



# Inti Sari Fisika



## Bab1. Besaran, Satuan dan Dimensi, Vektor

### A. Besaran, Satuan dan Dimensi

Besaran adalah gejala alam yang dapat diukur. Didalam fisika dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu besaran pokok dan besaran turunan. Besaran pokok adalah besaran yang telah ditetapkan terlebih dahulu oleh para ilmuwan fisika.

Tabell. Besaran Pokok

No	Besaran Pokok	Satuan	Lambang Satuan	Dimensi
1	Panjang	Meter	M	L
2	Massa	kilogram	Kg	M
3	Waktu	Sekon	S	T
4	Suhu	kelvin	K	$\theta$
5	kuat arus listrik	ampere	A	I
6	intensitas cahaya	candela	Cd	Cd
7	jumlah zat	Mol	Mol	mol

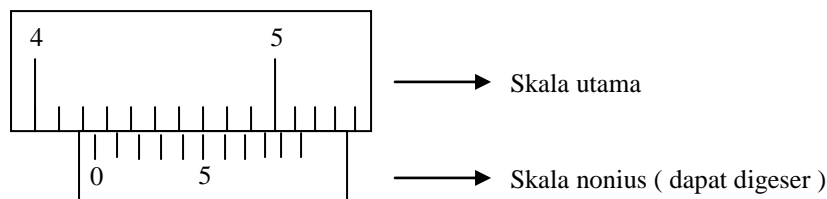
Besaran turunan adalah besaran yang diturunkan dari besaran pokok, contohnya kelajuan, kecepatan, percepatan, gaya dan lain-lain.

kelajuan diturunkan dari besaran jarak/panjang dan waktu.

### Pengukuran

Salah satu kegiatan penting dalam penelitian ilmiah adalah pengukuran untuk mendapatkan data-data. Untuk mendapatkan data yang akurat dalam pengukuran diperlukan keterampilan. Dibawah ini diberikan contoh-contoh pengukuran panjang menggunakan jangka sorong dan mikrometer sekrup

Contoh penggunaan jangka sorong

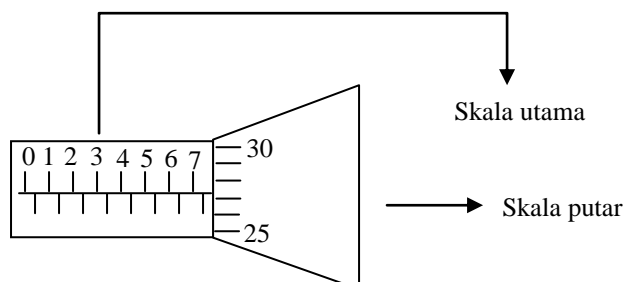


Skala utama :42 mm

Skala nonius yang berimpit dengan skala utama : 0,5 mm

Hasil pengukuran adalah  $42 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} = 42,5 \text{ mm}$

Contoh penggunaan mikrometer sekrup



Skala utama :7,5 mm

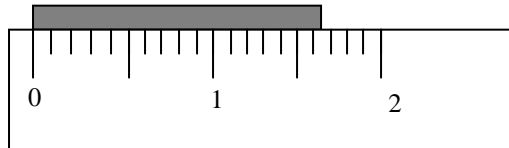
Skala putar yang berimpit dengan garis horizontal : 0,275 mm

Hasil pengukuran adalah  $42 \text{ mm} + 0,275 \text{ mm} = 42,275 \text{ mm}$

### B. Angka Penting

Adalah angka-angka yang diperoleh dari hasil pengukuran. Angka penting terdiri dari angka pasti taksiran. Contoh pada pengukuran panjang dengan penggaris dibawa ini:

Hasil pengukurannya yaitu 1,64 cm. Siapapun yang mengukur akan menunjukkan angka 1,6 oleh karena itu angka 1,6 dinamakan angka pasti sedangkan angka 4 dinamakan angka taksiran karena diperoleh dengan cara menaksir dan siapapun sangat mungkin berbeda.



### Aturan Angka penting

- semua angka bukan nol adalah angka penting
- angka nol yang terletak diantara angka bukan nol termasuk angka penting  
contoh: 30,04 memiliki 4 angka penting yaitu 3, 0, 0 dan 4
- semua angka nol sebelum angka bukan nol adalah bukan angka penting  
contoh: 0,02 memiliki 1 angka penting yaitu 2
- semua angka nol setelah angka bukan nol adalah angka penting  
contoh: 0,0041 memiliki 2 angka penting yaitu angka 4 dan 1
- dalam notasi ilmiah semua angka sebelum orde termasuk angka penting  
contoh:  $3,25 \times 10^6$  memiliki 3 angka penting yaitu angka 3, 2 dan 5

### Aturan Penjumlahan atau Pengurangan Angka Penting

Hasil operasi penjumlahan atau pengurangan hanya boleh mengandung satu angka taksiran.

$$\begin{array}{r} 9,489 \text{ kg} \\ 7,3 \text{ kg} + \\ \hline 16,789 = 16,8 \end{array}$$

Hasilnya adalah 16,789 karena angka 7 dan angka 9 adalah angka taksiran maka yang dipakai adalah angka 7 kemudian dibulatkan menjadi 8 sehingga hasilnya adalah **16,8**

### Aturan Perkalian atau Pembagian Angka Penting

Hasil operasi perkalian atau pembagian hanya boleh memiliki angka penting sebanyak bilangan yang angka pentingnya paling sedikit

$$\begin{array}{r} 2,2 \times 4,22 = 9,284 = 9,3 \\ (2 \text{ ap}) \quad (3 \text{ ap}) \quad \quad (2 \text{ ap}) \end{array}$$

### C. Vektor

Vektor adalah besaran yang memiliki besar dan arah, contohnya gaya, kecepatan, percepatan, medan listrik, medan magnet, momen gaya dan lain-lain.

Sifat-sifat vektor yaitu dapat dijumlahkan, dapat dikalikan baik perkalian titik maupun perkalian silang dan dapat diuraikan.

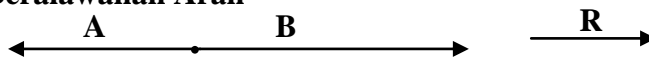
#### Resultan/Penjumlahan Dua Buah Vektor

##### Searah



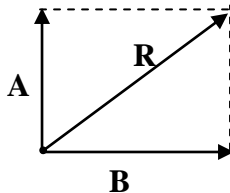
Besar resultan :  $R = A + B$

##### Beralawanan Arah



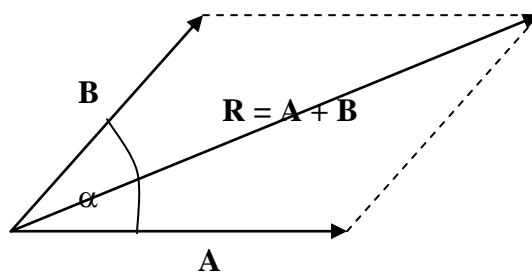
Besar resultan :  $R = A - B$

##### Membentuk Sudut Siku-siku



Besar resultan :  $R = \sqrt{A^2 + B^2}$

##### Membentuk Sudut Apit Sembarang



maka besar vektor R dapat digunakan rumus cosinus sebagai berikut :

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

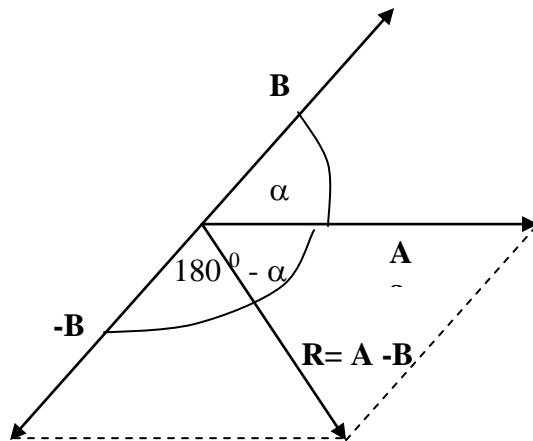
R = besar vektor resultan **R**

a = besar vektor **A**

b = besar vektor **B**

$\alpha$  = sudut apit antara vektor **A** dan vektor **B**

untuk besar selisih dua buah vektor dapat dicari juga menggunakan rumus cosinus. Perhatikan vektor  $\mathbf{R}$  dimana  $\mathbf{R} = \mathbf{A} - \mathbf{B}$  seperti gambar dibawah ini



$(180^\circ - \alpha)$  = sudut apit antara vektor  $\mathbf{A}$  dan  $-\mathbf{B}$

$$\cos(180^\circ - \alpha) = -\cos \alpha$$

besar/panjang vektor  $\mathbf{R}$  dapat dicari menggunakan rumus :

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

$R$  = besar vektor resultan  $\mathbf{R}$  dimana  $\mathbf{R} = \mathbf{A} + \mathbf{B}$

$A$  = besar vektor  $\mathbf{A}$

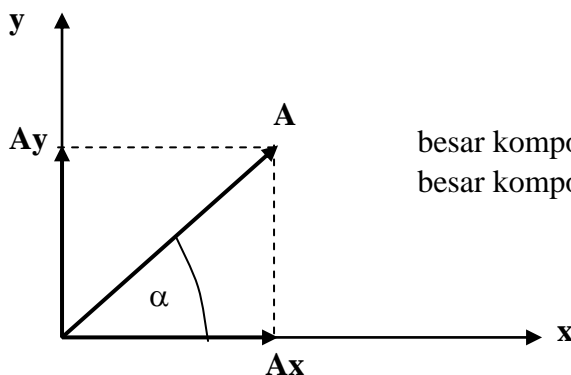
$B$  = besar vektor  $\mathbf{B}$

$\alpha$  = sudut apit antara vektor  $\mathbf{A}$  dan vektor  $\mathbf{B}$

### Penjumlahan Vektor Menggunakan Metode Analisis

Prinsip metode Analisis adalah setiap vektor dapat diuraikan kedalam dua komponen yaitu komponen sumbu x dan komponen sumbu y.

Perhatikan contoh dibawah ini. Sebuah vektor  $\mathbf{A}$  dengan besar  $A$  dan membentuk sudut  $\alpha$  terhadap sumbu x.



besar komponen vektor  $\mathbf{A}$  pada sumbu x :  $A_x = A \cos \alpha$

besar komponen vektor  $\mathbf{A}$  pada sumbu y :  $A_y = A \sin \alpha$

Apabila terdapat jumlah vektor lebih dari satu misalnya vektor  $\mathbf{A}$ , vektor  $\mathbf{B}$  dan vektor  $\mathbf{C}$  dan seterusnya, maka penjumlahan vektor ini dinyatakan :

$$\mathbf{R} = \mathbf{A} + \mathbf{B} + \mathbf{C} + \dots$$

dimana  $\mathbf{R}$  dinamakan resultan vektor.

komponen resultan vektor pada komponen sumbu x dinyatakan :

$$R_x = A_x + B_x + C_x + \dots$$

Komponen resultan vektor pada komponen sumbu y dinyatakan :

$$R_y = A_y + B_y + C_y + \dots$$

Besar resultan vektor :

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

Arah resultan vektor dinyatakan dalam bentuk sudut terhadap sumbu x :

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{R_y}{R_x} \right)$$

## Bab 2. Gerak

### A. Gerak Lurus

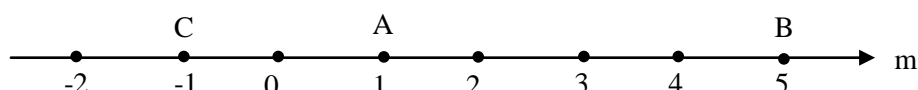
#### Jarak dan Perpindahan

Jarak dan perpindahan memiliki pengertian yang berbeda. Perhatikan perbedaannya pada tabel berikut ini.

Jarak (s)	Perpindahan ( $\Delta x$ )
Besaran skalar (punya nilai)	Besaran vektor (punya nilai dan arah)
Panjang lintasan yang dilalui oleh benda	Perubahan kedudukan benda

Contoh :

Budi bergerak dari titik A ke titik B kemudian ke titik C seperti digambarkan berikut ini:



Maka jarak dan perpindahan Budi

Jarak :  $s = 10$  m

Perpindahan :  $\Delta x = x_2 - x_1 = -1 - 1 = -2$  m (tanda – menunjukkan perpindahan ke arah kiri)

#### Kecepatan dan kelajuan

Kecepatan menyatakan seberapa jauh perpindahan benda tiap detik. Kecepatan dirumuskan sebagai berikut:

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

$v$  = kecepatan (m/s)

$\Delta x$  = perpindahan (m)

$\Delta t$  = selang waktu (s)

Kelajuan menyatakan seberapa jauh jarak yang ditempuh benda tiap detik. Kelajuan dirumuskan sebagai berikut:

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

$v$  = kecepatan (m/s)

$s$  = perpindahan (m)... jarak tempuh total

$t$  = selang waktu (s)

#### Percepatan

Percepatan menyatakan seberapa besar perubahan kecepatan benda tiap detik. Percepatan dirumuskan sebagai berikut:

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

$\Delta v = v_2 - v_1$  = perubahan kecepatan (m/s)

$\Delta t$  = selang waktu (s)

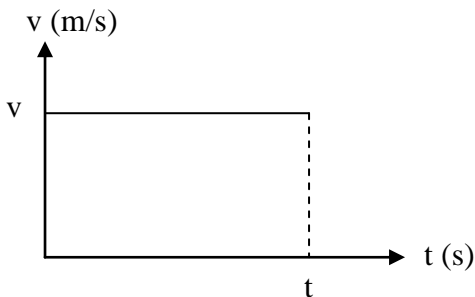
### Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Suatu benda dikatakan bergerak lurus beraturan (GLB) apabila benda tersebut bergerak dengan kecepatan tetap atau dengan kata lain tidak mengalami percepatan ( $a = 0$ ).

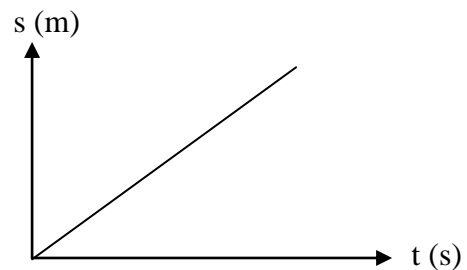
$$s = v t \quad \text{atau} \quad v = \frac{s}{t}$$

$x$  = jarak yang ditempuh (m)  
 $v$  = kecepatan (m/s)  
 $t$  = waktu (s)

Grafik kecepatan terhadap waktu



Grafik jarak terhadap waktu



### Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Suatu benda dikatakan bergerak lurus berubah beraturan apabila benda tersebut bergerak dengan percepatan tetap ( $a = \text{tetap}$ ) artinya kecepatan benda berubah secara beraturan.

Persamaan-persamaan pada GLBB :

$$v_t = v_o + at \qquad s = \frac{(v_o + v_t)}{2} t$$

$$s = v_o t + \frac{1}{2} at^2 \qquad v_t^2 = v_o^2 + 2as$$

Keterangan :

$v_o$  = kecepatan awal (m/s)

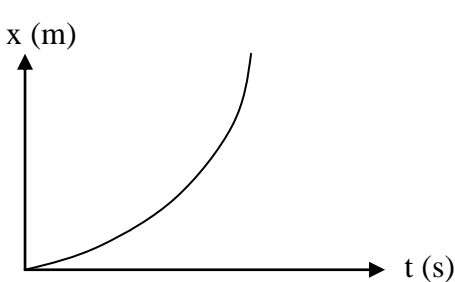
$v_t$  = kecepatan akhir (m/s)

$t$  = waktu (s)

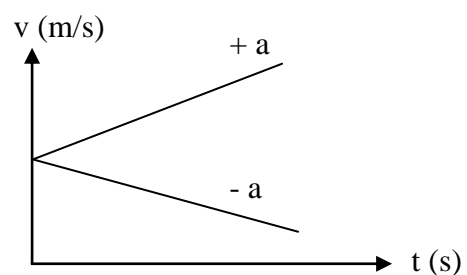
$a$  = percepatan ( $\text{m/s}^2$ ), bernilai + jika dipercepat dan - jika diperlambat

$x$  = perpindahan (m)

Grafik perpindahan terhadap waktu



Grafik kecepatan terhadap waktu



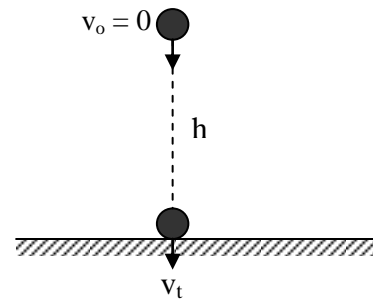
Contoh nyata GLBB dalam kehidupan sehari-hari yaitu: Gerak Jatuh Bebas (GJB) dan Gerak Vertikal ke Atas (GVA)



Pada GJB benda dijatuhkan pada ketinggian tertentu ( $x = h$ ) tanpa kecepatan awal ( $v_0 = 0$ ) dan benda jatuh karena mengalami percepatan gravitasi ( $a = g$ ). Dengan memasukan  $s = h$ ,  $v_0 = 0$  dan  $a = g$  pada persamaan-persamaan GLBB diperoleh :

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

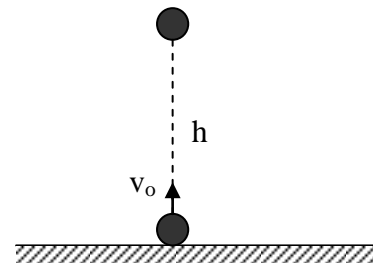
$$h = \frac{v_t}{2}t \quad v_t = \sqrt{2gh}$$



Pada GVA benda dilemparkan ke atas dengan kecepatan awal tertentu kecepatan awal dan kecepatan benda terus berkurang sampai ketinggian maksimum kemudian jatuh kembali. Dengan memasukan  $s = h$  dan  $a = -g$  pada persamaan-persamaan GLBB diperoleh :

$$v_t = v_0 - gt \quad h = \frac{(v_0 + v_t)}{2}t$$

$$h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2 \quad v_t^2 = v_0^2 - 2gh$$



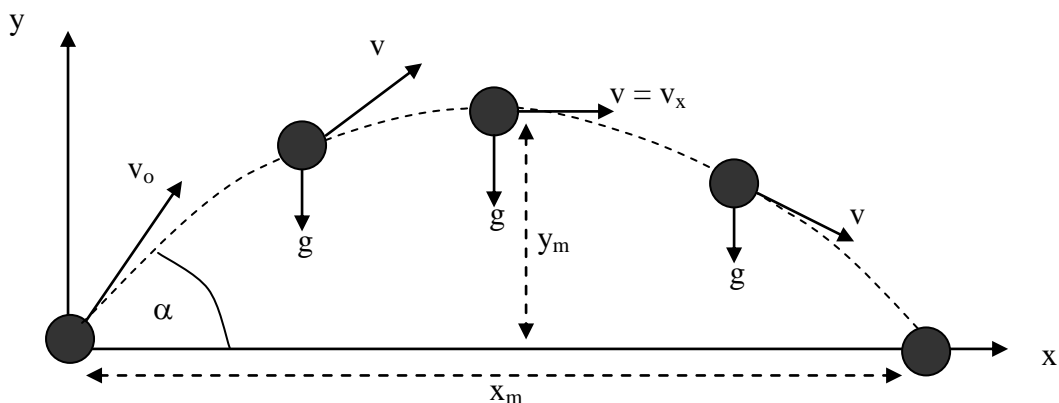
Pada saat benda mencapai titik tertinggi, kecepatan benda sama dengan nol ( $v_t = 0$ )  
 Dari persamaan GVA diatas dapat diturunkan :

$$h_m = \frac{v_0^2}{2g} \quad t_m = \frac{v_0}{g}$$

$h_m$  = ketinggian maksimum (m)  
 $t_m$  = waktu mencapai titik tertinggi (s)

### B. Gerak Parabola

Apabila suatu benda dilempar dengan kecepatan awal  $v_0$  dan membentuk sudut elevasi  $\alpha$  terhadap arah horizontal maka benda tersebut akan mengalami gerak parabola karena bentuk lintasan yang dilalui benda berupa parabola, seperti digambarkan diawah ini.

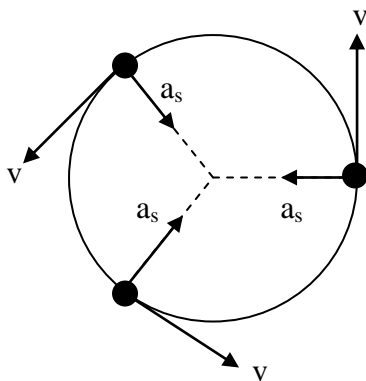


Gerak parabola, dapat dianalisis dengan cara menguraikan gerak tersebut ke dalam dua buah sumbu yaitu sumbu x dan sumbu y. Dalam arah sumbu x, gerak parabola merupakan gerak lurus beraturan (GLB) dan dalam arah sumbu y gerak parabola merupakan gerak lurus berubah beraturan (GLBB) karena mendapat percepatan gravitasi.

<b>Besaran</b>	<b>Sumbu x (GLB)</b>	<b>Sumbu y (GLBB)</b>
Kecepatan	$v_x = v_0 \cos \alpha$	$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$
Perpindahan	$x = v_0 \cos \alpha t$	$y = v_0 \sin \alpha t - 1/2gt^2$
Perpindahan Maksimum	$x_m = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$	$y_m = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$
Tambahan : pada saat mencapai posisi tertinggi : $v_y = 0$  waktu untuk mencapai posisi tertinggi : $t' = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$  waktu untuk mencapai posisi terjauh = waktu benda diudara : $t'' = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$		

### C. Gerak Melingkar ( GM )

Suatu benda dikatakan gerak melingkar apabila lintasan yang dilalui benda berupa lingkaran.



#### Periode ( T )

Adalah waktu yang diperlukan benda untuk melakukan satu putaran. Satuan sekon ( s )

#### Frekuensi ( f )

Adalah banyaknya putaran yang dilakukan benda tiap detik. Satuan Hertz ( Hz )

#### Sudut tempuh ( $\theta$ )

Adalah sudut yang ditempuh benda ketika bergerak melingkar. Satuan radian ( radian )

$$s = \theta r$$

s = jarak

$\theta$  = sudut tempuh

r = jari-jari lingkaran

#### Kecepatan sudut ( $\omega$ )

Adalah sudut yang ditempuh benda tiap detik. Satuan rad/s.

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

atau

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

#### Kecepatan tangensial ( v )

Adalah kecepatan yang arahnya selalu menyinggung pada titik singgung lingkaran. Satuan (m/s)

Besar kecepatan tangensial:

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

atau

$$v = \omega r$$

### Percepatan sentripetal

Percepatan yang dialami benda dan selalu mengarah ke pusat lingkaran. Satuan  $\text{m/s}^2$ .

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

atau

$$a_s = \omega^2 r$$

atau

$$a_s = \alpha r$$

### Percepatan sudut

Adalah perubahan kecepatan sudut tiap detik, satuannya  $\text{rad/s}^2$

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

$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 =$  perubahan kecepatan sudut ( $\text{rad/s}$ )

$\Delta t = t_2 - t_1 =$  selang waktu (s)

### Gerak Melingkar Beraturan (GMB)

Adalah Gerak melingkar yang memiliki kecepatan sudut tetap ( $\alpha = 0$ )

$$\begin{array}{ll} \theta = \omega t & \theta = \text{sudut tempuh (rad)} \\ \text{atau} & \omega = \text{kecepatan sudut awal (rad/s)} \\ \omega = \frac{\theta}{t} & t = \text{waktu (s)} \end{array}$$

### Gerak Melingkar Berubah Beraturan Beraturan (GMBB)

Adalah Gerak melingkar yang memiliki kecepatan berubah secara beraturan atau dengan kata lain mengalami percepatan sudut yang tetap ( $\alpha = \text{tetap}$ )

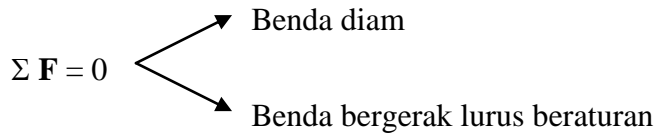
$$\begin{array}{lll} \omega_t = \omega_o + \alpha t & \theta = \frac{\omega_o + \omega_t}{2} t & \theta = \text{sudut tempuh (rad)} \\ \theta = \omega_o t + \frac{1}{2} \alpha t^2 & \omega_t^2 = \omega_o^2 + 2\alpha\theta & \omega_o = \text{kecepatan sudut awal (rad/s)} \\ & & \omega_t = \text{kecepatan sudut akhir (rad/s)} \\ & & \alpha = \text{percepatan sudut (rad/s}^2\text{)} \\ & & t = \text{waktu (s)} \end{array}$$

## Bab 3. Dinamika

### A. Hukum Newton

#### Hukum I Newton :

*"Apabila resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, maka benda tersebut akan diam atau bergerak lurus beraturan"*



#### Hukum II Newton :

*"Percepatan yang dialami benda sebanding dengan resultan gaya dan berbanding terbalik dengan massa benda"*

atau secara matematis dituliskan :

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

#### Hukum III Newton :

*"Apabila benda pertama mengerjakan gaya pada benda kedua maka benda kedua akan mengerjakan gaya pada benda pertama dengan besar sama dan berlawanan arah"*

atau secara matematis dituliskan

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

### Perbandingan Dinamika Translasi dan Dinamika Rotasi

Dinamika Translasi	Dinamika Rotasi
M	I
A	$\alpha$
V	$\omega$
$F = m a$	$\tau = F \times r = I \alpha$
$P = mv$	$L = m v r = I \omega$
$EK = 1/2 mv^2$	$EK = 1/2 I \omega^2$

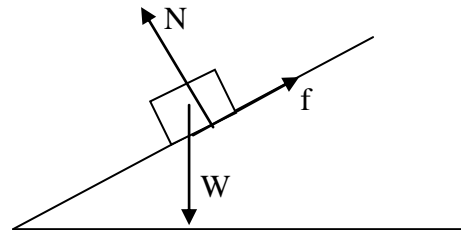
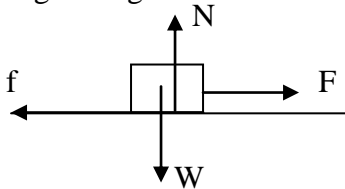
### Keseimbangan

Keseimbangan		
Translasi	Rotasi	Benda tegar
$\Sigma F = 0$	$\Sigma \tau = 0$	$\Sigma F = 0$
		$\Sigma \tau = 0$
Jumlah gaya sama dengan nol	Jumlah momen gaya sama dengan nol	Jumlah gaya dan jumlah momen gaya sama dengan nol

## B. Gaya Normal dan Gaya Gesekan

Gaya normal adalah gaya yang diberikan bidang dimana benda berada dengan arah tegak lurus bidang. Gaya normal dilambangkan N.

Gaya gesekan terjadi apabila dua permukaan benda bersentuhan. Arah gaya gesekan selalu berlawanan dengan arah gerak benda. Gaya gesekan secara umum dilambangkan f. Visualisasi gaya normal dan gaya gesekan pada benda diatas bidang datar licin dan bidang miring



### Gaya gesekan statis maksimum

Gaya gesekan statis maksimum bekerja pada benda tepat akan bergerak.

$$f_s = \mu_s N$$

$f_s$  = gaya gesekan statis maksimum (N)

$\mu_s$  = koefisien gesekan statis

N = gaya normal ( N )

### Gaya gesekan kinetis

Gaya gesekan kinetis bekerja pada benda apabila benda sedang bergerak.

$$f_k = \mu_k N$$

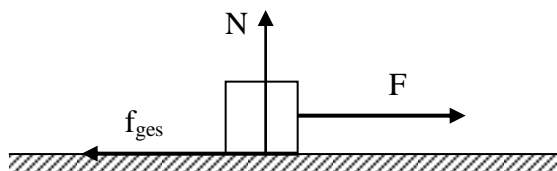
$f_k$  = gaya gesekan kinetis (N)

$\mu_k$  = koefisien gesekan kinetis

N = gaya normal ( N )

Perhatikan gambar dibawah ini:

Sebuah benda terletak diatas bidang datar kasar kemudian ditarik oleh gaya sebesar F.



3 keadaan apabila benda mendapat gaya tarik dan gaya gesekan yaitu:

1.  $F < f_{ges}$ : maka benda masih diam,  $f_{ges} = F$
2.  $F = f_{ges}$ : maka benda tepat akan bergerak,  $f_{ges} = \mu_s N$
3.  $F > f_{ges}$ : maka benda bergerak,  $f_{ges} = \mu_k N$

### C. Titik Berat

#### Benda 1 dimensi

$$x_o = \frac{x_1 l_1 + x_2 l_2 + x_3 l_3 + \dots}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots}$$

$$y_o = \frac{y_1 l_1 + y_2 l_2 + y_3 l_3 + \dots}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots}$$

$l_1, l_2, l_3, \dots$  = panjang benda ke-1, ke-2 ke-3,....

$x_1, x_2, x_3, \dots$  = titik berat absis benda ke-1, ke-2, ke-3,....

$y_1, y_2, y_3, \dots$  = titik berat ordinat benda ke-1, ke-2, ke-3,....

Kedudukan titik berat adalah ( $x_o$  dan  $y_o$ )

#### Benda 2 dimensi

$$x_o = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2 + x_3 A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

$$y_o = \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2 + y_3 A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

$A_1, A_2, A_3, \dots$  = panjang benda ke-1, ke-2 ke-3,....

$x_1, x_2, x_3, \dots$  = titik berat absis benda ke-1, ke-2, ke-3,....

$y_1, y_2, y_3, \dots$  = titik berat ordinat benda ke-1, ke-2, ke-3,....

Kedudukan titik berat adalah ( $x_o$  dan  $y_o$ )

#### Benda 3 dimensi

$$x_o = \frac{x_1 V_1 + x_2 V_2 + x_3 V_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots}$$

$$y_o = \frac{y_1 V_1 + y_2 V_2 + y_3 V_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots}$$

$V_1, V_2, V_3, \dots$  = panjang benda ke-1, ke-2 ke-3,....

$x_1, x_2, x_3, \dots$  = titik berat absis benda ke-1, ke-2, ke-3,....

$y_1, y_2, y_3, \dots$  = titik berat ordinat benda ke-1, ke-2, ke-3,....

Kedudukan titik berat adalah ( $x_o$  dan  $y_o$ )

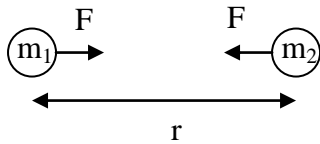
### D. Elastisitas

Elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu dihilangkan.

Tegangan	Regangan	Modulus Elastisitas
$\sigma = \frac{F}{A}$	$e = \frac{\Delta L}{L_o}$	$E = \frac{\sigma}{e}$ atau $E = \frac{F L_o}{A \Delta L}$

- $\sigma$  = tegangan ( N/m<sup>2</sup>)
- F = gaya (N)
- A = luas permukaan (m<sup>2</sup>)
- e = regangan
- $\Delta L$  = perubahan panjang (m)
- L<sub>0</sub> = panjang mula-mula (m)
- E = modulus elastisitas/Young ( N/m<sup>2</sup>)

**E. Gaya Gravitasi**



Dua buah massa benda m<sub>1</sub> dan m<sub>2</sub> yang berjarak r akan tarik-menarik dengan besar gaya F

Gaya Gravitasi	Kuat Medan Gravitasi	Potensial Gravitasi
$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$	$g = \frac{Gm}{r^2}$	$V = \frac{Gm}{r}$

- F = gaya gravitasi (N)
- G = konstanta umum gravitasi = 6,672 x 10<sup>-11</sup> Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>
- m<sub>1</sub> = massa benda 1 (kg)
- m<sub>2</sub> = massa benda 2 (kg)
- r = jarak (m)
- m = massa benda yang menghasilkan medan gravitasi dan potensial gravitasi ( kg )

**G. Hukum 3 Keppler**

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{R_1}{R_2} \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$$

- T<sub>1</sub> = periode planet 1
- T<sub>2</sub> = periode planet 2
- R<sub>1</sub> = jari-jari planet 1
- R<sub>2</sub> = jari-jari planet 2

## Bab 4. Usaha dan Energi

### A. Usaha

Usaha adalah energi yang ditransfer oleh benda 1 kepada benda 2 ketika mengerjakan mengerjakan gaya kepada benda 2. Besarnya usaha dinyatakan :

$$W = F \cdot s$$

W = usaha ( J )

F = gaya ( N )

s = perpindahan ( m )

usaha oleh beberapa gaya:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$$

atau

$$W = \Sigma F \times S$$

$\Sigma F$  = resultan gaya ( N )

S = perpindahan ( m )

### B. Hubungan Usaha dengan Energi Potensial

Pada saat sebuah benda dipindahkan dari ketinggian  $h_1$  menjadi ketinggian  $h_2$  maka dibutuhkan usaha sebesar:

$$W = EP_1 - EP_2$$

atau

$$W = - mg(h_2 - h_1)$$

W = usaha ( J )

$EP_1$  = energi potensial mula-mula ( J )

$EP_2$  = energi potensial mula-mula ( J )

m = massa ( kg )

g = percepatan gravitasi (  $m/s^2$  )

$h_1$  = ketinggian mula-mula ( m )

$h_2$  = ketinggian akhir ( m )

### C. Hubungan Usaha dengan Energi Kinetik

Pada saat mengubah kecepatan benda dari kecepatan awal  $v_1$  menjadi kecepatan akhir  $v_2$  maka dibutuhkan usaha sebesar:

$$W = EK_2 - EK_1$$

atau

$$W = 1/2 m(v_2^2 - v_1^2)$$



$W$  = usaha ( J )  
 $EK_1$  = energi kinetik mula-mula ( J )  
 $EK_2$  = energi kinetik akhir ( J )  
 $m$  = massa ( kg )  
 $v_1$  = kecepatan mula-mula ( m )  
 $v_2$  = kecepatan akhir akhir ( m )

#### **D.Energi Mekanik**

Energi mekanik adalah penjumlahan energi kinetik dan energi potensial benda. Energi mekanik dirumuskan sebagai berikut :

$$EM = EK + EP$$

$EM$  = energi mekanik ( J )  
 $EK$  = energi kinetik ( J )  
 $EP$  = energi potensial ( J )

apabila tidak ada gaya luar yang bekerja pada benda seperti gaya gesekan, maka dari persamaan - persamaan diatas dapat diturunkan sebagai berikut:

$$EK_2 - EK_1 = EP_1 - EP_2$$

Sehingga diperoleh:

$$EK_1 + EP_1 = EK_2 + EP_2$$

$$EM_1 = EM_2$$

$EM_1$  = energi mekanik awal ( J )  
 $EM_2$  = energi mekanik akhir ( J )

## Bab 5. Impuls dan Momentum

### Momentum

Momentum merupakan besaran yang menyatakan kekuatan benda bergerak. Momentum termasuk besaran vektor jadi memiliki besar dan arah. Besar momentum dinyatakan :

$$p = m v$$

$p$  = momentum ( kgm/s )

$m$  = massa ( kg )

$v$  = kecepatan ( m/s )

### Impuls

Impuls merupakan perubahan momentum. Impuls termasuk besaran vektor jadi memiliki besar dan arah. Besar impuls dinyatakan :

$$I = p_2 - p_1$$

atau

$$I = mv_2 - mv_1$$

atau

$$I = F \Delta t$$

$I$  = impuls (kgm/s)

$p_1$  = momentum awal (kgm/s)

$p_2$  = momentum akhir (kgm/s)

$m$  = massa (kg)

$v_2$  = kecepatan akhir (m/s)

$v_1$  = kecepatan mula-mula (m/s)

$F$  = gaya (N)

$\Delta t$  = waktu interaksi (s)

### Hukum Kekekalan Momentum

*"Jumlah momentum sebelum tumbukan sama dengan jumlah momentum setelah tumbukan"*

Secara matematis :

$$\Sigma p_{\text{awal}} = \Sigma p_{\text{akhir}}$$

atau

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$$

atau

$$mv_1 + mv_2 = mv_1' + mv_2'$$

$p_1, p_2$  = momentum benda 1, benda2 sebelum tumbukan (kgm/s)

$p_1', p_2'$  = momentum benda 1, benda 2 setelah tumbukan (kgm/s)

$v_1, v_2$  = kecepatan benda 1, benda 2 sebelum tumbukan (m/s)

$v_1', v_2'$  = kecepatan benda 1, benda 2 setelah tumbukan (m/s)

### **Koefisien restitusi (e)**

Koefisien restitusi merupakan besaran yang menentukan jenis tumbukan yang terjadi antara dua benda. Koefisien restitusi dirumuskan :

$$e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2}$$

- ❖ Jika  $e = 1$  : **tumbukan lenting sempurna**, jumlah energi kinetik sebelum tumbukan sama dengan jumlah energi setelah tumbukan
- ❖ Jika  $0 < e < 1$  : **tumbukan lenting sebagian**, jumlah energi kinetik sebelum tumbukan tidak sama dengan jumlah energi setelah tumbukan
- ❖ Jika  $e = 0$ : **tumbukan tidak lenting**, kedua benda bergabung setelah bertumbukan

## Bab 6. Suhu dan Kalor

### A. Suhu

Suhu adalah besaran yang menyatakan derajat panas suatu benda. Alat ukur suhu dinamakan termometer.

Rumus Konversi Suhu

$$C : R : (F - 32) : (K - 273) = 5 : 4 : 9 : 5$$

C = suhu dalam satuan Celcius

R = suhu dalam satuan Reamur

F = suhu dalam satuan Fahrenheit

K = suhu dalam satuan Kelvin

Kalor adalah energi panas yang mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah. Apabila benda menyerap kalor atau melepas kalor, maka ada akan terjadi yaitu perubahan suhu perubahan suhu atau perubahan wujud.

### B. Kalor

#### Perubahan Suhu

$$Q = m c \Delta T$$

Q = kalor yang yang dilepas/diserap

m = massa benda (kg)

c = kalor jenis benda ( J/KgK)

$\Delta T$  = perubahan suhu (K)

#### Perubahan Wujud

Dari padat ke cair

$$Q = m L$$

Dari cair ke gas

$$Q = m U$$

Q = kalor yang yang dilepas/diserap

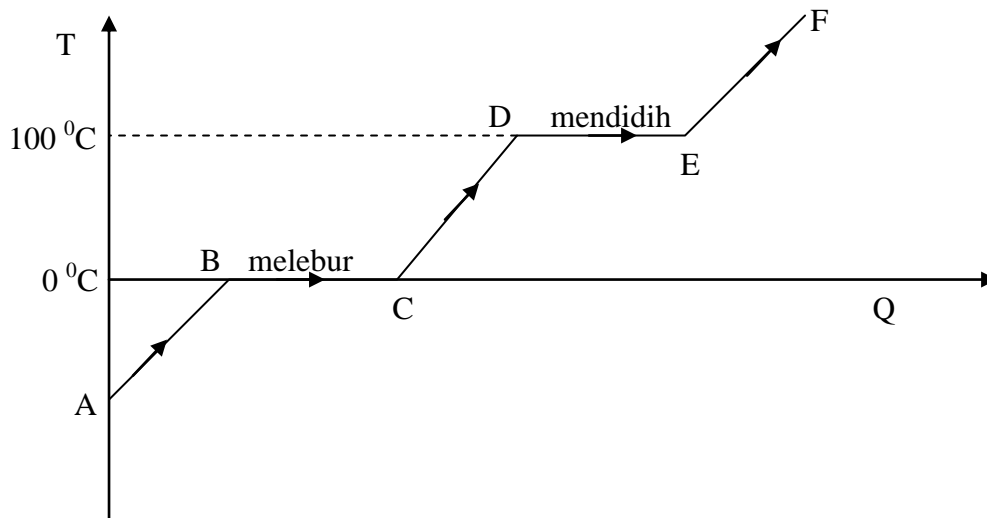
m = massa benda (kg)

L = kalor lebur ( J/K)

U = kalor uap (J/K)

Kalor lebur adalah kalor yang dibutuhkan untuk mengubah wujud es 1 kg zat menjadi wujud cair 1 kg. Kalor uap adalah kalor yang dibutuhkan untuk mengubah wujud cair 1 kg zat menjadi wujud gas 1 kg.

**Grafik perubahan wujud dari es ----→ air-----→ uap**



Dari A ke B (suhu bertambah)

$$Q = m c_{es} \Delta T$$

Dari B ke C (melebur, suhu tidak berubah)

$$Q = m L$$

Dari C ke D (suhu bertambah)

$$Q = m c_{es} \Delta T$$

Dari D ke E (mendidih, suhu tidak berubah)

$$Q = m U$$

Dari E ke F (Suhu bertambah)

$$Q = m c_{es} \Delta T$$

**Azas Black**

*" Kalor yang dilepas benda 1 ke benda 2 sama dengan kalor yang diterima benda 2 dari benda 1".*

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

### C. Perpindahan kalor

Konduksi	Konveksi	Radiasi
$H = \frac{kA\Delta T}{L}$	$H = hA\Delta T$	$W = e\sigma T^4$

H = laju kalor

W = laju energi

k = koefisien konduksi termal bahan

h = koefisien konveksi

e = emisivitas

L = panjang penghantar

T = suhu mutlak ( K)

A = luas penampang ( $M^2$ )

## Bab 7. Teori Kinetik Gas

### Gas Ideal

Anggapan-anggapan gas ideal

- gas ideal terdiri atar partikel-partikel-partikel dalam jumlah besar sekali
- ukuran partikel dapat diabaikan terhadap ukuran wadah
- setiap partikel gas selalu bergerak dengan arah sembarang
- partikel gas tersebar merata ke seluruh ruang
- gaya tarik-menarik antar partikel diabaikan
- berlaku hukum newton tentang gerak pada partikel
- Tumbukan antar partikel bersifat lenting sempurna

### Tekanan Gas Ideal

$$p = \frac{1}{3} \frac{Nmv^2}{V} \quad \text{atau} \quad p = \frac{2}{3} \frac{N Ek}{V}$$

N = banyaknya partikel gas

M = massa 1 partikel (kg)

v = kecepatan partikel (m/s)

V = volume gas (m<sup>3</sup>)

p = tekanan gas ideal ( N/m<sup>2</sup>)

### Persamaan Gas Ideal

$$PV = nRT \quad \text{atau} \quad PV = NkT$$

N = jumlah partikel gas

n = jumlah mol

R = tetapan gas umum = 8,31 x 10<sup>3</sup> m/molK

k = tetapan Boltzmann = 1,38 x 10<sup>-23</sup> J/K

### Energi Kinetik Gas Ideal

Untuk 1 buah partikel :  $EK = \frac{3}{2} kT$

Untuk N buah partikel :  $EK = \frac{3}{2} N kT$  atau  $EK = \frac{3}{2} nRT$

### Kecepatan Partikel

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \quad \text{atau} \quad v = \sqrt{\frac{3nRT}{m}} \quad \text{atau} \quad v = \sqrt{\frac{3RT}{Mr}} \quad \text{atau} \quad v = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$$

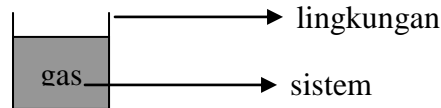
Mr = massa molekul relatif gas

ρ = massa jenis gas ( kg/m<sup>3</sup>)

## Bab 8. Termodinamika

Termodinamika adalah ilmu yang mempelajari dasar-dasar dan aplikasi dari konsep kalor dan usaha. Dua istilah dasar dalam ilmu termodinamika yaitu sistem dan lingkungan. Sistem adalah objek yang menjadi pusat perhatian sedangkan lingkungan adalah segala sesuatu yang ada disekitar sistem.

Perhatikan contoh berikut ini:



Jika yang menjadi objek perhatian adalah gas maka gas dinamakan sistem dan segala sesuatu disekitarnya wadah gas dan udara dinamakan lingkungan.

### Hukum I Termodinamika

Hukum ini berbunyi “ energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan”

Secara matematis dituliskan:

$$\Delta U = Q - W$$

$\Delta U$  = perubahan energi dalam ( J )

$Q$  = kalor yang diserap/dilepaskan ( J )

$W$  = usaha yang dilakukan pada sistem/lingkungan ( J )

Gas monoatomik

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T \quad \text{atau} \quad \Delta U = \frac{3}{2} (P_2V_2 - P_1V_1)$$

Gas diatomik

$$\Delta U = \frac{5}{2} nR\Delta T \quad \text{atau} \quad \Delta U = \frac{5}{2} (P_2V_2 - P_1V_1)$$

### Persamaan Umum Gas Ideal

$$PV = nRT$$

$P$  = tekanan (  $N/m^2$  )

$V$  = volume (  $m^3$  )

$n$  = jumlah mol

$R$  = konstanta gas ideal = 8,34 J/KgK

$T$  = suhu ( K )



#### 4 Proses-proses termodinamika

1. Isobarik ( tekanan tetap )

$$\text{Penurunan Gas Ideal : } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\text{Penurunan Hukum II Termodinamika : } Q = \frac{f}{2} n R \Delta T + p (V_2 - V_1)$$

2. Isotermal ( suhu tetap )

$$\text{Penurunan Gas Ideal : } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{Penurunan Hukum II Termodinamika : } Q = W = n R T (\ln V_2 - \ln V_1)$$

3. Isokhorik ( volume tetap )

$$\text{Penurunan Gas Ideal : } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\text{Penurunan Hukum II Termodinamika : } Q = \Delta U = \frac{f}{2} n R \Delta T$$

4. Adiabatik (  $Q = 0$  )

$$\text{Penurunan Gas Ideal : } P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$\text{Penurunan Hukum II Termodinamika : } \Delta U = W = \frac{f}{2} n R \Delta T$$

Keterangan

$f = 3$  jika gas monoatomik

$f = 5$  jika gas diatomik

#### Hukum II Termodinamika

*Tidak mungkin untuk membuat sebuah mesin kalor yang bekerja dalam suatu siklus yang semata-mata mengubah energi panas yang diperoleh dari suatu sumber pada suhu tertentu seluruhnya menjadi usaha mekanik (Kelvin-Planck)*

*Tidak mungkin membuat mesin yang bekerja dalam suatu siklus mengambil kalor dari reservoir yang memiliki suhu rendah dan memberikannya pada reservoir yang memiliki suhu tinggi, tanpa memerlukan usaha dari luar (Clausius)*

#### Mesin Kalor

Mesin Kalor adalah suatu alat yang dapat mengubah kalor menjadi usaha, contoh mesin kalor adalah mesin-mesin yang digunakan pada kendaraan bermotor kecuali yang menggunakan energi listrik/matahari.

$$\eta = \left( 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \right) \times 100\%$$

$\eta$  = efisiensi mesin kalor

$Q_1$  = kalor yang dari resorvoir tinggi ( J )

$Q_2$  = kalor yang dibuang ke resorvoir rendah ( J )

#### Mesin Carnot

Mesin Carnot merupakan mesin ideal yang memiliki efisiensinya paling besar dari semua mesin yang mengubah kalor menjadi suhu. Sistem kerja Mesin Carnot merupakan suatu siklus dan dapat balik (reversibel)

$$\eta = \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \times 100\%$$

$T_1$  = suhu reservoir rendah

$T_2$  = suhu reservoir tinggi

### **Mesin Pendingin**

Mesin pendingin adalah mesin yang dapat mengalirkan kalor dari reservoir suhu rendah ke reservoir suhu tinggi. Contoh mesin pendingin yaitu lemari es dan AC.

Ukuran kemampuan suatu mesin pendingin disebut koefisien daya guna mesin/koefisien performansi ( K ).

$$K = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

K = koefisien performansi mesin

$T_1$  = suhu reservoir tinggi ( K )

$T_2$  = suhu reservoir tinggi ( K )

## Bab 9. Statika Fluida dan Dinamika Fluida

### A. Statika Fluida

#### Tekanan

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

p = tekanan (Pa)

F = gaya ( N )

A = luas bidang sentuh ( m<sup>2</sup> )

#### Tekanan Hidrostatik

$$p_h = \rho g h$$

p<sub>h</sub> = tekanan hidrostatik (Pa)

ρ = massa jenis zat cair (kg/m<sup>3</sup>)

g = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

h = kedalaman (m)

#### Hukum Pascal

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

#### Hukum Archimedes

$$F_A = \rho V_C g$$

F<sub>A</sub> = gaya keatas/apung (N)

ρ = massa jenis zat cair (kg/m<sup>3</sup>)

V<sub>C</sub> = volume benda yang tercelup didalam zat cair (m<sup>3</sup>)

g = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

### B. Dinamika Fluida

#### Persamaan Kontinuitas

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

A<sub>1</sub> = luas penampang pipa 1 ( m<sup>2</sup> )

v<sub>1</sub> = kelajuan aliran zat cair didalam pipa 1 ( m/s )

A<sub>2</sub> = luas penampang pipa 2 ( m<sup>2</sup> )

v<sub>2</sub> = kelajuan aliran zat cair didalam pipa 1 ( m/s )

## Hukum Bernoulli

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$p_1$  = tekanan fluida pada pipa 1 ( Pa )

$\rho$  = massa jenis zat cair (  $\text{kg/m}^3$  )

$v_1$  = kelajuan fluida didalam pipa 1 ( m/s )

$h_1$  = ketinggian pipa 1 ( m )

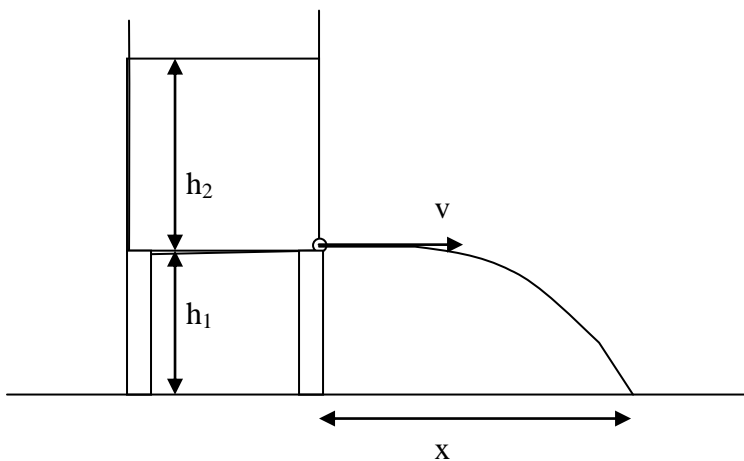
$p_2$  = tekanan fluida pada pipa 2 ( Pa )

$v_2$  = kelajuan fluida didalam pipa 2 ( m/s )

$h_2$  = ketinggian pipa 2 ( m )

## C. Penerapan Azaz Bernoulli

### Kelajuan pada Tangki Bocor



$$v = \sqrt{2 g h_2}$$

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

$v$  = kelajuan air yang keluar dari kebocoran ( m/s )

$x$  = jarak mendatar yang dicapai air dari kaki tangki ( m )

$h_1$  = ketinggian kebocoran ( m )

$h_2$  = kedalaman kebocoran ( m )

## Venturimeter tanpa manometer

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

$v_1$  = kelajuan zat cair yang akan diukur pada penampang 1 (m/s)

$A_1$  = luas penampang 1 (m<sup>2</sup>)

$A_2$  = luas penampang 2 (m<sup>2</sup>)

$h$  = selisih ketinggian zat cair pada penampang 1 dan 2 (m)

$g$  = percepatan gravitasi bumi (m/s<sup>2</sup>)

## Venturimeter dengan manometer

$$v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_1 - A_2)}}$$

$v_1$  = kelajuan zat cair yang akan diukur pada penampang 1 (m/s)

$A_1$  = luas penampang 1 (m<sup>2</sup>)

$A_2$  = luas penampang 2 (m<sup>2</sup>)

$h$  = selisih ketinggian zat cair pada manometer (m)

$\rho'$  = massa jenis zat gas air dalam pipa (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho$  = massa jenis zat cair dalam manometer (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = percepatan gravitasi bumi (m/s<sup>2</sup>)

## Tabung Pitot

$$v_a = \sqrt{\frac{2\rho'gh}{\rho}}$$

$v_a$  = kelajuan gas yang akan diukur (m/s)

$h$  = selisih ketinggian zat cair pada manometer (m)

$\rho'$  = massa jenis zat gas air dalam manometer( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho$  = massa jenis zat cair dalam manometer( $\text{kg/m}^3$ )

### **Gaya Angkat Pesawat**

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

$F_1 - F_2$  = gaya angkat pesawat

$A$  = luas sayap

$v_1$  = kelajuan udara diatas sayap

$v_2$  = kelajuan udara dibawah sayap

## Bab 10. Listrik Statis

### Hukum Coulomb

Adalah fenomena alam bahwa interaksi antar muatan menghasilkan gaya yang kemudian dinamakan gaya coulomb. Muatan sejenis menghasilkan gaya tolak-menolak. Muatan yang berlawanan menghasilkan gaya tarik-menarik.



Menurut Hukum Coulomb besarnya gaya tarik menarik/tolak menolak dirumuskan sebagai berikut :

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

F = gaya tarik-menarik/tolak-menolak (N)

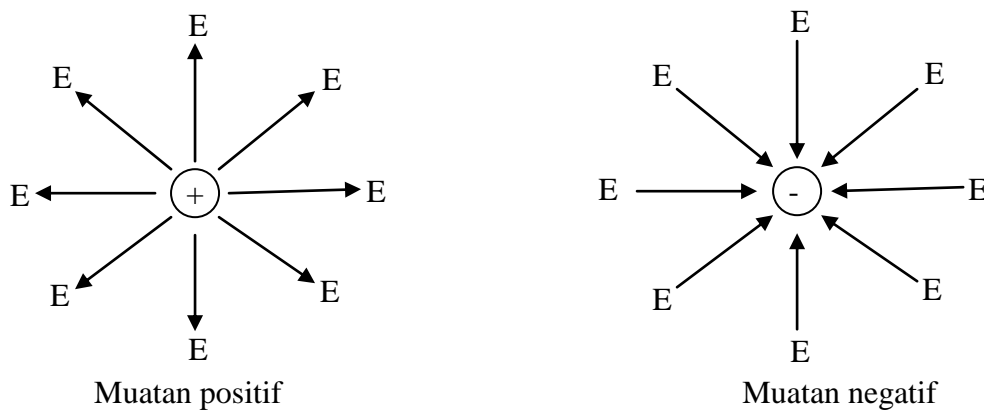
q<sub>1</sub> = muatan benda 1 (C)

q<sub>2</sub> = muatan benda 2 (C)

r = jarak antar muatan (m)

### Medan Listrik

Setiap benda bermuatan listrik akan membentuk medan listrik di ruang sekitar benda tersebut. Secara praktis medan listrik dapat dipahami sebagai daerah yang jika ditempatkan muatan listrik maka muatan listrik tersebut akan mendapat gaya coulomb. Muatan positif menghasilkan medan listrik di setiap titik arahnya menjauhi muatan tersebut secara radial. Muatan negatif menghasilkan medan listrik di setiap titik arahnya menuju muatan tersebut.



Besar kuat medan listrik yang berjarak r dari muatan dinyatakan :

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

$E$  = besar kuat medan listrik ( N/C)  
 $q$  = muatan benda ( C)  
 $r$  = jarak titik yang ditinjau dari muatan sumber medan listrik ( m)

Untuk muatan sumber lebih dari satu buah maka besar kuat medan listrik total dijumlahkan dengan menggunakan metode penjumlahan vektor.

### Potensial Listrik

Selain membentuk medan listrik, muatan juga dapat membentuk potensial listrik di ruang sekitar muatan tersebut. Potensial listrik merupakan besaran skalar jadi tidak memiliki arah. Daerah yang berpotensi listrik menimbulkan energi potensial bagi muatan yang ditempatkan pada daerah tersebut. Besarnya potensial listrik pada jarak  $r$  dari muatan sumber dinyatakan :

$$V = \frac{kq}{r}$$

$V$  = potensial listrik ( V)  
 $q$  = muatan sumber potensial listrik ( C)  
 $r$  = jarak titik dari muatan sumber potensial listrik ( m)

Untuk muatan yang lebih dari satu maka potensial listrik total pada titik tertentu merupakan jumlah aljabar masing-masing potensial listrik.

$$V_{total} = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_2}{r_2} + \frac{kq_3}{r_3} + \dots$$

### Energi Potensial Listrik

Besarnya energi potensial listrik untuk sistem dua buah muatan listrik dinyatakan :

$$EP = \frac{kq_1q_2}{r}$$

$EP$  = energi potensial listrik ( J)  
 $q_1$  = muatan benda 1 ( C)  
 $q_2$  = muatan benda 2 ( C)  
 $r$  = jarak antar muatan benda 1 dan benda 2 ( m)

### Usaha Memindahkan Muatan Listrik

Suatu muatan yang dipindahkan dari titik 1 ke titik 2 membutuhkan usaha sebesar :

$$W = q(V_2 - V_1)$$

$W$  = usaha memindahkan muatan ( J)  
 $q$  = muatan yang dipindahkan ( C)  
 $V_1$  = potensial listrik dititik mula-mula ( V)  
 $V_2$  = potensial listrik dititik akhir ( V)

### Kapasitor

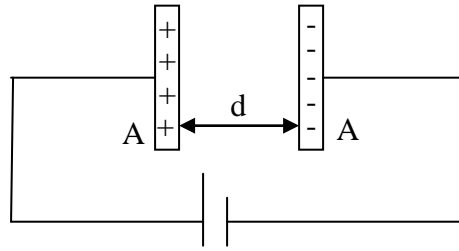
Kapasitor merupakan dua plat konduktor yang dipasang saling berhadapan dengan jarak tertentu. Plat yang satu di hubungkan ke kutub positif dan plat yang lain dihubungkan ke kutub negatif. Akibatnya didalam plat akan terkumpul sejumlah muatan. Banyaknya muatan yang dapat dikandung kapasitor dinamakan kapasitansi. Kapasitansi dirumuskan :



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

Atau

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$



C = kapasitansi ( F )

Q = muatan listrik ( C )

V = beda potensial listrik antara plat positif dan plat negatif (V)

A = luas plat (m<sup>2</sup>)

d = jarak antar plat (m)

$\varepsilon$  = konstanta dielektrik medium antar plat ( $\varepsilon = 1$  untuk udara)

F adalah satuan dari kapasitansi dan singkatan dari Farad

C adalah satuan dari muatan dan singkatan dari Coulomb

V adalah satuan dari potensial listrik dan singkatan dari Volt

### Susunan Kapasitor

Seri

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

Paralel :

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

$C_s$  = kapasitansi pengganti susunan seri

$C_p$  = kapasitansi pengganti susunan paralel

### Besar energi yang tersimpan didalam kapasitor bermuatan :

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \quad \text{atau} \quad W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

W = energi yang tersimpan ( J )

C = kapasitansi (F)

V = beda potensial listrik (V)

## Bab 11. Listrik Dinamis

### Kuat Arus Listrik

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

I = besar kuat arus listrik (A)

Q = muatan listrik yang mengalir (C)

t = waktu (s)

### Hukum Ohm

$$V = IR$$

V = beda potensial (V)

R = hambatan ( $\Omega$ )

### Hambatan penghantar

Sebuah penghantar akan memiliki hambatan sebesar :

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

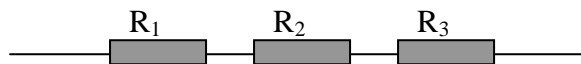
R = besar hambatan ( $\Omega$ )

$\rho$  = hambat jenis ( $\Omega \text{ m}$ )

l = panjang penghantar (m)

A = luas penampang ( $\text{m}^2$ )

### Susunan Hambatan Seri :



hambatan pengganti :

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

kuat arus yang melalui hambatan

$$I_1 = I_2 = I_3 =$$

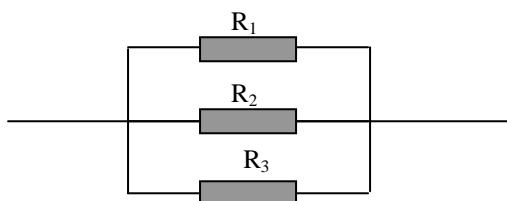
tegangan pada hambatan seri

$$V_s = V_1 + V_2 + V_3$$

perbandingan tegangan pada tiap-tiap hambatan sebanding

$$V_1 : V_2 : V_3 = R_1 : R_2 : R_3$$

### Susunan Hambatan Paralel :



hambatan pengganti :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

kuat arus yang melalui hambatan pengganti

$$I_p = I_1 + I_2 + I_3$$

tegangan pada pada tiap hambatan

$$V_1 = V_2 = V_3$$

perbandingan kuat arus yang melalui pada tiap-tiap hambatan

$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$$

### Hukum I Kirchoff

“ Jumlah kuat arus yang masuk ke suatu titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik percabangan tersebut”

$$\Sigma I \text{ masuk} = \Sigma I \text{ keluar}$$

### Hukum II Kirchoff

“ Jumlah aljabar gaya gerak listrik sama dengan nol didalam rangkaian tertutup”

Secara matematis dituliskan :

$$\Sigma \varepsilon + \Sigma ( I \cdot R ) = 0$$

aturan tanda + dan –

1. Kuat arus listrik bertanda + jika searah dengan arah loop dan bertanda – jika berlawanan dengan arah loop
2. gaya gerak listrik bertanda + jika arah loop bertemu kutub positif terlebih dahulu dan bertanda – jika arah loop bertemu kutub negatif

<b>Energi Listrik</b>	<b>Daya Listrik</b>
$W = V i t$	$P = V i$
$W = i^2 R t$	$P = i^2 R$
$W = \frac{V^2}{R} t$	$P = \frac{V^2}{R}$

W = energi listrik (J)

P = daya listrik (W)

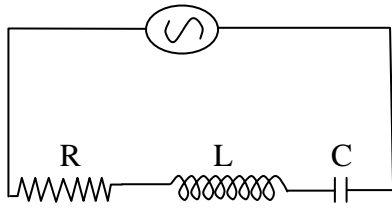
V = beda potensial (V)

R = hambatan ( $\Omega$ )

t = waktu (s)

## Rangkaian R L C

Seri:



$$V_R = I R$$

$$V_L = I X_L$$

$$V_C = I X_C$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$X_L = \omega L = \text{hambatan induktansi } (\Omega)$$

$$X_C = 1/\omega C = \text{hambatan kapasitif } (\Omega)$$

$$Z = \text{impedansi } (\Omega)$$

$X_L > X_C$ , rangkaian bersifat induktif,  $\phi$  = positif

$X_L < X_C$ , rangkaian bersifat kapasitif,  $\phi$  = negatif

$X_L = X_C$ , rangkaian bersifat resistif dan terjadi resonansi.

Besarnya frekuensi resonansi dinyatakan :

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

L = induktansi induktor (H)

C = kapasitansi kapasitor (F)

## Paralel

$$V = V_R = V_L = V_C$$

$$I_R = \frac{V}{R}$$

$$I_L = \frac{V}{X_L}$$

$$I_C = \frac{V}{X_C}$$

$$I_C = \frac{V}{X_C}$$

$$Z = \frac{V}{I}$$

$$I_R = I \cos \phi$$

## Bab 12. Induksi Magnet

### Medan magnet di sekitar kawat lurus berarus listrik

$$B = \frac{\mu_o i}{2\pi a}$$

B = kuat medan magnet ( T )

$\mu_o$  = permeabilitas ruang vakum =  $4\pi \times 10^{-7}$  Wb/Am

I = kuat arus listrik ( A )

a = jarak tegak lurus titik ke kawat berarus ( m )

### Medan magnet di pusat kawat melingkar berarus listrik

$$B = \frac{\mu_o N i}{2r}$$

N = banyaknya lilitan

r = jari-jari lingkaran (m)

### Medan magnet di ujung solenoida

$$B = \frac{\mu_o N i}{2l}$$

l = panjang solenoida ( m )

### Medan magnet di pusat solenoida

$$B = \frac{\mu_o N i}{l}$$

### Medan magnet di dalam toroida

$$B = \frac{\mu_o N i}{2\pi a}$$

a =  $(R_1 + R_2)/2$  = jari-jari efektif toroida ( m )

### Gaya lorent pada kawat berarus listrik

Sebuah kawat penghantar berarus listrik ditempatkan di dalam medan magnet akan mendapat gaya lorent sebesar :

$$F = B i l \sin \alpha$$

F = gaya lorent ( N )

B = medan magnet ( T )

i = kuat arus listrik ( A )

$l$  = panjang kawat ( m )

$\alpha$  = sudut antara arah medan magnet dengan arah arus listrik

Arah gaya lorent dapat ditentukan dengan menggunakan aturan tangan kanan. Aturan tangan kanan :

1. telapak tangan dibuka
2. arah ibu jari menunjukkan arah arus listrik
3. arah empat jari lainnya menunjukkan arah medan magnet
4. maka arah gaya lorent keluar tegak lurus dari telapak tangan

### **Gaya Lorent pada kawat sejajar berarus listrik**

Dua buah kawat berarus listrik diletakkan sejajar akan menghasilkan gaya yang bekerja pada masing-masing kawat tersebut tersebut. Gaya tarik menarik terjadi apabila arah arus searah dan gaya tolak menolak akan terjadi apabila arah arus listrik saling berlawanan arah. Besar gaya tersebut adalah :

$$F = \frac{\mu_o i_1 i_2 l}{2\pi a}$$

$m$  = jarak antar kawat ( m )

$i_1$  = kuat arus listrik pada kawat 1 ( A )

$i_2$  = kuat arus listrik pada kawat 2 ( A )

$l$  = panjang kawat 1 dan 2 ( m )

### **Gaya lorent pada muatan yang bergerak**

Apabila sebuah muatan bergerak didalam medan magnet maka pada muatan tersebut akan bekerja gaya lorent sebesar :

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

$q$  = muatan bergerak( C )

$v$  = kecepatan muatan bergerak ( m/s )

$B$  = medan magnet ( T )

$\alpha$  = sudut antara  $v$  dan  $B$

Arah gaya lorent pada muatan positif dapat ditentukan dengan menggunakan aturan tangan kanan seperti diatas.

Jika muatan yang bergerak positif

1. telapak tangan dibuka
2. arah ibu jari menunjukkan arah kecepatan muatan positif
3. arah empat jari lainnya menunjukkan arah medan magnet
4. maka arah gaya lorent keluar tegak lurus dari telapak tangan

Jika muatan yang bergerak positif

1. telapak tangan dibuka
2. arah ibu jari menunjukkan arah berlawanan kecepatan muatan negatif

3. arah empat jari lainnya menunjukkan arah medan magnet
4. maka arah gaya lorent keluar tegak lurus dari telapak tangan

khusus untuk  $\alpha = 90^\circ$ , maka gerakan muatan berupa gerak melingkar dengan jari-jari sebesar :

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$R$  = jari-jari lingkaran ( m )

$m$  = massa muatan ( kg )

### Bab 13. Induksi Elektromagnetik

Induksi elektromagnetik adalah gejala timbulnya arus listrik pada suatu penghantar karena pengaruh medan magnet yang berubah

#### Fluks Magnet

Fluks magnet menyatakan banyaknya jumlah garis gaya magnet yang menembus suatu bidang yang tegak lurus dengan arah medan magnet tersebut. Secara matematis fluks magnet dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\Phi = B A \cos \theta$$

$\Phi$  = fluks magnet ( Wb )

B = medan magnet ( T )

A = luas bidang yang ditembus medan magnet ( m<sup>2</sup> )

$\theta$  = sudut antara arah medan magnet dengan arah garis normal bidang

#### Hukum Faraday

” gaya gerak listrik yang ditimbulkan pada ujung-ujung suatu kumparan sebanding dengan kecepatan perubahan fluks magnet tersebut”

$$\varepsilon = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$\varepsilon$  = gaya gerak listrik (V)

N = jumlah lilitan

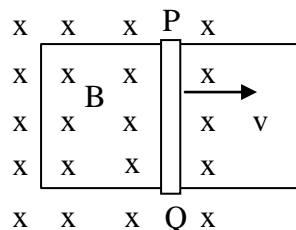
$\Delta\Phi$  = perubahan fluks magnet ( Wb).

$\Delta t$  = selang waktu (s)

#### Hukum Lenz

Hukum Lenz berbunyi “ arus induksi akan muncul di dalam arah yang sedemikian rupa sehingga arah tersebut menentang perubahan yang dihasilkan ”. Artinya medan magnet yang dihasilkan oleh arus induksi berlawanan arah dengan arah perubahan medan magnet yang menyebabkan arus induksi. Penerapan hukum lens dapat dilihat pada kasus berikut : Sebuah konduktor PQ diletakkan pada simpal persegi dan bebas bergerak ditempatkan dalam medan magnet akan menimbulkan gaya gerak listrik didalam konduktor PQ tersebut.

$$\varepsilon = Blv$$





## **GGL induksi diri**

Apabila arus listrik mengalir pada kumparan berubah-ubah ( tidak tetap ) maka pada kedua ujung penghantar akan timbul ggl induksi diri sebesar :

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

$\varepsilon$  = ggl induksi diri ( V )

$L$  = induktansi diri ( H )

$\frac{dI}{dt}$  = laju perubahan arus tiap detik ( A/s )

### **Induktansi diri kumparan :**

$$L = \frac{N\Phi}{I}$$

$L$  = induktansi diri ( H )

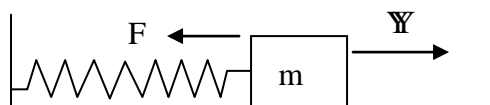
$N$  = jumlah lilitan kumparan

$\Phi$  = fluks magnet ( Wb )

$I$  = kuat arus yang mengalir ( A )

## Bab 14. Getaran Harmonik

Getaran harmonik adalah getaran bolak-baik suatu benda melalui titik setimbang tetap dan frekuensi tetap. Penyebab benda bergerak bolak-balik adalah adanya gaya pemulih.



Simpangan ( Y ) kekanan, gaya pemulih ( F ) kekiri

Lantai licin

### Besar Gaya Pemulih

$$F = - k Y$$

( tanda – menunjukkan bahwa gaya pemulih selalu berlawanan dengan simpangan )

F = gaya pemulih (N)

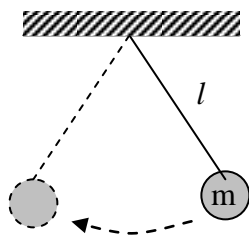
k = konstanta pemulih =  $k = m\omega^2$  (N/m)

Y = simpangan (m)

Simpangan	Kecepatan	Percepatan	Beda sudut fase	Fase
$Y = A \sin(\omega t)$	$v = A \omega \cos(\omega t)$	$a = -\omega^2 A \sin(\omega t)$	$\Delta \theta = 2\pi \frac{\Delta t}{T}$	$\phi = \frac{\Delta t}{T}$
	$v = \omega \sqrt{y^2 - A^2}$	$a = -\omega^2 Y$		

### Aplikasi

#### Bandul matematis



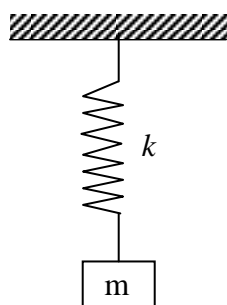
Periode :

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

$l$  = panjang tali (m)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

#### Pegas



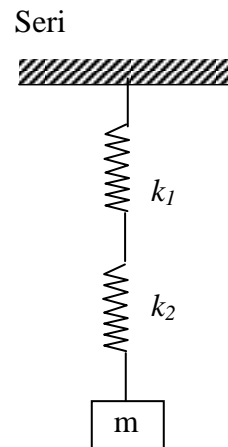
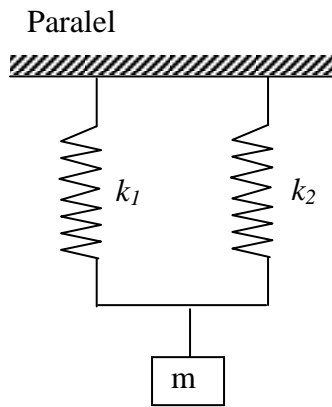
Periode :

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

$m$  = massa benda (kg)

$k$  = konstanta pegas (N/m)

## Pegas Gabungan



Paralel :

$$k_g = k_1 + k_2$$

Seri :

$$\frac{1}{k_g} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

Energi Kinetik	Energi Potensial	Energi Mekanik
$EK = \frac{1}{2}mv^2$	$EP = \frac{1}{2}kY^2$	$EM = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$
$EK = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t)$	$EP = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t)$	

## Bab 15. Gerak Gelombang

### Gelombang Berjalan

Ciri gelombang berjalan adalah amplitudo gelombang tersebut selalu tetap disetiap titik yang dilalui gelombang.

$$Y = \pm A \sin(\omega t \pm kx)$$

atau

$$Y = \pm A \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right) \right]$$

A = amplitudo

$\omega$  = kecepatan sudut

K = bilangan gelombang

T = periode

$\lambda$  = panjang gelombang

f = frekuensi

Cepat rambat gelombang :

$$v = f \lambda$$

atau (rumus cepat)

$$v = \frac{\text{koefisien } t}{\text{koefisien } x}$$

### Gelombang Stasioner

Gelombang stasioner adalah gelombang hasil perpaduan dari gelombang datang dan gelombang pantul. Ada 2 jenis gelombang stasioner yaitu gelombang stasioner tali ujung terikat dan gelombang stasioner ujung tali bebas.

#### Gelombang Stasioner Ujung tali Terikat

Persamaan gelombang stasioner ujung tali terikat :

$$Y = 2A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{l}{\lambda}\right)$$

Letak perut :

$$P_n = \frac{(2n-1)}{4} \lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$P_n$  = letak perut ke-n

Letak simpul:

$$S_n = \frac{(n-1)}{2} \lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$S_n$  = letak simpul ke-n

### **Gelombang Stasioner Ujung Tali Bebas**

Persamaan gelombang stasioner ujung tali bebas :

$$Y = 2As \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{l}{\lambda}\right)$$

Letak perut :

$$S_n = \frac{(n-1)}{2} \lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$S_n$  = letak simpul ke-n

Letak simpul:

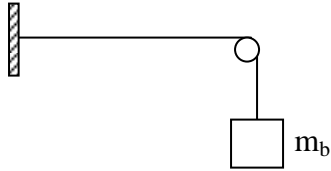
$$P_n = \frac{(2n-1)}{4} \lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$P_n$  = letak perut ke-n

## Bab 16. Gelombang Bunyi

Ada 3 jenis sumber bunyi yang dipelajari yaitu Dawai, Pipa Organa Terbuka dan Pipa Organa Tertutup

### Dawai



Cepat rambat gelombang dawai menurut Hukum Marsene dinyatakan:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$v$  = cepat rambat gelombang dawai (m/s)

$F = m_b g$  = tegangan dawai (N),  $g$  = percepatan gravitasi bumi ( $m/s^2$ )

$\mu$  = massa per satuan panjang dawai( kg/m)

Frekuensi-frekuensi yang dapat dihasilkan dawai :

frekuensi nada dasar:

$$f_0 = \frac{v}{2l}$$

frekuensi nada atas kesatu:

$$f_1 = \frac{2v}{2l}$$

frekuensi nada atas kedua:

$$f_2 = \frac{3v}{2l}$$

.....dan seterusnya.

Pola frekuensi:

$$f_n = \frac{(n+1)}{2l} v$$

Perbandingan frekuensi :  $f_0 : f_1 : f_2 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$

### Pipa Organa Terbuka (POB)

Frekuensi-frekuensi yang dapat dihasilkan pipa organa terbuka :

frekuensi nada dasar:

$$f_0 = \frac{v}{2l} \quad \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{_____} \end{array}$$

frekuensi nada atas kesatu:

$$f_1 = \frac{2v}{2l} \quad \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{_____} \end{array}$$

frekuensi nada atas kedua:

$$f_2 = \frac{3v}{2l} \quad \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{_____} \end{array}$$

.....dan seterusnya.

Pola frekuensi:

$$f_n = \frac{(n+1)v}{2l}$$

$v$  = cepat rambat bunyi diudara (m/s)

$l$  = panjang pipa organa terbuka (m)

Perbandingan frekuensi :  $f_0 : f_1 : f_2 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$

### Pipa Organa Tertutup (POT)

Frekuensi-frekuensi yang dapat dihasilkan pipa organa tertutup :

frekuensi nada dasar:

$$f_0 = \frac{v}{4l} \quad \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{_____} \end{array}$$

frekuensi nada atas kesatu:

$$f_1 = \frac{3v}{4l} \quad \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{_____} \end{array}$$

frekuensi nada atas kedua:

$$f_2 = \frac{5v}{4l} \quad \boxed{\phantom{0000}}$$

....dan seterusnya.

Pola frekuensi:

$$f_n = \frac{(2n+1)v}{4l}$$

$v$  = cepat rambat bunyi diudara (m/s)

$l$  = panjang pipa organa tertutup (m)

Perbandingan frekuensi :  $f_0 : f_1 : f_2 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$

### Intensitas Bunyi

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$I$  = intensitas bunyi (  $W/m^2$  )

$P$  = daya yang dipancarkan sumber bunyi (  $W$  )

$r$  = jarak suatu titik dari sumber bunyi (  $m^2$  )

### Taraf Intensitas Bunyi

$$TI = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

$TI$  = taraf intensitas bunyi ( dB )

$I$  = intensitas bunyi (  $W/m^2$  )

$I_0$  = intensitas ambang bunyi (  $W/m^2$  )

### Sumber bunyi lebih dari satu

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log(n)$$

$TI_1$  = taraf intensitas mula-mula ( dB )

$TI_2$  = taraf intensitas akhir ( dB )

$n$  = jumlah sumber bunyi

### Jarak sumber bunyi berubah

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log \left( \frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

$TI_1$  = taraf intensitas mula-mula ( dB )

$TI_2$  = taraf intensitas akhir ( dB )



$r_1$  = jarak mula-mula ( m )

$r_2$  = jarak akhir ( m )

### **Efek Doppler**

Efek doppler adalah sebuah peristiwa dimana terjadi perbedaan frekuensi antara frekuensi yang dipancarkan oleh sumber bunyi dengan frekuensi yang diterima oleh pendengar.

$$fp = \frac{v \pm vp}{v \pm vs} fs$$

$f_p$  = frekuensi yang diterima pendengar ( Hz )

$f_s$  = frekuensi yang dipancarkan sumber pendengar ( Hz )

$v$  = cepat rambat bunyi diudara ( m/s )

$vs$  = kecepatan sumber bunyi ( m/s )

$vp$  = kecepatan pendengar (m/s )

### **Pelayangan**

$$fp = | f_1 - f_2 |$$

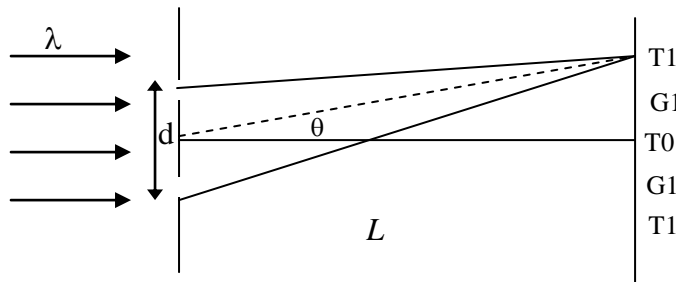
$fp$  = frekuensi pelayangan (Hz)

$f_1$  = frekuensi sumber pertama (Hz)

$f_2$  = frekuensi sumber pertama (Hz)

## Bab 17. Cahaya I

### Interferensi 2 celah



G<sub>n</sub> = pola gelap ke-n  
T<sub>n</sub> = pola terang ke-n

### Syarat terang ( interferensi maksimum)

$$d \sin \theta = n\lambda \quad \text{atau} \quad d \frac{p}{L} = n\lambda$$

n = 0, 1, 2, 3,.....dst.

### Syarat gelap ( interferensi minimum)

$$d \sin \theta = \frac{(2n-1)}{2} \lambda \quad \text{atau} \quad d \frac{p}{L} = \frac{(2n-1)}{2} \lambda$$

n = 1, 2, 3, .....dst.

jarak antar garis gelap berdekatan = jarak antar garis gelap berdekatan

$$\Delta p = \frac{\lambda L}{d}$$

d = jarak antar celah (mm)

θ = sudut simpangan

n = orde

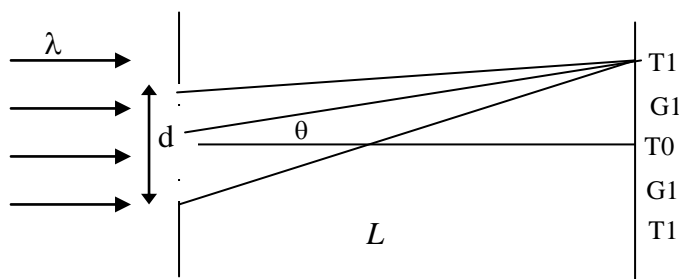
λ = panjang gelombang (mm)

Δp = jarak terang orde ke-n ke terang pusat (mm)

L = jarak layar ke celah (mm)

Δp = jarak antar garis gelap berdekatan = jarak antar garis gelap berdekatan

### Difraksi Celah Tunggal



### Syarat Terang

$$d \sin \theta = \frac{(2n-1)}{2} \lambda \quad \text{atau} \quad d \frac{p}{L} = \frac{(2n-1)}{2} \lambda$$

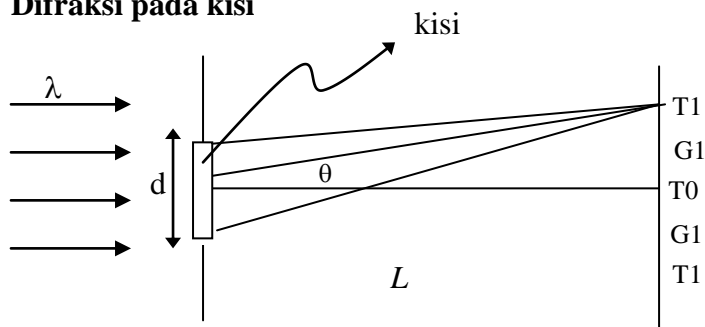
$n = 1, 2, 3, \dots$ dst.

### Syarat Gelap

$$d \sin \theta = n\lambda \quad \text{atau} \quad d \frac{p}{L} = n\lambda$$

$n = 0, 1, 2, 3, \dots$ dst.

### Difraksi pada kisi



### Syarat Terang

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$n = 0, 1, 2, 3, \dots$ dst.

$$d = \frac{1}{N}$$

### Syarat Gelap

$$d \sin \theta = \frac{(2n-1)}{2} \lambda$$

$n = 1, 2, 3, \dots$ dst.

$\lambda$  = panjang gelombang ( cm )

$\theta$  = sudut simpangan

$n$  = orde

$d$  = jarak antar kisi ( cm )

$N$  = jumlah kisi tiap cm

## Bab 18. Cahaya II

### Cermin Datar

Apabila terdapat dua buah cermin membentuk sudut apit  $\alpha$  maka jumlah bayangan sebuah benda yang terbentuk dinyatakan:

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1 \text{ cermin}$$

n = jumlah bayangan

$\alpha$  = sudut apit antar

### Cermin Cekung (f+) dan Cermin Cembung (f-)

$$f = \frac{1}{2} R$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$M = \left| \frac{s'}{s} \right| = \left| \frac{h'}{h} \right|$$

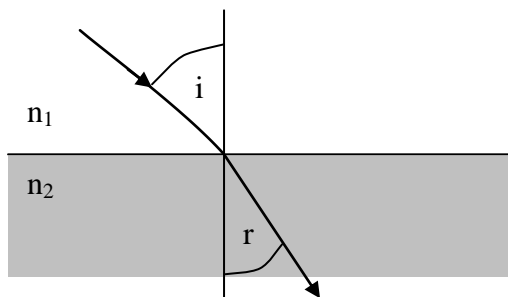
nomor ruang benda + nomor ruang bayangan = 5

s = jarak benda (cm)

s' = jarak bayangan (cm)

f = jarak fokus (cm)

### Pembiasan



$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$n_1$  = indeks bias medium 1

$n_2$  = indeks bias medium 2

i = sudut datang

r = sudut pantul

$v_1$  = kecepatan gelombang cahaya pada medium 1

$v_2$  = kecepatan gelombang cahaya pada medium 2

$\lambda_1$  = panjang gelombang cahaya pada medium 1

$\lambda_2$  = panjang gelombang cahaya pada medium 2

### Lensa Tipis ( Cembung dan Cekung )

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_l}{n_m} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$n_l$  = indeks bias lensa

$n_m$  = indeks bias medium ( indeks bias udara,  $n_u=1$ )

$R_1$  = jari-jari kelengkungan permukaan 1 (cm)

$R_2$  = jari-jari kelengkungan permukaan 2 (cm)

$s$  = jarak benda (cm)

$s'$  = jarak bayangan (cm)

$f$  = jarak fokus (cm)

ketentuan tanda + dan - untuk R:

jika permukaan lensa cembung maka tanda R + dan jika permukaan lensa cekung maka tanda R -.

### Kekuatan lensa

$$p = \frac{100}{f}$$

P = kekuatan lensa (dioptri)

f = jarak fokus lensa (cm)

### Lensa Gabungan

$$\frac{1}{fg} = \frac{1}{f1} + \frac{1}{f2}$$

$f_1$  = jarak fokus lensa 1 (cm )

$f_2$  = jarak fokus lensa 2 (cm )

$f_g$  = jarak fokus lensa gabungan (cm )

### Lup

Pembesaran angular mata akomodasi

$$M = \frac{Sn}{f_{ok}} + 1$$

Pembesaran angular mata tidak akomodasi

$$M = \frac{Sn}{f_{ok}} + 1$$

### Mikroskop

lensa	benda	bayangan	sifat bayangan akhir
objektif (+)	R2	R3	terbalik ,maya , diperbesar
okuler (+)	R1	R4	

Pembesaran angular untuk Mata berakomodasi

$$M = \frac{S_{OB}}{S_{ob}} \times \left( \frac{Sn}{f_{ok}} + 1 \right)$$

Pembesaran angular untuk Mata tidak berakomodasi

$$M = \frac{S_{OB}}{S_{ob}} \times \left( \frac{Sn}{f_{ok}} \right)$$

Sob = jarak benda objektif ( cm )

Sob' = jarak bayangan objektif ( cm )

f ok = jarak fokus okuler ( cm )

Sn = jarak titik dekat mata ( cm )

### Teropong Bintang

Lensa	benda	bayangan	sifat bayangan akhir
objektif (+)	$\infty$	fob	terbalik ,maya , diperbesar
okuler (+)	R1	R4	

Pembesaran angular mata tidak akomodasi:

$$M = \frac{f_{OB}}{f_{ok}}$$

Pembesaran angular mata akomodasi:

$$M = \frac{f_{OB}}{f_{ok}} + \frac{25}{f_{ok}}$$

## Bab 19. Teori Relativitas Khusus Einstein

Sampai awal abad ke-20, para ilmuwan masih memandang bahwa waktu merupakan besaran fisika yang bersifat absolut. Konsep ini memiliki pengertian bahwa setiap orang baik dalam keadaan diam maupun dalam keadaan bergerak mengukur waktu dengan hasil yang sama untuk kejadian/peristiwa yang sama. Sebagai contoh kejadiannya yaitu orang main bola maka menurut si A yang diam membutuhkan waktu 2 jam maka menurut si B yang bergerak akan membutuhkan waktu 2 jam. Gagasan revolusioner tentang konsep waktu dimunculkan oleh Einstein yang dinyatakan dalam teori Relativitas Khusus Einstein. Teori ini didasarkan pada dua buah postulat yaitu:

1. "Laju cahaya selalu bernilai tetap tidak bergantung pada kerangka acuan"
2. "Hukum-hukum fisika berlaku pada kerangka acuan inersial"

Kerangka acuan inersial adalah kerangka acuan yang tidak dipercepat.

Teori ini akan berlaku untuk pengamat-pengamat yang bergerak dengan kelajuan mendekati kelajuan cahaya. Kelajuan cahaya dalam ruang hampa yaitu  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

### 1. Penjumlahan Kecepatan Einstein

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

$v$  = kecepatan benda kedua terhadap tanah ( m/s )

$v_1$  = kecepatan benda pertama terhadap tanah ( m/s )

$v_2$  = kecepatan benda kedua terhadap benda pertama ( m/s )

$c$  = kelajuan cahaya dalam ruang hampa

### 2. Pengerutan (kontraksi) Panjang

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$L$  = panjang benda menurut pengamat bergerak ( m )

$L_0$  = panjang benda menurut pengamat diam ( m )

$v$  = laju pengamat (m/s)

$c$  = laju cahaya (m/s)

### 3. Pemuaian (dilatasi) Waktu

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$t$  = waktu kejadian menurut pengamat bergerak (s)

$t_0$  = waktu kejadian menurut pengamat diam (s)

$v$  = laju pengamat (m/s)

$c$  = laju cahaya (m/s)

#### 4. Pemuaiian Massa

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

#### 5. Energi Benda Diam

Energi diam adalah energi yang dimiliki benda diam. Besar energi diam :

$$E_0 = m_0 c^2$$

#### 6. Energi Gerak

Energi gerak adalah energi yang dimiliki oleh benda bergerak. Energi ini sering juga disebut energi total benda.

$$E = m c^2$$

atau:

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Persamaan ini dikenal dengan persamaan kesetaraan massa energi.

#### 7. Energi Kinetik

Energi kinetik merupakan selisih antara energi gerak dengan energi diam

$$EK = E - E_0$$

atau :

$$EK = m c^2 - m_0 c^2$$

$E_0$  = energi diam ( J )

$E$  = energi benda yang bergerak ( J )

$EK$  = energi kinetik ( J )

$m$  = massa yang bergerak ( kg )

$m_0$  = massa yang diam ( kg )

$v$  = laju pengamat ( m/s )

$c$  = laju cahaya ( m/s )

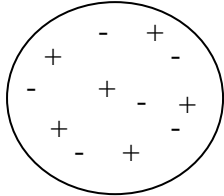


## Bab 20. Fisika Atom

### Teori Atom Thomson

“atom merupakan bola padat dengan diameter  $10^{-10}$  m mempunyai muatan positif yang terbagi merata ke seluruh isi atom. Muatan ini dinetralkan oleh elektron-elektron yang tersebar diantara muatan-muatan itu”.

Visualisasi model atom Thomson



Thomson berhasil menemukan nilai perbandingan muatan elektron terhadap massanya yaitu :

$$\frac{e}{m} = 1,7588 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1}$$

### Teori Atom Rutherford

1. Atom terdiri atas inti atom yang bermuatan positif dan sebagian besar massa atom terletak pada inti atom
2. Inti atom dikelilingi oleh elektron-elektron bermuatan negatif yang bergerak seperti planet-planet mengelilingi matahari
3. Atom secara keseluruhan bersifat netral, sehingga jumlah muatan inti sama dengan jumlah muatan elektron-elektron yang mengitarinya.
4. Inti atom dengan elektron saling tarik-menarik yang menyebabkan adanya gaya sentripetal pada elektron sehingga lintasan elektron tetap.

Gaya tarik elektron dengan proton

$$F = k \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

Energi kinetik elektron

$$EK = k \frac{e^2}{2r}$$

Energi potensial elektron

$$EP = -k \frac{e^2}{r}$$

Energi total elektron

$$ET = EK + EP = -k \frac{e^2}{r}$$

F = gaya tarik menarik elektron dengan inti atom

EK= energi kinetik elektron

EP = energi Potensial

$E_T$  = energi total  
 $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$   
 $e = \text{muatan elektron} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$   
 $r = \text{jari-jari lintasan elektron ( m )}$

Tanda negatif menunjukkan bahwa untuk mengeluarkan elektron dari lintasannya diperlukan energi.

Kelemahan-kelemahan model atom Rutherford:

1. Gagal menjelaskan kestabilan atom. Menurut model atom Rutherford, Atom tidak stabil karena dalam lintasannya elektron terus-menerus memancarkan energi, maka energi elektron akan berkurang dan lama-kelamaan jari-jarinya akan mengecil. Akhirnya elektron bersatu dengan inti atom.
2. Gagal menjelaskan spektrum atom Hidrogen berupa spektrum garis.

### Teori Atom Bohr

Postulat Bohr :

1. elektron yang mengelilingi inti atom atom mempunyai lintasan tertentu yang disebut lintasan stasioner dan tidak memancarkan/menyerap energi. Lintasan stasioner ini mempunyai momentum angular sebesar :

$$mvr = n \frac{h}{2\pi}$$

$n = \text{bilangan kuantum utama (n = 1, 2, 3, ...)}$   
 $h = \text{tetapan Planck} = 6,62 \times 10^{-34} \text{ Js}$   
 $m = \text{massa elektron} = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$   
 $v = \text{kecepatan gerak elektron ( m/s )}$   
 $r = \text{jari-jari lintasan elektron ( m )}$

2. Dalam tiap lintasannya elektron mempunyai tingkat energi tertentu. Elektron akan menyerap energi foton akan bertransisi ke lintasan yang lebih tinggi dan akan memancarkan energi foton bila bertransisi ke lintasan yang lebih rendah. Besarnya energi pancar/serap :

$$\Delta E = E_t - E_o$$

$\Delta E = \text{energi pancar/serap}$   
 $E_t = \text{energi lintasan akhir}$   
 $E_o = \text{energi lintasan awal}$

Melalui Postulat Bohr dapat :

1. Menghitung jari-jari lintasan elektron

$$r_n = n^2 r_1$$

$r_n = \text{jari-jari lintasan elektron pada orbit ke-n ( m )}$   
 $n = \text{bilangan kuantum utama ( n = 1, 2, 3, ...)}$

$r_1$  = jari-jari lintasan elektron orbit ke-1 = energi tingkat dasar  
 ( $r_1 = 5,3 \times 10^{-11} \text{ m} = 0,53 \text{ \AA}$ )

2. Menghitung energi pada tiap lintasan

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

$E_n$  = energi pada elektron pada orbit ke-n ( eV )

$E_1$  = energi elektron pada tingkat dasar = -13,6 eV

3. Menjelaskan Spektrum Atom Hidrogen

Spektrum atom Hidrogen sesungguhnya merupakan foton-foton yang dipancarkan elektron ketika berpindah dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat yang lebih rendah.

Energi foton yang dipancarkan :

$$\Delta E = E_t - E_o$$

Panjang gelombang foton yang dipancarkan :

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_B^2} - \frac{1}{n_A^2} \right)$$

$\lambda$  = panjang gelombang ( m )

R = tetapan Ridberg =  $1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

$n_B$  = bilangan kuantum lintasan tujuan

$n_A$  = bilangan kuantum lintasan awal

### Konfigurasi elektron

Susunan atom-atom yang memiliki lebih dari satu elektron tersebar didalam kulit dan subkulit.

Nomor Kulit	Nama kulit	Sub kulit	Jumlah maksimal elektron
1	K	1s	2
2	L	2s dan 2p	8
3	M	3s, 3p dan 3d	18
4	N	4s, 4p, 4d dan 4 f	32
5	O	5s, 5p, 5d, dan 5 f	32
6	P	6s, 6p dan 6d	18
7	Q	7s	2

Bilangan kuantum utama :  $n = 1, 2, 3, \dots$

Bilangan kuantum orbital :  $l = 0, 1, 2, 3, \dots, n-1$

Bilangan kuantum magnetik :  $m = -l, -l+1, \dots, 0, \dots, l+1, l$

Bilangan kuantum spin :  $s = -1/2, +1/2$

### Azas Pauli

“ Didalam satu atom tidak mungkin ada dua elektron yang memiliki bilangan kuantum yang keempat-empatnya ( $n, m, l, s$ ) sama”.

## Bab 21. Inti Atom dan Radioaktivitas

### Struktur inti

Atom terdiri dari inti atom dan elektron. Inti atom terdiri dari proton dan neutron yang disebut nukleon. Proton bermuatan positif, neutron tak bermuatan dan elektron bermuatan negatif. Atom secara keseluruhan menjadi netral karena jumlah proton sama dengan jumlah elektron. Setiap unsur memiliki lambang yang sama.

Lambang unsur secara umum:



X = nama atom/unsur

Z = nomor atom = jumlah proton = jumlah elektron

A = nomor massa = jumlah proton + jumlah neutron

Jumlah neutron :  $n = A - Z$

### Isotof, Isobar dan Isoton

Isotof adalah atom-atom dari unsur yang sama (nomor atom sama) tetapi mempunyai nomor massa yang berbeda. Contoh  ${}^1_1H$ ,  ${}^2_1H$  dan  ${}^3_1H$

Isobar adalah Atom-atom dari unsur yang berbeda ( nomor atom berbeda) tetapi mempunyai nomor massa sama. Contoh  ${}^{24}_{11}Na$  dan  ${}^{24}_{12}Mg$

Isoton adalah atom-atom dari unsur yang berbeda (nomor atom berbeda) tetapi mempunyai jumlah neutron sama.

### Stabilitas inti

Inti-inti atom stabil akan memenuhi :

$$1 \leq \frac{n}{Z} \leq 1,5$$

### Defek Massa

Selisih antara jumlah massa penyusun inti dengan massa inti dinamakan defek massa. Defek massa dirumuskan :

$$\Delta m = \{Z m_p + (A - Z) m_n\} - m_{inti}$$

Defek massa inti dikonversi menjadi energi ikat inti sehingga inti atom tetap stabil. Inti ikat dapat dihitung dari persamaan kesetaraan massa-energi Einstein :

$$E = \Delta m c^2$$

Atau

$$E = \Delta m \times 931 \text{ MeV}$$

E = energi ikat ( Mev)

$\Delta m$  = defek massa ( sma)

c = laju cahaya diruang hampa ( m/s )

## Sinar Radioaktif

1. Sinar alfa ( sinar  $\alpha$  )
  - terdiri atas inti Helium (  ${}^4_2He$  )
  - bermuatan listrik positif
  - dibelokkan oleh medan magnet dan medan listrik
  - daya tembus kecil tetapi daya ionisasi besar
2. Sinar beta ( sinar  $\beta$  )
  - terdiri atas elektron (  ${}^0_{-1}e$  )
  - bermuatan listrik negatif
  - dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnet
  - daya tembus lebih besar dari sinar alfa tetapi daya ionisasi lebih kecil dari sinar alfa
3. Sinar gamma ( sinar  $\gamma$  )
  - berupa gelombang elektromagnetik yang disebut foton
  - tidak bermuatan listrik
  - tidak dibelokkan oleh medan magnet dan medan listrik
  - daya tembus sangat besar tetapi daya ionisasi sangat kecil

## Intensitas Sinar Radioaktif

Seberkas sinar radioaktif yang menembus suatu plat logam setebal  $x$  akan mengalami pelemahan intensitas. Intensitas setelah melewati plat logam tersebut memenuhi persamaan :

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

$I$  = intensitas setelah melewati plat  
 $I_0$  = intensitas sebelum melewati plat  
 $x$  = tebal plat  
 $\mu$  = koefisien pelemahan  
 $e$  = bilangan natural = 2,71828

$$x_{1/2} = \frac{0,693}{\mu}$$

$x_{1/2}$  = half value layer (HVL)

## Peluruhan Radioaktif

Jumlah zat radioaktif semakin lama semakin kecil karena meluruh terus-menerus. Jumlah zat radioaktif sebagai fungsi waktu dinyatakan sebagai berikut.

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t}$$

atau

$$N_t = N_0 \left( \frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}$$

dan

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$$

No = Jumlah inti mula-mula

Nt = jumlah inti setelah meluruh

t = waktu meluruh

$\lambda$  = konstanta peluruhan

$T_{1/2}$  = waktu paruh

### Reaksi inti

Reaksi inti adalah perubahan susunan atau jumlah partikel-partikel inti atom.

Pada saat terjadi reaksi inti selalu berlaku:

1. hukum kekekalan momentum

“ Jumlah momentum sebelum reaksi sama dengan jumlah momentum setelah reaksi ”

2. hukum kekekalan energi

“ Jumlah energi sebelum reaksi sama dengan jumlah energi setelah reaksi ”

3. hukum kekekalan nomor atom

“ Jumlah nomor atom sebelum reaksi sama dengan jumlah nomor atom setelah reaksi ”

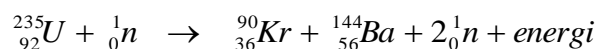
4. hukum kekekalan nomor massa

“ Jumlah nomor massa sebelum reaksi sama dengan jumlah nomor massa setelah reaksi ”

2 jenis reaksi inti

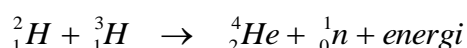
1. reaksi fisi

Reaksi fisi adalah peristiwa pembelahan inti menjadi 2 inti baru yang disertai dengan beberapa neutron dan energi yang sangat besar. Contoh :



Reaksi fusi adalah reaksi yang terjadi antara dua inti atom unsur ringan (nomor atom kurang dari 5) yang bergabung menjadi satu inti yang lebih besar disertai dengan pembebasan energi yang sangat besar.

Contoh :



### Reaktor Atom

Reaktor atom/ reaktor nuklir adalah tempat terjadinya reaksi fisi berantai yang terkendali. Sebuah reaktor merupakan sumber energi yang berupa kalor.

Bagian-bagian reaktor atom yaitu

1. bahan bakar berupa uranium

2. teras reaktor sebagai tempat berlangsungnya reaksi nuklir

3. moderator berfungsi menurunkan energi neutron
4. batang kendali berfungsi untuk mengendalikan jumlah reaksi fisi yang terjadi atau mengendalikan jumlah energi neutron
5. perisai berfungsi menahan radiasi yang dihasilkan supaya para pekerja terlindungi
6. pendingin sekunder
7. pemindah panas berfungsi untuk memindahkan panas dari pendingin primer ke pendingin sekunder

#### Beberapa kegunaan radioisotop

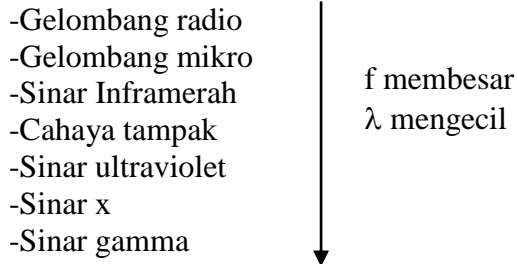
1. Reaksi fisi dan fusi dapat dipakai sebagai sumber energi pengganti minyak tanah dan batubara
2. Dalam bidang industri; sinar gamma atau sinar x yang dipancarkan radioisotop Co-60 atau Ir-192 digunakan untuk memeriksa material tanpa merusak dengan teknik radiografi.
3. Dalam bidang kedokteran
  - a. untuk mendiagnosis suatu penyakit dengan menggunakan sinar  $\gamma$
  - b. untuk membunuh sel-sel kanker atau mencegah pertumbuhan sel-sel kanker dengan menggunakan sinar gamma yang dipancarkan Co-60
  - c. untuk mempelajari cara kerja kelenjar kodok dengan menggunakan radioisotop I-131
4. Dalam bidang biologi ; untuk mempelajari mekanisme reaksi pada proses fotosintesis dan proses-proses dalam sel hidup
5. Dalam bidang hidrologi:
  - a. untuk menentukan kecepatan aliran/debit aliran
  - b. untuk menentukan jumlah kadar air dalam tanah
  - c. untuk mendeteksi kebocoran pipa yang terbenam didalam tanah
  - d. untuk mengukur ketinggian permukaan cairan dalam suatu wadah tertutup
6. Untuk menentukan umur mineral, umur bumi dan benda –benda bersejarah dengan menggunakan kadar Pb dalam mineral uranium

## Bab 22. Dualisme Gelombang Partikel

### Gelombang Elektromagnetik (GEM)

Gelombang elektromagnetik adalah penjalaran medan listrik dan medan magnet.

Urutan gelombang elektromagnetik



Sifat-sifatnya:

7. Tidak dibelokan medan listrik dan medan magnet
8. dapat merambat diruang hampa
9. kecepatan diruang hampa ,  $c = 3 \times 10^8$  m/s dan  $c = f \lambda$
10. kecepatannya mutlak tidak bergantung pada gerak pengamat

### Intensitas GEM

benda apapun tidak peduli wujudnya dan suhunya, apakah wujud padat, cair atau gas dan apakah panas atau dingin akan memancarkan energi gelombang elektromagnetik dengan intensitas sebesar :

$$I = e \sigma T^4$$

R = intensitas radiasi total (  $W/m^2$  )

e = emisivitas benda (  $0 \leq e \leq 1$  )

$\sigma$  = tetapan stefan-Boltzmann =  $5,67 \times 10^{-8} W/m^2K$

T = suhu benda ( K )

seberkas gelombang elektromagnetik terdiri foton-foton. Satu buah foton akan memiliki energi sebesar

$$E = h f$$

untuk n foton

$$E = n h f$$

E = energi foton ( J )

n = jumlah foton

h = konstanta planck =  $6,63 \times 10^{-34}$  Js

f = frekuensi gelombang elektromagnetik ( Hz )

### Efek Fotolistrik



Efek fotolistrik adalah gejala terlepasnya elektron dari permukaan logam bila permukaan logam tersebut disinari dengan cahaya. Besarnya energi kinetik elektron yang terlepas dari logam dinyatakan :

$$E_K = E - W$$

Atau

$$E_K = hf - hf_0$$

Atau

$$eV_0 = hf - hf_0$$

atau

$$V_0 = \frac{hf}{e} - \frac{hf_0}{e}$$

$E_K$  = energi kinetik elektron ( J )

$E$  = energi foton ( J )

$W$  = fungsi kerja logam ( J )

$h$  = konstanta planck =  $6,63 \times 10^{-34}$  Js

$f$  = frekuensi foton ( Hz )

$f_0$  = frekuensi ambang ( Hz )

$V_0$  = potensial henti ( volt )

$e$  = muatan elektron =  $1,6 \times 10^{-19}$  C

### Efek Compton

Ketika seberkas foton bertumbukan dengan elektron, panjang gelombang cahaya foton mengalami perubahan panjang gelombang. Peristiwa ini dinamakan efek Compton dan memperkuat bahwa foton dapat berperilaku seperti partikel. Perubahan panjang gelombang foton dinyatakan :

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \varphi)$$

$\lambda$  = panjang gelombang foton sebelum menumbuk elektron

$\lambda'$  = panjang gelombang foton setelah menumbuk elektron

$m_0$  = massa elektron =  $9,1 \times 10^{-31}$  kg

$c$  = kelajuan cahaya =  $3 \times 10^8$  m/s

$\varphi$  = sudut hambur

### Gelombang De Broglie

Berdasarkan penemuan pada peristiwa efek fotolistrik dan efek Compton dapat disimpulkan bahwa foton berperilaku sebagai partikel. Menurut Broglie berlaku sebaliknya bahwa partikel berperilaku seperti gelombang yang dinamakan gelombang partikel dengan panjang gelombang :

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$$

$\lambda$  = panjang gelombang partikel ( m )

$m$  = massa partikel ( kg )

$v$  = laju partikel ( m/s )

$p$  = momentum partikel ( kgm/s )

### Prinsip Ketidakpastian Heisenberg

Pengukuran posisi dan momentum suatu partikel secara simultan selalu menghasilkan ketidakpastian yang lebih besar dari konstanta planck. Prinsip ini dinamakan prinsip ketidakpastian Heisenberg.

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq h$$

$\Delta p$  = ketidakpastian momentum ( kgm/s )

$\Delta x$  = ketidakpastian posisi ( m/s )

### Daftar Pustaka

Ir. Ydhi. H.S. *Rumus-Rumus Rahasia Fisika Praktis untuk UMPTN, EBTANAS, ULANGAN UMUM*. Penerbit BSA Yogyakarta.

Ahmad Z, Cucun C, Etsa Indra I. *1700 Bank Soal Bimbingan Pemantapan FISIKA untuk SMA/MA*. Penerbit Yrama Widya Bandung