dimaksud usaha dalam keseharian dengan pengertian usaha dalam konsep fisika. Misalnya, terdapat pernyataan sebagai berikut: “Walaupun hasilnya tidak memuaskan, tetapi dia telah berusaha mengerjakan soal ujian dengan sungguh-sungguh”. Dalam bahasan sehari-hari konteks kalimat tersebut tentunya tidak salah. Akan tetapi di dalam fisika, pemahamannya menjadi berbeda. ‘Usaha’ yang dimaksud di dalam fisika merupakan suatu besaran yang kaitannya dengan perpindahan. Jadi bila suatu benda tidak mengalami perpindahan, maka tidak ada usaha yang bekerja pada benda tersebut.

Konsep usaha pada hakikatnya berkaitan erat dengan konsep energi. Energi merupakan penyebab dari adanya usaha. Akan tetapi usaha juga bisa menyebabkan perubahan energi. Ada beberapa bentuk energi yang kita kenal, akan tetapi bentuk energi yang terkait dengan konsep usaha yang akan dibicarakan disini adalah bentuk energi yang terkait dengan gerak benda, yaitu energi kinetik dan energi potensial gravitasi, dan energi mekanik.

A. Energi

1. Pengertian Energi

Energi merupakan konsep yang sangat abstrak. Energi tidak memiliki massa, tidak dapat diamati, dan tidak dapat diukur secara langsung. Akan tetapi kita dapat merasakan perubahannya. Kita dapat beraktivitas sehari-hari karena tubuh kita memiliki energi.. Energi di jagad raya terdapat dalam berbagai bentuk. Misalnya energi mekanik, energi kimia, energi elektromagnetik, energi nuklir, energi bunyi, energi panas, energi listrik, dan energi cahaya.

Berasal dari manakah energi di jagad raya? Energi di jagad raya berasal dari matahari. Apabila matahari tidak ada, maka tidak akan ada energi di bumi. Energi mengalami perubahan dari bentuk satu menjadi energi bentuk lain. Misalnya, energi matahari yang berupa energi cahaya dan energi panas dapat diserap oleh tumbuh-tumbuhan dan disimpan dalam bentuk energi kimia. Jika manusia memakan tumbuhan tersebut maka energi akan berpindah ke tubuh manusia masih dalam bentuk energi kimia pula. Energi kimia dalam bentuk makanan tersebut selanjutnya dapat berubah menjadi berbagai bentuk energi misalnya energi panas atau energi kinetik. Dengan energi inilah manusia mampu bergerak dari satu tempat ketempat yang lain.

Cahaya termasuk salah satu bentuk energi. Hal ini dijelaskan Allah firman-Nya Q.S. Yunus ayat 5

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ٥

Artinya :Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui) (Q.S. Yunus:5)

Konsep bentuk energi tidak terlepas dari perubahan energi, karena yang berubah adalah bentuk energi. Meskipun berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain, jumlah energi ini selalu tetap. Hal ini akan dipelajari pada bagian hukum kekekalan energi. Perubahan energi biasanya melibatkan perpindahan energi dari satu benda ke benda lainnya. Air yang mendidih karena dipanaskan mampu menggerakkan baling-baling kertas. Dalam peristiwa ini terjadi perubahan dari energi termal pada air menjadi energi kinetik (gerak) pada gerakan baling-baling kertas. Dari peristiwa ini dapat memahami bahwa ada bentuk energi termal (panas) dan bentuk energi kinetik. Contoh peristiwa yang lain yaitu jika seseorang meletakkan bola di tempat yang lebih tinggi, kemudian bola tersebut menggelinding ke bawah. Pada saat bola berada di tempat yang tinggi dan diam, ia memiliki energi potensial dan ketika bola bergerak energi potensial berubah menjadi energi kinetik.

Secara tradisional energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha, yakni menyebabkan sesuatu berpindah. Tetapi ketika usaha ditunjukkan, selalu ada perubahan. Hubungan ini memberikan definisi umum yang berguna. **Energi adalah kemampuan untuk menyebabkan perubahan.**

2. Energi Potensial Gravitasi (E_p)

Istilah potensial memiliki kata dasar “potensi”, yang dapat diartikan sebagai kemampuan yang tersimpan. **Energi potensial adalah energi yang dimiliki suatu benda akibat adanya pengaruh tempat atau kedudukan dari benda tersebut.** Semakin tinggi kedudukan sebuah benda, semakin besar energi potensial gravitasi yang dimiliki oleh benda tersebut. Sebagai contoh, sebuah batu yang berada di atas permukaan tanah tidak berbahaya bagi orang yang berada disekitarnya. Batu tidak memiliki energi potensial relatif terhadap orang yang berada di permukaan tanah. Lain halnya dengan batu yang berada di tebing. Batu di atas tebing memiliki kemampuan merusak benda-benda yang berada dibawahnya jika batu tersebut jatuh.

Secara matematis energi potensial gravitasi dinyatakan sebagai berikut:

$$E_p = m \times g \times h$$

Keterangan :

E_p = energi potensial (Joule)

m = massa dari benda (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = tinggi benda dari tanah (m)

Contoh:

Seorang pemanjat tebing bermassa 60 kg berada di ketinggian 100 m dari tanah. Berapa energi potensial yang dimiliki pemanjat tersebut? ($g = 10 m/s^2$)

Diket:

$m = 60 \text{ kg}$

$h = 100 \text{ m}$

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

Ditanya

$EP = \dots ?$

Jawab:

$EP = m \times g \times h$

$= 60 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 100 \text{ m}$

$= 60.000 \text{ Joule}$

3. Energi Kinetik

Setiap benda yang bergerak memiliki energi. Sejumlah kendaraan yang bergerak dengan laju tertentu di jalan raya juga memiliki energi kinetik. Benda yang bergerak memiliki kemampuan untuk melakukan usaha, karenanya dapat dikatakan memiliki energi. Energi pada benda yang bergerak disebut energi kinetik. Kata kinetik berasal dari bahasa Yunani, kinetikos, yang artinya “gerak”.

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena geraknya. Energi kinetik dipengaruhi oleh massa dan kecepatan benda. Semakin besar kecepatan atau kelajuan benda, semakin besar energi kinetik benda tersebut. Demikian pula semakin besar massa benda yang bergerak makin besar pula energi kinetik yang dimilikinya. Mengapa peluru yang keluar dari sebuah senapan sangat berbahaya jika mengenai manusia, padahal massa peluru hanya beberapa gram? Meskipun massanya kecil, peluru yang keluar dari senapan memiliki energi yang sangat besar. Hal ini disebabkan peluru tersebut mempunyai kelajuan yang sangat besar. Jika massa peluru tersebut diperbesar dengan gaya yang sama, energinya akan semakin besar pula.

Ketika benda bergerak, benda memiliki kecepatan. Dengan demikian, kita dapat menyimpulkan bahwa energi kinetik merupakan energi yang dimiliki benda karena gerakannya atau kecepatannya. Secara matematis energi kinetik dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

Keterangan:

E_k = energi kinetik (J)

m = massa dari benda (kg)

v = kecepatan dari benda (m/s)

Contoh:

Sebuah benda yang massanya 0,1 kg bergerak dengan kecepatan 100 m/s. Berapa energi kinetik yang dimiliki benda tersebut?

Diket:

$m = 0,1 \text{ kg}$;

$v = 100 \text{ m/s}$

Ditanya:

$E_k : \dots$

Jawab :

$$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2 = \frac{1}{2} \times 0,1 \text{ kg} \times 100^2 \text{ m/s} = 500 \text{ Joule}$$

4. Energi Mekanik

Energi mekanik merupakan penjumlahan antara besarnya energi kinetik dengan energi potensial. Perhatikan batu yang dijatuhkan dari suatu ketinggian. Ketika batu berada pada suatu ketinggian, batu bermassa m pada suatu ketinggian h mempunyai energi potensial EP yang besarnya $m \times g \times h$.

Ketika batu tersebut dijatuhkan, energi potensial tersebut berubah menjadi energi kinetik. Semakin bergerak ke bawah, energi potensialnya semakin berkurang dan energi kinetiknya semakin bertambah. Hal ini dikarenakan semakin bergerak ke bawah, ketinggian batu tersebut dari lantai semakin kecil (energi potensial berkurang) dan kelajuannya semakin besar (energi kinetiknya bertambah). Pada ketinggian tertentu, batu akan mempunyai energi potensial sama dengan energi kinetiknya. Pada akhirnya, batu tersebut jatuh ke lantai. Pada saat ini, energi yang dimiliki batu seluruhnya merupakan energi kinetik.

Secara matematis energi mekanik sebuah benda dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$E_M = E_p + E_k$$

Keterangan

E_M = energi mekanik (Joule)

E_p = energi kinetik (Joule)

E_k = energi kinetik (Joule)

Contoh:

Sebuah benda massanya 1 kg dilemparkan dari atas rumah yang tingginya 10 m dengan kecepatan 10 m/s. Berapakah energi mekanik yang dimiliki oleh benda sesat setelah dilemparkan?

Diket:

$$m = 1 \text{ kg}$$

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

$$h = 10 \text{ m}$$

$$v = 10 \text{ m/s}$$

Ditanya : $E_M = \dots ?$

Jawab :

$$E_M = E_p + E_k$$

$$= m \cdot g \cdot h + (1/2)mv^2$$

$$= 1 \cdot 10 \cdot 10 + (1/2) 1 (10)^2$$

$$= 100 + 50$$

$$= 150 \text{ J}$$

5. Hukum Kekekalan Energi

Energi tidak dapat dimusnahkan atau diciptakan, tetapi energi dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lain, tetapi energi totalnya tetap. Sebagaimana telah diketahui, energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Di rumah kita, energi listrik dapat berubah menjadi panas ketika listrik digunakan pada seterika dan kompor. Energi listrik dapat berubah menjadi energi kinetik berupa gerak putar misalnya pada kipas angin dan pompa air. Energi listrik juga dapat berubah menjadi energi cahaya jika digunakan oleh lampu listrik. Meskipun demikian, jumlah energi tidaklah berubah. Bentuk energi berubah dari satu menjadi yang lain namun jumlah totalnya tetap.

Energi dapat menyebabkan perubahan pada benda atau lingkungan. Perubahan energi yang dimaksud dapat terjadi dengan berbagai cara. Matahari sebagai sumber energi utama memberikan banyak manfaat dalam berbagai perubahan energi. Matahari menghasilkan energi radiasi yang dapat diubah menjadi berbagai bentuk energi lainnya yang tentu saja sangat berguna bagi kehidupan. Reaksi nuklir yang terjadi di matahari menghasilkan energi termal (kalor). Oleh karena itu suhu matahari tetap tinggi meskipun radiasi dipancarkan terus menerus ke ruang angkasa.

Perlu digarisbawahi bahwa hukum kekekalan energi mekanik berlaku hanya jika tidak ada energi yang hilang akibat adanya gaya konservatif. Misalnya akibat gesekan udara maupun gesekan antara dua bidang yang bersentuhan. *Gaya konservatif* adalah gaya yang tidak bergantung pada lintasan, tetapi hanya ditentukan oleh keadaan awal dan akhir.

6. Aplikasi Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Salah satu aplikasi hukum kekekalan energi mekanik dalam kehidupan sehari-hari adalah pada permainan biliar. Misalnya, bola biliar *A* menumbuk bola biliar *B* yang sedang diam. Pada peristiwa tumbukan bola biliar dianggap tidak ada energi yang hilang jadi panas dan tidak ada gaya gesekan

sehingga hukum kekekalan energi mekanik berlaku. Karena energi potensial semua bola sama sebelum dan sesudah tumbukan, maka energi kinetik kedua bola bilyar sebelum dan sesudah tumbukan sama besar. Jadi, ketika bola A kehilangan sejumlah energi kinetik, maka bola B akan menerima tambahan energi kinetik sebesar energi kinetik yang hilang dari bola A.

Contoh lain aplikasi hukum kekekalan energi adalah pada ayunan. Ayunan dimulai dengan suatu dorongan untuk membuatmu bergerak, yakni untuk memberikan sejumlah energi kinetik padamu. Saat ayunan naik, energi kinetik berubah menjadi energi potensial. Pada titik tertinggi, energi potensialnya juga terbesar. Kemudian, saat ayunan turun, energi potensial berubah menjadi energi kinetik. Pada titik terendahnya, energi kinetiknya terbesar dan energi potensialnya terkecil.

B. Usaha

Allah SWT berfirman

لَهُ مُعَقِّبَاتٌ مِّنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَمَنْ خَلْفَهُ يَحْفَظُونَهُ مِنْ أَمْرِ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُعَيِّرُوهُ مَا بِأَنْفُسِهِمْ وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءًا فَلَا مَرَدَّ لَهُ وَمَا لَهُمْ مِنْ دُونِهِ مِنْ وَالٍ ۝ ١١

Artinya : Bagi manusia ada malaikat-malaikat yang selalu mengikutinya bergiliran, di muka dan di belakangnya, mereka menjaganya atas perintah Allah. Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap sesuatu kaum, maka tak ada yang dapat menolaknya; dan sekali-kali tak ada pelindung bagi mereka selain Dia

1. Konsep Usaha

Pengertian usaha dalam fisika mungkin sedikit berbeda dengan pengertian usaha dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh, seseorang mendorong tembok dengan sekuat tenaga selama beberapa menit. Dalam kehidupan mungkin orang tersebut telah dapat dikatakan berusaha untuk mendorong tembok. Namun secara fisika karena tembok tidak berpindah tempat orang tersebut belum dapat dikatakan melakukan usaha. Mengapa demikian?

Dalam sudut pandang fisika, khususnya mekanika, usaha mengandung pengertian sebagai segala sesuatu yang dilakukan oleh gaya pada suatu benda sehingga benda itu bergerak. Agar usaha berlangsung, maka gaya harus dikerahkan pada suatu benda hingga benda tersebut menempuh jarak tertentu.

Perhatikan gambar berikut



Gambar di atas menunjukkan seorang yang sedang mendorong sebuah meja. Orang tersebut memberikan gaya melalui suatu dorongan kepada meja sehingga meja bergerak (berpindah). Adanya gaya yang bekerja sebuah meja yang menyebabkan meja tersebut berpindah tempat menunjukkan **adanya usaha** yang telah dilakukan oleh orang itu.

Perhatikan juga gambar berikut



Sumber: <https://www.google.co.id/>

Gambar di atas menunjukkan seorang atlet sedang mengangkat sebuah barbel dalam suatu olimpiade kejuaraan angkat besi. Atlet tersebut mencoba mengangkat barbel yang mula-mula terletak di lantai hingga berada di atas kepalanya. Gaya yang diberikan oleh atlet tersebut pada barbel menyebabkan barbel dapat berpindah (berubah ketinggiannya). Adanya gaya yang diberikan oleh atlet itu kepada barbel sehingga barbel dapat berpindah menunjukkan **adanya usaha** yang diberikan oleh atlet tersebut kepada barbel.

Sekarang perhatikan gambar berikut



Sumber: informasi-pendidik.com

Seseorang sedang mendorong dinding. Orang tersebut mengerjakan sejumlah gaya kepada dinding, namun dinding tersebut tetap di tempatnya (tidak bergerak atau berpindah). Adanya gaya yang diberikan oleh orang tersebut kepada dinding tetapi dinding tersebut tidak berpindah menunjukkan bahwa orang itu **tidak melakukan usaha** atau tidak ada usaha yang terjadi

Dengan demikian **usaha didefinisikan sebagai sejumlah gaya yang bekerja pada suatu benda sehingga menyebabkan benda berpindah sepanjang garis lurus dan searah dengan arah gaya.**

Secara sederhana, usaha dapat digambarkan sebagai perkalian vektor antara gaya yang bekerja pada benda dan perpindahan yang diakibatkan oleh gaya tersebut.

Secara umum, rumus usaha dapat ditulis sebagai berikut:

$$W = F \cdot s \cos \theta$$

Keterangan:

W = Usaha (Joule)

F = Gaya (Newton)

s = Perpindahan (meter)

θ = Sudut antara gaya dan perpindahan

Berdasarkan rumusan di atas, terdapat dua faktor yang mempengaruhi besar kecilnya ukuran usaha yang dilakukan, yaitu (1) besar gaya yang dilakukan, dan (2) perpindahan yang dialami akibat gaya tersebut. Untuk kasus sederhana seandainya gaya yang dilakukan tetap dan gerak yang terjadi lintasannya lurus searah gaya, usaha didefinisikan sebagai perkalian gaya dengan jarak perpindahannya.

$$W = F \cdot s$$

Berdasarkan rumusan di atas dapat dijelaskan mengapa seseorang yang mendorong tembok dikatakan tidak melakukan gaya. Sebesar apapun gaya yang dilakukan, karena tembok tidak berpindah maka perkalian antara gaya dan perpindahan juga menghasilkan nol.

Berdasarkan persamaan ini dapat pula dijelaskan mengapa seseorang yang membawa beban berjalan beberapa meter juga dikatakan tidak melakukan usaha. Hal ini karena arah gaya yang diberikan tegak lurus dengan arah perpindahan sehingga perkalian vektornya juga sama dengan nol. Jika gaya tidak searah, perlu dicari komponen gaya searah dengan perpindahan.

Usaha = 0 jika tidak terdapat perpindahan, dan jika perpindahan tegak lurus dengan gaya
Usaha = negatif (-) jika perpindahan berlawanan dengan arah gaya

Contoh:

Sebuah meja didorong dengan sebuah gaya sebesar 200 N dan bergeser sejauh 2,5 m. Berapakah besar usaha yang dilakukan?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$\vec{F} = 200 \text{ N}$$

$$s = 2,5 \text{ m}$$

Ditanyakan: $W = \dots?$

Jawab:

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

$$W = 200 \cdot 2,5$$

$$W = 500 \text{ J}$$

Jadi, usaha yang dilakukan untuk memindahkan meja sebesar 500 J.

2. Usaha dan Perubahan Energi

Usaha memiliki kaitan yang erat dengan perubahan energi. Hal ini disebut dengan teori usaha-energi. **Usaha dapat menimbulkan perubahan energi pada suatu benda.** Jika kita melakukan usaha pada benda, maka benda akan mengalami perubahan energi misalnya perubahan energi kinetik atau perubahan energi potensial.

Kamu memegang batu pada suatu ketinggian h_1 , kemudian batu tersebut kamu ubah kedudukannya ke tempat yang lebih tinggi h_2 . Untuk melakukan itu, otot tanganmu melakukan usaha yang besarnya sama dengan selisih energi potensial pada ketinggian h_2 (E_{p2}) dan energi potensial pada ketinggian h_1 (E_{p1}).

$$W = \Delta E_p \\ = mgh_2 - mgh_1$$

$$W = \Delta E_k \\ = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$\Delta E_p = \Delta E_k = W = \vec{F} \cdot s$$

C. Daya

Dalam ilmu fisika, daya diartikan sebagai laju usaha dilakukan atau perbandingan antara besar usaha dengan selang waktu. Dalam kaitan dengan energi, daya diartikan sebagai laju perubahan energi. Sedangkan daya rata-rata didefinisikan sebagai perbandingan usaha total yang dilakukan dengan selang waktu total yang dibutuhkan untuk melakukan usaha.

Dalam definisi usaha di atas, tidak dibahas berapa lama melakukan usaha tersebut. Sejumlah usaha yang sama, misalnya mengangkat beban ke lantai atas, bisa dilakukan dengan berjalan biasa atau bisa dengan cara berlari. Mengapa kalau dilakukan dengan berlari kita akan lebih capai, dari pada dengan hanya berjalan biasa. Untuk memahami ini kita harus mengetahui yang disebut dengan daya. **Daya adalah jumlah usaha yang dilakukan tiap satu satuan waktu.**

$$\text{daya} = \frac{\text{usaha}}{\text{waktu}} \\ P = \frac{W}{t}$$

Berdasarkan persamaan ini, dapat disimpulkan bahwa semakin besar laju usaha, semakin besar daya. Sebaliknya, semakin kecil laju usaha maka semakin kecil laju daya. Yang dimaksudkan dengan laju usaha adalah seberapa cepat sebuah usaha dilakukan. Misalnya mobil A dan B memiliki massa yang sama menempuh suatu lintasan berjarak 1 km. Apabila mobil A menempuh lintasan tersebut dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan mobil B, maka ketika menempuh lintasan itu, daya mobil A lebih besar dari mobil B. Dengan kata lain, Mobil A memiliki laju perubahan energi kimia menjadi energi mekanik yang lebih besar dari pada mobil B.

Mesin yang berdaya besar mampu melakukan usaha yang sangat cepat. Misalnya, mobil yang berdaya dua kali lebih besar tidak selalu berarti mampu menghasilkan usaha dua kali lebih besar, tapi dengan daya dua kali lebih besar, dapat melakukan usaha yang sama dalam waktu setengah kalinya. Kelebihan mobil berdaya besar tersebut adalah dari percepatan yang dihasilkannya. Jadi, untuk mencapai laju tertentu dapat dilakukan dengan waktu yang pendek.

Contoh lain untuk memahami daya adalah sebagai berikut: Satu liter (l) bahan bakar dapat menghasilkan sejumlah usaha tertentu, tapi daya dapat menghasilkan usaha tersebut dengan membakarnya bergantung pada berapa cepat bahan bakar tersebut terbakar. Mungkin saja pada mobil, satu liter bahan bakar mampu menghasilkan daya 50 satuan dalam setengah jam, atau setara dengan 90.000 satuan daya dalam satu detik yang dihasilkan oleh pesawat boeing 747.

Daya merupakan besaran skalar, besaran yang hanya mempunyai nilai atau besar, tidak mempunyai arah. Satuan daya dalam Sistem Internasional adalah Joule/detik. Joule/detik juga biasa disebut Watt (disingkat W), untuk menghargai James Watt. Satu Watt dikeluarkan jika 1 joule usaha dilakukan dalam 1 detik.

Dalam sistem British, satuan daya adalah 1 pon-kaki/detik. Satuan ini terlalu kecil untuk kebutuhan praktis sehingga digunakan satuan lain yang lebih besar, yakni dayakuda atau horse power (disingkat hp). 1 dayakuda = 550 pon-kaki/detik = 764 watt = $\frac{3}{4}$ kilowatt.

Besaran usaha juga bisa dinyatakan dalam satuan daya x waktu, misalnya kilowattjam alias kWh. Satu kWh adalah usaha yang dilakukan dengan laju tetap sebesar 1 kilo Watt selama satu jam.

Contoh 1:

Contoh
Katakanlah ada mobil ajaib yang mampu menghasilkan energi 40 megajoule per liter bahan bakar. Jika hambatan udara dan gaya-gaya gesekan pada mobil sebesar 2000 N. Berapa batas jarak yang dapat ditempuh oleh setiap liter bahan bakar yang dikeluarkan pada percepatan ini?

Dari definisi usaha = gaya x perpindahan, berarti jarak = usaha/gaya. Jika dalam 1 liter bahan bakar terdapat energi 40 juta joule digunakan untuk usaha melawan hambatan udara dan gesekan, maka

$$\text{Jarak} = \frac{\text{Usaha}}{\text{Gaya}} = \frac{40000000 \text{ J}}{2000 \text{ N}} = 20000 \text{ m/l} = 20 \text{ km/l}$$

Contoh 2:

Berapa usaha yang dilakukan pada sebuah ember seberat 200 N saat Anda membawa ember mendarat sepanjang 10 m? Berapa usaha yang dilakukan saat mengangkat setinggi 1 m? Berapa daya yang dikerahkan saat mengangkat ember tersebut dalam waktu 1 detik? Berapa energi potensial ember tersebut di tempat ember tersebut diangkat?

Jawab:

Usaha yang dilakukan untuk kasus pertama adalah nol karena arah perpindahan ember tidak merupakan akibat gaya yang arahnya tegak. Dengan kata lain arah gaya tegak lurus terhadap arah perpindahan benda. Usaha yang dilakukan jika mengangkat benda tersebut 1 meter adalah 200 J. Didapatkan dari $F \times d = 200 \text{ N} \cdot 1 \text{ meter} = 200 \text{ N.m.}$ atau 200 J. Besarnya energi kinetik yang dimiliki benda sifatnya relatif. Bergantung pada acuan yang dipilih, bila diukur dari lantai berarti 200 J. Namun bila terhadap acuan lain, harganya akan berbeda.

Latihan :

1. Jelaskanlah :
 - a. Energi
 - b. Energi potensial gravitasi
 - c. Energi kinetik
 - d. Energi mekanik
 - e. Hukum kekekalan energi
 - f. Usaha
 - g. Daya
2. Sebuah sepeda motor yang massanya 100 kg melaju dengan kecepatan 10 m/s. Berapakah energi kinetik yang dimiliki oleh sepeda motor tersebut?

3. Sebuah batu yang massanya 10 kg berada di atas menara yang tingginya 200 m. Berapakah energi potensial gravitasi yang dimiliki oleh batu tersebut relatif terhadap permukaan tanah?
4. Sebuah pesawat terbang yang massanya 2000 kg memiliki kecepatan 100 m/s pada ketinggian 100 m. Berapakah energi mekanik yang dimiliki oleh pesawat tersebut?
5. Sebuah peluru yang massanya 1kg ditembakkan ke atas dari permukaan tanah dengan kecepatan 100 m/s. Tentukan ketinggian maksimum yang dapat dicapai oleh peluru tersebut!
6. Sebuah mobil massanya 1.500 kg bergerak dengan kelajuan 72 km/jam. Pengemudi melihat ada kemacetan di depan maka rem diinjak sehingga kelajuan mobil menjadi 36 km/jam. Selama pengereman, mobil menempuh jarak 20 m. Hitunglah gaya yang dilakukan rem pada roda!
7. Seorang atlet menahan barbel 100 kg dalam waktu 3 menit. Berapakah usaha yang dilakukan oleh Atlet tersebut ?
8. Mana yang lebih besar usaha yang diperlukan, mengangkat 50 kg karung secara tegak setinggi 2m atau mengangkat karung 25 kg setinggi 4m?
9. Berapakah daya yang diperlukan seseorang yang beratnya 50 N untuk menaiki tangga setinggi 3 m dalam waktu 5 sekon?
10. Sebuah mesin pengeruk dengan daya 50 kW mengerjakan gaya 5000 N untuk mendorong tanah sejauh 200 meter. Berapakah waktu yang diperlukan mesin itu?

SIFAT-SIFAT ZAT

Semua zat menempati ruang, mempunyai massa, dan dapat berada dalam wujud yang berbeda. Pada dasarnya ada tiga wujud zat: padat, cair, dan gas. Wujud dari suatu zat tergantung pada suhunya. Senyawa H₂O pada suhu kamar berupa air (wujud cair), pada suhu rendah berupa es (wujud padat), dan pada suhu tinggi berubah menjadi uap (wujud gas). Setiap wujud zat mempunyai sifat-sifat khusus yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi zat tersebut.

A. Pengertian Zat

Berbagai macam benda yang kita jumpai memiliki kesamaan, yaitu benda-benda tersebut memerlukan ruang atau tempat untuk keberadaannya. Air di dalam gelas, menempati ruang bagian dalam gelas itu, batu di pinggir jalan menempati ruang di pinggir jalan di mana ruangan itu tidak ditempati oleh benda lain sebelum batu itu disingkirkan. Udara dalam balon menempati ruang bagian dalam balon itu. Manusia juga menempati ruang, misalkan dalam lift hanya cukup ditempati paling banyak 8 orang dewasa, lebih dari itu ruang dalam lift tidak mencukupi lagi.

Benda atau zat juga memiliki massa, sebagai contoh batu bila ditimbang dengan neraca menunjukkan nilai massa tertentu. Balon berisi udara bila dibandingkan massanya dengan balon yang Kempis, akan lebih berat balon berisi udara. Hal itu menunjukkan bahwa udara memiliki massa. Dapat disimpulkan bahwa **zat adalah sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruangan.**

B. Partikel Zat

Untuk mengetahui mengapa wujud zat terkait dengan volume dan bentuknya, kita harus memahami konsep sifat-sifat partikel zat. Pada saat kita melarutkan gula ke dalam larutan teh, rasa manis dapat kita rasakan pada seluruh bagian larutan teh meskipun semua gula sudah tidak terlihat lagi dalam larutan tersebut. Suatu hal yang sama terjadi pada saat kita membuka kemasan pengharum ruangan pada salah satu sudut rumah, maka akan tercium bau harum ke seluruh ruangan. Mengapa hal di atas bisa terjadi? Hal ini terjadi karena partikel gula sudah bercampur dengan partikel teh dan partikel air, sehingga rasa manis dapat dirasakan pada seluruh larutan teh. Sedangkan bau harum dapat kita rasakan diseluruh ruangan, karena pengharum ruangan menguap menjadi gas, dan partikelnya menyebar keseluruh ruangan.

Berdasarkan uraian di atas, zat terdiri atas bagian yang lebih kecil lagi yaitu partikel. Partikel-partikel zat ini berukuran sangat kecil sehingga tidak dapat di lihat dengan mata telanjang. Meskipun begitu, susunan dan sifat partikel ini sangat menentukan wujud suatu zat. Setiap wujud zat tersusun dari partikel-partikel yang mempunyai kebebasan gerak dan jarak yang berbeda-beda.

Berbicara tentang partikel kembali kita ingat Firman Allah dalam Q.S. Al-Zalzalah ayat 7 dan 8 yang menggunakan kata zarah yaitu :

فَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ ۗ وَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا يَرَهُ ۗ

Artinya : Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan seberat dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya. Dan barangsiapa yang mengerjakan kejahatan sebesar dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya pula) QS. Al-Zalzalah: 7-8(

Sifat-sifat partikel suatu zat adalah sebagai berikut.

1. Partikel tidak diam, tetapi selalu bergerak atau bergetar.
2. Di antara satu partikel dengan partikel yang lain terdapat gaya tarikmenarik.
3. Di antara satu partikel dengan partikel yang lain terdapat ruang antar partikel yang disebut pori-pori.

C. Wujud Zat dan Sifatnya

Menurut wujudnya zat digolongkan menjadi tiga yaitu zat padat, zat cair, dan, zat gas.

Zat Padat	Zat Cair	Zat Gas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Bentuk dan volumenya selalu tetap 2. Susunan partikelnya teratur dan sangat berdekatan 3. Partikel tidak dapat bergerak bebas 4. Gaya tarik-menarik antar partikel sangat kuat. 5. Tidak dapat dimampatkan <p>Karena gaya tarik antar partikel pada zat padat sangat kuat maka bentuk zat padat cenderung tetap bila tidak ada gaya atau reaksinya yang mempengaruhinya. Contoh zat padat adalah batu, kayu, besi dll.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bentuk berubah sesuai dengan wadahnya, tapi volumenya selalu tetap 2. Susunan partikelnya agak teratur dan jarak antar partikel agak renggang 3. Partikel-partikelnya dapat bergerak bebas 4. Gaya tarik-menarik antar partikelnya lebih lemah 5. Susah/tidak dapat dimampatkan <p>Gaya tarik antar partikel zat cair agak kuat artinya lebih lemah dibanding dengan gaya tarik pada partikel zat padat. Agak lemahnya gaya tarik ini mengakibatkan bentuk zat cair dapat berubah-ubah sesuai dengan tempatnya (wadahnya).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bentuk dan volumenya selalu berubah mengikuti wadah dan ruangnya 2. Susunan partikelnya tidak teratur dan jarak antar partikel sangat berjauhan 3. Gaya tarik-menarik antar partikelnya sangat lemah 4. Pergerakan antar partikel sangat cepat 5. Dapat dimampatkan <p>Lemahnya gaya tarik menarik antar partikel pada zat gas menyebabkan bentuk dan volume zat gas selalu berubah sesuai dengan ruang yang ditempatinya. Yang menjadi ciri khas suatu zat sehingga dapat membedakan dari satu zat dengan zat lain adalah massa jenis.</p>

Firman Allah SWT dalam Q.S Ar-Ruum : 48 juga menguraikan wujud zat seperti awan dan hujan.

اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ كِسْفًا فَنَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَالِهِ
فَإِذَا أَصَابَ بِهِ مَنْ يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ إِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُونَ ٤٨

Artinya: Allah, Dialah yang mengirim **angin**, lalu angin itu menggerakkan **awan** dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendaki-Nya, dan menjadikannya bergumpal-gumpal; lalu kamu lihat **hujan** keluar dari celah-celahnya, maka apabila hujan itu turun mengenai hamba-hamba-Nya yang dikehendaki-Nya, tiba-tiba mereka menjadi gembira (Q.S Ar-Ruum : 48)

Ayat di atas memuat informasi tentang siklus air dan perubahan wujud air. Dimana air dapat berwujud cair (air hujan), gas (uap air) dan padat (awan).

1. Sifat Zat Padat

Partikel-partikel zat padat tersusun dalam geometri yang sangat teratur yang disebut dengan kristal. Kebanyakan zat padat terdapat sebagai kristal, misalnya logam-logam dan garam-garam anorganik. Namun ada segolongan zat padat yang tidak mempunyai susunan kristal teratur namun mempunyai volume dan bentuk tetap. Zat padat semacam ini disebut amorf, karena partikel-partikel penyusun zat padat tersebut tersusun sembarang. Yang termasuk dalam golongan ini adalah kaca, plastik, karet yang tak terenggang, fosfor merah. Ada juga zat yang sebagian berbentuk kristal dan sebagian berbentuk amorf, yaitu zat-zat polimer tinggi, misalnya selulosa dan nilon.

Zat padat tertentu memiliki sifat yang elastis, ini terjadi bila zat padat diberikan gaya dari luar kemungkinan zat padat bisa berubah bentuk. Tetapi bila gaya itu sudah tidak bekerja, maka bentuknya dapat kembali seperti semula. Kemampuan zat padat untuk kembali ke bentuk semula ketika gaya luar sudah tidak bekerja disebut elastisitas zat padat. Namun bila gaya yang diberikan terlalu besar, zat padat tidak dapat kembali ke bentuk semula. Hal ini terjadi karena batas elastisitas benda tersebut terlampaui. Elastisitas zat padat bergantung pada gaya elektromagnetik yang mengikat partikel-partikel penyusunnya. Kemampuan dibentuk menjadi lembaran tipis dan ditarik menjadi sebuah kawat adalah sifat yang bergantung pada struktur dan elastisitas suatu bahan.

Zat padat juga bisa mengalami pemuaian karena panas, **pemuaian adalah bertambahnya ukuran benda baik panjang, luas maupun volume karena partikel bergerak berjauhan akibat kenaikan suhu** misalnya pemuaian beton dan baja ada jembatan jalan raya lebih panjang pada siang hari yang panas daripada malam hari yang dingin. Oleh sebab itu suhu ekstrim harus dipertimbangkan ketika jembatan didesain. Sambungan atau disebut titik pemuaian, dibuat untuk menyediakan perubahan panjang. Pemuaian panas zat padat ini dapat dijelaskan dengan teori kinetik. Model suatu zat padat adalah sekumpulan partikel-partikel yang terhubung oleh pegas. Pegas mewakili gaya tarik antar partikel-partikel. Ketika partikel-partikel mendapat tekanan sehingga saling berdekatan, pegas mendorong partikel saling menjauh. Jika zat padat tidak memiliki gaya tolak (*repulsion*), zat padat akan hancur menjadi bagian-bagian yang sangat kecil.

Ketika suatu zat padat dipanaskan, energi kinetik partikelnya meningkat, dan bergetar lebih cepat. Gaya tarik antar partikel-partikel zat padat tidak sama dengan dengan gaya yang dikeluarkan oleh pegas yang diregangkan. Ketika partikel-partikel zat padat bergerak saling menjauh maka gayanya semakin melemah. Sehingga ketika partikel-partikel bergetar lebih cepat, pemisahan rata-rata partikelnya meningkat. Jadi zat padat memuai ketika suhunya meningkat.

Perubahan panjang pada zat padat berbanding lurus dengan perubahan suhu. Perubahan panjang juga berbanding lurus dengan panjang benda mula-mula. Sehingga panjang (L) suatu zat padat pada suhu (T) adalah :

$$L = L_1 + \alpha L_1 (T - T_1)$$

Dengan L_1 adalah panjang pada suhu T_1 , dan α disebut koefisien muai panjang. Persamaan ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$L - L_1 = \alpha L_1 (T - T_1) \text{ atau } \Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$

Sehingga,

$$\Delta L / L_1 = \alpha \Delta T \text{ atau } \alpha = \Delta L / L_1 \Delta T.$$

Satuan koefisien muai panjang adalah $1/^\circ\text{C}$.

Keterangan:

L = panjang akhir zat (m)

L_1 = panjang zat mula-mula (m)

α = koefisien muai linier/panjang ($1/^\circ\text{C}$)

ΔT = perubahan suhu ($^\circ\text{C}$)

Contoh soal:

Sebatang logam panjangnya 3,6 meter bersuhu 23°C , dipanaskan sampai suhunya 97°C . Ternyata logam tersebut mengalami pemuaian sehingga panjang logam menjadi 5,3 meter. Berapakah koefisien muai panjang logam tersebut?

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } L_1 &= 3,6 \text{ meter} \\ \Delta L &= 5,3 \text{ meter} - 3,6 \text{ meter} \\ &= 1,7 \text{ meter.} \\ T_1 &= 23^{\circ} \\ T &= 97^{\circ}\text{C} \\ \text{Ditanya : } \alpha &? \\ \text{Penyelesaian :} \\ \Delta T &= T - T_1 \\ &= 74^{\circ}\text{C} \\ \\ \alpha &= \Delta L // L_1 \Delta T \\ &= 1,7 \text{ m} / (3,6 \text{ m} \times 74^{\circ}\text{C}) \\ &= 0,0064 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}. \end{aligned}$$

2. Sifat Zat Cair

Zat cair mempunyai sifat volume tetap tetapi bentuknya berubah-ubah mengikuti ruang yang ditempatinya. Hal ini disebabkan gerakan partikelnya agak bebas, letak partikelnya agak renggang, gaya tarik-menarik antar partikelnya kurang kuat, dan ruang antar partikelnya agak besar.

Molekul-molekul di dalam cairan secara kontinyu mengalami tumbukan yang dapat memberikan kenaikan terhadap distribusi energi kinetik. Rata-rata pada temperatur kamar molekul-molekul bergerak dengan energi kinetik yang relative tinggi persentasenya kecil. Jika banyak molekul yang bergerak lebih cepat dan memiliki energi kinetik yang cukup untuk mengatasi gaya tarik antar molekul di dalam cairan, maka molekul tersebut dapat keluar melalui permukaan dan masuk ke dalam kondisi fase gasnya, kejadian ini dinamakan molekul mengalami penguapan.

Faktor yang mempengaruhi kecepatan penguapan adalah :

- Luas permukaan, semakin besar luas permukaan maka setiap detiknya penguapan semakin bertambah.
- Temperatur, Air menguap lebih cepat pada hari yang cuacanya panas daripada cuaca dingin atau hujan. Penyebabnya adalah fraksi total molekul yang memiliki energi cukup untuk keluar dari cairan pada temperatur yang lebih tinggi adalah lebih besar, bila dibandingkan pada temperatur yang rendah. Dengan kata lain, untuk energi kinetik (E_k) minimum yang sama pada kedua temperatur yang berbeda, jumlah fraksi total molekul yang dimiliki energi sebesar ini akan lebih besar pada temperatur yang lebih tinggi.
- Kekuatan gaya tarik antar molekul, Gaya tarik menarik antar molekul dalam padatan jauh lebih besar daripada di dalam cairan. Faktor inilah yang menjelaskan mengapa zat padat tidak mudah menguap.

3. Kohesi dan Adhesi

Berkaitan dengan gaya tarik antar molekul, terdapat 2 jenis gaya tarik menarik antar partikel, yaitu kohesi dan adhesi.

Teteskan air raksa di atas permukaan kaca, bagaimana bentuk raksa itu? Ternyata setetes air raksa itu berbentuk bola dan tidak membasahi permukaan kaca. Mengapa dapat terjadi? Karena kohesi air raksa lebih besar daripada adhesi air raksa dengan permukaan kaca. Hal yang sama juga terjadi pada air di daun talas. Bisakan kamu menjelaskannya?



Sumber: www.google.com

Teteskan air di atas permukaan kaca, bagaimana bentuk air itu? Ternyata setetes air itu menyebar dan membasahi permukaan kaca. Mengapa dapat terjadi? Karena kohesi air lebih kecil daripada adhesi air dengan permukaan kaca. **Cembung dan cekungnya permukaan zat cair dalam tabung disebut meniskus.**

Kohesi	Adhesi
Kohesi adalah gaya tarik menarik antar partikel zat sejenis	Adhesi adalah gaya tarik menarik antar partikel yang tidak sejenis.

Meniskus cembung maupun meniskus cekung menyebabkan sudut kontak antara bidang wadah (tabung) dengan permukaan zat cair berbeda besarnya. Meniskus cembung menimbulkan sudut kontak tumpul ($> 90^\circ$), sedangkan meniskus cekung menimbulkan sudut kontak lancip ($< 90^\circ$).



Sumber: www.wawanfisika.wordpress

4. Kapilaritas

Gaya kohesi dan gaya adhesi berpengaruh pada gejala kapilaritas. Mengapa minyak tanah dapat meresap ke bagian atas dari sumbu kompor? Hal ini terjadi karena adanya peristiwa kapilaritas, yaitu suatu zat cair dapat naik atau turun di dalam suatu pipa kapiler. Melalui peristiwa kapilaritas ini, kita dapat memanfaatkan kompor untuk memasak, karena minyak yang telah meresap ke atas sumbu kompor dengan diberi api sumbu langsung bisa menyala.

Adanya kapilaritas, ternyata banyak memberikan manfaat bagi kehidupan sehari-hari, di antaranya sebagai berikut.

- Kita memperoleh penerangan di malam hari dari cahaya lampu, karena minyak meresap melalui sumbu lampu.
- Tumbuhan dapat tumbuh dengan subur, karena air yang diperlukan tumbuhan meresap melalui akar tanaman.
- Meresapnya air pada tisu, kain pel, dan spons
- Pada saat kita mandi, air yang membasahi tubuh dapat kita bersihkan dengan handuk, karena air meresap ke dalam handuk.

Sebuah pipa kapiler kaca bila dicelupkan pada tabung berisi air akan dijumpai air dapat naik ke dalam pembuluh kaca pipa kapiler, sebaliknya bila pembuluh pipa kapiler dicelupkan pada tabung berisi air raksa akan dijumpai bahwa raksa di dalam pembuluh kaca pipa kapiler lebih rendah permukaannya dibandingkan permukaan raksa dalam tabung.

Jadi, kapilaritas sangat tergantung pada kohesi dan adhesi. Air naik dalam pembuluh pipa kapiler dikarenakan adhesi sedangkan raksa turun dalam pembuluh pipa kapiler dikarenakan kohesi.

Contoh air naik dalam pembuluh pipa kapiler dapat dilihat pada gambar berikut



Sumber : rajukeloko.blogspot.com

5. Tegangan Permukaan

Mengapa serangga dapat hinggap dan berjalan-jalan di atas permukaan air, tanpa khawatir tenggelam?



Sumber: rajukeloko.blogspot.com

Hal ini karena pada permukaan air terdapat gaya tarik-menarik antar partikel-partikel air atau kohesi. Akibatnya, pada permukaan air seolah-olah terdapat suatu selaput atau lapisan yang tegang yang dapat menahan serangga agar tidak tenggelam. Akibat adanya lapisan yang tegang pada permukaan air membuat kaki serangga membentuk lekukan di dalam air. Seolah-olah permukaan air bersifat seperti kulit balon yang elastis. Peristiwa tersebut dinamakan tegangan permukaan.

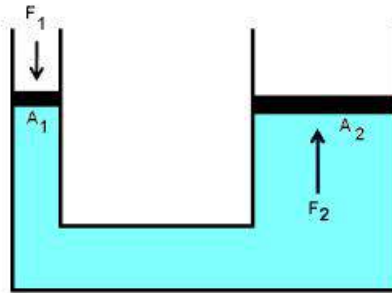
6. Sifat-Sifat Fluida

Apakah fluida itu? **Fluida adalah zat yang dapat mengalir dan mudah mengalami perubahan bentuk ketika diberi tekanan.** Karena fluida adalah zat yang dapat mengalir, sehingga fluida disebut zat alir. Zat cair dan zat gas keduanya adalah zat alir. Berbagai kegiatan yang kita lakukan berhubungan erat dengan kedua fluida ini. Kita bernapas memerlukan gas oksigen, kita minum memerlukan air. Sifat-sifat fluida memungkinkan pesawat bisa terbang dan perahu dapat terapung serta serangga dapat berjalan di atas air.

a. Hidrostatika

Hidrostatika membahas tentang gaya-gaya di dalam fluida yang diam. Bila kita menyelam dikolam renang yang sangat dalam, kita akan mengetahui bahwa air menghasilkan tekanan. Tubuh kita peka dengan tekanan air. Tekanan yang kita rasakan ditelinga hampir sama disemua bagian pada saat kita horisontal. Jadi tekanan yang kita rasakan tidak bergantung posisi kita menyembul kepermukaan atau miring.

Seorang ilmuwan dari perancis, Blaise Pascal menyatakan bahwa perubahan apapun dalam tekanan yang diberikan pada fluida yang berada dalam ruangan tertutup, pada titik sembarang diteruskan dengan tetap melalui fluida. **Penemuan ini dikenal dengan prinsip Pascal.** Yaitu tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup diteruskan ke segala arah dengan sama besar.



Sumber: ilmuhitung.com

Dalam sistem hidrolik, Fluida ditampung dalam dua tabung yang berhubungan. Setiap ruang mempunyai sebuah piston yang bebas bergerak. Gaya (F_1) dikeluarkan oleh piston 1 dengan luas permukaan (A_1). Tekanan (P_1) yang dikeluarkan pada fluida adalah:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

Dengan prinsip pascal, tekanan diteruskan lewat fluida tanpa perubahan. Tekanan ini sama dengan tekanan yang diterima. Tekanan yang dikeluarkan oleh fluida pada piston 2, dengan luas permukaan (A_2) adalah P_2 .

Maka:

$$P_1 = P_2 \Leftrightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

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

Contoh Soal:

Jawab:

Sebuah dongkrak hidrolik dengan luas pengisap kecil $A_1 = 10 \text{ cm}^2$ dan luas pengisap besar 60 cm^2 digunakan untuk mengangkat beban 6.000 N . Berapa gaya tekan yang harus diberikan pada pengisap kecil supaya beban tersebut terangkat?

$$\begin{aligned} A_1 &= 10 \text{ cm}^2 = 10^{-3} \text{ m}^2 \\ A_2 &= 60 \text{ cm}^2 = 6 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \\ F_2 &= 6000 \text{ N} \\ P_1 = P_2 &\Leftrightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \\ &\Leftrightarrow F_1 = \frac{A_1}{A_2} \times F_2 \\ &= \frac{10^{-3} \text{ m}}{6 \times 10^{-3} \text{ m}} \times 6000 \end{aligned}$$

Pada saat kita berenang lebih dalam lagi kita dapat mengamati sifat fluida yang lain, yaitu tekanan yang kita rasakan semakin besar. Tekanan fluida pada sebuah permukaan horisontal adalah berat persatuan luas (A) dari fluida di atas permukaan. Berat (w) air di atas kita adalah:

$$w = m g$$

Dimana massa jenis (ρ) merupakan m / V dan $V = A h$. sehingga

$$w = \rho A h g = \rho V g$$

Dengan mengganti nilai w akan diperoleh tekanan

$$\begin{aligned} p &= w / A = \rho A h g / A \\ p &= \rho h g \end{aligned}$$

Jadi tekanan hanya berbanding lurus dengan massa jenis dan kedalaman fluida, bentuk penampang tidak berpengaruh. Ketika sebuah benda dengan tinggi l diletakkan dalam suatu fluida, gaya-gaya yang dikeluarkan pada semua sisi seimbang. Namun, gaya pada bagian atas dan bawah, sebagai berikut.

$$\begin{aligned} F_{\text{atas}} &= p_{\text{atas}} A = \rho h A g \\ F_{\text{bawah}} &= p_{\text{bawah}} A = \rho (h+l) A g \end{aligned}$$

Gaya di bagian bawah lebih besar daripada gaya di bagian atas. Perbedaannya adalah:

$$\begin{aligned} F_{\text{bawah}} - F_{\text{atas}} &= \rho (h+l) A g - \rho h A g \\ &= \rho l V g - \rho V g \end{aligned}$$

sehingga ada gaya ke atas dari fluida kepada benda. Gaya ini disebut gaya apung. Dimana volume benda yang tercelup sama dengan volume fluida yang dipindahkan. Dengan demikian gaya apung ($\rho V g$) mempunyai besaran yang sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda yang tercelup.

Hubungan ini ditemukan oleh Archimedes dan disebut **prinsip Archimedes**. “Sebuah benda yang dicelupkan dalam fluida mendapat gaya ke atas yang sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut.”

Prinsip Archimedes berlaku untuk benda-benda dari semua jenis massa jenis. Bila massa jenis benda lebih besar daripada fluidanya, gaya apung akan lebih kecil dari berat benda, dan **benda akan tenggelam**. Bila massa jenis benda sama dengan fluidanya, gaya apung akan sama dengan

berat benda, dan **benda akan melayang**. Porsi benda yang tercelup hanya akan mengganti volume fluida dengan berat yang sama dengan berat benda.

Oleh sebab itu kapal yang terbuat dari baja tidak tenggelam bila berlayar dilaut. Karena lambung kapal berongga sehingga massa jenis rata-rata kapal lebih kecil daripada massa jenis air, sehingga gaya apung akan lebih besar dari berat kapal. **Gaya apung sama dengan berat benda di udara dikurangi dengan berat benda di dalam air.**

$$F_A = w_{\text{udara}} - w_{\text{air}}$$

Syarat keadaan terapung, melayang, dan tenggelam:

Mengapung	Melayang	Tenggelam
		
$\rho_b < \rho_c$ $w = m \cdot g$ $= V \cdot \rho_b \cdot g$ $F_A = V_2 \cdot \rho_c \cdot g$	$\rho_b = \rho_c$ $w = m \cdot g$ $= V \cdot \rho_b \cdot g$ $F_A = V \cdot \rho_c \cdot g$	$\rho_b > \rho_c$ $w = m \cdot g$ $= V \cdot \rho_b \cdot g$ $F_A = V \cdot \rho_c \cdot g$

Contoh soal:

Sebuah batu dengan volume 10 dm³ ditenggelamkan dalam air. Berapakah besar gaya apung yang bekerja pada batu? dan berapa berat batu yang nampak? (Bila massa jenis batu adalah 0,8 gram/cm³)

Diketahui : $V = 10 \text{ dm}^3 = 100 \text{ cm}^3$

$\rho_{\text{batu}} = 0,8 \text{ gram/cm}^3$

$\rho_{\text{air}} = 1 \text{ gram/cm}^3$

Ditanya : $F_{\text{apung}}?$

$w_{\text{dalam air}}?$

Penyelesaiannya:

$$\begin{aligned} F_{\text{apung}} &= \rho_{\text{air}} V g \\ &= 1 \text{ g/cm}^3 \times 10 \text{ cm}^3 \times 980 \text{ cm/s}^2 \\ &= 9800 \text{ dyne.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w_{\text{dalam air}} &= mg - F \\ &= [(100 \text{ cm}^3 \times 0,8 \text{ gram/cm}^3) \times 980 \text{ cm/s}^2] - 4900 \text{ dyne} \\ &= 78400 \text{ dyne} - 4900 \text{ dyne} \\ &= 73500 \text{ dyne.} \end{aligned}$$

b. Hidrodinamika

Bagaimanakah pengaruh fluida bergerak pada suatu benda? Peganglah selembar kertas dibawah bibir, kemudian tiuplah bagian permukaan atas kertas, maka kertas itu akan naik. Tekanan pada bagian atas kertas tempat udara mengalir lebih cepat itu lebih rendah daripada tekanan di bawah kertas, dimana udara tidak bergerak. Ini merupakan salah satu contoh prinsip Bernoulli.

Hubungan antara kecepatan dan tekanan yang dikeluarkan oleh sebuah fluida yang bergerak dinyatakan sebagai **prinsip Bernoulli**. "Ketika kecepatan suatu fluida meningkat, tekanan yang dikeluarkan menurun."

Contoh konkret tentang konsep ini adalah pesawat terbang, pesawat terbang memanfaatkan prinsip Bernoulli untuk mengangkatnya. Sayap pesawat terbang adalah airfoil, perangkat yang dirancang untuk menghasilkan gaya angkat saat bergerak melalui fluida. Curvature dari permukaan atas sayapnya lebih besar dari bagian bawahnya. Ketika sayapnya melewati udara, udara yang bergerak melewati permukaan atas lebih jauh, dengan demikian bergerak lebih cepat dari udara yang melewati bagian bawah sayap. Tekanan udara yang turun pada bagian permukaan atas sayap menghasilkan suatu tekanan ke atas yang akhirnya menghasilkan gaya ke atas pada sayap-sayapnya. Ini akan membantu menahan tinggi dari pesawat.



Sumber: bintangramadhona.wordpress.com

D. Sifat-Sifat Gas

Adapun zat gas mempunyai sifat bentuk dan volumenya berubah-ubah. Hal ini disebabkan gerakan partikelnya sangat berjauhan dan tidak teratur, gaya tarikmenarik antar partikelnya sangat lemah, dan ruang antar partikelnya sangat besar.

Keadaan gas ditentukan oleh berbagai faktor yaitu:

1. Tekanan

Teori kinetik molekul dapat membantu menjelaskan sifat-sifat gas. Teori ini didasarkan pada tiga asumsi yaitu:

- Gas tersusun dari sejumlah besar partikel yang sangat besar.
- Partikel-partikel bergerak secara acak dan terus-menerus.
- Partikel-partikel bertumbukan secara lenting sempurna dengan dinding-dinding tempat menahannya.

Bila dalam suatu ruang tertutup terdapat sejumlah besar molekul-molekul gas, maka sebagai akibat tumbukan molekul-molekul ini dengan dinding wadah, molekul-molekul ini menimbulkan gaya pada dinding. Ukuran dari gaya ini adalah tekanan gas (P), yaitu gaya yang bekerja tiap satuan luas permukaan. Secara matematis dapat ditulis:

$$P = F / A$$

Dalam satuan SI, satuan tekanan adalah pascal, disingkat Pa. satu pascal sama dengan satu newton per meter persegi.

Contoh soal:

Tekanan atmosfer di atas permukaan laut sekitar 1×10^5 Pa. Berapa gaya yang dikeluarkan di bagian atas sebuah meja kerja dengan panjang 1720 mm dan lebar 550 mm?

Diketahui : $P = 1 \times 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ KPa}$

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ &= 1720 \text{ mm} \times 550 \text{ mm} \\ &= 1,72 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \\ &= 0,946 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

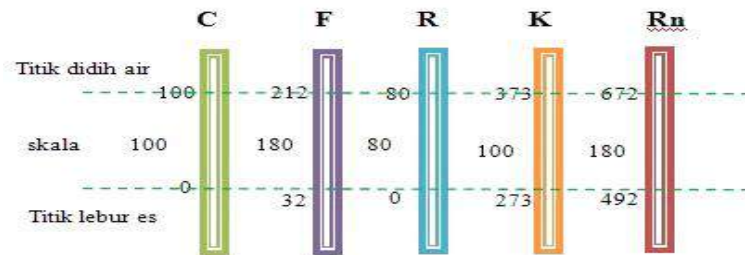
Ditanya : F ?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} P &= F / A \\ F &= P \times A \\ F &= 100 \text{ KPa} \times 0,946 \text{ m}^2 \\ \mathbf{F} &= \mathbf{94,6 \text{ N}} \end{aligned}$$

2. Suhu

Suhu adalah derajat panas atau dinginya suatu benda. Suhu dinyatakan dalam satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$), derajat Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) atau dalam Kelvin (K). Skala kelvin disebut pula sebagai skala suhu mutlak. Suhu 0°C ialah suhu es yang meleleh pada tekanan 1 atm, sedangkan 100°C adalah suhu air yang mendidih pada tekanan 1 atm. Bila temperatur gas dinaikkan 10°C , maka volume gas tersebut akan naik $1 / 273,16$ kali atau bila diturunkan 1°C , maka volume gas tersebut akan turun $1 / 273,16$ Kali. Oleh karena nilai 273,16 dipakai sebagai standar, yaitu $-273,16^{\circ}\text{C}$ merupakan batas pendinginan gas, dengan kata lain gas di bawah suhu tersebut tidak mungkin didinginkan lagi.



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:

1. $t^{\circ}\text{C} = \frac{4}{5}t^{\circ}\text{R} = \left(\frac{9}{5}t + 32\right)^{\circ}\text{F} = (t + 273)\text{K}$
2. $t^{\circ}\text{R} = \frac{5}{4}t^{\circ}\text{C} = \left(\frac{9}{4}t + 32\right)^{\circ}\text{F} = \left(\frac{5}{4}t + 273\right)\text{K}$
3. $t^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9}(t - 32)^{\circ}\text{C} = \frac{4}{9}(t - 32)^{\circ}\text{R} = \left(\frac{5}{9}(t - 32) + 273\right)\text{K}$
4. $t\text{K} = (t - 273)^{\circ}\text{C} = \frac{4}{5}(t - 273)^{\circ}\text{R} = \left(\frac{5}{9}(t - 273) + 32\right)^{\circ}\text{F}$

Atau:

dari	ke Fahrenheit	ke Celcius	ke Kelvin
$^{\circ}\text{F}$	F	$(^{\circ}\text{F} - 32)/1.8$	$(^{\circ}\text{F} - 32) * 5/9 + 273.15$
$^{\circ}\text{C}$	$(^{\circ}\text{C} * 1.8) + 32$	C	$^{\circ}\text{C} + 273.15$
K	$(\text{K} - 273.15) * 9/5 + 32$	$\text{K} - 273.15$	K

Hubungan skala Celcius dan Kelvin adalah

$$t^{\circ}\text{C} = t + 273\text{K}$$

3. Jumlah mol

Jumlah mol (n) diperoleh dari berat gas (W) dibagi dengan massa molekul relatif (Mr) atau massa atom relatif (Ar), sehingga secara matematis dapat ditulis :

$$n = \frac{\text{Berat gas (W)}}{\text{Massa molekul relatif (Mr / Ar)}}$$

Jika berat gas (W) dengan satuan gram sama dengan massa molekul relative (Mr) dengan satuan gram per mol, maka n sama dengan satu mol, dimana satu mol mengandung L molekul. L adalah bilangan Avogadro sama dengan $6,02 \times 10^{23}$ molekul per mol.

Contoh soal:

Suatu gas Oksigen dengan berat 3,2 gram. Tentukan berapa jumlah molekul gas Oksigen tersebut? (bila diketahui $Mr \text{ O}_2 = 32$).

Diketahui : $W = 3,2$ gram

$Mr = 32$ gram/mol

Ditanya : Jumlah molekul gas O_2 (N)?

Penyelesaian :

$$n = W / Mr$$

$$n = 3,2 / 32$$

$$n = 0,1 \text{ mol}$$

$$N = n \times L$$

$$N = 0,1 \text{ mol} \times 6,02 \cdot 10^{23} \text{ molekul/mol}$$

$$N = 6,02 \times 10^{22} \text{ molekul.}$$

Hukum-hukum yang menyatakan sifat gas:

1. Hukum Boyle (suhu konstan)

$$pV = \text{Konstan}$$

$$p_1V_1 = p_2V_2$$

2. Hukum Charles (tekanan konstan)

$$\frac{V}{T} = \text{Konstan}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

3. Hukum Gay-Lussac (volume tetap)

$$\frac{p}{T} = \text{Konstan}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Keterangan:

P = tekanan gas pada suhu tetap (Pa)

V = volume gas pada suhu tetap (m^3)

T = suhu mutlak pada tekanan tetap (K)

p_1 = tekanan gas pada keadaan I (Pa)

p_2 = tekanan gas pada keadaan II (Pa)

V_1 = volume gas pada keadaan I (m^3)

V_2 = volume gas pada keadaan II (m^3)

T_1 = suhu mutlak gas pada keadaan I (K)

T_2 = suhu mutlak gas pada keadaan II (K)

4. Persamaan Gas Ideal

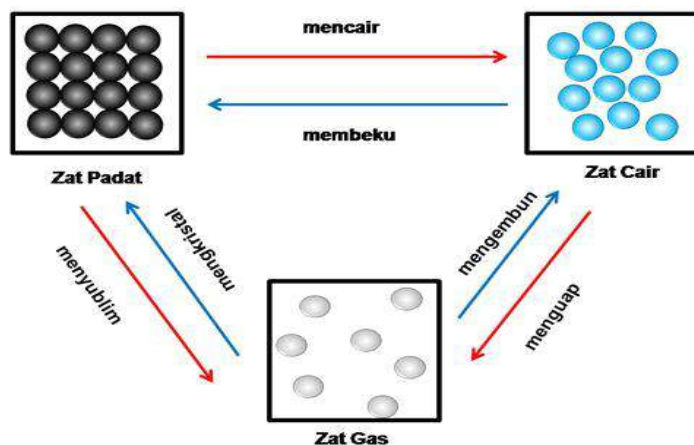
$$pV = nRT$$

Dengan n menyatakan jumlah mol dan R adalah konstanta pembanding. R juga disebut konstanta gas umum (universal) Nilai R untuk beberapa satuan adalah sebagai berikut:

$$= 8,315 \text{ J}/(\text{mol.K}),$$

E. Perubahan Wujud Zat

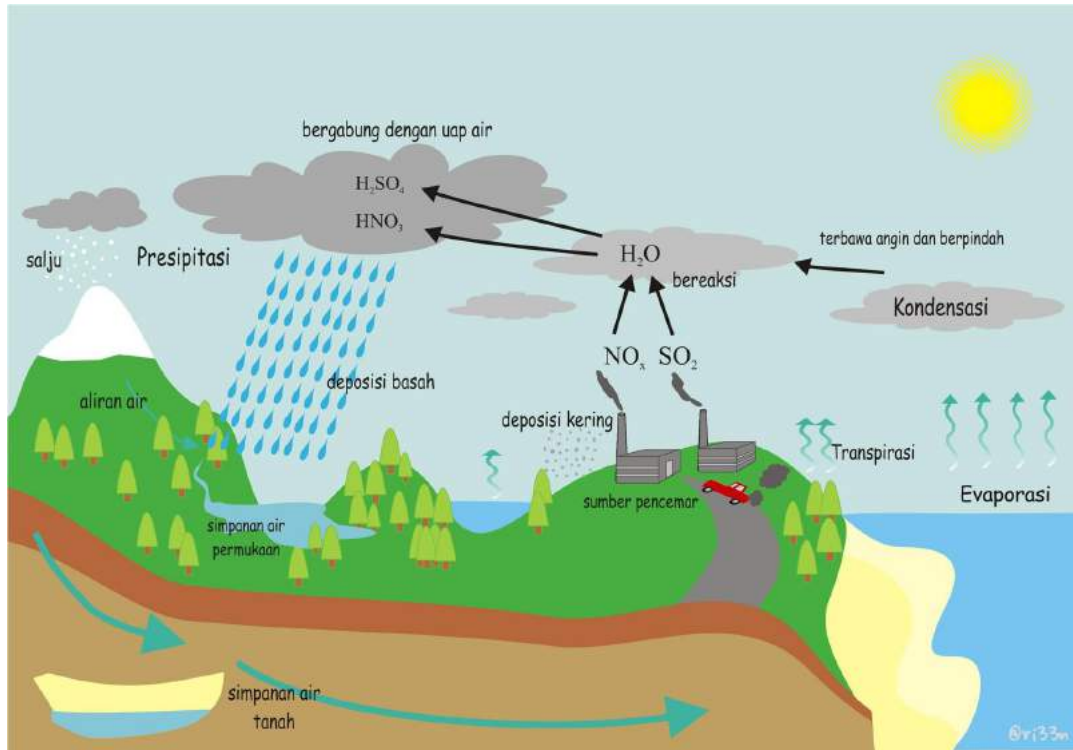
Perubahan Wujud Zat dapat berlangsung apabila mendapat pengaruh panas maupun tekanan, baik dari luar maupun dari dalam zat itu sendiri. Perubahan wujud zat secara fisika dapat dilihat pada gambar berikut.



Keterangan:

<i>Mencair</i>	peristiwa perubahan wujud zat dari padat menjadi cair. Dalam peristiwa ini zat memerlukan energi panas. Contoh: es batu menjadi air dan lilin meleleh.
<i>Membeku</i>	peristiwa perubahan wujud dari cair menjadi padat. Dalam peristiwa ini zat melepaskan energi panas. Contoh: air menjadi es dan logam cair yang membeku.
<i>Mengembun</i>	peristiwa perubahan wujud dari gas menjadi cair. Dalam peristiwa ini zat melepaskan energi panas. Contoh: uap air yang menjadi titik air, terjadinya embun pada pagi hari.
<i>Menguap</i>	peristiwa perubahan wujud dari cair menjadi gas. Dalam peristiwa ini zat memerlukan energi panas. Contoh: air yang dipanaskan lambat laun akan menguap.
<i>Menyublim</i>	peristiwa perubahan wujud dari padat menjadi gas. Dalam peristiwa ini zat memerlukan energi panas. Contoh: kapur barus yang disimpan di tempat terbuka lama-kelamaan menjadi habis.
<i>Mengkristal</i>	peristiwa perubahan wujud dari gas menjadi padat. Dalam peristiwa ini zat melepaskan energi panas. Contoh: gas dari kapur barus dapat dipadatkan lagi melalui metode kristalisasi.

Perubahan wujud zat juga terjadi pada siklus air. Perhatikan gambar berikut



Sumber : <https://prodiipa.wordpress.com>

Hujan merupakan peristiwa turunnya air dari atmosfer ke bumi. Di Indonesia yang merupakan daerah tropis, hujan merupakan sumber utama dari semua air yang mengalir di permukaan seperti sungai, waduk, laut maupun simpanan air di tanah. Hujan ini sebenarnya merupakan salah satu tahapan dalam siklus air. Siklus air merupakan sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari bumi ke atmosfer dan kembali ke bumi melalui evaporasi dan transpirasi, kondensasi dan presipitasi.

Siklus air memiliki beberapa tahap utama yaitu:

a. Evaporasi

Evaporasi merupakan **penguapan** air dari permukaan bumi yang berasal permukaan air laut, danau, sungai, tanah, jaringan tumbuhan, hewan, manusia dan bahan lain yang mengandung air. Namun jika evaporasi yang berasal dari tumbuhan lebih sering disebut **transpirasi**. Uap air hasil evaporasi ini akan naik ke atmosfer.

b. Kondensasi uap air membentuk awan

Uap air yang naik akan mengalami kondensasi membentuk butiran-butiran air. Kondensasi ini sama dengan peristiwa **pengembunan** sehingga uap air yang awalnya merupakan gas berubah wujud menjadi butiran-butiran air. Peristiwa kondensasi ini terjadi akibat suhu udara yang semakin rendah seiring dengan bertambahnya ketinggian pada atmosfer bumi. Butiran-butiran air ini kemudian akan berkumpul membentuk awan.

c. Perpindahan awan mengikuti arah angin

Butiran-butiran air yang membentuk awan ini ringan sehingga mudah terbawa mengikuti arah angin dan lama kelamaan semakin besar karena berkumpul satu sama lain.

d. Presipitasi yang mengembalikan air dari atmosfer ke permukaan bumi

Jika awan mencapai ukuran yang cukup besar maka butiran air tersebut akan jatuh ke permukaan bumi. Proses jatuhnya butiran air ke permukaan bumi disebut **presipitasi**.

Presipitasi ini dapat turun dalam bentuk hujan maupun salju (seperti gambar di bawah). Hal ini bergantung pada suhu udara saat presipitasi terjadi.



Gambar Jenis presipitasi

Sumber : *Glencoe science level green*

Jika saat presipitasi terjadi suhu udaranya diatas titik beku maka presipitasi akan turun sebagai hujan. Namun jika saat presipitasi suhu udaranya dibawah titik beku maka presipitasi akan turun sebagai salju.

e. **Mengalirnya air mengikuti gaya gravitasi**

Air dari presipitasi sebagian akan mengalir lagi ke sungai, danau, laut. Sebagian lagi ada yang meresap ke tanah dan disimpan sebagai air tanah.

Siklus air ini dapat berlangsung karena adanya energi kalor matahari. Sebagai sumber energi kalor terbesar di bumi, matahari diibaratkan sebagai mesin yang mempertahankan agar siklus air dapat terus berlangsung.

Latihan:

1. Jelaskan pengertian zat dan sebutkan sifat masing-masing zat
2. cetakan kaki persegi panjang, dengan panjang 18 cm dan lebar 11 cm. Massa mobil 1210 kg. Berapa tekanan yang dikeluarkan mobil ke tanah? (Gaya merupakan hasil kali massa (m) dengan percepatan gravitasinya ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$, untuk setiap benda dipermukaan bumi).
3. Apabila kita menghentikan pencairan es sebelum es mencapai titik lelehnya (32°F) dengan memasukkan es ke dalam kulkas, dimana pada saat itu titik leleh es 52°F . tentukan titik leleh dalam K dan $^\circ\text{C}$?
4. Berapakah jumlah partikel, 245 gram gas CO_2 ?
5. Permukaan air sirup terlihat cekung pada dinding tabung. Jelaskan mengapa hal ini bisa terjadi?
6. Mengapa air dapat terserap oleh kain pel, ketika kita membersihkan air yang tumpah ke lantai?
7. Lempengan aluminium dengan panjang 3,66 m pada suhu 15°C . Berapakah panjang aluminium ketika suhunya 79°C ?

8. Sebuah kursi yang menggunakan sistem hidrolik mempunyai berat 1600 N, terletak pada sebuah piston dengan luas penampang 1440 cm². Berapakah gaya yang harus diberikan piston kecil dengan luas penampang 72 cm² untuk mengangkat kursi?
9. Dua meter kubik baja ditenggelamkan dalam air. Berapakah besar gaya apung yang bekerja pada baja? dan berapa berat baja yang nampak? (Massa jenis baja 9x10³kg/m³).
10. Mengapa sebagian pesawat terbang memanfaatkan prinsip Bernoulli? Jelaskan!

KALOR

Indonesia adalah negara yang dilalui oleh garis khatulistiwa sehingga memiliki dua musim, yaitu musim panas, dan musim penghujan. Pada saat musim panas, tubuh akan berkeringat ketika berjalan di bawah terik matahari. Tubuh akan terasa lebih cepat haus sehingga kita lebih memilih minuman dingin seperti es. Es lebih cepat meleleh ketika udara di lingkungan kita terasa panas. Begitu pula pada musim penghujan, orang-orang keluar rumah menggunakan jaket tebal masing-masing. Ini dikarenakan baju tebal mampu mencegah terjadinya transfer energi dari badan ke lingkungan.

A. Pengertian Kalor

Energi panas pada hakikatnya adalah energi gerak relatif partikel-partikel penyusun benda saat suhunya lebih dari 0 K. Semakin besar suhunya, energi panas benda semakin besar. Semakin besar massa benda, energi panas benda semakin besar. Besar energi panas juga dipengaruhi oleh jenis benda. **Kalor merupakan energi panas yang berpindah.**

Kalor merupakan “transfer energi”. Ketika kalor mengalir dari benda panas ke benda yang lebih dingin, energilah yang ditransfer dari yang panas ke yang dingin. Ketika suatu zat yang panas dan zat yang dingin bersentuhan, partikel-partikel zat panas yang bergetar lebih cepat akan bergetar dan menumbuk partikel zat yang bersuhu dingin. Hal ini berlangsung terus menerus hingga membentuk energi kinetik rata-rata yang sama antara partikel zat yang panas dengan partikel zat yang semula dingin. Pada kondisi seperti ini terjadi keseimbangan termal dan suhu kedua zat akan sama. Kalor mengalir dengan sendirinya. Kalor bukanlah jumlah energi yang terkandung dalam suatu benda, karena begitu proses perpindahan energi berhenti, maka kalor tidak lagi memiliki arti. Oleh karena itu, tidaklah tepat menyatakan bahwa suatu benda mengandung kalor.

Pendapat bahwa kalor berhubungan dengan energi dikerjakan lebih lanjut oleh sejumlah ilmuwan pada tahun 1800-an, terutama oleh seorang ilmuwan dari Inggris, James Prescott Joule (1818 - 1889). Semakin tinggi kalor yang dimiliki, semakin cepat partikel-partikel benda tersebut bergerak.

Kalor adalah perpindahan energi kinetik dari satu zat yang bersuhu lebih tinggi ke zat yang bersuhu lebih rendah ketika kedua zat tersebut bersentuhan

Peristiwa perpindahan energi ini telah Allah gambarkan dalam firman-Nya bagaimana sebuah kapal dapat bergerak/berlayar di lautan. Q.S. Yunus ayat 22 :

هُوَ الَّذِي يُسَيِّرُكُمْ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ حَتَّىٰ إِذَا كُنْتُمْ فِي الْفُلِكِ وَجَرَيْنَ بِهِمْ بِرِيحٍ طَيِّبَةٍ وَفَرِحُوا بِهَا جَاءَتْهَا رِيحٌ عَاصِفٌ وَجَاءَهُمُ الْمَوْجُ مِنْ كُلِّ مَكَانٍ وَظَنُّوا أَنَّهُمْ أُحِيطَ بِهِمْ دَعَوُا اللَّهَ مُخْلِصِينَ لَهُ الدِّينَ لَئِن أَنجَبْنَا مِنْ هَذِهِ لَنَكُونَنَّ مِنَ الشَّاكِرِينَ ۚ

Artinya: “Dialah Tuhan yang menjadikan kamu dapat berjalan di daratan, (berlayar) di lautan. sehingga apabila kamu berada di dalam bahtera, dan meluncurlah bahtera itu membawa orang-orang yang ada di dalamnya dengan tiupan angin yang baik, dan mereka bergembira karenanya, datanglah angin badai, dan (apabila) gelombang dari segenap penjuru menimpanya, dan mereka yakin bahwa mereka telah terkepung (bahaya), Maka mereka berdoa kepada Allah

dengan mengikhlaskan ketaatan kepada-Nya semata-mata. (mereka berkata): "Sesungguhnya jika Engkau menyelamatkan Kami dari bahaya ini, pastilah Kami akan Termasuk orang-orang yang bersyukur" (QS. Yunus:22).

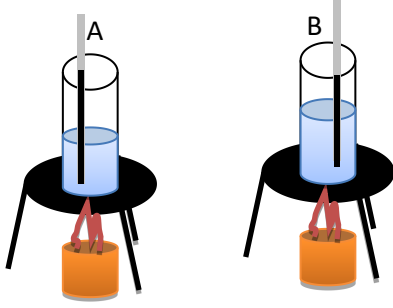
Pengertian kalor atau energi panas sering dikacaukan dengan istilah suhu. Suhu adalah ukuran, tingkat, atau derajat panas dinginnya suatu benda. Sedangkan kalor adalah kandungan energi panas yang dimiliki benda. Sebagai contoh, sebuah danau suhu airnya lebih rendah dibandingkan dengan suhu segelas air mendidih. Namun air danau memiliki kalor atau energi panas yang lebih besar dibandingkan dengan segelas air mendidih.

Dalam kehidupan sehari-hari energi panas atau kalor umumnya didapatkan dari perubahan energi-energi yang lain. Ketika memasak, kita tentu memerlukan energi panas. Jika memasak dengan gas elpiji berarti energi panas didapatkan dari perubahan energi kimia. Jika memasak menggunakan kompor listrik, berarti energi panas didapatkan dari perubahan energi listrik.

B. Pengaruh Kalor pada Suhu Benda

Jika sebuah benda menerima kalor, ada beberapa kemungkinan yang dapat terjadi. Benda dapat mengalami perubahan suhu, mengalami perubahan ukuran benda (pemuai), dan mengalami perubahan wujud. Jika sebuah benda menerima kalor, kenaikan suhu yang dialaminya dipengaruhi oleh banyaknya kalor yang diberikan, massa benda dan jenis benda.

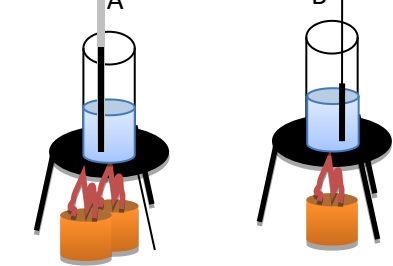
Jumlah kalor dipengaruhi beberapa besaran seperti massa, kenaikan suhu, dan kalor jenis.



Melihat Hubungan Kalor dengan Massa Benda

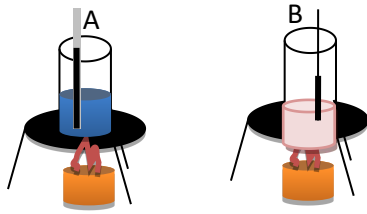
Kedua bejana diisi dengan zat cair yang sejenis dan dipanaskan dalam selang waktu yang sama. Ternyata pada bejana yang berisi zat cair lebih sedikit suhunya lebih tinggi. Artinya semakin besar massa benda, semakin kecil perubahan suhu yang terjadi ($\Delta T \approx \frac{1}{m}$).

Jadi jumlah kalor yang diserap benda berbanding lurus dengan massa benda. ($Q \propto m$)



Melihat Hubungan Kalor dengan Perubahan Suhu

Kedua benda diisi zat cair yang sejenis dan sama massanya. Ternyata pada selang waktu yang sama bejana yang dipanasi dengan api lebih besar memiliki suhu yang lebih tinggi. Jadi Jumlah kalor sebanding dengan kenaikan suhu ($Q \propto \Delta T$)



Gambar 1. Melihat Hubungan Kalor dengan Jenis Benda

Bejana A diisi dengan alkohol dan bejana B diisi dengan air. Massa kedua zat cair di dalam masing-masing bejana sama. Ternyata dalam selang waktu yang sama, Suhu thermometer pada bejana A lebih tinggi dari termometer pada bejana B. Kalor jenis alkohol lebih kecil dari kalor jenis air. Artinya kalor jenis berbanding terbalik dengan kenaikan suhu ($\Delta T \approx \frac{1}{c}$)

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan maka :

jumlah kalor yang diserap atau dilepas suatu benda dapat dirumuskan

$$Q = m c \Delta T$$

Keterangan:

Q : kalor yang diserap/dilepas zat (J)

m : massa zat (kg)

c : kalor jenis zat (J/kg°C)

ΔT : perubahan suhu (°C)

Berikut adalah kalor jenis beberapa benda.

No	Nama Zat	Kalor jenis (J/kgK)
1.	Air	$4,2 \times 10^3$
2.	Alcohol	$2,5 \times 10^3$
3.	Gliserin	$2,4 \times 10^3$
4.	Paraffin	$2,2 \times 10^3$
5.	Es	$2,1 \times 10^3$
6.	Kayu	$1,7 \times 10^3$
7.	Aluminium	$9,1 \times 10^2$
8.	Kaca	$6,7 \times 10^2$
9.	Besi	$4,7 \times 10^2$
10.	Tembaga	$3,9 \times 10^2$
11.	Kuningan	$3,8 \times 10^2$
12.	Karet	$1,7 \times 10^2$
13.	Timah hitam	$1,3 \times 10^2$
14.	Raksa	$1,4 \times 10^2$

Sebagai contoh kita akan menentukan besarnya kalor yang diperlukan untuk meningkatkan suhu 1 kg aluminium dari 30 °C menjadi 80 °C. Hal-hal yang diketahui adalah:

m	= 1 kg	$Q = m.c.\Delta T$
c	= 900 J/kg°C	$Q = 1.900.50$
T1	= 30 °C	$Q = 45000 \text{ J} = 45 \text{ KJ}$
T2	= 80 °C	
ΔT	= 50 °C	

C. Hukum Kekekalan Energi pada Kalor (Asas Black)

Diketahui bahwa kalor berpindah dari satu benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Perpindahan ini mengakibatkan terbentuknya suhu akhir yang sama antara kedua benda tersebut.

Pernahkah Anda membuat susu atau kopi? Sewaktu susu diberi air panas, kalor akan menyebar ke seluruh cairan susu yang dingin, sehingga susu terasa hangat. Suhu akhir setelah percampuran antara susu dengan air panas disebut suhu termal (keseimbangan). Kalor yang dilepaskan air panas akan sama besarnya dengan kalor yang diterima susu yang dingin. Kalor merupakan energi yang dapat berpindah, prinsip ini merupakan prinsip hukum kekekalan energi.

Hukum kekekalan energi di rumuskan pertama kali oleh Joseph Black (1728 – 1899). Oleh karena itu, pernyataan tersebut juga di kenal sebagai asas Black. Joseph Black merumuskan perpindahan kalor antara dua benda yang membentuk suhu termal sebagai berikut.

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

Contoh soal :

1. Benda massa 200 gram suhunya 100°C dimasukkan ke dalam bejana yang berisi 400 gram air dan suhunya 10°C. Jika suhu campuran adalah 60°C maka tentukan kalor jenis benda tersebut. (kalor jenis air 1 kal/g°C)

Penyelesaian:

Diketahui:

$$m_1 = 200\text{g}$$

$$T_1 = 100^\circ\text{C}$$

$$T_c = 60^\circ\text{C}$$

Ditanya: c_2 ?

$$m_2 = 400\text{g}$$

$$T_2 = 10^\circ\text{C}$$

$$c_1 = 1 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$$

Jawab:

$$Q_1 = Q_2$$

$$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

$$200 \times 1 \cdot (100-60) = 400 \times c_2 \cdot (60-10)$$

$$40 = 100 \times c_2$$

$$c_2 = 0,4 \text{ kal/g}^\circ\text{C}.$$

2. Air sebanyak 0,5 kg yang bersuhu 100° C di tuangkan kedalam bejana dari aluminium yang memiliki massa 0,5 kg. Jika suhu awal bejana sebesar 25° C, kalor jenis aluminium 900 J/kg °C, dan kalor jenis air 4.200 J/kg °C, maka tentukan suhu kesetimbangan yang tercapai! (anggap tidak ada kalor yang mengalir kelingkuangan)

Diketahui :

$$m_{\text{air}} = 0,5 \text{ kg}$$

$$m_{\text{bjn}} = 0,5 \text{ kg}$$

$$T_{\text{air}} = 100^\circ \text{C}$$

$$c_{\text{air}} = 4.200$$

$$\text{J/kg } ^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{bjn}} = 900 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

$$T_{bjn} = 25^{\circ} \text{C}$$

Ditanya: $T_{\text{termal}} = ?$

Jawab :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{dilepas}} &= Q_{\text{diterima}} \\
 m_{\text{air}} \Delta T_{\text{air}} &= m_{\text{bjn}} \Delta T_{\text{bjn}} \\
 (0,5 \text{ kg}) (4.200 \text{ J/kg } ^{\circ}\text{C}) (100^{\circ}\text{C} - T_{\text{termal}}) &= (0,5 \text{ kg}) (900 \text{ J/kg } ^{\circ}\text{C}) (T_{\text{termal}} - 25^{\circ}\text{C}) \\
 210.000^{\circ}\text{C} - 2.100 T_{\text{termal}}^{\circ}\text{C} &= 450 T_{\text{termal}}^{\circ}\text{C} - 11.250^{\circ}\text{C} \\
 2.550 T_{\text{termal}}^{\circ}\text{C} &= 222.250^{\circ}\text{C} \\
 &= 87,156^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

D. Perpindahan Kalor

Perhatikan fenomena di sekitarmu!

1. Mengapa tidur di atas kasur lebih hangat dari pada tidur di atas ubin?
2. Mengapa pakaian hitam lebih cepat kering daripada pakaian putih yang berukuran dan berbahan sama?
3. Mengapa pada siang hari yang panas berdiri di bawah pohon lebih sejuk?
4. Mengapa nelayan melaut pada malam hari dengan memanfaatkan angin darat?
5. Mengapa angin darat hanya berhembus pada malam hari? Apa saja faktor yang mempengaruhinya?

Seperti telah dibahas sebelumnya, kalor cenderung bergerak dari suatu tempat/benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu lebih rendah. Benda-benda yang berpijar senantiasa memancarkan panasnya ke ruangan di sekitarnya. Di dekat sebuah tungku, para pekerja di perusahaan pengolahan logam memakai pakaian pelindung. Hal itu bertujuan melindungi tubuhnya dari radiasi kalor logam yang mencair. Tiga mekanisme perpindahan kalor, dan kecepatan perpindahan kalor bergantung pada caranya berpindah dan zat perantaranya. Bagaimana kalor dapat berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain? Ada tiga cara perpindahan kalor, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

1. Konduksi

Peristiwa perpindahan kalor melalui suatu zat tanpa disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya disebut *konduksi*. Konduksi adalah energi yang ditransfer dari molekul atau elektron yang memiliki energi kinetik lebih tinggi ke tetangganya yang mempunyai energi kinetik yang lebih rendah ketika bertumbukan. Syarat terjadinya konduksi kalor adalah adanya perbedaan suhu antara dua tempat. Pada tingkat atom, atom pada daerah panas memiliki rata-rata energi kinetik lebih besar daripada daerah dingin. Atom-atom pada daerah panas menabrak atom terdekat, memberikan sebagian energinya. Atom terdekat kembali menabrak atom terdekat lainnya dan begitu seterusnya di sepanjang bahan Atom-atom itu sendiri tidak berpindah dari posisinya, hanya energinya saja yang berpindah. sampai akhirnya terasa panas.

Besarnya kalor yang dipindahkan secara konduksi tiap satu satuan waktu sebanding dengan luas permukaan zat, perbedaan suhu dan jenis zat, serta berbanding terbalik dengan tebal zat. Secara matematis, besarnya kalor yang dipindahkan secara konduksi tiap satu satuan waktu dapat dinyatakan dengan persamaan:

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

Keterangan:

- = H = Laju konduksi kalor (J s⁻¹)
- k = Konduktivitas termal zat (W/m°C)
- A = Luas permukaan (m²)
- ΔT = Beda suhu (°C)
- d = Ketebalan (m)

Terkait dengan kemampuan benda menghantarkan kalor, kita mengenal istilah konduktor dan isolator. Konduktor adalah benda-benda yang mudah menghantarkan kalor sedangkan isolator adalah benda yang sulit menghantarkan kalor. Benda-benda yang terbuat dari logam umumnya bersifat konduktor. Benda semacam ini dalam kehidupan sehari-hari digunakan sebagai alat untuk memasak. Sedangkan isolator banyak digunakan sebagai pegangan alat memasak.

Soal:

Suatu plat besi berbentuk persegi dengan luas bidang 2000 cm² dan tebal 4 cm. Jika perbedaan suhu kedua permukaan 40K dan konduktivitas termal bahan adalah 4,8 w/mK, tentukan laju perpindahan kalor pada plat tersebut!

Penyelesaian

Diketahui:

$$A = 2000 \text{ cm}^2 = 0,2 \text{ m}^2$$

$$l = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$$

$$\Delta T = 40 \text{ K}$$

$$k = 4,8 \text{ w/mK}$$

Ditanya: Q/t ?

Jawab:

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

$$\frac{Q}{t} = \frac{4,8 \cdot 0,2 \cdot 40}{0,04} = 960 \text{ J/s}$$

2. Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas oleh gerakan massa fluida dari suatu daerah ruang ke daerah lainnya. Ada dua jenis konveksi, yaitu konveksi alamiah/ konveksi bebas dan konveksi paksa. Konveksi bebas pada atmosfer memiliki peran dominan dalam menentukan cuaca harian, dan konveksi pada lautan adalah mekanisme perpindahan panas global yang penting. Pada skala lebih kecil, elang dan pilot pesawat layang memanfaatkan arus naik termal dari bumi yang lebih hangat. Terkadang arus naik cukup kuat untuk membentuk badai.

Pada Konveksi paksa, aliran fluida terjadi karena adanya faktor luar yang sengaja dilakukan. Tungku dengan udara yang dipanaskan dan kemudian ditiup oleh kipas angin ke dalam ruangan termasuk contoh konveksi yang dipaksakan. Konveksi paksa pada darah dengan jantung bekerja sebagai pompa dibutuhkan untuk menjaga suhu tetap cenderung pada lingkungan yang bervariasi.

- a. **Sistem ventilasi rumah.** Udara panas di dalam rumah akan bergerak naik dan keluar melalui ventilasi. Tempat yang ditinggalkan akan diisi oleh udara dingin melalui ventilasi yang lain sehingga udara di dalam rumah lebih segar.
- b. **Cerobong asap pabrik.** Pada pabrik-pabrik, udara di sekitar tungku pemanas suhunya lebih tinggi daripada udara luar, sehingga asap pabrik yang massa jenisnya lebih kecil dari udara luar akan bergerak naik melalui cerobong asap.
- c. **Angin laut dan angin darat.** Pada siang hari daratan lebih cepat panas daripada lautan. Udara di daratan memuai sehingga massa jenisnya mengecil dan bergerak naik ke atas. Tempat yang ditinggalkan akan diisi oleh udara dingin dari laut, maka terjadilah angin laut. Sebaliknya, pada malam hari daratan lebih cepat dingin daripada lautan. Udara di atas laut memuai, massa jenisnya mengecil dan bergerak ke atas. Tempat yang ditinggalkannya akan diisi oleh udara dingin dari darat, maka terjadilah angin darat.

Besar kalor yang mengalir tiap satuan waktu pada konveksi tergantung pada:

- a. Perbedaan suhu kedua zat cair (Δt)
- b. Luas permukaan zat cair (A)
- c. Koefisien konveksi (h)

Secara matematis laju perpindahan kalor secara konveksi dapat dirumuskan dengan:

$$\frac{Q}{t} = H = hA\Delta T$$

Keterangan:

- = laju konveksi kalor (J s⁻¹)
- = koefisien konveksi (J s⁻¹ m⁻² 0C⁻¹)
- = luas permukaan (m²)
- = beda suhu(°C)

Contoh :

Suhu udara di dalam suatu kamar adalah 26°C. Seseorang dengan luas permukaan tubuhnya 1 m² memiliki suhu badan 36°C berada di dalam kamar tersebut. Jika koefisien konveksi orang tersebut 7 w/m² 0C⁻¹, tentukan jumlah kalor yang dilepas orang tersebut selama 1 menit.

Penyelesaian:

Diketahui:

$$\Delta T = 10\text{oC} \quad A = 1 \text{ m}^2, \quad h = 7 \text{ w/m}^2\text{K}, \quad t = 1 \text{ menit} = 60 \text{ s}$$

Ditanya: Q ?

Jawab:

$$\begin{aligned} Q &= h A \Delta T t \\ Q &= 7 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 60 \\ Q &= 4200 \text{ J} \end{aligned}$$

3. Radiasi

Perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi memerlukan adanya zat perantara sebagai medium untuk membawa kalor dari daerah yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin. Akan tetapi, perpindahan kalor secara radiasi (pancaran) terjadi tanpa zat perantara apapun. Misalnya berpindahnya kalor dari matahari ke bumi melalui ruang hampa tanpa adanya zat perantara (medium), setiap orang merasakan panas yang intens dari pembakaran kayu atau dari batu bara yang membara diperapian. Perpindahan kalor tersebut terjadi melalui ruang hampa karena energi kalor dibawa dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa, radiasi adalah perpindahan kalor dalam bentuk gelombang elektromagnetik.

Beberapa permukaan zat dapat menyerap kalor radiasi lebih baik dari pada permukaan zat lainnya. Bandingkan ketika memakai baju putih mengkilap dan baju hitam kusam di siang dan malam hari. Di siang hari, baju hitam kusam terasa lebih panas daripada baju putih mengkilap. Sedangkan di malam hari, baju hitam kusam terasa lebih dingin dari pada baju putih mengkilap. Hal ini terjadi karena di malam hari, baju hitam kusam memancarkan kalor radiasi lebih baik dari pada baju putih mengkilap.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Permukaan yang hitam dan kusam adalah penyerap kalor radiasi yang baik sekaligus pemancar kalor radiasi yang baik pula
- b. Permukaan yang putih dan mengkilap adalah penyerap kalor radiasi yang buruk sekaligus pemancar kalor radiasi yang buruk pula

Jika diinginkan agar kalor yang merambat secara radiasi berkurang, maka permukaan (dinding) harus dilapisi suatu bahan agar mengkilap seperti pada termos. Dinding termos dilapisi perak. Hal ini bertujuan untuk mencegah hilangnya kalor secara radiasi. Ruang hampa antara dinding kaca pada termos bertujuan untuk mencegah perpindahan kalor secara konveksi.

Laju radiasi energi dari permukaan berbanding lurus dengan luas penampang A . laju meningkat sangat cepat seiring kenaikan suhu, tergantung pada pangkat empat dari suhu mutlak (kelvin). Laju juga tergantung pada sifat alami permukaan (emisifitas). Emisivitas merupakan suatu ukuran seberapa besar pemancaran radiasi kalor suatu zat dibandingkan dengan zat hitam sempurna. Emisivitas tidak memiliki satuan, nilainya terletak diantara 0 dan 1 ($0 \leq e \leq 1$) dan bergantung pada jenis zat dan keadaan permukaan. Permukaan mengkilap memiliki nilai e yang lebih kecil dari pada permukaan kasar. Pemantul sempurna (penyerap paling jelek) memiliki $e = 0$, sedangkan penyerap sempurna sekaligus pemancar sempurna, yaitu zat hitam sempurna memiliki nilai $e = 1$. Emisivitas tubuh manusia bergantung pada warna kulit, tetapi nilai hampirannya adalah $e = 0,98$.

Pada tahun 1879, Joseph Stefan melakukan pengukuran daya total yang dipancarkan oleh zat hitam sempurna. Dia menyatakan bahwa daya total itu sebanding dengan pangkat empat suhu mutlaknya. Lima tahun kemudian, Ludwig Boltzmann menurunkan hubungan yang sama. Persamaan yang didapat dari hubungan ini dikenal sebagai hukum **Stefan-Boltzmann**, yang berbunyi: **energi yang pancarkan oleh suatu permukaan hitam dalam bentuk radiasi kalor tiap satuan waktu (Q/t) sebanding dengan luas permukaan (A) dan sebanding dengan pangkat empat suhu mutlak permukaan itu.**

Secara matematis hukum Stefan-Boltzmann dapat ditulis:

$$\frac{Q}{t} = \sigma AT^4$$

Tetapan σ (dibaca sigma) dikenal dengan tetapan *Stefan-Boltzmann* dan dalam satuan SI mempunyai nilai:

$$= 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

Karena tidak semua zat dapat dianggap hitam sempurna, maka persamaan tersebut diperlukan sedikit modifikasi agar dapat digunakan pada setiap zat. Persamaan Stefan-Boltzmann untuk setiap zat dapat ditulis sebagai:

$$\frac{Q}{t} = e\sigma AT^4$$

Keterangan:

- = Laju radiasi kalor (J s⁻¹)
- = emisivitas
- = tetapan Stefan-Boltzmann = $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
- = luas permukaan (m²)
- = suhu (K)

Contoh

Suatu benda hitam dengan luas permukaan 100 cm² memiliki suhu 127°C. Tentukan jumlah energi yang dipancarkan benda hitam tersebut selama 1 menit.

Penyelesaian:

Diketahui:

- A = 100 cm² = 0,01 m²
- T = 127 °C = 400 K
- t = 1 menit = 60 s
- e = 1
- σ = tetapan Stefan ($5,67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2\text{K}^4$)

Ditanya: Q ?

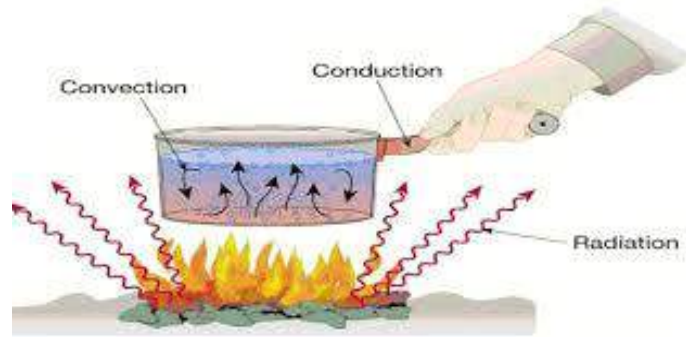
Jawab:

$$Q = e \sigma AT^4 t$$

$$Q = 1 \cdot (5,67 \times 10^{-8}) \cdot 0,01 \cdot (400)^4 \cdot 60$$

$$Q = 87,09 \text{ J}$$

- ✦ Perpindahan kalor ada tiga cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.
- ✦ Peristiwa perpindahan kalor melalui suatu zat tanpa disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya disebut konduksi.
- ✦ Konveksi adalah proses dimana kalor ditransfer dengan pergerakan molekul dari satu tempat ke tempat lain.
- ✦ Perpindahan kalor yang tidak memerlukan perantara (medium) disebut radiasi.



Sumber: gurupendidikan.com

Latihan :

1. Allah telah menjelaskan salah satu contoh perpindahan kalor dalam Q.S. Yunus ayat 22. Uraikanlah menurut kalimatmu sendiri bagaimana kapal bisa berlayar dilautan dengan tiupan angin !
2. Kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda bergantung pada apa saja, dan jelaskanlah !
3. Mengapa saat berjalan di bawah terik matahari disarankan untuk menggunakan pakaian berwarna muda?
4. Berapa energi kalor yang diperlukan untuk memanaskan 2 kg besi yang kalor jenisnya $460 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$, dari suhu 15°C sampai 100°C ?
5. Besi massa 100 gram dengan suhu 25°C dipanaskan menjadi 75°C . Bila kalor jenis besi $0,11 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$, hitung kalor yang diperlukan!
6. Benda massa 200 gram suhunya 100°C dimasukkan ke dalam bejana yang berisi 400 gram air dan suhunya 10°C . Jika suhu campuran adalah 60°C maka tentukan kalor jenis benda tersebut. (kalor jenis air $1 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$)
7. Air sebanyak 0,5 kg yang bersuhu 100°C di tuangkan ke dalam bejana dari aluminium yang memiliki massa 0,5 kg. Jika suhu awal bejana sebesar 25°C , kalor jenis aluminium $900 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$, dan kalor jenis air $4.200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$, maka tentukan suhu kesetimbangan yang tercapai! (anggap tidak ada kalor yang mengalir ke lingkungan)
8. Jelaskanlah dengan kalimatmu sendiri perbedaan perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi serta berikan contoh masing-masing perpindahan kalor?

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 adalah beberapa mesin atau pesawat yang sering ditemui dalam kehidupan. 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. 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.

A. Pengertian Pesawat Sederhana

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia sering menggunakan alat bantu untuk mempermudah pekerjaan yang dilakukan. Alat-alat yang digunakan manusia untuk mempermudah dalam melakukan kerja atau usaha disebut pesawat. Sebuah pesawat berfungsi untuk memperbesar gaya atau usaha. Alat pembuka tutup botol, gunting rumput, komputer, dan mobil merupakan beberapa contoh pesawat. Selain digunakan untuk memperbesar gaya, manusia juga menggunakan pesawat untuk mengubah energi, memindahkan energi, memperbesar kecepatan, dan mengubah arah benda.

Pesawat ada dua macam, yaitu pesawat sederhana dan pesawat rumit. Pesawat sederhana merupakan peralatan yang dibuat sangat praktis dan mudah digunakan, karena bentuk dan penggunaannya sederhana, maka dinamakan pesawat sederhana. Pesawat sederhana umumnya terdiri atas satu piranti. **Pesawat sederhana adalah alat mekanik yang dapat mengubah arah atau besaran dari suatu gaya. Secara umum, alat-alat ini bisa disebut sebagai mekanisme paling sederhana yang memanfaatkan keuntungan mekanik untuk menggandakan gaya**. Pembuka tutup botol, gunting, resleting, dan tang merupakan beberapa contoh pesawat sederhana. Pesawat rumit terdiri atas beberapa pesawat sederhana. Contoh pesawat rumit antara lain komputer, mobil, dan sepeda.

Pesawat sederhana merupakan dasar dari semua mesin-mesin lain yang lebih kompleks. Sebagai contoh, pada mekanisme sebuah sepeda terdapat roda, pengungkit, serta katrol. Keuntungan mekanik yang didapat oleh pengendaranya merupakan gabungan dari semua pesawat sederhana yang ada dalam sepeda tersebut.

Sebuah pesawat sederhana menggunakan satu gaya kerja untuk bekerja melawan satu gaya beban. Dengan mengabaikan gaya gesek yang timbul, maka kerja yang dilakukan oleh beban besarnya akan sama dengan kerja yang dilakukan pada beban. Kerja yang timbul adalah hasil gaya dan jarak. Jumlah kerja yang dibutuhkan untuk mencapai sesuatu bersifat konstan, walaupun demikian jumlah gaya yang dibutuhkan untuk mencapai hal ini dapat dikurangi dengan menerapkan gaya yang lebih sedikit terhadap jarak yang lebih jauh. Dengan kata lain, peningkatan jarak akan mengurangi gaya yang dibutuhkan.

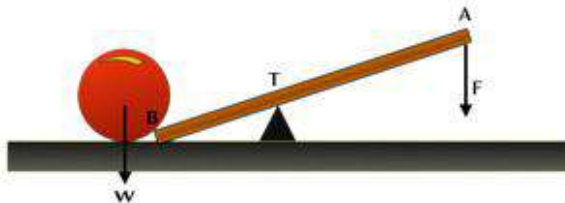
B. Jenis-Jenis Pesawat Sederhana

Pesawat sederhana berdasarkan prinsip kerjanya dibedakan menjadi : tuas/pengungkit, bidang miring, katrol, dan roda berporos/roda bergandar. Pesawat sederhana mempunyai keuntungan mekanik yang didapatkan dari perbandingan antara gaya beban dengan gaya kuasa sehingga memperingan kerja manusia. Untuk lebih jelasnya mari kita bahas satu per satu.

1. Pengungkit (Tuas)

Ada tiga titik penting yang perlu kita ketahui dalam penggunaan tuas/pengungkit, yaitu titik kuasa (F) Gaya yang bekerja pada tuas disebut kuasa, 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 F disebut jarak/lengan kuasa (l_k), sedangkan dari T ke B disebut jarak/lengan beban (l_b).

Bagian-Bagian Pengungkit



Ket:

A = titik kuasa

T = titik tumpu

B = titik beban

F = gaya kuasa (N)

w = gaya beban (N)

l_k = lengan kuasa (m)

l_b = lengan beban (m)

Sumber:

<http://sukajiyah.files.wordpress.com>

Jenis-jenis tuas:

a. Tuas Jenis pertama

Yaitu tuas dengan titik tumpu berada diantara titik beban dan titik kuasa.



Contoh : pemotong kuku, gunting, penjepit jemuran, tang, catut paku, linggis, timbangan, dan jungkat-jungkit.

b. Tuas Jenis kedua

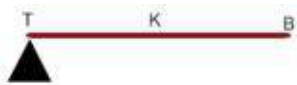
Yaitu tuas dengan titik beban berada diantara titik tumpu dan titik kuasa.



Contoh : gerobak beroda satu, alat pemotong kertas, dan alat pemecah kemiri, pembuka tutup botol.

c. Tuas Jenis ketiga

Yaitu tuas dengan titik kuasa berada diantara titik tumpu dan titik beban.



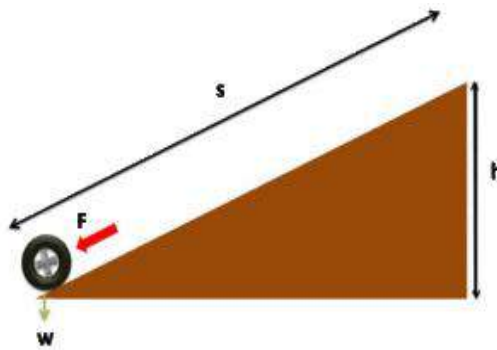
Contoh : sekop, sapu, pinset dan stapler

2. Bidang Miring

Ketika liburan kamu mungkin pernah mengunjungi daerah pegunungan untuk mencari udara segar. Jalan-jalan di sana ternyata dibuat berkelok-kelok. Jalan yang berkelok-kelok menuju pegunungan memanfaatkan cara kerja 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. **Bidang miring adalah permukaan rata yang menghubungkan dua tempat yang berbeda ketinggiannya.**

Bidang miring memiliki keuntungan, yaitu kita dapat memindahkan benda ke tempat yang lebih tinggi dengan gaya yang lebih kecil. Namun demikian, bidang miring juga memiliki kelemahan, yaitu jarak yang di tempuh untuk memindahkan benda menjadi lebih jauh. Makin landai bidang miring, maka makin kecil gaya yang dibutuhkan, akan tetapi jalan yang dilalui lebih panjang. Makin curam suatu bidang miring, maka makin besar gaya yang dibutuhkan, akan tetapi jalan yang dilalui lebih pendek.



Bidang miring adalah suatu permukaan datar yang memiliki suatu sudut, yang bukan sudut tegak lurus, terhadap permukaan horizontal. Penerapan bidang miring dapat mengatasi hambatan besar dengan menerapkan gaya yang relatif lebih kecil melalui jarak yang lebih jauh, daripada jika beban itu diangkat vertikal. Dalam istilah teknik sipil, kemiringan (rasio tinggi dan jarak) sering disebut dengan gradien.

Sumber :

<http://i834.photobucket.com>

3. Roda Berporos / roda bergandar

Perhatikanlah roda yang tertempel pada tempat sampah. Meskipun sederhana, roda memiliki peranan yang penting. Jika tanpa roda, kita akan kesulitan untuk memindahkan tempat sampah tersebut. **Roda berporos merupakan roda yang di dihubungkan dengan sebuah poros yang dapat berputar bersama-sama.**

Roda berporos merupakan salah satu jenis pesawat sederhana yang banyak ditemukan pada alat-alat seperti setir mobil, setir kapal, roda sepeda, roda kendaraan bermotor, dan gerinda. prinsip kerja roda berporos yaitu semakin besar roda, gaya yang digunakan kecil. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil roda, gaya yang diperlukan besar.

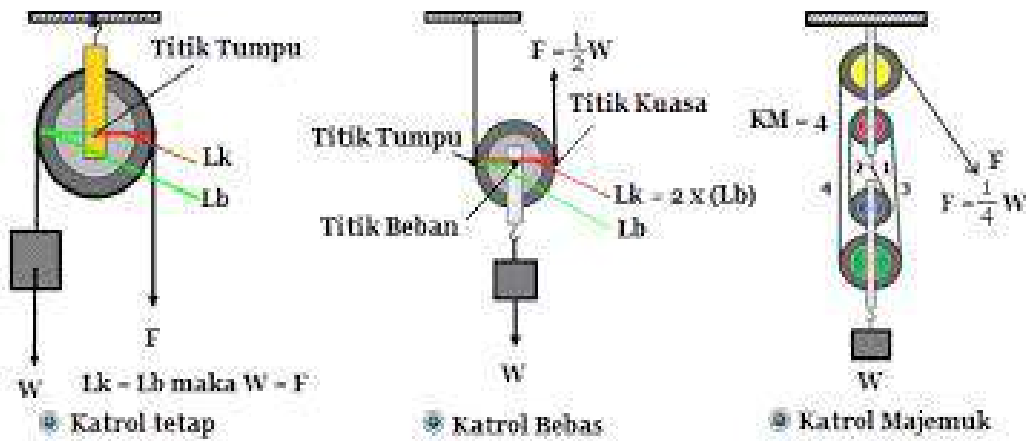
4. Katrol

Katrol merupakan jenis pesawat sederhana yang lain. Penggunaan katrol dapat mempermudah pekerjaan 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.

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

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 blok katrol.

Penggunaan katrol majemuk akan lebih menguntungkan dan gaya yang diperlukan menjadi jauh lebih kecil.



Sumber : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>

C. Keuntungan Mekanik Menggunakan Pesawat Sederhana

Sebuah pesawat dirancang untuk mempermudah pekerjaan manusia, oleh karena itu sebuah pesawat selalu mempunyai keuntungan. Keuntungan yang dimiliki sebuah pesawat disebut dengan keuntungan mekanis. **Perbandingan gaya beban (W) terhadap gaya kuasa (F) disebut dengan keuntungan mekanik (KM).**

1. KM Tuas

Pada tuas berlaku persamaan :

$$\vec{W} \times I_D = \vec{F} \times I_k$$

Atau

$$\frac{\vec{W}}{\vec{F}} = \frac{I_k}{I_D}$$

maka

$$K_m = \frac{\vec{W}}{\vec{F}} = \frac{I_k}{I_D}$$

2. KM Katrol

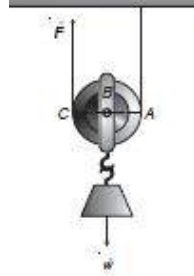
Katrol tetap :



$$K_m = \frac{\bar{w}}{\bar{F}} = 1$$

Keuntungan mekanis katrol tetap adalah 1 (satu). Artinya gaya yang dikerjakan untuk mengangkat benda sama dengan berat benda yang diangkat. Keuntungan menggunakan katrol tetap yaitu arah kuasa searah dengan gaya berat

Katrol bebas :



$$\begin{aligned} \bar{w} \times l_b &= \bar{F} \times l_k \\ \bar{w} \times AB &= \bar{F} \times CA \\ \bar{w} \times AB &= \bar{F} \times 2AB \\ \frac{\bar{w}}{\bar{F}} &= 2 \end{aligned}$$

Keuntungan mekanis pada katrol bergerak adalah 2

Katrol ganda :



$$K_m = x \text{ atau } K_m = 2n$$

X = banyak tali
n = banyak katrol bergerak

3. KM Bidang Miring

Besarnya gaya yang diperlukan untuk memindahkan benda pada bidang miring adalah :

$$\bar{F} \times s = \bar{w} \times h$$

s = panjang bidang miring
h = tinggi bidang miring

Maka :

$$K_m = \frac{\bar{w}}{\bar{F}} = \frac{s}{h}$$

4. KM Roda Berporos

$$K_m = \frac{\text{jari-jari roda}}{\text{jari-jari poros}}$$

Kecepatan yang dihasilkan oleh sepeda diperoleh dari perbandingan antara jari-jari roda dan jari-jari poros (gir). Misalnya, pada sepeda balap. Jika gir belakang disetel pada jari-jari terkecil maka sepeda akan melaju dengan kencang. Jika gir roda belakang disetel pada jari-jari yang besar maka laju sepeda balap akan melambat.

D. 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

$$\text{efisiensi} = \frac{W_o}{W_i} \times 100\%$$

Efisiensi =

W_o = usaha masukan (usaha yang dilakukan)
 $W_o = F_k \times l_k$

W_i = usaha keluaran (usaha yang dilakukan pesawat)
 $W_i = W \times l_b$

Untuk pesawat ideal $W_o = W_i$ artinya, efisiensi 100 %.

Contoh soal :

Tuas :

Sebuah linggis yang panjangnya 1,5 m digunakan untuk mencabut paku yang tertancap disebuah tembok. Linggis ditumpu 25 cm dari paku yang akan di cabut. Untuk melepaskan paku dari tembok diperlukan gaya sebesar $9,4 \times 10^4$ N. Berapa gaya lekat paku pada kayu? Berapa keuntungan mekanisnya?

Diket :

$$\begin{aligned} F_k &= 9,4 \times 10^4 \text{ N} \\ l_b &= 25 \text{ cm} \\ l_k &= 1,25 \text{ m} = 125 \text{ cm} \end{aligned}$$

ditanya : F ?

KM ?

Jawab :

$$\begin{aligned} W \cdot l_b &= F \cdot l_k \\ W \cdot 25 \text{ cm} &= 9,4 \times 10^4 \text{ N} \cdot 125 \text{ cm} \\ W &= 9,4 \times 10^4 \text{ N} \cdot 125 \text{ cm} / 25 \text{ cm} \\ W &= 4,7 \times 10^5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{KM} = l_k / l_b$$

$$\text{KM} = 125 \text{ cm} / 25 \text{ cm}$$

$$\text{KM} = 5$$

Bidang miring :

Seorang pekerja hendak menaikkan sebuah almari besi ke bak belakang truk dengan menggunakan bidang miring. Panjang bidang miring adalah 2m. sedangkan tinggi bidang miring adalah 1 m. Jika massa almari 120 kg, dan percepatan gravitasi 10 m/s^2 , tentukan:

5. gaya minimal yang diperlukan pekerja untuk menaikkan almari
6. keuntungan mekanik bidang miring

Diket :

$$\begin{aligned} s &= 2 \text{ m} \\ h &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

Jawab :

7. gaya minimal yang diperlukan pekerja untuk menaikkan almari

$$F = \frac{h}{s} \times W$$

Temukan berat almari lebih dulu

$$W = m \times g = 120 \times 10 = 1200 \text{ N}$$

Sehingga

$$F = \frac{h}{s} \times W$$

$$F = \frac{1}{2} \times 1200 = 600 \text{ Newton}$$

8. keuntungan mekanik bidang miring

$$\text{KM} = \frac{W}{F} = \frac{1200}{600} = 2$$

atau bisa juga

$m = 120 \text{ kg}$
ditanya : F ?
 KM ?

$$KM = s/h = 2/1 = 2$$

Katrol :

Sebuah benda seberat 100 N digantungkan pada katrol ganda dengan jumlah katrol yang bergerak 2 buah. Berapakah keuntungan mekanisnya?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$W = 100 \text{ N}$$

$$n = 2$$

Ditanyakan: $Km = \dots ?$

Jawab:

$$Km = 2n$$

$$Km = 2 \times 2$$

$$Km = 4$$

Jadi, keuntungan mekanis yang dihasilkan oleh katrol ganda tersebut adalah 4.

Latihan :

1. Sebutkan 4 keuntungan menggunakan pesawat sederhana!
2. Sebutkan alat yang bekerja menggunakan prinsip tuas jenis ketiga!
3. Sebutkan alat-alat yang bekerja menggunakan prinsip bidang miring!
4. Sebuah papan digunakan sebagai bidang miring. Panjang papan tersebut 1,5 m. Jika gaya yang diberikan untuk memindahkan benda dengan ketinggian 1,2 m adalah 150 N, berapakah berat benda tersebut?
5. Sebuah katrol bergerak seberat 20 N digunakan untuk mengangkat benda seberat 80 N. Berapakah besar gaya yang diberikan untuk menarik katrol?
6. Sebuah benda seberat 350 N digantungkan pada sebuah sistem katrol berganda. Jika jumlah katrol yang bergerak ada 3, berapa keuntungan mekanis sistem tersebut? Hitung pula besar gaya yang diperlukan untuk menarik beban sebesar 600 N!
7. Sebuah tongkat panjangnya 1,5 m digunakan sebagai pengungkit. Jika benda seberat 50 N berada pada jarak 0,5 m dari titik tumpu, berapakah besar gaya yang digunakan untuk mengangkat benda?
8. Tentukan Keuntungan mekanis dari katrol berganda yang memiliki tiga buah katrol bebas untuk mengangkat benda sebesar 35 N !

CAHAYA & PEMANTULANNYA

Cahaya penting dalam kehidupan, sebab tanpa adanya cahaya tidak mungkin ada kehidupan. Jika bumi tidak mendapat cahaya dari Matahari, maka bumi akan gelap gulita dan dingin sehingga tidak mungkin ada kehidupan. Cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Tumbuhan sangat membutuhkan cahaya matahari untuk fotosintesis. Selain tumbuhan, manusia juga membutuhkan cahaya matahari untuk membantu pembentukan vitamin D.

Para ahli telah meneliti cahaya untuk mengetahui sifat-sifat dan karakteristik cahaya. Ada dua pendapat mengenai cahaya, yaitu cahaya dianggap sebagai gelombang dan cahaya dianggap sebagai partikel. Setiap pendapat ini mempunyai alasan masing-masing dan keduanya telah dibuktikan secara eksperimen. Pada pembahasan ini, akan dipelajari cahaya sebagai gelombang.

A. Pengetian Cahaya

1. Mengapa kamu dapat melihat benda-benda di sekitarmu? Apakah kamu dapat melihat ketika lampu di rumahmu padam pada malam hari?
2. Mengapa matahari bersinar dan bulan bercahaya ?
3. Mengapa di bawah pohon masih terlihat terang pada siang hari?

Definisi cahaya telah berkembang dari masa ke masa. **Isaac Newton** menyatakan bahwa cahaya adalah partikel-partikel kecil yang disebut korpuskel. Bila suatu sumber cahaya memancarkan cahaya maka partikel-partikel tersebut akan mengenai mata dan menimbulkan kesan akan benda tersebut. Ilmuwan lain, yaitu **Huygens**, menyatakan bahwa cahaya merupakan gelombang, karena sifat-sifat cahaya mirip dengan sifat-sifat gelombang bunyi. Perbedaan antara gelombang cahaya dan gelombang bunyi terletak pada panjang gelombang dan frekuensinya. Sedangkan **Maxwell** menyatakan bahwa sesungguhnya cahaya merupakan gelombang elektromagnetik karena kecepatan gelombang elektromagnetik sama dengan kecepatan cahaya, yaitu sebesar 3×10^8 m/s. Gelombang elektromagnetik tercipta dari perpaduan antara kuat medan listrik dan kuat medan magnet yang saling tegak lurus. Gelombang elektromagnetik juga termasuk gelombang transversal, yang ditunjukkan dengan peristiwa polarisasi.

Berdasarkan penelitian-penelitian lebih lanjut, cahaya merupakan suatu gelombang elektromagnetik yang dalam kondisi tertentu dapat berkelakuan seperti suatu partikel. Sebagai sebuah gelombang, cahaya dapat dipantulkan dan dibiaskan, serta mengalami polarisasi dan interferensi.

Peristiwa terkait cahaya ini telah Allah jelaskan dalam firman-Nya Q.S. Yunus : 5

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ٥

Artinya : Dialah yang menjadikan **matahari bersinar dan bulan bercahaya** dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui.

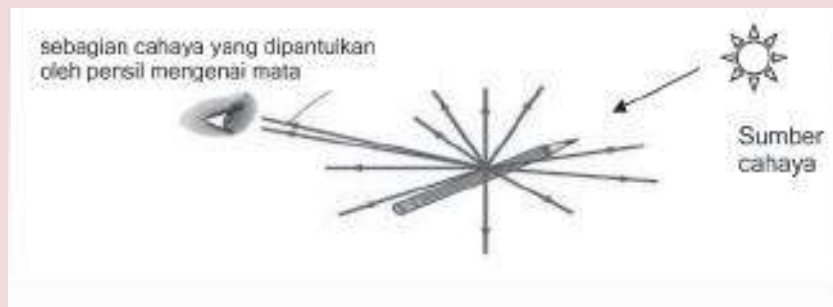
Cahaya menurut Al Haitsam (965-322 M) seorang Mesir di Iskandaria yang pendapatnya tentang cahaya diterima sampai saat abad ke XX ini: Kita dapat melihat suatu benda karena benda tersebut memantulkan cahaya. Dalam bahasa Arab cahaya dikenal sebagai An Nur dan konsep ini telah dikenal sekitar abad ke X.

Pemahaman cahaya juga tersebut dalam firman Allah dalam surat An Nur ayat 35 yang artinya: Allah pemberi cahaya kepada langit dan bumi . Perumpamaan cahaya Allah adalah seperti sebuah lubang dalam yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca dan kaca itu seakan akan bintang yang bercahaya seperti mutiara yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang banyak berkahnya, yaitu pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur dan tidak pula di sebelah barat, yang minyaknya hampir-hampir menerangi meskipun tidak disentuh api. Cahaya berlapis-lapis milik Allah membimbing kepada cahaya Nya siapa yang Dia kehendaki, dan Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, serta Allah maha mengetahui atas segala sesuatu yang manusia tidak mengetahuinya.

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik, yaitu gelombang yang tidak membutuhkan medium dalam perambatannya, dengan cepat rambatnya yaitu 3×10^8 m/s. Artinya dalam waktu 1 sekon, cahaya dapat menempuh jarak 300.000.000 m.

B. Proses Penglihatan Benda oleh Mata

Cahaya mengenai permukaan benda, kemudian benda itu memantulkan cahaya tersebut ke mata sehingga benda tersebut terlihat oleh mata. Contoh :

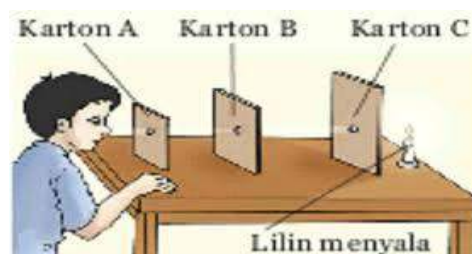


Cahaya mengenai pensil, kemudian cahaya dipantulkan oleh pensil ke segala arah. Kita dapat melihat sebuah pensil karena sebagian cahaya yang dipantulkan oleh pensil mengenai mata (Giancoli,1991).

C. Sifat-Sifat Cahaya

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik yang merambat tanpa memerlukan medium. Cahaya memiliki sifat-sifat sebagai berikut

1. Cahaya merambat lurus



- 2. Cahaya dapat memindahkan energi



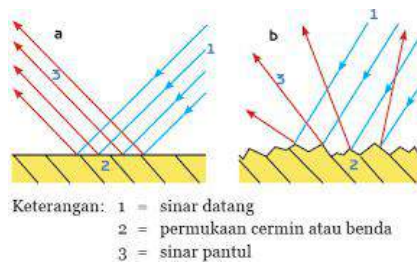
- 3. Cahaya dapat menembus benda bening



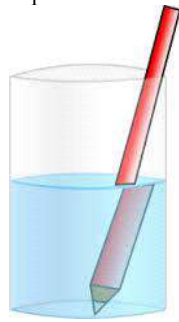
- 4. Cahaya dapat merambat dalam ruang hampa



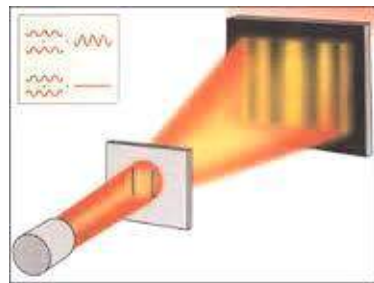
- 5. Cahaya dapat dipantulkan (refleksi)



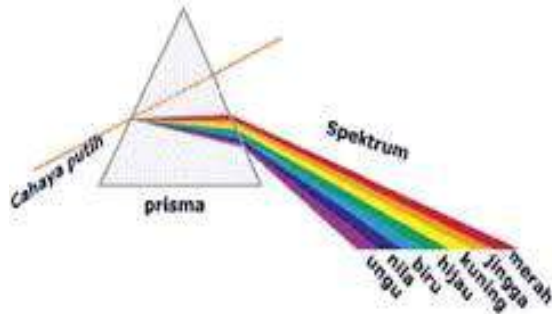
6. Cahaya dapat dibiaskan (refraksi)



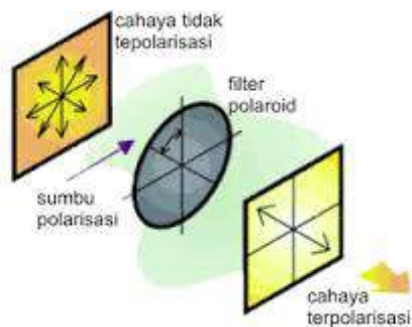
7. Cahaya dapat mengalami pelenturan (difraksi)



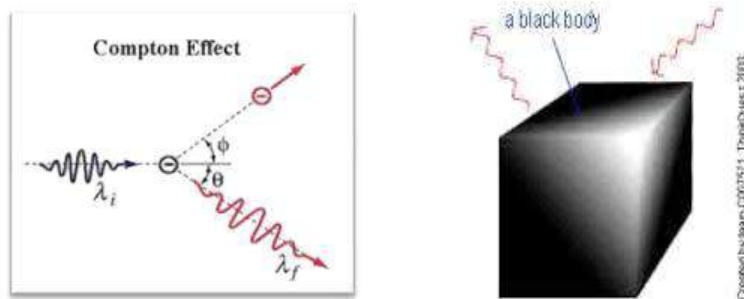
8. Cahaya dapat diuraikan (dispersi)



9. Cahaya dapat diserap arah getarannya (polarisasi)



10. Bersifat sebagai gelombang dan partikel (dualism partikel gelombang)



(Sumber gambar: www.google.co.id)

D. Berkas Cahaya

Cahaya adalah rentang frekuensi gelombang elektromagnetik yang merangsang retina mata, mempunyai panjang dari $\pm 400 \text{ nm}$ ($4,00 \times 10^{-7} \text{ m}$) - 700 nm ($7,00 \times 10^{-7}$). Panjang gelombang terpendek terlihat sebagai cahaya ungu. Seiring dengan peningkatan panjang gelombang warna akan berubah secara gradual (bertahap) dari nila, biru, hijau, kuning, orange, dan yang terakhir merah.

Warna	Frekuensi	Panjang gelombang
nila-ungu	668–789 THz	380–450 nm
biru	606–668 THz	450–495 nm
hijau	526–606 THz	495–570 nm
kuning	508–526 THz	570–590 nm
jingga	484–508 THz	590–620 nm
merah	400–484 THz	620–750 nm

Sumber : <http://4.bp.blogspot.com>

E. Sumber Cahaya

Telah dijelaskan bahwa cahaya adalah gelombang elektromagnetik. Ciri utama gelombang elektromagnetik adalah tidak pernah diam, selalu bergerak. Benda-benda yang sangat panas seperti matahari dan filamen lampu listrik memancarkan cahaya mereka sendiri. Begitu juga cahaya lilin atau cahaya pada layar televisi yang dibangkitkan oleh tumbukan antara electron berkecepatan tinggi dengan zat yang dapat berfluoresensi (berpendar) yang terdapat pada layar televisi. Benda-benda tersebut merupakan sumber cahaya. Benda seperti bulan bukanlah sumber cahaya. Ia hanya memantulkan cahaya yang diterimanya dari matahari. Jadi, cahaya selain dapat dipancarkan juga dapat dipantulkan. Benda-

benda yang merupakan sumber cahaya merupakan pemancar gelombang cahaya, sedangkan benda yang disinari merupakan pemantul gelombang cahaya

Dalam pembahasan cahaya, benda dikelompokkan menjadi 2 :

1. Benda sumber cahaya.

Setiap benda yang memancarkan cahaya sendiri disebut **sumber cahaya**, contohnya : matahari, bintang, lampu pijar, dan lain-lain.

2. Benda gelap.

Setiap benda yang tidak dapat memancarkan cahaya. Contohnya : bulan, planet, kayu, batu, dan lainnya. Benda gelap dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Benda tak tembus cahaya, yaitu benda gelap yang tidak dapat ditembus oleh cahaya sama sekali. Contohnya buku yang tebal, batu, kayu, tembok, besi, dan lainnya. Jika cahaya mengenai benda tak tembus cahaya maka akan terjadi bayang-bayang. Bayang-bayang merupakan suatu daerah gelap yang terbentuk pada saat sebuah benda menghalangi cahaya yang mengenai suatu permukaan. Berdasarkan pekat tidaknya suatu bayangan, bayangan dapat dibedakan menjadi dua jenis.

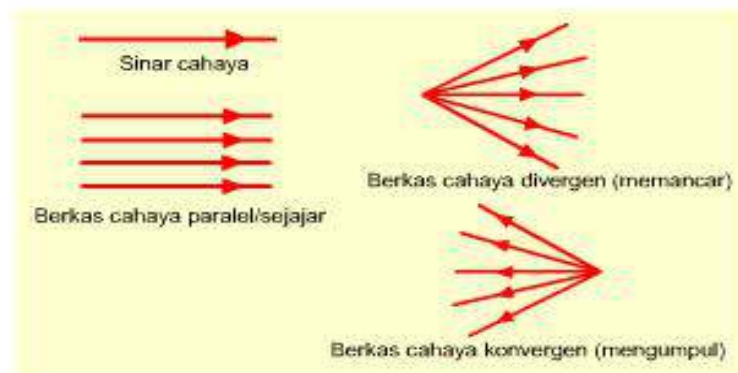
- a) Bayangan umbra, atau bayangan inti
- b) Bayangan penumbra, atau bayangan kabur.

Macam-macam bayangan benda :

- a) Bayangan maya
 - b) Bayangan nyata
2. Benda tembus cahaya, yaitu benda-benda yang hanya dapat meneruskan sebagian cahaya yang diterimanya. Contohnya kertas tisu, kain tipis, dan lainnya.
 3. Benda bening atau transparan, yaitu benda-benda yang dapat ditembus atau dilewati cahaya. Benda bening meneruskan semua cahaya yang mengenainya. Contohnya kaca yang bening dan air jernih. Sifat cahaya yang dapat menembus benda bening, memungkinkan cahaya matahari dapat menembus permukaan air yang jernih, sehingga tanaman yang hidup di dasar air dapat tetap tumbuh dengan baik. Sifat cahaya yang dapat menembus benda bening ini dapat dimanfaatkan orang untuk membuat berbagai peralatan misalnya kacamata, akuarium, kaca mobil, dan termometer.

F. Rambatan Cahaya

Cahaya merambat lurus dalam ruang hampa atau dalam medium homogen yang lain, seperti yang dapat kita lihat pada saat cahaya matahari atau yang keluar dari sebuah lampu senter melintasi asap atau debu di ruang yang gelap. **Cahaya yang merambat digambarkan sebagai garis lurus berarah yang disebut sinar cahaya**, sedangkan berkas cahaya terdiri dari beberapa garis berarah. Lintasan garis lurus cahaya telah menuntun ke model sinar cahaya. **Sinar adalah garis lurus yang mewakili lintasan tajam berkas cahaya**. Berkas cahaya bisa parallel (sejajar), divergen (menyebar), atau konvergen (mengumpul).



Sumber :

<http://bbi.belajar.kemdikbud.go.id>

Model berkas cahaya ini dapat digunakan untuk menjelaskan cara cahaya dipantulkan dan dibiaskan. Lintasan berkas cahaya adalah garis lurus adalah, yang dibuktikan pada saat tubuh menghalangi sinar matahari kita akan melihat bayang-bayang gelap. Daerah gelap di belakang benda yang tidak tembus cahaya disebut bayang-bayang.

G. Kecepatan Cahaya

Kecepatan cahaya (c) merupakan hasil perkalian frekuensi dengan panjang gelombang cahaya : $c = f \times \lambda$. Pada tahun 1983 Komite Sistem Satuan Internasional (SI) memutuskan kecepatan cahaya merupakan besaran yang berharga tertentu dan mendefinisikan kecepatan cahaya dalam ruang hampa tepat sebesar $c = 2,99792458 \times 10^8$ m detik⁻¹. Untuk keperluan perhitungan, umumnya digunakan $c = 3,00 \times 10^8$ m detik⁻¹ jika tidak diperlukan ketelitian yang tinggi. Harga kecepatan cahaya dalam médium udara sedikit lebih kecil. Kecepatan cahaya dalam bahan tembus cahaya (transparan), seperti kaca dan air, juga lebih kecil dibandingkan dalam udara vakum. Nisbah kecepatan cahaya dalam udara vakum (c) terhadap kecepatan udara dalam bahan (v) disebut sebagai indeks bias n bahan sebagai berikut.

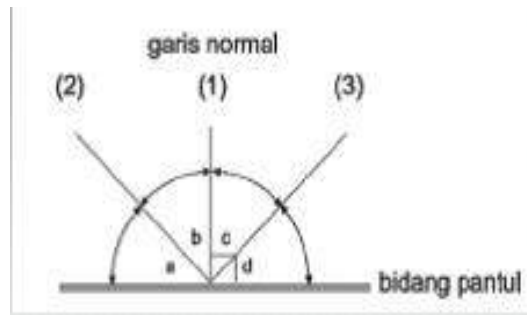
$$n = c/v$$

Indeks bias suatu bahan harganya selalu ≥ 1 .

H. Pemantulan Cahaya

Hukum pemantulan cahaya dari Snellius:

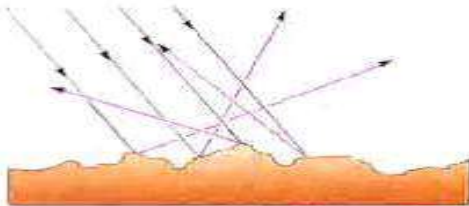
1. Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
2. Sudut datang (i) sama dengan sudut pantul (r).



Garis (2) pada gambar di atas melukiskan sinar datang ke permukaan cermin, sedangkan garis (1) adalah garis normal. Sudut datang adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dan garis normal. Jadi, sudut datang adalah b , sedangkan sudut pantul dibentuk oleh garis normal (1) dan sinar pantul (3) dan besarnya sama dengan sudut datang. Sudut pantul adalah c .

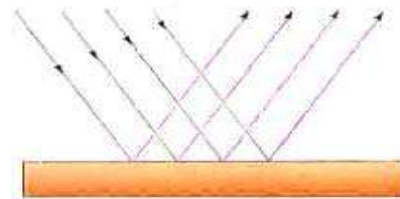
Pemantulan cahaya ada dua macam, yaitu pemantulan teratur dan pemantulan baur.

Pemantulan baur :



Pada saat cahaya mengenai suatu permukaan yang tidak rata, maka sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan tersebut dipantulkan tidak sebagai sinar-sinar sejajar. Gambar di atas memperlihatkan bagaimana sinar-sinar yang datang ke permukaan kayu dipantulkan ke berbagai arah sehingga kita dapat melihat kayu ini pada berbagai posisi. Perhatikan bahwa sinar-sinar yang datang ke permukaan kayu merupakan sinar-sinar yang sejajar, namun sinar-sinar pantulnya tidak. Pemantulan seperti ini disebut pemantulan baur.

Pemantulan teratur :



Pada umumnya kita dapat melihat benda karena benda tersebut memantulkan cahaya yang mengenai mata kita. Apabila cahaya mengenai permukaan benda, cahaya akan dipantulkan ke segala arah. Pada permukaan benda yang rata seperti cermin datar, cahaya dipantulkan membentuk suatu pola yang teratur. Sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan cermin dipantulkan sebagai sinar-sinar sejajar pula. Akibatnya cermin dapat membentuk bayangan benda. Pemantulan semacam ini disebut pemantulan teratur atau pemantulan biasa.

Akibat pemantulan baur ini kita dapat melihat benda dari berbagai arah. Misalnya pada kain atau kertas yang disinari lampu sorot di dalam ruang gelap kita dapat melihat apa yang ada pada kain atau kertas tersebut dari berbagai arah. Pemantulan baur yang dilakukan oleh partikel-partikel debu di udara yang berperan dalam mengurangi kesilauan sinar matahari. Pemantulan baur juga sangat membantu pengemudi mobil saat malam hari yang gelap. Pada saat jalanan kering di malam yang gelap, sinar lampu mobil akan dipantulkan ke segala arah oleh permukaan jalanan yang tidak rata ke segala arah termasuk ke mata pengemudi sehingga jalanan terlihat terang. Namun saat jalanan basah karena hujan, permukaan jalanan menjadi rata sehingga sinar lampu mobil hanya dipantulkan ke arah tertentu saja, yakni ke arah depan jalanan sehingga pengemudi mengalami kesulitan karena tidak dapat melihat jalanan di depannya dengan baik.

1. Pemantulan Cahaya pada Cermin Datar

Sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin datar adalah sebagai berikut :

- Jarak bayangan ke cermin (S_i) = jarak benda ke cermin (S_o)
- Bayangannya sama tinggi dengan bendanya ($h_i = h_o$)
- Bayangannya maya.
- Bayangannya sama tegak dengan bendanya.
- Bayangannya sama besar dengan bendanya.
- Bayangan saling bertukar sisi dengan bendanya, artinya bagian kiri benda menjadi bagian kanan bayangannya.

Persamaan untuk menentukan tinggi minimal cermin datar agar dapat melihat tinggi seluruh bayangan benda dinyatakan sebagai berikut.

$$L = \frac{1}{2} h$$

L = tinggi minimal cermin datar (m)

h = tinggi benda (m)

Jika terdapat dua buah cermin datar yang membentuk sudut α , maka banyaknya bayangan yang dibentuk dirumuskan oleh persamaan sebagai berikut :

atau

Keterangan:

n = banyaknya bayangan yang dibentuk

α = sudut antara dua cermin



Sumber : www.google.com

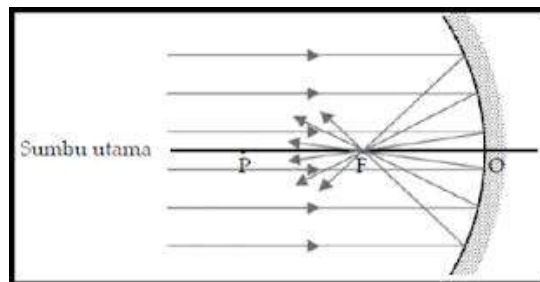
2. Pemantulan Cahaya pada Cermin Cekung

Cermin cekung yaitu cermin yang memiliki permukaan pemantul yang bentuknya melengkung atau membentuk cekungan. Garis normal pada cermin cekung adalah garis yang melalui pusat kelengkungan, yaitu di titik M atau $2F$.

a. Sifat-sifat cermin cekung

Sifat-sifat cermin cekung :

- Cermin cekung bersifat mengumpulkan sinar pantul atau konvergen. Ketika sinar-sinar sejajar dikenakan pada cermin cekung, sinar pantulnya akan berpotongan pada satu titik. Titik perpotongan tersebut dinamakan titik api atau titik fokus (F).



- 2) memiliki jari-jari kelengkungan (R) dan titik api/jarak fokus (f) yang bernilai *positif*, karena letak R dan f terletak di depan cermin.

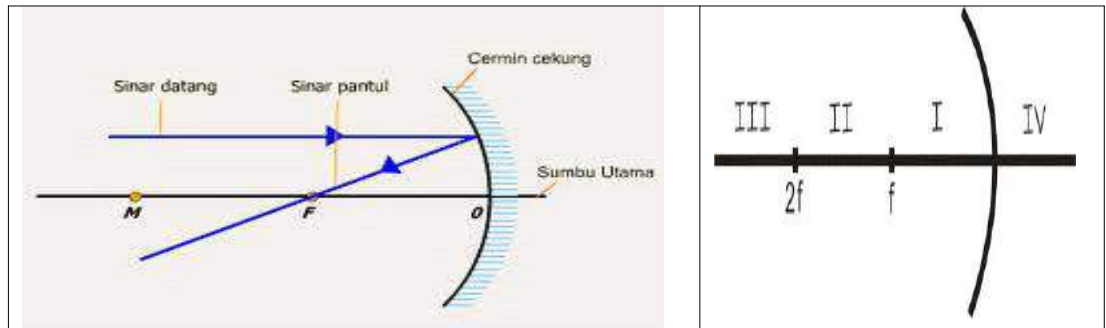
b. Kegunaan cermin cekung

Kegunaan cermin cekung dalam kehidupan sehari-hari diantaranya;

- 1) Digunakan sebagai reflektor atau pemantul, misalnya pada lampu senter atau pada lampu sorot mobil
- 2) Untuk mengumpulkan cahaya agar diperoleh cahaya yang lebih kuat yang dipakai pada alat-alat optic, misalnya ; OHP, mikroskop, dll.
- 3) Digunakan sebagai pengumpul energi matahari

c. Bagian-bagian cermin cekung

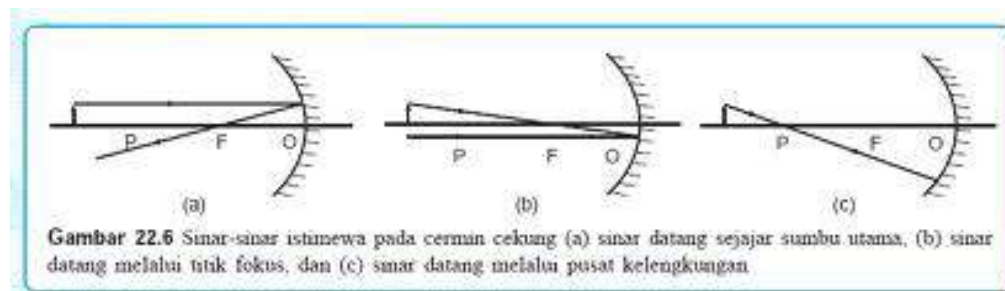
- 1) Titik fokus
- 2) Pusat kelengkungan cermin
- 3) Sumbu utama



d. Sinar-sinar istimewa pada cermin cekung

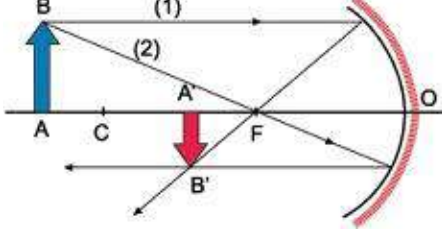
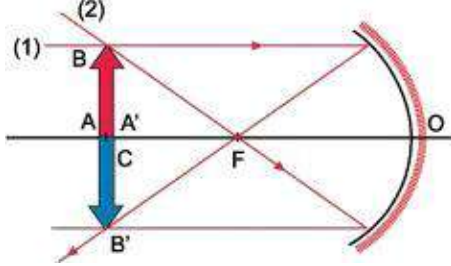
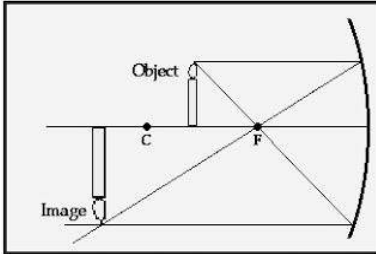
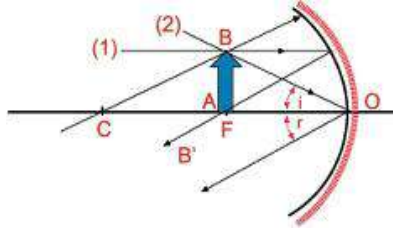
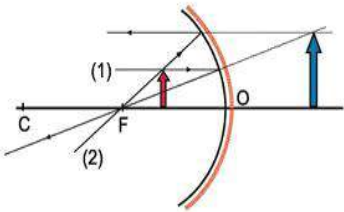
Sinar-sinar istimewa pada cermin cekung

- 1) Sinar datang sejajar sumbu utama akan dipantulkan melalui titik fokus.
- 2) Sinar datang melalui titik fokus, akan dipantulkan sejajar sumbu utama.
- 3) Sinar datang melalui pusat kelengkungan akan dipantulkan kembali melalui titik itu kembali



e. Melukis bayangan pada cermin cekung :

Untuk melukis bayangan pada cermin cekung, cukup diawali dengan dua sinar istimewa saja. Titik perpotongan sinar pantul dari kedua sinar istimewa tersebut menghasilkan bayangan benda. Sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung berbeda-beda, bergantung pada jauh dekatnya kedudukan benda terhadap cermin.

<p>1. Benda berada di ruang III (sebelah kiri titik P dan tempat jauh tak terhingga) Sifat bayangannya :</p> <ol style="list-style-type: none"> Nyata (sejati) Diperkecil Terbalik Terletak di ruang II 	
<p>2. Benda di titik P atau C Sifat bayangannya :</p> <ol style="list-style-type: none"> Nyata (sejati) Terbalik Sama besar Terletak di titik P 	
<p>3. Benda di ruang II (antara titik P atau C dengan F) Sifat bayangannya :</p> <ol style="list-style-type: none"> Nyata Terbalik Diperbesar Terletak Di ruang III 	
<p>4. Benda berada di titik focus (F) Sifat bayangannya :</p> <ol style="list-style-type: none"> Tidak terbentuk bayangan, atau bayangan terletak di tak terhingga karena tidak terjadi perpotongan antar sinar-sinar istimewa. 	
<p>b. Benda berada di titik F dan O (ruang I), Sifat bayangannya :</p> <ol style="list-style-type: none"> Maya Tegak Diperbesar Di belakang cermin 	

Pedoman pembentukan bayangan dan sifat bayangan pada cermin cekung.

Ruang benda	Ruang bayangan	Sifat bayangan
I	IV	Maya, tegak, diperbesar
II	III	Nyata, terbalik, diperbesar
III	II	Nyata, terbalik, diperkecil
Di C/M	di C/M	Nyata, terbalik sama besar
Di F	Di F	Tidak terbentuk bayangan

Beberapa pedoman yang perlu diketahui :

1. benda nyata jika terletak di *depan* cermin (S_o bernilai positif)
2. benda *maya* jika terletak di *belakang* cermin (S_o bernilai negatif)
3. bayangan *nyata* jika terletak di *depan* cermin (S_i bernilai positif)
4. bayangan *maya* terletak di *belakang* cermin (S_i bernilai negatif)
5. pada cermin *cekung* f dan R bernilai *positif*.
6. pada cermin cekung nomor ruang benda + nomor ruang bayangan = 5.
7. jika nomor ruang benda > nomor ruang bayangan, maka bayangan *diperkecil*
8. jika nomor ruang benda < nomor ruang bayangan, maka bayangan *diperbesar*
9. jika benda terletak di ruang 1, maka bayangannya pasti *maya dan tegak*

Hubungan antara Jarak Benda, Jarak Fokus, dan Jarak Bayangan Hubungan jarak benda (s) dengan jarak fokus (f) dan jarak bayangan (s') pada cermin cekung dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i} \quad \text{dengan } f = \frac{1}{2} \cdot R.$$

$$M = \frac{S_i}{S_o} = \frac{h_i}{h_o}$$

Perbesaran bayangan, M didefinisikan sebagai perbandingan ukuran bayangan dengan ukuran bendanya.

Latihan:

1. Jelaskanlah pengertian cahaya !
2. Sebutkanlah sifat-sifat cahaya !
3. Kapan terjadi bayang-bayang ?
4. Sebutkan bunyi hukum pemantulan cahaya!

5. Tentukan banyaknya bayangan yang terjadi jika dua cermin datar disusun sehingga mengapit sudut 45° !
6. Jika dua cermin datar membentuk 5 buah bayangan, tentukan sudut yang dibentuk oleh kedua cermin!
7. Lukislah bayangan yang dibentuk oleh suatu benda dengan jarak 2 cm di depan sebuah cermin cekung yang mempunyai titik fokus 5 cm!
8. Sebuah benda setinggi 1 cm di depan cermin cekung dengan fokus 2 cm. Jika benda berada pada jarak 4 cm di depan cermin, tentukan :
 - a. jarak bayangan,
 - b. perbesaran,
 - c. tinggi bayangan,
 - d. sifat bayangan,

LISTRIK STATIS & RANGKAIAN LISTRIK ARUS SEARAH

Pada saat hujan turun, pernahkah kamu melihat petir? Petir adalah peristiwa alam yang sangat berbahaya dan ditakuti semua orang, karena petir menimbulkan kilatan cahaya yang diikuti dengan suara dahsyat di udara. Apabila seseorang tersambar petir, maka tubuh orang tersebut akan terbakar. Akibat berbahayanya petir, maka gedung-gedung bertingkat yang cukup tinggi dilengkapi dengan penangkal petir. Apa yang menyebabkan terjadinya petir? Mengapa tubuh orang yang tersambar petir terbakar? Mengapa gedung-gedung bertingkat yang tinggi dilengkapi dengan penangkal petir? Petir merupakan gejala alam yang timbul karena berkumpulnya sejumlah besar electron yang disebut listrik statis. Kita akan mempelajari dan mendiskusikan bagaimana cara memperoleh listrik statis secara sederhana dan cara pengosongannya sebagaimana petir dan manfaat penangkal petir.

A. Pengertian Listrik Statis

Fenomena :

- a. Saat kita menyisir rambut maka tanpa kita sadari terkadang rambut kita akan terbawa berdiri sendiri siring dengan gerakan sisir. Hal seperti ini dapat terjadi karena adanya interaksi muatan antara sisir dengan rambut kita.
- b. Kain sutera yang digosok-gosok pada batang kaca. Pada peristiwa ini benda tersebut akan bereaksi saling tarik-menarik. Kenapa bisa seperti itu? setelah keduanya saling digosok-gosokan akan terjadi loncatan elektron dari batang kaca ke kain sutera sehingga mengakibatkan batang kaca bermuatan positif sedangkan kain sutera bermuatan negatif, hal ini hampir sama seperti pada penggaris yang digosok-gosokan pada rambut.
- c. Penggaris plastik yang digosok-gosokan pada kain woll. Kedua benda tersebut umumnya memiliki muatan netral, tapi saat keduanya digosok-gosokan akan terjadi loncatan elektron yang berasal dari kain woll ke penggaris plastik dan penggaris plastik menjadi bermuatan negatif sedangkan kain woll menjadi bermuatan positif.
- d. Ketika mendekatkan tangan ke layar TV yang baru dimatikan. Pada peristiwa ini jika di perhatikan bulu-bulu atau rambut yang ada pada tangan akan berdiri, hal seperti itu diakibatkan karena adanya listrik statis.

Beberapa contoh di atas adalah fenomena elektrostatik yang sudah menjadi perhatian manusia sejak ribuan tahun lalu. Sejak zaman Yunani kira-kira 2600 tahun yang lalu, Thales of Miletus telah memperhatikan fenomena sebuah benda fosil mirip kaca atau resin yang digosokkan dapat menarik benda-benda tertentu secara “ajaib”, misalnya pakaian yang terbuat dari bulu binatang. Fenomena ini telah menjadi perhatian banyak kalangan sampai berabad-abad kemudian, saat itu fosil tersebut dalam bahasa Yunani dinamai elektron, dalam bahasa Inggris ini dikenal sebagai batu ambar (amber) berasal dari bahasa Arab anbar. Kejadian alam ini belum dapat dijelaskan secara ilmiah kecuali menganggapnya sebagai sebuah “sihir” semata.

Pada tahun 1600-an, seorang dokter istana Inggris, William Gilbert meneliti “keajaiban” batu ambar tersebut secara ilmiah dan membedakannya dari fenomena kemagnetan. Gilbert menamai gejala batu ambar ini dan gejala apapun yang serupa sebagai Electric (dalam bahasa Yunani batu ambar disebut electron) atau dalam bahasa Indonesia disebut listrik (bukan elektron). Sekarang istilah electric atau listrik

dipakai untuk menamai semua gejala yang berhubungan dengan ion (elektron dan proton) serta dinamikanya

Listrik statis adalah berkumpulnya muatan listrik pada suatu benda. Listrik statis adalah ketidakseimbangan muatan listrik dalam atau pada permukaan benda. Muatan listrik tetap ada sampai benda kehilangannya dengan cara sebuah arus listrik melepaskan muatan listrik.

Peristiwa kelistrikan ini Allah jelaskan dalam firman-Nya Q.S. Ar Ra'du : 13

وَيُسَبِّحُ الرَّعْدُ بِحَمْدِهِ وَالْمَلَائِكَةُ مِنْ خِيفَتِهِ وَيُرْسِلُ الصَّوَاعِقَ فَيُصِيبُ بِهَا مَنْ يَشَاءُ وَهُمْ يُجَدِّلُونَ فِي اللَّهِ وَهُوَ شَدِيدُ الْمِحَالِ ۱۳

Artinya :Dan guruh itu bertasbih dengan memuji Allah, (demikian pula) para malaikat karena takut kepada-Nya, dan Allah melepaskan halilintar, lalu menimpakannya kepada siapa yang Dia kehendaki, dan mereka berbantah-bantahan tentang Allah, dan Dialah Tuhan Yang Maha keras siksa-Nya) Q.S. Ar Ra'du : 13

B. Muatan listrik

Istilah muatan listrik pertama kali diperkenalkan oleh fisikawan Benyamin 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. Dalam keadaan netral, atom memiliki jumlah proton yang sama dengan jumlah elektron.

Robert A. Millikan (1869-1953) kemudian melakukan eksperimen yang bertujuan mencari harga muatan yang paling kecil yang bisa didapatkan. Percobaan Millikan dikenal sebagai percobaan tetes-minyak (*oil-drop*). Percobaan ini dilakukan dengan meneteskan minyak dengan tetesan kecil melalui dua pelat logam dengan beda potensial yang dapat diatur. Medan listrik yang dihasilkan dari kedua pelat akan menarik muatan listrik dari tetesan minyak tadi pada pelat bagian atas, dan jika beda tegangan diatur agar cukup bisa mengimbangi gaya gravitasi pada tetes minyak, maka partikel-partikel minyak yang mengandung muatan tadi akan melayang karena keseimbangan gaya ini. Pada keadaan ini gaya gravitasi (yang dapat kita hitung) sama dengan gaya elektrostatik, sehingga muatan dapat diketahui besarnya. Berdasarkan eksperimennya, Millikan menemukan harga muatan terkecil sebesar $1,6 \times 10^{-19}$. Harga muatan ini dimiliki oleh partikel terkecil elektron, sehingga bilangan tersebut disebut e (muatan elektron).

$$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ Coulomb}$$

Sebagaimana kita ketahui bahwa benda-benda non-konduktor memiliki muatan yang netral. Ini berarti bahwa jumlah muatan positif dan negatif di dalamnya sama. Dan karena setiap benda terdiri dari atom, maka dengan demikian jumlah muatan elektron akan sama dengan inti atom yang bermuatan positif. Jika karena sesuatu hal, elektron dalam atom atau benda berpindah, maka benda atau atom akan kekurangan elektron, dan dengan demikian menjadi bermuatan positif. Benda/atom yang bermuatan positif ini cenderung menetralkan diri sebagai sifat dasarnya, dan ketika bertemu dengan benda lain yang kelebihan elektron, maka benda yang bermuatan positif akan mendekati.

Jadi, 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. Gelas/kaca yang digosok dengan kain sutra merupakan benda bermuatan positif, sedangkan jika digosok dengan kain wol maka akan bermuatan negatif. Dengan demikian benda apapun yang ditolak oleh kaca yang telah digosok oleh kain sutra, maka ia kita sebut bermuatan positif. Demikian juga sebaliknya. Ketika batang gelas digosok dengan kain sutra, sejumlah elektron dari batang gelas berpindah ke kain sutra sehingga batang gelas kekurangan elektron dan bermuatan positif. Batang gelas yang bermuatan positif akan menarik konduktor yang memiliki elektron bebas, misalnya kertas logam. Mekanisme sebaliknya terjadi ketika kita menggosokkan wol pada batang gelas, sejumlah elektron justru berpindah dari wol ke batang gelas sehingga batang gelas memiliki muatan negatif berlebih.

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.

- a. Dalam keadaan netral daun elektroskop akan menutup atau terkulai ke bawah.
- b. 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.
- c. Ketika kedua penggaris plastik yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menjahui satu sama lain.
- d. Ketika kedua penggaris plastik yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menolak satu sama lain
- e. Ketika kedua batang kaca yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menolak satu sama lain
- f. Ketika penggaris plastik yang telah dimuati didekatkan dengan batang kaca yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menarik satu sama lain.

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.

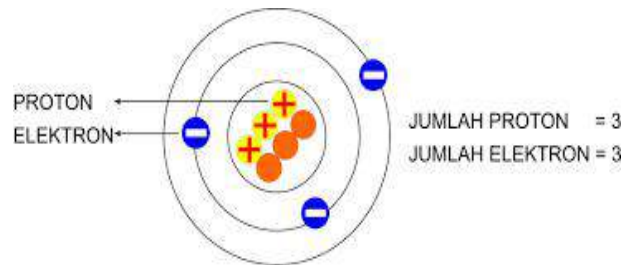
- a. Muatan positif adalah muatan yang sejenis dengan muatan yang dimiliki oleh kaca jika digosok dengan kain sutera.
- b. Muatan negatif adalah muatan yang sejenis dengan muatan yang dimiliki oleh penggaris plastik jika digosok dengan kain wol.
- c. Muatan yang sejenis tolak-menolak dan muatan yang tak sejenis tarikmenarik.

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 plastic 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

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. 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. 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 (berpindahannya) 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.

Bahan-Bahan	Proses	Hasil
Kaca - kain sutra	Elektron dari kaca pindah ke kain sutra	Kaca (+), kain sutra (-)
Mistar plastik - kain wool	Elektron dari kain wool pindah ke mistar plastik	Kain wool (+), mistar plastik (-)
Mistar plastik – rambut manusia	Elektron dari rambut manusia pindah ke mistar plastik	Rambut manusia (+), mistar plastik (-)
Balon – kain wool	Elektron dari kain wool pindah ke balon	Kain wool (+), balon (-)
Ebonit – kain wool	Elektron dari ebonit pindah ke kain wool	Kainwool (+), ebonit (-)

5. Isolator dan Konduktor Listrik

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, geranium, dan karbon mampu menghantarkan listrik sedang, disebut semikonduktor. Dari gambaran atom-atom didalamnya, 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. 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.

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. 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.

Cara lain untuk menginduksi muatan pada benda logam adalah dengan menghubungkan logam tersebut menuju ground melalui kawat konduktor. Selanjutnya benda dikatakan di “ground-kan” 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. Ini menyebabkan logam bermuatan positif. Jika sekarang kabel dipotong, maka logam akan memiliki muatan induksi positif.

7. Untuk mendapatkan muatan pada batang logam netral dengan **induksi** dapat dilakukan dengan cara mendekatkan batang logam bermuatan pada batang logam netral tersebut.
8. Untuk mendapatkan muatan pada batang logam netral dengan **konduksi** dapat dilakukan dengan cara menyentuhkan batang logam bermuatan pada batang logam netral tersebut.

9. Cara Mendeteksi Muatan Listrik

Elektroskop atau electrometer sederhana adalah suatu piranti yang dapat digunakan untuk mendeteksi muatan. 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. 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. 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. 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.

Sekarang, jika benda bermuatan negatif didekatkan, maka lebih banyak elektron diinduksi 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 diinduksi untuk bergerak ke atas, sehingga menjadi lebih negatif dan jarak pisah kedua daun ini menjadi berkurang (menjadi lebih sempit).

Elektroskop adalah suatu piranti yang dapat digunakan untuk mendeteksi muatan listrik. Daun-daun elektroskop akan mengembang apabila kepala elektroskop dimuati baik dengan cara “induksi”, maupun dengan cara “konduksi”.

C. Hukum Coulomb

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. Coulomb menggunakan neraca puntiran dalam percobaannya, menghasilkan fenomena: pada setiap jarak dan muatan berbeda menghasilkan simpulan berikut ini.

1. Gaya elektrostatik sebanding dengan muatan masing-masing
2. Gaya elektrostatik berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya

Hukum Coulomb berbunyi: besarnya gaya antara muatan q_+ dan muatan q_- , yang dipisahkan oleh A dan B berjarak d , adalah berbanding lurus dengan besarnya kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara muatan-muatan tersebut. Secara matematis hukum Coulomb dituliskan dengan persamaan :

$$F_{AB} = \frac{kQ_A \times Q_B}{r^2}$$

Ket :

 F_{AB} = gaya coulomb (N) $Q_A = Q_B$ = muatan masing-masing benda r = jarak antara kedua muatan k = konstanta dengan nilai 9×10^9

D. Medan Listrik

Fenomena elektrostatik dapat dijelaskan melalui interaksi gaya Coulomb seperti di atas, yaitu dari sudut pandang pengaruh sebuah muatan listrik terhadap muatan lainnya. Cara lain untuk menjelaskan gejala elektrostatik ini adalah dengan konsep medan. Seringkali, dalam aplikasi medan listrik lebih penting dan lebih mudah diukur. Dengan konsep medan, kita memandang sebuah muatan listrik q sebagai sumber yang memancarkan pengaruh listrik ke segala arah. Pengaruh listrik ini dinamakan medan (*field*). Medan listrik ini akan mempengaruhi muatan listrik lain q yang berada di sekitarnya, sehingga akan tertarik atau tertolak, bergantung dari jenis muatannya. Atau dengan kata lain muatan q akan mengalami gaya Coulomb.

Medan listrik adalah ruang di sekitar muatan listrik, di mana gaya elektrostatik masih berpengaruh. Jika ada muatan mengalami tarikan/tolakan elektrostatik, maka ia berada dalam medan listrik. **Kuat medan listrik didefinisikan sebagai besar gaya elektrostatik persatuan muatan di titik itu dan diberi lambang E** maka:

$$E = \frac{F}{q}$$

$$E = k \frac{Q \cdot q}{r^2} \times \frac{1}{q} = k \frac{Q}{r^2}$$

Contoh :

Sebuah muatan titik sebesar $2\mu\text{C}$ mengalami gaya 20 N dari sebuah sumber muatan listrik lain.

Berapakah kuat medan listrik yang dialami muatan titik tersebut ?

Diket: $F = 20\text{ N}$

$$q = 2\mu\text{C} = 2 \times 10^{-6}\text{ C}$$

Ditanya : E ?

Jawab :

$$E =$$

$$=$$

$$= 10\text{ N/C}$$

Arah medan listrik menjauhi muatan positif dan menuju muatan negative. Kuat medan listrik adalah besaran vektor. Bila terdapat banyak muatan, maka digunakan resultan vektor. **Arah garis medan listrik sering dinamakan sebagai garis gaya medan listrik.** Menurut Gauss, banyaknya garis gaya medan listrik sebanding muatannya. Medan listrik di sekitar keping sejajar konduktor merata dipermukaan bola.

1. Di dalam keping medan listrik bersifat homogen, besarnya sama

2. Di luar keping medan listrik adalah nol, karena tidak ada garis gaya

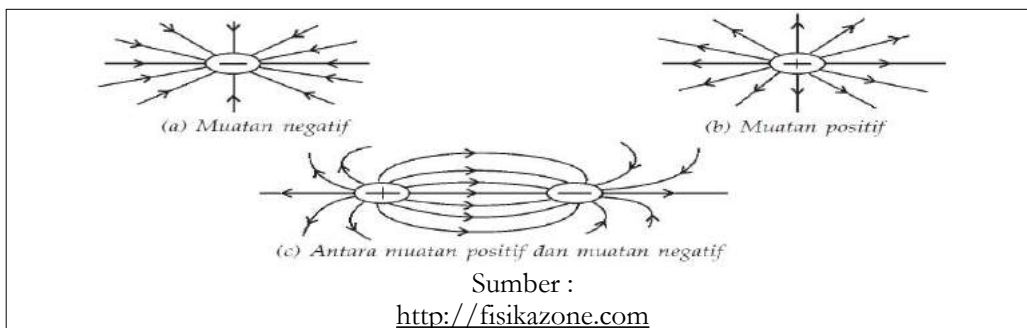
Oleh karena muatan listrik pada bola berongga cenderung tersebar merata di permukaan bola secara teratur, maka :

- kuat medan listrik di dalam bola adalah nol karena tidak ada garis gaya medan listrik,
- kuat medan listrik di permukaan adalah sebagai berikut.

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

1. Bentuk garis gaya medan listrik saat terjadi interaksi antara dua muatan listrik

Besar kecilnya muatan listrik menentukan banyak sedikitnya gaya-gaya karena menurut Gauss jumlah garis gaya atau fluks listrik berbanding lurus dengan muatannya.



2. Pengosongan Muatan Listrik

Loncatan muatan listrik terjadi pada saat muatan listrik bergerak secara bersama-sama. Kejadian ini disebut pengosongan listrik statis. 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 dengan :

- Sebelum terjadi petir, muatan listrik terbentuk di awan ketika butiran-butiran air saling menggosok satu sama lainnya
- Kemudian terjadi pemisahan muatan di dalam awan. Bagian bawah awan menjadi bermuatan lebih negatif dibandingkan tanah di bawah awan tersebut
- Sambaran dari awan ke tanah terjadi ketika muatan negatif (elektron) meloncat dari bagian bawah awan ke titik tertinggi di atas tanah

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. Pernahkah Anda melihat penangkal petir? Pernahkah Anda melihat bangunan tinggi yang dilengkapi dengan penangkal petir. Penangkal petir itu merupakan contoh pengosongan muatan statis yang tidak menimbulkan kerusakan.

E. Arus listrik

Arus listrik dapat digambarkan sebagai jumlah muatan yang menembus titik tertentu setiap satuan waktu tertentu. Arus listrik mengalir karena adanya perbedaan potensial listrik. **Arus listrik dapat didefinisikan sebagai banyaknya elektron yang berpindah dalam waktu tertentu.** Arus listrik

terjadi jika ada perpindahan elektron. Secara matematis, kuat arus listrik I dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

Keterangan:

I = Arus listrik (A)

Q = Muatan Listrik (C)

Δt = Selang waktu (s)

Perbedaan potensial akan mengakibatkan perpindahan elektron. Banyaknya energi listrik yang diperlukan untuk mengalirkan setiap muatan listrik dari ujung-ujung penghantar disebut beda potensial listrik atau tegangan listrik. Hubungan antara energi listrik, muatan listrik, dan beda potensial listrik secara matematik dirumuskan

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

dengan:

V = beda potensial listrik satuannya volt (V)

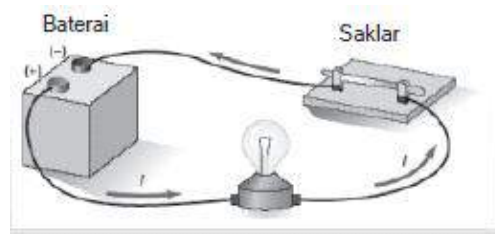
W = energi listrik satuannya joule (J)

Q = muatan listrik satuannya coulomb (C)

Dengan demikian, beda potensial adalah besarnya energi listrik untuk memindahkan muatan listrik.

Kuat arus secara teoritis dianggap sebagai aliran muatan-muatan positif. Padahal dalam kenyataan sesungguhnya yang dapat berpindah adalah muatan-muatan negatif atau elektron. Benda-benda yang terbuat dari logam umumnya memiliki banyak elektron yang disebut sebagai elektron bebas sehingga disebut dengan konduktor. Elektron bebas adalah elektron yang tidak terikat pada satu inti atom, atau meskipun terikat, ia merupakan electron yang letaknya jauh dari inti sehingga hanya mendapatkan gaya tarik yang kecil saja. Elektron bebas ini kemudian yang akan “mengalir” dalam bahan (kawat) apabila ada perbedaan potensial di antara dua titik pada kawat. Bahan-bahan yang sulit dialiri arus listrik disebut dengan isolator.

Arus listrik dapat mengalir jika terdapat suatu rangkaian tertutup. Apakah yang dimaksud dengan rangkaian tertutup? Perhatikanlah rangkaian bola lampu, saklar, dan baterai berikut



Jika saklar dalam keadaan terbuka, maka bola lampu tidak menyala karena tidak ada arus listrik yang mengalir. Dalam keadaan ini rangkaian disebut dengan rangkaian terbuka. Sebaliknya jika saklar dalam keadaan tertutup rangkaian dikatakan sebagai rangkaian tertutup. Dalam keadaan ini arus akan mengalir melalui penghantar dan menyebabkan bola lampu menyala. Dalam kehidupan sehari-hari besarnya kuat arus listrik yang mengalir melalui rangkaian dapat kita ukur dengan menghubungkan Ampere meter secara serial dalam suatu rangkaian.

Istilah listrik arus searah dalam rangkaian ini untuk membedakan dengan rangkaian listrik arus bolak-balik. Dalam rangkaian listrik arus searah, sumber tegangan memang berupa baterai atau aki yang memiliki beda potensial yang tetap. Akibatnya dalam sebuah rangkaian arus listrik mengalir pada arah tertentu. Pada rangkaian arus bolak-balik polaritas sumber tegangan berubah-ubah sehingga arah arus menjadi olak balik. Kuat arus listrik dalam rangkaian dapat diobservasi dengan cara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif kuat arus ditunjukkan dengan terang redupnya nyala lampu. Jika lampu menyala terang berarti kuat arus listrik besar; sedang jika lampu menyala redup, itu pertanda bahwa kuat arus itu kecil. **Secara kuantitatif kuat arus dapat diukur dengan memanfaatkan amperemeter.** Amperemeter memiliki galvanometer di dalamnya. Jika amperemeterdihubungkan secara serial dengan rangkaian.

1. Arus listrik disebabkan adanya perpindahan muatan pada suatu penghantar.
2. Kuat arus listrik adalah besarnya muatan yang melalui suatu penghantar tiap satu satuan waktu.
3. Arus listrik mengalir pada suatu rangkaian tertutup.
4. Arah arus listrik berlawanan dengan arah aliran electron
5. Arus listrik mengalir dari potensial tinggi menuju ke potensial rendah
6. Penyebab arus listrik dapat mengalir pada dua benda yang bermuatan listrik adalah adanya beda potensial antara kedua benda

F. Hambatan dan Faktor yang Mempengaruhi

Sesuatu yang bergerak dan mengalir tentu ada penghambat seperti benda yang bergerak juga mengalami gaya gesek. Demikian juga dengan arus listrik, ketika mengalir melalui suatu penghantar arus listrik akan ditahan oleh sesuatu yang disebut dengan hambatan. Semakin besar hambatan, semakin sulit arus mengalir dalam penghantar tersebut. Hubungan antara hambatan, kuat arus dan beda potensial listrik telah diteliti George Simon Ohm (1787-1854) dan dikenal dengan Hukum Ohm. “Kuat arus yang mengalir pada suatu penghantar berbanding lurus dengan beda potensial antar kedua ujung penghantar tersebut dan berbanding terbalik dengan hambatannya”.

Secara matematis Hukum Ohm dapat dituliskan sebagai berikut.

$$I = V/R$$

I = Kuat arus (Ampere)
V = beda potensial (Volt)
R = hambatan (Ohm)

Berdasarkan hukum di atas, satuan hambatan dapat dinyatakan dalam Volt/ampere, dimana $1 \text{ V/A} = 1 \text{ Ohm}$. Dengan demikian jika beda potensial antara kedua ujung konduktor adalah 1 volt dan arus mengalir adalah 1 ampere, maka hambatan dari konduktor itu adalah 1 Ohm. 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.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Dengan:

R = hambatan Ω

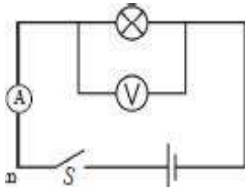
ρ = hambatan jenis penghantar (Ω)

L = panjang penghantar (m)

A = Luas penampang penghantar (m^2)

A , ρ , L , dalah 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. Satuan hambatan jenis dalam sistem SI dinyatakan dengan ohm meter.

Pemasangan amperemeter dan voltmeter:



1. Hambatan suatu penghantar (R) dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu jenis kawat (ρ), panjang kawat (L), dan luas penampang kawat (A).
2. Jika hambatan dihubungkan secara serial, kuat arus yang melalui semua penghantar sama besar.
3. Jika hambatan dihubungkan secara paralel, beda potensial pada masing-masing hambatan sama besar.

G. Rangkaian Seri dan Paralel

Sebagaimana dijelaskan, sebuah rangkaian sederhana hanya terdiri atas sebuah sumber tegangan, piranti semacam lampu, dan kabel-kabel penghubung. Dalam kehidupan sehari-hari, rangkaian yang sesungguhnya dapat menghubungkan beberapa macam piranti. Misalnya, sebuah generator listrik digunakan untuk lampu listrik, radio, televisi, pendingin, pompa air dan piranti-piranti lainnya. Antara piranti satu dengan lainnya dihubungkan dengan cara yang berbeda-beda.

Dalam ilmu kelistrikan, ada dua metode untuk menyalurkan rangkaian listrik terutama dalam sebuah ruangan, rumah dan lainnya. Rangkaian tersebut diberikan nama sebagai rangkaian seri dan paralel. Antara keduanya tentu memiliki perbedaan dan keuntungan atau kerugian masing-masing.

a. Rangkaian seri

Rangkaian seri merupakan sebuah rangkaian listrik yang dalam penyusunannya berjajar antar komponen. Dengan demikian, bisa didapatkan rangkaian listrik yang teratur dan berurutan. Pada rangkaian listrik ini memiliki kelebihan berupa kepraktisan dalam memasangnya. Selain itu, dalam rangkaian seri juga memiliki daya hantar yang lebih stabil agar arus listrik terbagi dengan merata. Perlengkapan dalam menggunakan rangkaian ini juga lebih sederhana. Akan tetapi, pada sebuah rangkaian listrik seri ini memiliki kekurangan pada keharusan aliran listrik yang harus stabil dan juga tinggi. Selain itu, jika satu komponen bermasalah maka komponen lain juga ikut terpengaruh.

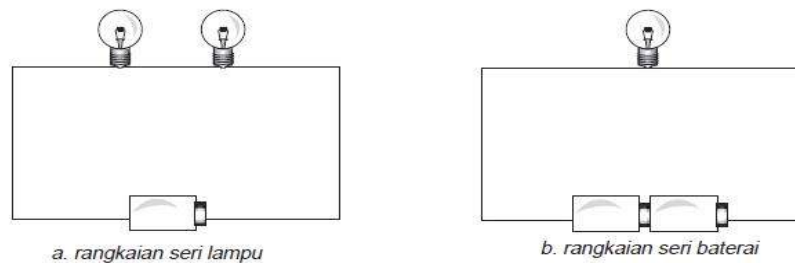
b. Rangkaian paralel

Rangkaian paralel adalah sebuah rangkaian listrik yang dibuat dengan lebih memiliki cabang. Dengan menggunakan rangkaian listrik ini input dari setiap komponen yang digunakan akan diambil dari asal yang sama. Karena lebih rumit maka membuat penggunaan rangkaian paralel menjadi lebih mahal daripada rangkaian seri. Namun jika dalam rangkaian ini salah satu alat mengalami masalah maka hanya itu saja dan tidak berpengaruh pada alat lainnya.

Untuk perbedaan rangkaian seri dan paralel itu sendiri di mulai dari perbedaan susunan kedua pemasangan tentu saja. Selain itu, dalam sebuah rangkaian seri juga memiliki perbandingan besar tegangan yang terpengaruh oleh hambatan sehingga tegangan yang dihasilkan berbeda. Berbeda dengan rangkaian paralel besar tegangan ini relatif sama untuk setiap komponennya. Hanya saja arus yang dihasilkan akan berbeda karena hambatan yang digunakan juga berbeda. Selain itu keseluruhan hambatan

pada rangkaian seri dapat dihitung dengan menjumlahkan jumlah hambatan yang ada. Sedangkan untuk rangkaian paralel dapat dihitung dengan rumus $1/RT = (1/R1) + (1/R2) + \dots + (1/Rn)$

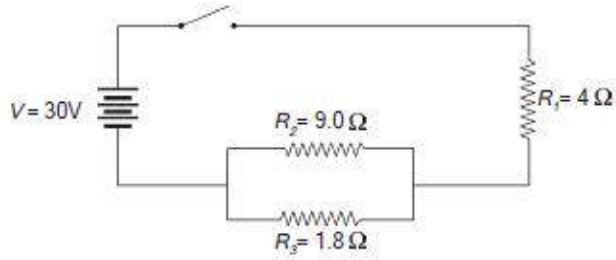
Perbedaan rangkaian seri dan paralel lainnya terdapat pada total hambatan yang ada pada rangkaian seri ini pasti lebih besar dari sebuah rangkaian paralel. Hal ini tentu saja dapat dilihat dari cara menghitung hambatan dari setiap rangkaian yang digunakan. Selain itu, konsumsi daya untuk jenis rangkaian seri juga akan lebih tinggi dari rangkaian paralel karena jumlah daya yang harus selalu stabil. Perbedaan antara keduanya memang sangat signifikan. Terlebih dari setiap penggunaan rangkaian listrik ini juga memiliki kelemahan dan kelebihan tersendiri. Dengan demikian, Anda bisa memilih rangkaian listrik yang akan digunakan di rumah Anda sesuai dengan kemampuan Anda.



Sumber :
<http://elektronikadasar.info>

Latihan :

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan muatan listrik!
2. Bagaimanakah muatan listrik dapat terjadi?
3. Bagaimana proses terjadinya petir & cara melindungi bangunan tinggi dari sambaran petir?
4. Apakah yang dimaksud dengan dengan medan listrik?
5. Dua buah muatan masing-masing muatannya 10 mikro coulomb dan berjarak 10 mm. Berapakah gaya listrik antar muatan tersebut?
6. Jelaskan tentang arah arus listrik!
7. Apakah perbedaan antara rangkaian terbuka dan rangkaian tertutup!
8. Dua buah kawat dengan panjang dan diameter identik memiliki besar hambatan yang berbeda besarnya. Mengapa hal tersebut dapat terjadi?
9. Tujuh buah hambatan yang besarnya masing-masing 10 Ohm dihubungkan secara serial dan ujung-ujungnya dihubungkan dengan beda potensial sebesar 7 Volt. Carilah hambatan total, arus yang melalui rangkaian dan beda potensial pada salah satu hambatan!
10. Tiga buah hambatan yang besarnya masing-masing 9 Ohm dihubungkan secara serial dan ujung-ujungnya dihubungkan dengan beda potensial sebesar 6 Volt. Carilah hambatan total, beda potensial pada masing-masing hambatan dan arus yang mengalir pada salah satu hambatan!
11. Beberapa hambatan di susun sebagaimana gambar di bawah.



Jika saklar ditutup, berapakah arus yang melalui R_2 ?

MEDAN MAGNET

Fenomena kemagnetan (magnetisme) telah diamati oleh manusia sejak beberapa abad sebelum masehi. Pada masa lampau magnet dikenal sebagai sebuah material berwarna hitam yang disebut lodestone dan dapat menarik besi serta benda-benda logam lainnya. Batu magnet ditemukan pertama kali di Magnesia, Asia Kecil.

Magnet dapat menarik benda lain. Walaupun **magnet** itu dipotong-potong, potongan **magnet** kecil tersebut akan tetap memiliki dua kutub. Beberapa benda bahkan tertarik lebih kuat dari yang lain, yaitu bahan logam. Besi dan baja **adalah** dua contoh materi yang mempunyai daya tarik yang tinggi oleh **magnet**.

Sifat-Sifat Magnet :

1. Memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Kutub utara adalah kutub magnet yang selalu mengarah ke kutub utara bumi. Kutub selatan adalah kutub magnet yang mengarah ke selatan bumi.
2. Kutub yang sama akan tolak-menolak. Kutub yang tidak sama akan tarik-menarik.

A. Pengertian Medan Magnet

Lebih dari 2000 tahun yang lalu, orang Yunani yang hidup di Magnesia menemukan batu yang istimewa. Batu tersebut dapat menarik benda-benda yang mengandung logam. Ketika batu itu digantung sehingga dapat berputar, salah satu ujungnya selalu menunjuk arah utara. Karena batu itu ditemukan di Magnesia, orang Yunani menamainya magnetit. Orang Yunani tidak mengetahui lebih lanjut bagaimana sifat-sifatnya, namun mereka telah mengamati ciri-ciri bahan yang disebut magnet. Pada saat ini berbagai teknologi banyak sekali yang melibatkan magnet. Pengeras suara, layar TV, kaset, dan disket merupakan contoh-contohnya.

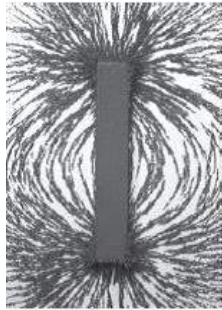


Sumber: <http://benergi.com/wp-content/uploads/2016/03/Sifat-sifat-Magnet-dan-Jenis-jenis-Magnet.jpg>

Setiap magnet memiliki dua tempat yang gaya magnetnya paling kuat. Daerah ini disebut kutub magnet. Ada 2 kutub magnet, yaitu kutub utara (U) dan kutub selatan (S). Seringkali dijumpai magnet yang bertuliskan N dan S. N merupakan kutub utara magnet itu (singkatan dari *north* yang berarti utara) sedangkan S kutub selatannya (singkatan dari *south* yang berarti selatan). Magnet dapat berada dalam berbagai bentuk dan ukuran. Bentuk yang paling sederhana berupa batang lurus. Bentuk lain yang sering kamu jumpai misalnya bentuk tapal kuda (ladam) dan jarum. Pada bentuk-bentuk ini, kutub magnetnya berada pada ujung-ujung magnet itu.

Jika dua buah magnet saling didekatkan, magnet pertama akan mengerjakan gaya pada magnet kedua, dan magnet kedua mengerjakan gaya kepada magnet pertama. Gaya magnet, seperti halnya gaya listrik, berupa tarikan dan tolakan. Jika dua kutub utara didekatkan, maka keduanya tolak-menolak. Dua kutub selatan juga saling menolak. Namun, jika kutub selatan didekatkan pada kutub utara, maka kedua kutub ini akan tarik-menarik. Walaupun gaya-gaya magnet yang terkuat terletak pada kutub-kutub magnet, gaya-gaya magnet tidak hanya berada pada kutub-kutubnya saja. Gaya-gaya magnet juga timbul di sekitar magnet. daerah di sekitar magnet yang terdapat gaya-gaya magnet disebut medan magnet.

Sebuah besi yang berada di sekitar magnet akan tertarik oleh magnet tersebut. Semakin jauh letak besi dari magnet, semakin kecil pula gaya magnet yang dirasakan. Pada titik titik tertentu gaya magnet mungkin tidak dapat dirasakan lagi. Perhatikanlah serbuk besi yang diletakkan di atas magnet pada gambar berikut :



Serbuk besi akan tertata sedemikian rupa karena adanya gaya magnet. Daerah-daerah di sekitar magnet di mana gaya magnet dapat dirasakan disebut dengan medan magnet.

Medan magnet dapat digambarkan dengan garis-garis dengan anak panah yang menuju atau keluar dari sebuah kutub magnet yang disebut garis gaya magnet. Semakin rapat garis gaya magnet menunjukkan bahwa gaya magnet di tempat tersebut besar. Sebaliknya semakin jarang garis-garis gaya magnet, semakin kecil gaya magnet yang dirasakan. Pada gambar di atas terlihat bahwa garis gaya magnet rapat pada bagian kutub magnet dan renggang pada daerah yang jauh dari kutub magnet. Garis gaya magnet keluar dari kutub utara dan masuk pada kutub selatan magnet.

1. Medan magnet adalah ruang dimana gaya magnet masih dapat dirasakan.
2. Garis gaya magnet adalah garis-garis yang menggambarkan medan magnet.
3. Medan magnet dapat timbul di sekitar kawat yang berarus listrik.
4. Arah medan magnet induksi ditentukan dengan kaidah tangan kanan.

B. Bahan-Bahan Magnet

Salah satu sifat magnet adalah memiliki gaya tarik. Artinya apabila magnet di letakkan berdekatan dengan jenis-jenis logam tertentu akan menarik dan mempertahankan logam tersebut untuk tetap menempel padanya. Benda-benda logam apa saja yang ditarik oleh magnet dan benda-benda apa saja tidak dapat di tarik oleh magnet?. Bahan-bahan yang dapat di tarik oleh magnet disebut bahan magnetik dan yang tidak dapat ditarik oleh magnet disebut bahan non magnetik.

Lebih lanjut, bahan magnetik di klasifikasikan sebagai berikut.

1. Bahan ferrromagnetik, bahan yang ditarik kuat oleh magnet. Contohnya adalah besi, baja, kobalt, dan nikel.
2. Bahan paramagnetik, bahan yang ditarik lemah oleh magnet. Contohnya adalah aluminium dan platina.
3. Bahan diamagnetik, bahan yang ditolak lemah oleh magnet. Contohnya adalah seng, bismuth, dan natrium klorida.

Berdasarkan *asalnya* magnet dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

4. Magnet alam, yakni magnet yang ditemukan di alam
5. Magnet buatan, yakni magnet yang sengaja di buat oleh manusia

Selanjutnya, berdasarkan sifat kemagnetannya, magnet buatan dikelompokkan menjadi dua, yakni magnet tetap (permanen) dan magnet sementara. Magnet tetap adalah magnet yang sifat kemagnetannya

tetap dan terjadi dalam waktu relatif lama. Sebaliknya, magnet sementara adalah magnet yang sifatnya tidak tetap atau sementara.

Magnet permanen (tetap) umumnya terbuat dari baja, sedangkan magnet tidak tetap terbuat dari besi lunak. Disesuaikan dengan kegunaannya, dewasa ini magnet dibuat dari beberapa jenis logam.

Berdasarkan bahan yang digunakannya itu, magnet dapat dibedakan menjadi empat tipe:

1. Tipe magnet permanen campuran
Berdasarkan bahan campurannya, magnet permanen campuran dibagi menjadi
 - a. Magnet alcomax, dibuat dari campuran besi dan aluminium
 - b. Magnet alnico, dibuat dari campuran besi dan nikel
 - c. Magnet triconal, dibuat dari campuran besi dan kobal
2. Tipe magnet keramik
Tipe magnet ini disebut juga magnadur, terbuat dari serbuk ferit dan bersifat keras serta memiliki gaya tarik kuat.
3. Tipe magnet besi lunak
Tipe magnet besi lunak juga disebut dengan stalloy, terbuat dari 96% besi dan 4% silikon. Sifat kemagnetannya tidak keras atau sementara.
4. Tipe magnet pelindung
Tipe magnet ini disebut juga mumetal, terbuat dari 74% nikel, 20% besi, 5% tembaga dan 1% mangan. Magnet ini tidak keras atau sementara.

Berdasarkan penggolongan magnet buatan di atas serta kemampuan bahan menyimpan sifat magnetnya, maka kita dapat menggolongkan bahan-bahan magnetik dalam magnet keras dan magnet lunak. Sebagai contoh bahan-bahan magnet keras ialah baja dan alcomax. Bahan ini sangat sulit dijadikan magnet. Namun demikian, setelah bahan tersebut dijadikan magnet maka bahan-bahan magnet keras ini akan menyimpan sifat magnetiknya relatif sangat lama. Karena pertimbangan atau alasan itulah bahan-bahan magnet keras ini lebih banyak dijadikan untuk membuat magnet tetap (permanen). Contoh pemakaiannya adalah untuk membuat pita kaset atau kompas.



Sumber: www.google.co.id

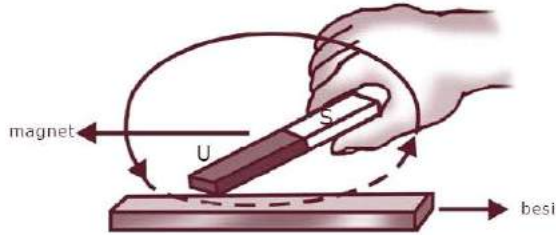
Sedangkan bahan-bahan magnet lunak misalnya besi dan mumetal, jauh lebih mudah untuk dijadikan magnet. Namun demikian, sifat kemagnetannya hanya sementara dan mudah hilang. Itulah sebabnya, bahan magnet lunak banyak dipakai untuk membuat elektromagnet.

C. Cara Membuat Magnet

Seperti yang kita ketahui kita dapat membuat sebuah magnet dengan beberapa cara dan terdapat dua jenis magnet yakni magnet alam dan magnet buatan. Ada berbagai cara untuk membuat magnet, diantaranya:

1. Dengan menggosokkan magnet tetap

Benda-benda kecil seperti jarum atau paku jika kita dekatkan dengan sebatang besi atau sebatang baja ternyata benda-benda kecil tersebut tidak dapat ditarik oleh batang besi atau baja. Hal menunjukkan bahwa besi atau baja tidak bersifat sebagai magnet. Besi atau baja dapat dibuat sebagai magnet antara lain dengan cara menggosokkan salah satu ujung magnet tetap di sepanjang batang besi, atau baja ke satu arah dengan berulang-ulang.



Sumber: <http://www.seputarpendidikan.com>

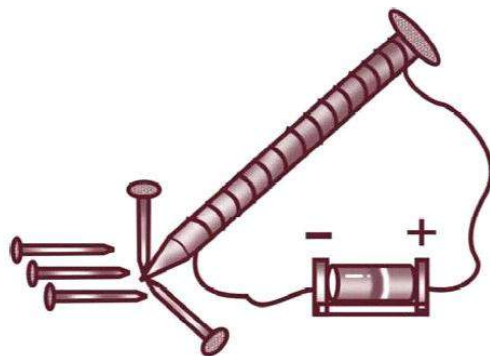
Secara fisika bahwa benda-benda yang dapat dibuat magnet ialah benda atau material yang sudah mempunyai sifat kemagnetan yang terdiri dari domain-domain atau magnet-magnet kecil yang disebut dengan magnet elementer.

Saat terjadi penggosokan dengan arah yang teratur maka akan mengakibatkan adanya pengaruh medan magnet dari magnet permanen yang dapat digunakan untuk menyearahkan posisi domain.

Dengan posisi yang searah tentu akan mengakibatkan adanya gaya yang ditimbulkan oleh domain tersebut sehingga menjadikan benda bermagnet.

2. Dengan aliran arus listrik

Dengan melilitkan benda yang dapat menghantarkan listrik seperti kawat tembaga lalu dihubungkan dengan baterai kemudian dekatkan dengan paku-paku kecil, ternyata paku kecil tersebut akan menempel pada paku besar tersebut.



Sumber: <http://www.seputarpendidikan.com>

Jika baterai atau sumber arus listrik searah (DC) diganti dengan sumber arus listrik bolak-balik (AC) bertegangan rendah maka paku besar tetap bersifat sebagai magnet. Akan tetapi jika sebuah magnet dialiri arus listrik bolak-balik (AC) dengan tegangan normal, maka sifat kemagnetannya dapat hilang. bila arus listrik diputus maka paku-paku kecil yang menempel pada paku besar dalam hitungan detik akan berjatuh atau lepas. Ini artinya paku besar sudah hilang sifat kemagnetannya.

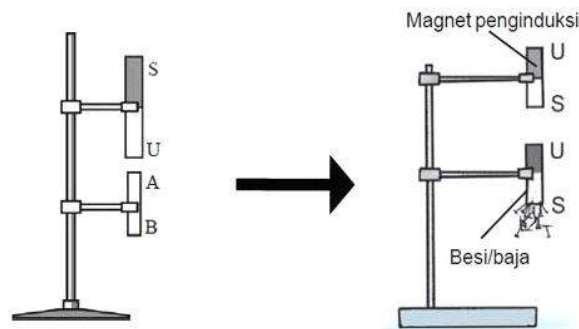
Jadi, sifat kemagnetan paku besar hanya terjadi selama terdapat aliran listrik. Dan ini dikatakan bahwa paku besi menjadi magnet sementara. Jika saja paku besi diganti dengan logam baja, maka

setelah arus listrik diputus, logam akan tetap bersifat sebagai magnet. Karena baja dapat dibuat magnet yang bersifat permanen atau tetap.

Secara fisika dapat dijelaskan bahwa medan listrik yang ditimbulkan oleh arus listrik akan mempengaruhi posisi domain yang akan mengakibatkan posisi yang tidak teratur berubah menjadi teratur atau searah. Dengan posisi searah maka akan mempunyai kekuatan yang bersifat magnet.

3. Dengan induksi atau influensi atau imbas

Sebuah paku besar yang didekatkan dengan sebuah magnet yang ditaruh pada statif maka paku akan menempel pada magnet. Paku besar yang telah menempel pada magnet jika didekati paku-paku kecil, ternyata paku-paku kecil akan menempel pada paku besar.



Sumber: <http://www.seputarpendidikan.com>

Hal ini disebabkan karena paku besar yang berada di dalam medan magnet terkena induksi sehingga bersifat sebagai magnet. Secara konsep cara ini sama dengan pembuatan magnet cara digosok atau dililiti kumparan yang dialiri listrik.

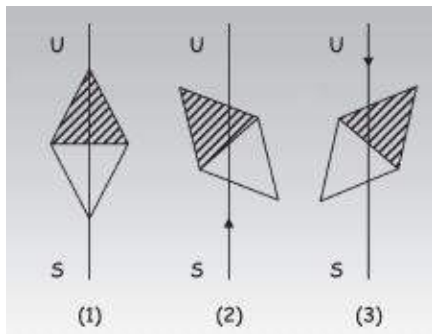
Akibat dari pengaruh medan magnet sehingga paku yang menempel pada magnet permanen memungkinkan posisi domain-domainnya menjadi teratur dan bersifat sebagai benda magnet.

Magnet buatan memiliki beberapa bentuk, antara lain: berbentuk batang persegi atau magnet batang, berbentuk jarum atau magnet jarum, berbentuk silinder atau magnet silinder dan berbentuk U dan berbentuk tapal kuda.

D. Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus Listrik

1. Medan magnet di sekitar kawat lurus berarus listrik

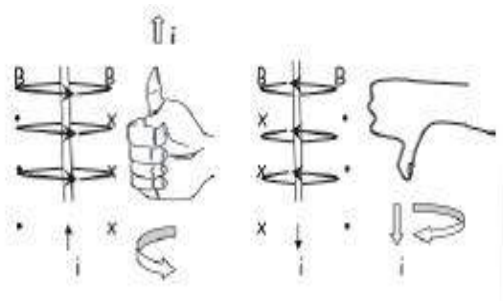
Umumnya medan magnet dapat ditemui di sekitar magnet. Namun secara tidak sengaja H.C Oersted menemukan bahwa di sekitar kawat berarus listrik ternyata juga terdapat medan magnet. Penemuan yang sepintas terlihat sederhana ini pada akhirnya menghasilkan berbagai perkembangan teknologi listrik magnet yang kita kenal sekarang ini. Apabila sebuah pengantar dialiri arus listrik, maka di sekitar kawat pengantar tersebut akan timbul medan magnet.



Keterangan

- a. Kawat tidak dialiri arus listrik, magnet jarum tetap.
- b. Kawat dialiri arus listrik dari selatan, magnet jarum menyimpang kekiri.
- c. Kawat dialiri arus listrik dari utara, magnet jarum menyimpang kekanan.

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.

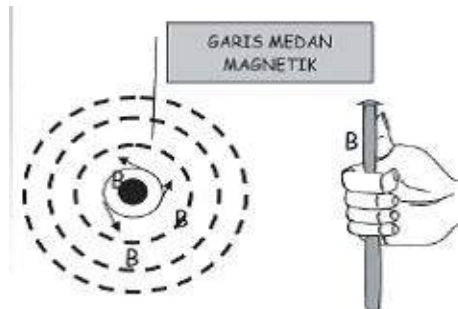


I = Arus listrik
B = Medan magnetic

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 :

Jika arus menuju Anda (.), arah medan magnetik berputar berlawanan arah jarum jam. Namun, jika arus menjauhi anda (x) arah medan magnetic berputar searah jarum jam.



Besarnya medan magnet induksi dapat digambarkan dalam rumusan berikut:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d}$$

B adalah medan magnet, i adalah kuat arus dan d adalah jarak antara suatu titik dengan kawat.

2. Medan magnet di sekitar kawat melingkar berarus listrik

Pada kawat bentuk melingkar, induksi magnet yang dibahas dibatasi pada sumbu lingkaran kawat saja. Besarnya Induksi magnet dapat ditentukan dengan rumusan berikut.

$$B = \frac{\mu_0 i}{2d}$$

B adalah medan magnet, i adalah kuat arus dan d adalah jari-jari lingkaran kawat dengan kawat.

Pada sebuah koil jumlah medan magnet induksi tersebut akan berlipat sesuai dengan banyaknya jumlah lilitan koil. Jika jumlah lilitan sebesar N , maka medan magnet yang timbul pada koil adalah sebagai berikut.

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{2d}$$

E. Gaya Lorentz

1. Gaya Lorentz pada Kawat Berarus

Bagaimana jika sebuah kawat yang berarus listrik berada pada suatu ruangan yang memiliki medan magnet? Ternyata kawat yang berarus listrik dan berada pada ruangan yang memiliki medan magnet akan mengalami gaya. Selanjutnya gaya ini dikenal dengan gaya Lorentz untuk menghargai penemunya Hendrik Lorent. Besarnya gaya yang diterima oleh kawat berarus listrik yang berada pada suatu ruangan bermedan magnet ditentukan oleh beberapa hal yaitu kuat arus listrik yang mengalir pada kawat, besarnya medan magnet dan panjang kawat.

Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$F = B I l$$

Dimana:

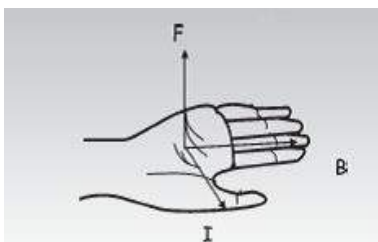
F = gaya Lorentz (N)

I = kuat arus listrik (A)

B = medan magnetik (T)

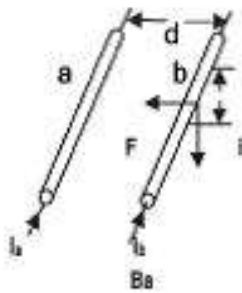
l = panjang penghantar (m)

Bagaimana dengan arah gaya lorentz? Arah gaya lorentz dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan.



Dengan kaidah tangan kanan ditentukan ibu jari sebagai arah arus, jari-jari yang lain sebagai arah induksi magnetnya (B) dan arah keluar dari tangan kanan menentukan arah gaya Lorentz (F).

2. Gaya Magnet Diantara Dua Kawat Sejajar



Jika terdapat dua kawat ber aliran listrik maka kedua kawat akan saling tarik menarik karena adanya gaya Lorentz. Kawat sejajar yang panjang yang terpisah sejarak d terhadap satu sama lain dan yang dialiri arus-arus i_a dan i_b . Kawat A akan menimbulkan medan magnet. Akibat medan magnet ini, kawat B akan menjadi kawat ber arus yang berada dalam medan magnet. Akibatnya kawat B akan mendapat gaya Lorentz yang arahnya mendekati kawat A. Hal yang sama terjadi pada kawat A. Jadi akan terlihat bahwa kedua kawat akan saling tarik menarik.

Bagaimana jika arah arus listrik berlawanan? Analisislah apa yang akan terjadi. Tarikan di antara dua kawat sejajar yang panjang digunakan untuk mendefinisikan Ampere. Misalkan bahwa jarak diantara kedua-dua kawat tersebut adalah satu meter ($d = 1,0$ m. tepat) dan bahwa kedua-dua arus tersebut adalah sama ($i_a = i_b = i$) jika arus bersama ini diatur sehingga, menurut pengukuran, gaya tarik menarik persatuan panjang diantara kawat-kawat tersebut adalah tepat sebesar 2×10^{-7} N/m, maka arus tersebut didefinisikan sebagai 1 ampere.

$$\text{Sehingga} = \frac{F}{l} = \frac{\mu_0 i^2}{2\pi d} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T m / A})(1 \text{ A})^2}{(2\pi)(1 \text{ m})} = 2 \times 10^{-7} \text{ N/m.}$$

3. Gaya Lorentz Pada Muatan yang Bergerak

Jika medan magnet dapat menimbulkan gaya pada kawat ber arus, maka pasti medan magnet juga dapat menimbulkan “gaya pada muatan yang bergerak”. Gaya magnetik pada partikel bermuatan sangat menarik karena banyak fenomena alam yang dapat dijelaskan dengan konsep ini. Jika sebuah muatan positif bergerak, maka dapat di analogikan bahwa arah gerak muatan positif ini adalah arah arus listrik. Karenanya muatan positif yang bergerak pada ruang bermedan magnet juga akan mengalami gaya Lorent. Besarnya gaya yang diterima oleh muatan dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

F adalah gaya lorentz
 q adalah muatan
 v adalah kecepatan muatan
 B adalah medan magnet

Latihan :

1. Sebutkan bunyi gaya Lorentz!
2. Mengapa medan elektomagnet tidak sama dengan medan magnet alam?
3. Bagaimana sebuah medan magnet merupakan medan vektor?
4. Sebutkan 3 contoh penerapan gaya magnet!
5. Apa yang Anda ketahui gaya magnet pada muatan bergerak? jelaskan!

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Atikah, dkk. 2009. *Ilmu Pengetahuan Alam 2*. Jilid 1 dan 2 LAPIS
- Depdiknas. (2005). *Ilmu Pengetahuan Alam-Fisika*. Jakarta: Dirjen Dikdasmen
- Djoko Nugroho. 2009. *Mandiri Fisika untuk SMA Kelas X*. Jakarta: Erlangga.
- Dudi Indrajit. 2009. *Mudah dan Aktif Belajar Fisika*. Jakarta : Pusat Perbukuan.
- Education Division Washington, D.C. 2008. *Glencoe Science Level Green*. Ohio : McGraw Hill Company
- Giancoli, Douglas. C. 2001. *Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D., & R. Resnick (1997). *Physics*. Terjemahan: Patur Silaban dan Erwin Sucipto. Jakarta: Erlangga
- Handayani, Sri. 2009. *Fisika untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Nasional.
<https://prodiipa.wordpress.com>
<http://www.seputarpendidikan.com>
- Kanginan, Marthen. 2013. *Fisika 1 untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Erlangga.
- Margaretta, dkk. 2006. *Konsep Dasar IPA*. Bandung: UPI Press.
- Nurachmandani, Setya. 2009. *Fisika untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Nasional.
- Purwanto, Budi. 2007. *Fisika Dasar 1 Teori dan Implementasinya*. Solo: Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Sumarsono, Joko. 2009. *Fisika untuk SMA/MA*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Nasional.
- Sunardi dan Siti Zenab. 2014. *Fisika untuk SMA/MA*. Bandung: Yrama Media.
- Tipler, P.A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.

INDEKS

adhesi, 61, 62, 63

besaran, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 22, 56
besaran pokok, 4, 5, 9, 10
besaran turunan, 4, 5, 10, 11
bidang miring, 27, 44, 82, 83, 84, 86, 87, 88

cermin cekung, 96, 97, 98, 99
cermin datar, 95, 96, 99

daya, 10, 55, 56, 57, 79, 111
difraksi, 91
dimensi, 1, 9, 10
dispersi, 92

efisiensi, 2, 86
elektron, 3, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107

energi, 1, 2, 5, 48, 49, 50, 51, 54, 56, 72, 75
energi kinetik, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 60, 61, 72
energi mekanik, 48, 50, 51, 55, 57
energi potensial gravitasi, 48, 49, 56

fluida, 64, 65, 66, 67

gaya, 1, 2, 5, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 44, 45, 51, 53, 54, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 71, 83, 105, 111, 116, 117
gaya aksi-reaksi, 40, 42, 47
gaya lorent, 117
gelombang elektromagnetik, 78, 89, 90, 92, 93
gerak, 1, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 35, 37, 40, 43, 44
gerak vertikal, 27

induksi, 102, 104, 105, 112, 114, 115, 116, 117
inersia, 36, 43

jangka sorong, 4, 12, 13, 14

kalor, 2, 5, 72, 73, 74, 75, 76, 80

kapilaritas., 62
katrol, 38, 45, 46, 82, 84, 85, 87, 88
katrol, 84, 85, 87
kecepatan cahaya, 89, 94
kekekalan energi, 49, 51, 52, 56, 75
kohesi dan, 61, 62, 63
konduksi, 76, 77, 78, 81, 104, 105
konduktor, 77, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 109
konveksi, 76, 78, 79, 81
kuat arus, 4, 107, 108, 109, 115, 116, 117

magnet, 2, 111, 112, 113, 115, 117
medan magnet, 89, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118
micrometer sekrup, 4, 14, 15
muatan listrik, 7, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 110

pemantulan, 94, 95, 99
pengukuran, 1, 5, 12, 13, 14, 15, 16, 17
pesawat sederhana, 82, 83, 84, 87
polarisasi, 89, 92
proton, 100, 101, 102

radiasi, 51, 76, 78, 79, 81
refleksi, 91
refraksi, 91
resultan gaya, 34, 35, 36, 37, 40, 43
roda berporos, 84

satuan, 1, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 14, 18, 22, 23, 27, 48, 55, 56, 67, 68, 69, 76, 78, 79, 107, 108
skala nonius, 13, 14
skalar, 7, 9, 10, 23, 48, 55

ticker timer, 22, 28
tuas, 82, 83, 85, 87

usaha, 5, 40, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 82, 86

vektor, 7, 8, 9, 10, 11, 23, 34, 53, 106, 118

BIOGRAFI PENULIS

Media Roza, M.Si lahir di Tanjung, Sijunjung 22 September 1978. Pendidikan SD dan SMP diselesaikan di Pulau Punjung, dan pendidikan menengah atas di SMAKPA (Sekolah Menengah Analis Kimia) Padang. Kemudian melanjutkan Studi S1 di Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang (UNP), tamat tahun 2002 dengan yudisium *Cumlaude*. Tahun 2003 melanjutkan Studi S2 di Jurusan Kimia Universitas Gadjah Mada Jogjakarta, mengambil minat Kimia Fisika dan tamat tahun 2005. Pada tahun 2007-2008 mengikuti program *Short Course* bagi Dosen PGMI/PGSD di Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) Bandung dengan beasiswa Kemenag RI.

Berprofesi sebagai Dosen mulai tahun 2006 sampai sekarang di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Imam Bonjol Padang. Penelitian di bidang sains dan pendidikan yang pernah dilakukan adalah Analisis Kandungan Nitrogen, Posfor, dan Kalium pada Lapisan Tanah Atas asal Lampung (1998), Penentuan Kandungan Emas pada Batuan dari Koto Baru Sijunjung dengan Metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) (2002), Pengaruh Laju Alir Hidrogen dan Waktu Kontak terhadap Aktivitas Katalis Pt-Pd/ ZA pada Reaksi Hidrodesulfurisasi Tiofen (2005), Pengetahuan dan Sikap Mahasiswa Fakultas Tarbiyah terhadap Produk Berwawasan Lingkungan (*Green Product*) (2011), Analisis Karakteristik Mahasiswa dan Kesiapan Dosen IAD sebagai Dasar Pengembangan Bahan Ajar Mitigasi Bencana Gempa dan Tsunami di IAIN Imam Bonjol Padang (2012), Produktivitas Dosen Jurusan PGMI dalam Melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi (2013), Analisis Kandungan Plastik pada Gorengan di Kota Padang (2015), serta Analisis Kualitas Jajanan Siswa Madrasah Kota Padang dari Aspek Biologi, Kimia, dan Fisika (2016).

Tulisan/artikel dalam bentuk karya tulis ilmiah yang telah diterbitkan diantaranya adalah Pengembangan Implikasi Perkembangan Anak Usia 6-12 Tahun terhadap Pembelajaran Sains Model Tematik (2009), Keterampilan Guru SD/MI dalam Mendesain Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivisme (2012), Keterampilan Bertanya dalam Pembelajaran Sains di SD/MI (2013), Produktivitas Dosen dalam Melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi (2014), Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran Inkuiri Berbasis Metode *Pictorial Riddle* terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas VIII MTsN Parak Lawas Padang (2015), dan Penerapan Strategi *Genius Learning* pada Pembelajaran IPA di SD (2016).

Menikah dengan Nanda Yuli Putra, ST tahun 2008, dan dikaruniai 2 orang anak yaitu Nashira Faranadia (2009) dan M. Aqeel Atharizki (2013).

Rita Desmawati, S.Pd.I., M.Pd., akrab dipanggil Rita. Perempuan kelahiran Padang, 12 Desember 1990 silam ini adalah seorang Magister Pendidikan Fisika. Menempuh pendidikan dasar di SDN 03 Batu Banyak, dan melanjutkan pendidikan menengahnya di MTsN dan MAN Koto Baru Solok. Ia meneruskan pendidikannya di IAIN Imam Bonjol Padang pada tahun 2009 mengambil jurusan fisika dan lulus sebagai sarjana dengan menyandang yudisium *cumlaude* di tahun 2013. Di tahun 2014 ia melanjutkan studinya di Universitas Negeri Padang pada Jurusan Pendidikan Fisika.

Penelitian skripsinya tentang penggunaan Macromedai Flash dalam model kooperatif tipe *Team Accelerated Instruction* (TAI) pada pembelajaran fisika. Tesisnya terfokus pada pengembangan bahan ajar fisika SMA berbasis model *discovery learning* terintegrasi iman dan takwa. Selama menempuh pendidikan penuls selalu berpegang pada moto hidupnya yaitu “sederhana pun kan tetap dihargai”.