

# **FISIKA DASAR I BERBASIS NILAI**

**Imas Ratna Ermawati  
A.Kusdiwelirawan**

FISIKA DASAR I BERBASIS NILAI

Karya:  
Imas Ratna Ermawati  
A. Kusdiwelirawan

Copyrights © Imas Ratna Ermawati, 2016  
Hak cipta dilindungi oleh undang-undang  
All rights reserved

Cetakan I, September 2016

ISBN : 978-602-1078-46-4

Diterbitkan oleh:

UHAMKA PRESS  
Anggota IKAPI, Jakarta  
Jl. Gandaria IV, Kramat Pela, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan  
Telp. (021) 7398898/ext: 112, Website: [www.uhamkاپress.com](http://www.uhamkاپress.com)  
E-mail: [uhamkاپress@yahoo.co.id](mailto:uhamkاپress@yahoo.co.id)

## KATA PENGANTAR

*Assalamua 'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillahirabbilalamin, banyak nikmat Allah berikan, tetapi sedikit sekali yang kita ingat. Segala puji hanya layak untuk Allah Tuhan seru sekalian alam atas segala berkat, rahmat, taufik serta hidayah nya yang tiada terkira besar nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku dengan judul “ FISIKA DASAR I BERBASIS NILAI “.

Integrasi sains dan Agama memiliki nilai penting untuk menghilangkan anggapan antara Agama dan sains adalah dua hal yang tidak dapat disatukan, dan untuk membuktikan bahwa Agama (Islam) bukan Agama yang kolot yang tidak menerima kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, melainkan Agama yang terbuka dan wahyu (al-qur'an) merupakan sumber atau inspirasi dari semua ilmu.

Ilmu sains tergolong dalam kumpulan sains terapan yang dikaitkan dengan teori dan dasar untuk menciptakan suatu hasil atau sesuatu yang dapat memberi manfaat kepada manusia. Jelasnya sains merupakan pemahaman ilmu tentang fenomena fisik yang sesuai dengan perspektif islam yang digunakan di dalam teknologi dengan menggunakan kaidah yang paling efisien dan tepat di dalam mengkaji ilmu pengetahuan.

Dalam penyusunan ,penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak, karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada : keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan, kasih dan kepercayaan yang begitu besar. Dari sanalah semua kesuksesan ini berawal, semoga semua ini bisa memberikan sedikit kebahagiaan dan menuntun pada langkah yang lebih baik lagi.

Meskipun penulis berharap isi dari buku ini bebas dari kekurangan dan kesalahan, namun selalu ada yang kurang. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar buku ini dapat lebih baik lagi.

Akhir kata penulis berharap agar makalah ini bermanfaat bagi semua pembaca.

*Wassallamua 'laikum Warrahmatullahi Wabarakatuh*

Jakarta, April 2016

Penyusun

Imas Ratna Ermawati

A.Kusdiwelirawan

**Reviewer**

Muhib Rasyidi

# DAFTAR ISI

<b>Kata Pengantar .....</b>	<b>iii</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>v</b>
<b>BAB I BESARAN DAN VEKTOR .....</b>	<b>1</b>
A. Pengukuran .....	2
B. Alat-Alat Ukur .....	6
C. Vektor .....	14
Latihan Soal .....	22
<b>BAB II KINEMATIKA .....</b>	<b>25</b>
A. Gerak Lurus .....	27
B. Gerak Pada Bidang Datar .....	31
Latihan Soal .....	36
<b>BAB III DINAMIKA .....</b>	<b>39</b>
A. Hukum Newton .....	39
B. Kegunaan Hukum Newton .....	41
C. Hukum Gravitasi .....	44
Latihan .....	45
<b>BAB IV USAHA DAN ENERGI .....</b>	<b>49</b>
A. Kerja Oleh Gaya Yang Berubah .....	49
B. Daya .....	50
C. Pesawat Sederhana .....	51
Latihan Soal .....	53
<b>BAB V MOMENTUM DAN IMPULS .....</b>	<b>55</b>
A. Impuls .....	55
B. Tumbukan .....	57
Latihan Soal .....	62
<b>BAB VI FLUIDA .....</b>	<b>64</b>
A. Tekanan Dan Massa Jenis .....	64
B. Prinsip Pascal Dan Archimedes .....	65
C. Dinamika Fluida .....	66
D. Tegangan Permukaan .....	69
Latihan Soal .....	69

<b>BAB VII ELASTISITAS .....</b>	<b>71</b>
A. Stress .....	71
B. Strain .....	72
C. Modulus Elastisitas .....	72
D. Modulus Puntir .....	74
Latihan Soal .....	75
<b>BAB VIII TERMOMETRI .....</b>	<b>77</b>
A. Pemuaian .....	77
B. Kalor .....	79
Latihan Soal .....	83
<b>BAB IX PERPINDAHAN PANAS .....</b>	<b>85</b>
A. Konduksi .....	85
B. Konveksi .....	87
C. Radiasi .....	88
Latihan Soal .....	89
<b>BAB X GETARAN .....</b>	<b>91</b>
A. Gerak Harmonis Sederhana .....	92
B. Bunyi .....	101
Latihan Soal .....	105
<b>BAB XI TEORI KINETIK GAS .....</b>	<b>107</b>
Latihan Soal .....	113
<b>BAB XII THERMODINAMIKA .....</b>	<b>114</b>
A. Usaha , Kalor Dan Energi Dalam .....	114
B. Proses Thermodinamika .....	117
Latihan Soal .....	129
<b>BAB XIII DINAMIKA ROTASI .....</b>	<b>131</b>
A. Momen Inersia .....	134
B. Gerak Translasi Dan Gerak Rotasi .....	136
C. Kesetimbangan Benda Tegar .....	138
Latihan Soal .....	145
<b>BAB XIV OPTIK .....</b>	<b>147</b>
A. Cermin .....	148
B. Mata Dan Kaca Mata .....	152
C. Lup dan Mikroskop .....	156
D. TeropongLatihan Soal .....	162

<b>BAB XV LISTRIK DINAMIS .....</b>	<b>166</b>
A. Arus Listrik .....	166
B. Hukum Ohm .....	168
C. Hukum Kirchoff .....	170
Latihan Soal .....	173
<b>BAB XVI GELOMBANG .....</b>	<b>175</b>
Latihan Soal .....	187
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>189</b>
<b>Glosariun .....</b>	<b>190</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>199</b>



## BAB I BESARAN DAN VEKTOR

Sebenarnya, apakah ilmu Fisika itu? Kata “**Fisika**” berasal dari bahasa Yunani yang artinya “**Alam**”. Istilah Fisika telah dikenal sejak zaman **Yunani oleh Aristoteles** (384-322 SM) dalam bukunya yang berjudul “Fisika” yang membahas berbagai gejala alam. Secara sederhana, definisi Fisika adalah Ilmu yang mempelajari tentang gejala-gejala alam dan benda-benda mati.

**Fisika** merupakan Ilmu Pengetahuan berdasarkan **percobaan**. Dalam melakukan percobaan selalu memerlukan **pengukuran-pengukuran** yang teliti agar **gejala alam** yang dipelajari dapat dijelaskan atau diramalkan dengan tepat. Belajar dengan menggunakan **media alam** merupakan salah satu amalan yang diperintahkan Allah SWT agar manusia menjadi lebih bersyukur. Sehingga dengan sendirinya manusia menyadari bahwa sesungguhnya alam ini adalah bukti kekuasaan Allah Tuhan yang berhak disembah dan ternyata **tidak ada ciptaan Allah SWT yang sia-sia**, semua diciptakan dengan ukuran dan tujuan yang benar. Hal ini ditegaskan Allah SWT dalam **Al-Qur’an Surah Ali Imran (3) ayat 190-191**, yang artinya:

*“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia. Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.”*

Pembentukan utama fisika adalah besaran-besaran fisis yang dipakai untuk menyatakan hukum-hukum fisika, misalnya panjang, massa, waktu, gaya, kecepatan, rapat massa resistivitas, temperatur, intensitas cahaya, dan banyak lagi yang lain.

## A. Pengukuran

Secara umum ada tiga hal yang sangat diperlukan oleh Fisika sebagai Ilmu yang berkembang melalui percobaan. Ketiga hal tersebut adalah sebagai berikut:

1. **Mengukur**; kegiatan membandingkan suatu sunnatullah yang diukur (besaran) dengan sesuatu yang sejenis yang ditetapkan sebagai satuan.
2. **Besaran**; suatu sunnatullah yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka.
3. **Satuan**; suatu sunnatullah yang dapat digunakan sebagai pembanding dalam melakukan kegiatan pengukuran.

### Sistem Satuan

Pengukuran terhadap sifat – sifat fisis dilakukan dengan membandingkan besaran standar yang dinyatakan dengan bilangan dan satuannya. Besaran standar hanya diberikan pada besaran pokok saja.

**Besaran pokok** adalah besaran yang satuannya telah ditetapkan terlebih dahulu dan tidak bergantung pada satuan-satuan besaran lain serta digunakan untuk mendefinisikan besaran lain. Contoh : Panjang, Massa, waktu, kuat arus listrik, suhu, jumlah zat, intensitas cahaya. Tiap besaran pokok tersebut memiliki dimensi tersendiri.

**Besaran pokok** tersebut merupakan ciptaan Allah SWT yang telah ditetapkan ukuran-ukuran tertentu dengan rapi sesuai eksistensinya. Jadi besaran-besaran yang dikembangkan oleh manusia secara tidak langsung merupakan ayat-ayat Allah yaitu Alam semesta ini beserta isinya. Allah SWT telah menciptakan keteraturan-keteraturan pada alam semesta ini, dan dari **sunnatullah** inilah besaran-besaran fisika itu ditumbuhkembangkan hingga melahirkan Iptek yang sangat populer saat ini dan menjamur penggunaannya di segala bidang.

Keterangan tentang hal ini juga dapat dipetik dari beberapa ayat-ayat Allah SWT dalam Al-Qur'an, seperti berikut ini:

*QS. Al-Furqon (25) : 2 yang artinya :”..., dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya”<sup>1054</sup>.*

*QS. Ar-Raad : 8 yang artinya : "... Dan segala sesuatu pada sisi-Nya ada ukurannya." QS. Ar-Rahman (55) : 33; QS. Ash Talaq : 3 ;QS. Fathir : 43 ;QS. Asy-Suraa : 17 ;QS. Al-Qamar : 49 .*

### **Besaran pokok SI dan satuannya**

<b>Besaran</b>	<b>Satuan</b>	<b>Simbol</b>	<b>Lambang / Dimensi</b>
Panjang	Meter	m	L
Massa	Kilogram	Kg	M
Waktu	Detik	S	T
Suhu	Kelvin	K	$\phi$
Jumlah Zat	Molekul	Mol	n
Kuat arus Listrik	Amper	A	I
Intensitas Cahaya	Kandela	Cd	J

### **Besaran Tambahan SI dan Satuannya**

<b>Besaran</b>	<b>Satuan</b>	<b>Simbol</b>
Sudut Datar	Radian	rad
Sudut Ruang	Steradian	Ste

**Besaran Turunan** adalah besaran yang satuannya diturunkan dari beberapa satuan besaran pokok. Contoh: Luas, Kecepatan, Percepatan, Gaya, Usaha, Tekanan, daya., dan lain-lain. Tiap besaran turunan memiliki pula dimensi tersendiri yang dapat diturunkan dari dimensi besaran-besaran pokok. Coba buat daftar dimensi dalam tabel lengkap simbol dan satuan besaran-besaran pokok serta beberapa besaran turunan lengkap satuan dan dimensinya yang diturunkan dari besara - besaran pokok.

Satuan	Nama	Simbol	Nama Lain
Frekuensi	Herzt	Hz	
Gaya	Newton	N	
Tekanan	Pascal	P	N/m <sup>2</sup>
Kerja/usaha	Joule	J	N/m
Daya	Watt	W	J/s
Muatan Listrik	Coulumb	C	
Potensial Listrik	Volt	V	W/A
Kapasitas	Farad	F	C/A
Fluks Magnet	Weber	Wb	V.s
Medan Magnet	Tesla	T	Wb/m <sup>2</sup>
Induktansi	Henry	H	Wb/A

### Dimensi Besaran

Dalam mekanika, semua besaran dapat dinyatakan dengan besaran pokok, yakni

Panjang massa dan waktu. panjang dimensinya (L), massa (M), waktu (T)

Contoh :

Dimensi dari Gaya Newton

$$F = m \cdot a$$

$$F = \text{massa} \cdot \text{percepatan} = M \cdot L \cdot T^{-2}$$

### Perhitungan Satuan

Untuk mempermudah dalam hal perhitungan, satuan dapat dinyatakan sebagai  $10^n$ , dengan n bilangan bulat.

Atto	fomto	Piko	nano	mikro	Milli	centi	desi
$a(10^{-18})$	$f(10^{-15})$	$p(10^{-12})$	$n(10^{-9})$	$\mu(10^{-6})$	$m(10^{-3})$	$c(10^{-2})$	$d(10^{-1})$

kilo	mega	giga	tera	peta
$k(10^3)$	$M(10^6)$	$G(10^9)$	$T(10^{12})$	$P(10^{15})$

Untuk meningkatkan keimanan kita dari pembahasan ini, maka konsep dimensi dan ruang dapat ditelaah lewat firman Allah SWT yang artinya seperti berikut ini.

*“Kami akan memperlihatkan kepada mereka tanda-tanda (kekuasaan) Kami disegenap ufuk dan pada diri mereka sendiri, sehingga jelaslah bagi mereka bahwa Al-Qur’an itu adalah benar. Dan apakah Tuhanmu tidak cukup (bagi kamu) bahwa sesungguhnya Dia menyaksikan segala sesuatu”. (QS. Fushshilat (41) :53)*

Dalam kata-kata **tanda - tanda (kekuasaan) Allah** “ tersirat sifat dan prilaku seluruh ciptaan-Nya dengan berbagai proses alami dan gejala-gejala alam. Kata **disegenap ufuk** mengandung arti selain berlaku sebagai dimensi ruang (volume) juga termasuk dalam makna beberapa dimensi besaran-besaran lain. Secara umum dimensi diartikan sebagai ukuran ruang, ada ukuran panjang ( dimensi panjang), ada ukuran luas (dimensi luas). **Diskusikan bagaimana ukuran (Volume) air hujan di bumi?**

Alam beserta isinya sebagai sunnatullah telah ditetapkan “ukurannya “ yang mengandung dua makna ilmiah yaitu sebagai bilangan dengan sifat dan ketelitian yang terkandung di dalamnya dan yang kedua sebagai hukum dan aturan yang berlaku sempurna. Makna ukuran baik yang berperan sebagai bilangan maupun hukum atau aturan, keduanya tersusun sangat rapi dan sistematis serta berhubungan sempurna satu sama lain dengan penuh keteraturan.

Bukti ilmiah bahwa alam ini diciptakan dengan ukuran yang tepat dapat diperoleh informasinya yang otentik dari firman Allah SWT berikut ini:

1. *QS.Al-Qamar (54):49 yang artinya: " Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran".*
2. *QS. Al-Furqaan (25) : 2 yang artinya:*

Kedua ayat di atas memberi isyarat bahwa kata “ **ukuran** ” mengandung dua makna yang penuh hikmah, yaitu :

1. Menyatakan sebagai bilangan dengan sifat dan ketelitian di dalamnya
2. Menyatakan sebagai hukum dan aturan Allah Yang Maha Sempurna

Ukuran tersebut, baik berperan sebagai bilangan maupun sebagai aturan/hukum, keduanya tersusun dalam suatu sistematika yang sangat rapi dengan keterkaitannya satu sama lain. Telah teruji secara ilmiah bahwa hukum-hukum Fisika akan selalu berlaku kapan dan dimanapun. Artinya, tidak hanya berlaku pada benda mati atau yang disebut materi/zat, namun juga berlaku pada keseluruhan perilaku makhluk hidup termasuk manusia sebagai makhluk ciptaan Allah yang termulia.

## B. Alat-alat ukur

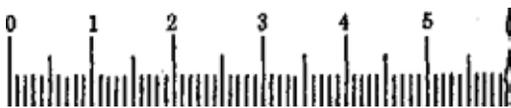
Di bawah ini, kita akan membahas kembali beberapa alat ukur yang pernah kenali sepintas waktu di Sekolah Menengah; yaitu alat ukur panjang, alat ukur massa dan berat, alat ukur waktu, dan alat ukur listrik.

### 1. Alat ukur panjang

Ada tiga macam alat ukur panjang yang sering digunakan dalam kegiatan pengukuran, yaitu mistar, jangka sorong, dan mikrometer sekrup.

#### a) Mistar ukur

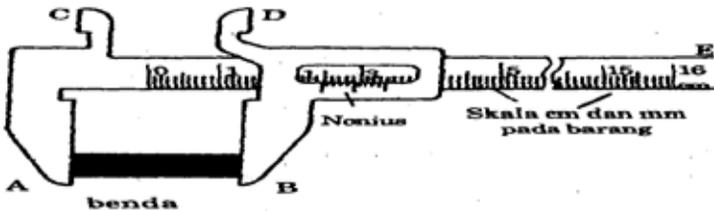
Pada umumnya mistar ukur dibuat dengan skala terkecil 1 mm. Kepekaan (sensitivitas) pengukurannya adalah setengah dari skala terkecilnya yaitu 0,5 mm atau 0,05 cm. Ada juga mistar ukur yang dibuat dengan skala terkecil 1 cm, berarti kepekaannya 0,5 cm.



Gambar 1.1 Mistar ukur

## b) Jangka sorong

Jangka sorong dapat mengukur lebih peka dari pada mistar ukur. Umumnya jangka sorong mempunyai kepekaan sampai 0,1 mm atau 0,01 cm. Pada alat ukur ini (gambar 1.3) terdapat rahang tetap (A dan C) dan rahang sorong (B dan D). Skala pada rahang tetap disebut *skala utama* dan skala pada rahang sorong disebut *skala nonius* atau *vernier*. Skala utama memiliki garis-garis skala cm dan mm, sedangkan pada skala nonius terdapat 10 garis skala. Panjang skala nonius itu 9 mm, sehingga 1 skala nonius panjangnya  $9 \text{ mm} : 10 = 0,9 \text{ mm}$ . Jadi, selisih skala nonius dengan skala mm pada skala utama adalah  $1 \text{ mm} - 0,9 \text{ mm} = 0,1 \text{ mm}$ . Nilai 0,1 mm inilah yang menyatakan batas kepekaan jangka sorong.



Gambar 1.2 Jangka Sorong

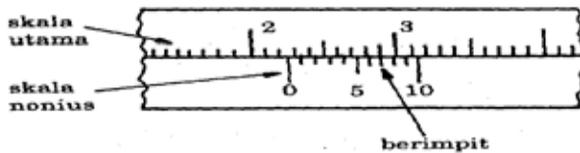
A-B digunakan untuk mengukur bagian luar benda, misalnya: tebal, diameter batang, diameter bola kecil, dan sebagainya (Lihat gambar 1.3a). Paruh C-D untuk mengukur bagian dalam benda, misalnya: lebar celah, diameter lubang, dan sebagainya (gambar 1.3b). Ekor E-F yang bisa digeser mengikuti pergeseran rahang sorong digunakan untuk mengukur kedalaman lubang atau celah (gambar 1.3c)



**Gambar 1.4**

*Beberapa contoh pengukuran dengan jangka sorong*

Berikut ini akan ditunjukkan contoh pembacaan jangka sorong dengan melihat skala utama dan skala noniusnya. Perhatikan Gambar 1.5



**Gambar 1.5**

*Pembacaan skala ukuran pada jangka sorong*

- Skala utama menyatakan bahwa panjang benda yang diukur adalah 22 mm *lebih*. Nilai ini ditunjuk oleh garis 0 pada skala nonius.
- Untuk mengetahui nilai lebihnya, perhatikan dengan cermat garis-garis skala nonius! Garis 7 pada skala nonius tepat berimpit dengan sebuah garis pada skala utama. Ini berarti bahwa skala nonius menunjukkan nilai  $7 \times 0,1 \text{ mm} = 0,7 \text{ mm}$ .
- Dengan demikian, panjang benda yang diukur oleh jangka sorong tersebut adalah  $22 + 0,7 = 22,7 \text{ mm}$ .

### c) Mikrometer sekrup

Alat ukur ini lebih peka lagi daripada j angka sorong. Kepekaannya dapat mencapai 0,01 mm atau 0,001 cm. Mikrometer sekrup ini pun mempunyai dua skala, yaitu skala utama dan skala yang tertera pada teromol (gambar 1.6). Pada waktu mengukur benda, teromol diputar sehingga jarak antara landasan dan poros dapat menampung benda yang diukur.

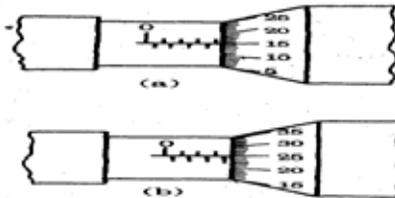


**Gambar 1.6**

*Mikrometer sekrup*

Skala pada teromol terbagi dalam 50 bagian, sehingga bila diputar satu kali, sumbu mikrometer hanya maju  $\frac{1}{2}$  mm tepat pada garis skala utama bawah. Dua kali diputar, maju lagi  $\frac{2}{2}$  mm tepat pada garis skala utama atas lagi, dan seterusnya. Jadi, jarak antara garis skala atas sampai garis skala bawah 0,5 mm.

Perhatikan hubungan antara kedua skala ter-sebut dalam contoh pembacaan skala mikrometer di bawah ini!



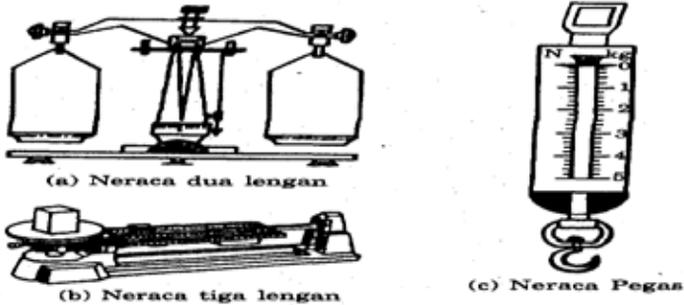
**Gambar 1.7**

*Pembacaan skala mikrometer sekrup*

- Pada gambar 1.7 (a), teromol berada di kanan garis atas, berarti lebih besar daripada 4 mm, sedangkan angka yang berimpit dengan garis tengah ialah 15. Jadi, jarak atau panjangbenda yang diukur adalah  $4 + 0,15 = 4,15$  mm.
- Pada gambar 1.7(b) teromol berada di kanan garis bawah, berarti lebih besar daripada 3,5 mm, sedangkan angka yang berimpit dengan garis tengah ialah angka 25. Jadi, panjangbenda yang diukur adalah  $3,5 + 0,25 = 3,75$  mm.

## 2. Alat ukur massa dan alat ukur gaya

Untuk mengukur massa atau be benda, digunakan neraca tuas atau neraca lengan. Ada beberapa jenis neraca tuas, namun umumnya ialah neraca dua lengan (neraca berlengan sama), neraca tiga lengan, dan neraca pegas seperti ditunjukkan gambar 1.9



Gambar 1.9

*Neraca dan neraca pegas*

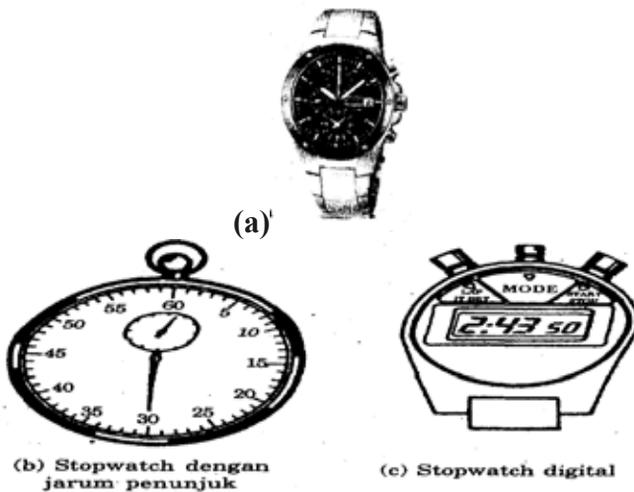
Untuk mengukur massa benda dengan neraca tiga lengan, pertama kita geser semua beban-beban geser ke sisi paling kiri. Ini berarti bahwa neraca menunjuk skala nol. Kemudian benda yang hendak diukur massanya diletakkan di atas piring neraca. Neraca dibuat seimbang dengan menggeser-geserkan beban-beban ke kedudukan yang paling tepat. Massa benda sama dengan jumlah massa yang ditunjukkan oleh masing-masing beban geser. Misalnya, jika neraca seimbang pada saat beban-beban geser ada pada 100 g, 20 g, 5 g, dan 0,6 g, maka massa benda adalah 125,60 g.

Gambar 1.9c memperlihatkan *neracapegas*, sering disebut juga *dinamometer*. Alat ini dapat berfungsi ganda, yaitu sebagai alat ukur massa (dengan skala kilogramnya) dan sebagai alat ukur gaya atau berat benda (dengan skala N-nya).

## 3. Alat ukur waktu

Dalam percobaan-percobaan fisika, waktu dapat diukur dengan *tangan* yang berpetunjuk detik atau dengan *stopwatch*. Stopwatch yang menggunakan jarum penunjuk (gambar 1.10b) mempunyai kepekaan 0,2 - 0,1 sekon, sedangkan

stopwatch digital (gambar 1.10c) dapat mencapai kepekaan 0,01 sekon.



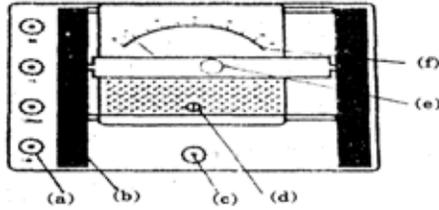
**Gambar 1. 10**  
*Alat ukur waktu*

#### 4. Alat ukur listrik

Alat ukur yang biasa digunakan dalam peng-ukuran besaran-besaran listrik adalah: amperemeter, voltmeter, meter dasar, multitester, dan osiloskop

a) Amperemeter, voltmeter, dan meter dasar

*Amperemeter* digunakan untuk mengukur *kuat arus listrik*, sedangkan *voltmeter* digunakan untuk mengukur *beda potensial* atau *tegangan listrik*. Pada masa sekarang, kedua alat tersebut sudah dirangkum dalam satu alat yang disebut *meter dasar (basic meter)*. Jadi, meter dasar dapat berfungsi sebagai amperemeter atau voltmeter.



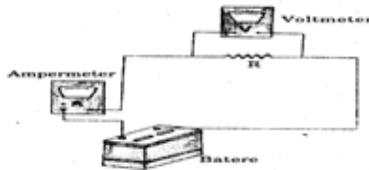
**Gambar 1.11**

*Meter dasar (basicmeter) dapat berfungsi sebagai amperemeter (pengukur arus listrik) dan voltmeter (pengukur tegangan listrik)*

Gambar 1.11 memperlihatkan sebuah meter dasar, dengan bagian-bagian sebagai berikut:

- (a) *Binding post* untuk memilih batas ukur maksimum;
- (b) Sakelar pemilih fungsi (voltmeter atau amperemeter);
- (c) *Ground* (nol);
- (d) Penyetel nol;
- (e) Petunjuk fungsi alat (A atau V);
- (f) Skala pengukuran.

Waktu digunakan mengukur, amperemeter dirangkai seri sedangkan voltmeter dirangkai paralel dengan rangkaian listrik yang diukur arus dan tegangannya. perhatikan gambar 1.12



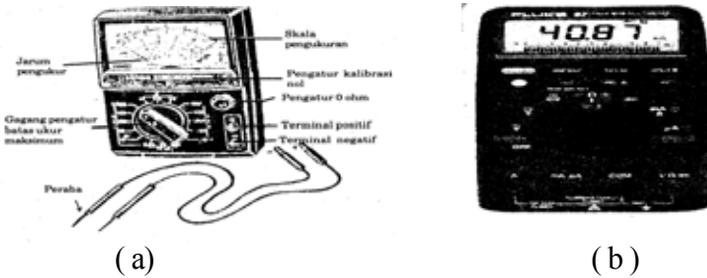
*Gambar 1.12*

*Merangkai amperemeter dan voltmeter dalam rangkaian listrik; untuk mengukur kuat arus, tegangan, dan hambatan dalam rangkaian itu*

b) Multitester

*Multitester* yang sering disebut juga *multimeter* atau *Avo-meter*, adalah alat ukur yang berfungsi sekaligus sebagai amperemeter, voltmeter, dan ohm-meter (pengukur ham-

batan listrik). Di samping itu, multimeter dapat digunakan dalam pengukuran arus listrik *searah* maupun arus listrik *bolak-balik*. Gambar 1.13 memperlihatkan multimeter analog, yang menggunakan jarum penunjuk untuk pe-nunjukan ukuran; sedangkan gambar 1.13 adalah multimeter digital yang dapat menyatakan langsung angka (nilai) besaran yang diukur.



Gambar 1.13  
(a) Multimeter Analog, (b) Multimeter digital

c) Osiloskop

Osiloskop (gambar 1.14) umumnya untuk pengukuran arus bolak-balik. Pada alat ini terdapat layar (seperti layar pesawat TV) berukuran kecil, yang dapat menampitkan gambar arus atau tegangan bolak-balik. Dari tampilan grafik sinusoida pada layar osiloskop ini, dapat diketahui juga besar frekuensi arus bolak balik diukur itu.



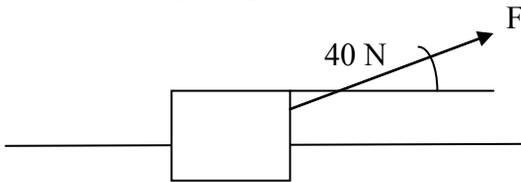
**Gambar**  
**1.14 Osiloskop**

### C. Vektor

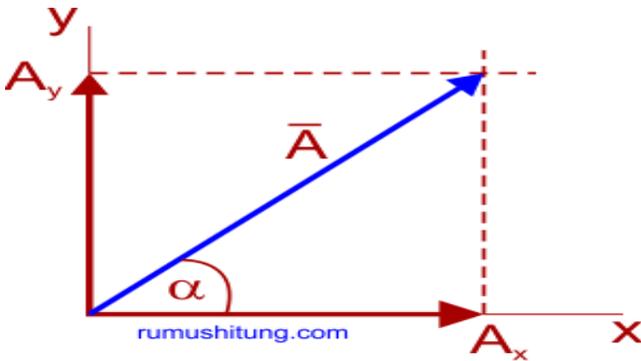
Besaran **vektor** adalah besaran dalam fisika yang disamping mempunyai nilai, juga mempunyai arah .contoh kecepatan kapal layar bergerak kearah barat dengan Kecepatan 20 mil /jam. besaran **skalar** adalah besaran yang hanya mempunyai nilai saja

Contohnya waktu,panjang , kerapatan ,usaha dan intensitas cahaya .

Untuk menggambarkan vektor digunakan garis berarah yang bertitik pangkal. Panjang garis sebagai nilai vektor dan anak panah menunjukkan arahnya. Simbol vektor menggunakan huruf kapital yang dicetak tebal (bold) atau miring dengan tanda panah di atasnya seperti gambar berikut:

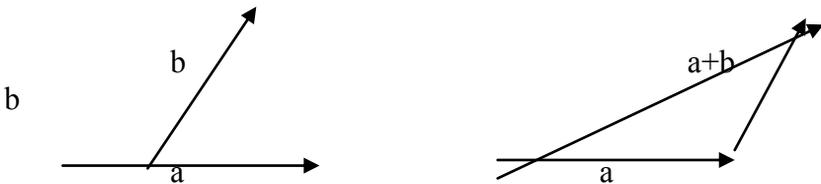


Vektor pada bidang datar mempunyai 2 komponen yaitu pada sumbu x dan sumbu y. Khusus untuk vektor yang segaris dengan sumbu x atau y berarti hanya mempunyai 1 komponen. Komponen vektor adalah vektor yang bekerja menyusun suatu vektor hasil (resultan vektor). Oleh karenanya vektor bisa dipindahkan titik pangkalnya asalkan tidak berubah besar dan arahnya. Secara matematis vektor dapat dituliskan  $A = A_x + A_y$  dimana A adalah resultan dari komponen-komponenya berupa  $A_x$  dan  $A_y$ .



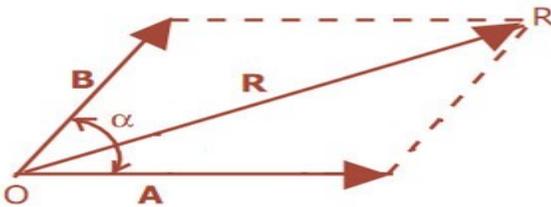
### Penjumlahan vektor

Pada penjumlahan beberapa vector secara grafis ,yang harus diingat bahwa vector dapat digeser kemanapun asal besar dan arahnya tidak boleh berubah missal pada penjumlahan vector a dan b . Inti dari operasi penjumlahan vektor ialah mencari sebuah vektor yang komponen-komponennya adalah jumlah dari kedua komponen-komponen vektor pembentuknya atau secara sederhana berarti mencari resultan dari 2 vektor. Untuk vektor segaris, resultannya.

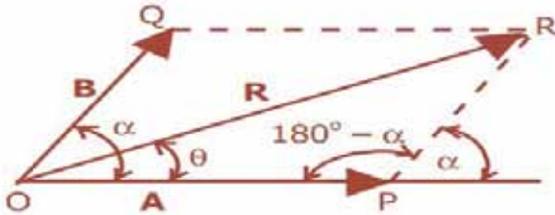


$$R = A + B + C + \dots$$

untuk penjumlahan vektor yang tidak segaris misalnya seperti gambar di bawah ini



rumus penjumlahan vektor bisa didapat dari persamaan berikut



Menurut aturan cosinus dalam segitiga,

$$(OR)^2 = (OP)^2 + (PR)^2 - 2(OP)(PR) \cos (180^\circ - \alpha)$$

$$(OR)^2 = (OP)^2 + (PR)^2 - 2(OP)(PR) \cdot (-\cos \alpha)$$

$$(OR)^2 = (OP)^2 + (PR)^2 + 2(OP)(PR) \cos \alpha$$

Jika  $OP = A$ ,  $PR = B$ , dan Resultan 'R' = OR

maka didapat persamaan

$$R^2 = A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha$$

Rumus menghitung resultan vektornya

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha}$$

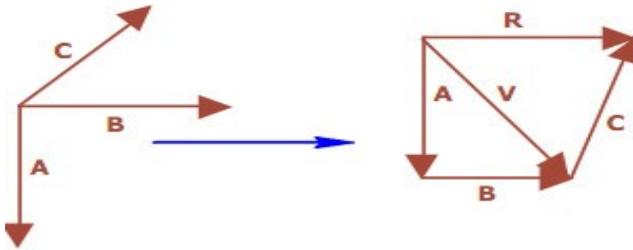
Dalam penjumlahan vektor menggunakan 2 cara :

### 1. Penjumlahan Vektor dengan cara Jajar Genjang (Paralelogram)

yaitu seperti yang dijelaskan di atas. Metode yang digunakan adalah dengan mencari diagonal jajar genjang yang terbentuk dari 2 vektor dan tidak ada pemindahan titik tangkap vektor.

### 2. Penjumlahan Vektor dengan Cara Segitiga

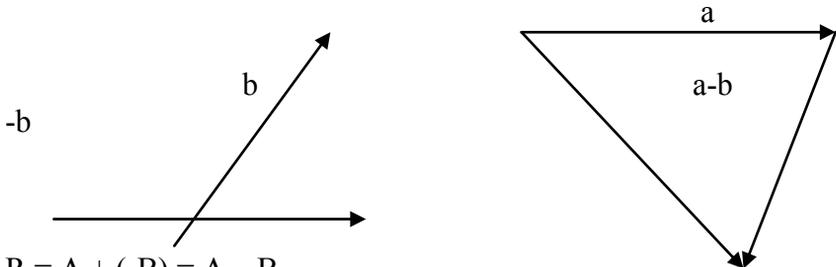
Pada metode ini dilakukan pemindahan titik tangkap vektor 1 ke ujung vektor yang lain kemudian menghubungkan titik tangkap atau titik pangkal vektor pertama dengan titik ujung vektor ke dua. Lihat ilustrasi gambar di bawah ini.



Untuk vektor yang lebih dari 2, sama saja. Lakukan satu demi satu hingga ketemu resultan akhirnya. Dari gambar di atas,  $V = A + B$  dan  $R = V + C$  atau  $R = A + B + C$

### Pengurangan Vektor

Pengurangan Vektor pada prinsipnya sama dengan penjumlahan, cuma yang membedakan adalah ada salah satu vektor yang mempunyai arah yang berlawanan. Misalnya vektor A bergerak ke arah timur dan B bergerak ke arah barat maka resultannya



$$R = A + (-B) = A - B$$

berikut rumus cepat panduan mengerjakan soal vektor fisika

Jika  $\alpha = 0^\circ$  maka  $R = V_1 + V_2$

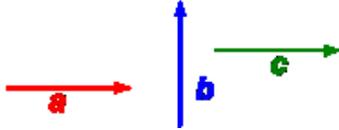
Jika  $\alpha = 90^\circ$  maka  $R = \sqrt{(V_1^2 + V_2^2)}$

Jika  $\alpha = 180^\circ$  maka  $R = |V_1 + V_2| \rightarrow$  nilai mutlak

Jika  $\alpha = 120^\circ$  dan  $V_1 = V_2 = V$  maka  $R = V$

### Contoh Soal

1. Diberikan 3 buah vektor  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$ ,  $\mathbf{c}$  seperti gambar di bawah.



Dengan metode poligon tunjukkan :

(i)  $\mathbf{d} = \mathbf{a} + \mathbf{b} + \mathbf{c}$

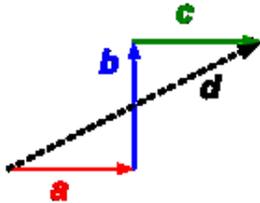
(ii)  $\mathbf{d} = \mathbf{a} + \mathbf{b} - \mathbf{c}$

(iii)  $\mathbf{d} = \mathbf{a} - \mathbf{b} + \mathbf{c}$

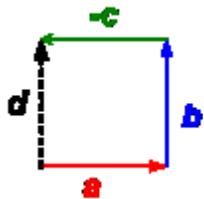
### Pembahasan

Dengan metode poligon :

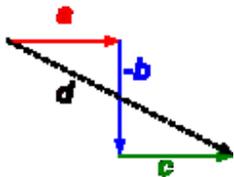
(i)  $\mathbf{d} = \mathbf{a} + \mathbf{b} + \mathbf{c}$



(ii)  $\mathbf{d} = \mathbf{a} + \mathbf{b} - \mathbf{c}$



(iii)  $\mathbf{d} = \mathbf{a} - \mathbf{b} + \mathbf{c}$



2. Dua buah vektor sebidang berturut-turut besarnya 8 satuan dan 6 satuan, bertitik tangkap sama dan mengapit sudut  $30^\circ$   
 Tentukan besar dan arah resultan vektor tersebut tersebut!

Jawaban :

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\alpha}$$

$$R = 8^2 + 6^2 + 2 \cdot 6 \cdot 8 \cdot \cos 30$$

$$R = 64 + 36 + 96 \cdot 0,5 \sqrt{3}$$

$$R = 100 + 48\sqrt{3}$$

## PerKalian Vektor

### 1. Perkalian Vektor dari dua vector

Perkalian vector dari dua vector disebut juga perkalian silang atau cross product dan hasilnya adalah vector yang besarnya  $[ a ] [ b ] \sin \Theta$ , sedangkan arahnya sesuai dengan arah maju sekrup kanan bila diputar dari a menuju b melalui sudut terkecil

$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = [ a ] [ b ] \sin \Theta$$

### 2. Perkalian scalar dari dua vector

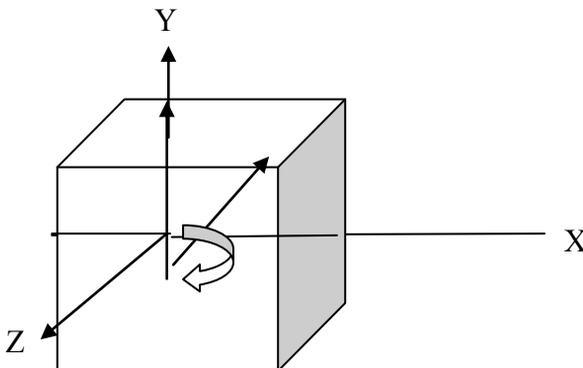
Perkalian scalar dari dua vector ini disebut juga perkalian titik atau dot product

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = [ a ] \cdot [ b ] \cos \Theta$$

### Besar dan arah vector

$$\text{Besarnya vector } [ a ] = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

$$\text{Arah vector membentuk sudut } \Theta \rightarrow \text{tg } \Theta = \frac{a_y}{a_x}$$



Pada koordinat x,y,z, vector a dapat diuraikan menurut arah komponen – komponen  $a_x$ ,  $a_y$ , dan  $a_z$ , dimana :

$$\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y + \vec{a}_z$$

$$|\vec{a}| = \sqrt{|\vec{a}_x|^2 + |\vec{a}_y|^2 + |\vec{a}_z|^2}$$

Arah vektor  $\vec{a}$  membentuk sudut  $\alpha, \beta$  dan  $\gamma$  berturut – turut dengan sumbu x , y dan z dengan

$$\cos \alpha = \frac{\vec{a}_x}{|\vec{a}|} \quad ; \quad \cos \beta = \frac{\vec{a}_y}{|\vec{a}|} \quad ; \quad \cos \gamma = \frac{\vec{a}_z}{|\vec{a}|}$$

Hubungan  $\alpha, \beta$  dan  $\gamma$  memenuhi :

$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$  , dengan  $\vec{a}_x, \vec{a}_y$  dan  $\vec{a}_z$  adalah komponen vektor  $\vec{a}$  pada sumbu x, y dan z.

Contoh soal :

1. perkalian titik (*dot product* ) antara vektor gaya  $\mathbf{F}$  dan vektor perpindahan  $\mathbf{r}$  dengan kedua vektor dalam bentuk i dan j atau *vektor satuan*. Besaran yang dihasilkan nantinya adalah skalar (usaha termasuk besaran skalar, hanya memiliki besar, tanpa arah). Usaha dilambangkan dengan W dari kata *work*.

Jawab

$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{r}$$

$$26 = (2\mathbf{i} + 3\mathbf{j}) \cdot (4\mathbf{i} + a\mathbf{j})$$

Cara perkalian titik dua vektor dalam bentuk i,j adalah yang i kalikan i, yang j kalikan j, hingga seperti berikut

$$26 = 8 + 3a$$

$$3a = 26 - 8$$

$$a = 18/3 = 6$$

i dan j nya jadi hilang karena i kali i atau j kali j hasilnya adalah satu.

2. Dua buah vektor masing-masing:

$$\mathbf{A} = 4\mathbf{i} + 3\mathbf{j} - 2\mathbf{k}$$

$$\mathbf{B} = 7\mathbf{i} + 2\mathbf{j} + 5\mathbf{k}$$

Tentukan hasil dari  $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$

## Pembahasan

Perkalian silang,  $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$

### Cara pertama:

Misal :

$$\mathbf{A} = (A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}) \text{ dan } \mathbf{B} = (B_x \mathbf{i} + B_y \mathbf{j} + B_z \mathbf{k})$$

maka :

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \mathbf{i} + (A_z B_x - A_x B_z) \mathbf{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \mathbf{k}$$

Perkalian Silang Dua Vektor (*cross product*) dalam  $\mathbf{i}$ ,  $\mathbf{j}$ ,  $\mathbf{k}$

Dik :

$$\mathbf{A} = 4\mathbf{i} + 3\mathbf{j} - 2\mathbf{k}$$

$$\mathbf{B} = 7\mathbf{i} + 2\mathbf{j} + 5\mathbf{k}$$

$$A_x = 4 \qquad B_x = 7$$

$$A_y = 3 \qquad B_y = 2$$

$$A_z = -2 \qquad B_z = 5$$

maka

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \mathbf{i} + (A_z B_x - A_x B_z) \mathbf{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \mathbf{k}$$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = [(3)(5) - (-2)(2)] \mathbf{i} + [(-2)(7) - (4)(5)] \mathbf{j} + [(4)(2) - (3)(7)] \mathbf{k}$$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = (15 + 4)\mathbf{i} + (-14 - 20)\mathbf{j} + (8 - 21)\mathbf{k}$$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = 19 \mathbf{i} - 34 \mathbf{j} - 13 \mathbf{k}$$

### Cara Kedua:

$$\mathbf{A} = 4\mathbf{i} + 3\mathbf{j} - 2\mathbf{k}$$

$$\mathbf{B} = 7\mathbf{i} + 2\mathbf{j} + 5\mathbf{k}$$

Susun dua vektor di atas hingga seperti bentuk berikut:

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 4 & 3 & -2 \\ 7 & 2 & 5 \end{vmatrix}$$

Untuk mempermudah perkalian, tambahkan dua kolom di sebelah kanan susunan yang telah dibuat tadi hingga seperti berikut:

$$\begin{array}{ccc|cc} i & j & k & i & j \\ 4 & 3 & -2 & 4 & 3 \\ 7 & 2 & 5 & 7 & 2 \end{array}$$

Kalikan menyilang ke bawah terlebih dahulu dengan memperhatikan tanda plus minus yang telah dibuat, lanjutkan dengan menyilang ke atas,

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = (3)(5) \mathbf{i} + (-2)(7) \mathbf{j} + (4)(2) \mathbf{k} - (7)(3) \mathbf{k} - (2)(-2) \mathbf{i} - (5)(4) \mathbf{j}$$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = 15 \mathbf{i} - 14 \mathbf{j} + 8 \mathbf{k} - 21 \mathbf{k} + 4 \mathbf{i} - 20 \mathbf{j}$$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = (15 + 4) \mathbf{i} + (-14 - 20) \mathbf{j} + (8 - 21) \mathbf{k}$$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = 19 \mathbf{i} - 34 \mathbf{j} - 13 \mathbf{k}$$

### Latihan Soal

1. Diketahui vector :

$$P = 6\mathbf{i} - 18\mathbf{j} + 12\mathbf{k}$$

$$Q = -4\mathbf{i} + 4\mathbf{j} - 10\mathbf{k}$$

Tentukan

- $P + q$
  - $P - q$
  - Besar dan arah dari a dan b
- Bila  $A = -12\mathbf{i} + 25\mathbf{j} + 13\mathbf{k}$  dan  $B = -3\mathbf{j} + 7\mathbf{k}$ , berapakah resultannya bila A dikurangi dari B
  - Gaya 100 N membentuk sudut  $\Theta$  dengan sumbu x, dan komponen y nya adalah 30 N .Tentukan komponen x gaya itu, tentukan pula  $\Theta$ .
  - Tentukan dimensi dari
    - Daya
    - Kecepatan
    - Energi kinetik
    - Tekanan pada gas ideal
    - Usaha
  - Tiga gaya masing-masing  $P_1 = 600 \text{ N}$ ,  $P_2 = 400 \text{ N}$ , dan  $P_3 = 750 \text{ N}$  bekerja pada satu titik tangkap dengan arah kekanan. Tentukan resultannya secara analitis dan grafis.

6. Jika saudara meyakini bahwa malaikat itu diciptakan dari cahaya, maka hitunglah kecepatan gerak malaikat dengan membandingkannya sesuai tetapan cahaya  $3.108 \text{ m/s}$  sesuai dengan surat Al-Ma'arij ayat ke 4.
7. Sebuah mobil bergerak  $50 \text{ km}$  ke timur, kemudian  $30 \text{ km}$  ke utara dan akhirnya  $25 \text{ km}$  dalam arah  $30^\circ$  ke timur dari utara. Gambarkanlah diagram vektornya dan tentukan pergeseran total mobil tersebut diukur dari titik awalnya.
8. Sebuah vektor  $a$  dalam bidang  $x$ - $y$  berarah  $250^\circ$  berlawanan dengan jarum jam dari sumbu  $x$  positif dan besarnya  $7,4$  satuan. Vektor  $b$  berarah sejajar dengan sumbu  $z$  dan besarnya  $5,9$  satuan. Hitunglah
  - a. Perkalian skalar  $a \cdot b$
  - b. Perkalian vektor  $a \times b$
9. Sebutkan 3 macam besaran skalar dengan satuan dan dimensinya
10. Sebutkan 3 macam besaran vektor dengan satuan dan dimensinya.
11. Dua buah vektor kecepatan  $P$  dan  $Q$  masing-masing besarnya  $40 \text{ m/s}$  dan  $20 \text{ m/s}$  membentuk sudut  $60^\circ$ , tentukan selisih kedua vector tersebut



12. Sebuah gaya  $\mathbf{F} = (2\mathbf{i} + 3\mathbf{j}) \text{ N}$  melakukan usaha dengan titik tangkapnya berpindah menurut  $\mathbf{r} = (4\mathbf{i} + \mathbf{a}\mathbf{j}) \text{ m}$  dan vektor  $\mathbf{i}$  dan  $\mathbf{j}$  berturut-turut adalah vektor satuan yang searah dengan sumbu  $x$  dan sumbu  $y$  pada koordinat kartesian. Bila usaha itu bernilai  $26 \text{ J}$ , tentukan nilai  $a$
13. Gunakan mistar ingsut untuk mengukur bagian luar dalam dan tingkat suatu benda kerja, tiap pengukuran lakukan 3 kali.

14. Gunakan mikrometer luar , mikrometer dalam, dan kedalaman untuk mengukur dimensi benda kerja meliputi panjang , diameter luar , diameter lubang , tiap-tiap pengukuran lakukan 3 kali.
15. Hasil pengukuran benda kerja dengan jangka sorong menunjukkan panjang benda 5,85 cm , berapa inchi panjang benda tersebut.

## BAB II KINEMATIKA

*"Dan apakah orang-orang yang ingkar tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi (alam semesta) itu sebelumnya kedua adalah satu yang padat, kemudian kami cerai-beraikan antara keduanya ."(al Anbiya,30)*

Selama gerakanya sebuah benda dapat berotasi, misalnya baseball dapat berputar (spinning) dalam gerakannya menempuh suatu lintasan tertentu. Juga ada kemungkinan suatu benda bergetar (bervibrasi) selama gerakanya, seperti tetes air yang sedang jatuh. Kerumitan ini dapat dihindarkan bila yang dibahas adalah gerak benda ideal yang disebut partikel.

KINEMATIKA ialah ilmu yang mempelajari gerak tanpa mengindahkan penyebabnya. Contoh : kecepatan, kelajuan, percepatan, perpindahan, jarak

### Kecepatan Rata – Rata

to dan t adalah perpindahan posisi partikel per perubahan waktu.

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

### Kecepatan sesaat

Adalah kecepatan sesaat atau kecepatan partikel pada saat t adalah kecepatan rata – rata untuk perubahan waktu yang sangat kecil.

$$v = \frac{dx}{dt}$$

### Percepatan rata – rata

Adalah percepatan rata- rata antara waktu to dan t adalah perubahan kecepatan per perubahan waktu.

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

### Percepatan Sesaat

Adalah percepatan rata – rata untuk perubahan waktu yang sangat kecil sekali  $a = \frac{dv}{dt}$

“ Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah malam; Kami tanggalkan siang dari malam itu, maka dengan serta merta mereka berada dalam kegelapan, **dan matahari berjalan di tempat peredarannya**. Demikianlah ketetapan Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui. Dan telah Kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah dia sampai ke manzilah yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk tandan yang tua. **Tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan malampun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya.**” (QS Yaa Siin: 37-40).

Contoh Soal :

Persamaan gerak partikel yang bergerak lurus  $x = t^2 + 5t + 6$  dimana  $x$  dalam meter dan  $t$  dalam detik, hitunglah :

- Kecepatan rata – rata partikel antara waktu  $t = 1$  det dan  $t = 3$  det
- Kecepatan partikel pada saat waktu  $= 2$  det
- Percepatan rata – rata partikel antara  $t = 1$  det dan  $t = 3$  det
- Percepatan partikel pada saat waktu  $t = 2$  det

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{a. } v \dots\dots? \quad x &= t^2 + 5t + 6 \\ t_0 = 1 &\longrightarrow x_0 = 1^2 + 5.1 + 6 = 12 \\ t = 3 &\longrightarrow x = 3^2 + 5.3 + 6 = 30 \end{aligned}$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{30 - 12}{3 - 1} = \frac{18}{2} = 9 \text{ m/s}$$

- $v$  pada  $t = 2$  detik.....?

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d(t^2 + 5t + 6)}{dt} = 2t + 5 = 2.2 + 5$$

$$= 9 \text{ m/det}$$

- a.....?

$$t_0 = 1 \longrightarrow v_0 = 2t + 5 = 2.1 + 5 = 7$$

$$t = 3 \longrightarrow v = 2.3 + 5 = 11$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{11 - 7}{3 - 1} = \frac{4}{2} = 2 \frac{m}{\text{det}^2}$$

- ada waktu  $t = 2$  det...?

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d(2t + 5)}{dt} = 2 \frac{m}{\text{det}^2}$$

## A. Gerak Lurus

Benda dikatakan bergerak lurus jika lintasan geraknya berupa garis lurus. Gerak lurus dibedakan menjadi :

### 1. Gerak Lurus Beraturan

Gerak benda yang lintasannya berupa garis lurus dan kecepatannya tetap disebut gerak lurus beraturan.

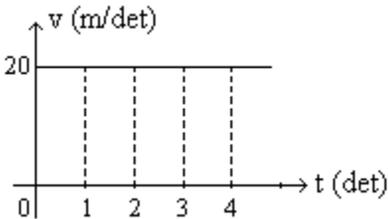
Pada Gerak Lurus Beraturan ( GLB ) berlaku persamaan:  $s = v \cdot t$  dimana :  $s$  = jarak yang ditempuh (perubahan lintasan)

$v$  = kecepatan

$t$  = waktu

Grafik Gerak Lurus Beraturan ( GLB )

a. Grafik  $v$  terhadap  $t$



Kita lihat grafik di atas : dari rumus  $s = v \cdot t$ , maka :

$t = 1$  sekon,  $s = 20$  m

$t = 2$  sekon,  $s = 40$  m

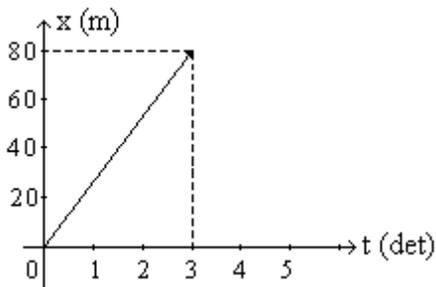
$t = 3$  sekon,  $s = 60$  m

$t = 4$  sekon,  $s = 80$  m

Kesimpulan : Pada grafik  $v$  terhadap  $t$ , maka besarnya perubahan lingkaran benda

( jarak ) merupakan luas bidang yang diarsir.

b. Grafik  $x$  terhadap  $t$ .



Kelajuan rata-rata dirumuskan :  $v = \frac{s}{t}$

$$V = \text{tetap}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = 0$$

Perpindahan benda dapat dicari dari

$$v = \frac{dx}{dt}$$

$$x = \int V . dt$$

$$x = V . t + C$$

Dimana C dapat dicari dari syarat batas , misal  $C = x_0$

Jadi :

$$X = V . t + x_0$$

$$X - x_0 = V . t$$

## 2. Gerak Lurus Berubah Beraturan

Gerak lurus berubah beraturan adalah suatu gerak lurus yang memiliki kecepatan selalu berubah di setiap saat dan perubahan kecepatan tersebut disetiap saat selalu sama, tetap atau konstan (contoh bola yang meluncur di bidang miring yang rata, benda jatuh bebas).

$$v = v_0 + a ( t - t_0 )$$

atau

$$a = \frac{v_t - v_0}{t_1 - t_0}$$

Diagram  $s - t$

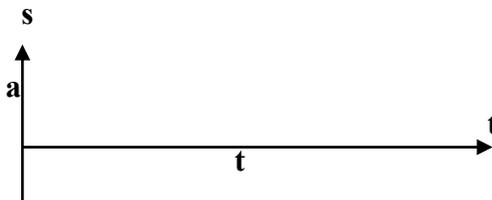
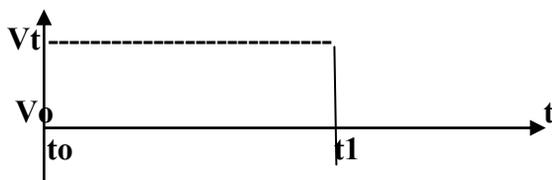
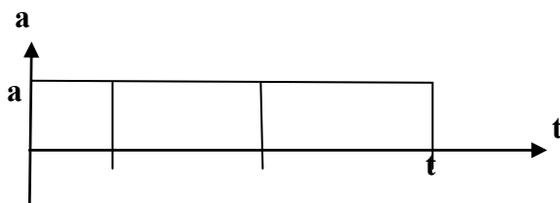


Diagram  $v - t$



ternyata jarak yang di tempuh adalah sama dengan luas daerah yang dibatasi grafik  $v - t$

Diagram  $a - t$

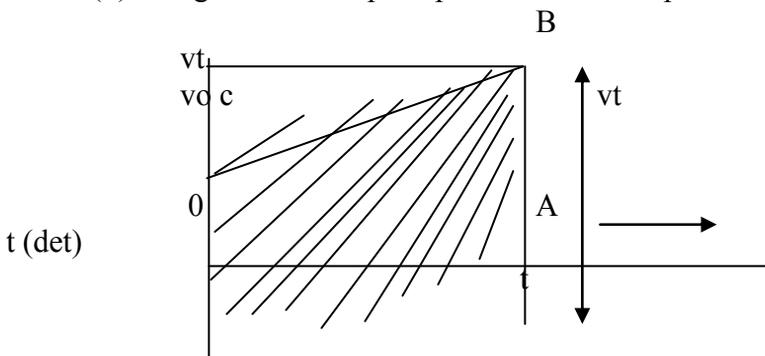


### 3. Gerak Lurus Dipercepat Beraturan

Yaitu gerak lurus yang kecepatannya makin lama makin bertambah besar, dengan pertambahan kecepatan tiap selang waktu yang besarnya tetap.

$$v_t = v_o + a.t$$

Bila dibuat grafik hubungan antara kecepatan ( $v$ ) terhadap waktu ( $t$ ) dari gerak lurus dipercepat beraturan didapat :



**Dan**  $s = v_0.t + \frac{1}{2} a.t^2$  **atau**  $s = s_0 + v_0.t + \frac{1}{2} a.t^2$

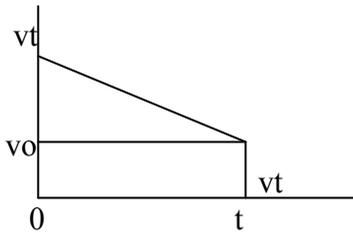


#### 4. Gerak Lurus diperlambat beraturan

Yaitu gerak lurus yang kecepatannya berkurang secara beraturan (pengurangan kecepatan tiap selang waktu yang sama berharga tetap).

$$v_t = v_0 - a.t \text{ dan } s = v_0.t - \frac{1}{2} a.t^2$$

#### Grafik kecepatan terhadap waktu



Grafik jarak terhadap waktu untuk jarak di perlambat beraturan adalah sebagai berikut :



#### 5. Gerak Jatuh Bebas

Gerak jatuh bebas merupakan gerak lurus dalam arah vertical dengan percepatan konstan yaitu percepatan gaya tarik bumi (g) yang arahnya vertical kebawah.

$$V = v_0 - g ( t - t_0 )$$

$$Y = y_0 + v_0 ( t - t_0 ) - \frac{1}{2} g ( t - t_0 )^2$$

### Contoh Soal :

Sebuah bola dilemparkan dari tanah tegak lurus keatas dengan laju 80 kaki / detik

(24,4 m / s)

- a. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik tertinggi

Dititik tertinggi  $v_y = 0$  dan kita ketahui bahwa  $v_{y0} = 80$  kaki / detik. Untuk memperoleh  $t$ , dapat digunakan  $V = v_0 - g ( t - t_0 )$

$$t = \frac{v_{y0} - v_y}{g} = \frac{80 - 0}{32} = 2,5 \text{ detik}$$

- b. Kapan bola mencapai ketinggian 96 kaki diatas tanah  
Dengan menggunakan  $Y = y_0 + v_0 ( t - t_0 ) - \frac{1}{2} g ( t - t_0 )^2$

Dapat diperoleh

$$96 = \frac{1}{2} g t^2 - v_{oy} = \frac{1}{2} (32) t^2 - 80$$

$$0 = 96 - 80 + 16 t^2$$

$$0 = 16 - 16 t^2$$

$$0 = (t-3) \cdot (t-2)$$

Menghasilkan  $t = 2$  dan  $t = 3$

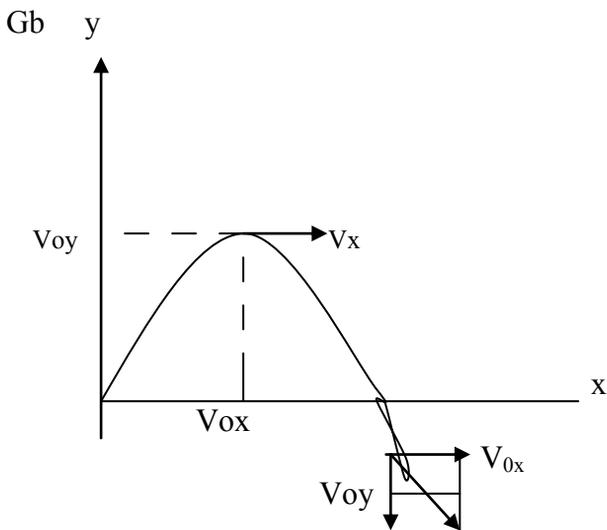
$$V_y = v_{oy} - g t = 80 - 32 \cdot 2 = 16 \text{ kaki/det}$$

$$V_y = v_{oy} - g t = 80 - 32 \cdot 3 = -16 \text{ kaki/det}$$

## B. Gerak Pada Bidang Datar

### 1. Gerak Parabola

Termasuk gerak ( kinematika ) dua dimensi dimana komponen sb y dari percepatan  $a_y = -g = \text{konstan}$ .



Misalnya : Percepatan pada sb  $x = 0$  dan percepatan pada sb  $y = g$   
 Untuk menyatakan gerakanya dapat digunakan rumus-rumus gerak lurus beraturan (komponen sumbu  $x$ ) dan gerak lurus dengan percepatan tetap (komponen sumbu  $Y$ )

	<b>Komponen X</b>	<b>Komponen Y</b>
Percepatan	$a_x = 0$	$a_y = -g$
Kecepatan	$V_x = V_{ox} + a.t$	$V_y = V_{oy} + g.t$
Posisi	$x = x_0 + V_{ox}.t + \frac{1}{2} a.t^2$	$y = y_0 + V_{oy}.t - \frac{1}{2} g.t^2$
	$V_{ox} = V_0 \cos \theta$	$V_{oy} = V_0 \sin \theta$

Titik tertinggi (titik M) dari lintasan partikel dicapai apabila  $V_y = 0$  dan titik b pada tanah ( partikel kembali ketanah) apabila  $y = y_0$  posisi awal.

Kecepatan Peluru setiap saat :

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

atau  $\theta = \arctg \frac{v_y}{v_x}$

untuk persamaan lintasan gerak peluru

$$y = \tan \theta \cdot x - \left( \frac{g}{2v_o \cos^2 \theta_o} \right) \cdot x^2$$

Sedangkan tinggi maksimum

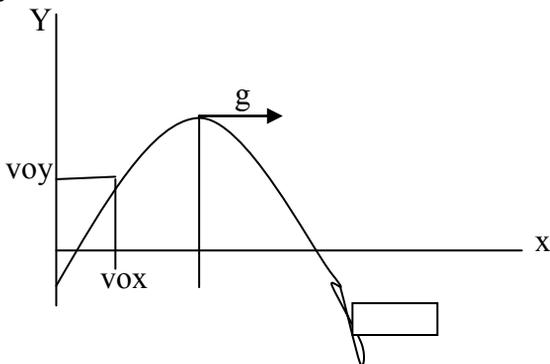
$$y_{\max} = \frac{v^2 \sin^2 \theta_0}{2g}$$

**Contoh Soal :**

Sebuah peluru ditembakkan dari tanah dengan kecepatan 100 m/detik dengan sudut  $60^\circ$  terhadap bidang horizontal, tentukan :

- Kecepatan atau posisi peluru setelah 12 detik ditembakkan
- Waktu yang diperlukan untuk tiba ditinjau
- Tinggi maksimum peluru.

Penyelesaian



Dik :  $v = 100$  m /detik

$\theta = 60$

$T = 12$  detik

$G = 10$  m/detik

Dit :

- $v$
- $t$
- $y$

Jawab :

$$V_{ox} = v_o \cos \theta = 100 \cos 60 = 50$$

$$V_{oy} = v_o \sin \theta = 100 \sin 60 = 86,6$$

$$V_x = v_{ox} + a \cdot t = 50 + 0 \cdot t = 50$$

$$V_y = v_{oy} - g \cdot t = 86,6 - 10 \cdot 12 = -34,4$$

$$|v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{50^2 + (-33,4)^2} = 60,13$$

$$\theta = \text{aretg} \frac{-33,4}{50} = 33,74$$

$$b. y = y_o + v_{oy} \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$0 = 0 + 86,6 \cdot t - \frac{1}{2} 10 \cdot t^2$$

$$t = 17,3 \text{ detik}$$

$$c. y = v_{oy} \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 = 374,98 \text{ m}$$

## 2. Gerak Melingkar Dengan Percepatan

Gerak melingkar yang kecepatannya berubah, baik arah ataupun besarnya, akan mengalami percepatan singgung (percepatan tangensial) sebagai akibat dari perubahan besar kecepatan, dan mengalami percepatan radial sebagai akibat dari perubahan arah kecepatan. Percepatan singgung (percepatan tangensial) didefinisikan sebagai :

$$a_r = \frac{dv_r}{dt} = \frac{d(r\omega)}{dt}$$

$$a_r = r \frac{d\omega}{dt}$$

Perubahan kecepatan sudut terhadap waktu disebut juga percepatan sudut sehingga :

$$a_t = r \cdot \alpha$$

Percepatan partikel setiap saat dinyatakan sebagai :

$$\underline{a} = \underline{a}_r + \underline{a}_T$$

$$|\underline{a}| = \sqrt{|\underline{a}_r|^2 + |\underline{a}_T|^2}$$

$$\theta = \arctg \frac{a_r}{a_T}$$

Persamaan gerak melingkar identik dengan persamaan gerak lurus atau gerak sudut ini dapat digunakan untuk perputaran (rotasi) sebuah roda. **Definisi kecepatan sudut rata - rata ( $\omega$ ) adalah pergeseran sudut persatuan waktu**

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

**Definisi percepatan sudut rata – rata ( $\alpha$ )** adalah perubahan kecepatan sudut antara  $t_0$  dan  $t$  persatuan waktu.

**Percepatan sudut rata rata ( $\alpha$ )**

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

### Hubungan Gerak Melingkar Dengan Gerak Lurus

Bila sebuah benda bergerak melingkar dengan jari – jari  $r$  dan  $p$  ke  $q$  maka berlaku hubungan sebagai berikut :

$$\frac{\text{panjangbusur}}{\text{kelilingl ingkaran}} = \frac{\theta}{2.\pi}$$

Atau

$$* \frac{\Delta S}{2.\pi.r} = \frac{\theta}{2}$$

$$* \Delta S = \theta.r$$

$$* v = \omega.r$$

$$* a = \alpha.r$$

(dimana  $\alpha$  = percepatan anguler / sudut )

## Latihan Soal

1. Sebuah truk bertambah kecepatan dari 1km/jam menjadi 60 km/jam dalam waktu 20 detik. Tentukan :
  - a. Kecepatan rata-rata
  - b. Percepatannya
2. Sebuah benda meluncur diatas bidang datar licin sempurna, pada pengamatan yang pertama jam 8.00 ternyata benda telah menempuh jarak 20 km. Pengamatan yang kedua dilakukan pada jam 8.05, jarak yang ditempuh adalah 30 km, tentukan :
  - a. kecepatan laju benda
  - b. kecepatan dalam km / jam
3. Sebuah partikel bergerak sepanjang sumbu x dengan kedudukan sebagai fungsi waktu seperti yang ditunjukkan  $x = 4t^3 + 7t^2 + 6$ 
  - a. Tentukan kedudukan (posisi), kecepatan dan percepatan rata-rata partikel pada  $t=3$  s dan  $t = 5$  s.
  - b. Tentukan kecepatan dan percepatan sesaat pada  $t = 3$  s dan  $t = 5$  s
4. Suatu kendaraan salju bertenaga roket bergerak sepanjang jalur lurus dan datar, dimaksudkan untuk menguji efek fisiologis percepatan yang sangat besar terhadap manusia. Kendaraan semacam itu dapat mencapai laju 1600 km/jam dalam 1,8 detik, mulai dari keadaan diam.
  - a. Anggap percepatan nya konstan, lalu bandingkan harganya dengan g
  - b. Berapakah jarak yang ditempuhnya dalam waktu tersebut
5. Laju sebuah mobil bergerak dengan percepatan konstan menempuh jarak antara titik yang terpisah 180 kaki dalam 6,0 detik. Lajunya ketika tiba di titik kedua adalah 45 kaki / detik.
  - a. Berapakah lajunya dititik pertama
  - b. Berapakah percepatannya
  - c. Pada jarak berapa sebelum titik pertama mobil berada dalam keadaan diam

6. Sebutkan Fenomena fisis yang menyangkut bumi, yang dalam hal tersebut bumi tidak dapat dianggap partikel
7. Apa yang terjadi dengan persamaan kinematika bila dilakukan operasi balik waktu, yaitu operasi pergantian  $t$  menjadi  $-t$ , jelaskan
8. Dapatkah arah kecepatan benda berubah bila percepatannya konstan.
9. Di suatu stasion sebuah kreta api bawah tanah dipercepat dengan laju pertambahan  $1,2 \text{ m/s}^2$  sepanjang setengah jarak ke stasion berikutnya. Dalam setengah jarak sisi nya ia di perlambat dengan laju yang sama. Jika jarak ke dua stasion  $1100 \text{ m}$ , tentukan
  - a. Lamanya waktu kreta di perjalanan
  - b. Laju maksimum kreta api
10. Sebuah mobil yang sedang bergerak  $56 \text{ km/jam}$ , berada pada jarak  $35 \text{ m}$  dari penghalang ketika sopirnya menginjak rem. Empat detik kemudian mobil menabrak penghalang tersebut.
  - a. Berapakah perlambatan mobil sebelum tabrakan
  - b. Berapa pesat gerak mobil pada tabrakan
11. Sebuah benda (titik materi) bergerak dipercepat beraturan dengan kecepatan awal  $75 \text{ m/detik}$ . Setelah  $14 \text{ detik}$  sejak permulaan ditempuh jarak  $1350 \text{ m}$ .
  - a. Berapakah percepatan dari gerak benda
  - b. Tentukan kecepatan benda itu setelah menempuh jarak  $330 \text{ m}$  dan berpakah waktu yang diperlukan.
12. Sebuah pesawat pembom terbang mendarat dengan kecepatan  $300 \text{ m/detik}$  pada ketinggian  $2000 \text{ m}$  terhadap tanah. Pada suatu saat dari pesawat itu dilepaskan sebuah bom. Tentukan besar dan arah kecepatan jatuh bom di tanah.
13. Bulan berputar mengelilingi bumi dan kembali ke tempat semula dalam waktu  $30 \text{ hari}$ . Bila jarak bumi bulan  $4105 \text{ km}$ , hitunglah :
  - a. Kecepatan linier bulan
  - b. Kecepatan anguler bulan
  - c. Percepatan sentripetal bulan

14. Sebuah benda terlempar ke atas dengan sudut kemiringan  $60^\circ$  dan kecepatannya  $200 \text{ km/jam}$  pada daerah pengaruh gravitasi  $9,8 \text{ m/det}^2$ .
- jarak benda jatuh ke tanah
  - tinggi maksimum yang di capai.
15. Sebuah mobil menguji speedometernya, jarak yang ditempuh sepanjang  $1 \text{ km}$  dalam waktu  $63 \text{ detik}$ . Pada speedometer menunjukkan  $60 \text{ km/jam}$ , tentukan :
- Kecepatan mobil yang sesungguhnya dalam  $\text{km/jam}$
  - Presentasi kesalahan speedometer.

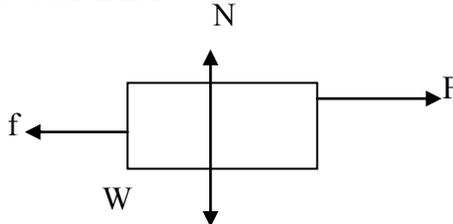
## BAB III DINAMIKA

*‘Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal’.* (AlImran:190)

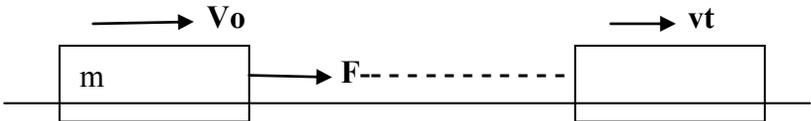
Dalam ayat diatas kita diberi petunjuk, setidaknya tersirat beberapa makna antara lain adalah: alam semesta yang senantiasa berproses tanpa henti dan menyajikan banyak sekali gejala dalam seluruh dimensi ruang dan waktu yang terus berkembang.

### A.Hukum Newton

1. Apabila sebuah benda berada dalam keadaan diam bergerak lurus dengan percepatan konstan, maka resultan yang bekerja pada benda tersebut adalah nol.

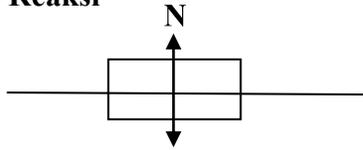


2. Apabila resultan gaya yang bekerja pada benda tidak nol maka benda tersebut akan bergerak lurus dipercepat atau diperlambat dengan percepatan yang dipercepat atau diperlambat dengan percepatan yang berbanding lurus dengan resultan gaya tersebut.  $F = m \cdot a$



3. Apabila suatu benda tertentu memberikan gaya kepada benda kedua, maka benda kedua ini akan memberikan gaya kepada

benda pertama dengan besar yang sama dan arah yang berlawanan. **Aksi = - Reaksi**



“tidak ada Balasan kebaikan kecuali kebaikan (pula)”. (Q.S Ar Rahman: 6)

Dalam ayat diatas dapat diartikan bahwa munculnya balasan kebaikan merupakan buah dari interaksi. Dalam ayat ini tersirat pula makna dari pemberian dan balasan berupa potensi yang dimiliki suatu benda.

### Berat Dan Massa

Berat suatu benda adalah gaya yang bekerja pada benda yang disebabkan oleh tarikan bumi. Gaya Tarik bumi disebut gaya gravitasi. Hukum Newton II diterapkan disini , akan diperoleh :

$$W = m \cdot g$$

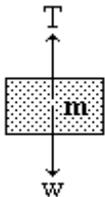
Dimana :

W = gaya berat

m= massa

g = percepatan gravitasi (  $9,8 \text{ m / s}^2$  )

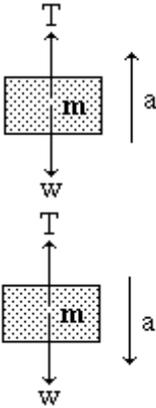
### HUBUNGAN TEGANGAN TALI TERHADAP PERCEPATAN



a. Bila benda dalam keadaan diam, atau dalam keadan bergerak lurus beraturan maka :

$$T = m \cdot g$$

T = gaya tegangan tali.



- b. Benda bergerak ke atas dengan percepatan  
 a maka :  
 $T = m \cdot g + m \cdot a$   
 $T = \text{gaya tegangan tali.}$

- c. Benda bergerak ke bawah dengan  
 percepatan  
 a maka :  
 $T = m \cdot g - m \cdot a$   
 $T = \text{gaya tegangan tali.}$

### B.Kegunaan hukum Newton

Hukum Newton I

$$\sum x = 0$$

$$\sum y = 0$$

untuk benda yang bergerak lurus dengan kecepatan tidak konstan ( $a \neq 0$ ) berlaku hokum Newton II.

$$\sum x = m \cdot a$$

$$\sum y = m \cdot a$$

hukum Newton III



### Gaya Normal

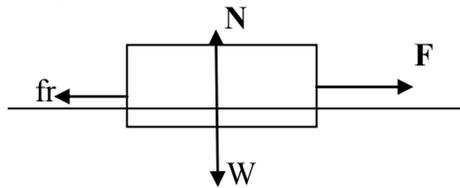
Gaya normal (N) dari suatu bidang terhadap suatu benda adalah gaya tekanan bidang tersebut terhadap benda yang arah tegak lurus pada permukaan bidang dan merupakan gaya reaksi terhadap gaya tekanan terhadap bidang.

Gaya normal bidang terhadap benda  $N - W = 0$  atau  $N = W$

### Gaya Gesekan

Apabila sebuah benda bergerak diatas bidang yang tidak terlalu licin,selama gerak benda itu akan mendapat gaya gesekan  $f_r$  yang arahnya selalu berlawanan dengan arah gerak dan besar

gaya gesekan biasa dan berbanding lurus dengan gaya normal bidang terhadap benda.  $f_r = \mu \cdot N$



Contoh Soal :

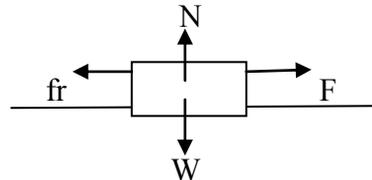
1. Sebuah peti seberat 800 N ditarik gaya konstan horizontal diatas bidang mendatar sehingga peti tersebut bergerak dengan kecepatan konstan, koefisien gesekan antara peti dan bidang mendatar adalah 0,25 hitunglah gaya tersebut.

Jawab :

Dik :  $W = 800 \text{ N}$

$\mu = 0,25$

Dit :  $F \dots ?$



Penyelesaian :

$$\sum y = 0$$

$$N - W = 0 \quad N - 800 = 0 \rightarrow N = 800 \text{ newton}$$

$$\sum x = 0$$

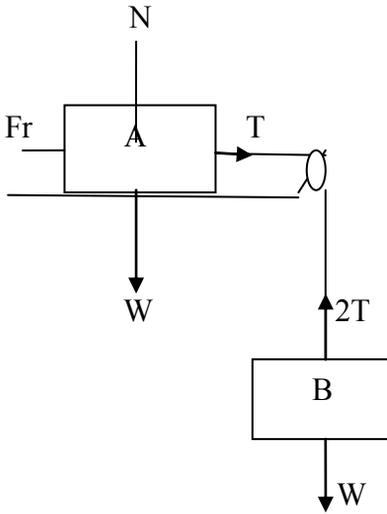
$$F - f_r = 0$$

$$F - \mu \cdot N = 0$$

$$F - 0,25 \cdot 800 = 0$$

$$\rightarrow F = 200 \text{ newton}$$

2. Sebuah benda dengan massa 10 kg berada diatas bidang mendatar ditarik oleh tali melalui katrol 1 dan katrol 2 dan dihubungkan dengan beban B (lht gbr) massa benda 30 kg, koefisien gesekan antara benda a dengan bidang mendatar 0,1. Hitunglah percepatan benda A dan benda B serta tegangan tali



Dik :  $M_a = 10 \text{ kg}$   
 $M_b = 30 \text{ kg}$   
 $\mu = 0,1$   
 Dit ;  $a \dots ?$  dan  $T \dots ?$

Penyelesaian :

Benda A :

$$\sum y = 0$$

$$N = W$$

$$N = m \cdot g$$

$$N = 10 \cdot 10 = 100 \text{ newton}$$

$$\sum x = m \cdot a$$

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

$$T - 0,1 \cdot 100 = 10 \cdot 2a$$

$$T - 10 = 20 a \dots \dots \dots (1)$$

Benda B :

$$\sum y = m \cdot a$$

$$2T - W = m \cdot a$$

$$2T - 30 \cdot 10 = 30 \cdot (-a)$$

$$2T - 300 = -30a \dots \dots \dots (2)$$

Pers (1) dan pers (2) dieliminasi

$$T - 10 = 20 a \quad \rightarrow \quad 2T - 20 = 40 a$$

$$2T - 300 = -30a \quad \rightarrow \quad 2T - 300 = -30 a$$

$$\underline{\hspace{10em}} -$$

$$280 = 70 a$$

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

$$T - 10 = 20 a \rightarrow T = 90 \text{ newton}$$

### C. Hukum Gravitasi Universal

*Disebutkan bahwa bumi dijadikan oleh Allah sebagai tempat menetap kita semua dan langit dijadikan untuk menjadi bangunan supaya bentuk kita lebih bagus dan dibentuk lebih baik, serta untuk memberikan kita rezeki baik. Allah, Tuhan semesta alam adalah Maha Banyak Anugerah dan itulah Allah kita (Q.S. Ghafir, 40:64)*

Tentu selalu ada penjelasan yang bisa kita temukan, tidak terkecuali ayat yang disebutkan di atas di mana aneka anugerah Allah dibicarakan-Nya dan semua itu terbentang di depan kita. Bumi ada dan dijadikan untuk menjadi tempat kita menetap, sedangkan langit dijadikan sebagai bangunan supaya postur dan rupa manusia ciptaan-Nya bisa dibentuk dengan baik dalam berbagai rupa yang tentu beda antara satu sama yang lainnya.

Gravitasi menurut Newton sangatlah penting karena ketidakadaan gaya gravitasi tentu akan membuat benda-benda di alam semesta jatuh, berbenturan serta tersebar tidak beraturan. Gravitasi juga disebut sebagai agen yang memberi massa pada obyek sehingga mereka akan turun ke bawah ketika jatuh. Seperti yang terdapat pada ayat yang disebutkan di atas, bumi dijadikan Allah untuk tempat menetap umat manusia ditambah dengan kestabilan yang ada di atas bumi karena “sistem gravitasi bumi”. Jauh sebelum Newton, Al-Quran berbicara soal gravitasi secara gamblang berikut juga kebesaran Allah SWT.

Gaya antara dua partikel yang mempunyai massa  $m_1$  dan  $m_2$  yang terpisah sejauh  $r$  adalah gaya Tarik menarik yang bekerja sepanjang garis yang menghubungkan kedua partikel tersebut dan besar nya

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

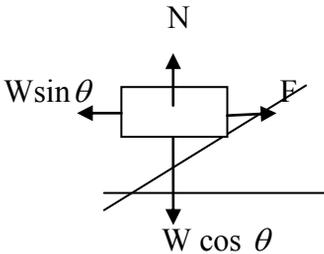
Dimana :

$G : 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$

$R : \text{Jarak benda ke pusat bumi}$

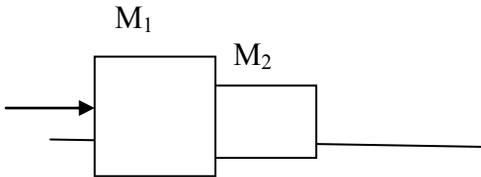
## Latihan Soal

1. Sebuah tiang balok bermassa 50 Kg berada pada lantai horizontal yang kasar, koefisien gesek antara balok dengan lantai 0,25. Suatu gaya mendatar sebesar 180 N bekerja pada balok itu selama 3 detik. Berapa kecepatan tiang balok akhir dari 3 detik tersebut.
2. Sebuah mobil bermassa 3 ton bergerak naik dengan jalan miring  $37^\circ$ . Bila jalan ini licin, tentukan gaya pada mobil yang harus dihasilkan agar mobil bergerak
  - a. Lurus beraturan
  - b. Lurus dipercepat dengan  $a = 0,4 \text{ m/s}^2$

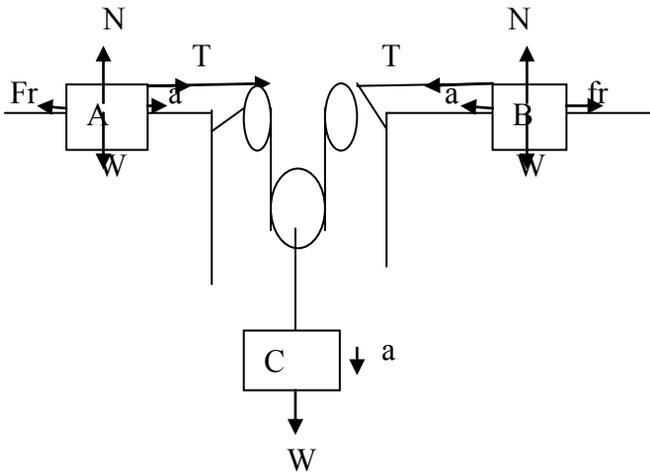


3. Tinjau dua benda bermassa tidak sama, yang dihubungkan dengan tali melalui sebuah katrol licin dan tidak bermassa, tentukanlah tegangan tali dan percepatan benda-benda tersebut.
4. Mengapa kita jatuh ke depan jika kereta api yang sedang bergerak diperlambat untuk berhenti dan jatuh ke belakang bila kreta dipercepat dari keadaan diam? apa yang terjadi jika bergerak mengitari suatu kurva dengan laju tetap.
5. Sebutkan apakah pasangan gaya-gaya berikut adalah contoh aksi-reaksi atau bukan
  - a. Bumi menarik tembok ; tembok menarik bumi
  - b. Baling-baling pesawat terbang menarik udara kedalam, kearah pesawat; udara mendorong pesawat kedepan
  - c. Kuda menarik kreta ke depan, tetapi kreta tetap diam; bumi menarik kreta dengan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah.

6. Dua buah balok saling bersinggungan diatas meja licin, sebuah gaya horizontal dikerjakan pada satu balok, seperti pada gambar dibawah jika  $m_1 = 2 \text{ kg}$  ,  $m_2 = 1 \text{ kg}$  dan  $F = 3 \text{ N}$  , tentukan
- gaya kontak antara kedua balok tersebut
  - Perlihatkanlah bahwa jika gaya  $F$  yang sama dikerjakan pada  $m_2$  , bukan pada  $m_1$  , maka gaya kontak antara kedua balok adalah  $2 \text{ N}$ , tidak sama dengan hasil hitungan, jelaskan.

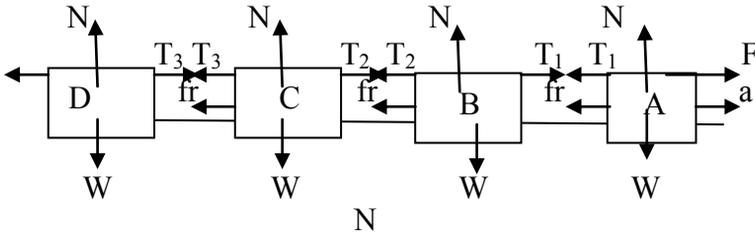


7. Benda A,B,C disusun seperti pada gambar masing-masing dengan massa  $2 \text{ kg}$  ,  $4 \text{ kg}$  dan  $6 \text{ kg}$ . Massa katrol / tali diabaikan. Koefisien gesek antara benda A dan B terhadap bidang tumpunya  $0,3$  dan  $0,5$ . Hitung percepatan tiap massa benda dan tegangan tali nya (  $g = 10 \text{ m / s}^2$  )

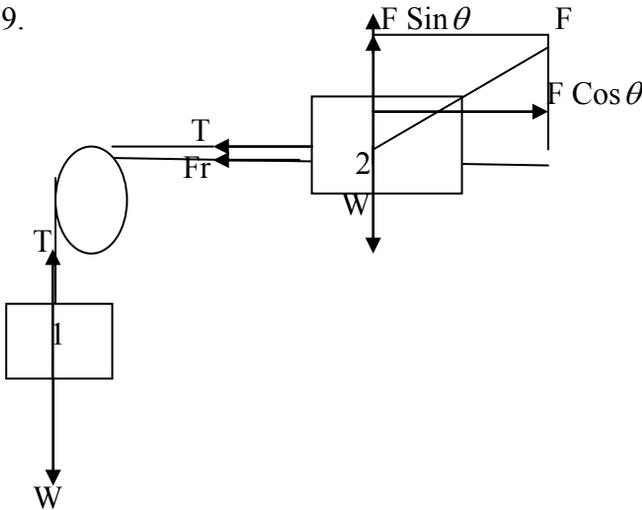


8. Diketahui  $m_a = 6 \text{ kg}$  ;  $m_b = 10 \text{ kg}$  ;  $m_c = 6 \text{ kg}$  dan  $m_d = 12$  dan mempunyai gaya  $100 \text{ N}$  , Jika koefisien gesek antara a ,b,c dan d terhadap bidang mendatar diatas masing-masing  $0,3$  ;

0,5 ; 0,8 dan 0,25 . Hitunglah percepatan dan tegangan selama gesekan.



9.



Dari gambar diatas benda  $m_1$  8 kg dan benda  $m_2$  12 kg dihubungkan dengan tali melalui sebuah katrol. Jika gaya 180 N dan  $\theta = 30^\circ$  ; koefisien gesekan antara  $m_2$  dan bidang 0,5 . Hitung n percepatan sistem tersebut.

10. Troli yang massanya 50 kg mulai bergerak jika ditempatkan pada lantai dengan kemiringan  $20^\circ$  terhadap horizontal. Hitung koefisien gesek dan gaya hotozontal yang diperlukan untuk mengerakkan troli pada lantai horizontal.

11. Palu godam dijatuhkan pada ketinggian 6 meter, massa palu 25 Kg. tentukan :

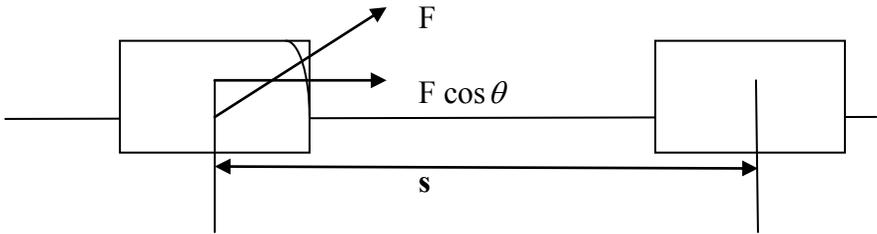
- Kecepatan pada saat mengenai benda kerja
- Setelah beberapa detik palu sampai pada landasan
- Tentukan energy yang dimiliki palu saat menyentuh landasan.

12. Sebuah perahu didayung oleh dua orang dengan gaya masing-masing dengan gaya 300 N dan 400 N. Tentukan besar , arah dan letak titik tangkap gaya resultannya.
13. Massa lemari kayu 50 kg yang ada di atas lantai horizontal akan digeser tempatnya, jika gaya horizontal minimum yang diperlukan untuk mulai menggeser lemari besarnya 147 Newton dan gaya minimum untuk mempertahankan gerakan pada kecepatan konstan adalah 98 Newton , tentukan :
  - a. Koefisien gesek statis dan koefisien luncur atau koefisien kinetiknya.
  - b. besar gaya gesek jika gaya horizontal 48 newton bekerja pada lemari.
14. Sebuah benda terletak 600 km dari permukaan bumi. Jika diketahui massa bumi  $6 \cdot 10^{24}$  kg dan jari-jari bumi 6380 km , tentukan :
  - a. percepatan gravitasi dari benda tersebut
  - b. berapa % berkurangnya berat benda tersebut bila diketahui percepatan gravitasi di permukaan bumi adalah  $9,8 \text{ m/det}^2$
15. Sebuah bola logam yang massa nya 1 kg dilepaskan dari permukaan minyak , gaya yang bekerja sebagai penahan dalam minyak adalah KV. Hitunglah kecepatan terminal (  $a = 0$  ) dan waktu yang diperlukan untuk mencapai  $\frac{1}{2}$  harga kecepatan terminal . (  $V = \text{kecepatan}$  )

## BAB IV USAHA DAN DAYA

Jika sebuah benda mendapat gaya  $F$  dengan arah membuat sudut  $\theta$  terhadap garis horizontal kerja yang diberikan oleh gaya (jika  $F$  dan  $\theta$  konstan) selama benda bergerak diatas bidang sejauh  $\Delta s$  adalah

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



### A. Kerja oleh gaya yang berubah

Jika gaya yang bekerja pada benda merupakan fungsi posisi  $f(x)$  dan dalam waktu  $dt$  dan benda berpindah sejauh  $dx$ .  
 $dw = f dx$

Kerja total yang dilakukan

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F dx = f(x_2 - x_1)$$

Menurut hukum hooke adalah pegas akan melakukan gaya yang menariknya dan arahnya selalu berlawanan dengan arah pergeseran  $F = - Kx$

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F dx = \int_{x_1}^{x_2} Kx dx = \frac{1}{2} Kx^2 - \frac{1}{2} Kx^2$$

### 1. Kerja Dan Energi Kinetik

Bila pada sebuah benda bekerja sejumlah gaya yang menyebabkan benda tersebut bergeser menurut arah gayanya

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F dx$$

Hukum Newton II  $F = m \cdot a$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} v$$

$$a = \frac{dv}{dx} v$$

$$w \int_{x_1}^{x_2} F dx = \int_{x_1}^{x_2} m \cdot a dx = \int_{x_1}^{x_2} m \cdot v \frac{dv}{dx} dx = \int_{x_1}^{x_2} m \cdot v dv = \int_{v_1}^{v_2} m \cdot v dv$$

$$w = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

## 2. Kerja dan Energi Potensial

Kerja dan energi dapat diartikan bahwa energi-energi merupakan kemampuan untuk melakukan kerja satu bentuk lain dari energi, menyatakan kemampuan melakukan kerja karena posisi atau letak benda, energi seperti ini disebut energi potensial.

$$\text{Energi potensial pegas} \rightarrow E_p = \frac{1}{2} k x^2$$

$$\text{Energi potensial gravitasi} \rightarrow E_p = m \cdot g \cdot h$$

## 3. Hukum Kekekalan Energi

Peristiwa pelemperan batu keatas didapatkan bahwa bila yang bekerja hanya gaya konservatif (gaya gravitasi).

$$\Delta E_k = -\Delta E_p$$

$$E_{k_2} - E_{k_1} = -(E_{p_2} - E_{p_1})$$

$$E_{k_2} + E_{p_2} = E_{p_1} + E_{k_1} \rightarrow \text{Hukum kekekalan energi}$$

## B. DAYA

Daya didefinisikan sebagai laju usaha yang dilakukan terhadap waktu.

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{F \cdot s}{t}$$

Daya sesaat

$$P = \frac{dw}{dt}$$

**"Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdekatan ... (ar Rad : 4)**

*Secara harfiah diartikan sebagai berdekatan dalam dimendi tempat, sebagi daerah, wilayah, negara dsb. Yang mempunyai potensi baik sumber daya alam maupun sumber daya manusianya yang mengolah, mengembangkan dan meningkatkan..*

Berikutnya potensi tersebut saling dipertukarkan baik dari sisi keunggulan komparatif maupun kompetitif.

### C. Pesawat Sederhana

Pesawat adalah setiap alat yang dapat mengubah besar, arah atau cara pemakaian gaya untuk memperoleh sesuatu keuntungan, contoh pesawat sederhana tuas, bidang miring, katrol, dongkrak, obeng dan lain-lain.

Asas usaha yang berlaku pada pesawat:

***Usaha yang dimasukkan = usaha yang dihasilkan + usaha untuk mengatasi gaya gesekan***

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Pesawat} &= \frac{\text{usaha.yang.dihasilkan}}{\text{usaha.yang.dim.sukan}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{daya.yang.dihasilkan}}{\text{daya.yang.dim.asukan}} \times 100\% \end{aligned}$$

Contoh Soal ;

1. AB merupakan bidang  $\frac{1}{4}$  lingkaran dengan jari-jari 0,6 m. Sebuah benda yang bermassa 0,2 Kh dilepaskan dari A tanpa kecepatan awal. Tentukan kecepatan benda sampai di B.

Penyelesaian :

Dik : m = 0,2 Kg

$$r=h=0,6 \text{ m}$$

Dit : Vb.....?

Jawab

$$E_{ka} + E_{pa} = E_{kb} + E_{pb}$$

$$\frac{1}{2} m \cdot V_a^2 + m \cdot g \cdot h_a = \frac{1}{2} m \cdot V_b^2 + m \cdot g \cdot h_b$$

$$\frac{1}{2} m \cdot 0 + 0,2 \cdot 10 \cdot 0,6 = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot V_b^2 + 0,2 \cdot 10 \cdot 0$$

$$Vb^2 = \frac{1,2}{0,1} = 12$$

$$Vb = \sqrt{12} = 3,46 \text{ m/s}$$

2. Sebuah kompor listrik dengan daya 300W digunakan untuk memanasi air, setelah 10 menit ternyata energi yang diterima oleh air sebesar 120 KJ. Berapa kerugian energy

Penyelesaian :

Dik ;  $P = 300 \text{ W}$

$$t = 10 \text{ menit} = 600 \text{ s}$$

$$E_{\text{out}} = 120 \text{ KJ} = 120000 \text{ J}$$

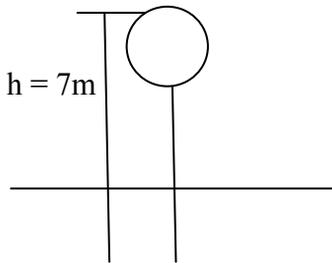
Dit ;  $E_{\text{.....}}?$

Jawab

$$\begin{aligned} E &= E_{\text{in}} - E_{\text{out}} \\ &= 300 \cdot 600 - 120000 = 60000 \text{ J} \end{aligned}$$

## Latihan Soal

1. Benda massanya 5 kg bergerak dengan kecepatan awal 18 km/jam didorong oleh gaya selama 6 detik sehingga kecepatannya menjadi 72 km/jam, berapa usaha yang dilakukan.
2. Ujung bawah pegas digantung benda yang bermassa 2 kg sehingga pegas bertambah panjang 4 cm, dimana  $g = 10 \text{ m/det}^2$ . Berapa besarnya usaha yang dilakukan pegas itu.
3. Massa benda 6 kg, percepatan gravitasi bumi  $g = 10 \text{ m/det}^2$ . Berapa energy potensial dan energy kinetiknya ketika sampai dit tanah.



4. Sebuah besi bulat diameter 14 cm dibubut dengan mesin bubut. Penyayatannya berjalan 240 putaran dan gaya yang bekerja pada ujung pahat 500 N. Tentukan usaha yang dilakukan pahat bubut untuk menyelesaikan penyayatan tersebut.
5. Hammer yang massanya 500 kg diangkat vertical setinggi 5 m, tentukan :
  - a. Besar energy potensial
  - b. Kecepatan hammer saat memukul tiang, jika dijatuhkan secara bebas.
  - c. Besar energy kinetic

6. Dengan menggunakan tinjauan usaha dan tenaga kinetic, tunjukkanlah bahwa jika pengendara menekan rem, maka jarak henti mobil bermassa  $m$  yang sedang bergerak dengan laju  $v$  sepanjang jalan datar adalah  $\frac{v^2}{2\mu_k g}$ , dengan  $\mu_k$  adalah koefisien gesekan kinetic antara ban mobil dengan jalan.
7. Seorang pemain luar dalam permainan baseball melemparkan bola dengan laju awal 60 kaki/s. Bola ditangkap oleh pemain dalam pada ketinggian yang sama ketika lajunya sudah berkurang menjadi 40 kaki/s. Berapakah usaha yang dilakukan untuk melawan hambatan udara
8. Jika kita memindahkan buku-buku dari suatu rak perpustakaan ke rak yang lebih tinggi dalam waktu  $t$ , apakah usaha yang kita lakukan bergantung kepada (a) massa buku, (b) berat buku, (c) tinggi rak yang atas dari lantai, (d) waktu  $t$ , (e) cara memindahkan buku, ke samping dahulu atau langsung keatas.
9. Sebuah balok bermassa  $m = 357$  kg ditarik pada laju konstan sejauh 4,06 m. sepanjang lantai horizontal dengan menggunakan seutas tali yang memberikan gaya konstan sebesar 7,68 N dalam arah  $15^\circ$  diatas horizontal, Hitunglah (a) usaha total yang dilakukan pada balok, (b) usaha yang dilakukan oleh tali pada balok, (c) usaha yang dilakukan oleh gesekan pada balok dan (d) koefisien gesekan kinetic antara balok dengan lantai
10. Tenaga kinetic seseorang yang sedang berlari besarnya setengah tenaga kinetic seorang anak yang massanya setengah kali massa orang itu. Jika orang tersebut menambah lajunya 1,0 m/s, maka tenaga kinetiknya sekarang sama dengan tenaga kinetic anak tadi. Berapakah laju (a) orang, (b) anak mula-mula.

## BAB V

# MOMENTUM

*" Dan Allah menciptakan langit dan bumi dengan tujuan yang benar dan agar dibalasi tiap-tiap diri terhadap apa yang dikerjakan, dan mereka tidak akan merugikan."(Al-Jaatsiyah:22)*

*Ayat diatas merupakan penjabaran interaksi yang terjadi dialam secara lebih luas lagi. Interaksi tidak sekedar saling pengaruh mempengaruhi, saling memberi dan saling menerima antar manusia, mahluk atau benda.*

Momentum Linear suatu benda yang massanya bergerak dengan kecepatan  $V$

$$P = m \cdot V$$

Dimana :

$m$  = massa

$V$  = kecepatan

$P$  = Momentum

Dua buah benda A dan B dengan massa  $M_a$  dan  $M_b$  bergerak dengan kecepatan  $V_a$  dan  $V_b$ , kedua benda mengadakan tumbukan sesaat dengan kecepatan perubahan momentum sesaat.

### A.Impuls

Impuls merupakan suatu gaya yang dikalikan dengan waktu selama gaya bekerja. Suatu impuls adalah hasil kali suatu gaya yang bekerja dalam waktu yang singkat yang menyebabkan suatu perubahan dari momentum. Sebuah benda menerima momentum melalui pemakaian suatu impuls.

Dari hukum Newton II, didapatkan:  $F = m \cdot a$

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

$$F = m \cdot a$$

$$F dt = m \cdot dV$$

$$\int F dt = \int m \cdot dv$$

$$\int F dt = m (V_2 - V_1)$$

$$= mV_2 - mV_1$$

Impuls  $\rightarrow F \cdot t = m \cdot \Delta v$

**Contoh Soal :**

1. Sebuah bola massa 800 gram ditendang dengan gaya 400 N. Jika kaki dan bolah bersentuhan selama 0,5 sekon, tentukan Impuls pada peristiwa tersebut.

Jawab

Diketahui:

$$m = 0,8 \text{ kg}$$

$$F = 400 \text{ N}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ S}$$

Ditanya :

$$I = \dots?$$

Jawab:

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

$$= 400 \cdot 0,5 = 200 \text{ N.s}$$

2. Sebuah bola bergerak ke utara dengan kelajuan 36 km/jam, kemudian bola ditendang ke Selatan dengan gaya 40 N hingga kelajuan bola menjadi 72 km/jam ke Selatan. Jika massa bola 800 gram tentukan :

- a. Impuls pada peristiwa tersebut
- b. Lamanya bola bersentuhan dengan kaki

jawab

Diket:

$$V_0 = 36 \text{ km/jam} = 10 \text{ m/s,}$$

$$m = 800 \text{ gram} = 0,8 \text{ kg}$$

$$V_t = -72 \text{ km/jam} = -20 \text{ m/s}$$

$$F = -40 \text{ N}$$

Ditanya:

- a.  $I = \dots?$

- b.  $\Delta t = \dots?$

Jawab:

$$I = \Delta P$$

$$\begin{aligned}
 I &= m \cdot V_t - m \cdot V_0 \\
 I &= m(V_t - V_0) \\
 &= 0,8 (-20 - 10) \\
 &= 0,8 - 30 \\
 &= -24 \text{ kg m/s}
 \end{aligned}$$

tanda negatif menyatakan arahnya ke selatan

## **B. Tumbukan**

### **Tumbukan Elastis dan Tidak Elastis**

#### **1. Tumbukan elastis**

Tumbukan elastis terjadi antara dua benda atau lebih yang energi kinetiknya tidak ada yang hilang dan momentum linear total tetap. Contoh suatu tumbukan elastis yaitu apabila dua bola di atas sebuah meja menumbuk satu sama lain. Jumlah momentum bola sebelum bertumbukan sama dengan momentum setelah bertumbukan. Selain itu juga, jumlah energi kinetik bola sebelum kontak sama dengan jumlahnya setelah kontak.

Pada tumbukan elastis berlaku momentum kekal, dan energi kinetik kekal.

#### **2. Tumbukan tidak elastis**

Tumbukan tidak elastis terjadi antara dua benda atau lebih yang energi kinetiknya hilang, karena transformasi menjadi panas, bunyi, dan lain-lain. Momentum benda sebelum dan sesudah tumbukan adalah konstan. Tumbukan benar-benar tidak elastis jika partikel-partikel yang bertabrakan menempel bersama-sama setelah terjadi tumbukan.

Suatu contoh yang baik mengenai tumbukan tidak elastis adalah dua mobil yang bertabrakan pada kecepatan tinggi. Energi yang berkaitan dengan energi kinetik kedua mobil diubah menjadi bentuk panas yang lain dan bunyi sebagaimana kereta bertabrakan. Tabrakan yang menghancurkan dua buah mobil yang bertumbukan mempunyai momentum yang sama dengan jumlah momentum mobil-mobil sebelum bertabrakan, dengan menganggap tidak ada gesekan dengan tanah. Kecepatan benda-benda sesudah tumbukan adalah sama.

### 3. Tumbukan elastis sebagian

Pada tumbukan tidak elastis berlaku momentum kekal dan energi kinetik tidak kekal. Tumbukan elastis sebagian terjadi antara dua benda atau lebih yang sebagian energi kinetiknya hilang, karena berubah menjadi panas, bunyi dan lain-lain. Momentum benda sebelum dan sesudah tumbukan adalah konstan. Tumbukan elastis sebagian jika partikel-partikel yang bertabrakan tidak menempel bersama-sama setelah terjadi tumbukan. Pada tumbukan elastis sebagian berlaku momentum kekal, dan energi kinetik tidak kekal.

Pada peristiwa tumbukan, bekerjalah impuls gaya, yaitu gaya yang bekerja hanya sesaat. Impuls gaya ini timbul karena adanya interaksi dari dua benda dan gaya interaksi timbul bersama-sama.

Untuk benda A :

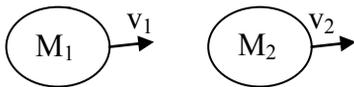
$$\Delta Pa = Ma(Va' - Va)$$

Untuk benda B :

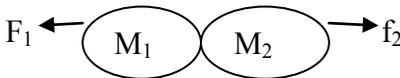
$$\Delta Pb = Mb(Vb' - Vb)$$

Pada saat tumbukan berlaku hukum Newton III

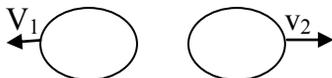
Reaksi = - reaksi



Gbr sebelum tumbukan



Gbr saat tumbukan



Gbr sesudah tumbukan

$$Fa = - fb$$

$$\text{Impuls gaya } Fa = - \text{Impuls gaya } Fb$$

$$Ja = - Jb \text{ atau}$$

$$\Delta Pa = \Delta Pb$$

$$Ma(Va' - Va) = -Mb(Vb' - Vb)$$

$$MaVa' - MaVa = -MbVb + MbVb'$$

$$MaVa' + MbVb' = MbVb + MaVa \rightarrow \text{H Kekalkan momentum}$$

### Konstanta Tumbukan

Konstanta tumbukan, didefinisikan sebagai harga negatif dan perbandingan kecepatan relative sesudah tumbukan dan kecepatan relatif sebelum tumbukan

$$e = - \frac{Vb' - Va'}{Vb - Va}$$

Jika

$e = 1$  disebut tumbukan elastis sempurna

$e = 0$  disebut tumbukan tidak elastis

Tumbukan elastik sempurna didefinisikan sebagai tumbukan yang bercirikan momentum total sistem dan energi kinetik totalnya tetap. Dan tumbukan tidak elastik sempurna didefinisikan sebagai tumbukan yang momentum total sistem nya tetap, sedangkan energi total sistem tidak tetap.

### Contoh Soal :

Dua buah benda A dan B masing – masing dengan masa 4 Kg dan 2 Kg dan dengan kecepatan 5 m/det dan -1 m/det. Bergerak diatas bidang mendatar tanpa gesekan dan melakukan tumbukan, hitung kecepatan kedua benda sesudah tumbukan , jika konstanta tumbukan

a.  $e = 1$

b.  $e = 0$

Jawab ;

Diketahui ;

$$Ma = 4 \text{ Kg}$$

$$Mb = 2 \text{ Kg}$$

$$Va = 5 \text{ m/det}$$

$$Vb = -1 \text{ m/det}$$

Ditanya ;

$$Va' \text{ dan } Vb' \dots ?$$

Penyelesaian:

$$e = 1$$

$$M_a \cdot V_a + M_b \cdot V_b = M_a \cdot V_a' + M_b \cdot V_b'$$

$$4 \cdot 5 + 2(-1) = 4 \cdot V_a' + 2 \cdot V_b'$$

$$20 - 2 = 4 \cdot V_a' + 2 \cdot V_b' \dots (1)$$

$$18 = 4 \cdot V_a' + 2 \cdot V_b' \dots (1)$$

$$e = -V_b' - V_a'$$

$$V_b = -V_a$$

$$1 = -\frac{V_b' - V_a'}{-1 - 5} = 1 = -\frac{V_b' - V_a'}{6}$$

$$-6 = -(V_b' - V_a') \rightarrow 6 = V_b' - V_a' \dots (2)$$

dari pers (1) dan pers (2) di eliminasi

$$18 = 4V_a' + 2V_b' \rightarrow \times 1 \rightarrow 18 = 4V_a' + 2V_b'$$

$$6 = V_b' - V_a' \rightarrow \times 2 \rightarrow 12 = 2V_b' - 2V_b'$$

---


$$6 = 6V_a' \rightarrow V_a' = 1 \text{ m/s}$$

$$V_b' = 7 \text{ m/s}$$

$$E = 0$$

$$0 = -\frac{V_b' - V_a'}{-6} \rightarrow 0 = -V_b' - V_a'$$

$$\rightarrow V_a' = V_b' \dots (3)$$

Dari persamaan (1) dan pers (3) disubsitusi

$$4V_a' + 2V_b' = 18 \rightarrow 4V_a' + 2V_a' = 18$$

$$\rightarrow 6V_a' = 18 \rightarrow V_a' = 3$$

Jadi :

$$V_a' = V_b' = 3 \text{ m/s}$$

2. Sebuah peluru dengan massa 20 gr ditembakkan dengan kecepatan 100 m/s arah horizontal dan mengenai benda ayunan yang massanya 0,98 kg yang semula berada dalam keadaan diam. Setelah mengenai ayunan, peluru bersarang didalam dan melakukan ayunan vertikal. Hitung maksimum dari ayunan, tali ayunan 1 m.

Jawab :

$$\text{Dik : } m_{\text{peluru}} = 20 \text{ gr}$$

$$M_{\text{ayunan}} = 0,98 \text{ kg}$$

$$V_{\text{peluru}} = 100 \text{ m/s}$$

Dit :  $v_a^1$  .....?  
 $\theta$  .....?

Penyelesaian

$$M_p \cdot v_p + m_a \cdot v_a = m_p \cdot v_p^1 + m_a \cdot v_a^1$$

$$0,02 \cdot 100 + 0,98 \cdot 0 = (0,02 + 0,98) \cdot v_a^1$$

$$2 = 1 \cdot v_a^1$$

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

Untuk benda ayunan +peluru, dari a ke b berlaku hukum kekekalan energi total

$$E_{k_a} + E_{p_a} = E_{k_b} + E_{p_b}$$

$$\frac{1}{2} (0,02 + 0,98) \cdot 22 = 1 \cdot 10 (1 - \cos \theta)$$

$$2 = 10 (1 - \cos \theta)$$

$$\frac{2}{10} = 1 - \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{4}{5}$$

$$\theta = \arccos \frac{4}{5} = 37^\circ$$

## Latihan Soal

1. Gaya sebesar 10 N bekerja selama 5 detik pada benda bermassa 2 kg. Pada saat mula-mula diam, tentukan
  - (a) momentum yang terjadi
  - (b) kecepatan benda pada akhir detik ke 5
  - (c) energi kinetik pada akhir detik ke 5
  - (d) kerja yang dilakukan
  - (e) jarak yang ditempuh selama gaya bekerja
  - (f) jarak yang ditempuh dalam 4 detik setelah gaya berhenti
  - (g) daya rata-rata yang diperlukan selama 5 detik.
2. Sebuah bola diikat dengan tali yang panjang 1,2 m sehingga dapat melakukan gerak ayunan sederhana. Mula-mula bola dilepaskan dari tempat yang sejajar dengan titik pusat ayunan. Tentukan kecepatan bola ketika melalui titik terendah.
3. Bola bermassa 1,0 kg jatuh vertikal keatas lantai dengan laju 25 m / s. Bola terpantul dengan laju awal 10 m/s.
  - (a) berapa impuls yang bekerja pada bola selama kontak,
  - (b) jika bola bersentuhan dengan lantai selama 0,020 s, berapakah gaya rata-rata yang dilakukan pada lantai.
4. Untuk contoh-contoh berikut, momentum linier benda (yang dicetak miring) manakah yang paling mendekati kekal.
  - (a) bola yang jatuh bebas dalam vakum
  - (b) mobil yang berbelok dengan laju konstan
  - (c) bola karet yang terpantul bail dari lantai
  - (d) dua bola yang saling bertumbukan dalam arah tegak lurus
  - (e) senapan dan peluru yang ditembakkan dari senapan itu oleh orang yang memegang senapan.
5. Dua buah benda A dan B masing – masing dengan masa 4 Kg dan 2 Kg dan dengan kecepatan 5 m/det dan  $-1$  m/det. Bergerak diatas bidang mendatar tanpa gesekan dan melakukan tumbukan, hitung kecepatan kedua benda sesudah tumbukan, jika konstanta tumbukan
  - (a)  $e = 1$ ,
  - (b)  $e = 0,5$ ,
  - (c)  $e = 0$

6. Dua buah bola logam bertumbukan selama 1,5 detik. Pada saat tumbukan tersebut, gaya internal yang bekerja pada nya adalah  $F = 3t^2 - 2t$ . Tentukan perubahan momentumnya.
7. Seorang yang massanya 90 kg menambahkan dengan senapannya yang massa nya 7,5 kg sehingga pelurunya meluncur dengan kecepatan 400 cm / detik. Jika massa peluru tersebut 20 gr. Hitunglah kecepatan gerakan mundur senapan yang dirasakan orang tersebut akibat tembakan itu.
8. Sebuah peluru yang massa nya 15 gr ditembakkan dari sebuah senapan, ternyata mengenai sebuah balok dan masuk kedalamnya. Jika massa balok 1 kg dan terletak pada bidang mendatar yang licin dan menempel pada ujung pegas yang konstanta pegas nya 2 N/cm , ternyata pegas tertekan 20 cm , tentukan :
  - a. Energi potensial maksimal pegas
  - b. Kecepatan balok tepat sesaat setelah tumbukan dengan peluru
  - c. Kecepatan peluru sebelum mengenai balok
  - d. Energi yang hilang dalam peristiwa tumbukan tersebut.

## BAB VI FLUIDA

Fluida adalah zat alir atau zat yang dapat mengalir, termasuk cairan dan gas. Sifat-sifat fluida yang berhubungan dengan kemampuannya untuk mengalir, meliputi statika fluida untuk zat-zat alir yang diam dan dinamika fluida untuk zat alir yang bergerak.

*"Dan pada perkisaran angin terdapat pula tanda-tanda (kekuasaan) Allah bagi kaum yang berakal." (AlJaatsiyah:5)*

***" Dan Dia menundukkan untukmu apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi semuanya, ( sebagai rahmat ) dari padanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda kekuasaanNya bagi kaum yang berfikir."(AlJaatsiyah:13)***

Kedua ayat diatas sangat berkaitan erat dengan teknologi keudara.. Diawali dengan ayat 5, dengan terjemahan "tshriifirriyaahi " sebagai perkisaran angin, kita dituntun untuk mempelajari sifat fluida yang bergerak atau mengalir. Disambung oleh ayat 13, menegaskan dasar dari teknologi udara.

### A. Tekanan Dan Massa Jenis

Ada suatu perbedaan didalam cara sebuah gaya permukaan beraksi pada suatu fluida dan pada suatu benda padat. Untuk suatu benda padat tidak ada batasan-batasan pada arah gaya seperti itu, tetapi untuk suatu fluida yang diam maka gaya permukaan harus selalu diarahkan tegak lurus kepada permukaan.

$$P = \frac{F}{A}$$

Rapat massa ( $\rho$ ) bahan yang homogen didefinisikan sebagai massa (m) per satuan volume (V)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

## Tekanan dalam fluida yang diam

Massa elemen tersebut adalah  $\rho \cdot A \cdot dy$ , bila  $\rho$  adalah rapat massa fluida, maka berat elemen  $dw = \rho \cdot g \cdot A \cdot dy$

Gaya horizontal yang bekerja pada sisi elemen selalu tegak lurus permukaan, sehingga gaya resultannya sama dengan 0. Gaya vertical pada permukaan atas  $(p-dp) \cdot A$  dan permukaan bawah  $p \cdot A$ , dalam keadaan seimbang  $\sum F_y = 0$

$$p \cdot A - (p-dp) \cdot A - \rho \cdot g \cdot A \cdot dy = 0$$

$$p \cdot A - p \cdot A + A \cdot dp = \rho \cdot g \cdot A \cdot dy$$

$$p \cdot A = \rho \cdot g \cdot A \cdot dy$$

$$\rho \cdot g = \frac{dy}{dp} \implies \rho \cdot g \cdot dy = dp$$

$$\int_{y_1}^{y_2} \rho \cdot g \cdot dy = \int_{p_1}^{p_2} dp \implies \rho \cdot g \cdot (y_2 - y_1) = p_2 - p_1$$

$$p_1 + \rho \cdot g \cdot h = p_2$$

## B. Prinsip Pascal Dan Prinsip Archimedes

### Prinsip Pascal

Tekanan yang diberikan pada suatu fluida tertutup diteruskan tanpa berkurang besarnya pada setiap bagian fluida dan dinding-dinding dimana fluida tersebut berada.

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

### Prinsip Archimedes

Bila sebuah benda seluruhnya atau sebagian dicelupkan kedalam fluida yang diam akan mendapat gaya apung keatas seberat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut.

$$F = \gamma \cdot V \cdot g$$

Dimana :

$F$  = gaya archimedes ( gaya keatas)

$\gamma$  = massa jenis zat cair

$V$  = Volume zat cair yang dipindahkan

$G$  = percepatan gravitasi

Hukum archimedes membicarakan gaya keatas yang dialami oleh benda bila benda tersebut berada didalam zat cair

\*Benda terapung =  $\gamma$  benda <  $\gamma$  zat cair

\*Benda melayang =  $\gamma$  benda =  $\gamma$  zat cair

\*Benda tenggelam =  $\gamma$  benda >  $\gamma$  zat cair

### C. Dinamika Fluida

Dinamika fluida ini terbatas pada aliran fluida yang bersifat

1. Tunak (steady) aliran fluida yang berkecepatan tiap partikel fluida pada suatu titik tertentu adalah tetap.
2. Tak rotasional, aliran fluida yang pada tiap titik elemen fluida tidak memiliki momentum sudut terhadap titik tersebut.
3. Tak kompresibel ( tak termampatkan),aliran fluida tidak berubah rapat massanya ketika mengalir.
4. Tak kental (non viskos)

### Persamaan Bernoulli

Anggap fluida tidak mempunyai kekentalan (viscositas) yaitu kecepatan pada penampang sama,atau kecepatan fluida yang jauh dari dinding.

Kerja oleh gaya tekan  $F_1 = P_1 \cdot A_1 = P_1 \cdot A_1 \cdot \Delta L_1$

Kerja oleh gaya tekan  $F_2 = P_2 \cdot A_2 = P_2 \cdot A_2 \cdot \Delta L_2$

Kerja oleh gaya gravitasi adalah yang diasosiasikan dengan kerja untuk mengangkat elemen fluida dari ketinggian  $Y_1$  ke ketinggian  $Y_2$  adalah  $m \cdot g (Y_1 - Y_2)$

Jadi kerja

$W = P_1 \cdot A_1 \cdot \Delta L_1 - P_2 \cdot A_2 \cdot \Delta L_2 - m \cdot g (Y_2 - Y_1)$

Dimana :

$$A_1 \cdot \Delta L_1 = A_2 \cdot \Delta L_2$$

Perubahan energi kinetic dari elemen fluida adalah

$$\Delta Ek = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

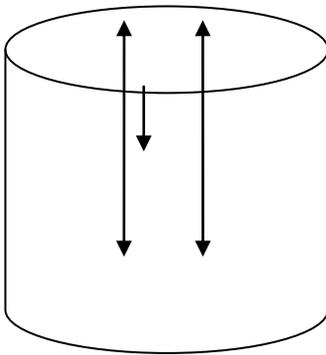
W = Ek

$$p_1 A_1 \Delta L_1 - p_2 A_2 \Delta L_2 - mg(y_2 - y_1) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$p_1 \frac{m}{\rho} - p_2 \frac{m}{\rho} - (mgy_2 - mgy_1) - \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$\frac{m}{\rho}(p_1 - p_2) - mg(y_2 - y_1) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$p_1 + \rho gy_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho gy_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$



### Persamaan kontinuitas

Menunjukkan aliran fluida dalam pipa yang luas penampangnya  $A_1$  dan  $A_2$ . Kecepatan fluida pada masing-masing penampang adalah  $v_1$  dan  $v_2$

$$\rho A_1 v_1 dt = \rho A_2 v_2 dt$$

atau

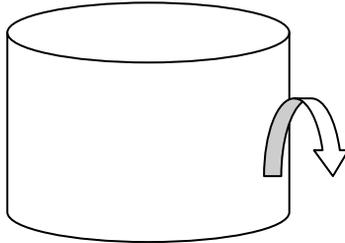
$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Contoh Soal :

Sebuah tabung besar berisi air yang tingginya 3,5 m. Pada dasar tabung terdapat lubang kecil yang luas penampangnya 5

$\text{Cm}^2$ . Jika tabung tersebut diletakkan 2 m di atas tanah dan luas penampangnya  $300 \text{ Cm}^2$ . Tentukan :

- Kecepatan air yang keluar dari lubang
- Debit air yang keluar dari lubang
- Jarak antara lubang dengan letak jatuhnya air di tanah ( $g=9,8 \text{ m/det}^2$ )



Jawab :

Dik  $Y_a = 3,5 \text{ m}$

Dit : a.  $V_b$ .....?

$Y_b = 2 \text{ m}$

b.  $Q_b$ ....?

$A_a = 5 \text{ Cm}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

c.  $X$ .....?

$A_b = 300 \text{ Cm}^2 = 300 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

Penyelesaian :

a. Persamaan Bernoulli

$$p_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$g y_1 + \frac{1}{2} v_1^2 = g y_2 + \frac{1}{2} v_2^2$$

dimana

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_1 = \frac{A_2 v_2}{A_1} \rightarrow g y_a + \frac{1}{2} v_a^2 = g y_b + \frac{1}{2} v_b^2$$

$$\frac{1}{2} \left( \frac{A_b v_b}{A_a} \right)^2 - \frac{1}{2} v_b^2 = g(y_b - y_a) \rightarrow v_b^2 = \frac{2g(y_b - y_a)}{\left( \frac{A_b}{A_a} \right)^2 - 1}$$

$$v_b^2 = \frac{2 \cdot 10(2 - 3,5)}{5 \cdot 10^{-4} / 300 \cdot 10^{-4} - 1} \text{ m.m}$$

## D. Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan adalah besarnya gaya permukaan tiap satuan panjang pada permukaan zat cair.

$$\tau = \frac{F}{2l}$$

Dimana :

F = gaya berat kawat S

L = panjang kawat

$\tau$  = tegangan permukaan

## Kapilaritas

Adalah gejala turun atau naiknya zat cair pada pipa sempit. Pada pipa kapiler yang dimasukkan kedalam zat cair, permukaan zat cair didalam pipa tidak rata, bentuk permukaan zat cair dinamakan *meniskus*

$$Y = \frac{2 \cdot \gamma_0 \cdot \cot g}{\gamma \cdot q \cdot r}$$

Kapilaritas tergantung pada adhesi dan kohesi :

- Adhesi : gaya Tarik menarik antara molekul-molekul yang berlainan jenis
- Kohesi : gaya Tarik menarik antar molekul sejenis

## Latihan Soal

1. Buatlah suatu perkiraan mengenai massa jenis rata-rata dari badan saudara. Terangkan sebuah cara didalam mana saudara dapat memperoleh suatu nilai yang teliti dengan menggunakan pemikiran pada bab ini.
2. Jelaskan bagaimana sebuah kapal selam naik, turun dan mempertahankan kedalamannya yang tetap
3. Carilah penambahan tekanan didalam fluida didalam sebuah penyemprot bila seorang perawat memakai sebuah gaya sebesar 42 N kepada pengisap penyemprot yang jari-jarinya 1,1 cm.

4. Dua bejana silinder yang identik dengan alas-alasnya berada pada permukaan yang sama masing-masing berisi suatu cairan yang massa jenisnya  $\rho$ . luas masing-masing alas adalah  $A$ , tetapi di dalam salah satu bejana tinggi cairan adalah  $h_1$  dan didalam bejana yang satu lagi tinggi cairan adalah  $h_2$ . Tentukan kerja yang dilakukan oleh gravitasi untuk menyamakan tinggi permukaan bila kedua bejana tersebut dihubungkan.
5. Sebuah balok kayu mempunyai massa sebesar 3,67 kg dan massa jenis relative sebesar 0,60. Balok kayu tersebut akan dibebani dengan timah sehingga akan mengapung didalam air dengan 0,90 bagian volume nya yang terbenam. Berapakah berat timah yang diperlukan (a) jika timah tersebut berada diatas kayu (b) jika timah tersebut diikatkan dibawah kayu ( massa jenis timah  $1,13 \cdot 10^4 \text{ kg / m}^3$ )

## BAB VII ELASTISITAS

**"Dan Allah telah meninggikan langit dan Dia meletakkan neraca." (ar Rahman: 7)**

Dalam ayat ini tersirat yang berhubungan dengan kenyataan yang telah diketahui manusia dari berbagai gejala yang terlihat atau telah dilakukan percobaan dan pengukurannya. Dalam kaitan masalah yang akan di bahas di sini, bukan peristiwa pemuaiannya atau keseimbangannya , namun ada suatu sifat yang menertai dalam peristiwa itu yaitu sifat kelenturan atau elastis.

Semua bahan berubah bentuk karena pengaruh gaya, ada yang kembali ke bentuk aslinya, bila gaya dihilangkan ( elastis). Dan ada pula yang tetap berubah bentuk sedikit atau banyak ( plastis). Sifat kelentingan dengan dua pengertian yang dinamakan stress dan strain.

### A. Stress ( Tegangan )

Adalah gaya persatuan Luas

$$S = \frac{F}{A}$$

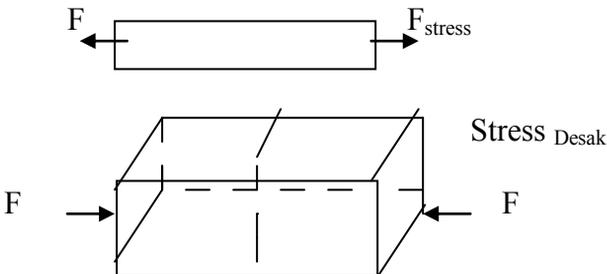
Dimana :

s = Stress

A = Luas

F= Gaya

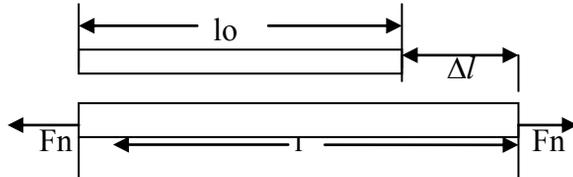
Stress ada beberapa macam :



## B. Strain / Regangan

Dikarenakan pada perubahan relative dari bentuk atau ukuran benda yang mengalami stress.

$$E = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$$



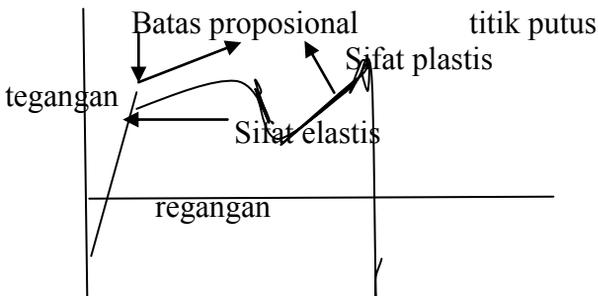
## C. Modulus Elastisitas

Perbandingan antara stress dan strain yang ditimbulkannya disebut modulus elastisitas /young.

$$Y = \frac{\delta}{e} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L_0}} = \frac{F}{A} \cdot \frac{L_0}{\Delta L}$$

## Grafik Tegangan Dan Regangan

Hubungan antara tegangan dan regangan setiap bahan berbeda, tergantung jenis dan bahannya. Bila tegangan dan regangan digambarkan dalam suatu grafik akan diperoleh bentuk yang berbeda-beda.



tegangan dan regangan adalah proporsional, daerah ini memenuhi hukum hooke, karena tegangan sebanding dengan regangan. Jika beban ditambah, regangan akan semakin besar dan bila sampai lewat dari titik bahan tidak akan kembali ke bentuk semula, jika regangan ditiadakan (garis putus), dikatakan bahan mempunyai regangan tetap.

Contoh Soal :

Batang baja yang panjang 2,5 m penampangnya  $6 \text{ Cm}^2$  dan modulus elastisitasnya  $21 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$  disambung dengan batang aluminium yang penampangnya  $4 \text{ Cm}^2$  dan modulus elastisitasnya  $7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ . Kedua ujung batang logam tersebut dipasang gaya 500 N. Ternyata pertambahan panjang kedua logam itu sama, tentukan :

- Panjang batang aluminium mula-mula
- Tegangan dari tiap-tiap batang logam
- Regangan dari tiap-tiap batang logam

Penyelesaian :

Dik :

$$L_0 \text{ baja} = 2,5 \text{ m}$$

$$A_{\text{al}} = 4 \text{ Cm}^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{baja}} = 6 \text{ Cm}^2 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Y_{\text{al}} = 7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$Y_{\text{baja}} = 21 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$F = 500 \text{ N}$$

Dit :

- $L_0 \text{ Al} \dots \dots ?$
- $\delta L_{\text{al}} \dots \dots ? \delta L_{\text{baja}} \dots \dots ?$
- $e_{\text{al}} \dots \dots ? e_{\text{baja}} \dots \dots ?$

Jawab

$$Y_{\text{baja}} = \frac{F}{A} \cdot \frac{L_0}{\Delta L}$$

$$21 \cdot 10^{10} = \frac{500}{6 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{2,5}{\Delta L}$$

$$\Delta L = \frac{1250}{126 \cdot 10^6} = 1,41 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$a. Y_{\text{al}} = \frac{F}{A} \cdot \frac{L_0}{\Delta L} \implies 7 \cdot 10^{10} = \frac{500}{4 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{L_0}{9,9 \cdot 10^{-6}}$$

$$L_0 = 0,55 \text{ m}$$

$$b. \delta al = \frac{F}{A} = \frac{500}{4 \cdot 10^{-4}} = 1,25 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\delta_{baja} = \frac{F}{A} = \frac{500}{6 \cdot 10^{-4}} = 8,33 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$c.e \text{ baja} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{1,41 \cdot 10^{-6}}{2,5} = 3,968 \cdot 10^{-6}$$

$$al = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{1,41 \cdot 10^{-6}}{0,55} = 1,786 \cdot 10^{-5}$$

#### D. Momen Puntir

Suatu bahan yang dijepit dan mendapatkan gaya F yang memuntir maka akan timbul momen punter  $M_p$ .

$$M_p = F \cdot R$$

$$M_p = W_p \cdot T_p$$

Dimana :

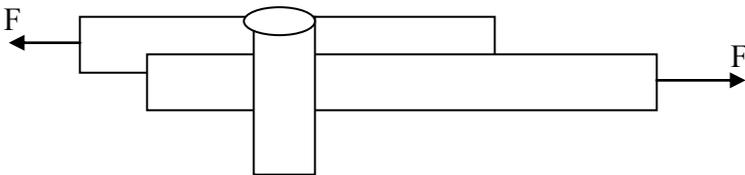
R = jari-jari batang

$W_p$  = Tekanan puntir

$T_p$  = Tegangan punter

#### Gaya Geser

Adalah suatu gaya yang menyebabkan timbul nya tegangan geser terhadap suatu bahan , misalnya sambungan kelingan.



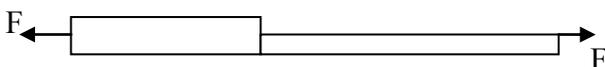
$$\text{Besarnya tegangan geser } \tau \cdot d = \frac{F}{A}$$

Bahan yang kena geser adalah paku keeling maka

$$\tau \cdot d = \frac{F}{\pi/4 \cdot D^2}$$

## Latihan Soal

1. Batang baja yang panjangnya 3,5m, penampangnya  $7\text{cm}^2$  dan modulus elastisitasnya  $21 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$  disambung dengan batang aluminium yang penampangnya  $5 \text{ cm}^2$  dan modulus elastisitasnya  $7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ . Kedua ujung batang logam tersebut dipasang gaya 600 N, ternyata pertambahan panjang kedua logam itu sama, tentukan
  - a. Panjang batang aluminium mula-mula
  - b. Tegangan dari tiap-tiap batang
  - c. Regangan dari tiap-tiap batang.



2. Sepotong kawat yang panjangnya 20 m penampangnya  $5 \text{ mm}^2$  ditarik gaya 50 N pada salah satu ujungnya dalam arah memanjang. Jika modulus young dari kawat itu  $2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ , tentukan
  - a. Pertambahan panjang kawat
  - b. Regangan kawat
  - c. Tegangan kawat
3. Sepotong kawat aluminium yang panjangnya 4 m dan penampangnya  $3 \text{ mm}^2$ , digantungkan pada sebuah balok kayu. Jika elastisitas  $1,5 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ , modulus young  $7,2 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$  dan batas kekuatannya  $2 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ , tentukan :
  - a. Batas maksimum yang dapat digantungkan pada ujung kawat tanpa menyebabkan kawatnya putus.
  - b. Pertambahan panjang kawat yang masih dapat terjadi sebelum melampaui batas elastisitasnya.
4. Kawat logam yang panjangnya 6,4 m, luas penampangnya  $0,8 \text{ cm}^2$  ditarik dengan gaya  $5 \cdot 10^3 \text{ N}$ , ternyata kawat bertambah panjang 0,4 cm. tentukan modulus elastisitas dari kawat logam tersebut ( $10 \cdot 10^{10} \text{ N/m}$ ).
5. Seutas kawat yang panjangnya 5 cm, penampangnya  $9 \text{ mm}^2$ , ditarik dengan gaya  $6,72 \cdot 10^3 \text{ N}$ . Apabila kawat tersebut bertambah panjang 0,8 mm, tentukan :
  - a. Regangan kawat
  - b. Tegangan kawat
  - c. Modulus young kawat tersebut

6. Kawat baja yang panjang nya 700 cm disambungkan dengan kawat tembaga yang panjang 1200 cm , ujung-ujung kawat sambungan bekerja 520 N. Jika luas penampang tiap-tiap kawat  $0,85 \text{ cm}^2$  , modulus elastisitas baja  $21.10^{10} \text{ N/m}^2$  dan modulus elastisitas tembaga  $7.10^{10} \text{ N/m}^2$  , tentukan
  - a. Pertambahan panjang tiap-tiap kawat
  - b. Energi potensial elastic system
7. Sebuah lift ditahan oleh 3 buah kawat baja masing –masing bergaris tengah 1 cm. Ketika lantai lift itu berada pada lantai pertama dari bangunan , panjang masing-masing kawat penahan adalah 25 m. Berapa jauh turunnya lift itu bila suatu mesin bermassa 700 kg dimasukkan kedalam lift ? andaikan turunnya lift disebabkan seluruhnya oleh peregangan kawat – kawat penahan dan modulus dari baja adalah  $2,6 \times 10^{11} \text{ Pa}$ .
8. Tentukan gaya yang diperlukan untuk melubangi pelat baja yang tebalnya 2 mm dengan menggunakan pelubang berdiameter 22 mm , jika kekuatan geser bahan  $3,7 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

## BAB VIII

# TERMOMETRI

Ukuran panas dinginya suatu benda atau system tersebut bila temperatur suatu benda atau system ingin diketahui.

***Dan Dia {menundukan pula} apa yang Dia ciptakan untuk kamu di bumi ini dengan berlain-lainan macamnya, sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda kekuasaannya. (An Nahl :13)***

*Secara harfiah memang kita melihat dan merasakan banyak wujud dan jenis benda yang diciptakan Allah SWT. Dibalik itu banyak juga yang tidak tampak dan berupa sifat atau potensi, antara lain seperti energi yang disediakan untuk manusia. Energi itu termasuk suhu dan kalor.*

### A. Pemuaiian

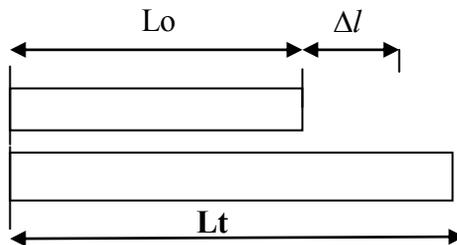
Salah satu sifat termometrik yang umum adalah adanya perubahan dimensi ( panjang, lebar, volume ) yang disebabkan perubahan temperatur.

Bila suatu batang pada suatu temperatur mempunyai panjang  $L$ , dan panjangnya bertambah  $\Delta L$  karena perubahan temperatur  $\Delta T$

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

atau

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}$$



### untuk perubahan luas

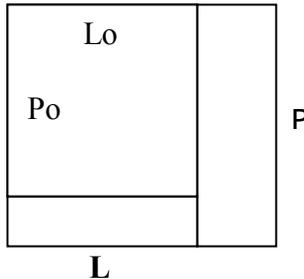
$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

atau

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

Dimana

$$\beta = 2 \alpha$$



### Perubahan Volume

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

atau

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$$

Dimana :

$$\gamma = 3\alpha$$

$\Delta L$  = Pertambahan Panjang ( m , cm )

$\Delta A$  = Pertambahan Luas ( m<sup>2</sup>, cm<sup>2</sup> )

$\Delta v$  = Pertambahan Volume ( m<sup>3</sup>, cm<sup>3</sup> )

$\Delta T$  = Pertambahan Temperatur ( °C , °K )

L = Panjang

V = Volume

A = Luas

$\alpha$  = Koefisiensi muai panjang / °C

$\beta$  = Koefisiensi muai Luas / °C

$\gamma$  = Koefisiensi muai Volume / °C

Contoh Soal :

Pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  sebuah gelas kaca yang volumenya  $50\text{ cm}^3$  berisi penuh dengan air raksa. Berapa volume air raksa yang tumpah, jika suhu system naik menjadi  $100^{\circ}\text{C}$ ..?

Penyelesaian

Dik : koefisiensi muai panjang dari gelas  $9 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  dan koefisiensi muai volume dari air raksa  $18 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

Jawab :

Dik : Gelas Kaca

$$V_0 = 50\text{ cm}^3$$

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

$$\alpha = 9 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$$

air raksa

$$V_0 = 50\text{ cm}^3$$

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

$$\beta = 18 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$$

Dit :  $\Delta V$  air raksa yang tumpah...?

Penyelesaian :

Volume gelas

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$$= 3 \cdot (9 \cdot 10^{-6}) \cdot 50 (100 - 0)$$

$$= 0,135\text{ cm}^3$$

air raksa

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$$= 18 \cdot 10^{-5} \cdot 50 (100 - 0)$$

$$= 0,9\text{ cm}^3$$

Jadi : air raksa yang tumpah

$$\Delta V = \Delta V \text{ air raksa} - \Delta V \text{ gelas}$$

$$= 0,9 - 0,135 = 0,765\text{ cm}^3$$

## B. KALOR

Adalah sesuatu yang dipindahkan diantara sebuah system dan lingkungan sebagai akibat adanya temperatur.

### KAPASITAS KALOR

Perbandingan antara banyaknya kalor  $\Delta Q$  yang dibutuhkan oleh benda untuk memindahkan temperatur sebesar  $\Delta T$  disebut

### KAPASITAS KALOR

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

dimana :

C = Kapasitas kalor ( kalor / $^{\circ}\text{C}$  )

Q = banyak kalor ( kalori )

T = suhu ( $^{\circ}\text{C}$  ,  $^{\circ}\text{K}$  )

Kapasitas kalor persatuan massa disebut **kalor jenis**

$$c = \frac{C}{m}$$

Dimana :

c = kalor jenis ( kal /  $^{\circ}$ Kg )

m = massa ( Kg , gr )

Kapasitas kalor molar adalah **kapasitas kalor permol**

$$c^1 = \frac{C}{n}$$

**Dimana**

c = kalor jenis ( kal /  $^{\circ}$ Kg )

n = banyaknya molekul ( mol )

Peristiwa perubahan fase seperti melebur, meleleh, dsb terjadi pada temperatur tetap, karena kalor digunakan untuk melepaskan ikatan antara atom, kalor yang diserap atau dikeluarkan persatuan massa benda disebut **Kalor Laten**

$$Q = m \cdot L$$

Dimana :

Q = Kalor ( kalori )

m = massa ( Kg , gr )

L = Kalor Laten ( kalori )

### **Azas Black**

Menurut asas black, kalor yang dilepaskan sama dengan kalor yang diterima.

$$Q_1 = Q_2$$

Atau

$$M_1 \cdot c_1 \cdot (T_1 - T_a) = M_2 \cdot c_2 \cdot (T_a - T_2)$$

Dimana :

m = massa ( Kg , gr )

c = Kalor jenis ( kalori /  $^{\circ}$ c Kg )

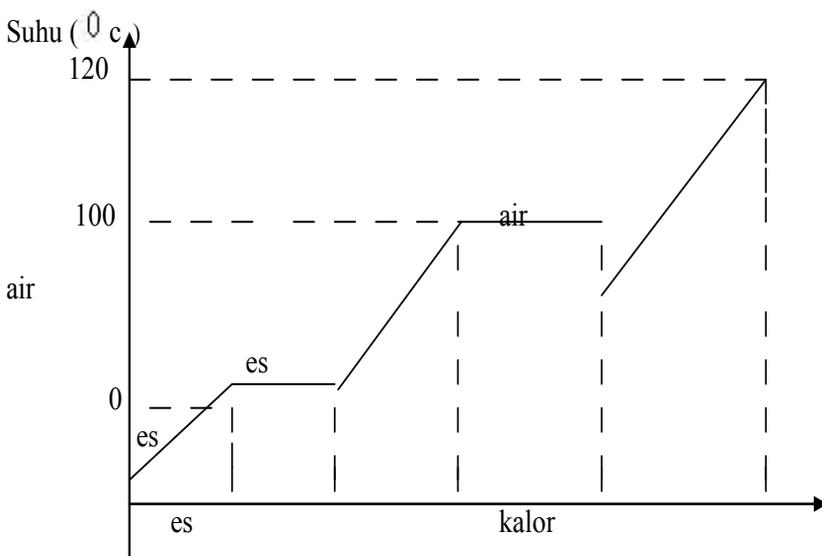
T = suhu (  $^{\circ}$ c ,  $^{\circ}$ K )

Ta = suhu akhir (  $^{\circ}$ c ,  $^{\circ}$ K )

Contoh Soal :

1 Kg es yang suhunya  $-20^{\circ}\text{C}$  dipanaskan hingga menjadi uap air yang suhunya  $120^{\circ}\text{C}$ . Berapa kalori yang diperlukan untuk pemanasan ini, bila diketahui :

- kalor jenis es =  $0,5$  kalori /  $\text{gr}^{\circ}\text{K}$
- kalor jenis air =  $1$  kalori /  $\text{gr}^{\circ}\text{K}$
- kalor jenis uap air =  $0,24$  kalori /  $\text{gr}^{\circ}\text{K}$
- kalor peleburan es =  $80$  kalori /  $\text{gr}^{\circ}\text{K}$
- kalor penguapan =  $540$  kalori /  $\text{gr}$
- titik lebur es =  $0^{\circ}\text{C}$
- titik didih air =  $100^{\circ}\text{C}$



Jawab :

\* Tahap I = untuk menaikkan suhu es  $-20^{\circ}\text{C}$  menjadi  $0^{\circ}\text{C}$

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta T \\ = 1000 \cdot 0,5 \cdot 20 = 10000 \text{ kalori}$$

\* Tahap II = untuk menaikkan es – air

$$Q_2 = m \cdot L \\ = 1000 \cdot 80 = 80.000 \text{ kalori}$$

\* Tahap III = untuk menaikkan  $0^{\circ}\text{C}$  –  $100^{\circ}\text{C}$

$$Q_3 = m \cdot c \cdot \Delta T \\ = 1000 \cdot 1 \cdot 100 = 100.000 \text{ kalori}$$

\* Tahap IV = untuk menguapkan air  $100^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$

$$Q_4 = m \cdot L_{\text{uap}}$$

$$= 1000 \cdot 540$$

$$= 540.000 \text{ kalori}$$

\* Tahap V = untuk menaikkan suhu uap  $100^{\circ} - 120$

$$Q_5 = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 1000 \cdot 0,24 ( 120 - 100 )$$

$$= 4800$$

Jadi :

$$Q_{\text{seluruh}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$= 10.000 + 80.000 + 100.000 + 540.000 + 4800$$

$$= 778.000 \text{ kalori}$$

## Latihan Soal

1. Sebuah tangki dari besi yang berbentuk kubus mempunyai volume  $1 \text{ m}^3$  pada suhu  $0^\circ\text{C}$ . Jika diketahui koefisien muai panjang besi  $1,2 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ , tentukan pertambahan luas permukaannya pada suhu  $100^\circ\text{C}$ .
2. Dengan sebuah calorimeter yang kapasitas kalor nya belum diketahui, dilakukan percobaan sebagai berikut :
  - a. Calorimeter diisi dengan 200 gram air dan suhunya  $20^\circ\text{C}$ , kemudian dimasukkan kedalamnya 50 gram alumunium yang suhunya  $100^\circ\text{C}$ , ternyata suhu akhirnya  $33,3^\circ\text{C}$ .
  - b. Setelah itu air dan alumuniumnya dibuang kemudian calorimeter diisi dengan 100 gram air dan suhunya  $30^\circ\text{C}$ , lalu dimasukkan 50 gram alumunium yang suhunya  $80^\circ\text{C}$ , ternyata suhu akhirnya  $33,67^\circ\text{C}$ .  
Tentukan kalor jenis alumunium dan kapasitas kalor calorimeter tersebut.
3. Untuk menentukan kalor lebur es, maka dilakukan percobaan sebagai berikut : sebuah tembaga yang massanya 10 Kg diisi dengan 3 Kg air yang suhunya  $50^\circ\text{C}$ , kemudian dimasukkan kedalamnya 0,6 Kg es yang suhunya  $0^\circ\text{C}$ . Setelah diaduk ternyata suhu akhir menjadi  $17,8^\circ\text{C}$ . Jika diketahui kalor jenis tembaga  $0,09 \text{ kalori/gram}^\circ\text{C}$  dan kalor lebur air  $1 \text{ kalori/gram}^\circ\text{C}$  tentukan kalor lebur es tersebut.
4. Pada suhu  $0^\circ\text{C}$  sebuah gelas kaca yang volume nya  $60 \text{ Cm}^3$  berisi penuh dengan air raksa. Berapa volume air raksa yang tumpah jika suhu system naik menjadi  $100^\circ\text{C}$ . Diketahui koefisien muai panjang dari gelas  $9 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  dan koefisien muai volume dari raksa  $18 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
5. Sebuah cincin dari alumunium yang jari-jari nya 1,996 cm dan sebuah silinder kuningan yang jari-jari dalam penampangnya 2 Cm pada suhu  $27^\circ\text{C}$ . Pada suhu berapakah supaya silinder itu dapat tepat masuk kedalam cincin, jika diketahui koefisien muai panjang untuk alumunium  $2,5 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$  dan untuk kuningan  $1,9 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ .
6. Sebuah bola logam yang massanya 500 gram di udara, bila bola tersebut di celupkan kedalam air yang suhunya  $6^\circ\text{C}$ . Seolah-olah massanya menjadi 425 gram. Jika bola tersebut

di celupkan ke dalam air yang suhunya  $92^{\circ}\text{C}$ , berapakah massanya sekarang.

-Kerapatan air pada  $6^{\circ}\text{C} = 1 \text{ gr/cm}^3$

-Kerapatan air pada  $92^{\circ}\text{C} = 0,986 \text{ gr/cm}^3$

-Koefisien muai panjang dari logam  
 $1,9 \cdot 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$

7. Pita ukur baja digunakan untuk mengukur batang tembaga yang panjangnya  $90 \text{ cm}$  pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$ . Tentukan hasil pengukurannya pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  ( $\alpha_{\text{tembaga}} = 17 \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$  dan  $\alpha_{\text{baja}} = 11 \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$ ).

## BAB XI PERPINDAHAN PANAS

*Besi adalah salah satu unsur yang dinyatakan secara jelas dalam Al Qur'an. Dalam Surat Al Hadiid, yang berarti "besi", kita diberitahu sebagai berikut:*

*"Dan Kami turunkan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia ...." (Al Qur'an, 57:25)*

### A. KONDUKSI

Sebuah Lempeng bahan, yang luas penampang  $A$  dan tebalnya  $\Delta x$ , kedua permukaan mempunyai temperatur yang berbeda. Panas  $\Delta Q$  yang mengalir dalam arah tegak lurus permukaan tersebut diukur dalam waktu  $\Delta t$ . Untuk ketebalan lempeng yang sangat kecil  $dx$ , dan perbedaan temperatur  $dT$ .

$$H = k A \cdot dT$$

Dimana :

$H$  = arus panas ( j/s , kal/s)

$A$  = Luas penampang (  $m^2$  ,  $cm^2$  )

$K$  = konduktivitas ( j/s . m  $^{-1}$  K )

$dT/dx$  = gradien suhu

Dalam peristiwa konduksi tak ada massa zat yang berpindah.

Misalkan batas antara 2 dinding tersebut mempunyai temperatur  $T_x$ , maka arus panas pada masing – masing dinding

$$H_2 = \frac{k_2 \cdot A \cdot (T_2 - T_x)}{L_2}$$

dan

$$H_1 = \frac{k_1 \cdot A \cdot (T_x - T_1)}{L_1}$$

Atau  $H_1 = H_2$

Dimana :

$T_2$  = Temperatur permukaan paling kiri

$T_1$  = Temperatur permukaan paling kanan

$T_x$  = Temperatur pada sambungan

$L_i$  = panjang / tebal

$K$  = Konduktivitas termol bahan

Contoh Soal :

Batang tembaga yang panjang 60 cm, penampangnya 3 cm<sup>2</sup> dipasang tungkai kayu yang penampangnya sama dengan penampang batang tembaga tersebut. Tetapi panjangnya 25 cm, jika diketahui konduktivitas termal kayu 0,10 J/det m<sup>0</sup>K dan konduktivitas termal tembaga 386,4 J/det.m<sup>0</sup>K. Ujung tembaga suhunya 1000<sup>0</sup>k, sedangkan ujung kayu suhunya 303<sup>0</sup>K. Tentukan Arus panas....?

Jawab

Dik :

$L_{cu} = 60$  Cm

$A_{cu} = A_{kayu} = 3$  Cm<sup>2</sup>

$L_{kayu} = 25$  Cm

$K_{kayu} = 0,10$  J / det.m.<sup>0</sup>K

$K_{cu} = 386,4$  J /det.m.<sup>0</sup>K

$T_{cu} = 1000$  0K

$T_{kayu} = 303$  0K

Dit : H.....?

Penyelesaian :

$$\frac{k_2 \cdot A \cdot (T_2 - T_x)}{L_2} = \frac{k_1 \cdot A \cdot (T_x - T_1)}{L_1}$$

$$\frac{0,10.3.10^{-4}(303 - T_x)}{25.10^{-2}} = \frac{386,4.3.10^{-4}(T_x - 1000)}{60.10^{-2}}$$

$$193,2 - 0,1932T_x = 0,00012T_x - 0,03636$$

$$0,19332T_x = 193,236$$

$$T_x = 999,565^0 K$$

$$\begin{aligned} H_{cu} &= k_{cu} \cdot A (T_x - T_1) \\ &= 386,4 \cdot 3.10^{-4} (1000 - 999,565) \\ &= 0,0504 \text{ Joule /det} \end{aligned}$$

## B. KONVEKSI

Adalah perpindahan panas dari suatu tempat ketempat lain disebabkan karena bahannya sendiri yang berpindah. Bentuk matematika peristiwa konveksi ini sangat rumit, tidak seperti pada peristiwa konduksi. Ini disebabkan karena panas yang hilang dan yang masuk pada suatu permukaan yang berhubungan dengan fluida tergantung pada berbagai keadaan antara lain :

- Bentuk permukaan melengkung, horizontal dan vertikal.
- Jenis fluida yang berhubungan dengan permukaan cair atau gas
- Karakteristik fluida; rapat massa, kekentalan, panas jenis dan sebagainya.

Dalam peristiwa konveksi digunakan rumus

$$H = h \cdot A \cdot \Delta T$$

Dimana

H = arus panas konveksi (joule/det)

A = luas penampang ( $m^2$ ,  $cm^2$ )

$\Delta T = \text{suhu (k)}$

H = koef konveks ( $j / ms \text{ k}$ )

### C. RADIASI

Adalah pancaran energi secara terus menerus dari suatu permukaan benda

Energi ini juga disebut energi radiasi yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektro magnetik

$$R = e \cdot \lambda \cdot \Delta T^4$$

atau

$$R = e \cdot \lambda \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

Dimana

R = Laju pancaran (joule / m<sup>2</sup>.s : watt/m<sup>2</sup>)

E = emisivitas / daya pancar

$\lambda$  = konstanta Stefan boltzman (5,6696 .

$$10^{-8} \text{ watt} / \text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

W = daya pancar ( watt )

A = Luas penampang ( m<sup>2</sup>, cm<sup>2</sup>)

#### Daya Pancar :

$$W = A \cdot R$$

Contoh Soal :

Sebuah bola yang jari – jarinya 15 cm terbuat dari logam dan bersuhu 627 °C diletakan dalam suatu ruangan yang suhunya 27 °C . Jika emisivitas bola tersebut 0,35 dan tetapan Stefan boltzman 5,67 . 10<sup>-8</sup> watt /m<sup>2</sup> . °K

Tentukan :

- Laju Pancuran
- Daya radiasi

Penyelesaian :

$$\text{Dik : } T_1 = 627 \text{ } ^\circ\text{C} = 627 + 273 \text{ } ^\circ\text{K} = 900 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_2 = 27 \text{ } ^\circ\text{C} = 27 + 273 \text{ } ^\circ\text{K} = 300 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$R = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$E = 0,35$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w/m}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\text{Dit : } a \text{ R} \dots ??$$

$$b. \text{ w} \dots ???$$

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{A) } R &= e \cdot \sigma (T_1^4 - T_2^4) \\ &= 0,35 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} (900-300) \\ &= 1,2186 \cdot 10 \text{ watt/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B) } A &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot (0,15)^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w &= A \cdot R \\ &= 3,14 \cdot (0,15)^2 \cdot 1286 \cdot 10 \\ &= 908,559 \text{ watt} \end{aligned}$$

### Latihan Soal

1. Sebuah kotak tertutup terbuat dari papan kayu yang tebalnya 1 Cm, berisi penuh dengan es  $0^\circ\text{C}$  yang massanya 18 kg. Panjang kotak 50 cm, lebarnya 20 cm dan suhu luar kotak  $25^\circ\text{C}$ . Jika diketahui kalor lebur es 80 kalori/gr, massa jenis es  $0,9 \text{ gr/cm}^3$  dan koefisien konduksi termal kayu  $0,0006 \text{ kalori/cm}\cdot\text{det}\cdot^\circ\text{C}$ , berapa jam es akan melebur seluruhnya menjadi air  $0^\circ\text{C}$ .
2. Sebuah alat pemanas terdiri dari sepotong kawat pemanas yang panjangnya 1 m, jari-jari penampangnya  $2,5 \cdot 10^{-4}$  dan dayanya 1500 watt, kawat ini dipasang pada sumbu tabung keramik yang jari-jari penampangnya 0,1 m. Jika suhu kawat pemanas tersebut 1273 K dan suhu bagian luar keramik adalah 293 K, tentukan konduktivitas termal dari keramik.
3. Sebuah batang baja yang panjangnya 30 cm dan luas penampangnya  $2 \text{ cm}^2$ , salah satu ujungnya bersuhu  $0^\circ\text{C}$  dan ujung yang lain bersuhu  $100^\circ\text{C}$ , tentukan :
  - a. Gradien suhu
  - b. Arus panas
  - c. Letak sebuah titik pada batang tersebut yang bersuhu  $66 \frac{2}{3}^\circ\text{C}$  (diketahui  $K_{\text{baja}} 0,12 \text{ kalori / detik}\cdot\text{cm}\cdot^\circ\text{C}$ )
4. Berapa besarnya energi radiasi tiap detik dari sebuah lampu pijar yang menyala pada suhu 2273 K (dianggap benda hitam sempurna)

5. Sebuah batang tembaga yang panjang nya 100 Cm disambungkan dengan batang baja yang panjang nya 19,565 Cm. Jika diketahui penampang kedua batang sama, suhu batang tembaga 100 0C, suhu batang baja 0 0C , K tembaga 0,92 kalori/detik.cm.0C dan K baja 0,12 kalori/detik.Cm. 0C, juga dianggap tidak ada panas yang hilang , tentukan :
- Suhu titik sambungan
  - Arus panas

## BAB X GETARAN

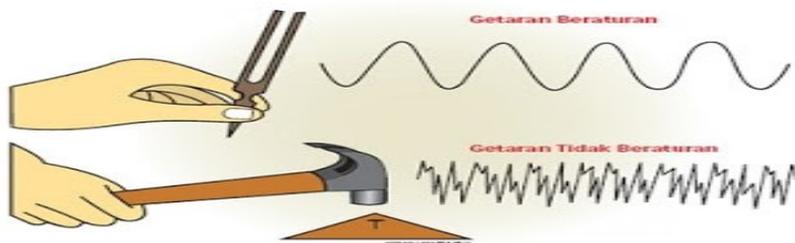
Getaran yang berulang dalam selang waktu yang sama disebut gerak periodik. Gerak periodic ini selalu dapat dinyatakan dalam fungsi sinus dan cosinus atau cosinus, oleh sebab itu gerak periodic disebut juga gerak harmonis. Jika gerak periodic itu bergerak bolah balik melalui lintasan yang sama disebut getaran atau osilasi.

$$T = 1 / f$$

Dimana :

T = perioda

f = frekuensi



*“Dan sesungguhnya Kami telah mengulang-ulangi bagi manusia dalam al Qur’an ini bermacam-macam perumpamaan. Dan manusia adalah makhluk yang paling banyak membantah.” (Al Kahfi :54)*

Ayat diatas merupakan pernyataan Allah SWT tentang kandungan al Quran yang mengingatkan kita dengan berbagai perumpamaan secara berulang-ulang. Apabila kita perluas makna ayat diatas dengan peristiwa atau gejala fisis bahwa Allah menciptakan alam semesta dengan wujudnya atau materinya selalu bergerak secara berulang-ulang. Gerak berulang dalam ruang berdimensi satu sering kita sebut sebagai getaran.

Benda yang gerakannya dipengaruhi oleh gaya yang demikian disebut benda bergerak harmonic sederhana. Menurut H Newton II  $\rightarrow F = m.a$

Gaya pemulih pada gerak benda adalah :  $F = - K.x$

F Newton = F pemulih

$-K.x = m.a$

$$-K.x = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{-Kx}{m}$$

Dimana  $\omega^2 = \frac{K}{m} \Leftrightarrow \omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$$

### A. Gerak Harmonis Sederhana

Untuk mencari persamaan gerak harmonic sederhana dengan jalan mencari penyelesaian persamaan yaitu suatu fungsi x sedemikian rupa sehingga bila diturunkan

$$X = A \cos (\omega t + \theta)$$

Perida gerakanya  $T = \frac{2\pi}{\omega}$

karena  $\omega^2 = \frac{K}{m}$  maka  $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{K}{m}}}$

$$f = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\omega}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$$

Kecepatan dan percepatan gerak harmonic sederhana dicari dengan jalan menurunkan persamaan gerakanya terhadap waktu. Simpangan gerak harmonic sederhana :

$$X = A \cos(\omega t + \theta)$$

### Untuk kecepatan

$$V = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \theta) \text{ atau}$$

$$v = \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

### Untuk percepatan

$$A = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \theta)$$

$$\text{atau } a = -\omega^2 x$$

### Energi Pada Gerak Harmonis sederhana

Pada gerak harmonik sederhana gaya-gaya yang bekerja hanya gaya konservatif sehingga energi mekaniknya kekal.  $E = E_k + E_p$

Energi potensial setiap saat :

$$E_p = \frac{1}{2} K.a^2 \cdot \cos^2(\omega t + \theta)$$

Energi kinetik setiap saat :

$$E_k = \frac{1}{2} K.a^2 \cdot \sin^2(\omega t + \theta)$$

Jadi :

$$E = E_k + E_p$$

$$= \frac{1}{2} K.a^2 \cdot \sin^2(\omega t + \theta) + \frac{1}{2} K.a^2 \cdot \cos^2(\omega t + \theta)$$

$$= \frac{1}{2} K.a^2$$

**Contoh Soal :**

Sebuah benda bergetar harmonic sederhana dengan persamaan simpangan :

$$X = 5 \cos \left( 3\pi.t + \frac{\pi}{6} \right), \text{ x dalam mtr, t dalam detik dan besaran}$$

sudut dalam radian tentukan :

- Amplitudo, frekuensi dan perioda gerak
- Kecepatan dan percepatan sesaat
- Posisi, kecepatan dan percepatan pada saat  $t = 2$  det
- kecepatan dan percepatan maksimum

Penyelesaian :

$$\text{Dik ; } X = 5 \cos \left( 3\pi.t + \frac{\pi}{6} \right)$$

Dit : a. A....? f....? T....?

b. v....? a....?

c. x....? v....? a....?

d. v....? a....?

Jawab :

$$\text{a. } X = 5 \cos \left( 3\pi.t + \frac{\pi}{6} \right)$$

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

$$\omega = 3\pi \text{ rad / det}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3} \text{ det}$$

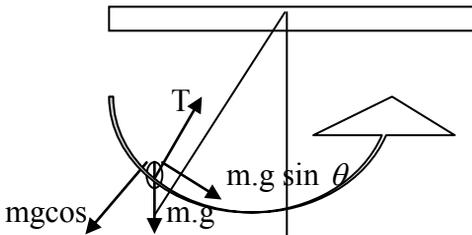
$$\omega = 2\pi f \Rightarrow 3\pi = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{3}{2} \text{ hzt}$$

$$\text{b } v = \frac{dx}{dt} = -5.3\pi.\sin\left(3\pi.t + \frac{\pi}{6}\right) = -15\pi.\sin\left(3\pi.t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{dv}{dt} = -15\pi \cdot 3\pi \cdot \cos\left(3\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \\
 &= -45\pi^2 \cdot \cos\left(3\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \\
 x &= 5 \cdot \cos\left(3\pi t + \frac{\pi}{6}\right) = 5 \cos(19,363) = 4,717m \\
 v &= -15\pi \sin\left(3\pi t + \frac{\pi}{6}\right) = 23,55m/s \\
 a &= -45\pi^2 \cdot \cos\left(3\pi t + \frac{\pi}{6}\right) = -38,971m/det^2 \\
 v &= -15\pi m/det \\
 a &= -45\pi^2 \cdot m/det^2
 \end{aligned}$$

### Bandul Sederhana

Bandul sederhana disebut juga bandul matematis, didefinisikan sebagai bandul yang terdiri dari sebuah partikel yang tergantung pada seutas tali panjang.



Bila bandul ditarik kesamping dari posisi setimbang kemudian dilepaskan, maka bandul akan berayun karena pengaruh gravitasi.

$$F = -m \cdot g \cdot \sin \theta$$

Jika simpangan kecil  $\sin \theta = \theta$

dimana :

$$x = L \cdot \theta \implies \theta = x/L$$

$$F = -m \cdot g \cdot x/L$$

$$= -\left(\frac{m \cdot g}{L}\right) \cdot x \implies F = -k \cdot x$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\text{atau } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Contoh Soal :

Sebuah ayunan sederhana mempunyai perioda 2 det bila dilakukan disuatu tempat dibumi yang mempunyai gravitasi 9,8 m/det<sup>2</sup>. tentukan panjang talinya.

Penyelesaian :

$$\text{Dik : } T = 2 \text{ det}$$

$$G = 9,8 \text{ m/det}^2$$

$$\text{Dit : } L \dots \dots \dots ?$$

Jawab :

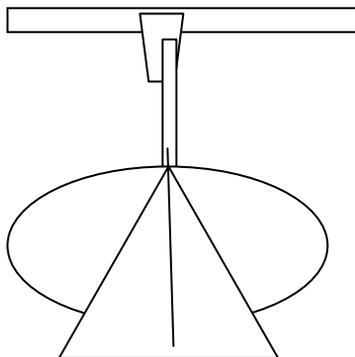
$$\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{9.8}}$$

$$T = 2 \implies 2^2 = (2\pi)^2 \frac{l}{g}$$

$$\implies l = \frac{39,44}{4\pi^2} = 0,994m$$

## Bandul Puntiran

Sebuah piringan yang digantungkan pada ujung batang kawat yang dipasang pada pusat massa piringan. Batang kawat dibuat tetap terhadap penjepit dan terhadap piringan.



Gambar bandul piringan

Jika piringan di rotasikan dari posisi seimbang, titik P ke arah Q kawat akan terpuntir. Kawat yang terpuntir ini akan melakukan momen gaya yang mengembalikan keadaan posisi seimbang. Momen gaya pemulihnya untuk puntiran yang kecil sebanding dengan pergeseran sudut yaitu :

$$T = -k \theta$$

K adalah konstanta yang tergantung pada sifat kawat dan disebut konstanta puntiran.

Dari persamaan  $T = I \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2}$

Maka persamaan diferensial gerak harmonis sederhana :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{k\theta}{I} = 0$$

Jadi perioda nya  $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{k}}$

Dimana

L adalah momen kelembaman benda terhadap sumbu rotasi nya, dalam hal ini piringan

Contoh soal :

Sebuah piringan yang massa nya 2 kg, jari-jari nya 0,2 m diputar dengan sumbu yang merupakan garis singgung dan piringan tersebut , tentukan :

- a. Momen kelembaman dari piringan tersebut
- b. Periode getaran dari piringan tersebut

Penyelesaian :

Dik :  $M = 2 \text{ kg}$

$R = 0,2 \text{ m}$

Dit :

a.  $I$ .....?

b.  $T$ .....?

Jawab :

$$I = \frac{1}{2} M \cdot R^2 + M \cdot R^2 = \frac{3}{2} M \cdot R^2$$

a.

$$I = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot (0,2)^2 = 0,12$$

$$b. T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{M \cdot g \cdot R}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{3}{2} \cdot M \cdot R^2}{M \cdot g \cdot R}} = 2\pi \sqrt{\frac{3R}{2g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{3 \cdot 0,2}{2 \cdot 10}} = 2\pi \cdot 2 = 4\pi \text{ detik}$$

## Superposisi Dua Gerak Harmonik Sederhana Yang Frekuensinya Sama

Sebuah benda melakukan dua gerak harmonik secara bersama-sama dengan persamaan;

$$X_1 = A_1 \cos(\omega t + \theta_1)$$

dan

$$X_2 = A_2 \cos(\omega t + \theta_2)$$

Gerak resultannya

$$X = X_1 + X_2$$

$$A \cos(\omega t + \theta) = A_1 \cos(\omega t + \theta_1) + A_2 \cos(\omega t + \theta_2) \dots \dots \dots (1)$$

Apabila ruas kiri dari persamaan (1) diselesaikan

$$A \cos(\omega t + \theta) = A \cos \phi \cos \omega t - A \sin \phi \sin \omega t$$

Sedangkan ruas kanannya menghasilkan

$$A_1 \cos(\omega t + \theta_1) = A_1 \cos \phi_1 \cos \omega t - A_1 \sin \phi_1 \sin \omega t$$

$$A_2 \cos(\omega t + \theta_2) = A_2 \cos \phi_2 \cos \omega t - A_2 \sin \phi_2 \sin \omega t$$

Maka diperoleh hubungan ;

$$A \cos \phi = A_1 \cos \phi_1 + A_2 \cos \phi_2 \dots \dots \dots (a) \dots \dots \dots (2)$$

$$A \sin \phi = A_1 \sin \phi_1 + A_2 \sin \phi_2 \dots \dots \dots (b)$$

Jadi :

$$\text{tg} \phi = \frac{\sin \phi}{\cos \phi} = \frac{A_1 \sin \phi_1 + A_2 \sin \phi_2}{A_1 \cos \phi_1 + A_2 \cos \phi_2} \dots \dots \dots (3)$$

Sedangkan amplitudo gerak resultan didapatkan dengan mengkuadratkan persamaan (2) dan (3) dan diperoleh :

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\phi_1 - \phi_2)$$

atau

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\phi_1 - \phi_2)}$$

Contoh Soal :

Sebuah benda serentak melakukan dua gerak harmonik sederhana dengan persamaan :

$$X_1 = 20 \cdot \cos\left(30 \cdot \pi \cdot t + \frac{\pi}{3}\right)$$

$$X_2 = 25 \cdot \cos\left(30 \cdot \pi \cdot t + \frac{\pi}{6}\right)$$

X dalam cm dan besaran sudut dalam radian, tentukan :

- Persamaan resultan
- Simpangan gerak resultan pada saat  $t = 0,2$  detik.

Penyelesaian :

Diketahui

$$A_1 = 20 \text{ cm}$$

$$A_2 = 25 \text{ cm}$$

Dit :

- X.....?
- X.....?  $t = 0,2$  detik

Jawab

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \cos(\phi_1 - \phi_2)$$

a. *atau*

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \cos(\phi_1 - \phi_2)}$$

$$A = \sqrt{20^2 + 25^2 + 2 \cdot 20 \cdot 25 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{6}\right)}$$

$$= \sqrt{400 + 625 + 1000 \cdot \cos \frac{\pi}{6}}$$

$$= 43,486$$

$$\phi = \text{aretg}.43,486 = 0,755 \text{ rad}$$

b.X.....pada saat  $t = 0,2$  det

$$x = 43,486 \cdot \cos.(30 \cdot \pi \cdot t + 0,755)$$

$$x = 43,486 \cdot \cos.(30 \cdot \pi \cdot 0,2 + 0,755)$$

$$x = 31,651 \text{ cm}$$

## B. Bunyi

*" Hai manusia , telah diajarkan kepada kami perkataan burung dan kami diberi segala sesuatu." (Al- Naml : 16)*

Sumber bunyi adalah benda yang mempunyai bagian yang dapat bergetar pada frekuensi pendengar. Bunyi adalah getaran yang merambat melalui medium dan frekuensinya antara 20 sampai 20.000 cps. Bunyi membentuk rapatan dan regangan pada medium yang dilalui. Jadi dalam hampa udara bunyi tidak dapat dirambatkan.

*"Dan satu suara keras yang menguntur menimpa orang-orang yang zalim , lalu mereka mati bergelimpangan di rumahnya. "*  
(Al Hud : 67)

Cepat bunyi didalam gas dinyatakan dengan rumus :

$$V = \sqrt{\frac{p}{\rho}}$$

Atau

$$V = \sqrt{\frac{\gamma}{\rho_0} \cdot \frac{T}{273} \cdot 76.13,6 \cdot g}$$

Dimana :

$\gamma$  = konstanta laplace

$\rho_0$  = Massa jenis normal gas yaitu massa jenis pada 0o C dan 76 cmHg

T = Suhu mutlak ( t dalam 0oC + 273 )

G = Percepatan gravitasi bumi

Bunyi dapat di pantulkan oleh benda – benda padat dan cair yang permukaannya luas. Misalnya oleh tembok , lereng gunung, permukaan sumur dan sebagainya. Pantulan bunyi yang terdengar dengan bunyi asli nya disebut kerdam.

*" Dan diantara tanda -tanda kekuasaanNya ialah bahwa Dia mengirimkan angin sebagai pembawa berita gembira dan untuk*

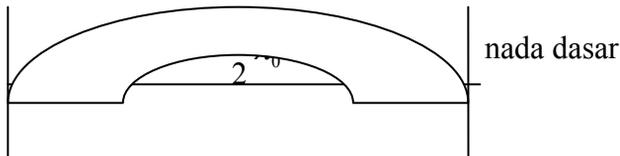
*merasakan kepadamu sebagian dari rahmatNya dan supaya kapal dapat berlayar dengan perintahNya dan supaya kamu dapat mencari karuniaNya, mudah-mudahan kamu bersyukur." (Ar Ruum : 46)*

Secara umum "angin" disini sebagai angin yang bertiup membawa awan untuk menurunkan air hujan dan angin yang meniup kalpal layar agar dapat berlayar dilautan. Kita merasakan kedekatan makna "angin" dalam ayat ini adalah gelombang, bukan saja gelombang bunyi yang membawa berita tetapi juga gelombang radio atau gelombang elektromagnet yang mampu dipancarkan kesegala penjuru dunia bahkan seluruh jagad raya ini.

Resonansi bunyi adalah bergetar nya suatu benda karena pengaruh getaran benda lain yang frekuensinya sama.  
 Macam – macam sumber bunyi:

**a. Senar yang digetarkan**

Senar yang direntangkan lalu digetarkan maka ujung –ujungnya menjadi simpul.

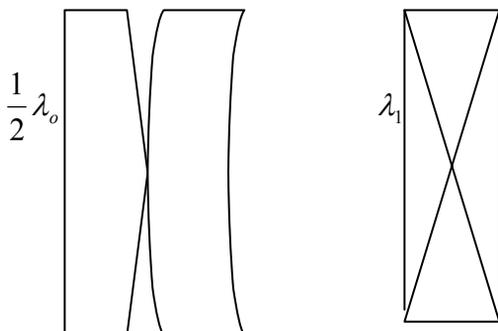


Senar bergetar sebagai nada atas ke satu bila terjadi dua tengahan gelombang.

$$\begin{aligned}
 f_0 : f_1 : f_2 \dots\dots\dots &= \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{\lambda_2} \dots\dots\dots \\
 &= \frac{v}{2l} = \frac{2v}{2l} = \frac{3v}{2l} \dots\dots\dots = 1 : 2 : 3
 \end{aligned}$$

## b. Pipa organa terbuka

Pipa organa terbuka merupakan tabung yang kedua ujung nya terbuka



Nada dasar

Nada atas ke 1

Pipa organa terbuka bergetar sebagai nada dasar bila terjadi satu simpul di tengah –tengah pipa

$$\begin{aligned}
 f_0 : f_1 : f_2 \dots\dots\dots &= \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{\lambda_2} \dots\dots\dots \\
 &= \frac{v}{2l} = \frac{2v}{2l} = \frac{3v}{2l} \dots\dots\dots = 1 : 2 : 3 \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

## c. Pipa organa tertutup

Pipa organa tertutup satu ujungnya terbuka dan ujung lain tertutup. Pipa organa tertutup digetarkan maka ujung terbuka menjadi perut dan ujung tertutup menjadi simpul.

$$\begin{aligned}
 f_0 : f_1 : f_2 \dots\dots\dots &= \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{\lambda_2} \dots\dots\dots \\
 &= \frac{v}{4l} = \frac{v}{4/3 l} = \frac{v}{4/5 l} \dots\dots\dots = 1 : 3 : 5 \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

## d. Hukum Mersenne

Frekuensi nada dasar sepotong senar yang digetarkan berbanding terbalik dengan panjang senar , berbanding terbalik dengan akar massa persatuan panjang senar dan berbanding lurus dengan akar gaya tegang.

$$f = \frac{1}{2}l \cdot \sqrt{\frac{F}{l}}$$

**Atau**

$$f = \frac{1}{2}l \sqrt{\frac{F}{m/l}}$$

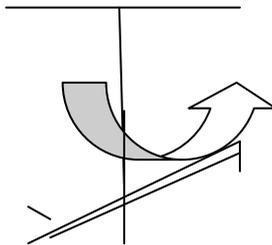
Keras bunyi ditentukan oleh amplitudo nya dan jarak sumber bunyi pendengar. Tinggi nada ditentukan oleh frekuensinya , makin besar frekuensinya makin tinggi nada nya.

Cepat rambat bunyi dalam batang zat padat :

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

## Latihan Soal

1. Balok yang massanya  $0,5 \text{ kg}$  dihubungkan dengan sebuah gas ideal dengan konstanta pegasnya  $9 \text{ N/m}$  dan bergetar bebas pada bidang horizontal yang licin tanpa gesekan. Jika benda tersebut ditarik  $7 \text{ cm}$  kekiri dari titik kesetimbangan dan kemudian dilepas. Tentukan
  - a. Periode geraknya
  - b. Kecepatan maksimumnya
  - c. Percepatan maksimumnya
  - d. Perpindahan, laju dan percepatannya sebagai fungsi waktu.
2. Sebuah pegas dapat memanjang hingga  $30 \text{ cm}$  jika ditarik gaya  $0,5 \text{ N}$ . Sebuah benda yang massanya  $50 \text{ gr}$  digantungkan pada ujung pegas kemudian diberi simpangan  $30 \text{ cm}$  dari titik setimbangnya setelah itu dilepaskan, tentukan :
  - a. Periode
  - b. Persamaan gerak dari benda tersebut
  - c. Kecepatan dan percepatan benda pada saat simpangannya  $30$ .
3. Sebuah batang homogen yang massanya  $0,3 \text{ kg}$  dan panjangnya  $0,5 \text{ m}$  digantungkan dengan kawat pada pusat massanya dan tegak lurus terhadap panjangnya. Kawat tersebut dipuntir maka batang mulai berisolasi dan ternyata periode nya  $6 \text{ detik}$ . Jika batang tersebut diganti dengan sebuah keping datar berbentuk bujur sangkar dan digantungkan pada pusat massanya, ternyata periode nya  $8 \text{ detik}$ . Tentukan momen kelembaman keping bujur sangkar tersebut terhadap sumbu itu.



4. Sebuah ayunan sederhana mempunyai periode 2 detik, bila dilakukan di suatu tempat di bumi yang mempunyai  $g = 9,8 \text{ m/det}^2$ . Tentukan panjang tali nya.
5. Balok yang massanya 0,6 kg dihubungkan dengan sebuah pegas ideal dengan konstanta pegasnya 40 N/m dan bergetar bebas pada bidang horizontal yang licin dan tanpa gesekan. Jika balok tersebut ditarik 5 cm kemudian dilepas, tentukan :
  - a. Energi total dan kecepatan maksimumnya
  - b. Kecepatan benda bila ditarik 4
6. Berapakah frekuensi nada dasar dan nada atas ke 1 suatu pipa organa terbuka yang panjangnya 1 meter bila cepat rambat bunyi di udara pada suhu tersebut 344 m/det. berapa frekuensi tersebut bila pipa organa tersebut tertutup.
7. Sebuah pesawat jet mendekati sebuah menara pengawas radar dengan kecepatan 500 m/det sambil memancarkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 1000Mhz. Berapakah frekuensi yang diterima oleh pengawas yang berada di menara radar. Kecepatan bunyi di udara 340 m/det.
8. Sepotong kawat panjangnya 5 meter dan massanya 100 gr menghasilkan nada dasar dengan frekuensi 60 Hz. Berapakah bunyi di udara 340 m/det.

## **BAB XI**

### **TEORI KINETIK GAS**

*“ Allah yang mengirinkan angin ,lalu angin itu mengerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendakinya , dan menjadikannya bergumpal-gumpal ; lalu kamu lihat hujan keluar dari celah – celahnya. “ (QS ; Al Rum 30 ; 48)*

Teori kinetik zat membicarakan sifat zat dipandang dari sudut momentum. Peninjauan teori ini bukan pada kelakuan sebuah partikel, tetapi diutamakan pada sifat zat secara keseluruhan sebagai hasil rata-rata kelakuan partikel-partikel zat tersebut.

Teori ini didasarkan atas 3 pengandaian:

1. Gas terdiri daripada molekul-molekul yang bergerak secara acak dan tanpa henti.
2. Ukuran molekul-molekul dianggap terlalu kecil sehingga boleh diabaikan, maksudnya garis pusatnya lebih kecil daripada jarak purata yang dilaluinya antara perlanggaran.
3. Molekul-molekul gas tidak berinteraksi antara satu sama lain. Perlanggaran sesama sendiri dan dengan dinding bekas adalah kenyal iaitu jumlah tenaga kinetik molekulnya sama sebelum dan sesudah perlanggaran.

#### **SIFAT GAS UMUM**

1. Gas mudah berubah bentuk dan volumenya.
2. Gas dapat digolongkan sebagai fluida, hanya kerapatannya jauh lebih kecil.

#### **SIFAT GAS IDEAL**

1. Gas terdiri atas partikel-partikel dalam jumlah yang besar sekali, yang senantiasa bergerak dengan arah sembarang dan tersebar merata dalam ruang yang kecil.
2. Jarak antara partikel gas jauh lebih besar daripada ukuran partikel, sehingga ukuran partikel gas dapat diabaikan.

3. Tumbukan antara partikel-partikel gas dan antara partikel dengan dinding tempatnya adalah elastis sempurna.
4. Hukum-hukum Newton tentang gerak berlaku.

### **PERSAMAAN GAS IDEAL DAN TEKANAN (P) GAS IDEAL**

$$P V = n R T = N K T$$

**Dimana**

$$n = N/N_0$$

T = suhu ( $^{\circ}\text{K}$ )

$$R = K \cdot N_0 = 8,31 \text{ J/mol} \cdot ^{\circ}\text{K}$$

N = jumlah partikel

$$P = (2N / 3V) \cdot E_k \text{ @ } T = 2E_k/3K$$

V = volume ( $\text{m}^3$ )

n = jumlah molekul gas

K = konstanta Boltzman =  $1,38 \times 10^{-23} \text{ J/}^{\circ}\text{K}$

$N_0$  = bilangan Avogadro =  $6,023 \times 10^{23} / \text{mol}$

### **ENERGI TOTAL (U) DAN KECEPATAN (v) GAS IDEAL**

$$E_k = 3KT/2$$

$$U = N E_k = \frac{3 \cdot N \cdot K \cdot T}{2}$$

$$v = o\left(\frac{3 \cdot K \cdot T}{m}\right) = o\left(\frac{3 \cdot P}{r}\right)$$

dengan:

$E_k$  = energi kinetik rata-rata tiap partikel gas ideal

U = energi dalam gas ideal = energi total gas ideal

v = kecepatan rata-rata partikel gas ideal

m = massa satu mol gas

p = massa jenis gas ideal

Teori ini didasarkan atas 3 pengandaian:

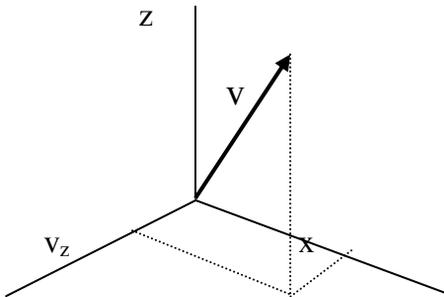
1. Gas terdiri daripada molekul-molekul yang bergerak secara acak dan tanpa henti.
2. Ukuran molekul-molekul dianggap terlalu kecil sehingga boleh diabaikan, maksudnya garis pusatnya lebih kecil daripada jarak purata yang dilaluinya antara perlanggaran.
3. Molekul-molekul gas tidak berinteraksi antara satu sama lain. Perlanggaran sesama sendiri dan dengan dinding bekas adalah kenyal iaitu jumlah tenaga kinetik molekulnya sama sebelum dan sesudah perlanggaran.

### Hubungan Tekanan Dengan Kelajuan

Tekanan yang dikenakan oleh suatu gas adalah akibat tumbukan molekul-molekul pada dinding batas.

#### kelajuan molekul gas, $v$

terdiri daripada komponen-komponen kelajuan dalam arah  $x$ ,  $y$  dan  $z \Rightarrow v_x, v_y, v_z$



Diketahui bahwa  $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$   
 atau  $v = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)^{1/2}$  (1)

Kelajuan rata-rata pangkat dua ialah

$$\overline{v^2} = \left( \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} \right) = \frac{\sum v_i^2}{N}$$
 (2)

di mana  $N$  = bilangan molekul

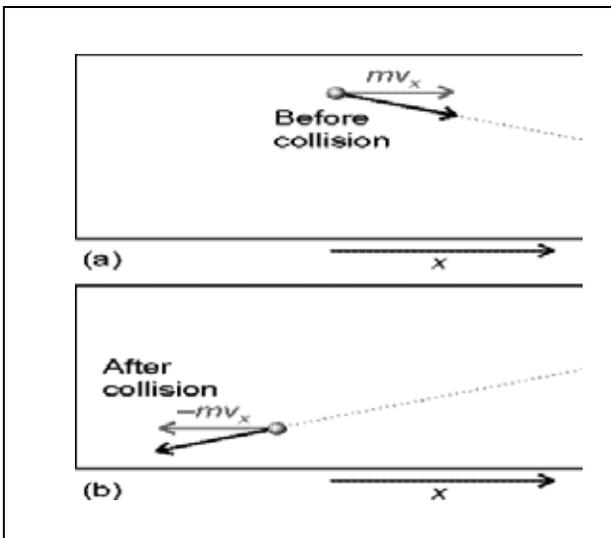
Anggaplh  $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$

$$\therefore \overline{V^2} = 3 \overline{V_x^2} \Rightarrow \overline{V_x^2} = \frac{1}{3} \overline{V^2} \quad (3)$$

(sama juga bagi  $v_y$  dan  $v_z$ )

### Tekanan Gas Pada Dinding

Andaikan satu molekul gas yang bermassa  $m$ , bergerak dalam sebuah kubus dengan laju  $v_x$  yang searah dengan sumbu  $x$ . Molekul ini menumbuk dinding kanan dan memantul balik dengan laju  $-v_x$ .



Perubahan momentum pada dinding kanan untuk satu tumbukan  $mv_x - (-m v_x) = 2 m v_x$

Misalkan ukuran kubus itu dengan sisi  $l$ . Bagi setiap tumbukan, molekul akan bergerak sejauh  $2l$  (pergi dan balik) dalam selang waktu  $\Delta t$ .

Menurut Hukum Newton II, gaya ialah perubahan momentum per satuan waktu

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{\text{Perubahan momentum}}{\text{waktu}} \\
 &= \frac{2mv_x}{\Delta t} \\
 &= \frac{2mv_x^2}{2l} \quad (\text{kerana } \Delta t = \frac{2l}{v_x}) \\
 &= \frac{mv_x^2}{l} \\
 \mathbf{P} &= \frac{F}{A} = \frac{mv_x^2}{l^3} = \frac{mv_x^2}{V}
 \end{aligned}$$

Dimana

A = luas dinding

V = volume kubus

Andaikan dalam kubus itu ada N molekul dan tumbukan berlaku ke semua arah dengan laju rata-rata  $\bar{v}_x$ ,  $\bar{v}_y$  dan  $\bar{v}_z$ , maka

$$P_x = \frac{Nm\bar{v}_x^2}{V} \quad ; \quad P_y = \frac{Nm\bar{v}_y^2}{V} \quad ; \quad P_z = \frac{Nm\bar{v}_z^2}{V}$$

Dari (3),  $\bar{v}_x^2 = \bar{v}_y^2 = \bar{v}_z^2 = \frac{1}{3}\bar{v}^2$  jika  $P_x = P_y = P_z = P$

$$\therefore P = \frac{Nm\bar{v}^2}{3V}$$

$$\text{atau } PV = \frac{1}{3} Nm\bar{v}^2 \tag{4}$$

$$\text{atau } PV = \frac{1}{3} nM\bar{v}^2 \tag{5}$$

di mana

$$n = N/N_A$$

M =  $mN_A$  = jumlah molar

$\overline{v^2}$  disebut laju rata-rata pangkat dua. Oleh kerana ia hanya bergantung kepada suhu, maka pada suhu tetap,  
 $PV = \text{konstan} \Rightarrow$  Hukum Boyle

### energi kinetik rata-rata

Bagi 1 molekul:  $\overline{e_k} = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$

Bagi N molekul:  $\overline{E_k} = \frac{1}{2} N m \overline{v^2}$  (6)

Bagi  $N_A$  molekul (1 mol) :

$\overline{E_k} = \frac{1}{2} N_A m \overline{v^2} = \frac{1}{2} M \overline{v^2}$  (7)

### Hubungan tekanan dan volume dengan energi kinetik

Dari (6),  $PV = \frac{1}{3} N m \overline{v^2}$   
 $= \frac{2}{3} \left( \frac{1}{2} N m \overline{v^2} \right)$

$\therefore PV = \frac{2}{3} \overline{E_k}$  (8)

Untuk gas ideal,  $PV = nRT$ . Substitusikan dalam persamaan (8):

$nRT = \frac{2}{3} \overline{E_k}$

$\therefore \overline{E_k} = \frac{3}{2} nRT$  (9)

*”Perhatikanlah apa yang ada dilangit dan dibumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rosul-rosul yang memberikan peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman.” (QS:Al Yunus 10,;101)*

## Latihan Soal

1. Buktikan bahwa

$$\left(\overline{v^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{3RT}{M}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Akar dari laju rata-rata pangkat dua  $\overline{v^2}$ , disebut  $v_{\text{rms}}$ .

2. Sebuah silinder yang tingginya 0.5 m dan berdiameter 20 cm, mengandung  $2.4 \times 10^{34}$  molekul-molekul gas  $\text{CO}_2$ . Berapa,  $v_{\text{rms}}$  tekanan dan energi kinetik gas itu pada suhu 380 K ?
3. Hitunglah banyaknya molekul didalam suatu gas yang terkandung didalam suatu volume sebesar  $1,00 \text{ cm}^3$  pada tekanan sebesar  $1,00 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$  dan tekanan sebesar 200 K.
4. Pada temperature berapakah tenaga kinetic translasi rata-rata dari sebuah molekul sama dengan tenaga kinetic sebuah electron yang dipercepat dari keadaan diam melalui suatu perbedaan potensial sebesar 1 volt (yakni, suatu tenaga sebesar 1,0 eV).
5. Kerapatan suatu gas pada temperature 273 K dan tekanan  $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ atm}$  adalah  $1,24 \cdot 10^{-5} \text{ gr/cm}^3$ .
  - a. Carilah  $V_{\text{rms}}$  untuk molekul-molekul gas tersebut
  - b. Carilah berat molecular gas tersebut dan tentukanlah nama gas tersebut

## BAB XII

# THERMODINAMIKA

Salah satu aplikasi dalam termodinamika adalah mesin pendingin dimana kalor dipaksa untuk mengalir dari suhu rendah ke suhu tinggi, **mengapa demikian?**

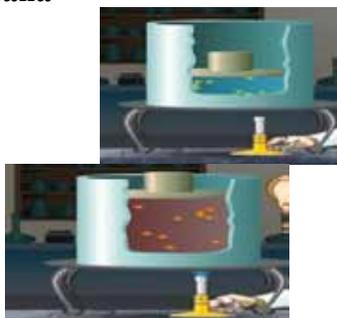
*“ Dan ketahuilah bahwa ditengah-tengah kamu ada Rosullah . Kalau dia menuruti (kemauan) kamu dalam banyak hal ,pasti kamu mendapatkan kesusahan.Tetapi Allah menjadikan kamu cinta kepada keimanan, dan menjadikan (iman) itu indah dalam hatimu ,serta menjadikan kamu benci kepada kekafiran, kefasikan dan kedurhakaan. Mereka itulah orang –orang yang Lurus.” (QS :AlHujurat 7)*

Sebuah model konverter termoelektrik, ketika kaki tembaga memiliki suhu yang sama ternyata motor listrik tidak bekerja dan kipas diam, tetapi jika kaki-kaki tembaga memiliki suhu yang berbeda, maka motor listrik bekerja dan kipas berputar. **Bagaimanakah perbedaan suhu dapat menyebabkan kipas berputar?**

*“Dan tegakkanlah keseimbangan itu dengan adil dan janganlah kamu mengurangi keseimbangan itu” (Q.S ar-Rahman:9)*

### A.USAHA, KALOR DAN ENERGI DALAM

#### 1. Usaha



Gambar 1.

*Gas dalam silinder dipanaskan pada tekanan tetap, sehingga pengisap berpindah sejauh s ke atas*

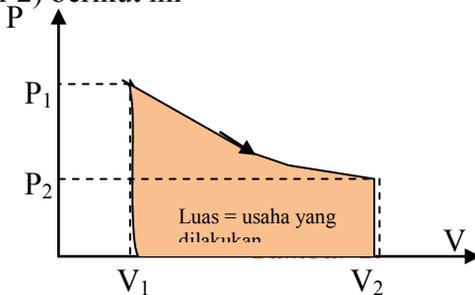
Usaha dapat dihitung dari persamaan  $W = F \times s$ , dengan  $F$  adalah gaya dan  $s$  adalah perpindahan. Gaya ditimbulkan oleh tekanan gas yang bekerja dibawah pengisap sebesar  $F = p.A$ , sehingga  $W$  dapat ditulis  $W = p. (A.s)$  Karena  $A.s$  adalah perubahan volum,  $\Delta V = v_2 - v_1$  maka usaha  $W$  dapat dinyatakan oleh persamaan:

**Usaha pada proses isobarik**

$$W = p.\Delta V = p(V_2 - V_1)$$

**USAHA GAS**

Jika tekanan gas berubah, seperti dilukiskan pada grafik  $P - V$  (gambar 2) berikut ini



*Usaha yang dilakukan gas terhadap lingkungan atau sebaliknya sama dengan luas daerah yang di raster di bawah grafik*

Usaha dapat dihitung dengan menggunakan integral

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p.dV$$

**2. Kalor**

kalor yang diserap atau yang diterima oleh sistem dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$Q = m.c.\Delta T$  atau  $Q = C.\Delta T$

### 3. Energi dalam

Energi dalam gas sama dengan total energi kinetik dari sebuah molekul-molekul gas.

$$\text{Gas monoatomik } U = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} nRT$$

$$\text{Gas diatomik } U = \frac{5}{2} NkT = \frac{5}{2} nRT$$

Dengan :  $N$  = jumlah molekul

$n$  = jumlah mol

$k$  = tetapan Boltzmann ( $k = 1,38 \times 10^{-23}$  J/K)

$R$  = tetapan umum gas ( $R = 8,31$  J/mol)

Perubahan energi dalam :  $\Delta U = U_2 - U_1$

Perubahan energi dalam hanya bergantung pada suhu awal dan suhu akhir dengan kata lain perubahan energi dalam hanya bergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir dan tidak bergantung pada lintasan yang ditempuh sistem

#### Contoh :

Sejumlah gas berada dalam wadah yang memiliki volum  $0,4 \text{ m}^3$  dan tekanan  $8 \text{ atm}$ . Hitung usaha luar yang dilakukan gas jika gas memuai pada tekanan tetap sehingga volumenya berubah menjadi  $0,8 \text{ m}^3$ ?

Jawab :

Diketahui :

Volume awal  $V_1 = 0,4 \text{ m}^3$ ,

volume akhir  $V_2 = 0,8 \text{ m}^3$ ,

tekanan  $p = 8 \text{ atm} = 8 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

Usaha dihitung dengan persamaan :

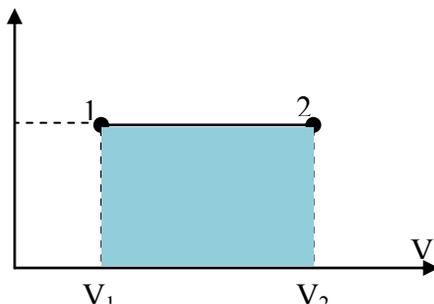
$$\begin{aligned} W &= p \cdot \Delta V = p (V_2 - V_1) \\ &= 8 \cdot (0,8 - 0,4) \\ &= 3,2 \text{ joule} \end{aligned}$$

## B. Proses Termodinamika

Pada bagian ini kita akan membahas 4 proses termodinamika, yaitu isobarik, isokhorik, isotermik dan adiabatik. Untuk lebih jelasnya mari kita pelajari satu persatu.

### 1. Proses isobarik

*Proses isobarik* adalah proses perubahan keadaan gas pada tekanan tetap.



$$\frac{V}{T} = C. \text{ atau } \dots \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Usaha isobarik

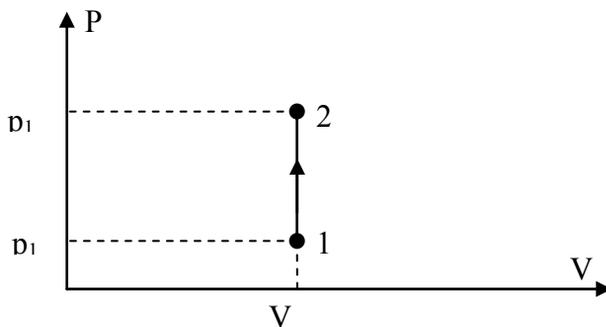
$$W = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1)$$

### 2. Proses isokhorik

Proses isokhorik adalah proses perubahan keadaan gas pada volum tetap

*Persamaan keadaan isobarik*

$$\frac{p}{T} = C. \text{ atau } \dots \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$



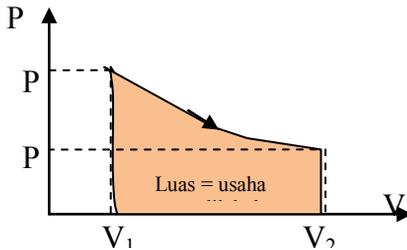
Gambar 4.

Grafik P-V pada proses isokhorik adalah garis lurus vertical

### 3. Proses isotermik

*Proses isotermik* adalah proses perubahan keadaan gas pada suhu tetap.

*Persamaan keadaan isotermik*



*Gambar 5.*

Usaha yang dilakukan

$$\frac{pV}{T} = C. \text{ atau } \dots \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Ini adalah hukum Boyle

Usaha pada proses isotermik adalah gas sama dengan luas daerah yang ditransfer

Usaha pada proses isotermik

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV$$

$$W = nRT \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

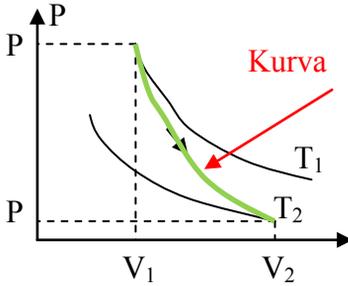
### 4. Proses adiabatik

*Proses adiabatik* adalah proses perubahan gas dimana tidak ada aliran kalor yang masuk atau keluar sistem ( $Q = 0$ )

$$\text{Persamaan proses adiabatik } p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

Dengan  $\gamma > 1$ , merupakan hasil perbandingan kalor jenis gas pada tekanan tetap dan kalor jenis gas pada volum tetap (tetapan laplace)

$$\text{Persamaan keadaan adiabatik : } T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$



Gambar 6.

Grafik  $p - V$  pada adiabatik berupa garis lengkung yang memiliki tanda panah memotong garis lengkung isotermik pada suhu

**Contoh :**

Dua mol gas Argon memuai secara isotermal pada suhu  $27^{\circ}\text{C}$  dari volume awal  $0,025 \text{ m}^3$  ke volume akhir  $0,050 \text{ m}^3$ . Tentukan usaha yang dilakukan gas Argon, jika  $R = 8,31 \text{ J/mol}$

**Jawab :**

**Diketahui**

- Jumlah zat  $n = 2 \text{ mol}$ ,
- suhu mutlak  $T = (27 + 273) \text{ K} = 300\text{K}$
- Volum awal  $V_1 = 0,025 \text{ m}^3$ ,
- volum akhir  $V_2 = 0,050\text{m}^3$ .

Usaha yang dilakukan gas pada proses isotermal dapat dihitung dengan cara:

$$W = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

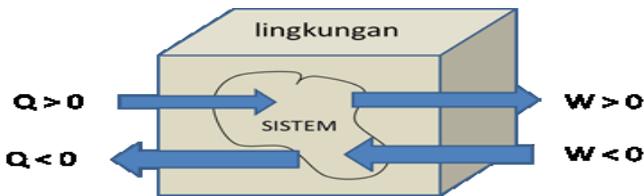
$$W = 2 \times 8,31 \times 300 \cdot \ln\left(\frac{0,050}{0,025}\right)$$

$$= 3456 \text{ J}$$

## HUKUM PERTAMA TERMODINAMIKA

Hukum pertama termodinamika berhubungan dengan cara suatu sistem memperoleh energi dalam dari lingkungan atau kehilangan energi dalam ke lingkungan “*anda diminta dapat menganalisis dan menerapkan hukum pertama termodinamika dalam berbagai proses termodinamika*”

Hukum pertama termodinamika pada prinsipnya adalah hukum kekekalan energi yang diaplikasikan pada kalor, usaha dan energi dalam.



### PERJANJIAN TANDA:

Sistem melakukan usaha  $W (+)$

Sistem menerima usaha  $W (-)$

Sistem menerima kalor  $Q (+)$

Sistem melepas kalor  $Q (-)$

Untuk setiap proses apabila kalor  $Q$  diberikan pada sistem dan sistem melakukan usaha  $W$ , maka selisih energi  $Q - W$  sama dengan perubahan energi dalam  $\Delta U = U_2 - U_1 = Q - W$

### Contoh

Suatu sistem menyerap kalor 1500 J dari lingkungan dan melakukan usaha pada lingkungannya sebesar 2200 J. Tentukan perubahan energi dalam sistem tersebut?

### Jawab:

Sistem menyerap kalor  $Q = + 1500$  J, sistem melakukan usaha  $W = + 2200$  J

$$\begin{aligned}\Delta U &= Q - W \\ &= 1500 \text{ J} - 2200 \text{ J} \\ &= - 700 \text{ J (suhu sistem turun)}\end{aligned}$$

## HUKUM PERTAMA TERMODINAMIKA PADA BERBAGAI PROSES TERMODINAMIKA

- Proses isobarik

Proses isobarik, proses yang terjadi pada tekanan tetap, hukum pertama termodinamika

$$\Delta U = Q - W = Q - p \cdot \Delta V$$

- Proses isokhorik

Pada proses isokhorik volum gas tetap ( $V_1 = V_2$  atau  $\Delta V = 0$ ), sehingga  $W = 0$ . Hukum pertama termodinamika memberikan:

$$\Delta U = Q - W = Q - 0$$

$$\Delta U = Q$$

- Proses isothermal/isotermik

Pada proses isothermal suhu awal gas  $T_1$  sama dengan suhu akhir gas  $T_2$  ( $T_1 = T_2$ ), karena  $\Delta U = \frac{3}{2} nR \cdot \Delta T = 0$ , maka

hukum pertama termodinamika memberikan:

$$\Delta U = Q - W;$$

$$0 = Q - W$$

$$Q = W = nRT \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

- Proses adiabatik

Pada proses adiabatik tidak ada kalor yang keluar atau masuk ke sistem, sehingga  $Q = 0$  dan hukum pertama termodinamika memberikan :

$$\Delta U = Q - W = 0 - W$$

$$\Delta U = -W = \frac{3}{2} nR(T_1 - T_2)$$

### Contoh

Sebanyak 2,4 mol gas oksigen ( $O_2$ ) pada suhu  $47^\circ C$  dimampatkan secara adiabatik, sehingga suhu mutlaknya meningkat menjadi tiga kali semula. Berapakah besar usaha yang harus diberikan pada gas  $O_2$ ? ( $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$ )

### Jawab:

Perhatikan Gas  $O_2$  adalah gas diatomik, sehingga memiliki lima derajat kebebasan

Pada proses adiabatik tidak ada kalor yang masuk atau keluar sistem, sehingga  $Q = 0$

Hukum I termodinamika memberikan:

$$\Delta U = -W = \frac{5}{2} nR(T_1 - T_2)$$

$$W = \frac{5}{2} \cdot 2,4 \cdot (8,1) \cdot (320 - 960)$$

$$W = -31872 \text{ J}$$

## KAPASITAS KALOR GAS

### a. Pengertian kapasitas kalor

Kapasitas kalor adalah kalor yang diperlukan oleh suatu zat untuk menaikkan suhu zat sebesar satu kelvin

Definisi kapasitas kalor satuan kapasitas kalor : J/K

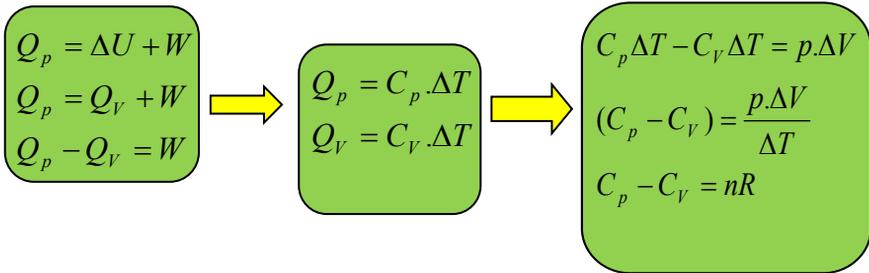
$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$
$$Q = C \cdot \Delta T$$

Kalor yang diberikan kepada gas untuk menaikkan suhunya dapat dilakukan pada tekanan tetap (proses isobarik) atau pada volum tetap (isokhorik). Karena itu ada dua jenis kapasitas kalor yang dikenal pada gas, yaitu *kapasitas kalor pada tekanan tetap*  $C_p$  dan *kapasitas kalor pada volum tetap*  $C_v$ .

Kapasitas kalor pada tekanan tetap  $C_p = \frac{Q_p}{\Delta T}$

Kapasitas kalor pada volume tetap  $C_p = \frac{Q_p}{\Delta T}$

Telah kita bahas bahwa pada volum tetap seluruh kalor yang diberikan pada sistem hanya digunakan untuk menaikkan energi dalam sistem ( $\Delta U = Q_V$ ), sedangkan pada tekanan tetap kalor yang diberikan selain digunakan untuk menaikkan energi dalam juga digunakan untuk melakukan usaha, maka:



## HUKUM KEDUA TERMODINAMIKA

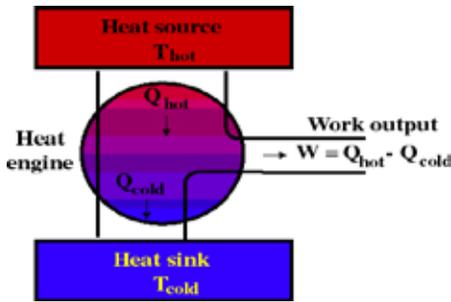
Hukum pertama termodinamika secara esensial adalah hukum kekekalan energi yang memasukkan kalor sebagai model perpindahan energi. Hukum pertama tidak membatasi tentang arah perpindahan kalor yang terjadi. Hukum kedua termodinamika mengatakan bahwa aliran kalor memiliki arah, dengan kata lain tidak semua proses reversibel (arahnya dapat dibalik

Sebagai contoh beruang kutub berbaring di salju, kalor dari tubuhnya mengalir ke salju sehingga dapat mencairkan salju, tetapi beruang tidak dapat mengambil kalor dari salju untuk menghangatkan tubuhnya.

Satu aplikasi penting dari hukum kedua termodinamika adalah mesin kalor, seperti mesin bensin pada mobil.

### 1. Mesin Kalor

Mesin kalor adalah suatu alat yang mengubah energi panas menjadi energi mekanik.



Mesin menyerap sejumlah kalor  $Q_{\text{hot}}$  ( $Q_1$ ) dari sumber panas, melakukan usaha  $W$  dan kemudian membuang kalor  $Q_{\text{cold}}$  ( $Q_2$ ) ke sumber dingin. Karena fluida bekerja dalam satu siklus maka jelas  $\Delta U = 0$ , dengan demikian hukum pertama termodinamika memberikan bahwa usaha  $W$  yang dilakukan oleh mesin kalor sama dengan kalor yang digunakan oleh mesin.

$$Q = Q_1 - Q_2$$

dan

$$W = Q_1 - Q_2$$

*Efisiensi termal* sebuah mesin kalor adalah nilai perbandingan antara usaha yang dilakukan dan kalor yang diserap dari sumber panas (suhu tinggi) selama satu siklus.

*Definisi efisiensi mesin kalor*

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

**Contoh :**

Jika sebuah mesin kalor mempunyai efisiensi 25 % dan kehilangan 2700 J pada proses pembuangan, berapakah usaha yang dikerjakan mesin.

**Jawab:**

Efisiensi mesin  $\eta = 25\%$ , kalor yang dibuang  $Q_2 = 2700$  J, maka usaha  $W$  yang dikerjakan mesin adalah :

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$25\% = 1 - \frac{2700}{Q_1}$$

$$0,25 = 1 - \frac{2700}{Q_1}$$

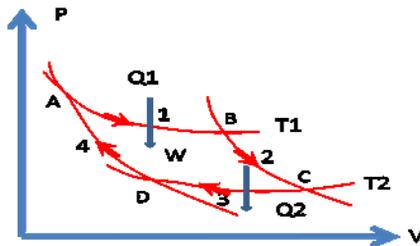
$$0,75 = \frac{2700}{Q_1}$$

$$Q_1 = \frac{2700}{0,75} = 3600J$$

$$W = Q_1 - Q_2 = 3600 - 2700 = 900J$$

## 5. Siklus carnot

Carnot dapat memahami proses dasar yang mendasari usaha oleh semua mesin adalah perubahan dari satu bentuk energi (kalor) menjadi bentuk energi lain (usaha mekanik). Mesin carnot tidaklah memiliki efisiensi 100%, tetapi merupakan mesin yang efisiensinya paling besar dari semua mesin yang mengubah kalor menjadi usaha.



*Gambar 8.*

*Diagram p – V untuk siklus carnot*

- Pada proses pemuaian isothermik (dari A ke B) kalor  $Q_1$  diserap dan pada proses pemampatan isothermik (proses CD) kalor  $Q_2$  dilepaskan.

- Pada proses pemuaian adiabatik (proses BC ) dan proses pemampatan adiabatik (proses DA) tidak ada kalor yang keluar ataupun yang masuk sehingga  $Q = 0$

Sesuai dengan hukum I termodinamika :

$$\begin{aligned}\Delta U &= Q - W \\ 0 &= (Q_1 - Q_2) - W \\ W &= Q_1 - Q_2\end{aligned}$$

Dan efisiensi mesin carnot secara nyata adalah

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Untuk gas ideal energi dalam U sebanding dengan suhu mutlak T, maka efisiensi maksimum teoritisnya:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Dengan demikian efisiensi mesin carnot

Untuk semua mesin reversibel yang bekerja dalam siklus antara dua sumber kalor yang sama memiliki efisiensi yang sama. Efisiensi mesin kalor nyata selalu lebih kecil dari pada efisiensi mesin ideal (mesin Carnot)

### Contoh :

Sebuah mesin Carnot bekerja diantara dua reservoir panas  $487^\circ\text{C}$  dan sumber dingin  $107^\circ\text{C}$ . Jika mesin tersebut menyerap kalor 800 J dari sumber panas, berapakah jumlah kalor yang dibuang dari mesin?

### Jawab:

Efisiensi mesin  $T_1 = 487^\circ\text{C} = 760\text{ K}$  dan  $T_2 = 107^\circ\text{C} = 380\text{ K}$ , kalor yang serap  $Q_1 = 800\text{ J}$ , maka kalor yang dibuang dari mesin adalah :

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$1 - \frac{380}{760} = 1 - \frac{Q_2}{800}$$

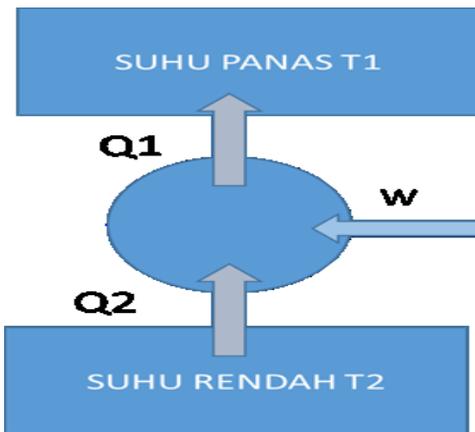
$$0,5 = \frac{Q_2}{800}$$

$$Q_2 = 400J$$

Jadi kalor yang dibuang adalah 400 J

### 3. Mesin Pendingin

Hukum kedua termodinamika berpegang pada kecenderungan alamiah kalor untuk mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Analogikan dengan air, air mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Air dapat mengalir dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi apabila dipaksa dengan suatu alat, misalnya pompa, begitu juga dengan aliran kalor. Kalor dapat mengalir dari benda dingin ke benda yang panas kalau dipaksa. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk memaksa aliran kalor adalah mesin pendingin.



- $T_1 > T_2$
- $Q_2$  = Kalor yang diserap dari suhu rendah
- $Q_1$  = kalor yang diberikan pada suhu tinggi
- $W = Q_1 - Q_2$  kerja yang diperlukan

*Gambar 9.*

*Skema sebuah mesin pendingin. Kita harus melakukan usaha pada sistem untuk memindahkan kalor dari sumber dingin ke sumber panas*

Pada prinsipnya, prinsip kerja dari mesin pendingin berlawanan arah dengan mesin kalor. Peralatan sehari-hari yang termasuk mesin pendingin adalah kulkas dan pendingin ruangan (AC).

Mesin pendingin pada prinsipnya sama dengan prinsip kerja kulkas. Pada mesin pendingin ruangan dapat mendinginkan ruangan dengan cara memindahkan kalor ke luar ruangan dengan melakukan usaha pada sistem (usaha ini dikerjakan oleh energi listrik), sehingga kalor mengalir dari sumber dingin ke sumber panas.

Ukuran kerja dari mesin pendingin disebut dengan performa dan nilainya dinyatakan dengan koefisien performance ( $K_p$ ), yang besarnya adalah *perbandingan antara kalor yang dipindahkan dari sumber dingin ( $Q_2$ ) dengan usaha ( $W$ ) yang dibutuhkan untuk memindahkan kalor tersebut.*

Definisi koefisien performance :

$$K_p = \frac{Q_2}{W}$$

Koefisien performance paling besar yang mungkin adalah mesin pendingin carnot yang prosesnya adalah kebalikan dari proses mesin kalor carnot.

$$K_p = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \quad \text{untuk mesin carnot} \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{sehingga :}$$

$$K_p = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

→ Koefisien performance  
mesin pendingin carnot

### Latihan Soal

1. Gas ideal monoatom sebanyak 1 kmol pada tekanan konstan 1 atm ( $1 \text{ atm} = 1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ) dipanaskan dari  $27^\circ\text{C}$  ke  $127^\circ\text{C}$ . Perubahan energi dalam ( $\Delta U$ ) gas akibat pemanasan tersebut adalah sekitar . . . .
2. Sebuah bejana mempunyai volume  $150 \text{ cm}^3$  pada tekanan 2,2 atm dengan suhu  $200^\circ\text{C}$ . Jumlah molekul  $\text{H}_2$  (anggap sebagai gas ideal) dalam bejana tersebut.
3. Suatu system termodinamika menjalankan suatu proses dimana energi dalam berkurang sebesar 500 J dan serentak usaha 180 J dikerjakan pada system. Hitunglah banyaknya kalor yang terlibat pada proses tersebut. Apakah kalor itu masuk ke dalam atau keluar dari system?
4. 2 Liter gas pada suhu  $27^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm dimampatkan hingga volumenya menjadi 1 liter dan dipanaskan hingga suhunya menjadi  $127^\circ\text{C}$ . Tentukanlah tekanan akhir gas tersebut?

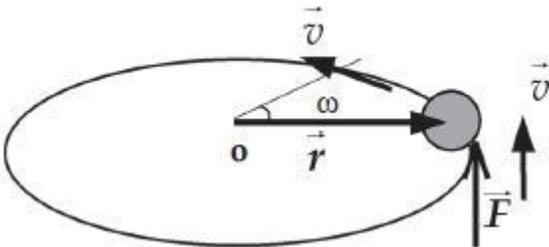
5. Tentukan kecepatan root mean square (rms) molekul oksigen ( $M=32 \text{ kg/k.mol}$ ) yang berada dalam wadah bersuhu  $27^{\circ}\text{C}$ .
6. Tentukan efisiensi sebuah mesin yang mengambil  $2400 \text{ J}$  kalor selama fase pembakaran dan kehilangan  $1500 \text{ J}$  pada proses pembuangan.
7. Dalam sebuah mesin, rasio pemampatan  $8 : 1$ , yang berarti bahwa setelah pemampatan volume gas menjadi  $\frac{1}{2}$  kali volume awalnya. Anggap bahan bakar bercampur udara pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$ , tekanan  $1 \text{ atm}$  dan  $\gamma = 1,4$ . Jika pemampatan yang terjadi secara adiabatik.
8. Sebuah kompresor penghisap dengan satu silinder dengan ketentuan sebagai berikut kompresi berlangsung secara adiabatik, diameter silinder  $150 \text{ mm}$ . Panjang langkah  $225 \text{ mm}$ . Tekanan udara luar  $1 \text{ kg/cm}^2$  pada  $27^{\circ}\text{C}$ . Tekanan udara yang dihasilkan  $6 \text{ kg/cm}^2$ ,  $k = 1,4$  dan  $R = 29,3 \text{ kgm/kg}$ . Tentukan :
  - a. Suhu udara yang dihasilkan
  - b. Udara yang di hisap tiap menit
  - c. Daya penggerak pada  $n = 500 \text{ rpm}$  jika kerugian gesekan  $50 \%$  dan tanpa ruang rugi.
9. Dalam sebuah silinder yang tertutup oleh penghisap dapat bergerak bebas tanpa gesekan terdapat  $300 \text{ cc}$  gas helium yang tekanannya  $1 \text{ atmosfer}$  dan suhunya  $300 \text{ K}$ . Tentukan tekanan dan suhunya setelah gas itu dimanipatkan hingga volumenya menjadi  $100 \text{ cc}$  ( $k = 1,67$ ).
10. Sebuah tabung berisi  $5 \text{ mol}$  gas helium pada suhu  $400 \text{ K}$ . Jika diketahui  $C_v = 2,98 \text{ kal/mol.K}$ , tentukan banyaknya panas yang harus diberikan kepada gas tersebut supaya suhunya naik menjadi  $600 \text{ K}$  ( $R=8,314 \text{ joule / mol.K}$ ).
  - a. Pada volume tetap
  - b. Pada tekanan tetap

### BAB XIII DINAMIKA ROTASI

Dinamika rotasi ini membahas seputar penggunaan Hukum Newton II untuk rotasi. Sebuah benda bermassa  $m$  yang mula-mula diam akan bergerak bila dikenai gaya  $\mathbf{F}$  dengan percepatan sebesar  $\mathbf{a}$ . Pada bahasan yang lalu juga dipaparkan bahwa sebuah benda yang dikenai torsi, maka benda akan berotasi. Bila sebuah benda berotasi tentunya dia memiliki kecepatan sudut dan mungkin juga percepatan sudut. Adakah kaitan antara percepatan sudut dengan torsi seperti antara dengan pada gerak linear?

*“Dan dia yang telah menciptakan malam dan siang, matahari dan bulan, masing –masing beredar di garis edar nya. “ (Al anbiya 21:33)*

Persamaan yang menghubungkan antara torsi dan percepatan sudut. Tinjau sebuah benda bermassa  $m$  terikat oleh kawat tipis yang kaku berada sejauh  $\mathbf{r}$  dari titik  $\mathbf{O}$ . Benda kemudian diberi gaya  $\mathbf{F}$  yang tegak lurus dengan  $\mathbf{r}$  (Gambar 1).



Gambar 1

Bila  $\mathbf{F}$  diberikan terus-menerus, maka benda akan berotasi terus-menerus

Benda akan melakukan gerak rotasi, dengan arah lintasan sama dengan arah  $\mathbf{F}$  dan mengalami percepatan linear  $\mathbf{a}$  dengan memenuhi persamaan:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a} \dots \quad (1)$$

Lintasan benda akan melingkar, percepatan setiap saat memiliki arah sejajar dengan lintasan setiap saat. Supaya menjadi torsi

kita kalikan persamaan di atas dengan  $\mathbf{r}$  pada kedua ruasnya, sehingga kita peroleh :

$$\mathbf{rF} = m\mathbf{r}\mathbf{a} \dots \quad (2)$$

Percepatan tangensial benda sama dengan  $\mathbf{r}$  dikalikan percepatan sudutnya atau  $\mathbf{a} = \mathbf{r}\boldsymbol{\alpha}$ , sehingga persamaan (2)

$$\mathbf{rF} = m\mathbf{r}^2\boldsymbol{\alpha}$$

Karena  $\mathbf{F}$  tegak lurus vektor  $\mathbf{r}$  maka  $\mathbf{rF}$  bisa dikatakan sebagai torsi yang dialami benda sehingga kita mendapat persamaan:

$$\boldsymbol{\tau} = I\boldsymbol{\alpha} \dots \quad (3)$$

**Persamaan (3)** di atas adalah hukum Newton kedua untuk rotasi. Bila  $\mathbf{F}$  menghasilkan percepatan linear maka  $\mathbf{t}$  menghasilkan percepatan sudut pada benda. Kalian sudah mendapatkan  $I$  adalah momen inersia, bandingkan **persamaan (1 dan 2)** di atas. Tampak  $I$  sama dengan massa. Massa menunjukkan kelembaman benda untuk bergerak, begitu juga momen inersia menunjukkan kelembaman benda untuk berotasi. Semakin besar momen inersia suatu benda, maka diperlukan torsi yang semakin besar untuk menggerakkannya agar berotasi.

Jika benda yang berotasi tidak hanya sebuah titik, tetapi sebuah benda tegar, misalnya cakram berjari-jari  $\mathbf{r}$  yang diputar pada sumbunya. Silinder terdiri atas banyak partikel. Misalkan torsi yang bekerja pada titik ke  $i$  adalah  $\boldsymbol{\tau}_i$ . Tiap titik bermassa  $m_i$  dan jaraknya dari sumbu rotasi adalah  $\mathbf{r}_i$ . Tiap titik memiliki percepatan sudut yang sama, tetapi percepatan linear tiap titik berbeda tergantung pada jarak titik tersebut dengan sumbu rotasi. Maka total torsi yang bekerja pada silinder adalah:

$$\sum_i \boldsymbol{\tau}_i = \sum_i m_i r_i^2 \boldsymbol{\alpha}_i$$

$$\boldsymbol{\tau} = \left( \sum_i m_i r_i^2 \right) \boldsymbol{\alpha} = I\boldsymbol{\alpha}$$

Contoh :

1. Sebuah roda berputar dari kecepatan 10 rad/s menjadi 70 rad/s karena mendapat momen gaya tetap dalam waktu 3 sekon. Jika momen kelembaman roda 4 kg m<sup>2</sup>, tentukanlah besar momen gaya tersebut.

**Jawab**

Diketahui:  $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$

$\omega = 70 \text{ rad/s}$

$I = 4 \text{ kg m}^2$

$t = 3 \text{ s.}$

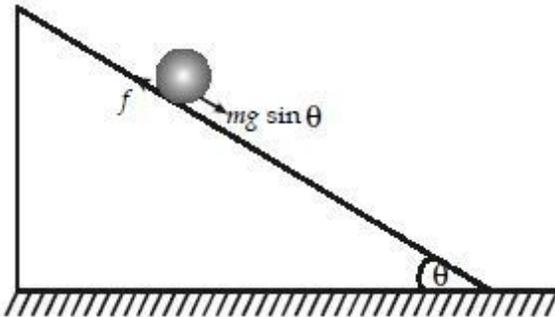
$\tau = I\alpha$

$\tau = I.[(\omega - \omega_0)/t]$

$\tau = 4.[(70 \text{ rad/s} - 10 \text{ rad/s}) / 3 \text{ s}]$

$\tau = 80 \text{ Nm}$

2.



Sebuah benda pejal bermassa  $M$  dan berjari-jari  $R$ , memiliki momen inersia  $I = kMR^2$ . Benda tersebut menggelinding pada suatu bidang miring dengan sudut kemiringan, seperti tampak pada gambar.

- a. Berapakah percepatan yang dialami benda pejal tersebut?
- b. Tentukanlah percepatan yang terjadi, jika benda itu berupa bola dengan momen inersia  $I = (2/5)MR^2$ , atau silinder dengan  $I = \frac{1}{2} MR^2$ .

**Jawab**

Diketahui:  $I$  benda pejal =  $kMR^2$ .

a. Menurut Hukum Kedua Newton pada gerak translasi, diperoleh hubungan

$$Mg \sin \theta - f = Ma \text{ atau } Ma + f = Mg \sin \theta \dots (a)$$

Berdasarkan prinsip rotasi terhadap pusat benda, berlaku hubungan

$$\tau = I\alpha \rightarrow fR = kMR \alpha \rightarrow f = kMa \dots (b)$$

Substitusikan Persamaan (b) ke dalam Persamaan (a), diperoleh

$$Ma + kMa = Mg \sin \theta$$

$$a = (g \sin \theta) / (k + 1)$$

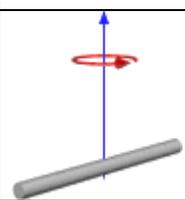
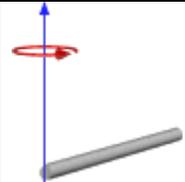
b. Untuk silinder dengan  $k = \frac{1}{2}$ , diperoleh

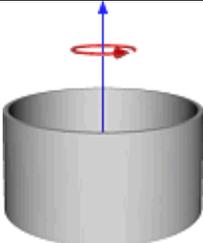
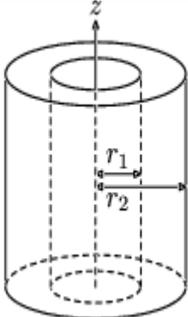
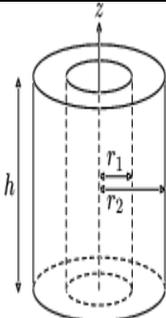
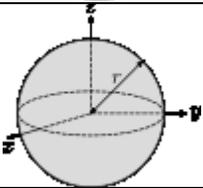
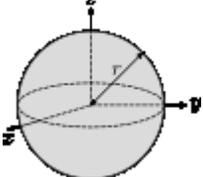
$$a = (g \sin \theta) / (\frac{1}{2} + 1) = (2/3) (g \sin \theta)$$

**A. Momen inersia**

Momen inersia adalah hasil kali partikel massa dengan kuadrat jarak tegak lurus partikel dari titik poros.

*“Dia menyingsingkan pagi dan menjadikan malam untuk beristirahat, dan (menjadikan) matahari dan bulan untuk perhitungan. Itulah ketentuan Allah Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui.” (QS. Al Anaam 6: 96).*

Benda	Poros	Gambar	Momem Inersia
Batang Silinder	Poros melalui pusat		$I = \frac{1}{12}mL^2$
Batang silinder	Poros melalui ujung		$I = \frac{1}{3}mL^2$

Silinder berongga	Melalui sumbu		$I = mR^2$
Silinder pejal	Melalui sumbu		$I = \frac{1}{2}mR^2$
Silinder pejal	Melintang sumbu		$I = \frac{1}{4}mR^2 + \frac{1}{12}mL^2$
Bola pejal	Melalui diameter		$I = \frac{2}{5}mR^2$
Bola pejal	Melalui slhsatu grssinggung		$I = \frac{7}{5}mR^2$

## Hubungan antara torsi dengan momen inersia Hukum II Newton tentang rotasi

$$\tau = I \times \alpha$$

Dimana:

$I$  : momen inersia ( $\text{kg m}^2$ )

$\alpha$  : percepatan sudut ( $\text{rad/s}^2$ )

$\tau$  : torsi (Nm)

### B. Gerak Translasi dan Gerak Rotasi

Gerak rotasi dan gerak translasi (persamaan gerak) memiliki banyak persamaan. Besaran gerak translasi memiliki hubungan dengan gerak rotasi. Hubungan tersebut menghasilkan bentuk rumus gerak rotasi yang bisa dianalogikan dengan gerak translasi, seperti terlihat pada Tabel . Berikut:

Gerak Translasi		Gerak Rotasi		Hubungannya
Perpindahan/kedudukan	$s/r$	Perpindahan sudut ( $\theta$ )	$\theta$	$s = \theta r$
Kecepatan linear rata-rata	$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	Kecepatan sudut rata-rata ( $\bar{\omega}$ )	$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$	$\bar{v} = \bar{\omega} r$
Kecepatan linear sesaat	$v = \frac{ds}{dt}$	Kecepatan sudut sesaat ( $\omega$ )	$\omega = \frac{d\theta}{dt}$	$v = \omega r$
Menentukan posisi dari fungsi kecepatan linear	$r = r_0 + \int v dt$	Menentukan posisi sudut dari fungsi kecepatan sudut	$\theta = \theta_0 + \int \omega dt$	
Percepatan linear rata-rata	$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	Percepatan sudut rata-rata ( $\theta$ )	$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$	$\bar{a} = \bar{\alpha} r$
Percepatan linear sesaat	$a = \frac{dv}{dt}$	Percepatan linear sesaat	$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$	$a = \alpha r$
Menentukan kecepatan dari fungsi percepatan	$v = v_0 + \int a dt$	Menentukan kecepatan dari fungsi percepatan	$\omega = \omega_0 + \int \alpha dt$	
Gerak lurus berubah beraturan (GLBB)	$v = v_0 + at$ $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ $v^2 = v_0^2 + 2as$	Gerak melingkar berubah beraturan (GMBB)	$\omega = \omega_0 + \alpha t$ $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$ $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha \theta$	

Analogi dan hubungan antara gerak translasi dan gerak rotasi dapat dilihat pada Tabel . berikut.

Gerak Translasi		Gerak Rotasi		Hubungannya
Jarak linear	$s$	Jarak Posisi (Sudut)	$\theta$	$s = \theta R$
Kecepatan Linear	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	Kecepatan Sudut	$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$	$v = \omega R$
Percepatan Tangensial	$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	Percepatan Sudut	$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$	$a = \alpha R$
Kelembaman Translasi (massa)	$m$	Kelembaman Rotasi (Momen Inersia)	$I$	$I = \sum_{i=1}^N m_i R_i^2$
Gaya	$F = ma$	Momen Gaya	$\tau = I \alpha$	$\tau = F \times r$
Energi Kinetik	$EK = \frac{1}{2} mv^2$	Energi Kinetik	$EK = \frac{1}{2} I \omega^2$	
Momentum Linear	$p = mv$	Momentum Sudut	$L = I \omega$	
Daya	$P = Fv$	Daya	$p = \tau \omega$	

### C. Kesetimbangan Benda Tegar

#### 1. Syarat Kesetimbangan

Menurut Hukum Pertama Newton, apabila resultan gaya-gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, percepatan benda tersebut juga akan sama dengan nol. Dalam hal ini, dapat diartikan bahwa benda berada dalam keadaan diam atau bergerak dengan kecepatan tetap. Kondisi ini berlaku untuk gerak translasi dan gerak rotasi. Apabila pada benda berlaku hubungan  $\Sigma F = 0$  dan  $\Sigma \tau = 0$  ( $a = 0$  dan  $\alpha = 0$ ) maka dikatakan benda tersebut dalam keadaan setimbang.

Benda yang berada dalam keadaan setimbang tidak harus diam, akan tetapi harus memiliki nilai percepatan linier  $a = 0$  (untuk gerak translasi) dan percepatan sudut  $\alpha = 0$  (untuk gerak rotasi).

Sebaliknya, benda yang diam pasti berada dalam keadaan setimbang. Dengan demikian, keadaan setimbang itu terdapat dua macam, yaitu

a. Setimbang statik (benda diam).

$$v = 0 \text{ dan } \omega = 0$$

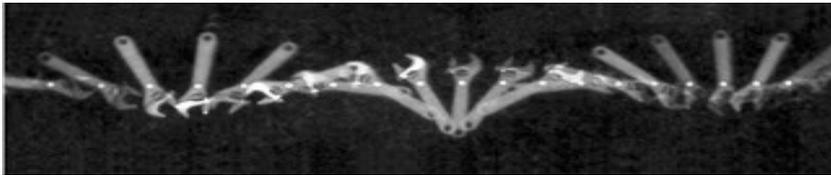
$$\Sigma F = 0 \text{ dan } \Sigma \tau = 0$$

b. Setimbang mekanik (benda bergerak translasi atau rotasi).

## 2. Pusat Massa dan Titik Berat Benda

Benda tegar yang melakukan gerak rotasi, memiliki pusat massa yang tidak melakukan gerak translasi ( $v = 0$ ). Berbeda dengan sebuah partikel yang bergerak melingkar beraturan, partikel tersebut memiliki pusat massa yang melakukan gerak translasi ( $v \neq 0$ ) dengan arah yang selalu berubah karena adanya percepatan sentripetal, as di mana

$$F \neq 0.$$

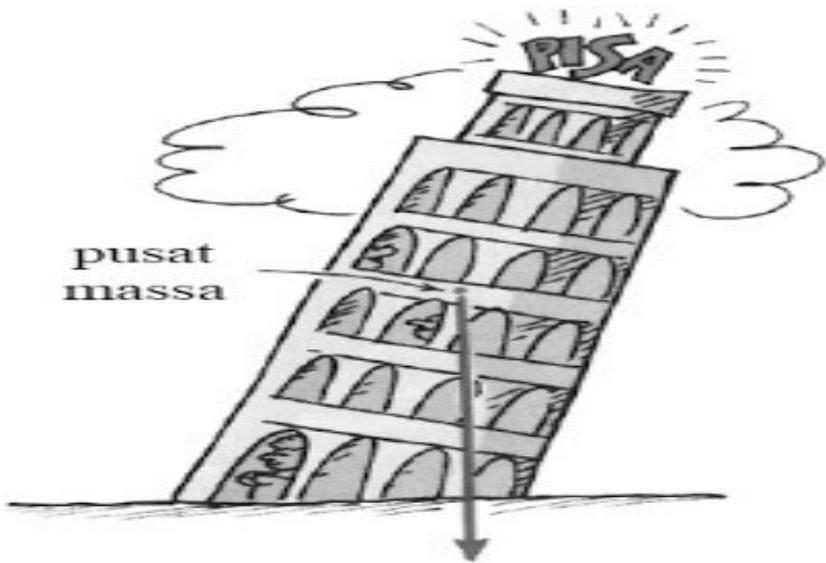


Gambar 3.

Pusat massa sebuah kunci Inggris yang sedang berputar berada dalam satu garis lurus

Letak pusat massa suatu benda menentukan kestabilan (kesetimbangan) benda tersebut. Jika dari titik pusat massa benda ditarik garis lurus ke bawah dan garis tersebut jatuh pada bagian alas benda, dikatakan benda berada dalam keadaan setimbang stabil. Namun, apabila garis lurus yang ditarik dari titik pusat massa jatuh di luar alas benda maka benda dikatakan tidak stabil.

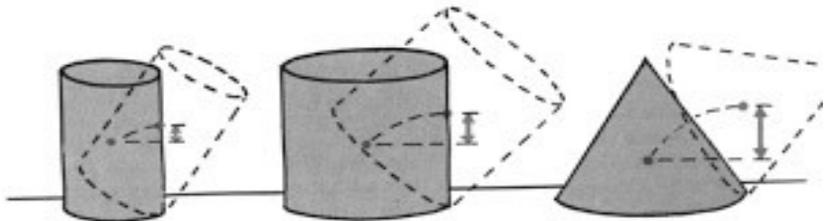
Menara Pisa yang miring masih tetap dapat berdiri selama berabad-abad. Mengapa menara tersebut tidak jatuh? dapat dilihat bahwa garis yang ditarik dari pusat massa menara masih jatuh pada alasnya sehingga menara berada dalam keadaan stabil (setimbang).



Gambar 4.

Letak titik pusat massa menara Pisa masih berada di dalam alasnya sehingga menara tetap dalam keadaan stabil

Agar tidak mudah terguling, benda dirancang dengan dasar (alas) yang lebar dan titik pusat massa yang rendah.



Gambar 5.

Benda berbentuk kerucut merupakan benda yang paling stabil dibandingkan dengan ketiga benda lainnya.

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin lebar alas suatu benda, gaya yang dibutuhkan untuk menggulingkannya akan semakin besar karena jarak yang dibutuhkan untuk menaikkan titik pusat massa benda (ditandai tanda panah)

sehingga benda dapat digulingkan juga besar. Titik berat benda adalah titik tangkap gaya berat suatu benda, di mana titik tersebut dipengaruhi oleh medan gravitasi. Penentuan letak titik berat ini dapat dilakukan dengan mudah apabila benda bersifat homogen dan beraturan (seperti kubus, bola, dan silinder). Apabila benda tidak homogen atau tidak beraturan, penentuan titik beratnya adalah sebagai berikut.

Anggaplah benda berupa kumpulan titik-titik massa, yaitu  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ , dan seterusnya yang terletak pada koordinat  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$ , dan seterusnya. Titik berat benda terhadap sumbu-x adalah

$$(m_1 + m_2 + m_3 + \dots) gy_0 = m_1 gy_1 + m_2 gy_2 + m_3 gy_3 + \dots$$

Titik berat benda terhadap sumbu-y adalah :

$$(m_1 + m_2 + m_3 + \dots) gy_0 = m_1 gy_1 + m_2 gy_2 + m_3 gy_3 + \dots$$

maka momen gaya berat benda terhadap sumbu-x adalah :

$$x_0 = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$$

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

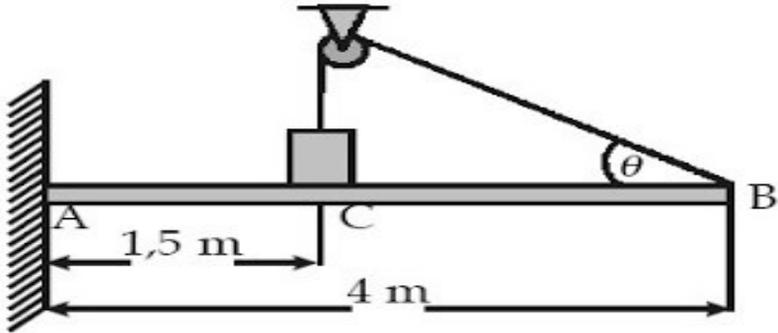
Untuk sumbu-y, momen gaya berat benda tersebut adalah :

$$y_0 = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n m_i y_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Contoh :

1.



Sistem terlihat pada gambar. Massa batang homogen AB adalah 50 kg dan massa bebannya 150 kg. Ujung A diengselkan ke tembok, sedangkan beban dihubungkan ke ujung B dengan seutas tali melalui sebuah katrol. Massa tali dan gesekan pada katrol diabaikan,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , dan  $\sin\theta = 7/16$ .

- Gambarkanlah diagram gaya-gaya yang bekerja pada batang AB dan pada beban, serta hitunglah tegangan talinya.
- Berapakah besar gaya engsel di titik A?

Jawab

Diketahui:

$m_1 = 150 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 50 \text{ kg}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $AC = 1,5 \text{ m}$ ,  $AB = 4 \text{ m}$ , dan  $\sin\theta = 7/16$ .

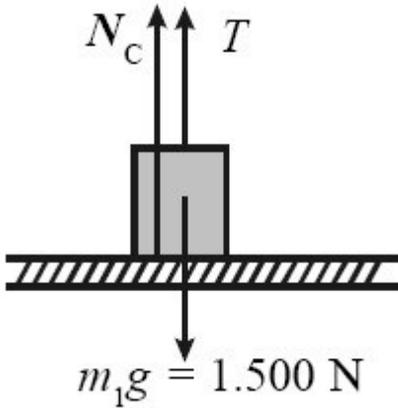
- Gaya pada beban NC adalah gaya normal dari batang pada beban. Dalam keadaan setimbang berlaku:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$T + N_C = m_1 g$$

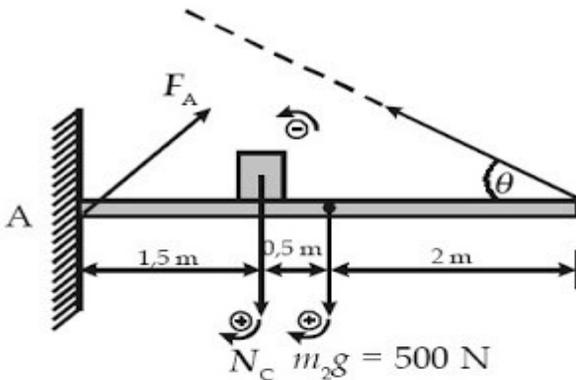
$$T + N_C = 1.500 \text{ N}$$

$$N_C = 1.500 \text{ N} - T \dots\dots\dots (a)$$



Perhatikanlah diagram gaya pada batang.

Gaya reaksi beban terhadap batang adalah  $N_C'$  (bukan  $m_1g$ ) dengan  $N_C' = N_C$  (pasangan gaya aksi-reaksi).



Gunakan syarat kesetimbangan batang pada titik A.

$$\Sigma \tau_A = 0$$

$$N_C' (AC) + m_2g (CB) = T \sin\theta (AC)$$

$$N_C' (1,5 \text{ m}) + m_2g (2 \text{ m}) = T \sin\theta (4 \text{ m}) \dots\dots\dots (b)$$

Substitusikan Persamaan (a) pada Persamaan (b) sehingga diperoleh :

$$(1.500 \text{ N} - T)(1,5 \text{ m}) + (500 \text{ N})(2 \text{ m}) = T (7/16) (4 \text{ m})$$

$$2.250 \text{ Nm} - 1,5 T \text{ m} + 1.000 \text{ Nm} = 7/4 T \text{ m}$$

$$9.000 \text{ Nm} - 6 T \text{ m} + 4.000 \text{ Nm} = 7T \text{ m}$$

$$13T \text{ m} = 13.000 \text{ Nm} \rightarrow T = 1.000 \text{ N.}$$

- b. Gunakan metoda segitiga untuk menghitung gaya engsel  $F_A$ .

$$\sin \theta = \frac{7}{16} \text{ atau } \theta = 25,94^\circ$$

$$\rightarrow \alpha = 90 - 25,94 = 64,06^\circ$$

Karena  $N_C' = 1.500 \text{ N} - T$ ,

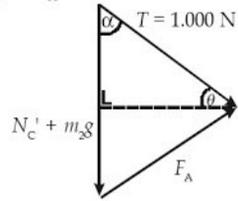
$$\text{maka } N_C' = 1.500 \text{ N} - 1.000 \text{ N} = 500 \text{ N}$$

$$F_A = \sqrt{(N_C' + m_2g)^2 + T^2 + 2(N_C' + m_2g)(T)\cos \alpha}$$

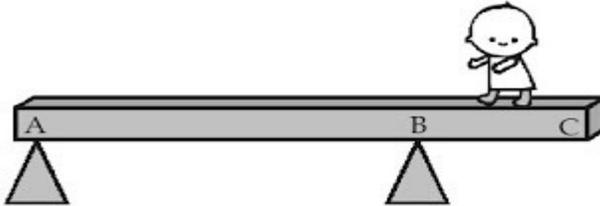
Oleh karena  $N_C' + m_2g = 500 \text{ N} + 500 \text{ N} = 1.000 \text{ N}$  maka

$$F_A = \sqrt{(1.000 \text{ N})^2 + (1.000 \text{ N})^2 - 2(1.000 \text{ N})(1.000 \text{ N})\cos(64,06^\circ)}$$

$$F_A = \sqrt{2.000.000 \text{ N}^2 - 874.859,38 \text{ N}^2} = 1.060,73 \text{ N.}$$

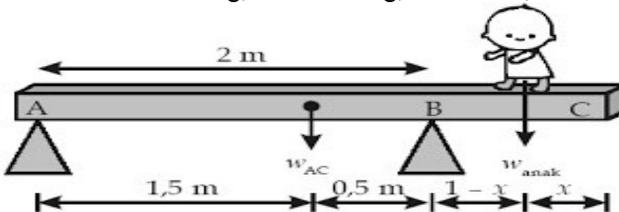


2. Batang AC bermassa 40 kg dan panjangnya 3 m. Jarak tumpuan A dan B adalah 2 m (di B papan dapat berputar) seorang anak bermassa 25 kg berjalan dari A menuju C. Berapa jarak minimum anak dari titik C agar papan tetap setimbang (ujung batang A hampir terangkat)?



Jawab

Diketahui:  $m_{\text{anak}} = 25 \text{ kg}$ ,  $m_{AC} = 40 \text{ kg}$ ,  $AC = 3 \text{ m}$ , dan  $AB = 2 \text{ m}$ .



$$\Sigma \tau = 0$$

$$w_{AC} (0,5 \text{ m}) = w_{\text{anak}} (1 - x)$$

$$(400 \text{ N}) (0,5 \text{ m}) = (250 \text{ N})(1 - x)$$

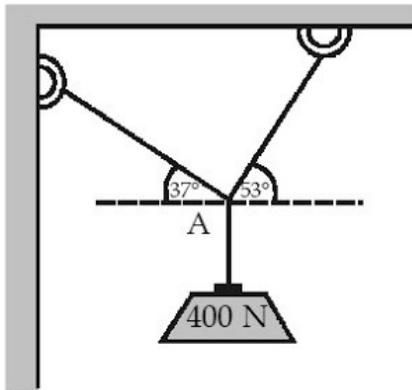
$$200 \text{ Nm} = (250 \text{ N}) - (250x \text{ Nm})$$

$$250x \text{ Nm} = 50 \text{ N}$$

$$x = 0,2 \text{ m}$$

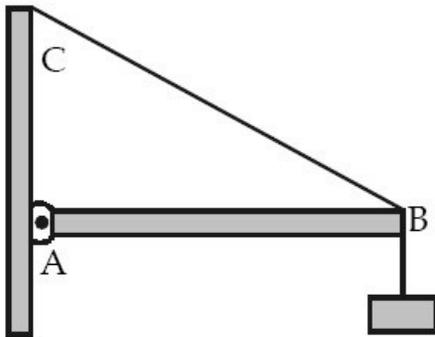
## Latihan Soal

1.



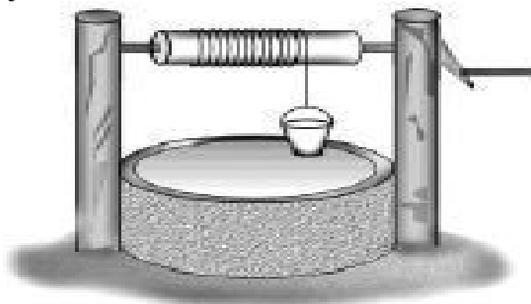
Benda pada gambar memiliki berat 400 N dan digantung dalam keadaan diam. Tentukanlah besar tegangan-tegangan yang terjadi pada kedua tali yang menahan benda.

2. Pada sistem kesetimbangan benda tegar seperti pada gambar di samping, batang AB homogen dengan panjang 80 cm, beratnya 18 N, menyangga beban seberat 30 N, BC adalah tali.

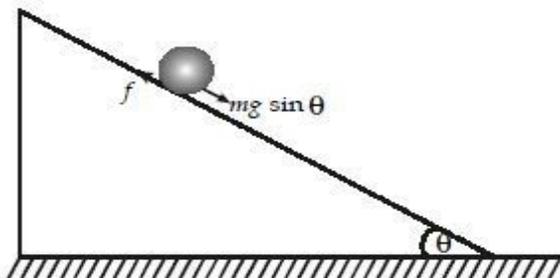


- Berapakah tegangan pada tali (dalam newton) jika jarak  $AC = 60$  cm?
- Tentukanlah besar gaya reaksi dinding terhadap batang di titik A?

3. Sebuah silinder pejal berjari-jari 15 cm dan bermassa 2 kg dijadikan katrol untuk sebuah sumur, seperti tampak pada gambar. Batang yang dijadikan poros memiliki permukaan licin sempurna. Seutas tali yang massanya dapat diabaikan, digulung pada silinder. Kemudian, sebuah ember bermassa 1 kg diikatkan pada ujung tali. Tentukan percepatan ember saat jatuh ke dalam sumur



4.



Sebuah benda pejal bermassa  $M$  dan berjari-jari  $R$ , memiliki momen inersia  $I = kMR^2$ . Benda tersebut menggelinding pada suatu bidang miring dengan sudut kemiringan, seperti tampak pada gambar.

- Berapakah percepatan yang dialami benda pejal tersebut?
  - Tentukanlah percepatan yang terjadi, jika benda itu berupa bola dengan momen inersia  $I = (2/5)MR^2$ , atau silinder dengan  $I = \frac{1}{2}MR^2$ .
5. Balok kayu seragam di atas sepanjang 8 m dan berat 200 N berada di atas dua buah tiang penyangga A dan B. Besar beban yang dirasakan oleh titik A

## BAB XIV

### OPTIK

*(Dia-lah yang Menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkannya manzilah-manzilah (tempat-tempat) Bagiperjalanan 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)*

Sistem optik yang paling penting ialah mata. Ukuran maya suatu benda ditentukan oleh ukuran bayangan pada retina. Namun dalam pembahasan kali ini kita akan membahas mengenai berbagai ragam optik yaitu lensa dan cermin.

Topik optika geometri yang mengacu pada peristiwa pantulan (refleksi) yang diterapkan pada cermin (datar, cekung, dan cembung) sedangkan pembiasan (refraksi) yang diterapkan pada lensa baik cekung maupun cembung. Cermin dan lensa disebut cermin positif dan lensa positif bila cermin dan lensa itu memiliki panjang fokus ( $f$ ) positif. Panjang fokus disebut positif bila cermin dan lensa itu bersifat mengumpulkan sinar di titik fokusnya. Ini berarti titik fokus cermin dan lensa positif, disebut juga *titik api*. Cermin dan lensa disebut cermin negatif dan lensa negatif, bila kedua benda itu bersifat memancarkan cahaya, sehingga panjang fokusnya ( $f$ ) bernilai negatif. Contohnya dari cermin positif adalah cermin cekung, sedangkan cermin negatif adalah cermin cembung. Lensa cembung disebut juga lensa positif, sementara itu lensa cekung pula lensa negatif.

Dalam pembahasan mengenai cermin dan lensa, kita tidak dapat dipisahkan dengan cahaya, karena dengan cahaya itulah yang akan bisa membentuk bayangan yang nantinya akan dihasilkan oleh lensa maupun cermin. Cahaya adalah suatu bentuk yang fundamental. Interaksi cahaya dan dengan lensa, cermin, dan lainnya dapat dipahami melalui model gelombang.

Karena dalam pembahasan mengenai lensa maupun cermin kita akan mengacu pada gerak cahaya yaitu yang berupa pantulan dan pembiasan.

Topik optika geometri yang mengacu pada peristiwa pantulan (refleksi) yang diterapkan pada cermin (datar, cekung, dan cembung) sedangkan pembiasan (refraksi) yang diterapkan pada lensa baik cekung maupun cembung. Cermin dan lensa disebut cermin positif dan lensa positif bila cermin dan lensa itu memiliki panjang fokus ( $f$ ) positif. Panjang fokus disebut positif bila cermin dan lensa itu bersifat mengumpulkan sinar di titik fokusnya. Ini berarti titik fokus cermin dan lensa positif, disebut juga *titik api*. Cermin dan lensa disebut cermin negatif dan lensa negatif, bila kedua benda itu bersifat memancarkan cahaya, sehingga panjang fokusnya ( $f$ ) bernilai negatif. Contohnya dari cermin positif adalah cermin cekung, sedangkan cermin negatif adalah cermin cembung. Lensa cembung disebut juga lensa positif, sementara itu lensa cekung pula lensa negatif.

## A. CERMIN

### a. Cermin Datar

Cermin datar merupakan sepotong gelas geometri bola berjejari tak hingga, dan salah satu permukaannya dilapisi oleh perak nitrat. Ketika cahaya menimpa permukaan benda, sebagian cahaya dipantulkan. Sisanya diserap oleh benda (dan diubah menjadi energi panas) atau, jika benda tersebut transparan seperti kaca atau air, sebagian diteruskan. Untuk benda-benda yang sangat mengkilat seperti cermin berlapis perak, lebih dari 95 persen cahaya bisa dipantulkan.

Ketika satu berkas cahaya menimpa permukaan yang rata, kita definisikan sebagai **sudut datang**,  $\theta$  sebagai sudut yang dibuat berkas sinar datang dengan dengan garis normal terhadap permukaan (normal berarti tegak lurus) dan **sudut pantul**,  $\theta_r$ , sebagai sudut yang dibuat berkas sinar pantul dengan normal. Untuk permukaan permukaan yang nyata ternyata ”berkas sinar

*datang dan pantul berada pada bidang yang sama dengan garis normal permukaan*". Hukum pantulan **sudut datang sama dengan sudut pantul**.

Cermin datar membentuk bayangan yang tegak, dengan ukuran yang sama dengan bendanya, dan bayangannya berada dalam jarak yang sama dari permukaan pantul dengan jarak benda di depan cermin. Bayangan tersebut maya, yaitu bayangan tidak akan muncul pada layar yang diletakkan pada posisi bayangan karena cahaya tidak memusat (berkonvergensi) di sana.

Bayangan yang dihasilkan dari cermin datar akan berbalik. Misalnya bayangan tangan kanan pada sebuah cermin datar adalah tangan kiri. Pembalikan dari kanan ke kiri ini adalah hasil dari *pembalikan kedalaman*, yaitu tangan diubah dari kanan dari kanan ke kiri karena bagian depan dan belakang tangan dibalik oleh cermin.

#### **b. Cermin Cekung**

Cermin cekung terbuat dari sepotong bola cermin, bila disinari maka sinar itu sebagian besar terpantul melalui titik tertentu yaitu titik  $F$ . Bola cermin dimaksud merupakan bola gelas yang dilapisi perak nitrat di bagian luarnya.

Fokus utama sebuah cermin cekung adalah titik  $F$  di mana sinar yang sejajar dan sangat dekat dengan *titik pusat* atau *sumbu optik* cermin difokuskan. Fokus yang nyata untuk cermin cekung (konkaf). Fokus ini terletak pada sumbu optik dan berada ditengah-tengah antara titik pusat kelengkungan dan cermin. Cermin cekung membentuk bayangan nyata terbalik dari benda yang diletakkan di luar fokus utama. Jika benda berada di antara fokus utama dan cermin, bayangan tersebut maya, tegak, dan diperbesar.

Sifat-sifat bayangan pada cermin cekung berbeda-beda bergantung pada jarak benda di depan cermin. Yaitu : ketika benda berada jauh dari cermin sifat bayangan yang terjadi terbalik, tetapi ketika mendekati cermin bayangan akan berubah

menjadi tegak. Bayangan tegak dan lebih besar tampak ketika kamu bercermin di depan sendok makan.

Ragam sinar yang jatuh dipermukaan cermin cekung dapat digolongkan ke dalam tiga sinar istimewa (*principal rays*) berikut ini :

1. Sinar datang yang melewati pusat kelengkungan cermin, dipantulkan melalui lintasan semula.
2. Sinar datang berlintasan sejajar dengan sumbu cermin, dipantulkan melalui titik fokus cermin itu.
3. Sinar datang yang melewati titik fokus, dipantulkan ke arah sejajar dengan sumbu cermin.

### c. Cermin Cembung

Cermin cembung (*convex mirror*) terbuat dari sepotong permukaan bola gelas, yang permukaan bagian dalam bola dilapisi dengan perak nitrat sebagai bahan pemantul cahaya. Cermin cembung hanya menghasilkan bayangan nyata tegak dari benda yang diletakkan di depannya.

Jika permukaan cermin memiliki radius kelengkungan  $R$ , maka sinar yang datang dari arah luar bola dan sejajar dengan sumbu cermin dipantulkan yang seolah-olah berasal dari fokus cermin itu. Sinar datang yang berarah menuju ke pusat cermin dipantulkan melalui lintasan yang sama dengan ketika sinar datang. Fokus cermin cembung selalu berada di permukaan cermin dan bersifat memancarkan sinar yang jatuh ke cermin, sehingga panjang fokus ( $f$ ) dinyatakan :  $f = -R/2$ .

**Cermin cembung** memiliki sifat divergen atau menyebarkan sinar yaitu bila ada sinar datang yang sejajar sumbu utama maka sinar tersebut akan dipantulkan seolah olah berasal dari titik fokus kebalikan dari pemantulan pada cermin cekung yang mengumpulkan sinar. Titik fokus pada cermin cembung besarnya setengah kali dari jari jari kelengkungan cermin, karena cermin cembung adalah sebagai busur atau juring dari bangun bola.

Terdapat 3 sinar istimewa untuk melukiskan pembentukan bayangan pada cermin cembung, yaitu:

- a. Sinar datang sejajar dengan sumbu utama dipantulkan seolah-olah berasal dari titik focus  $f$ .
- b. Sinar datang yang menuju titik fokus  $F$  dipantulkan sejajar dengan sumbu utama.
- c. Sinar datang yang menuju titik pusat kelengkungan  $M$  dipantulkan kembali seolah-olah datang dari titik pusat kelengkungan tersebut.

Berikut ini gambar dan penjelasan mengenai sinar istimewa yang ada pada Cermin dan Lensa

### **Perbesaran pada Cermin**

Sifat bayangan yang terdiri dari diperbesar, diperkecil, nyata, maya, tegak serta terbalik bisa dilihat dari hasil lukisan tersebut maka kali ini bisa juga dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Perbesaran :  $P = h'/h = s'/s$

Jarak bayangan :  $1/f = 1/s + 1/s'$

Jarak fokus  $f = \frac{1}{2} R$

Keterangan :

$P$  = perbesaran bayangan

$h$  = tinggi benda

$h'$  = tinggi bayangan

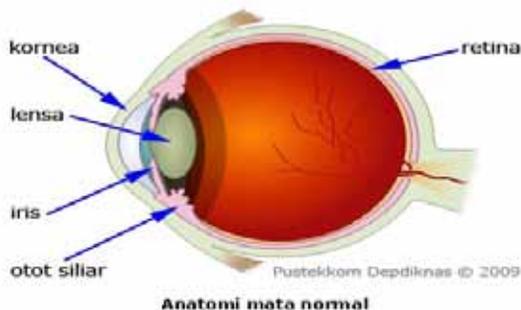
$s$  = jarak benda

$s'$  = jarak bayangan

$f$  = jarak fokus

$R$  = jari-jari kelengkungan

## B. Mata dan Kaca Mata



“Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatupun. Dan Dia memberi kamu pendengaran, penglihatan dan hati agar kamu bersyukur”. (QS 16: 78)

Mata kita memiliki bagian-bagian penting seperti pada Gambar. Tetapi yang memiliki sifat unik sehubungan dengan optik adalah *lensa mata*. Lensa mata ini memiliki sifat yang dapat berubah-ubah. Kemampuan mata untuk mengubah ketebalan lensa ini disebut *daya akomodasi*. Lensa mata akan menipis saat melihat benda jauh dan keadaan paling tipis disebut *akomodasi minimum*. Dan saat melihat benda dekat, lensa mata akan menebal hingga paling tebal disebut *akomodasi maksimum*. “Dan janganlah kamu mengikuti apa yang kamu tidak mempunyai pengetahuan tentangnya. Sesungguhnya pendengaran, penglihatan dan hati, semuanya itu akan diminta pertanggung jawabnya.” (Al-Isra’:39) “Siapakah yang memberi rezeki kepadamu dari langit dan bumi, atau siapakah yang kuasa (menciptakan) **pendengaran** dan penglihatan,” (QS. Yunus: 31)

Mata yang normal memiliki batas-batas normal akomodasi. Mata normal berakomodasi maksimum saat melihat benda pada jarak terdekat 25 cm dan berakomodasi minimum saat melihat benda di jauh tak hingga. Jarak terdekat yang dapat dilihat mata disebut *titik dekat* (*Punctum Proximum = PP*) dan jarak terjauh

yang dapat dilihat disebut *titik jauh* (*Punctum Remotum* = *PR*). Berarti mata yang normal memenuhi sifat sebagai berikut.

$$\begin{array}{l} \text{Mata normal} \\ PP = 25 \text{ cm} \\ PR = \sim \end{array}$$

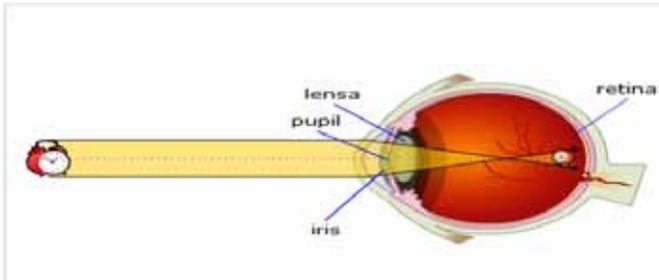
Keadaan mata yang tidak normal dapat dibantu dengan alat yang kita kenal *kaca mata*. Daya kaca mata yang dibutuhkan memenuhi persamaan

$$\begin{array}{l} P = \frac{1}{f} \\ P = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} \end{array}$$

*S* adalah jarak benda yang diharapkan untuk dapat dilihat. Sedangkan *S'* adalah bayangan oleh lensa yang harus bersifat maya sehingga bernilai negatif. Kemudian daya lensa bersatuan dioptri sehingga *S* dan *S'* harus dalam meter atau boleh cm tetapi persamaannya menjadi seperti berikut.

$$P = \frac{100}{S} + \frac{100}{S'}$$

Mata rabun ada tiga jenis yaitu rabun dekat (*hipermetropi*), rabun jauh (*miopi*) dan *presbiopi*.



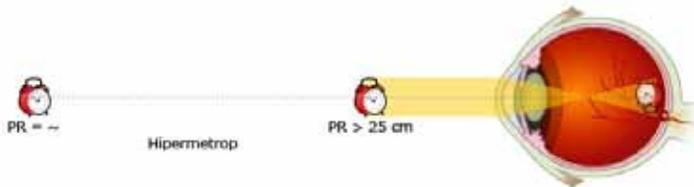
**Gambar** Pembentukan bayangan pada mata

## Hipermetropi

Hipermetropi atau rabun dekat disebut juga mata jauh karena hanya dapat melihat jelas benda-benda yang jauh. Mata ini tidak dapat berakomodasi maksimum secara normal berarti titik dekatnya lebih besar dari 25 cm ( $PP > 25$  cm).

Karena sifat di atas maka setiap melihat benda pada titik baca normal (25 cm) bayangannya akan berada di belakang retina. Untuk mengatasinya diperlukan lensa positif.

Bagaimana lensa kaca mata yang dibutuhkan? Jika ingin membaca normal maka benda harus berada pada jarak baca  $S = 25$  cm dan bayangan lensa harus berada pada titik dekat mata  $S' = -PP$ .



## CONTOH

Zaza tidak dapat membaca pada jarak normal (25 cm). Saat melihat benda, dia bisa melihat dengan jelas jika jaraknya 1 m dan selebihnya. Tentukan daya kaca mata yang dibutuhkan agar dapat melihat pada jarak baca normal dan tentukan pula jarak fokus lensanya!

## Penyelesaian

$$S = 25 \text{ cm}$$

$$S' = -PP = -1 \text{ m} = -100 \text{ cm}$$

Daya kaca mata dan fokus yang dibutuhkan memenuhi :

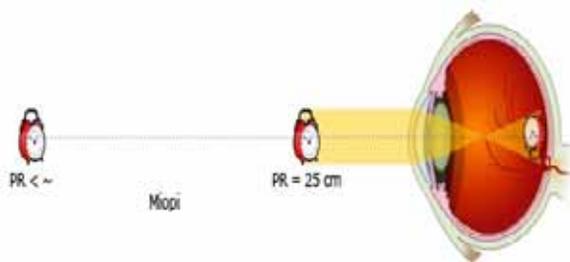
$$P = \frac{100}{S} + \frac{100}{S'}$$
$$= \frac{100}{25} - \frac{100}{100} = 3 \text{ dioptri}$$

$$f = \frac{100}{P} = \frac{100}{3} = 33,3 \text{ cm}$$

## Miopi

Miopi atau rabuh jauh disebut juga mata dekat karena hanya dapat melihat jelas benda-benda yang dekat. Mata ini tidak dapat berakomodasi minimum secara normal. Titik jauh matanya kurang dari jauh tak hingga ( $PR < \infty$ ).

Karena sifat di atas maka mata miopi yang digunakan untuk melihat benda jauh tak hingga akan membentuk bayangan di depan retina. Untuk melihat benda jauh tak hingga maka mata ini dapat dibantu dengan kacamata lensa negatif.



## CONTOH

Seseorang tidak dapat melihat benda jauh tak hingga dengan jelas. Kemudian dia memeriksakan diri ke dokter mata. Untuk mengatasi kelemahan itu dia diberi saran dokternya untuk memakai kaca mata dengan kekuatan  $1/3$  dioptri. Berapakah titik jauh mata orang tersebut?

## Penyelesaian

$$S = \sim$$

$$P = -\frac{1}{3}D$$

$$S' = -PR$$

Titik jauh  $S' = -PR$  dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$P = \frac{100}{S} + \frac{100}{S'}$$

$$-\frac{1}{3} = \frac{100}{\sim} - \frac{100}{PR}$$

$$PR = 300 \text{ cm}$$

## Presbiopi

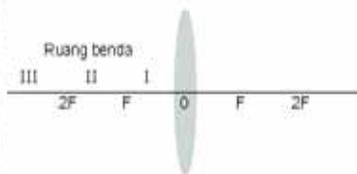
Presbiopi disebut juga mata tua yaitu mata yang titik dekat dan titik jauhnya telah berubah. Titik dekatnya menjauh dan titik jauhnya mendekat. Berarti mata presbiopi tidak bisa melihat benda dekat maupun jauh dengan jelas. Mata yang memiliki sifat seperti ini mengalami miopi maupun hipermetropi. Cara menanganinya adalah menggunakan kaca mata rangkap.

Dari penjelasan di atas dapat dituliskan sifat-sifat mata presbiopi sebagai berikut.

- $PP > 25 \text{ cm}$
- $PR < \sim$
- tidak bisa melihat benda jauh maupun dekat
- penyelesaiannya merupakan gabungan miopi dan hipermetropi

## C. Lup dan Mikroskop

### 1. Lup



*Lup* atau yang diberi nama kaca pembesar merupakan alat optik yang berupa lensa cembung. Alat optik ini digunakan untuk memperbesar benda-benda kecil, biasanya tulisan kecil atau komponen-komponen kecil. Untuk memanfaatkan lensa cembung sebagai lup, maka benda harus diletakkan di ruang I lensa ( $0 < S < f$ ) sehingga sifat bayangannya adalah *maya*, *tegak*, dan *diperbesar*. Pada penggunaan lup dapat ditentukan perbesaran bayangannya. Perbesarannya sering digunakan perbesaran sudut (anguler). Persamaannya memenuhi:

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

dengan :  $M$  = perbesaran anguler  
 $\beta$  = sudut penglihatan setelah ada lup  
 $\alpha$  = sudut penglihatan awal

Pengamatan dengan lup memiliki dua keadaan akomodasi yang penting yaitu *akomodasi maksimum* dan *akomodasi minimum*.

### ***Akomodasi maksimum***

Pengamatan akomodasi maksimum dengan lup berarti bayangan oleh lensa lup harus berada pada titik dekat mata. Titik dekat normal di sini selalu  $S_n$ . Berarti berlaku:  $S' = -S_n$  persamaannya dapat dituliskan menjadi berikut.

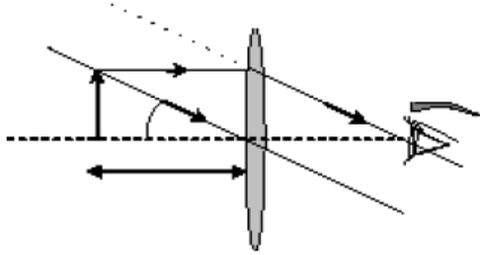
$$M = \frac{S_n}{f} + 1$$

dengan:  $M$  = perbesaran anguler  
 $S_n$  = jarak baca normal  
 $f$  = jarak fokus lup

### ***Akomodasi minimum***

Pengamatan akomodasi minimum dengan lup berarti bayangan oleh lup harus di jauh tak hingga. Bayangan ini terjadi jika benda ditempatkan pada fokus lensa ( $S = f$ ).

Perhatikan pembentukan bayangan tersebut pada *gambar*



**Gambar** Pengamatan dengan lup pada akomodasi minimum.

Dari gambar terlihat nilai  $\text{tg } \beta$  memenuhi:

$$\text{tg } \beta = \frac{h}{f}$$

Dengan menggunakan nilai  $\text{tg } \beta$  dapat diperoleh perbesaran anguler akomodasi minimum sebagai berikut.

$$M = \frac{S_n}{f}$$

### CONTOH

Seorang tukang arloji bermata normal menggunakan lup yang berkekuatan 10 dioptri. Tentukan jarak benda ke lup dan perbesaran angulernya jika diharapkan pengamatannya dengan:

- mata berakomodasi maksimum,
- mata tak berakomodasi?

### Penyelesaian

Dan perbesaran anguler pada akomodasi maksimumnya sebesar:

$$\begin{aligned} M &= \frac{S_n}{f} + 1 \\ &= \frac{25}{10} + 1 = 3,5 \text{ kali} \end{aligned}$$

b. Mata tak berakomodasi

Mata tak berakomodasi sama dengan berakomodasi minimum, berarti jarak bayangan dan benda dari lup memenuhi:

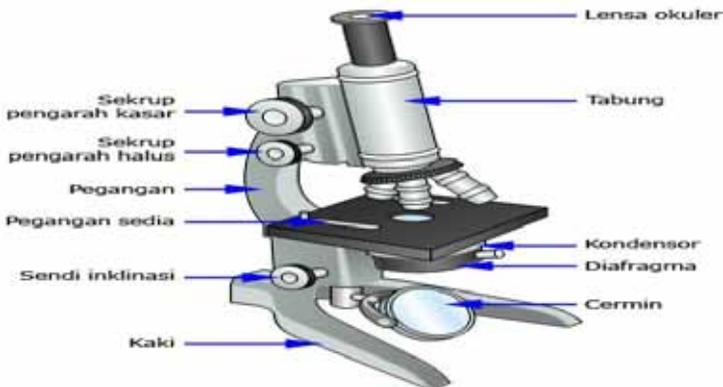
$$S' = \infty$$
$$S = f = 10 \text{ cm}$$

Dan perbesaran anguler akomodasi minimumnya memenuhi:

$$M = \frac{S_n}{f} = \frac{25}{10} = 2,5 \text{ kali}$$

## 2. Mikroskop

Pernahkah kalian melihat mikroskop? Coba kalian perhatikan *Gambar*. Alat ini sering kalian lihat di laboratorium biologi. Mikroskop merupakan alat optik untuk melihat benda-benda renik seperti amoeba, sel atau bakteri. Apakah sebenarnya mikroskop itu? Jika kalian amati *Gambar* tentu akan tahu. Mikroskop tersusun dari dua lensa positif. Lensa yang dekat benda dinamakan *lensa objektif* ( $f_{ob}$ ) dan lensa yang dekat mata dinamakan *lensa okuler* ( $f_{ok}$ ).



Benda ditempatkan di ruang kedua lensa objektif sehingga bayangannya bersifat nyata, terbalik diperbesar. Kemudian bayangan oleh lensa objektif diteruskan pada lensa okuler. Lensa okuler mikroskop bertindak sebagai lup berarti bayangannya adalah maya, tegak diperbesar. Bayangan akhir oleh mikroskop adalah *maya, terbalik, diperbesar*. Karena untuk

melihat benda renik maka hal utama yang perlu diperhatikan pada mikroskop adalah perbesarannya. Perbesaran total mikroskop merupakan perkalian dari perbesaran kedua lensanya.

$$M = M_{ob} \times M_{ok}$$

Sedangkan jarak antara lensa pada lup dapat memenuhi:

$$d = S_{ob}' + S_{ok}$$

dengan :  $d$  = jarak antar lensa

$S_{ob}'$  = jarak bayangan oleh lensa objektif

$S_{ok}$  = jarak benda lensa okuler

### ***Akomodasi maksimum***

Pengamatan dengan akomodasi maksimum bisa terjadi jika jarak bayangan oleh lensa okuler jatuh pada titik dekat mata. Untuk mata normal memenuhi  $S_{ok}' = -25$  cm.

### ***Akomodasi minimum***

Pengamatan dengan akomodasi minimum bisa terjadi jika bayangan lensa okuler di jauh tak hingga ( $S_{ok}' = \infty$ ) berarti jarak benda memenuhi :  $S_{ok} = f_{ok}$ .

## **CONTOH**

Sebuah mikroskop disusun dari dua lensa positif. Lensa objektif dan lensa okuler masing-masing memiliki jarak fokus 3 cm dan 10 cm. Jika sebuah benda ditempatkan 3,5 cm di depan lensa objektif maka tentukan perbesaran dan panjang mikroskop untuk:

- a. mata berakomodasi maksimum,
- b. mata berakomodasi minimum!

### Penyelesaian

$$f_{ob} = 3 \text{ cm}, f_{ok} = 10 \text{ cm dan } S_{ob} = 3,5 \text{ cm}$$

Dari  $S_{ob}$  dan  $f_{ob}$  dapat ditentukan jarak bayangan lensa objektif.

$$\frac{1}{S_{ob}'} = \frac{1}{f_{ob}} - \frac{1}{S_{ob}} = \frac{1}{3} - \frac{1}{3,5} = \frac{7-6}{21} = \frac{1}{21}$$

Jadi jarak bayangan oleh lensa objektifnya adalah  $S_{ob}' = 21 \text{ cm}$

#### a. Mata berakomodasi maksimum

Pada saat berakomodasi maksimum, maka perbesaran lensa okuler sama dengan perbesaran akomodasi maksimum oleh lup sehingga diperoleh:

$$M = M_{ob} \cdot M_{ok}$$

$$\frac{S_{ob}'}{S_{ob}} \left( \frac{S_n}{f_{ok}} + 1 \right) = \frac{21}{3,5} \left( \frac{25}{10} + 1 \right) = 21 \text{ kali}$$

Dan untuk mata berakomodasi maksimum berarti pada lensa okuler memenuhi jarak bayangan  $S_{ok}' = -25 \text{ cm}$  (mata normal). Sehingga dapat ditentukan  $S_{ok}$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{1}{S_{ok}} &= \frac{1}{f_{ok}} - \frac{1}{S_{ok}'} \\ &= \frac{1}{10} - \frac{1}{(-25)} = \frac{5+2}{50} = \frac{7}{50} \\ S_{ok} &= \frac{50}{7} = 7\frac{1}{7} \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari nilai ini dapat ditentukan panjang mikroskop, yaitu sebesar:

$$d = S_{ob}' + S_{ok} = 21 + 7\frac{1}{7} = 28\frac{1}{7} \text{ cm}$$

#### b. Mata berakomodasi minimum

Pada akomodasi minimum terjadi pada  $S_{ok}' = \infty$  berarti  $S_{ok} = f_{ok}$ . Pada keadaan ini perbesaran lensa okuler sama dengan perbesaran akomodasi minimum lup. Perbesaran total:

$$M = M_{ob} \cdot M_{ok}$$

$$= \frac{S_{ob}'}{S_{ob}} \left( \frac{S_n}{f_{ok}} \right) = \frac{21}{3,5} \left( \frac{25}{10} \right) = 15 \text{ kali}$$

Dan panjang mikroskop pada akomodasi minimum ini ( $S_{ok} = f_{ok}$ ) dapat diperoleh:

$$d = S_{ob}' + f_{ok} = 21 + 10 = 31 \text{ cm}$$

## D. Teropong



Berdasarkan fungsinya teropong dibagi menjadi:

1. teropong bintang
2. teropong bumi
3. teropong panggung

### Teropong Bintang

Teropong memiliki jenis yang banyak tetapi memiliki dasar yang sama. Dasar dari teropong itu adalah *teropong bintang* yaitu teropong yang digunakan untuk melihat benda-benda di langit. Setiap teropong diharapkan dapat digunakan untuk melihat bayangan dengan cara berakomodasi minimum.

Teropong bintang terdiri dari dua lensa. Sinar dari benda (bintang) di jauh tak hingga akan dibiaskan menuju fokus lensa objektif. Kemudian oleh lensa okuler akan dibentuk bayangan di jauh tak hingga lagi (akomodasi minimum) yang memiliki sifat : *maya, terbalik, diperbesar*.

Panjang Teropong atau jarak antara dua lensanya memenuhi:

$$d = f_{ob} + f_{ok}$$

Perbesaran bayangan yang terbentuk oleh teropong pada akomodasi minimum memenuhi:

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

### Teropong Bumi

Teropong bumi adalah teropong yang digunakan untuk melihat benda-benda jauh di bumi. Supaya bayangan tegak maka teropong bumi dapat dirancang dari teropong bintang dengan menambahkan lensa pembalik. Perbesaran yang terjadi sama dengan persamaan berikut.

$$d = f_{ob} + f_{ok} + 4f_p$$

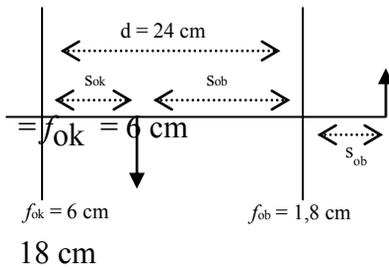
### Teropong Panggung

Teropong panggung memiliki fungsi yang sama dengan teropong bumi. Tetapi untuk membalik bayangannya (supaya tegak) digunakan lensa negatif (cekung) pada lensa okuler.

### Contoh Soal

1. Jarak titik api objektif dan okuler sebuah mikroskop berturut-turut adalah 1,8 cm dan 6 cm. Pada pengamatan mikroorganisme dengan menggunakan mikroskop ini oleh mata normal tidak berakomodasi, jarak antara objektif dengan okuler 24 cm. Dalam hal ini mikroorganisme terletak di muka objektif sejauh (dalam cm)

**Penyelesaian :**



\* Mata tidak berakomodasi, berarti :  
 $s'_{ok} = \infty \rightarrow s_{ok}$

$$s'_{ob} = d - s_{ok} = 24 - 6 = 18 \text{ cm}$$

- Lensa objektif :

$$\frac{1}{f_{ob}} = \frac{1}{s_{ob}} + \frac{1}{s'_{ob}} \rightarrow \frac{1}{1,8} = \frac{1}{s_{ob}} + \frac{1}{18}$$

$$\frac{10}{18} = \frac{1}{s_{ob}} + \frac{1}{18} \rightarrow \frac{1}{s_{ob}} = \frac{10}{18} - \frac{1}{18} = \frac{9}{18}$$

$$\rightarrow s_{ob} = 2 \text{ cm}$$

**Latihan Soal**

1. Jarak titik api objektif dan okuler sebuah mikroskop berturut-turut adalah 1,8 cm dan 6 cm. Pada pengamatan mikroorganisme dengan menggunakan mikroskop ini oleh mata normal tidak berakomodasi, jarak antara objektif dengan okuler 24 cm. Dalam hal ini mikroorganisme terletak di muka objektif sejauh (dalam cm) ?
2. Zaza tidak dapat membaca pada jarak normal (35 cm). Saat melihat benda, dia bisa melihat dengan jelas jika jaraknya 2 m dan selebihnya. Tentukan daya kaca mata yang dibutuhkan agar dapat melihat pada jarak baca normal dan tentukan pula jarak fokus lensanya!

3. Dua gelas minum dalamnya sama ialah 10 cm. Gelas yang satu diisi penuh alkohol ( $n = 1,361$ ). Gelas yang lain diisi air ( $n = 1,333$ ) dan di atasnya diisi minyak ( $n = 1,473$ ) hingga penuh. Jika kedua gelas disinari tegak lurus permukaan dari atas dengan sinar monokromatik, jumlah gelombang sinar di dalam kedua gelas sama. Tentukan tebal lapisan minyak
4. Seseorang melihat sepeda motor yang mendekatinya melalui kaca spion mobil yang jarak fokusnya 50/49 m. Jika jarak awal sepeda motor dari kaca spion mobil adalah 50 m dan sepeda motor bergerak dengan laju tetap 10 m/s, maka laju rata-rata bayangan sepeda motor sampai detik ke-4 adalah ..... m/s.
5. Zaza tidak dapat membaca pada jarak normal (25 cm). Saat melihat benda, dia bisa melihat dengan jelas jika jaraknya 1 m dan selebihnya. Tentukan daya kaca mata yang dibutuhkan agar dapat melihat pada jarak baca normal dan tentukan pula jarak fokus lensanya ?

## UNIT XV ARUS LISTRIK

*“ Hampir-hampir kilat itu menyambar penglihatan mereka. Setiap kali kilat itu menyinari mereka, mereka berjalan di bawah sinar itu, dan bila gelap menimpa mereka, mereka berhenti. Jikalau Allah menghendaki, niscaya Dia melenyapkan pendengaran dan penglihatan mereka. Sesungguhnya Allah berkuasa atas segala sesuatu.” (QS. 2 : 20) .*

*“ Dan (ingatlah), ketika kamu berkata: "Hai Musa, kami tidak akan beriman kepadamu sebelum kami melihat Allah dengan terang, karena itu kamu disambar halilintar, sedang kamu menyaksikannya.” (QS. 2 : 55)*

### A. Arus listrik

alam konduktor logam terdapat elektron-elektron yang bebas dan mudah untuk bergerak sedangkan pada konduktor elektrolit, muatan bebasnya berupa ion-ion positif dan negatif yang juga mudah bergerak.

Bila dalam konduktor ada medan listrik; maka muatan muatan tersebut bergerak dan gerakan dari muatan-muatan ini yang dinamakan arus listrik. Arah arus listrik siperjanjikan searah dengan gerakan muatan-muatan positif.

Bila medan yang menyebabkan gerakan-gerakan muatan tersebut arahnya tetap; akan dihasilkan arus bolak-balik secara harmonik, hasilkan arus bolak-balik (AC- Alternating Current).

*“Allah adalah Nur (cahaya) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya-Nya itu, adalah seperti lubang yang tak tembus, yang didalamnya ada pelita. Pelita itu didalam kaca, dan kaca itu bagaikan bintang yang cemerlang bercahaya-cahaya seperti mutiara. Yang dinyalakah dengan minyak dari pohon yang banyak berkahnya, yaitu pohon Zaitun ; yang tidak tumbuh di timur maupun di barat. Yang minyaknya saja hampir-hampir cukup menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahayanya diatas cahaya (berlapis-lapis). Allah-lah yang menunjukki kepada cahaya-Nya siapa yang dia kehendaki, dan Allah*

membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu”.(QS.An Nur:35)

### KUAT ARUS

Kuat arus ( $i$ ) di definisikan sebagai :

**Jumlah muatan yang mengalir melalui suatu penampang persatuan waktu.**

Karena arah arus adalah searah dengan arah muatan positif, maka jumlah muatan yang lewat adalah jumlah muatan positif.

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Dimana :

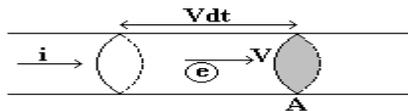
$dq$  = jumlah muatan (Coulomb)

$dt$  = selisih waktu (detik)

$i$  = kuat arus

Satuan dari kuat arus adalah Coulomb / detik yang tidak lain adalah : Ampere.

Suatu konduktor dengan luas penampang  $A$  dalam suatu interval  $dt$ ; maka jumlah muatan yang lewat penampang tersebut adalah jumlah muatan yang terdapat dalam suatu silinder dengan luas penampang  $A$ , yang panjangnya  $V dt$ .



Bila  $n$  adalah partikel persatuan volume dan  $e$  muatan tiap partikel.

$$dq = n.e.V.A.dt$$

sehingga diperoleh besarnya :

$$i = \frac{dq}{dt} = n.e.V.A \quad \text{Ampere}$$

Rapat arus  $J$  didefinisikan sebagai kuat arus persatuan luas.

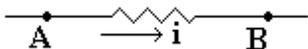
$$J = \frac{i}{A} = n.e.V \quad \text{Ampere/m}^2$$

## B. HUKUM OHM

Hubungan antara tegangan, kuat arus dan hambatan dari suatu konduktor dapat diterangkan berdasarkan hukum OHM.

*Dalam suatu rantai aliran listrik, kuat arus berbanding lurus dengan beda potensial antara kedua ujung-ujungnya dan berbanding terbalik dengan besarnya hambatan kawat konduktor tersebut.*

Hambatan kawat konduktor biasanya dituliskan sebagai “R”.



$$i = \frac{V_A - V_B}{R}$$

Dimana :

I = kuat arus

$V_A - V_B$  = beda potensial titik A dan titik B

R = hambatan

Besarnya hambatan dari suatu konduktor dinyatakan dalam

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

R = hambatan

satuan = ohm

L = panjang konduktor

satuan = meter

A = luas penampang

satuan =  $m^2$

$\rho$  = hambat jenis atau resistivitas

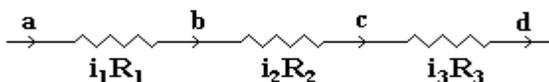
satuan = ohm meter

## SUSUNAN HAMBATAN SERI DAN HAMBATAN PARALEL

Beberapa tahanan dapat disusun secara :

- Seri
- Paralel
- Kombinasi seri dan paralel

## SUSUNAN SERI

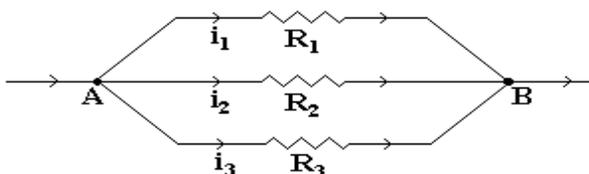


Bila tahanan-tahanan :  $R_1, R_2, R_3, \dots$

disusun secara seri, maka :

- Kuat arus ( $I$ ) yang lewat masing-masing tahanan sama besar :  
—→  $i = i_1 = i_2 = i_3 = \dots$
- Jumlah tegangan pada tiap tiap tahanan sama dengan tegangan sumber :  
—→  $V_S = V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + \dots$
- Besar hambatan totalnya :  
—→  $R_S = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

## SUSUNAN PARALEL

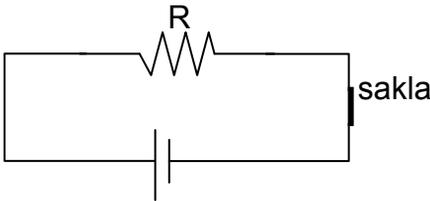


Bila disusun secara paralel, maka :

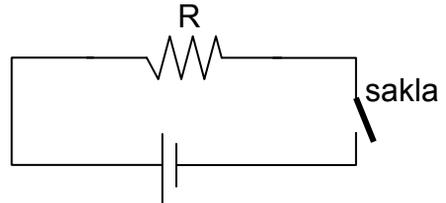
- Beda potensial pada masing-masing ujung tahanan besar  
—→ ( $V_A = V_B$ ).
- Jumlah kuat arus pada tiap tiap tahanan sama dengan kuat arus totalnya :  
—→  $i + i_1 + i_2 + i_3 + \dots$
- Besar hambatan totalnya :  
—→  $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$

## RANGKAIAN TERTUTUP

Pada rangkaian listrik, *rangkaian tertutup* bisa dikatakan sebagai rangkaian yang tidak berujung pangkal. Misalnya, ada sumber arus listrik yang dihubungkan dengan hambatan pada suatu rangkaian listrik sehingga terjadi aliran arus listrik.



*rangkaian tertutup*



*rangkaian terbuka*

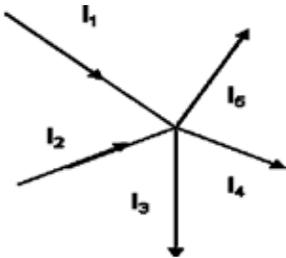
### C. Hukum Kirchoff

Seorang ahli fisika Gustav Kichoff (1824 – 1887) mengemukakan aturan yang berkaitan dengan cara menghitung kuat arus dan beda potensial dua titik dalam rangkaian listrik. Aturan yang dikemukakan kirchoff tersebut dikenal dengan hukum Kirchoff.

#### a. Hukum I Kirchoff

Dikenal dengan hukum percabangan, yaitu:

*Dalam suatu rangkaian bercabang, jumlah kuat arus yang masuk titik cabang sama dengan jumlah kuat arus yang meninggalkan titik cabang tersebut.*



Secara matematis ditulis sebagai:

$$\sum I \text{ masuk} = \sum I \text{ keluar}$$

Dari gambar percabangan arus disamping dapat ditulis:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

#### b. Hukum II Kirchoff

Disebut juga sebagai hukum rangkaian tertutup (*loop*), yang menyatakan

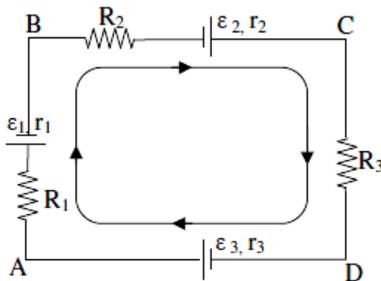
Pada rangkaian tertutup, jumlah aljabar gaya gerak listrik (GGL) dengan jumlah aljabar dari penurunan tegangan (hasil kali kuat arus dan hambatan) adalah sama dengan nol.

Bisa juga dinyatakan dalam persamaan :

$$\sum \varepsilon + \sum I.R = 0$$

Maksud dari jumlah penurunan potensial sama dengan nol adalah tidak ada energi listrik yang hilang dalam rangkaian tersebut, atau dalam arti semua energi listrik bisa digunakan atau diserap.

Gambar di bawah adalah rangkaian tertutup yang disusun oleh beberapa sumber tegangan dan hambatan listrik. Rangkaian tersebut merupakan rangkaian tertutup satu loop. Untuk rangkaian tertutup dengan beberapa sumber tegangan dan hambatan, berlaku hukum II Kirchoff, yaitu :



Dari gambar rangkaian tertutup satu loop di samping, dapat ditulis

persamaan:

$$\sum \varepsilon + \sum I.R = 0$$

$$(\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3) + I(R_1 + r_1 + R_2 + r_2 + R_3 + r_3) = 0$$

atau

$$(-\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3) = I(R_1 + r_1 + R_2 + r_2 + R_3 + r_3)$$

Dengan perjanjian Tanda :

- ***Jika arah loop sama dengan arah arus***, maka tegangan pada semua elemen listrik bertanda positif, sedangkan jika arah loop berlawanan dengan arah arus, maka tegangan bertanda negative
- ***Ketika bertemu baterai atau sumber tegangan lain***, tanda untuk baterai positif bila yang pertama dilewati adalah kutub positif, dan bertanda negative bila yang pertama dilewati adalah kutub negative

### Contoh Soal

1. Arus sebesar 5 Ampere mengalir dalam penghantar metal, berapa coulomb besar muatan  $q$  yang berpindah selama 1 menit.

Pembahasan

Diketahui

$$\text{Kuat arus (i)} = 5 \text{ ampere}$$

$$\text{Waktu (t)} = 1 \text{ menit} = 60 \text{ sekon}$$

$$\text{Muatan (q)} = \dots\dots\dots?$$

$$Q = i \cdot t = 5 \times 60 = 300 \text{ coulomb}$$

2. Berapa besar kuat arus listrik yang memindahkan muatan 30 coulomb melalui sebuah penghantar tiap menit

Diketahui

$$Q = 30 \text{ coulomb}$$

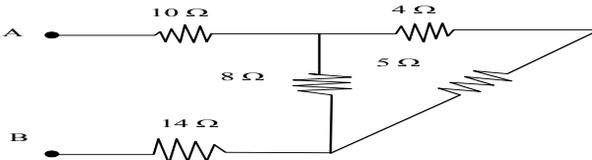
$$t = 1 \text{ menit} = 60 \text{ detik}$$

$$I = \dots\dots\dots?$$

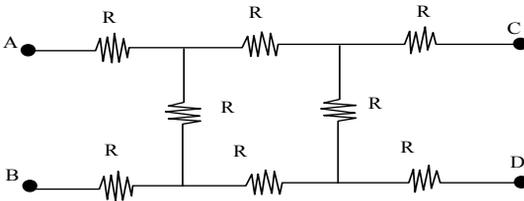
$$I = q/t = 30/60 = 0,5 \text{ ampere}$$

## Latihan soal

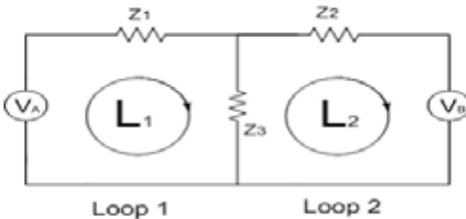
1. Besar hambatan pengganti antara titik A dan titik B pada rangkaian berikut adalah.... $\Omega$ .



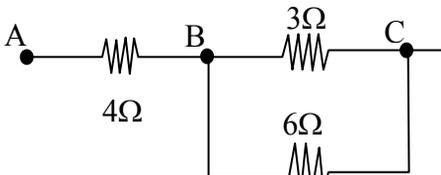
2. Hambatan pengganti antara titik A dan titik B untuk rangkaian berikut adalah....R.



3. Tentukan arah arus pada masing-masing loop, putaran arah arus sebaiknya searah jarum jam.  
 a. Tentukan persamaan tegangan masing-masing loop.  
 b. Substitusikan dan hitunglah besar arus yang mengalir.

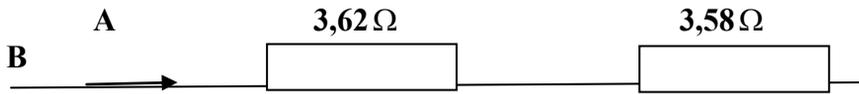


4. Perhatikan rangkaian berikut:



Jika  $V_{AC} = 120 \text{ V}$ , maka  $V_{AB} = \dots\dots \text{volt}$

5. Hitung tahanan total dan beda potensial AB dari ketentuan seperti gambar :



6. Sebuah lampu dilalui arus sebesar 0,8 ampere. Berapakah jumlah elektron (muatan listrik satu elektron  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) yang mengalir melalui lampu dalam satu jam?

## BAB XVI GELOMBANG

“ Dan bahtera itu berlayar membawa mereka dalam gelombang laksana gunung. Dan Nuh memanggil anaknya, sedang anak itu berbeda di tempat yang jauh terpencil.”  
(QS Al Hud ; 42 )

### PENGERTIAN GELOMBANG

Gejala mengenai gerak gelombang banyak kita jumpai sehari-hari. Kita tentu mengenal gelombang yang dihasilkan oleh sebuah benda yang dijatuhkan ke dalam air, sebab hal itu mudah kita amati.

Di dalam perambatannya ada gelombang yang memerlukan medium perantara, misalnya gelombang air, gelombang bunyi. Tetapi ada juga yang tidak memerlukan medium perantara, misalnya gelombang cahaya dan gelombang elektromagnet.

Di dalam bab ini dibahas hanyalah gelombang di dalam medium yang lenting yang disebut : ***Gelombang Mekanis.***

Karena sifat kelentingan dari medium maka gangguan keseimbangan ini dirambatkan ketitik lainnya.Jadi gelombang adalah usikan yang merambat dan gelombang yang bergerak akan merambatkan energi (tenaga).

Sifat umum gelombang , antara lain :

- a. dapat dipantulkan (refleksi)
- b. dapat dibiaskan (refraksi)
- c. dapat dipadukan (interferensi)
- d. dapat dilenturkan (defraksi)
- e. dapat dipolarisasikan (diserap arah getarnya)

Berdasarkan arah getaran partikel terhadap arah perambatan gelombang dapat dibedakan menjadi ***Gelombang Transversal*** dan ***Gelombang Longitudinal.***

***Gelombang Transversal*** ialah gelombang yang arah perambatannya tegak lurus pada arah getaran partikel,misalnya : gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang elektromagnetik.

**Gelombang Longitudinal** ialah gelombang yang arah perambatannya searah dengan arah getaran partikel, misalnya : gelombang pada pegas, gelombang bunyi.

*"Dan diantara tanda -tanda kekuasaanNya ialah bahwa Dia mengirinkan angin sebagai pembawa berita gembira dan untuk merasakan kepadamu sebagian dari rahmatNya dan supaya kapal dapat berlayar dengan perintahNya dan supaya kamu dapat mencari karuniaNya, mudah-mudahan kamu bersyukur."*  
(ArRuum:46)

Secara umum "angin" disini sebagai angin yang bertiup membawa awan untuk menurunkan air hujan dan angin yang meniup kalpal layar agar dapat berlayar dilautan. Kita merasakan kedekatan makna "angin" dalam ayat ini adalah gelombang, bukan saja gelombang bunyi yang membawa berita tetapi juga gelombang radio atau gelombang elektromagnet yang mampu dipancarkan kesegala penjuru dunia bahkan seluruh jagad raya ini.

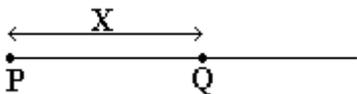
## PANJANG GELOMBANG

Bila sebuah partikel yang bergetar menggetarkan partikel-partikel lain yang berada disekitarnya, berarti getaran itu merambat. Getaran yang merambat disebut **Gelombang Berjalan**. Jarak yang ditempuh getaran dalam satu periode disebut **Panjang Gelombang ( $\lambda$ )**.

Bila cepat rambat gelombang  $V$  dan periode getarannya  $T$  maka:

$$\lambda = v.T \text{ atau } \lambda = \frac{V}{f}$$

## PERSAMAAN GELOMBANG BERJALAN



Dari titik P merambat getaran yang amplitudonya  $A$ , periodenya  $T$  dan cepat rambat getarannya  $v$ . Bila titik P telah bergetar  $t$  detik, simpangannya :

$$y_p = A \sin \omega t = A \sin \frac{2\pi t}{T}$$

Dari P ke Q yang jaraknya  $x$  getaran memerlukan  $\frac{x}{v}$  detik, jadi ketika P telah bergetar  $t$  detik, titik Q baru bergetar  $(t - \frac{x}{v})$  detik. Simpangan Q saat itu :

$$y_Q = A \sin \frac{2\pi}{T} (t - \frac{x}{v})$$

Jadi persamaan gelombang berjalan adalah :

$$y = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{v} \right)$$

Perbedaan phase antara titik P dan Q adalah :

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{v} \right) - \frac{2\pi t}{T} \quad \Delta\phi = \frac{2\pi x}{\lambda}$$

Bila getaran itu merambat dari kanan ke kiri dan P telah bergetar  $t$  detik, maka simpangan titik Q  $y = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$

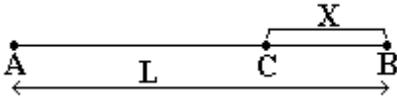
## PEMANTULAN GELOMBANG BERJALAN

Titik P digerakkan ke atas dan kembali ke titik seimbang. karenanya dari P merambat gunung gelombang menuju Q. Bila Q ujung terikat, ternyata yang dipantulkan adalah lembah gelombang. Jadi oleh ujung terikat gunung gelombang dipantulkan sebagai lembah gelombang, phase gelombang terpantul berupa setengah. Tetapi bila Q ujung yang bebas, yang dipantulkan adalah gunung gelombang.

## PERSAMAAN GELOMBANG STASIONER

Pada proses pantulan gelombang, terjadi gelombang pantul yang mempunyai amplitudo dan frekwensi yang sama dengan gelombang datangnya, hanya saja arah rambatannya yang berlawanan. hasil interferensi (perpaduan) dari kedua gelombang tersebut disebut ***Gelombang Stasioner Atau Gelombang Diam.***

PADA UJUNG BEBAS.



Selisih phase gelombang datang dan gelombang pantul di ujung bebas adalah 0, jadi  $\Delta\phi = 0$

Ini berarti bahwa phase gelombang datang sama dengan phase gelombang pantul. Jika L adalah panjang tali dan x adalah jarak titik C yang teramati terhadap titik pantul pada ujung bebas, yaitu titik B. Jika A digetarkan, maka persamaan simpangan di A adalah

$$y_A = A \sin \frac{2\pi}{T} t_A$$

Titik C yang berjarak x dari ujung bebas B, mengalami getaran gelombang dari :

Gelombang datang : yaitu apabila A telah bergetar t detik, maka tentulah C menggetar kurang dari t detik, selisih waktu tersebut adalah sebesar  $\frac{L-x}{v}$ , sehingga  $t_{c1} = t - \frac{L-x}{v}$

dan persamaan di C menjadi :

$$y_{C1} = A \sin \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{L-x}{v} \right)$$

$$y_{C1} = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L-x}{v.T} \right)$$

$$y_{C1} = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L-x}{\lambda} \right) \text{ sebab } v \cdot T = \lambda$$

Gelombang pantul : Rambat gelombang telah menempuh jarak  $L + x$ , sehingga beda waktunya menjadi  $\frac{L+x}{v}$  detik,

maka  $t_{C2} = ( t - \frac{L+x}{v} )$  detik.

Maka persamaan simpangan di C menjadi :

$$y_{C2} = A \sin \frac{2\pi}{T} ( t - \frac{L+x}{v} )$$

$$y_{C2} = A \sin 2\pi ( \frac{t}{T} - \frac{L+x}{v.T} )$$

$$y_{C2} = A \sin 2\pi ( \frac{t}{T} - \frac{L+x}{\lambda} )$$

Hasil superposisi kedua gelombang adalah :  $y_C = y_{C1} + y_{C2}$  jadi :

$$y_C = A \sin \frac{2\pi}{T} ( t - \frac{L-x}{v} ) + A \sin \frac{2\pi}{T} ( t - \frac{L+x}{v} )$$

$$y_C = A \{ \sin \frac{2\pi}{T} ( t - \frac{L-x}{v} ) + \sin \frac{2\pi}{T} ( t - \frac{L+x}{v} ) \}$$

$$y_C = A \cdot 2 \sin 2\pi \cdot \frac{1}{2} ( \frac{2t}{T} - \frac{2L}{\lambda} ) \cos 2\pi \cdot \frac{1}{2} ( \frac{2x}{\lambda} )$$

$$y_C = 2A \cos 2\pi ( \frac{x}{\lambda} ) \sin 2\pi ( \frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} )$$

Persamaan di atas dapat dianggap sebagai persamaan getaran selaras dengan amplitudo  $2A \cos 2\pi ( \frac{x}{\lambda} )$  dan tergantung dari tempat titik yang diamati. Dari ungkapan  $2A \cos 2\pi ( \frac{x}{\lambda} )$  sebagai amplitudo tidak tergantung dari pada waktu. Oleh karena pada simpul nilai amplitudo adalah nol dan lagi tidak merupakan fungsi dari pada waktu (t), maka :

$$2A \cos 2\pi ( \frac{x}{\lambda} ) = 0 \text{ sehingga : } 2\pi ( \frac{x}{\lambda} ) = (2n + 1) \frac{1}{2} \lambda$$

$$2x = (2n + 1) \frac{1}{2} \lambda$$

$$x = (2n + 1) \frac{1}{4} \lambda$$

Dengan ungkapan ini terbukti, bahwa jarak simpul ke titik pantul bebas adalah :  $(2n + 1) \frac{1}{4} \lambda$

Jarak antara dua simpul berturut-turut adalah :

$$(2(n + 1) + 1) \frac{1}{4} \lambda - (2n + 1) \frac{1}{4} \lambda =$$

$$(2n + 3) \frac{1}{4} \lambda - (2n + 1) \frac{1}{4} \lambda = 2 \cdot \frac{1}{4} \lambda = \frac{1}{2} \lambda$$

Tempat-tempat yang menyatakan perut mempunyai harga amplitudo yang maksimal, jadi :

$$2A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} = \text{maksimal}$$

$$\cos 2\pi \frac{x}{\lambda} = / \pm 1 /$$

$$2\pi \frac{x}{\lambda} = n\lambda$$

$$2x = n\lambda$$

$$x = \frac{1}{2} n\lambda$$

$$x = 2n \left( \frac{1}{2} \lambda \right)$$

Jadi terbukti pula, bahwa jarak perut ke titik pantul bebas adalah bilangan genap kali  $\frac{1}{2}$  panjang gelombang atau  $2n \times \frac{1}{4} \lambda$ .

## UJUNG TERIKAT (UJUNG TETAP)

Dititik pantul yang tetap gelombang datang dan gelombang pantul berselisih phase  $\frac{1}{2}$ , atau gelombang pantul berlawanan dengan phase gelombang datang ( $\Delta\phi = \frac{1}{2}$ ). datang Jadi A

digetarkan transversal maka  $y_A = A \sin 2\pi \frac{t}{T}$

Jika titik C yang kita amati, maka bagi gelombang yang datang dari kiri (gelombang datang) waktu menggetarnya C, yaitu  $t_C$  terhadap waktu menggetarnya A, yaitu  $t_A = t$  detik berbeda

$\frac{L-x}{v}$  detik, sehingga  $t_C = t - \frac{L-x}{v}$ . Jadi :

$$y_{C1} = A \sin \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{L-x}{v} \right)$$

$$y_{C1} = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L-x}{v.T} \right)$$

$$y_{C1} = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L-x}{\lambda} \right)$$

Bagi gelombang pantul yang datang dari kanan waktu getar C berselisih  $\frac{L+x}{v}$  detik dan fasenya berselisih  $\frac{1}{2}$ , atau  $\pi$ ,

sehingga :

$$y_{C2} = A \sin 2\pi \left( t - \frac{L+x}{\lambda} + \pi \right)$$

$$y_{C2} = -A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L+x}{\lambda} \right)$$

Maka hasil superposisi gelombang datang dan gelombang pantul oleh ujung terikat adalah :

$$y_C = y_{C1} + y_{C2}$$

Jadi :

$$y_C = A \sin 2\pi \left( t - \frac{L-x}{\lambda} \right) - A \sin 2\pi \left( t - \frac{L+x}{\lambda} \right)$$

$$y_C = A \left\{ \sin 2\pi \left( t - \frac{L-x}{\lambda} \right) - \sin 2\pi \left( t - \frac{L+x}{\lambda} \right) \right\}$$

$$y_C = A \cdot 2 \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right) \cdot \sin 2\pi \frac{x}{\lambda}$$

$$y_C = 2A \sin 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} \right) \cdot \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right)$$

Ungkapan ini dapat diartikan sebagai persamaan getaran selaras dengan amplitudo

$= 2A \sin 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} \right)$ , yang ternyata tak tergantung pada  $t$ , oleh karena itu simpul mempunyai amplitudo 0 (nol) dan tidak tergantung dari pada waktu ( $t$ ), maka untuk :

$$2A \sin 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} \right) = 0$$

$$2\pi \left( \frac{x}{\lambda} \right) = n\lambda$$

$$2x = n\lambda$$

$$x = \frac{1}{2}n \cdot \lambda$$

$$x = 2 \cdot n \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda$$

Jadi terbukti pula, bahwa jarak simpul ke titik pantul tetap adalah bilangan genap kali  $\frac{1}{4}$  panjang gelombang atau  $2 \cdot n \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda$  jarak antara dua simpul berturutan adalah :  
 $2(n+1) \cdot \frac{1}{4} \lambda - 2n \cdot \frac{1}{4} \lambda = \frac{1}{2} \lambda$

Tempat perut menunjukkan simpangan yang maksimal, jadi :

$$2A \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} = \text{maksimal}$$

$$\sin 2\pi \frac{x}{\lambda} = / \pm 1 /$$

$$2\pi \frac{x}{\lambda} = (2n+1) \cdot \frac{1}{2} \lambda$$

$$2x = (2n+1) \cdot \frac{1}{2} \lambda$$

$$x = (2n+1) \cdot \frac{1}{4} \lambda$$

Jarak antara simpul dengan perut yang terdekat adalah :

$$(2n+1) \cdot \frac{1}{4} \lambda - (2n) \cdot \frac{1}{4} \lambda = \frac{1}{4} \lambda$$

Sedangkan jarak antara dua perut yang berturutan adalah :

$$(2(n+1)+1) \cdot \frac{1}{4} \lambda - (2n+1) \cdot \frac{1}{4} \lambda = \frac{1}{2} \lambda$$

Jika massa persatuan panjang kawat ini dimisalkan atau dilambangkan dengan, maka kesimpulan (1) sampai dengan (3) di atas dapat dirumuskan menjadi :

$$v = k \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Dimana :

$v$  = cepat rambat gelombang dalam kawat (tali, dawai)

$F$  = gaya tegangan kawat

$\mu$  = massa persatuan panjang kawat

$k$  = faktor pembanding, yang dalam SI harga  $k = 1$ .

Satuan : dalam SI :  $v = \frac{m}{s}$      $F = \text{newton}$      $\mu = \frac{kg}{m}$

## EFFEK DOPPLER

Memang benar jika dikatakan, bahwa frekwensi bunyi sama dengan frekwensi sumbernya. Akan tetapi tidaklah selalu demikian antara frekwensi sumber bunyi dengan frekwensi bunyi yang kita dengar. Apabila antara sumber bunyi dan pendengar tidak ada gerakan relatif, maka frekwensi sumber bunyi dan frekwensi bunyi yang didengar oleh seseorang adalah sama. Akan tetapi jika antara sumber bunyi dan si pendengar ada gerak relatif, misalnya sumber bunyi bergerak mendekati si pendengar, atau si pendengar bergerak mendekati sumber bunyi, atau keduanya bergerak saling mendekati atau menjauhi, ternyata antara frekwensi sumber bunyi dan frekwensi bunyi yang didengar tidaklah sama. Suatu contoh misalnya ketika anda naik bis dan berpapasan dengan bis lain yang sedang membunyikan klakson, maka akan terdengar suara yang lebih tinggi, berarti frekwensinya lebih besar dan sebaliknya ketika bis menjauhi anda, bunyi klakson terdengar lebih rendah, karena frekwensi bunyi yang didengar berkurang. Peristiwa ini dinamakan ***Effek Doppler***.

Jadi Efek Doppler adalah peristiwa berubahnya harga frekwensi bunyi yang diterima oleh pendengar (P) dari frekwensi suatu sumber bunyi (S) apabila terjadi gerakan relatif antara P dan S.

Oleh Doppler dirumuskan sebagai :

$$f_P = \frac{v \pm v_P}{v \pm v_S} \cdot f_S$$

Dimana :

$f_P$  adalah frekwensi yang didengar oleh pendengar.

$f_S$  adalah frekwensi yang dipancarkan oleh sumber bunyi.

$v_P$  adalah kecepatan pendengar.

$v_S$  adalah kecepatan sumber bunyi.

$v$  adalah kecepatan bunyi di udara.

Tanda + untuk  $v_P$  dipakai bila pendengar bergerak mendekati sumber bunyi.

Tanda - untuk  $v_P$  dipakai bila pendengar bergerak menjauhi sumber bunyi.

Tanda + untuk  $v_S$  dipakai bila sumber bunyi bergerak menjauhi pendengar.

Tanda - untuk  $v_S$  dipakai bila sumber bunyi bergerak mendekati penengar.

- a. Jika terdapat angin dengan kecepatan  $v_a$  dan menuju pendengar maka  $v$  menjadi  $(v+v_a)$
- b. Jika angin menjauhi pendengar maka  $v$  menjadi  $(v-v_a)$

## **SETIAP GELOMBANG MERAMBATKAN ENERGI**

Rambatan bunyi adalah ramabatan gelombang, sedangkan rambatan gelombang adalah salah satu bentuk rambatan energi. Makin besar energi bunyi yang diterima makin nyaring suara yang kita dengar.

## INTENSITAS BUNYI

Yang dimaksud dengan intensitas bunyi ialah : Besar energi bunyi tiap satuan waktu tiap satuan luas yang datang tegak lurus. Dapat dirumuskan sebagai :

$$I = \frac{P}{A}$$

Dimana :

I = Intensitas bunyi dalam watt/m<sup>2</sup> atau watt/cm<sup>2</sup>

A = Luas bidang bola dalam m<sup>2</sup> atau cm<sup>2</sup>

P = Daya bunyi dalam J/det atau watt.

Bila S merupakan sumber bunyi yang berdaya P watt dan energi bunyi merambat ke segala arah sama rata, Intensitas bunyi di titik yang jaraknya R dari S adalah :

$$I = \frac{P}{4\pi R^2}$$

$$I_1 : I_2 = \frac{1}{R_1^2} : \frac{1}{R_2^2}$$

## TARAF INTENSITAS BUNYI (TI)

Intensitas bunyi terkecil yang masi merangsang pendengaran disebut harga ambang pendengaran, besarnya 10<sup>-12</sup> watt/m<sup>2</sup>.

Intensitas bunyi terbesar yang masih dapat didengar tanpa menimbulkan rasa sakit pada telinga sebesar 1 watt/m<sup>2</sup>.

Logaritma perbandingan intensitas bunyi dengan harga ambang pendengaran disebut **Taraf Intensitas Bunyi**.

$$T I = \log \frac{I}{I_0}$$

Dimana :

TI taraf intensitas bunyi dalam : Bel.

I adalah intensitas bunyi.

I<sub>0</sub> adalah harga ambang pendengaran.

Bila satuan TI dalam Decibel ( dB ) hubungan di atas menjadi :

$$T I = \log \frac{I}{I_0}$$

1 Bel = 10 dB.

**Contoh Soal :**

1. Seorang penonton pada lomba balap mobil mendengar bunyi (deru mobil) yang berbeda, ketika mobil mendekat dan menjauh. Rata-rata mobil balap mengeluarkan bunyi 800 Hz. Jika kecepatan bunyi di udara  $340 \text{ m.s}^{-1}$  dan kecepatan mobil  $20 \text{ m.s}^{-1}$ , maka frekuensi yang di dengar saat mobil mendekat adalah....

**Pembahasan**

Penerapan efek Doppler, pendengar dalam posisi diam berarti  $V_p = \text{NOL}$ , sumber mendekati pendengar berarti tanda untuk  $V_s$  adalah negatif.

$$f_p = \left( \frac{V \pm V_p}{V \pm V_s} \right) \times f_s$$

$$f_p = \left( \frac{V}{V - V_s} \right) \times f_s$$

$$f_p = \left( \frac{340}{340 - 20} \right) \times 800 = 850 \text{ Hz}$$

2. Dawai piano yang panjangnya 0,5 m dan massanya  $10^{-2} \text{ kg}$  ditegangkan 200 N, tentukan nada dasar piano tersebut

Jawab :

Pembahasan

Kecepatan gelombang pada dawai adalah :

$$V = \sqrt{\frac{Fl}{m}} = \sqrt{\frac{200 \times 0,5}{10^{-2}}} = 100 \text{ m/s}$$

Nada dasar pada dawai terjadi saat:

$$l = \frac{1}{2} \lambda$$

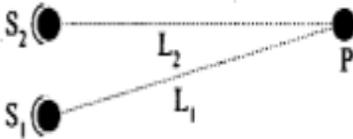
$$\lambda = 2l = 2 \times 0,5 = 1 \text{ m}$$

Frekuensi dawai:

$$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{100}{1} = 100 \text{ Hz}$$

## Latihan Soal

1. Gambar berikut menunjukkan dua sumber bunyi  $S_1$  dan  $S_2$  yang identik. Kedua sumber itu bergetar mengeluarkan gelombang yang sefase satu dengan yang lain. Dengan merubah  $L_1$ , bunyi terlemah pertama didengar ketika  $L_1 - L_2$  adalah 20 cm. Bila laju rambat bunyi adalah 340 m/s, Tentukan frekuensi sumber bunyi



2. Taraf intensitas suatu ledakan patesan dari jarak 100 m adalah 40dB. Berapakah daya ledakan dari petasan tersebut
3. Seutas senar yang panjangnya 3 m terikat pada kedua ujungnya. Frekuensi resonansi nada atas pertama senar ini adalah 60 geteran/s. apabila massa persatuan panjang senar 0,01 g/cm. Berapakah besar gaya tegangan kawat?
4. dini berada dalam kereta api A yang berhenti sebuah kereta api lain (B)bergerak mendekati A dengan kecepatan 2 ms<sup>-1</sup> sambil membunyikan peluit dengan frekuensi 676 Hz. Bila cepat rambat bunyi di udara 340 ms<sup>-1</sup> maka frekuensi peluit kereta B yang didengar oleh dini
5. Seorang penonton pada lomba balap mobil mendengar bunyi (deru mobil) yang berbeda, ketika mobil mendekat dan menjauh . rata-rata mobil balap mengeluarkan bunyi 800 Hz. Jika kecepatan gelombang bunyi di udara 340 m/s dan kecepatan mobil 20 m/s tentukan frekuensi mobil yang didengar saat mobil mendekat.
6. Sebuah garpu tala berfrekuensi 660 Hz digetarkan dekat sebuah tabung berisi air. Jika laju rambat bunyi di udara 330 m/s, maka akan terjadi resonansi bila jarak minimum permukaan air dengan ujung tabung adalah .....
7. Serangkaian kereta api bergerak dengan laju 72 km/jam menuju stasiun sambil membunyikan peluitnya. Buynu peluit kereta api terebut terdengar oleh kepala stasiun

- dengan frekuensi 720 Hz. Laju suara diudara 340 m/s. Berapakah frekuensi peluit kereta api tersebut?
8. Frekwensi gelombang yang dihasilkan sebuah sirine naik dari frekwensi rendah 100 Hz ke frekwensi tinggi 10.000 Hz pada amplitudo gelombang yang tetap konstan. Kenaikan intensitas suara sirine dari frekuensi rendah ke frekuensi tinggi tersebut menjadi ....
  9. Seutas tali yang ditegangkan dengan gaya 5 N dan salah satu ujungnya digetarkan dengan frekuensi 40 Hz terbentuk gelombang dengan panjang gelombang 50 cm. Jika panjang tali 4 m, hitunglah cepat rambat gelombang pada tali tersebut
  10. Temukan dan gambarkan dengan rapi bentuk gelombang transversal dan gelombang longitudinal !Lengkapi gambar gelombang tersebut dengan keterangan yang menunjukkan satu gelombang

## DAFTAR PUSTAKA

1. Agus Purwanto ,*Ayat – Ayat Semesta* , Penerbit Mizan 2015
2. Daryantu. Drs , *Fisika Teknik* , Jakarta : Penerbit Rineka Cipta , 1999.
3. Douglas C. Diancoli,*Fisika edisi kelima jilid 2*,Penerbit Erlangga : Jakarta, 2001.
4. Furoidah,Inany , *Fisika Dasar I* , Jakarta; Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama , 1993
5. Frederick J. Bueche & Eugene Hecht, *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh*, Penerbit Erlangga : Jakarta, 2006.
6. Halliday, David, dan Robert Resnick (diterjemahkan oleh Pantur Silaban Dan Erwin Sucipto ). *Fisika Jilid I, Edisi Ketiga* , Jakarta : Penerbit Erlangga .1987.
7. McLaughlin, Charles W & Thompson, Marilyn. 1997. *Physics Science*. New York: Glencoe/ McGraw-Hill
8. Mehdi Golshani, *Filsafat-Sains Menurut al-Qur'an*, Bandung: Mizan, 2003
9. Mun'im,Musthafa Abdul,dkk,2000, *Ensiklopedia Mukzijat Alquran dan Hadist* (MAQ Bandung : PT Sapta Santoso)
10. Paul A Tipler (diterjemahkan oleh Dra Lea Prastio,M.Sc Dan Rahmad W.Adi, Ph.D), *Fisika Jilid I, Edisi Ketiga* , Jakarta : Penerbit Erlangga.1998.
11. Sear, F.W. dan M.W. Zemansky (disadur oleh Ir Soedarjana dan Drs Amir Achmad). *Fisika untuk Universitas 1*. Bandung : Penerbit ITB , 1984.
12. Sutrisno, *Fisika Dasar 1, 2 : Mekanika*. Bandung Penerbit ITB, 1984.
13. Sutrisno dan Tan Ik Gie. *Fisika Dasar ; Listrik Magnet dan Termofisika*. Bandung : Penerbit ITB , 1984.
14. Paul A. Tipler, *Fisika Untuk Sains dan Teknik*, Penerbit Erlangga : Jakarta, 2001.

## GLOSARIUM

- Akselerometer (Accelerometer) adalah alat untuk mengukur percepatan dari kendaraan yang sedang bergerak.
- Akurasi (Accuracy) adalah ketepatan yang merupakan suatu aspek yang menyatakan tingkat pendekatan dari nilai hasil pengukuran alat ukur dengan nilai benar.
- Ampere (ampere) adalah lambang A. satuan SI untuk arus listrik.
- Amperemeter (ampere metre) adalah alat untuk mengukur arus listrik
- Analisis dimensi (Dimensional analysis) adalah analisis yang bermanfaat untuk menguji benar salahnya suatu persamaan.
- Angka penting (Important figures) adalah angka-angka hasil pengukuran yang terdiri dari angka-angka pasti dan angka taksiran (atau diragukan).
- Arus AC (Alternating current) adalah arus listrik yang arahnya senantiasa berbalik arah secara teratur(periodik) atau dapat pula dikatakan arus bolak-balik.
- Arus DC (Direct current) adalah arus listrik yang arahnya selalu mengalir dalam satu arah.
- Arus listrik(electrics current) adalah aliran partikel-partikel bermuatan positif yang melalui konduktor (walau sesungguhnya elektron-elektron bermuatan negatiflah yang mengalir melalui konduktor). Arus listrik hanya dapat mengalir dalam suatu rangkaian tertutup.
- Berat (Weight) adalah gaya yang bekerja pada benda akibat tarikan gravitasi bumi.
- Berat efektif (Effective weight) adalah berat benda yang diukur pada saat benda tersebut berada dalam keadaan bergerak.
- Besaran (Quantity) adalah segala yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka.
- Besaran pokok (Basic quantity) adalah besaran yang hanya dapat didefinisikan melalui penggambaran bagaimana kita mengukurnya, sehingga besaran tersebut dapat berdiri sendiri tanpa menurunkannya dari besaran lainnya.

- Besaran skalar (Scalar quantities) adalah besaran yang hanya memiliki besar sehingga hanya memerlukan bilangan tunggal dan satuannya untuk menyatakan deskripsi yang lengkap.
- Besaran turunan (Magnitude scale derivative) adalah besaran yang didefinisikan melalui penggambaran bagaimana kita menghitungnya dari besaran lain yang dapat diukur, sehingga merupakan besaran yang dapat diturunkan atau diperoleh dari besaran-besaran pokok.
- Besaran vector (Vector quantity) adalah besaran yang memiliki besar dan arah untuk suatu deskripsi yang lengkap dan dapat digambarkan sebagai segmen garis berarah.
- Cermin (Mirror) adalah permukaan yang memantulkan sebagian besar cahaya yang jatuh di atasnya.
- Deposisi (deposition) adalah kebalikan dari menyublim, yakni perubahan langsung dari wujud gas ke wujud padat.
- Dimensi suatu besaran (Dimension of a quantity) menggambarkan bagaimana besaran tersebut tersusun atas kombinasi besaran-besaran pokok.
- Dinamika (Dynamics) adalah cabang mekanika yang mempelajari gerakan benda-benda akibat gaya yang bekerja.
- Energi kinetik (Kinetic energy) adalah energi yang dimiliki oleh suatu benda karena geraknya (kecepatannya).
- Energi potensial (The potential energy) adalah energi yang dimiliki oleh suatu benda karena ketinggiannya terhadap acuan.
- Frekuensi (Frequency) adalah banyaknya putaran yang dapat dilakukan oleh suatu benda dalam selang waktu satu sekon.
- Galvanometer (galvanometre) adalah peralatan untuk mendeteksi dan mengukur arus listrik lemah.
- Gaya (Force) adalah suatu pengaruh yang dapat menyebabkan perubahan kecepatan suatu benda.
- Gaya gesekan (Friction force) adalah Gaya yang melawan gerak pada suatu permukaan relatif satu sama lain, gaya tersebut bersinggungan dengan permukaan yang arah gaya gesekannya searah dengan permukaan bidang sentuh dan berlawanan dengan kecenderungan arah gerak.

- Gaya jatuh bebas (Style free fall) adalah gerak jatuh benda dengan sendirinya mulai dari keadaan diam (kecepatan awal Sama dengan nol) dan selama gerak jatuhnya hambatan udara diabaikan, sehingga benda hanya mengalami percepatan ke bawah yang tetap, yaitu percepatan gravitasi.
- Gaya kontak (Contact force) adalah gaya yang timbul jika dua benda berinteraksi melalui sentuhan langsung pada permukaannya.
- Gaya normal (Normal force) adalah Gaya yang bekerja pada bidang sentuh antara dua permukaan yang bersentuhan, yang arahnya selalu tegak lurus pada bidang sentuh.
- Gaya sentripetal (Centripetal force) adalah gaya yang bekerja pada sebuah benda yang mengakibatkan benda tersebut bergerak dengan lintasan melingkar.
- Gelombang mikro (micro wave) adalah gelombang radio dengan frekuensi paling tinggi, diatas 3 GHz.
- Gelombang radio (radio wave) adalah gelombang yang dihasilkan oleh muatan-muatan listrik yang dipercepat melalui kawat-kawat penghantar. Gelombang radio dipancarkan dari antena dan diterima oleh antena pula.
- Gerak harmoni sederhana (Simple harmony) adalah benda yang bergerak bolak-balik di sekitar titik keseimbangannya.
- Gerak lurus (Motion straight motion) adalah gerak suatu benda dalam lintasan berupa garis lurus.
- Gerak lurus beraturan (Straight motion) adalah gerak suatu benda dengan kecepatan tetap atau gerak suatu benda pada lintasan lurus dengan kelajuan tetap.
- Gerak lurus berubah beraturan (Changed uniformly straight motion) adalah gerak suatu benda pada suatu lintasan garis lurus dengan percepatan tetap.
- Gerak melingkar (Circular laws) adalah hukum-hukum yang berhubungan dengan perputaran suatu benda mengelilinginya suatu sumbu mirip dengan hukum-hukum pada gerak lurus.
- Gerak melingkar beraturan (Irregular circular motion) adalah gerak suatu benda menempuh lintasan melingkar dengan kelajuan (atau besar kecepatan) tetap.

- Gerak melingkar berubah beraturan (Uniform circular motion) adalah gerak suatu benda dengan percepatan sudut konstan pada lintasan berbentuk lingkaran.
- Gerak parabola (Motion dish) adalah gabungan gerak lurus beraturan pada sumbu horizontal (sumbu-x) dan gerak lurus berubah beraturan pada sumbu vertikal (sumbu-y) Akan menghasilkan gerak parabola.
- Grafik (Graph) adalah Cara yang dapat digunakan untuk menunjukkan ketergantungan suatu besaran terhadap besaran lain secara sangat jelas dan pada umumnya menggunakan grafik garis lurus dengan persamaan :  

$$y = mx + c.$$
- Hambatan jenis (specific resistance) adalah ukuran kemampuan bahan untuk melawan aliran arus listrik.
- Hambatan listrik (electrics resistant) adalah perbandingan beda potensial pada sebuah komponen listrik terhadap arus yang melintas melaluinya. Jadi, hambatan adalah merupakan ukuran perlawanan komponen terhadap aliran muatan listrik.
- Hukum Newton (law of Newton) ada tiga hukum gerak yang menjadi dasar mekanika Newton. (1) sebuah benda akan tetap dalam keadaan diam atau bergerak seragam dalam lintasan garis lurus bila tidak dipengaruhi gaya luar. (2) Laju perubahan momentum sebuah benda yang bergerak sebanding dan memiliki arah yang sama dengan arah gaya yang mempengaruhinya. (3) jika sebuah benda memberikan gaya kepada benda lain, akan timbul gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah.
- Hukum Kirchoff (law of Kirchoff) adalah dua hukum yang berhubungan dengan rangkaian listrik, yang pertama kali dirumuskan oleh G.R. Kirchoff (1824-1887). (1) pada rangkaian listrik yang bercabang, jumlah kuat yang masuk pada suatu titik cabang sama dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik cabang itu. (2) jumlah aljabar perubahan tegangan yang mengelilingi suatu rangkaian tertutup (loop) sama dengan nol.
- Hukum Snellius (law of snellius) adalah hukum pemantulan, menyatakan bahwa (1) sinar datang, sinar pantul, garis

normal terhadap bidang batas pemantul pada titik jatuh, semuanya berada dalam satu bidang, (2) sudut jatuh sama dengan nol.

- Hukum Stefan-Boltzmann (law of Stefan-Boltzmann) adalah energi yang dipancarkan 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 ( $T^4$ )
- Inersia (Inertia) adalah sifat benda yang cenderung mempertahankan keadaan geraknya (diam atau bergerak), disebut juga kelembaman atau kemalasan.
- Isolator (isolator) adalah zat yang sukar menghantarkan kalor
- Intensitas Cahaya adalah intensitas cahaya dalam arah tegak lurus pada suatu permukaan seluas  $1 / 600.000$  meter persegi dari suatu benda hitam pada temperature platina beku dalam tekanan  $101325$  Newton per meter persegi . (CGPM ke 13 tahun 1967).
- Jarak (Long distance) adalah panjang lintasan yang ditempuh oleh suatu benda yang bergerak.
- Jarak (Long distance) adalah panjang lintasan yang ditempuh oleh suatu benda tanpa memperhatikan arah gerak benda, sehingga jarak merupakan besaran skalar.
- Kecepatan (velocity) adalah hasil bagi antara perpindahan dan waktu, sehingga kecepatan merupakan besaran vektor.
- Kecepatan linear (Linear velocity) adalah kecepatan sesaat yang arahnya menyinggung lingkaran, disebut juga kecepatan tangensial.
- Kecepatan rata-rata(average velocity) adalah hasil bagi antara perpindahan dengan selang waktunya.
- Kecepatan sudut (angular velocity) adalah laju perubahan pergeseran sudut terhadap waktu.
- Kelajuan (The rate) adalah hasil bagi antara jarak dan waktu, sehingga kelajuan merupakan besaran skalar.
- Kelajuan linear (The rate of linear) adalah hasil bagi panjang lintasan yang ditempuh dengan selang waktu tempuhnya.

- Kesalahan acak (Random error) adalah kesalahan yang menghasilkan hamburan data di sekitar nilai rata-rata dan sumber kesalahannya tidak dapat diidentifikasi yang akan menyebabkan hasil pengukuran dengan akurasi tinggi tetapi tidak presisi.
- Kesalahan alat (Appliance error) adalah kesalahan akibat kalibrasi yang kurang baik.
- Kesalahan pengamatan (Observation error) adalah kesalahan akibat paralaks (kesalahan sudut pandang terhadap suatu titik ukur).
- Kesalahan sistematis (Systematic error) adalah kesalahan yang sebab-sebabnya dapat diidentifikasi dan secara prinsip dapat dieliminasi yang akan menyebabkan hasil pengukuran dengan presisi tinggi tetapi tidak akurat.
- Kesalahan teoritis (Theoretical error) adalah kesalahan akibat penyederhanaan sistem model atau aproksimasi dalam persamaan yang menggambarannya.
- Kinematika (Kinematics) adalah cabang mekanika yang mempelajari gerak benda dengan mengabaikan gaya-gaya yang mengakibatkan gerak itu sendiri.
- Komponen vektor (vector component) adalah hasil penguraian dua vektor.
- Konduksi (conduction) adalah perpindahan kalor melalui suatu bahan dari satu daerah bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah.
- Konveksi (Convection) adalah proses perpindahan kalor dari satu bagian fluida ke bagian lain akibat pergerakan fluida itu sendiri. Pada konveksi alamiah, perpindahan itu terjadi karena akibat gravitasi.
- Konversi satuan (Conversion unit) adalah Cara untuk pindah dari suatu satuan ke satuan Lain tanpa mempengaruhi nilai dari satuan tersebut melalui suatu rasio (perbandingan) yang disebut faktor konversi.
- Lintasan (Trajectory) adalah tempat posisi titik-titik yang dilalui oleh suatu benda yang bergerak.

- Listrik dinamis (dynamic electrics) adalah cabang dari studi listrik yang mempelajari tentang muatan-muatan listrik bergerak, yang menyebabkan munculnya arus.
- Listrik statis (static electrics) adalah cabang dari studi listrik yang mempelajari tentang muatan listrik yang diam.
- Massa (Mass) adalah ukuran kelembaman suatu benda, dengan kata lain hambatannya terhadap percepatan yang berkaitan dengan jumlah zat (materi) yang dikandung suatu benda.
- Notasi ilmiah (Scientific notation) adalah cara penulisan bilangan sebagai hasil kali bilangan  $a$  dengan bilangan 10 berpangkat yang disebut orde.
- Ohmmeter (ohmmeter) adalah alat untuk mengukur hambatan listrik.
- Panjang (length) adalah jarak dalam suatu ruang.
- Pengukuran (Measurement) adalah proses membandingkan suatu besaran dengan suatu satuan.
- Pengukuran berulang (Repeated of Measurements) adalah pengukuran yang dilakukan lebih dari satu kali.
- Pengukuran tunggal (single measurement) adalah pengukuran yang dilakukan satu kali saja.
- Percepatan (Acceleration) adalah laju pertambahan kelajuan atau kecepatan.
- Percepatan linear total partikel (Linear particle acceleration) adalah penjumlahan vektor kedua komponen percepatan.
- Percepatan rata-rata (Average acceleration) adalah hasil bagi antara perubahan kecepatan benda dengan selang waktu berlangsung perubahan kecepatan tersebut.
- Percepatan sentripetal (Centripetal acceleration) adalah percepatan yang arahnya selalu menuju pusat lingkaran.
- Percepatan sesaat (The instantaneous acceleration) adalah perubahan kecepatan yang berlangsung dalam waktu singkat.
- Percepatan tangensial (tangential acceleration) adalah percepatan yang arahnya selalu tegak lurus jari-jari lingkaran.

- Periode (Period) adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh satu lingkaran penuh (satu putaran).
- Perpindahan (Displacement) adalah perubahan posisi (kedudukan) suatu partikel dalam suatu selang waktu tertentu.
- Posisi (position) adalah letak suatu benda pada suatu waktu tertentu terhadap suatu acuan tertentu.
- Posisi sudut (Position angle) adalah besaran yang diukur terhadap sumbu  $-x$  yang berputar berlawanan arah dengan gerak jarum jam yang bergerak sepanjang busur lingkaran sebesar  $s$  yang berjarak  $r$  dari sumbu putarnya dengan dalam satuan radian.
- Presisi (Precision) sama artinya dengan ketelitian.
- Satu radian (One radian) adalah besar sudut di hadapan satu busur lingkaran yang panjangnya sama dengan jari-jari lingkaran.
- Satuan SI *systeme international d'unites* (system international d'unites), satuan Sistem Internasional (SI) yang kini penggunaannya dianjurkan terutama dibidang ilmiah. Sistem ini terdiri dari tujuh satuan dasar dan dua satuan tambahan, semua satuan lainnya diturunkan dari kesembilan satuan ini.
- Sekon (second) adalah satuan SI dari waktu, lambang  $s$ . satu sekon didefinisikan sebagai selang waktu yang diperlukan oleh atom sesium 133 untuk melakukan getaran sebanyak 9.192.631.770 kali dalam transisi antara dua tingkat energi dasarnya.
- Sensitivitas (Sensitivity) adalah aspek pengukuran yang menyatakan ukuran minimum yang masih dapat dideteksi (dikenal) oleh alat ukur.
- Skalar (scalar) adalah besaran yang hanya memiliki nilai saja, misalnya panjang, massa dan waktu.
- Suhu (temperature) adalah derajat panas dinginnya suatu benda. Ukuran kelajuan gerak partikel-partikel dalam suatu benda. Atau yang lebih umum ukuran energi kinetik rata-rata partikel dalam suatu benda.

- Sudut Ruang adalah sudut ruang yang puncaknya terletak pada pusat bola , membentuk juring suatu bola memotong permukaan bola dengan luas sama dengan kuadrat jari – jari bola.
- Termometer (thermometer) adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu suatu bahan.
- Vektor (vector) adalah besaran yang baik besar dan arahnya harus dinyatakan, dibandingkan dengan besaran skalar. Contoh besaran vektor adalah gaya dan kecepatan.
- Velocitometer (velocitometer) adalah alat untuk mengukur kecepatan.
- Waktu adalah periode radiasi yang bersesuaian dengan transisi antara dua hyperfine level dari keadaan atom caesium 133.

## LAMPIRAN

### Beberapa Tetapan Fisika

Kecepatan cahaya	$c$	$3,00 \times 10^8$ m/det $1,86 \times 10^5$ mi/det
Hubungan energy	$c^2$	$8,99 \times 10^{16}$ J/kg
Massa		9,31 Mev/u
Tetapan gravitasi	$G$	$6,67 \times 10^{-11}$ N.m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup> $3,44 \times 10^{-8}$ lb.kaki <sup>2</sup> /lb <sup>2</sup>
Tetapan gas umum	$R$	8,31 J/mol.K 0,08231 atm/mol.K
Tetapan rembesan	$\mu_0$	$1,26 \times 10^{-6}$ H/m
Tetapan Avogadro	$N_0$	$6,02 \times 10^{23}$ mol/mol
Tetapan boltzman	$k$	$1,38 \times 10^{-23}$ J/mol.K $8,63 \times 10^{-5}$ eV/mol.K
Tetapan Plank	$h$	$6,63 \times 10^{-34}$ J.det $4,14 \times 10^{-15}$ eV.sec
Muatan elementer	$e$	$1,60 \times 10^{-19}$ C
Massa diam electron	$m_e$	$9,11 \times 10^{31}$ kg
Muatan electron	$e/m_e$	$1,76 \times 10^{11}$ C/kg
Ke massa rasio		
Massa diam proton	$m_p$	$1,67 \times 10^{-27}$ kg

### Beberapa Sifat Fisika

Udara (kering, pada 20 °C dan 1 atm)

Berat jenis	$1,29$ kg/m <sup>3</sup>
Panas khusus pada tekanan	$1,00 \times 10^3$ J/kgK
Rasio dari panas khusus	1,40
Kecepatan suara	331 m/detik 1090 kaki/det
Air	$1,00 \times 10^3$ kg/m <sup>3</sup>
Kecepatan suara	1460 m/detik 4790 kaki /detik
Indeks refraksi = 4890 A	1,33

Panas Fusi ( $0^{\circ}\text{C}$ )	$3,33 \times 10^5 \text{ J/kg}$ $79,7 \text{ cal/gm}$
Panas vaporisasi ( $100^{\circ}\text{C}$ )	$2,26 \times 10^6 \text{ J/kg}$ $539 \text{ cal/gm}$
Bumi	
Massa	$5,98 \times 10^{24} \text{ Kg}$
Radius rata-rata	$6,37 \times 10^6 \text{ m}$
Titik bumi-jarak	$3960 \text{ mi}$
Matahari	$1,49 \times 10^8 \text{ km}$ $9,29 \times 10^7 \text{ km}$
Titik bumi – jarak	$3,80 \times 10^5 \text{ Km}$
Bulan	$2,39 \times 10^5 \text{ km}$
Gravitasi standart	$9,81 \text{ m/detik}^2$ $32,2 \text{ kaki/det}^2$
Atmosfer standart	$1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$ $14,6 \text{ lb/inci}^2$ $760 \text{ mm-hg}$ $29,9 \text{ in-Hg}$

### Tabel konversi

#### Panjang

$$1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ m} = 39,37 \text{ in}$$

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$$

$$12 \text{ in} = 1 \text{ ft}$$

$$3 \text{ ft} = 1 \text{ yd}$$

$$1 \text{ yd} = 0,9144 \text{ m}$$

$$1 \text{ km} = 0,621 \text{ mi}$$

$$1 \text{ mi} = 1,61 \text{ km}$$

$$1 \text{ mi} = 5280 \text{ ft}$$

$$1 \text{ A} = 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ muim} = 1 \text{ mui} = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-4} \text{ A}$$

$$1 \text{ tahun cahaya} = 9,46 \times 10^{12} \text{ km}$$

#### Luas

$$1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2 = 10,76 \text{ ft}^2$$

$$1 \text{ ft}^2 = 0,0929 \text{ m}^2 = 144 \text{ in}^2$$

$$1 \text{ in}^2 = 6,452 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ are} = 43,6 \text{ ft}^2$$

$$1 \text{ mm}^2 = 640 \text{ are}$$

### Volume

$$1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3 = 6,102 \times 10^4 \text{ in}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 = 1728 \text{ in}^3 = 2,83 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ liter} = 1000 \text{ cm}^3 = 1,0576 \text{ qt} = 0,0353 \text{ ft}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 = 7,481 \text{ gal} = 28,32 \text{ liter}$$

$$1 \text{ gallon (UK)} = 4,546 \text{ Liter}$$

$$1 \text{ gallon (US)} = 3,785 \text{ Liter}$$

$$1 \text{ gallon (Indonesia)} = 4 \text{ Liter}$$

$$1 \text{ barell (US)} = 42 \text{ gallon (US)} = 34,97 \text{ gallon (UK)}$$

### Massa

$$1000 \text{ kg} = 1 \text{ t (metric ton)}$$

$$1000 \text{ kg} = 1 \text{ kg}$$

$$1 \text{ slug} = 14,59 \text{ kg}$$

$$1 \text{ amu} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1 \text{ Pound} = 0,4536 \text{ kg}$$

$$1 \text{ ounce} = 28,35 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

### Gaya

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyne} = 0,225 \text{ lb}$$

$$1 \text{ lb} = 4,45 \text{ N}$$

$$1 \text{ ton} = 2000 \text{ lb}$$

$$1 \text{ Dyne} = 10^{-5} \text{ N} = 72,33 \times 10^{-6} \text{ lb}$$

$$1 \text{ pound} = 4,448 \times 10^3 = 4,448 \text{ N} = 32,17 \text{ lb}$$

$$1 \text{ kilogram gaya} = 980,7 \times 10^3 \text{ dyne} = 9,807 \text{ N}$$

### Kecepatan

$$1 \text{ mil/h} = 1,47 \text{ ft/s} = 0,447 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ m/s} = 100 \text{ cm/s} = 3,281 \text{ ft/s}$$

$$1 \text{ mil/min} = 60 \text{ mil/h} = 88 \text{ ft/s}$$

$$1 \text{ knoot} = 1,688 \text{ ft/s} = 1,852 \text{ km/jam}$$

$$1 \text{ ft/s} = 1,097 \text{ km/jam} = 0,5925 \text{ knot}$$

## Percepatan

$$1 \text{ m/s}^2 = 3,28 \text{ ft/s}^2 = 100 \text{ cm/s}^2$$
$$1 \text{ ft/s}^2 = 0,3048 \text{ m/s}^2 = 30,48 \text{ sm/s}^2$$

## Tekanan

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 14,50 \text{ lb/in}^2$$
$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmhg} = 76,0 \text{ cmhg}$$
$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ lb/in}^2 = 1,013 \times 10^5 \text{ n/m}^2$$
$$1 \text{ pascal} = 1 \text{ N/m}^2 = 9,869 \times 10^{-6} \text{ atm} = 750,1 \times 10^{-6} \text{ cmHg}$$
$$1 \text{ lb/in}^2 = 68,05 \times 10^{-3} \text{ atm} = 5,172 \text{ cmHg}$$

## Waktu

$$1 \text{ tahun} = 365 \text{ hari} = 3,16 \times 10^7 \text{ s}$$
$$1 \text{ hari} = 24 \text{ jam} = 1,44 \times 10^3 \text{ menit} = 8,64 \times 10^4 \text{ s}$$

## Energi

$$1 \text{ J} = 0,7376 \text{ ft.lb} = 10^7 \text{ erg.s}$$
$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$$
$$1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal} = 778 \text{ ft.lb}$$
$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$
$$931,5 \text{ MeV} = 1 \text{ amu}$$

## Daya

$$1 \text{ hp} = 550 \text{ ft.lb/s} = 0,746 \text{ kW}$$
$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 0,738 \text{ ft.b/s}$$
$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ Watt}$$
$$1 \text{ BTU} = 10,55 \times 10^9 \text{ erg} = 777,9 \text{ ft.lb} = 1055 \text{ J}$$
$$1 \text{ Joule} = 948,1 \times 10^{-6} \text{ BTU} = 10^{-7} \text{ erg} = 0,7376 \text{ ft.lb}$$
$$1 \text{ kalori} = 3,968 \times 10^{-3} \text{ BTU} = 41,86 \times 10^6 \text{ erg} = 3,087 \text{ ft.lb}$$

## Massa Jenis

$$1 \text{ slug/ft}^3 = 515,4 \text{ kg/m}^3 = 0,5154 \text{ gr/cm}^3 = 32,17 \text{ lb/ft}^3$$
$$1 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kg/m}^3 = 10^{-3} \text{ gr/cm}^3$$
$$1 \text{ pound/ft}^3 = 16,02 \text{ kg/m}^3 = 16,02 \times 10^{-3} \text{ gr/cm}^3 = 1 \text{ lb/ft}^3$$
$$1 \text{ pound/in}^3 = 53,71 \text{ slug/ft}^3 = 27680 \text{ kg/m}^3$$

## Daftar Nilai Pendekatan Kekuatan Bahan

Bahan	Modulus Elastisitas (N/m <sup>2</sup> )	Batas Elastis (N/m <sup>2</sup> )	Modulus Geser (N/m <sup>2</sup> )	Modulus Bulk (N/m <sup>2</sup> )
Alumunium	$7.10^{10}$	$1,3 \cdot 10^8$	$2,37 \cdot 10^{10}$	$7,7 \cdot 10^{10}$
Kuningan	$13,1 \cdot 10^{10}$	$3,8 \cdot 10^8$	$3,52 \cdot 10^{10}$	$6,1 \cdot 10^{10}$
Tembaga	$12,5 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^8$	$4,25 \cdot 10^{10}$	$4,24 \cdot 10^{10}$
Besi Tuang	$9,4 \cdot 10^{10}$	$7,7 \cdot 10^8$	-----	$9,6 \cdot 10^{10}$
Timah Hitam	$1,6 \cdot 10^{10}$	-----	$0,54 \cdot 10^{10}$	$0,8 \cdot 10^{10}$
Baja	$20 \cdot 10^{10}$	$1,7 \cdot 10^8$	$8,04 \cdot 10^{10}$	$8,04 \cdot 10^{10}$
Karet	$14 \cdot 10^{10}$	-----	$1 \cdot 10^{10}$	-----
Tungsen	$35 \cdot 10^{10}$	-----	$14,8 \cdot 10^{10}$	-----

## Daftar Kekutan Patah Dalam N/m<sup>2</sup>

Bahan	Tarik	Tekan	Geser
Alumunium	$1,2 \cdot 10^8$	-----	$9,3 \cdot 10^7$
Kuningan	$1,8 \cdot 10^8$	$7,7 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^8$
Tembaga	$3,1 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^7$	-----

Besi Tuang	$1,5 \cdot 10^8$	$7,8 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^8$
Besi Kasar	$3,1 \cdot 10^8$	$3,1 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$
Baja Sedang	$4,7 \cdot 10^8$	$4,1 \cdot 10^8$	$3,7 \cdot 10^8$
Baja Keras	$10,8 \cdot 10^8$	$8,3 \cdot 10^8$	$7 \cdot 10^8$
Beton	$1,8 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$	-----

### Daftar Partikel

Partikel	Simbol	Muatan	Massa ( kg )
Proton	P	+ P	$1,6726485 \times 10^{-27}$
Neutron	N	0	$1,6749543 \times 10^{-27}$
Elektron	S	e	$9,109534 \times 10^{-31}$

## TENTANG PENULIS



Imas Ratna Ermawaty, Dra , M.Pd. Lahir di Jakarta, pada tahun 1968 adalah dosen tetap persyarikatan Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA. Menyelesaikan pendidikan S-1 dari jurusan Fisika, Universitas Nasional di Jakarta pada tahun 1992 dan lulus dari program Magister Pendidikan (Teknologi Pendidikan)

Universitas Negeri Jakarta pada tahun 2005. Saat ini adalah staf pengajar pada jurusan Pendidikan Fisika dan Fak Teknik ,Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA (UHAMKA) dan mengajar mata kuliah Fisika dasar, kalkulus, fisika matematika dan aljabar linier. Imas Ratna E aktif dalam bidang pendidikan dan pelatihan untuk guru – guru, baik di sekolah menengah maupun sekolah dasar. Juga terlibat sebagai asesor pada kegiatan sertifikasi guru rayon 37 UHAMKA sejak tahun 2009 sampai sekarang. Imas Ratna E juga aktif membimbing mahasiswa dalam kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) baik bidang penelitian maupun pengabdian kepada masyarakat , mulai tahun 2005 sampai sekarang.



**Acep Kusdiwelirawan** atau lebih dikenal dengan nama **Galing** adalah dosen tetap DPK di Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka Jakarta (UHAMKA). Lahir di Kota Garut Jawa Barat, menyelesaikan Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama sampai Sekolah Menengah Atas di kota Garut. Sarjana Pendidikan Fisika diperoleh dari Institut Keguruan Dan Ilmu Pendidikan (IKIP) Jakarta tahun 1986, Magister Sistem Informasi dari Universitas Gunadarma Jakarta (1996) dan Doktor dalam bidang Penelitian dan Evaluasi Pendidikan diperoleh dari Universitas Negeri Jakarta (UNJ) tahun 2007. Pengalaman kerja dimulai sebagai Dosen PNS dan Kepala Laboratorium Fisika FKIP Universitas Syiah Kuala Banda Aceh (1986-1994) dan Universitas Abuliatama di kota yang sama. Perancang Buku Praktikum Fisika Dasar I dan Fisika Dasar II (LIPA) untuk Fakultas Kedokteran Umum, Kedokteran Hewan, Pertanian, Teknik dan FKIP Universitas Syiah Kuala. Menulis buku Fisika Matematika I, Fisika Matematika II dan Mekanika untuk Pendidikan Fisika FKIP Unsyiah Kuala. Sampai saat ini di S1 penulis mengampu mata kuliah Fisika Dasar I dan II, Perencanaan dan Evaluasi Belajar Fisika, Metodologi Penelitian, Seminar Proposal dan Statistika Pendidikan. Sedangkan di Magister Administrasi Pendidikan (S2) mengampu Statistika, dan Analisis Regresi di Magister Penelitian dan Evaluasi Pendidikan (S2).



