

Besaran dan Vektor

A. Besaran

1. Satuan dan Dimensi Besaran Pokok

Besaran Pokok	Satuan	Dimensi
Panjang	M	[L]
Massa	Kg	[M]
Waktu	s	[T]
kuat arus listrik	A	[I]
Suhu	K	[θ]
intensitas cahaya	Cd	[J]
jumlah zat	Mol	[N]

2. Satuan dan Dimensi Besaran Turunan

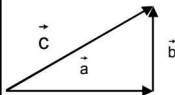
Besaran Turunan	Rumus	Satuan	Dimensi
Percepatan (a)	$a = \frac{v}{t}$	m/s ²	LT ⁻²
Gaya (F)	$F = m \times a$	Newton	MLT ⁻²
Momentum (p)	$p = m \times v$	kg m/s	MLT ⁻²
Energi/usaha (EK, EP, EMW)	$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$	Joule	ML ² T ⁻²
Daya (P)	$P = \frac{W}{t}$	kg m ² /s ²	ML ² T ⁻³

3. Besaran Skalar dan Besaran Vektor

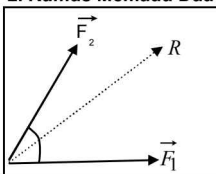
Besaran Skalar	hanya memiliki memiliki besar/nilai saja tidak memiliki arah, contoh: massa dan waktu.
Besaran Vektor	besaran yang memiliki nilai dan arah, contoh: gaya, kecepatan, perpindahan, momentum, dsb.

B. Vektor

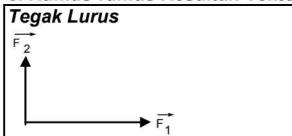
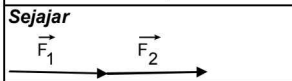
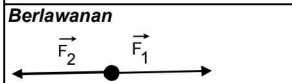
1. Arah Vektor dan Persamaannya

$\vec{b} \rightarrow$ $\vec{a} \rightarrow$ $\vec{a} = \vec{b}$	$\overleftarrow{\vec{b}}$ $\vec{a} \rightarrow$ $\vec{a} = -\vec{b}$	 $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$
---	--	--

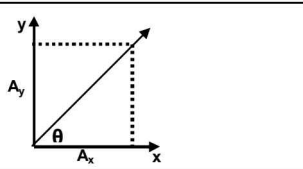
2. Rumus Memadu Dua Vektor

	<p>Resultan:</p> $R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \sqrt{(F_1)^2 + (F_2)^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$ <p>Selisih:</p> $\vec{F}_1 - \vec{F}_2 = \sqrt{(F_1)^2 + (F_2)^2 - 2F_1F_2 \cos \theta}$
--	--

3. Rumus-rumus Resultan Vektor

<p>Tegak Lurus</p> 	$R = \sqrt{(\vec{F}_1)^2 + (\vec{F}_2)^2}$
<p>Sejajar</p> 	$R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$
<p>Berlawanan</p> 	$R = \vec{F}_1 - \vec{F}_2$

4. Rumus Perkalian Vektor

Perkalian Titik:	$ \vec{C} = \vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta$
Perkalian Silang:	$ \vec{C} = \vec{A} \times \vec{B} = AB \sin \theta$
	$A_x = A \cos \theta$ $A_y = A \sin \theta$ $\tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$

📖 CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

Soal 1

Ditentukan dua buah vektor yang sama besarnya, yaitu F . Bila perbandingan antara besar jumlah dan selisih kedua vektor sama dengan $\sqrt{3}$ maka sudut yang dibentuk kedua vektor tersebut adalah

- a. 30° b. 37° c. 45° d. 60° e. 120°

✍ Jawab:

$$\text{Besarnya jumlah vektor } R_1 = \sqrt{F^2 + F^2 + 2F^2 \cos \theta} .$$

$$\text{Besarnya selisih vektor } R_2 = \sqrt{F^2 + F^2 - 2F^2 \cos \theta}$$

Bila perbandingan antara besar jumlah dan selisih kedua vektor sama dengan $\sqrt{3}$

$$\text{Maka: } \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{3} \rightarrow \frac{\sqrt{F^2 + F^2 + 2F^2 \cos \theta}}{\sqrt{F^2 + F^2 - 2F^2 \cos \theta}} = \sqrt{3} \rightarrow \frac{F^2 + F^2 + 2F^2 \cos \theta}{F^2 + F^2 - 2F^2 \cos \theta} = 3 \rightarrow$$

$$\frac{2F^2 + 2F^2 \cos \theta}{2F^2 - 2F^2 \cos \theta} = 3 \rightarrow 2F^2 + 2F^2 \cos \theta = 6F^2 - 6F^2 \cos \theta \rightarrow 8F^2 \cos \theta = 4F^2$$

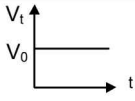
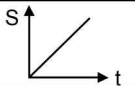
$$\rightarrow \cos \theta = \frac{1}{2} \rightarrow \theta = 60^\circ$$

Kinematika Gerak Lurus

kelajuan = $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$ → skalar	kecepatan = $\frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu}}$ → vektor
---	--

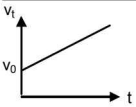
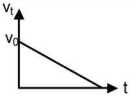
A. Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Syarat: percepatan = nol ($a = 0$)


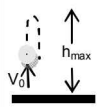
<p>Kecepatan</p> $v_t = v_0$ <p>Benda bergerak dengan kecepatan konstan</p>	
<p>Jarak</p> $s = v_0 \cdot t$	

B. Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Syarat: ada percepatan/perlambatan dan percepatan/perlambatan tidak nol

<p>Gerakan dipercepat</p> 	<p>Benda mula-mula memiliki kecepatan senilai dengan v_0. Karena gerakan dipercepat, maka semakin lama semakin gerakan semakin cepat.</p> <p>Kecepatan: $v_t = v_0 + a.t$ dan $v_t^2 = v_0^2 + 2.a.s$</p> <p>Jarak: $s = v_0.t + \frac{1}{2}.a.t^2$</p>
<p>Gerakan diperlambat</p> 	<p>Misalkan motor sedang berjalan dengan kecepatan 60 km/jam. Tiba-tiba mesin dimatikan. Makin lama motor akan berhenti (kecepatan menjadi nol).</p> <p>Kecepatan: $v_t = v_0 - a.t$ dan $v_t^2 = v_0^2 - 2.a.s$</p> <p>Jarak: $s = v_0.t - \frac{1}{2}.a.t^2$</p>

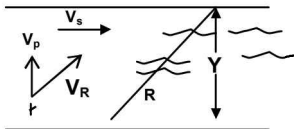
1. Penerapan dari GLBB

Benda Jatuh Bebas	Benda Dilempar ke Atas
<p>GLBB dengan $v_0 = 0$; percepatan gravitasi = g)</p>  <p>Rumus: $h_t = \frac{1}{2}gt^2$</p>	<p>Perlambatan = g</p>  <p>tinggi maksimum = $h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}$</p> <p>waktu puncak = $t_{\text{puncak}} = \frac{v_0}{g}$</p>

C. GLB dengan GLB

1. Kasus Kapal Penyeberangan

Sebuah kapal feri menyeberangi sungai dengan arah tegak lurus terhadap arah sungai. Kecepatan kapal feri 8 m/s dan arus sungai 6 m/s. Jika lebar sungai 100 m, maka panjang lintasan yang dilalui perahu adalah

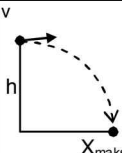


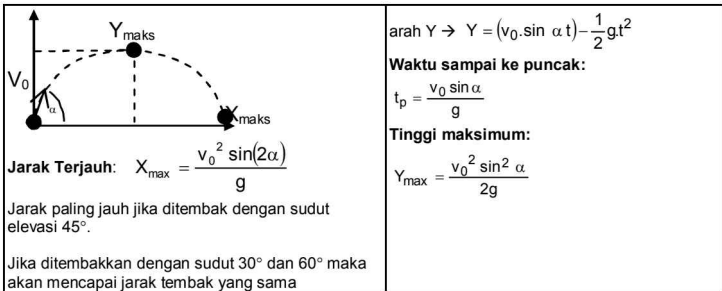
- v_p = laju kapal feri
- v_s = laju arus sungai
- v_R = laju resultan
- Y = lebar sungai
- R = lintasan

Jawab: $Y = 100$ m; $V_p = 8$ m/s; $V_s = 6$ m/s. Gunakan perbandingan vektor:

$$\frac{R}{V_R} = \frac{Y}{V_p} = \frac{X}{V_s} \text{ dan } V_R = \sqrt{(V_p)^2 + (V_s)^2} \rightarrow V_R = \sqrt{(8)^2 + (6)^2} = 10 \text{ m/s} \rightarrow \frac{R}{10} = \frac{100}{8} \rightarrow R = 125 \text{ m}$$

2. GLBB dengan GLB

<p>Benda diluncurkan horizontal dari ketinggian h dengan kecepatan v.</p>		<p>Waktu sampai di tanah: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$</p> <p>Jarak terjauh: $X_{\max} = v\sqrt{\frac{2h}{g}}$</p>
<p>Benda diluncurkan dengan sudut elevasi</p>	<p>Kecepatan:</p> <p>arah $X \rightarrow v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$</p> <p>arah $Y \rightarrow v_y = v_0 \cdot \sin \alpha - g \cdot t$</p> <p>Posisi:</p> <p>arah $X \rightarrow X = (v_0 \cdot \cos \alpha)t$</p>	



3. Persamaan Gerak Lurus

Posisi benda:

$$\vec{r}(t) = x(t)\hat{i} + y(t)\hat{j} \quad \text{atau} \quad \vec{r}(t) = \int \vec{v} \cdot dt + r_0 \quad \text{dengan} \quad |\vec{r}| = \sqrt{(x)^2 + (y)^2}$$

Kecepatan: $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ atau $\vec{v}(t) = \int \vec{a} \cdot dt + v_0$ dengan $|\vec{v}| = \sqrt{(v_x)^2 + (v_y)^2}$

Percepatan: $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ dengan $|\vec{a}| = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2}$

Kecepatan rata-rata: $\vec{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{r_2 - r_1}{\Delta t}$

Percepatan rata-rata: $\vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$

📌 CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

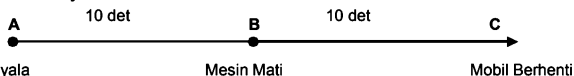
Soal 1

Sebuah mobil mula-mula diam. Kemudian mobil dihidupkan dan mobil bergerak dengan percepatan 2m/s^2 . Setelah mobil bergerak selama 10 s mesinnya dimatikan, mobil mengalami perlambatan tetap dan mobil berhenti 10 s kemudian. Jarak yang masih ditempuh mobil mulai dari saat mesin dimatikan sampai berhenti adalah...

- A. 210 m B. 200 m C. 195 m D. 100 m E. 20 m

🔍 **Jawab:**

Gambar kejadian:



Nyala

Mesin Mati

Mobil Berhenti

Gunakan penerapan rumus: $V_t = V_0 + a \cdot t$

Saat mesin nyala (V_0) sampai dimatikan (V_B):

$$V_B = V_0 + a \cdot t \rightarrow V_B = 0 + 2 \cdot 10 = 20 \text{ m/s}$$

Cari perlambatan tetap saat mesin mati sampai mobil berhenti ($V_C = 0$)

$$V_C = V_B + a \cdot t \rightarrow 0 = 20 + a \cdot (10) \rightarrow a = -2 \text{ m/s}^2$$

Mencari jarak total saat mesin dimatikan sampai berhenti (S_{BC}) gunakan penerapan rumus

$$V_t^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot s \rightarrow V_C^2 = V_B^2 + 2 \cdot a \cdot s_{BC} \rightarrow 0 = (20)^2 + 2 \cdot (-2) \cdot s_{BC}$$

$$s_{BC} = (0 - 20^2) / -4 = -400 / -4 = 100 \text{ m}$$

Soal 2

Pada waktu bersamaan dua buah bola dilempar ke atas, masing-masing dengan kelajuan $v_1 = 10$ m/s (bola I) dan $v_2 = 20$ m/s (bola II). Jarak antara kedua bola pada saat bola I mencapai titik tertinggi adalah....

- A. 30 m B. 25 m C. 20 m D. 15 m E. 10 m

➤ **Jawab:**

Ketinggian bola II lebih tinggi dibanding dengan bola I karena kecepatannya lebih besar.

Bola I ($v_1 = 10$ m/s)

Ketinggian maksimum (titik tertinggi) adalah: $h_1 = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{10^2}{2 \cdot 10} = 5$ m

Waktu mencapai titik maksimum: $t_1 = \frac{v_1}{g} = \frac{10}{10} = 1$ s

Bola II ($v_2 = 20$ m/s)

Pada saat Bola I mencapai titik maksimum, Bola II belum mencapai titik maksimum (masih terus berjalan). Jarak antara dua bola saat Bola I mencapai titik maksimum adalah:

Cari ketinggian Bola II saat $t_1 = 1$ s

$$H_2 = v_2 t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2 = 20(1) - \frac{1}{2}(10)(1)^2 = 15 \text{ m}$$

Jarak Bola II dan Bola I

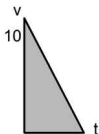
$$\Delta h = h_2 - h_1 = 15 - 5 = 10 \text{ m}$$

Soal 3

Sebuah mobil dengan kecepatan 36 km/jam direm mendadak sehingga terbentuk bekas di jalan sepanjang 20 m. Waktu pengereman yang dibutuhkan sampai mobil tersebut berhenti adalah

- A. 2 s B. 4 s C. 6 s D. 8 s E. 10 m

➤ **Jawab:**



Diketahui: $v_0 = 36$ km/jam = 10 m/s

$\Delta r =$ luas segitiga = 20 m


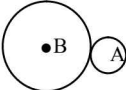
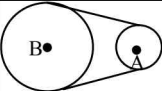
Maka: $\Delta r = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t \rightarrow 20 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t \rightarrow t = 4$ sekon

Gerak Melingkar

A. Hubungan Gerak Melingkar dan Gerak Lurus

Kecepatan sudut:	$\omega = \frac{v}{R}$ atau $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ R = jari-jari putaran; v = laju linier T = periode kecepatan sudut; f = frekuensi
Percepatan sudut:	$\alpha = \frac{a}{R}$
Perpindahan sudut:	$\theta = \frac{s}{R}$ s = perpindahan linier

B. Sifat Sistem Roda

Dua roda sepusat	Bersinggungan	Dihubungkan tali
		
$\omega_A = \omega_B$	$v_A = v_B$	$v_A = v_B$

C. Gerak Melingkar Beraturan (GMB, $\omega = \text{konstan}$)

Perpindahan sudut: $\theta = \omega \cdot t$	Gaya Sentripetal: $F_s = m \cdot a_s = m \cdot \omega^2 R$
Kecepatan mobil di tikungan datar kasar: $v = \sqrt{\mu g R}$	
Kecepatan mobil di tikungan miring licin: $v = \sqrt{g R \tan \theta}$	
Kecepatan minimum di titik terendah: $v = \sqrt{5 g R}$	

D. Gerak Melingkar Berubah Beraturan ($\alpha = \text{konstan}$)

Kecepatan sudut:	$\omega_t = \omega_0 + \alpha \cdot t$	Gabungan 2 rumus: $\omega_t^2 = \omega_0^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \theta_t$
Perpindahan sudut:	$\theta_t = \omega_0 \cdot t + \frac{1}{2} \alpha \cdot t^2$	

E. Persamaan Gerak Melingkar

Posisi sudut benda:	$\theta_t = \int \omega \cdot dt + \omega_0$
Kecepatan sudut benda:	$\omega = \frac{d\theta}{dt}$ atau $\omega = \int \alpha \cdot dt + \omega_0$
Percepatan sudut:	$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$
Kecepatan sudut rata-rata:	$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta t}$
Percepatan sudut rata-rata:	$\bar{\alpha} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t}$

F. Dinamika Gerak Melingkar

<p>Bandul diputar vertikal</p>	<p>Di titik A (Tegangan Tali Maksimum)</p> $T - W = m\omega^2 R \text{ atau } T - W = m \frac{v^2}{R}$	
	<p>Di titik B</p> $T = m\omega^2 R \text{ atau } T = m \frac{v^2}{R}$	
	<p>Di titik C (Tegangan Tali Minimum) $T + W = m\omega^2 R$</p> <p>atau $T + W = m \frac{v^2}{R}$</p>	
<p>Puncak dan Lembah</p>	<p>Ayunan Konis</p>	$R = L \sin \theta$ $\omega = \frac{v}{R} = \frac{\sqrt{gR \tan \theta}}{L \sin \theta}$ $v = \sqrt{gR \tan \theta}$ $v = \sqrt{gL \sin \theta \cdot \tan \theta}$

Gaya

A. Hukum Newton

Hukum I Newton:	$\Sigma F = 0$ (benda diam atau GLB)
Hukum II Newton:	$\Sigma F = m.a$ (benda diam atau GLBB)
Hukum III Newton:	$F_{aksi} = -F_{reaksi}$
Dimana: F = Gaya; m = massa benda (kg); a = percepatan benda	

B. Gaya Normal dan Gaya Pendorong


$N = W$ $F = F_x$	$N = W - F \sin \theta$ $F_x = F \cos \theta$	$N = W + F \sin \theta$ $F_x = F \cos \theta$	$N = W \cos \theta$ $F_x = F \sin \theta$
N = gaya normal (gaya yang diberikan bidang pada benda) tegak lurus dengan bidang. F _x = gaya menarik atau mendorong yang sejajar bidang yang menyebabkan pergeseran benda.			

C. Kasus-Kasus Hukum Newton

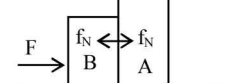
1. Kasus Tegangan Tali

$T - W = m.a$	$W - T = m.a$	$T_1 - T_2 = m.a$
Dimana: m = massa benda; W = berat benda (m.g); a = percepatan benda; T = tegangan tali; T ₁ dan T ₂ = tegangan tali 1 dan tali 2		

2. Kasus Gaya Menarik 3 Barang

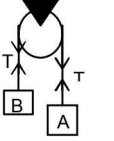
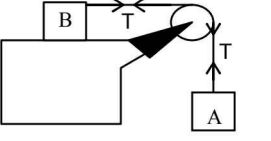
 <p>A = percepatan sistem massa (semua massa) F = gaya yang bekerja pada sistem massa m_A = massa A, m_B = massa B, m_C = massa C</p>	$a = \frac{F}{m_A + m_B + m_C} = \frac{F - T_1}{m_A} = \frac{T_1 - T_2}{m_B} = \frac{T_2}{m_C}$ <p>atau</p> $\frac{F}{m_A + m_B + m_C} = \frac{T_1}{m_B + m_C} = \frac{T_1}{m_C}$
---	---

3. Kasus Mendorong 2 Buah Barang

	$a = \frac{F}{m_A + m_B} = \frac{f_N}{m_B}$ <p>f_N = gaya kontak massa A dengan massa B m_A = massa A m_B = massa B</p>
---	--

4. Kasus Pada Sistem Katrol

(Massa A lebih berat dan pada bidang licin)

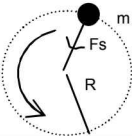
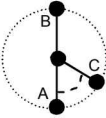


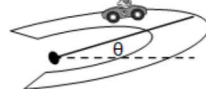
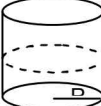
	$a = \frac{w_A - w_B}{m_A - m_B}$		$a = \frac{w_A}{m_A + m_B}$
a = percepatan; m_B = massa B	T = tegangan tali; N = gaya normal	m_A = massa A μ = koefisien gesekan	

D. Gaya Gesek

Jika $F_x \leq \mu_s \cdot N \rightarrow f_{\text{gesek}} = F_x \rightarrow$ Benda Diam
Jika $F_x > \mu_s \cdot N \rightarrow f_{\text{gesek}} = \mu_k \cdot N \rightarrow$ Benda Bergerak
F_x = gaya yang menyebabkan pergeseran f_{gesek} = gaya gesek μ_s = koefisien gesek statis μ_k = koefisien gesek kinetis

E. Gaya Gerak Melingkar

Gaya pada Gerak Melingkar 	Gaya sentripetal: $a_s = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$	Percepatan sentripetal: $F_2 = m \frac{v^2}{R} = m \omega^2 R$
--	--	--

	<p>Gaya sentripetal (F_s) = gaya tarik yang arahnya selalu ke pusat lingkaran</p>
<p>Tali Diputar Vertikal</p> 	<p>Di titik tertinggi (B) : $F_s = T + W$ Di titik terendah (A) : $F_s = T - W$ Di titik C : $F_s = T - W \cdot \cos \theta$</p>
<p>Tali Berputar Horizontal</p> 	<p>$F_s = T =$ tegangan tali</p>
<p>Kasus Tikungan Datar</p> 	<p>Agar kendaraan membelok di suatu tikungan tidak selip maka berlaku rumus:</p> $\frac{v^2}{Rg} = \mu_s$
<p>Kasus Tikungan Miring</p> 	<p>Agar kendaraan membelok di suatu tikungan tidak selip maka berlaku:</p> $\frac{v^2}{Rg} = \frac{\mu_s + \tan \theta}{1 - \mu_s \tan \theta}$
<p>v = laju maksimum kendaraan R = jari-jari putaran jalan g = percepatan gravitasi</p>	<p>μ = koefisien gesekan statis antara roda dengan jalan θ = sudut kemiringan jalan terhadap horinzontal</p>
<p>Sirkus Tong Setan</p> 	<p>Motor sirkus harus berputar dengan kecepatan minimum pada dinding vertikal yang melingkar agar tidak jatuh, maka kecepatan minimum:</p> $v_{\min} = \sqrt{\frac{gR}{\mu_s}}$

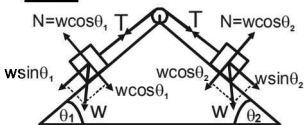
📖 CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

Soal 1

Dua balok masing-masing bermassa m dihubungkan dengan seutas tali dan ditempatkan pada bidang miring licin menggunakan sebuah katrol. Jika massa tali dan katrol diabaikan, dan sistem bergerak ke kiri maka besar tegangan tali adalah

- A. $\frac{1}{2} mg (\sin \theta_1 - \sin \theta_2)$
- B. $\frac{1}{2} mg (\sin \theta_1 + \sin \theta_2)$
- C. $mg (\sin \theta_1 - \sin \theta_2)$
- D. $mg (\sin \theta_1 + \sin \theta_2)$
- E. $2 mg (\sin \theta_1 - \sin \theta_2)$

🔍 **Jawab:**



Benda bergerak kekiri maka :

$$\Sigma F = ma \rightarrow W \sin \theta_1 - W \sin \theta_2 = (m_1 + m_2) a \rightarrow a = \frac{w(\sin \theta_1 - \sin \theta_2)}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{m \cdot g}{2m} (\sin \theta_1 - \sin \theta_2)$$

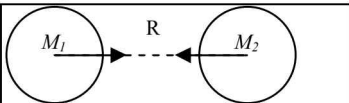
Pada benda 1 $\Sigma F = m_1 \cdot a \rightarrow mg \sin \theta_1 - T = m \cdot \frac{g}{2} (\sin \theta_1 - \sin \theta_2)$

$$T = mg \sin \theta_1 - \frac{mg}{2} \sin \theta_1 + \frac{mg}{2} \sin \theta_2 \rightarrow T = \frac{mg}{2} (\sin \theta_1 - \sin \theta_2)$$

Jawaban: A

Gaya Gravitasi

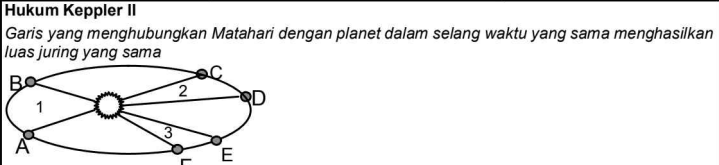
A. Gaya Gravitasi

	$F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{R^2} \quad \text{dan} \quad g = G \cdot \frac{M}{R^2}$
$G = \text{konstanta gravitasi} = 6,673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$	

B. Kecepatan Gravitasi

$v = \sqrt{2 \frac{GM}{R}} = \sqrt{2gR}$	Apabila jari-jari bumi (R) 6378 km, maka jika kita ingin pergi ke luar angkasa maka kecepatan minimal adalah 11.180 m/s
Kecepatan Planet Mengelilingi Matahari $v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{gR}$	Kecepatan Satelit Saat Mengelilingi Bumi $v = \frac{1}{(R+h)R} \sqrt{GM(R+h)}$

C. Hukum kepler

Hukum Kepler I <i>Lintasan planet berbentuk elips dan matahari di salah satu titik fokusnya.</i>	
Hukum Kepler II <i>Garis yang menghubungkan Matahari dengan planet dalam selang waktu yang sama menghasilkan luas juring yang sama</i>	
	
Jika luasan 1 = luasan 2 = luasan 3 $\rightarrow t_{AB} = t_{CD} = t_{EF}$ t_{AB} = waktu dari A ke B; t_{CD} = waktu dari C ke D; t_{EF} = waktu dari E ke F	
Hukum Kepler III <i>"Perbandingan kuadrat periode revolusi planet (T^2) terhadap jari-jari rata-rata planet pangkat tiga (R^3) selalu tetap untuk setiap planet"</i>	
$\left(\frac{T_A}{T_B}\right)^2 = \left(\frac{R_A}{R_B}\right)^3$	


Impuls dan Momentum

A. Momentum (p)

$p = m \cdot v$	p = momentum (kgm/s), besaran vektor; m = massa (kg) v = kecepatan (m/s)
-----------------	---

B. Impuls (I)

Gaya bekerja suatu benda dalam selang waktu t adalah Impuls (I).

Untuk Gaya (F) Tetap $I = F \cdot \Delta t$	$I =$ luas daerah yang diarsir 
Untuk Gaya (F) = f(t) $I = \int_{t_1}^{t_2} F \cdot dt$	
Impuls merupakan perubahan momentum: $I = \Delta p = p_{\text{akhir}} - p_{\text{awal}}$	

C. Hukum Kekalkan Momentum

Pada proses tumbukan/ledakan	$\Sigma p_{\text{sebelum}} = \Sigma p_{\text{sesudah}}$
Pada 2 benda bergerak dalam 1 garis lurus	$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$

D. Tumbukan

Kelentingan suatu tumbukan ditentukan dengan koefisien restitusi (e).

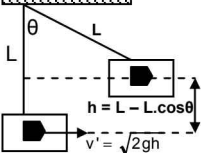
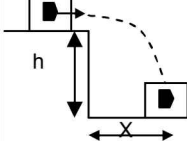
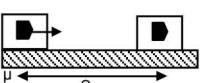
$e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2}$	Lenting Sempurna: Koefisien restitusi $e = 1$ Lenting Sebagian: Koefisien restitusi $e = 0 < e < 1$ Tidak Lenting Sama sekali: Koefisien restitusi $e = 0$
--------------------------------------	---

E. Benda Dijatuhkan dan Memantul

Benda yang jatuh kemudian memantul, maka besarnya koefisien restitusi dirumuskan dengan:

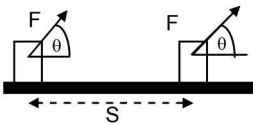
$e = -\frac{v_1'}{v_1} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$	Berlaku:	$e = \sqrt{\frac{h_{n+1}}{h_n}}$	Dengan h_n adalah tinggi pantulan ke-n ($n = 0, 1, 2$).
--	----------	----------------------------------	---

G. Kasus Peluru yang Ditembakkan ke Balok

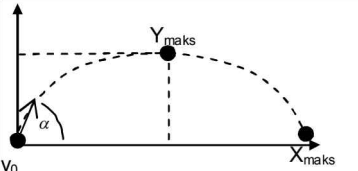
Balok Digantung	Balok Jatuh	Balok Pada Lantai Kasar
 <p>Kecepatan peluru sebelum menembus balok</p>		
$V_p = \left[\frac{m_p + m_b}{m_p} \right] \cdot v'$	$v' = \frac{X}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}$	$v' = \sqrt{2\mu g S}$

Usaha dan Energi

A. Konsep Dasar Energi

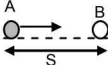

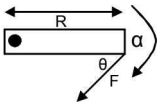
 <p>Energi adalah kemampuan untuk dapat melakukan usaha atau kerja</p>	<p>Apabila sebuah benda ditarik dengan gaya sebesar F dan benda berpindah sejauh S, maka usaha yang dilakukan gaya terhadap benda adalah:</p> $W = F \cdot S \cdot \cos\theta$ <p>Jika untuk $\theta = 0^\circ$ maka $W = F \cdot S$</p>
Energi Kinetik	$EK = \frac{1}{2}mv^2$
Energi Potensial Gravitasi	$EP = m \cdot g \cdot h$
Energi Mekanik	$EM = EK + EP$
Laju benda berubah	$W = EK_{akhir} - EK_{awal} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$
Posisi tinggi benda berubah	$W = EP_{akhir} - EP_{awal} = m \cdot g \cdot \Delta h$
Hukum Kekekalan Energi Mekanik	$EM_1 = EM_2$ $EP_1 + EK_1 = EP_2 + EK_2$
Daya	$P = \frac{W}{t}$

B. Energi Pada Gerak Parabola

	<p>Di dasar: $EK = \frac{1}{2}m \cdot v_0^2$ dan $EP = 0$</p> <p>Di puncak:</p> $EP = \frac{1}{2}m \cdot v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha$ $EK = \frac{1}{2}m \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha$
---	---

Dinamika Rotasi

A. Hubungan Translasi dan Rotasi

Translasi	Gerak Rotasi	Hubungan keduanya
		$\theta = \frac{S}{R}$ R: jari-jari
$v = \frac{ds}{dt}$	$\omega = \frac{d\theta}{dt}$	$\omega = \frac{v}{R}$
$v = v_0 + at$	$\omega = \omega_0 + \alpha t$	
$a = \frac{dv}{dt}$	$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$	$\alpha = \frac{a}{R}$
Massa = m	Momen Inersia = I	$I = k \cdot m \cdot R^2$ k = konstanta
Gaya = ΣF	 Momen Gaya = $\Sigma \tau$	$\tau = R \cdot F \cdot \sin\theta$ θ : sudut antara F dengan R
$F = ma$	$\tau = Ia$	
$EK = \frac{1}{2}mv^2$	$EK = \frac{1}{2} \cdot I\omega^2$	
Keterangan: S = perpindahan panjang, θ = perpindahan sudut, ω = kecepatan sudut, α = percepatan sudut		

B. Momen Inersia

$I = k m R^2$ dengan k = konstanta,

- Untuk satu partikel k = 1

- Untuk beberapa partikel: $I = m_1 R_1^2 + m_2 R_2^2 + m_3 R_3^2 + \dots$

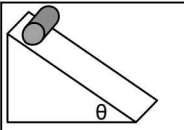
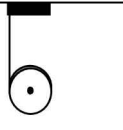
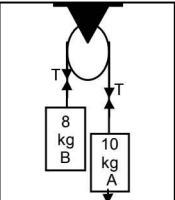
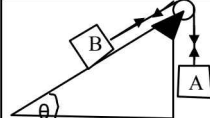
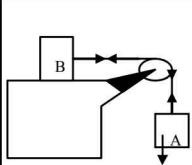
Untuk benda yang sudah baku diberikan tabel sebagai berikut.

No	Bentuk Benda	Momen Inersia
1.	Benda titik	$I = mR^2$
2.	Benda panjang, homogen, diputar di salah satu ujung	$I = \frac{1}{3} ml^2$
3.	Benda panjang, homogen, diputar tepat di tengah	$I = \frac{1}{12} ml^2$
4.	Bola berongga	$I = \frac{2}{3} mR^2$
5.	Bola pejal	$I = \frac{2}{5} mR^2$
6.	Silinder berongga tipis	$I = mR^2$
7.	Silinder berongga pejal	$I = \frac{1}{2} mR^2$
8.	Silinder berongga tidak tipis	$I = \frac{1}{2} m(R_1^2 + R_2^2)$

c. Gaya Translasi dan Gaya Rotasi

$\sum \tau = I \cdot \alpha$	Dinamika translasi : $F - f_{\text{gesek}} = m \cdot a \dots\dots\dots (1)$ Dinamika rotasi $\tau = I \cdot \alpha \rightarrow$ diubah menjadi $f_{\text{gesek}} \cdot R = k \cdot m \cdot R^2 (a/R)$ Maka : $f_{\text{gesek}} = k \cdot m \cdot a \dots\dots\dots (2)$ Persamaan (2) disubstitusikan ke (1) akan didapat: $F = m \cdot a(1+k)$
------------------------------	--

D. KASUS-KASUS DINAMIKA ROTASI

			$a = \frac{W_A - W_B}{m_A + m_B + k \cdot M_{\text{katalor}}}$
$a = \frac{g \sin \theta}{k}$	$a = \frac{g}{k}$		$a = \frac{W_A - W_B \sin \theta}{m_A + m_B + k \cdot M_{\text{katalor}}}$
$a = \frac{W_A - W_B \sin \theta}{m_A + m_B + k \cdot M_{\text{katalor}}}$		$a = \frac{W_A}{m_A + m_B + k \cdot M_{\text{katalor}}}$	

E. Energi Kinetik Translasi dan Rotasi

Untuk benda menggelinding (rotasi & translasi)

$$EK_{\text{translasi}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$EK_{\text{rotasi}} = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot m \cdot R^2 \left(\frac{v}{R} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot m \cdot v^2$$

$$EK_{\text{total}} = EK_{\text{translasi}} + EK_{\text{rotasi}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 (1+k)$$

F. Hukum Kekekalan Momentum Sudut

Rumus Momentum Sudut:

$$L = I \cdot \omega$$

Setiap perubahan pada gerak rotasi berlaku kekekalan jumlah momentum sudutnya:

$$\Sigma L_{\text{sebelum}} = \Sigma L_{\text{sesudah}}$$

G. Usaha dan Daya pada Gerak rotasi

Usaha: $W = \tau \cdot \theta$

Daya: $P = \frac{W}{t}$

Kesetimbangan Benda Tegar

A. Kesetimbangan Benda Secara Translasi

$\sum F_x = 0$	Gaya-gaya dalam arah mendatar haruslah = 0
$\sum F_y = 0$	Gaya-gaya dalam arah vertikal haruslah = 0

B. Kasus Kesetimbangan

	$\sum F_x = 0 \rightarrow W_2 - T \cos \theta = 0 \rightarrow W_2 = T \cos \theta$ $\sum F_y = 0 \rightarrow W_1 - T \sin \theta = 0 \rightarrow W_1 = T \sin \theta$
<p>Kesetimbang oleh 3 Buah Gaya</p>	<p>Berlaku aturan sinus :</p> $\frac{F_1}{\sin \theta_1} = \frac{F_2}{\sin \theta_2} = \frac{F_3}{\sin \theta_3}$

C. Kesetimbangan Rotasi

Kesetimbang rotasi jika di setiap titik tumpu: jumlah momen gaya = 0 atau $\sum \tau = 0$

D. Titik Berat

Titik berat benda pejal homogen

No	Bentuk Benda	Titik Berat
1	Silinder pejal	$y_o = \frac{1}{2}t$
2	Bola pejal	$y_o = R$
3	Limas pejal	$y_o = \frac{1}{4}t$
4	Kerucut pejal	$y_o = \frac{1}{4}t$
5	Setengah bola pejal	$y_o = \frac{3}{8}R$

Titik berat benda homogen berbentuk garis

No	Bentuk Benda	Titik Berat
1	Garis lurus	$y_0 = \frac{1}{2}l$
2	Bola lingkaran	$y_0 = R = \frac{AB}{AB}$
3	Busur setengah lingkaran	$y_0 = 2\frac{R}{\pi}$
4	Segitiga siku-siku	$X_0 = \frac{1}{3}x; y_0 = \frac{1}{3}y$

Titik berat benda berbentuk luasan (selimut bangun ruang)

No	Bentuk Benda	Titik Berat
1	Kulit kerucut	$y_0 = \frac{1}{3}l$
2	Kulit limas	$y_0 = \frac{1}{3}.t$
3	Kulit setengah bola	$y_0 = \frac{1}{2}R$
4	Kulit silinder	$y_0 = \frac{1}{2}.t$

E. Titik Berat Gabungan

$$X_0 = \frac{\sum W_n X_n}{\sum W_n} = \frac{W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3 + \dots}{W_1 + W_2 + W_3 + \dots}$$

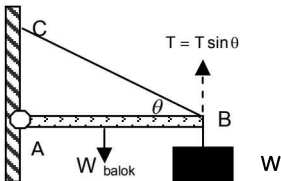
$$y_0 = \frac{\sum W_n y_n}{\sum W_n} = \frac{W_1 y_1 + W_2 y_2 + W_3 y_3 + \dots}{W_1 + W_2 + W_3 + \dots}$$

📖 CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

Soal 1

Jika batang homogen AB panjang 80 cm dengan berat 18N dan berat beban 30 N dan BC adalah tali penahan. Berapa tegangan tali jika jarak AC = 60 cm agar tercapai kondisi seimbang?

🔍 **Jawab:**



Cari panjang BC dan nilai $\sin\theta$:

AB = 80 cm dan AC adalah 60 maka:

$$BC = \sqrt{80^2 + 60^2} = 100 \quad \sin\theta = \frac{6}{10} = 0,6 \quad \cos\theta = \frac{8}{10} = 0,8$$

Syarat Seimbang: $\sum \tau = 0$

Titik Berat Balok adalah setengah panjang balok. Maka gaya yang bergerak adalah

$$W_{\text{balok}} \cdot \frac{1}{2} AB + W_{\text{beban}} \cdot AB - T \sin\theta \cdot AB = 0 \rightarrow 18 \cdot \frac{1}{2} \cdot 80 + 30 \cdot 80 - T \cdot 0,6 \cdot 80 = 0 \rightarrow$$


$$18 \cdot \frac{1}{2} \cdot 80 + 30 \cdot 80 = T \cdot 0,6 \cdot 80 \rightarrow T = \frac{3120}{48} = 65\text{N}$$

Fluida Statis

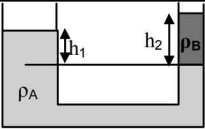
A. Tekanan

$P = \frac{F}{A}$	F = besar gaya yang tegak lurus bidang tekanan (N), A = luas bidang tekanan (m^2). P = tekanan (N/m^2).
Satuan tekanan: • atmosfer (atm), • sentimeter raksa (cmHg), • milibar (mB) • Pa (pascal) = N/m^2	1 bar = 106 Pa dan 1 atm = 76 cmHg = $1,01 \times 10^5$ Pa

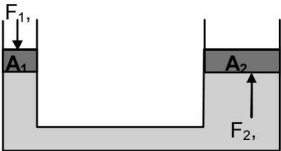
B. Tekanan Hidrostatik

	$P_h = \frac{W}{A} = \rho \cdot g \cdot h$	ρ = massa jenis zat cair (kg/m^3), g = percepatan gravitasi (m/s^2), h = kedalaman zat cair (m), P_h = tekanan hidrostatik (N/m^2).
Tekanan mutlak (total) pada kedalaman h dari permukaan zat cair adalah:		
$P_M = P_o + \rho \cdot g \cdot h$	P_o = tekanan atmosfer	

C. Hukum Pokok Hidrostatik

	Rumus: $P_A = P_B$ $\rho_A \cdot g \cdot h_1 = \rho_B \cdot g \cdot h_2$ $\rho_A \cdot h_1 = \rho_B \cdot h_2$
Contoh: Air setinggi 30 cm seimbang dalam pipa U, dengan cairan lain setinggi 40 cm, maka tentukan masa jenis cairan. Jawab: $\rho_{cairan} \cdot h_{cairan} = \rho_{air} \cdot h_{air} \rightarrow \rho_{cairan} \cdot 40 = 1.30 \rightarrow \rho_{cairan} = 30/40 \rightarrow \rho_{cairan} = 3/4$	

D. Hukum Pascal

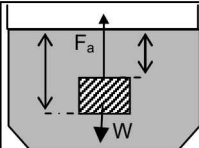
Tekanan yang diberikan pada suatu zat cair yang ada di dalam ruang tertutup diteruskan ke segala arah dengan sama besar.	
$P_2 = P_1 \rightarrow \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$	

E. Hukum Archimedes

Sebuah benda yang tercelup ke dalam zat cair (fluida) mengalami gaya apung yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkannya.

$$F_a = \rho \cdot g \cdot V$$

ρ = massa jenis air (kg/m^3),
 g = percepatan gravitasi (m/s^2),
 V = volume benda tercelup (m^3),
 F_a = gaya Archimedes (N).



Berat benda di dalam zat cair lebih ringan dibanding di darat, maka:

$$W_f = W - F_a$$

w = berat benda di udara, w_f = berat benda di zat cair

Benda akan tenggelam atau mengapung

Jika $\rho_{\text{benda}} > \rho_{\text{zat cair}}$ → Benda akan tenggelam,

Jika $\rho_{\text{benda}} = \rho_{\text{zat cair}}$ → Benda akan melayang,

Jika $\rho_{\text{benda}} < \rho_{\text{zat cair}}$ → Benda akan terapung,

Pada Kasus Terapung berlaku:

$$\rho_{\text{benda}} \cdot V_{\text{benda}} = \rho_{\text{cair}} \cdot V_{\text{celup}}$$

F. Tegangan Permukaan

$$\gamma = \frac{F}{2\ell}$$

Terjadi karena adanya gaya kohesi dan adhesi pada fluida.

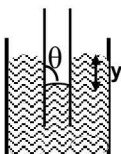
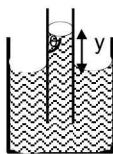
F = gaya permukaan (N),

ℓ = panjang permukaan (m),

γ = tegangan permukaan (N/M).

G. Kapilaritas

Kapilaritas adalah gejala naik turunnya permukaan zat cair di dalam pipa kapiler. Gaya kohesi dan adhesi menyebabkan timbulnya meniskus cekung atau meniskus cembung pada permukaan fluida.



Selisih ketinggian antara permukaan zat di dalam dan di luar pipa kapiler dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

y = selisih tinggi permukaan zat cair (m),

γ = tegangan permukaan (Nm^{-1}),

ρ = massa jenis zat cair (kg/m^3),

g = percepatan gravitasi (m s^{-2}),

r = jari-jari kapiler (m).

Fluida Dinamis

A. Debit Fluida

$Q = \frac{V}{t} = A \cdot v$	V = volume (m^3) A = luas penampang v = laju aliran fluida.	t = waktu (sekon) Q = debit fluida
-------------------------------	---	---

B. Persamaan Kontinuitas

Kecepatan fluida ditentukan oleh luas penampang. Jika luas penampang semakin sempit, maka kecepatan fluida semakin tinggi.

Rumus:

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

A = luas penampang
 v = laju aliran fluida.

C. Persamaan Bernoulli

Tekanan, energi kinetik dan energi potensial per satuan volume fluida yang mengalir, nilainya sama di setiap titik aliran fluida.

Rumus:

$$p + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{konstan}$$

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

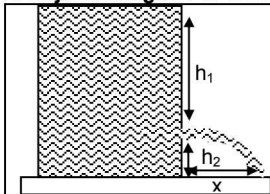
D. Penggunaan Persamaan Bernoulli

1. Pipa mendatar

Pada pipa mendatar (horizontal), tekanan paling besar pada bagian yang kelajuan paling kecil, dan tekanan paling kecil pada bagian laju paling besar

Karena $v_1 < v_3 < v_2$
 Maka berlaku: $P_1 > P_3 > P_2$

2. Bejana dengan Pancuran



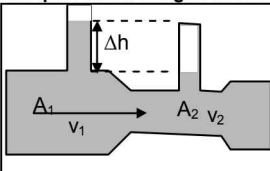
$$v = \sqrt{2gh_1}$$

$$h_2 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$x = v \cdot t = 2\sqrt{h_1 \cdot h_2}$$

v = laju pancuran
 x = jarak mendarat pancuran

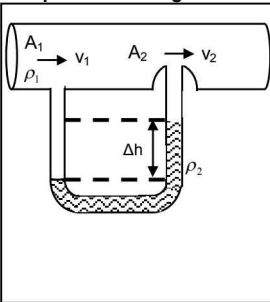
3. Pipa Venturi dengan Manometer Terbuka



Laju aliran fluida di bagian pipa besar

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta h}{\left[\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1\right]}}$$

4. Pipa venturi dengan manometer tertutup

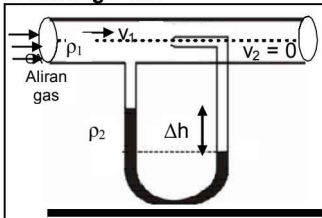


Laju aliran fluida

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot (\rho_2 - \rho_1) \cdot g \cdot \Delta h}{\rho \cdot \left[\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1\right]}}$$

- A_1 = luas penampang tabung 1 (m^2),
- A_2 = luas penampang tabung pada bagian 2 (m^2),
- v_1 = kecepatan zat cair yang melewati A_1 (m/s),
- v_2 = kecepatan zat cair yang melewati A_2 (m/s),
- Δh = selisih tinggi zat cair di dalam pipa U (m),
- g = percepatan gravitasi (m/s^2),
- ρ = massa jenis zat cair di dalam tabung aliran (kg/m^3).

5. Tabung Pitot

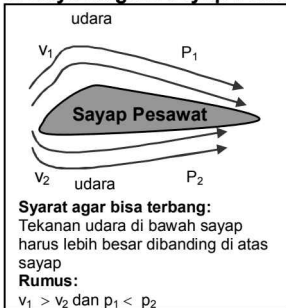


Laju aliran fluida:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_2 \cdot g \cdot \Delta h}{\rho_1}}$$

v_1 = laju gas dalam pipa aliran (ms^{-1}),
 ρ_1 = massa jenis gas (kgm^{-3}),
 ρ_2 = massa jenis air raksa (kgm^{-3}),
 g = percepatan gravitasi (ms^{-2}),
 Δh = selisih tinggi permukaan air raksa (m).

6. Gaya Angkat Sayap Pesawat Terbang



Gaya angkat sayap:

$$F = (P_2 - P_1) \cdot A = \left(\frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2 \right) \cdot A$$

F = gaya angkat sayap pesawat terbang (N),
 P_2 = tekanan di bawah sayap (Nm^{-2})
 P_1 = tekanan di atas sayap (Nm^{-2})
 v_2 = kecepatan fluida di bawah sayap (m/s)
 v_1 = kecepatan fluida di atas sayap (m/s)
 A = luas total bidang di bawah sayap (m^2)

Suhu dan Kalor

A. Suhu

Skala suhu: Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin. Hubungannya adalah sbb:

<table border="1"> <tr> <td style="width: 20px;">100</td> <td style="width: 20px;">80</td> <td style="width: 20px;">212</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> </td> <td style="border: none;"> </td> <td style="border: none;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">R</td> <td style="text-align: center;">F</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> </td> <td style="border: none;"> </td> <td style="border: none;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">32</td> </tr> </table>	100	80	212				C	R	F				0	0	32	<table border="1"> <tr> <td style="width: 20px;">b</td> <td style="width: 20px;">d</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> </td> <td style="border: none;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">Y</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> </td> <td style="border: none;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">a</td> <td style="text-align: center;">c</td> </tr> </table>	b	d			X	Y			a	c
100	80	212																								
C	R	F																								
0	0	32																								
b	d																									
X	Y																									
a	c																									
$\frac{C}{5} = \frac{R}{4} = \frac{F-32}{9} = \frac{K-273}{5}$	$\frac{X-a}{b-a} = \frac{Y-c}{d-c}$																									

Contoh:

Suhu di Jakarta pada siang hari menunjukkan 30 derajat pada skala celcius. Berapa suhu di Jakarta jika diubah ke dalam skala Fahrenheit?

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} \rightarrow \frac{30}{5} = \frac{F-32}{9} \rightarrow F = \frac{30 \times 9}{5} + 32 = 86^\circ\text{F}$$

B. Pemuaiian

<p>Pemuaiian Panjang:</p> $\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$ <p> L_0 = panjang mula-mula, (m) L = perubahan panjang, (m) ΔT = perubahan suhu, (K dan C°) α = koefisien muai panjang (1/C°) </p>	<p>Setelah suhu naik ΔT, panjangnya menjadi: $L = L_0 + \Delta L$</p>
<p>Pemuaiian Luas:</p> $\Delta A = \beta \cdot A_0 \cdot \Delta T$ <p> A_0 = luas mula-mula (m^2), ΔT = perubahan suhu, (K dan C°) ΔT = perubahan suhu, (K dan C°) β = koefisien muai luas, $\beta = 2\alpha$ </p>	<p>Setelah suhu naik ΔT, luasnya menjadi: $A = A_0 + \Delta A$</p>
<p>Pemuaiian Volume:</p> $\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$ <p> V_0 = volume mula-mula (m^3), ΔV = perubahan volume (m^3), ΔT = perubahan suhu, (K dan C°) γ = koefisienmuai volume, $\gamma = 3 \alpha$ </p>	<p>Setelah suhu naik ΔT, luasnya menjadi: $V = V_0 + \Delta V$</p>

C. Kalor


Kalor perubahan suhu:	$Q = mc \cdot \Delta T$
Kalor perubahan wujud:	$Q = mL$
m = massa benda (kg,gr), c = kalor jenis benda (J/kg K; kal/gr K), ΔT = perubahan suhu. L = kalor Laten/kalor lebur/kalor uap (J/kg/gr).	
Proses Es Mencair dan Air Menguap → menyerap kalor Proses Air Membeku dan Uap mengembun → melepas kalor	

D. Asas Black

Pada proses pencampuran es dengan air hangat akan berlaku Asas Black yaitu jumlah kalor dilepas = jumlah kalor diserap .

Rumus: $\sum Q_{\text{lepas}} = \sum Q_{\text{diterima}}$	Contoh Asas Black: Jika 0,5 kg balok es (suhu -20°C) dicampur dengan 1 kg air hangat (suhu 80°C). Jika kalor jenis air = 1 kal/ $\text{gr}^{\circ}\text{C}$, kalor jenis es = 0,5 kal/ $\text{gr}^{\circ}\text{C}$ dan kalor lebur es = 80 kal/gr, maka campuran air tersebut akan setimbang (air semua) pada suhu... $\sum Q_{\text{lepas}} = \sum Q_{\text{diserap}}$ $Q_a = Q_1 + Q_2 + Q_3$ $m_{\text{air}} \cdot C_{\text{air}} \cdot (80 - T) = m_{\text{es}} \cdot C_{\text{es}} \cdot T_{\text{es}} + m_{\text{es}} \cdot L_{\text{es}} + m_{\text{es}} \cdot C_{\text{air}} \cdot T$ $1 \cdot 1 \cdot (80 - T) = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 20 + 0,5 \cdot 80 + 0,5 \cdot 1 \cdot T$ $80 - T = 5 + 40 + 0,5T$ $1,5T = 35$ $T = 23,3^{\circ}\text{C}$

E. Perpindahan Kalor

<p>Konduksi: Hantaran/rambatan kalor pada zat padat. Contoh: Setrika</p>	<p>Laju perpindahan kalor secara konduksi</p> $H = \frac{Q}{t} = k \frac{A \cdot \Delta T}{L}$ <p> Q/t = laju kalor secara konduksi (J/s), k = koefisien konduksi termal zat, (W/m K), A = luas penampang lintang (m^2), ΔT = selisih suhu antara ujung-ujung zat padat (K), L = panjang (tebal) zat padat (m). </p> <p>Pada persambungan 2 konduktor berlaku</p>  $k_X \frac{A_X \cdot (T_X - T)}{L_X} = k_Y \frac{A_Y \cdot (T - T_Y)}{L_Y}$
<p>Konveksi: Aliran kalor pada zat cair dan gas. Contoh: hair dryer, radiator mobil.</p>	<p>Laju perpindahan kalor secara konveksi</p> $\frac{Q}{t} = h \cdot A \cdot \Delta T$ <p> Q/t = laju kalor secara konveksi (J/s atau W), A = luas permukaan benda yg kontak dgn fluida (m^2), ΔT = beda suhu antara benda dan fluida (C atau K), h = koefisien konveksi (J/s $m^2 K$). </p>
<p>Radiasi: Tanpa zat perantara Contoh: rumah kaca, panel surya</p>	<p>Laju perpindahan kalor secara radiasi</p> $P = \frac{Q}{t} = e \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$ <p> P = daya (laju) radiasi energi (J/s atau W), e = emisivitas permukaan, σ = konstanta Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$) A = luas permukaan benda (m^2) T = suhu mutlak benda (K). </p>

Teori Kinetik Gas

A. Teori Kinetik Gas

Hukum Boyle: Hasil kali antara tekanan (P) dan volume (V) gas pada suhu tetap adalah konstan.	$P \cdot V = \text{Konstan}$ atau $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$
Hukum Gay Lussac Hasil bagi antara volume (V) dengan temperatur (T) gas pada tekanan tetap adalah konstan.	$\frac{V}{T} = \text{konstan}$ atau $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
Hukum Charles Hasil bagi tekanan (P) dengan temperatur (T) suatu gas pada volume tetap adalah konstan.	$\frac{P}{T} = \text{konstan}$ atau $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$
Dari ketiga hubungan antara tekanan, volume, dan suhu gas yang didapatkan dari Hukum Boyle dan Hukum Gay-Lussac dapat diturunkan suatu persamaan yang disebut persamaan keadaan gas ideal.	
$\frac{P \cdot V}{T} = \text{konstan}$ atau $\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$	

B. Gas Ideal

Gas Ideal adalah gas yang memenuhi sifat-sifat berpartikel banyak, antarpartikel tidak berinteraksi, arah gerak setiap partikel sembarang, ukuran partikel, terhadap ruang tempatnya dapat diabaikan, tumbukan antarpartikel bersifat lenting sempurna, partikel gas terdistribusi merata di seluruh ruang, dan berlaku Hukum Newton tentang gerak.

Rumus: $PV = nRT$ atau $PV = NkT$	P = tekanan gas (pa) V = volume gas (m^3) n = jumlah mol (gr/mol) T = suhu mutlak (K)
R = tetapan gas umum = $8,311 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ N = jumlah partikel gas k = konstanta Boltzmann = $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ m = massa gas M = berat molekul gas R = $k \cdot N_A$ N_A = $6,02 \cdot 10^{23}$ molekul/mol	
Perubahan Gas Ideal	
$\frac{P_1 \cdot V_1}{N_1 \cdot T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{N_2 \cdot T_2}$ jika N_1 tidak sama dengan N_2	$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$ jika $N_1 = N_2$

C. Tekanan, Temperatur dan Kecepatan Teori Kinetik Gas

Tekanan Gas Menurut Teori Kinetik

$$P = \frac{1}{3} \cdot \frac{N \cdot m_0 \cdot (\bar{v})^2}{V}$$

atau bisa ditulis

$$P = \frac{2}{3} \cdot \frac{N \cdot E_k}{V}$$

P = tekanan gas (pa)

N = jumlah molekul

$(\bar{v})^2$ = rata-rata kuadrat kecepatan (m^2/s^2)

m_0 = massa sebuah partikel (molekul) (kg)

V = volume gas (m^3)

E_k = energi kinetik rata-rata

Temperatur Teori Kinetik Gas

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

T = temperatur gas (Kelvin),

E_k = energi kinetik rata-rata,

k = tetapan Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

Kecepatan Efektif Partikel Gas

Kecepatan efektif partikel gas disebut juga kecepatan root mean squared (v_{rms}).

$$\bar{v}_{rms} = \sqrt{\frac{3k \cdot T}{m_0}} = \sqrt{\frac{3R \cdot T}{M}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

T = suhu mutlak gas,

M_r = berat molekul gas (kg/mol),

R = tetapan suhu umum (8,314 J/mol K),

P = tekanan gas (pa),

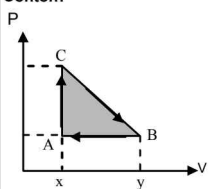
ρ = massa jenis gas,

k = tetapan Boltzmann,

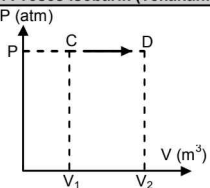
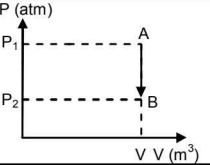
m_0 = massa satu molekul gas

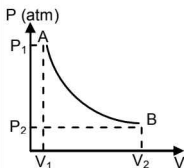
Termodinamika

A. Usaha Oleh Gas Ideal

$W = \int_{V_1}^{V_2} P \cdot dV$ <p>P = tekanan gas (pa) V = Volume gas (m^3)</p>	<p>Contoh:</p> 	<p>Usaha dari B ke C: W_{BC} = Luasan trapesium xCBY</p> <p>Usaha dari A ke B: W_{AB} = Luasan persegi Abyx</p> <p>Usaha siklus netto W_{ABCA} = Luasan segitiga ABC</p>
--	--	---

B. Proses Sistem Gas

1. Proses Isobarik (Tekanan: $P = \text{konstan}$)	
	<p>Usaha (W)</p> $W = P \cdot (V_2 - V_1) = P \cdot \Delta V$ <p>Proses ini terjadi perubahan volume dan perubahan suhu mutlak gas, maka berlaku:</p> $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
<p>Perubahan Energi Dalam Gas Monoatomik</p> $\Delta U = \frac{3}{2} P \cdot \Delta V = \frac{3}{2} nR \cdot \Delta T$	<p>Kalor Yang Diserap</p> $\Delta Q = \frac{5}{2} P \cdot \Delta V = \frac{5}{2} nR \cdot \Delta T$
2. Proses Isokhorik atau Isovolum (Volume: $V = \text{konstan}$)	
	<p>Usaha (W) adalah nol atau: $W = 0$</p> <p>Proses ini terjadi perubahan tekanan dan berlaku:</p> $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$
<p>Perubahan Energi Dalam Gas Monoatomik</p> $\Delta U = \frac{3}{2} \Delta P \cdot V$	<p>Kalor Yang Diserap</p> $\Delta Q = \Delta U$

3. Proses Isotermis (Suhu mutlak: $T = \text{konstan}$)

Usaha (W)

$$W = n.R.T. \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

atau

$$W = n.R.T. \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

Perubahan Energi Dalam Gas Monoatomik

$$\Delta U = 0$$

Kalor Yang Diserap

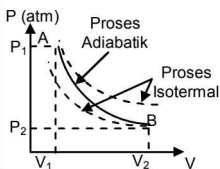
$$\Delta Q = W$$

4. Proses Adiabatik

Adiabatik berlangsung tanpa adanya kalor yang masuk ke sistem atau keluar dari sistem ($Q = 0$) → contoh pembakaran piston motor merupakan proses adiabatik.

Dalam Proses adiabatik berlaku juga:

$$P_1 \cdot (V_1)^\gamma = P_2 \cdot (V_2)^\gamma \quad \text{dengan} \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

 γ = tetapan Laplace(gas monoatomik $\gamma = 1,4$; gas diatomik suhu sedang $\gamma = 1,67$) C_p = kapasitas kalor jenis gas pada tekanan tetap. C_v = kapasitas kalor jenis gas pada volume tetap**Usaha**

Usaha dirumuskan:

$$W = \frac{1}{\gamma - 1} (p_1 V_1 - p_2 V_2) \quad \text{atau}$$

$$W = \frac{nR}{\gamma - 1} (T_1 - T_2) \quad \text{atau} \quad W = -\Delta U$$

Perubahan Energi Dalam Gas Monoatomik

$$\Delta U = \frac{3}{2} \Delta(PV)$$

Kalor Yang Diserap

$$\Delta Q = 0$$

C. Hukum Termodinamika

Hukum I Termodinamika

"Kalor yang diserap gas seluruhnya digunakan untuk usaha dan energi dalam gas"

$$Q = W + \Delta U$$

Q = kalor yang diserap/dilepaskan gas
W = usaha yang dilakukan oleh gas terhadap lingkungan
 ΔU = perubahan energi dalam sistem

Hukum II Termodinamika

Clausius

Mesin mengambil kalor dari reservoir suhu rendah ke suhu tinggi harus mengambil usaha dari luar

Pernyataan Kelvin-Planck:

Tidak mungkin membuat suatu mesin yang dapat merubah kalor menjadi kerja seluruhnya

Hukum II Termodinamika dinyatakan dalam entropi:

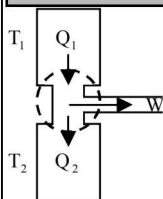
Total entropi (S) jagad raya tidak berubah ketika proses reversibel terjadi dan entropi bertambah ketika proses ireversibel terjadi:

$$\Delta S = \left(\frac{Q}{T} \right)_{\text{reversibel}}$$

D. Efisiensi Mesin

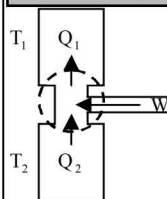
Mesin Pemanas Carnot

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$



Mesin Pendingin Carnot

$$K = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$



η = Efisiensi mesin pemanas Carnot,

Q_1 = kalor yang diserap dari reservoir suhu tinggi (J),

Q_2 = kalor yang dilepas ke reservoir suhu rendah (J),

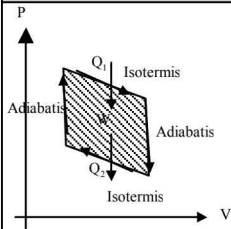
T_1 = suhu dari reservoir tinggi (K),

K = koefisien performansi mesin pendingin Carnot.

W = usaha yang dilakukan oleh mesin (J),

T_2 = suhu dari reservoir rendah (K),

Siklus Carnot

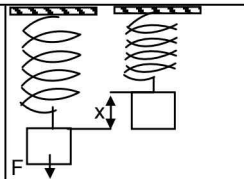
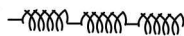
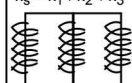


Elastisitas dan Getaran

A. Elastisitas

	<p>Tegangan</p> $\sigma = \frac{F}{A}$ <p>F = Gaya, A = Luas penampang</p>
<p>Modulus Young Merupakan perbandingan antara tegangan dengan regangan</p> $Y = \frac{\sigma}{e} = \frac{F.L}{A.\Delta L}$	<p>Regangan (Tertarik)</p> $e = \frac{\Delta L}{L}$ <p>ΔL = perubahan panjang, L = panjang mula-mula</p>

B. Pegas

<p>Perubahan panjang pegas</p> $F = k.x$ <p>F = gaya yang menarik/ mendorong pegas K = konstanta pegas (N/m) X = perubahan panjang (m)</p>	
<p>Susunan Seri Pegas</p> $\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3}$ 	<p>Susunan Paralel Pegas</p> $k_s = k_1 + k_2 + k_3$ 
<p>Energi Potensial Pegas:</p> $EP = \frac{1}{2} k.x^2$	<p>Usaha</p> $W = \frac{1}{2} k.x_2^2 - \frac{1}{2} k.x_1^2$
<p>Energi Potensial Gerak Harmonis:</p> $EP = \frac{1}{2} k.y^2 = \frac{1}{2} k.A^2 \cdot \sin^2 \theta$	<p>Energi Kinetik Gerak Harmonis</p> $EK = \frac{1}{2} k.A^2 \cos^2 \theta$
<p>Energi Mekanik: EM = EP + EK</p>	

C. Gerak Harmonik

Simpangan

$$y = A \sin \theta = A \sin \omega t \quad \text{dengan} \quad \theta = \omega \cdot t + \theta_0$$

$$\varphi = \frac{\theta}{2\pi} = \frac{t}{T}$$

y = simpangan getar

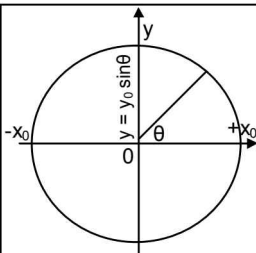
A = Amplitudo (simpangan maksimum)

θ = sudut fase

ω = frekuensi sudut (rad/s)

θ_0 = sudut awal

φ = fase



Kecepatan getar: $v = \omega \cdot A \cdot \cos \theta = \omega \cdot A \cdot \cos \omega \cdot t = \omega \sqrt{A^2 - y^2}$

Frekuensi sudut (rad/s):

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

Percepatan getar:

$$a = -\omega^2 \cdot A \cdot \sin \theta = -\omega^2 \cdot A \cdot \sin \omega t = -\omega^2 y$$

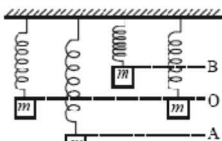
D. Frekuensi dan Periode pada Pegas dan Bandul

Frekuensi

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Periode:

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



Periode (T) = waktu yang dibutuhkan pegas untuk gerak bolak-balik dari $O - A - O - B - O$

Frekuensi

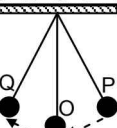
$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Periode:

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

g = percepatan gravitasi

L = panjang tali

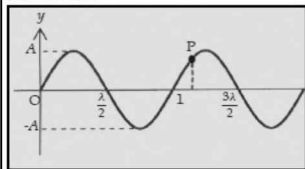


Periode bandul = waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali gerak bolak-balik dari titik $P - O - Q - O - P$

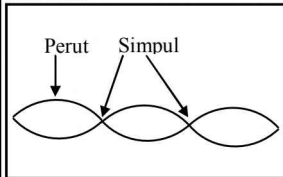
Gelombang & Bunyi

A. Bentuk Gelombang

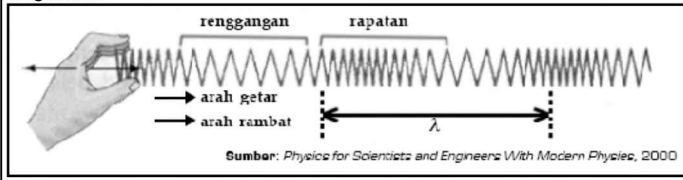
Transversal



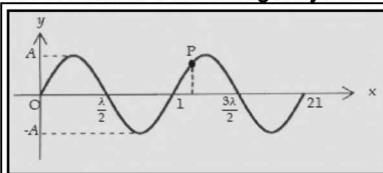
Stasioner



Longitudinal



B. Persamaan Gelombang Berjalan



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

+ merambat ke kiri - merambat ke kanan

Gelombang stationer

Ujung terikat: $y = 2A \cdot \sin kx \cdot \cos(\omega t - kt)$

Ujung bebas: $y = 2A \cdot \cos kx \cdot \sin(\omega t - kt)$

A = amplitudo gelombang transversal

ω = frekuensi sudut: $\omega = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{T} \cdot \leftrightarrow f = \frac{\omega}{2\pi}$

k = bilangan gelombang: $k = \frac{2\pi}{\lambda} \leftrightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k}$

λ = panjang gelombang

x = posisi

t = waktu

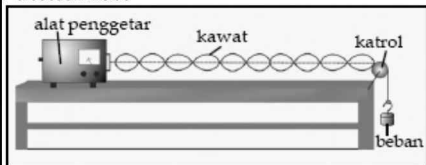
C. Gelombang Mekanik

Gelombang adalah getaran yang merambat/energi yang menjalar.
Setiap gelombang memiliki cepat rambat:

$$v = \lambda \cdot f = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k}$$

v = cepat rambat gelombang (m/s) λ = panjang gelombang (m)
 f = frekuensi gelombang (Hz) T = periode gelombang (s)

Percobaan Melde



Cepat rambat gelombang pada dawai:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \text{ dengan } \mu = \frac{m}{L}$$

F = gaya tegangan tali (N)
 m = massa dawai sepanjang L (kg)

L = panjang dawai (m)
 μ = massa per satuan panjang dawai (kg m s⁻¹)

D. Gelombang Bunyi

Frekuensi bunyi:

a. 20 Hz - 20.000 Hz: frekuensi audio (dapat didengar manusia)

b. kurang dari 20 Hz: frekuensi infrasonik.

c. lebih dari 20.000 Hz: frekuensi ultrasonik.

Bunyi frekuensi teratur adalah nada. Tinggi rendahnya bunyi ditentukan oleh frekuensi bunyi.

Cepat Rambat Bunyi dalam Gas

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}$$

R = konstanta gas umum = 8,31 x 10³ J mol⁻¹ K⁻¹
 T = suhu mutlak M = berat molekul (kg mol⁻¹)
 γ = konstanta Laplace, bergantung jenis gas

Cepat Rambat Bunyi dalam Zat Cair

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

B = modulus Bulk, (N m⁻²)
 ρ = massa jenis zat cair, (kg m⁻³)

Cepat Rambat Bunyi dalam Zat Padat

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

E = modulus Young zat padat, (N m⁻²)
 ρ = massa jenis zat padat, (kg m⁻³)

E. Frekuensi pada Dawai dan Pipa organa

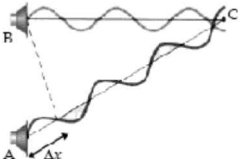
<p style="text-align: center;"> $L = \frac{1}{2}\lambda_0$ $L = \lambda_1$ $L = \frac{3}{2}\lambda_2$ </p>	
<p>Frekuensi Getaran Dalam Dawai: $f_n = \left[\frac{(n+1)}{2L} \right] \cdot v$</p>	
<p style="text-align: center;"> $L = \frac{1}{2}\lambda_0$ $L = \lambda_1$ $L = \frac{3}{2}\lambda_2$ </p>	
<p>Frekuensi Pipa Organa Terbuka $f_n = \left[\frac{(n+1)}{2L} \right] \cdot v$</p>	
<p style="text-align: center;"> $L = \frac{1}{4}\lambda_0$ $L = \frac{3}{4}\lambda_1$ $L = \frac{5}{4}\lambda_2$ </p>	
<p>Frekuensi Pipa Organa Tertutup:</p> $f_n = \left[\frac{2n+1}{4L} \right] \cdot v \rightarrow (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$	<p> $n = 0 \rightarrow$ nada dasar $n = 1 \rightarrow$ nada atas I $n = 2 \rightarrow$ nada atas II </p>

F. Efek Dopler

Sumber bunyi dan pendengar relatif mendekat \rightarrow rekuensi terdengar lebih tinggi ($f_p > f_s$)
 Sumber bunyi dan pendengar relatif menjauh \rightarrow frekuensi terdengar lebih rendah ($f_p < f_s$)
 Sumber bunyi dan pendengar relatif diam \rightarrow frekuensi terdengar sama ($f_p = f_s$).

$f_p = \left[\frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \right] \cdot f_s$	<p> $v_p (+)$: pendengar mendekat sumber bunyi $v_s (+)$: sumber bunyi menjauh pendengar. </p>
--	---

G. Interferensi Bunyi

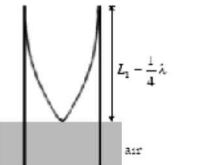
	$\Delta x = m \cdot \lambda$ untuk $m = 0, 1, 2, 3$ dst..
	$\Delta x = \left(m - \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$ untuk $m = 1/2, 3/2, 5/2$
	Pelayangan bunyi: $\Delta f = f_1 - f_2 $

H. Energi Bunyi dan Daya

Energi Gelombang: $E = \frac{1}{2} m \cdot A^2 \cdot \omega^2 = 2\pi^2 m \cdot f^2 \cdot A^2$	Daya: $P = \frac{E}{t}$
---	-----------------------------------

I. Resonansi

Bergetarnya benda lain akibat bergetarnya suatu benda

	$L_n = (2n - 1) \frac{1}{4} \lambda$ $L =$ Panjang kolom udara ke n $L_0 : L_1 : L_2 : \dots = 1 : 3 : 5$
--	---

J. Intensitas Bunyi

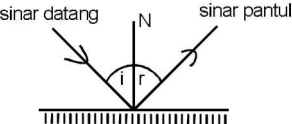
$I = \frac{P}{A} = \frac{E}{A \cdot t}$	Untuk luasan bola: $I = \frac{P}{4\pi r^2}$	$I =$ Intensitas bunyi $P =$ daya sumber bunyi
---	---	---

K. Taraf intensitas bunyi

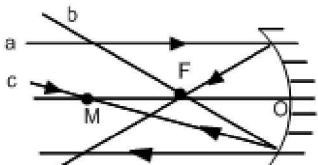
Batas kebisingan bagi telinga manusia: 10^{-12} watt/m ² sampai 1 watt/m ² .	
$TI = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$	$TI =$ Taraf intensitas (deci Bell atau dB)

Optik

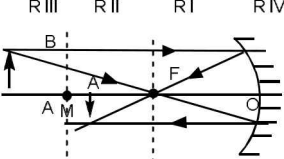
A. Cermin Datar

 <p>Pemantulan cermin datar: Sudut datang (i) = sudut pantul (r).</p>	<p>Sifat bayangan:</p> <ol style="list-style-type: none"> Maya dan tegak Bayangan sama besar dengan bendanya Jarak bayangan ke cermin = jarak benda ke cermin
<p>Rumus jumlah bayangan dari dua buah cermin datar diletakkan saling membentuk sudut sebesar α.</p>	$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$

B. Cermin Cekung

	<p>Sinar istimewa cermin cekung, yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> sinar datang yang sejajar dengan sumbu utama akan dipantulkan melalui titik fokus (F), sinar datang yang melalui titik fokus utama (F) akan dipantulkan sejajar sumbu utama, sinar datang yang melalui titik lengkung (M) akan dipantulkan melalui M juga.
---	--

Sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung

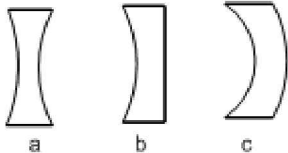
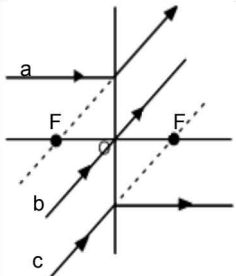
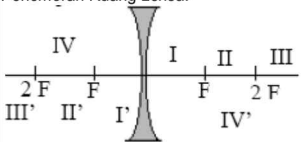
Letak Benda & Bayangan	Ruang	Sifat bayangan
Benda ruang III bayangan II	<p>R III R II R I R IV</p> 	nyata, terbalik, diperkecil

Benda di ruang II, bayangan di ruang III		Nyata, terbalik, diperbesar
Benda ruang I, bayangan IV		Maya, tegak diperbesar

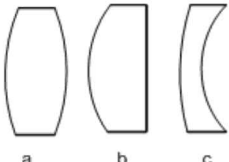
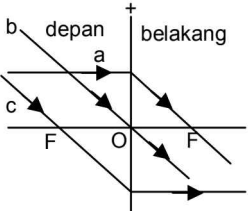
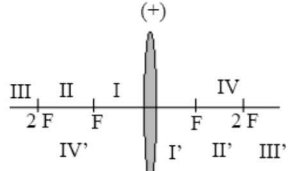
C. Cermin Cembung

	Sifat bayangan pada cermin cembung: <ul style="list-style-type: none"> • selalu maya, • tegak, • diperkecil.
Sinar-sinar istimewa pada cermin cembung: Sinar datang sejajar sumbu utama dipantulkan seolah-olah berasal dari titik fokus. Sinar datang menuju fokus, dipantulkan sejajar sumbu utama. Sinar datang menuju jari-jari M atau pusat kelengkungan, dipantulkan melalui M juga	
Rumus Menentukan Sifat Bayangan Baik di Cermin Cembung dan Cekung $NoRBenda + NoRBayangan = 5$	Rumus Pembentukan Bayangan dan Perbesaran Bayangan pada Cermin $\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \quad M = \left \frac{s_i}{s_o} \right = \left \frac{h_i}{h_o} \right \quad R = s.f$
Keterangan: s_o = jarak benda dari cermin, s_i = jarak bayangan dari cermin f = jarak fokus, negatif untuk cermin cembung, positif untuk cermin cekung	R = perbesaran bayangan, h_o = tinggi benda, h_i = tinggi bayangan. M = perbesaran sudut

D. Lensa Cekung

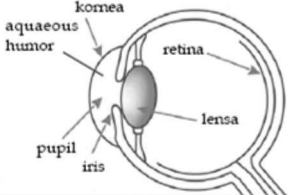
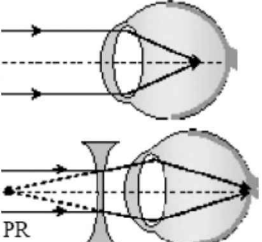
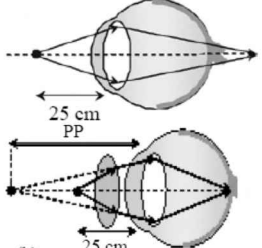
 <p style="text-align: center;">a b c</p>	<p>Nama lain: lensa konkaf, lensa negatif Jenis-jenis lensa cekung</p> <ol style="list-style-type: none"> Lensa bikonkaf (cekung rangkap) lensa plankonkaf (cekung datar) lensa konveks konkaf (cekung cembung).
	<p>Sifat lensa cekung: menyebarkan cahaya (divergen).</p> <p>Sinar-sinar istimewa lensa cekung.</p> <ol style="list-style-type: none"> Sinar datang sejajar sumbu utama dibiaskan seolah-olah berasal dari fokus pertama Sinar datang menuju ke fokus kedua dibiaskan sejajar sumbu utama. Sinar datang melalui titik pusat lensa tidak dibelokkan.
<p>Penomoran Ruang Lensa:</p> 	<p>Metode penomoran</p> <ol style="list-style-type: none"> Nomor ruang benda + nomor ruang bayangan = 5 Nomor ruang benda < Nomor ruang bayangan → diperbesar dan kebalikannya. Bayangan di depan lensa → Maya, tegak Bayangan di belakang lensa → Nyata, terbalik
<p>Rumus pada lensa cekung</p> $\frac{1}{f} = \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1} \quad \text{dan} \quad M = \frac{ s_1 }{ s_0 } = \frac{ h_1 }{ h_0 }$	<ul style="list-style-type: none"> • f negatif untuk lensa cekung, • jarak benda s_0 positif jika terletak di depan benda, • jarak bayangan s_1 positif jika berada di belakang lensa.
<p>Kekuatan Lensa:</p> $P = \frac{100}{f}$ <p style="text-align: center;">P = dioptri (D) → f dalam cm</p>	

E. Lensa Cembung

 <p>a b c</p>	<p>Nama lain: lensa konveks, lensa positif Jenis lensa cembung:</p> <ol style="list-style-type: none"> cembung-cembung (<i>bikonveks</i>), lensa cembung datar (<i>plankonveks</i>), lensa cekung cembung (<i>konkaf konveks</i>)
	<p>Sinar-sinar istimewa pada lensa cembung</p> <ol style="list-style-type: none"> Sinar datang sejajar sumbu utama dibiaskan melalui titik fokus. Sinar datang melalui titik pusat lensa tidak dibelokkan. Sinar datang melalui titik fokus dibiaskan sejajar sumbu utama.
	<p><u>Metode penomoran</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Nomor ruang benda + nomor ruang bayangan = 5 Nomor ruang benda < Nomor ruang bayangan → diperbesar dan kebalikannya. Bayangan di depan lensa → Maya, tegak Bayangan di belakang lensa → Nyata, terbalik
<p>Rumus pada lensa cembung</p> $\frac{1}{f} = \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1} \quad \text{dan} \quad M = \left \frac{s_1}{s_0} \right = \left \frac{h_1}{h_0} \right $	<ul style="list-style-type: none"> f positif untuk lensa cembung jarak benda s_0 positif jika terletak di depan benda, jarak bayangan s_1 positif jika berada di belakang lensa.
<p>Kekuatan Lensa:</p> $P = \frac{100}{f}$	<p>P = dioptri (D) → f dalam cm</p>
<p>Lensa Gabungan</p>	$\frac{1}{f_{\text{gab}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} + \dots$

Alat-Alat Optik

A. Mata dan Kaca Mata

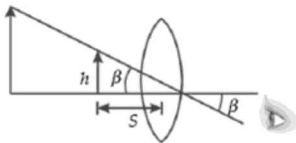
	<p>Mata Normal Titik dekat: $PP = \pm 25 \text{ cm}$ dan titik jauh : $PR = \sim$ (tak hingga)</p>
	<p>Cacat Mata Miopi (rabun jauh) Titik dekat: $PP = \pm 25 \text{ cm}$ dan titik Jauh : $PR << \sim$ Ditolong pakai lensa negatif (minus): $P = -\frac{100}{PR}$</p>
	<p>Hipermetropi (rabun dekat) Titik dekat: $PP > \pm 25 \text{ cm}$ dan Titik jauh: $PR = \sim$ Ditolong dengan lensa positif (plus): $P = \frac{100}{s_n} - \frac{100}{PP}$</p>

B. Lup (Kaca Pembesar)

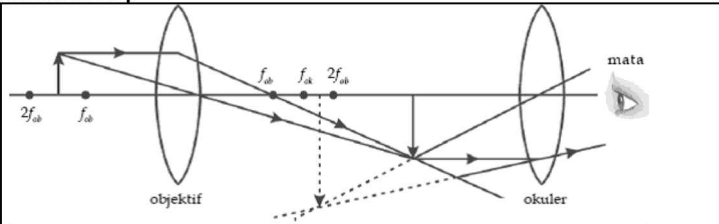
Perbesaran sudut lup: $M = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{S_n}{S}$

Mata berakomodasi maksimum: $M = \frac{S_n}{f} + 1$

Mata berakomodasi minimum: $M = \frac{S_n}{f}$



C. Mikroskop



Jarak antara lensa obyektif dan lensa okuler:

$$d = s_{ob}' + s_{ok}$$

Perbesaran lensa objektif:

$$M_{ob} = \left| \frac{h_{ob}'}{h_{ob}} \right| = \left| \frac{s_{ob}'}{s_{ob}} \right| = \left| \frac{f_{ob}}{s_{ob} - f_{ob}} \right|$$

Perbesaran lensa Okuler:

- Akomodasi Maks ($s_{ok}' = -s_n$): $M_{ok} = \frac{S_n}{f_{ok}} + 1$

- Akomodasi Min ($S_{ok} = f_{ok}$): $M_{ok} = \frac{S_n}{f_{ok}}$

Pembesaran total mikroskop: $M_{tot} = M_{ob} \cdot M_{ok}$

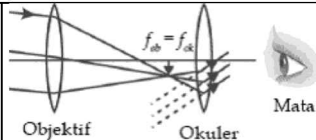
D. Teropong Bintang

Tanpa Akomodasi

Perbesaran angular:

$$M_{\alpha} = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

Panjang teropong: $d = f_{ob} + f_{ok}$



Akomodasi Maksimum

Perbesaran angular: $M_{\alpha} = \frac{f_{ob}}{S_{ok}}$ di mana: s_{ok} = jarak benda ke lensa okuler

Panjang teropong dirumuskan: $d = f_{ob} + S_{ok}$

E. Teropong Bumi

<p>Perbesaran tanpa akomodasi: $M_{\alpha} = \frac{S'_{ob}}{f_{ok}} = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$</p> <p>Perbesaran akomodasi maksimum: $M_{\alpha} = \frac{S'_{ob}}{S_{ok}}$</p>	<p>S'_{ob} = jarak bayangan lensa obyektif f_{ob} = jarak fokus lensa objektif f_{ok} = jarak fokus lensa okuler S_{ok} = jarak benda (bayangan lensa pembalik) ke lensa okuler</p>
<p>Panjang teropong tanpa akomodasi: $d = f_{ob} + f_{ok} + 4f_p$</p>	

F. Teropong Pantul

<p>$M_{\alpha} = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$</p> <p>$f_{ob}$ = jarak fokus lensa obyektif f_{ok} = jarak fokus lensa okuler</p>	
--	--

G. Teropong Panggung/Teropong Galilei

	<p>Bayangan nyata oleh lensa obyektif jatuh di titik api lensa okuler.</p> <p>Perbesaran angular tanpa akomodasi:</p> <p>$M_{\alpha} = \frac{S'_{ob}}{f_{ok}}$</p> <p>Panjang teropong: $d = f_{ob} + f_{ok}$</p>
--	---

Pembiasan Cahaya

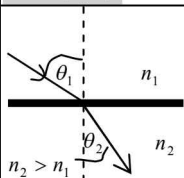
A. Pembiasan Snellius

Indeks bias mutlak (n):

$$n = \frac{C}{C_n}$$

Indeks bias relatif:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{C_2}{C_1}$$



$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

C = cepat rambat cahaya pada ruang hampa

C_n = cepat rambat cahaya dalam medium.

n_1 = indeks medium 1.

c_1 = cepat rambat cahaya dalam medium 1.

θ_1 = sudut datang; θ_2 = sudut bias

n_1 = indeks bias mutlak medium 1

n_2 = indeks bias mutlak medium 2

v_1 = kecepatan cahaya pada medium 1

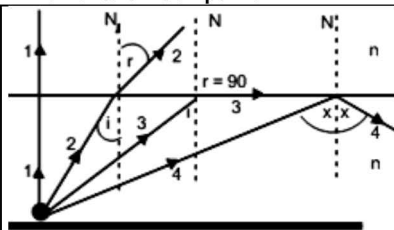
v_2 = kecepatan cahaya pada medium 2

λ_1 = panjang gelombang cahaya dalam medium 1

λ_2 = panjang gelombang cahaya dalam medium 2

$\frac{n_2}{n_1}$ = indeks bias relatif medium 2 thd medium 1

B. Pemantulan Sempurna



Sinar (1) sudut datang tegak lurus dan cahaya diteruskan

Sinar (2) sudut datang (i) $<$ i_c , cahaya dibiaskan

Sinar (3) sudut datang = i_c dibiaskan berimpitan permukaan bidang batas.

Sinar (4) sudut datang $>$ i_c , dipantulkan total oleh permukaan bidang batas.

Syarat terjadinya pemantulan total adalah:

- Sinar merambat dari rapat ke kurang rapat
- Sudut datang (i) $>$ sudut kritis (i_c).

Sudut kritis atau sudut batas:

$$\sin(i_c) = \frac{n_2}{n_1}$$

C. Kedalaman Semu

$d' = \frac{n_2}{n_1} \times d$	$d' =$ kedalaman semu $n_1 =$ indeks bias medium 1	$d =$ kedalaman sesungguhnya $n_2 =$ indeks bias medium 2
---------------------------------	---	--

D. Pembiasan

Cahaya Pada Kaca Planparalel

	$t = d \frac{\sin(i_1 - r_1)}{\cos r_1}$ <p> $t =$ pergeseran sinar $d =$ tebal kaca planparalel $i =$ sudut datang mula-mula $r =$ sudut bias di dalam kaca </p>
--	--

Pembiasan cahaya Pada Prisma

	<p>Sudut deviasi (D):</p> $D = \theta_1 + \theta_2 - \beta$ <p>di mana $\beta = \theta_2 + \theta_3$</p> <p>Saat deviasi minimum: $\theta_2 = \theta_3$ dan $\theta_1 = \theta_4$</p>
--	--

Rumus sudut deviasi minimum:

$\sin\left(\frac{\beta + D_m}{2}\right) = \frac{n_2}{n_1} \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)$ untuk $\beta > 15^\circ$	$D_m = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\beta$ untuk $\beta \leq 15^\circ$
--	---

Pembiasan Pada Permukaan Sferik

	<p>Hubungan antara s, s', dan R berlaku rumus:</p> $\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{R}$ <p>Dengan perbesaran: $M = \frac{h'}{h} = \left \frac{n_1}{n_2} \times \frac{s'}{s} \right$</p>
$n_1 =$ indeks bias medium tempat benda berada $n_2 =$ indeks bias medium tempat pengamatan $R =$ jari-jari kelengkungan	$s =$ jarak benda $s' =$ jarak bayangan

Lensa Tipis

Jarak fokus pada lensa tipis:

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

f = jarak fokus lensa tipis

 n_L = indeks bias lensa n_m = indeks bias medium tempat lensa berada R_1 = jari-jari kelengkungan I R_2 = jari-jari kelengkungan II

R + Jika permukaan cembung

- Jika permukaannya cekung

Optik Fisis

A. Warna

Cahaya polikromatik → terurai menjadi beberapa macam warna.

Cahaya monokromatik → satu warna.

Dispersi Sinar Putih

Sinar putih dapat terurai menjadi beberapa warna:

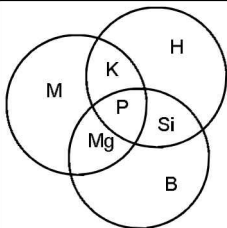
merah- jingga- kuning- hijau- biru- nila- ungu. (MEJIKUHIBINIU)

Sudut dispersi → beda sudut deviasi minimum ungu dengan sudut deviasi minimum merah.

$$\varphi = D_u - D_m = (n_u - n_m)\beta$$

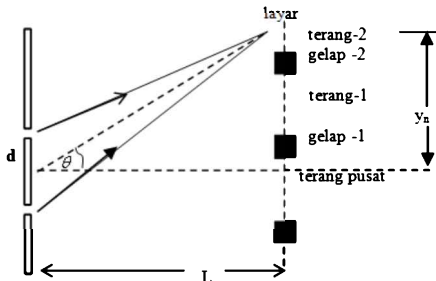
n_u = indeks bias sinar ungu
 n_m = indeks bias sinar merah
 β = sudut prisma
 D_u = deviasi minimum ungu
 D_m = deviasi minimum merah

Warna Primer dan Warna komplementer



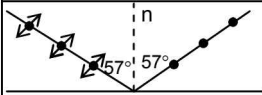
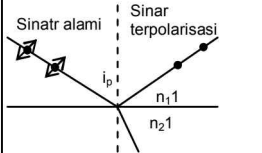
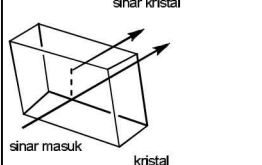
- Warna primer terdiri: merah (M), hijau (H), dan biru (B).
- Warna komplementer: warna yang diperoleh dari pencampuran 2 warna primer. Contoh: kuning (K), magenta (Mg), sian (Si)
- Pencampuran seluruh warna primer dan warna komplementer menghasilkan warna putih.

B. Percobaan Interferensi

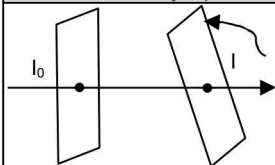


Percobaan	Terang (maksimum)	Gelap (minimum)
Young, Fresnel, Kisi	$d \frac{p}{L} = d \sin \theta = m\lambda$	$d \frac{p}{L} = d \sin \theta = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$
	Jika sudut yang relatif kecil maka berlaku rumus: $\sin \theta \cong \frac{y_n}{L} = \tan \theta$	
Celah Tunggal	$d \frac{p}{L} = d \sin \theta = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$	$d \frac{p}{L} = d \sin \theta = m\lambda$
Cincin Newton	$nr^2 = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda R$	$nr^2 = m\lambda R$
Selaput tipis	$2nd \cos r = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$	$2nd \cos r = m\lambda$
d = jarak antar celah		λ = panjang gelombang cahaya
θ = sudut antara terang pusat dengan terang ke-n		L = jarak antara celah dan layar
y_n = jarak antara terang pusat dengan terang ke- n		n = indeks bias selaput
m = 1, 2, 3		r = jari-jari cincin
R = jari-jari lensa		

C. Polarisasi Cahaya

Polarisasi Karena Pemantulan	
 <p>n</p> <p>57° 57°</p> <p>$n \equiv$ indeks bias lapisan tipis</p>	<p>Sudut sinar datang yang menyebabkan cahaya terpolarisasi seperti pada gambar adalah 57°.</p>
Polarisasi karena Pembiasan dan Pemantulan	
 <p>Sinatr alami</p> <p>Sinar terpolarisasi</p> <p>i_p</p> <p>n_1</p> <p>n_2</p>	<p>Polarisasi dapat terjadi antara sinar bias dan sinar pantul siku-siku = 90°.</p> <p>Sudut datang yang menjadi sinar ini terpolarisasi disebut sudut Brewster (i_p)</p> $\tan i_p = \frac{n_1}{n_2}$ <p>n_1 = indeks bias medium 1</p> <p>n_2 = indeks bias medium 2</p>
Polarisasi Karena Pembiasan Ganda	
 <p>sinar kristal</p> <p>sinar masuk</p> <p>kristal</p>	<p>Polarisasi yang terjadi jika sinar dilewatkan pada sebuah bahan yang anisotropik (arah perjalanan cahaya di setiap titik di dalam bahan tersebut tidak sama).</p>

Polarisasi Karena Penyerapan Selektif



Proses ini menggunakan dua lensa polarisator, dan anasator.

Mula-mula cahaya dilewatkan polarisator sehingga terpolarisasi. Untuk melihat cahaya tersebut terpolarisasi maka digunakan keping yang sama sebagai analisator. Dengan memutar analisator pada sumbu antara kedua keping dapat teramati penurunan intensitas karena telah terjadi penyerapan

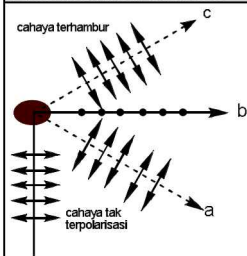
$$I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta$$

I = intensitas cahaya setelah melalui analisator

I_0 = intensitas cahaya setelah melalui polarisator

θ = sudut antara analisator dan polarisator

Polarisasi Karena Hamburan



a dan c: cahaya terpolarisasi sebagian
b: cahaya terpolarisasi seluruhnya

Polarisasi juga dapat terjadi ketika cahaya tak terpolarisasi dilewatkan pada bahan, kemudian cahaya tersebut dihamburkan.

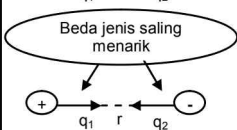
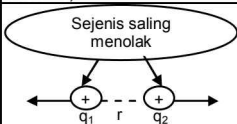
Contoh:

Cahaya matahari dihamburkan oleh molekul-molekul di atmosfer, hingga langit terlihat biru, karena cahaya biru paling banyak dihamburkan.

Listrik Statik

A. Hukum Coulomb

Dua benda bermuatan q_1 dan q_2 terpisah jarak sejauh r , maka pada benda akan muncul gaya (Gaya Coulomb)



Gaya Coulomb:

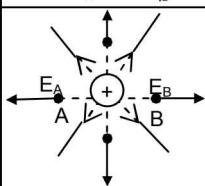
$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Jika tidak dalam ruang hampa maka:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_1 \cdot \epsilon_0}$$

ϵ_0 = permitivitas listrik dalam hampa

ϵ_1 = permitivitas relatif bahan



Medan Listrik:

Daerah dimana gaya listrik masih terjadi

Kuat Medan :

Luanntitas dari medan listrik yang mana definisinya disepakati adalah = gaya tiap satu-satunya muatan positif.

$$\text{Kuat medan : } E = \frac{F}{q} \rightarrow \text{Gaya listrik: } F = q \cdot E ;$$

B. Hukum Gauss

Fluks listrik total yang menembus suatu permukaan tertutup sama dengan aljabar muatan muatan listrik yang dilingkupi oleh permukaan tertutup di bagai dengan permitivitas udara ϵ_0 :

$$\Phi = EA \cos \theta = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

E = kuat medan listrik, (N/C)

A = luas permukaan tertutup, (m^2)

Φ = Fluks listrik

θ = sudut antara E dan garis normal luasan

Σ = muatan total yang dilingkupi oleh permukaan tertutup

C. Energi potensial listrik dan potensial listrik

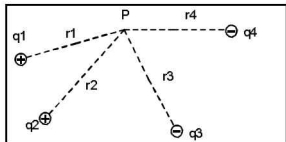

Energi Potensial Listrik: $EP = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$

Potensial Listrik


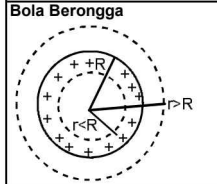
$$V = \frac{EP}{q} \Leftrightarrow EP = q \cdot V$$

Potensial Oleh Muatan Titik Potensial

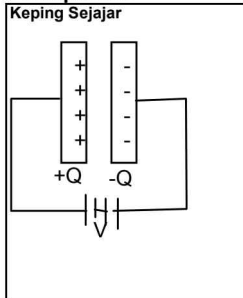
$$V = k \frac{q}{r}$$

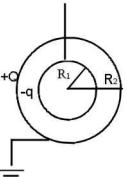
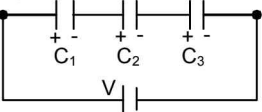
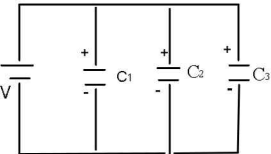
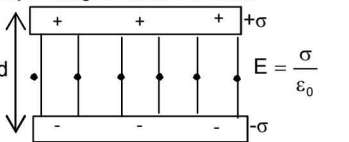
	<p>Potensial listrik di titik P yang ditimbulkan oleh 4 muatan sumber q_1, q_2, q_3 dan q_4 ditulis:</p> $V_P = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = k \frac{q_1}{r_1} + k \frac{q_2}{r_2} - k \frac{q_3}{r_3} - k \frac{q_4}{r_4}$
<p>Usaha Untuk Memindahkan Muatan</p> 	<p>Usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan</p> $W_{PQ} = q \cdot (V_2 - V_1) = q \cdot \Delta V$

D. Medan dan Potensial Listrik Beberapa Keadaan

<p>Konduktor Keping Sejajar</p> 	<p>Rapat muatan: $\sigma = \frac{q}{A}$</p> <p>Kuat medan listrik antara keping: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$</p> <p>Kuat medan di luar keping: $E = 0$</p> <p>Potensial listrik Di antar kedua keping ($0 < r \leq d$): $V = E \cdot r$ Di luar keping ($r > d$): $V = E \cdot d$</p>
<p>Bola Berongga</p> 	<p>Kuat medan listrik: Di dalam bola ($r < R$): $E = 0$ Di luar bola serta kulit ($r \geq R$): $E = k \frac{q}{r^2}$</p> <p>Potensial listrik di dalam bola: $V = k \frac{q}{R}$</p> <p>Potensial listrik di dalam bola dan di kulit: $V = k \frac{q}{r}$</p>

E. Kapasitor

<p>Keping Sejajar</p> 	<p>Kapasitansi kapasitor: $C = \frac{Q}{V}$</p> <p>Q = besar muatan tiap-tiap keping (C) V = beda potensial kedua keping (V) C = kapasitas kasitor (F = Farad)</p> <p>Nilai Kapasitas Kapasitor Keping Sejajar</p> $C_0 = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d}$ <p>A = luas tiap keping (m^2) d = jarak antar keping (m) ϵ_0 = permitivitas listrik dalam vakum/udara ϵ_r = permivitas relatif bahan</p>
---	---

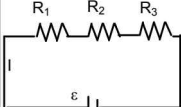
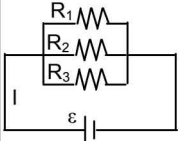
<p>Bola</p> 	<p>Beda Potensial</p> $\Delta V = V_1 - V_2 = kQ \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$ <p>Kapasitas Kapasitor</p> $C = \frac{R_2 R_1}{K(R_2 - R_1)} = \frac{4\pi\epsilon_0 R_2 R_1}{R_2 - R_1}$ <p>Untuk yang hanya terdiri 1 bola konduktor saja, maka bisa dianggap $R_2 = \infty$.</p>
<p>Kapasitor Seri</p> 	<p>Beda Potensial Total</p> $V = V_1 + V_2 + V_3 = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) \cdot Q$ <p>Kapasitas Ekvivalen: $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$</p>
<p>Kapasitor Paralel</p> 	<p>Beda Potensial Total</p> $Q = (C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n) \cdot V$ <p>Kapasitas Ekvivalen:</p> $C_p = \frac{Q}{V} = C = C_1 + C_2 + C_3$
<p>Energi yang Tersimpan Dalam Kapasitor</p> <p>Salah satu fungsi kapasitor adalah untuk menyimpan energi:</p> $W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$	
<p>Rapat Energi dalam Medan Listrik</p> 	<p>Hasil bagi antara W dan V disebut rapat energi listrik U_e. Jadi: $U_e = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$</p> <p>$U_e$ = rapat energi listrik ϵ_0 = perivitas listrik dalam vakum E = kuat medan listrik</p>

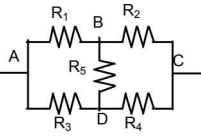
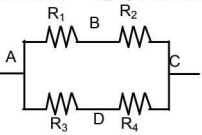
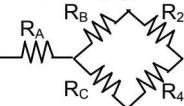
Listrik DC

A. Listrik

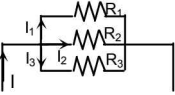
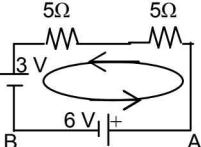
<p>Arus listrik: Aliran elektron-elektron bebas dari suatu potensial rendah ke tinggi</p> $I = \frac{\Delta Q}{t}$ <p>I = kuat arus (A) ΔQ = besar perubahan muatan (C) t = waktu (s)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Arah aliran muatan negatif berlawanan dengan arah arus listrik yang ditimbulkan. - Arah aliran muatan positif searah dengan arah arus listrik yang ditimbulkan.
<p>Hukum Ohm</p> $R = \frac{V}{I} \rightarrow V = IR \rightarrow I = \frac{V}{R}$	<p>V = beda potensial listrik (V) I = kuat arus listrik (A) R = hambatan (Ω)</p>
<p>Hambatan Kawat</p> $R = \rho \frac{L}{A}$	<p>ρ = hambatan jenis bahan logam ($\Omega \text{ m}$), L = panjang penghantar (m), A = luas penampang lintang penghantar (m^2), R = hambatan penghantar (Ω).</p>
<p>Energi Listrik</p> $W = P \cdot t = V \cdot I \cdot t = \frac{V^2}{R} \cdot t$	<p>Daya Listrik (Watt)</p> $P = \frac{W}{t} = V \cdot I = \frac{V^2}{R} = I^2 \cdot R$
<p>V = beda potensial, (volt) R = hambatan listrik (Ω)</p>	<p>I = kuat arus listrik, (Ampere) t = waktu, (s)</p>

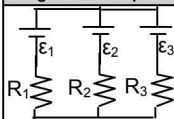
B. Resistor

<p>Resistor Seri</p> 	<p>Hambatan Total: $R = R_1 + R_2 + R_3$ Arus: $I_{\text{total}} = I_1 = I_2 = I_3$</p> <p>Maka: $\frac{V_{\text{total}}}{R_{\text{total}}} = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_3}{R_3}$</p> <p>Beda potensial: $V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_3$</p>
<p>Resistor Paralel</p> 	<p>Hambatan Total: $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ Arus: $I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3$</p> <p>Perbandingan arus: $I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$</p> <p>Beda potensial $V_{\text{total}} = \varepsilon = V_1 = V_2 = V_3$ $(I_{\text{total}})(R_{\text{total}}) = I_2 R_1 = I_2 R_2 = I_2 R_3$</p>

<p>Jembatan Wheatstone</p> 	<p>Menentukan Hambatan Ekuivalen</p> <p>Jika $R_1 R_4 = R_2 R_3$, maka R_s tidak berfungsi</p>  <p>Jika $R_1 R_4 \neq R_2 R_3$, maka diselesaikan dengan transformasi delta</p>  <p>Dengan Nilai Resistor:</p> $R_A = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3 + R_5} \quad R_B = \frac{R_1 \cdot R_5}{R_1 + R_3 + R_5} \quad R_C = \frac{R_3 \cdot R_5}{R_1 + R_3 + R_5}$
--	--

B. Hukum Kirchoff

<p>Hukum I Kirchoff</p>	
<p>Jumlah aljabar kuat arus listrik yang melalui titik cabang sama dengan nol</p> <p>Contoh:</p> 	$\sum I_{\text{Masuk}} = \sum I_{\text{Keluar}}$ $I - I_1 - I_2 - I_3 = 0$ $I = I_1 + I_2 + I_3$
<p>Hukum II Kirchoff</p>	
<p>Dalam rangkaian tertutup (loop) jumlah aljabar GGL (ϵ) Dan jumlah penurunan potensial (IR) sama dengan nol</p> <p>Ketentuan Tanda untuk ϵ dan IR:</p> <p>ϵ: positif jika arah loop bertemu dengan kutub positif</p> <p>ϵ: negatif jika arah loop bertemu dengan kutub negatif</p> <p>IR = (+), jika arah loop searah dengan arah arus.</p> <p>IR = (-), jika arah loop berlawanan dengan arah arus.</p>	$\sum IR + \sum \epsilon = 0$
<p>Contoh Hukum Kirchoff</p>	
	$-6 + 5I + 5I + 3 = 0$ $10I = 3 \rightarrow I = 0,3 \text{ A}$ <p>Jika ditanyakan:</p> $V_{AB} = 5(-0,3) + 6 = 4,5 \text{ Volt}$ <p>Dapat juga:</p> $V_{AB} = 5(0,3) + 3 = 4,5 \text{ Volt}$

Rangkaian Kompleks**Rumus Praktis:**


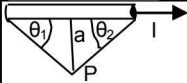
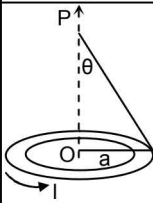
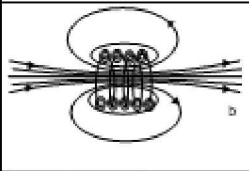
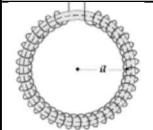
$$I_2 = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)R_3 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_2)R_1}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3}$$

C. Memperbesar Kemampuan Alat Ukur Listrik


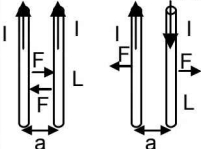
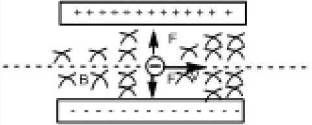
Amperemeter Batas ukur amperemeter dapat diperbesar n kali dengan menambahkan suatu hambatan paralel, disebut hambatan Shunt	$R_{sh} = \frac{1}{(n-1)} \cdot R_A$ R_A = hambatan dalam amperemeter R_{sh} = hambatan Shunt
Voltmeter Batas ukur voltmeter dapat diperbesar dengan menambahkan suatu hambatan secara seri, disebut hambatan depan	$R_D = (n - 1) \cdot R_v$ R_v = hambatan dalam voltmeter R_D = hambatan depan n = pengali (kelipatan)
Alat dengan spesifikasi P watt, V_t volt, yang dipasang pada tegangan V ($V \neq V_t$): $P = \left(\frac{V}{V_t}\right)^2 \cdot P_t$	P = daya listrik diserap V = tegangan yang dipakai V_t = tegangan tertulis P_t = daya tertulis

Medan Magnet

A. Kuat Medan Magnet di Sekitar Kawat Listrik

	<p>Di sekitar kawat berarus terdapat medan magnet. Arah garis-garis gaya magnet diatur dengan kaidah tangan kanan.</p> <p>Kuat Medan di Kawat Lurus Tak Berhingga</p> $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot a}$ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/Am}$	
	$B_p = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot a} (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)$	
	<p>Kuat Medan Magnet oleh Kawat Melingkar Di pusat lingkaran (titik O)</p> $B_o = \frac{\mu_0 \cdot I}{2a}$ <p>Di titik P (sepanjang sumbu lingkaran)</p> $B_p = \frac{\mu_0 \cdot I}{2a} \sin^3 \theta$	
	<p>Kuat Medan Magnet oleh Solenoida</p> <p>Di pusat solenoida</p> $B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{L}$	<p>Di salah satu ujung</p> $B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{2L}$
	<p>Kuat Medan Induksi Magnet Pada Toroida</p> $B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{2\pi r}$	

B. Gaya Lorentz

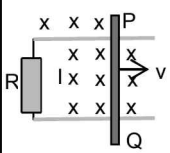
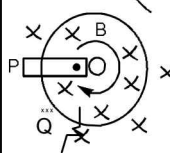
	<p>Jari Jempol = Kuat Arus Jari Telunjuk = Kuat Medan Jari Tengah = Gaya Lorentz</p> <p>Momen Gaya: $\tau = NAB\sin\theta$</p>
<p>Pada Kawat Berarus</p>	
<p>Rumus: $F_L = B \cdot I \cdot L \cdot \sin \theta$ θ = sudut antara B dan I</p>	
<p>Pada Partikel Bermuatan</p>	
<p>Rumus: $F_L = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta$ θ = sudut antara B dan arah gerak q</p>	
<p>Dua Kawat Lurus Sejajar</p> 	<p>Gaya Lorentz per satuan</p> $\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot A}$ <p>Saling menarik jika arus searah Saling menolak jika arus berlawanan</p>
<p>Gerak Melingkar Muatan pada Medan Magnet Homogen</p>	
<p>Bila partikel bermuatan bergerak dalam medan magnet homogen secara tegak lurus, maka yang terjadi partikel akan bergerak dengan lintasan melingkar.</p> <p>Jari-jari lintasan: $R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$</p>	<p>Jika muatan dipercepat dengan beda potensial ΔV maka:</p> $R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot (\Delta V)}{q}}$
<p>Gerak Lurus Muatan pada Medan Magnet & Listrik Saling Tegak Lurus</p>	
	<p>Partikel bermuatan dapat bergerak lurus dalam medan magnet dan medan listrik yang saling tegak lurus, dengan syarat:</p> <p>Kecepatan: $v = \frac{E}{B}$</p> <p>Rumus didapat dari menyamakan gaya listrik (F_e dan $q \cdot E$) dengan gaya magnet ($F_L = qvB$) dengan E menyatakan medan listrik.</p>

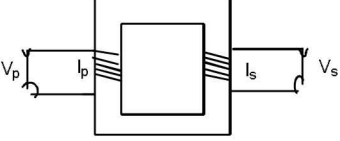
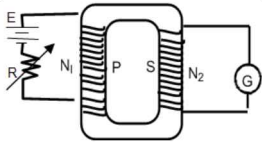
Induksi Elektromagnetik

A. Konsep Dasar

Fluks Magnetik		
Banyaknya garis-garis magnet yang menembus secara tegak lurus pada suatu luasan	$\Phi_m = B \cdot A = B \cdot A \cdot \cos(\theta)$ <p>A = luas permukaan θ = sudut antara vektor B dengan garis normal A</p>	
Hukum Imbas Faraday		
Gaya gerak listrik (GGL) dalam sebuah rangkain sebanding dengan laju perubahan fluks yang melalui rangkaian tersebut	<p>Rumus:</p> $\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt}$ <p>N : banyaknya lilitan Tanda negatif (-) menunjukkan fluks yang muncul melawan perubahan.</p>	<p>Untuk GGL rata-rata:</p> $\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$
Hukum Lenz		
"Arus imbas akan muncul di dalam arah yang sedemikian rupa sehingga arah tersebut menentang perubahan yang menghasilkannya."		

B. Penerapan Hukum Faraday dan Hukum Lenz

Perubahan Luas pada Kawat Segiempat		
	<p>Bila kawat PQ digeser ke kanan, maka luasan segiempat berubah →Fluks berubah →timbul GGL:</p>	
	$\varepsilon = -L \cdot B \cdot v$	<p>B = kuat medan magnet (T) L = panjang kawat PQ, v = laju gerak kawat PQ (m/s).</p>
Kawat diputar sejajar bidang yang tegak lurus B		
	<p>Bila kawat OP diputar maka luasan juring OPQ akan berubah. Fluks juga berubah. Timbul GGL.</p>	
	$\varepsilon = \frac{B \cdot \pi \cdot L}{T}$ <p>L = panjang kawat OP (jari-jari) T = periode (waktu 1 kali putar)</p>	

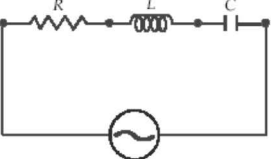
Generator AC	
Pembuatan generator AC didasari pada konsep perubahan fluks magnetik akibat perubahan sudut	Besarnya GGL $\varepsilon = NBA (\omega) \sin (\omega t)$ Besarnya GGL maksimum: $\varepsilon = NBA \omega$ $\omega =$ laju putaran sudut
Transformator	
 <p>N_p dan N_s = jumlah lilitan kumparan primer dan sekunder V_p dan V_s = Tegangan primer dan sekunder</p>	Berdasarkan konsep imbas elektromagnetik , maka pada trafo berlaku: $\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$ Efisiensi trafo: $\eta = \frac{P_s}{P_p} = \frac{V_s \cdot I_s}{V_p \cdot I_p}$
Induktansi Diri	
$\varepsilon_{ind} = -L \frac{di}{dt}$ atau $\varepsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ $L =$ induktansi diri (henry), $1 \text{ henry} = 1 \text{ volt} \cdot \text{detik} / \text{ampere}$	Untuk solenoida atau toroida: $L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A}{l}$ Energi tersimpan dalam solenoida atau toroida $W = \frac{1}{2} L \cdot I^2$
Induktansi Bersama /Silang	
	Besarnya GGL induksi Di kumparan 1 : $\varepsilon_1 = -N_1 \frac{d\Phi_{12}}{dt} = -M_{12} \frac{di_2}{dt}$ Di kumparan 2: $\varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\Phi_{21}}{dt} = -M_{21} \frac{di_1}{dt}$

Listrik AC

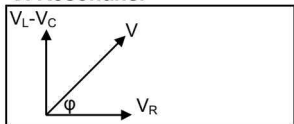
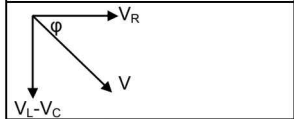
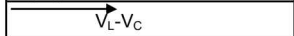
A. Konsep Dasar

Arus dan tegangan bolak-balik (AC) adalah arus dan tegangan yang memiliki persamaan sinusoida	Tegangan: $V = V_{\max} \cdot \sin \omega t$ Arus: $I = I_{\max} \cdot \sin \omega t$ Impedansi: $Z = \frac{V}{I}$
Nilai rata-rata arus AC	Nilai rata-rata tegangan AC
$I_r = \frac{2 \cdot I_{\max}}{\pi}$	$V_r = \frac{2 \cdot V_{\max}}{\pi}$
Nilai efektif arus AC	Nilai efektif tegangan AC
$I_{\text{eff}} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$	$V_{\text{eff}} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}}$

B. Rangkaian Seri R, L, dan C

	nilai-nilai tegangan pada tiap komponen: $V_R = V_{R-\max} \sin(\omega t - \theta)$ $V_L = V_{L-\max} \sin(\omega t - \theta + 90^\circ)$ $V_C = V_{C-\max} \sin(\omega t - \theta - 90^\circ)$
Karena tegangan tiap komponen mempunyai perbedaan sudut fase maka hubungan V , V_R , V_L dan V_C : $V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$	Karena pada rangkaian seri arus sama besar maka: $I \cdot Z = \sqrt{(I \cdot R)^2 + ((I \cdot X_L) - (I \cdot X_C))^2}$ $Z = \text{impedansi (nilai hambatan total)}$
X_L reaktansi induktif (nilai hambatan pada induktor) $X_L = \omega \cdot L = 2\pi fL$	X_C reaktansi kapasitif (nilai hambatan pada kapasitor) $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi fC}$
Impedansi (nilai hambatan total): $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	Fasa antara arus dan tegangannya adalah : \cos $\theta = \frac{R}{Z}$

C. Resonansi

	Jika $X_L > X_C \rightarrow$ Rangkaian Induktif V mendahului I sebesar θ
	Jika $X_L < X_C \rightarrow$ Rangkaian Kapasitif I mendahului V sebesar θ
	Jika $X_L = X_C \rightarrow$ Rangkaian Resistif V dan I sefase
Frekuensi Resonansi $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$	Syarat Resonansi: $X_L = X_C$ $Z = R$ $\theta = 0$

D. Daya Rangkaian Arus Bolak-balik

Karena ada perbedaan fase antara arus dan tegangan AC, yang mana $I = I_{\text{maks}} \sin \omega t$ dan $V = V_{\text{maks}} \sin (\omega t + \theta)$, sehingga dengan mensubstitusikan bentuk ini ke persamaan daya $P = VI$, maka diperoleh "Daya sesaat"

$$\text{Daya Sesaat: } P = V_{\text{maks}} \cdot I_{\text{maks}} \left(\cos \theta \sin^2 \omega t + \frac{1}{2} \sin \theta \sin 2\omega t \right)$$

$\cos \theta \equiv$ faktor daya

Gelombang Elektromagnetik

A. Konsep Dasar

Cepat Rambat Gelombang

$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$	$\mu_0 = \text{permeabilitas vakum } (4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/ A.m})$ $\epsilon_0 = \text{permitivitas vakum } (8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N.m}^2)$
---	--

Sifat-sifat Gelombang Elektromagnetik

Merupakan gelombang transversal. Merambat dalam ruang hampa. Dapat mengalami refleksi, refraksi, difraksi, interferensi, dan polarisasi. Tidak dibelokkan oleh medan listrik maupun magnet

Spektrum Gelombang elektromagnetik

<p>Urutan spektrum gelombang elektromagnetik mulai dari frekuensi terkecil ke frekuensi terbesar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • gelombang radio • gelombang televisi • gelombang radar • sinar inframerah • cahaya tampak (MeJiKuHiBiNiU) • sinar ultraviolet • sinar-x • sinar gamma 	<p>↓</p> <p>Frekuensi (f) membesar Panjang gelombang mengecil</p>
--	---

Kuat Medan Listrik dan Kuat Medan Magnetik

$E = E_{\text{maks}} \cos(kx - \omega t)$	$B = B_{\text{maks}} \cos(kx - \omega t)$
---	---

Maka akan diperoleh hubungan: $\frac{E_{\text{maks}}}{B_{\text{maks}}} = \frac{E}{B} = \frac{\omega}{k} = c$

Dimana:
 E_{maks} = amplitudo medan listrik, (N/C)
 B_{maks} = amplitudo medan magnetik, (Wb/m²)
 c = laju gelombang elektromagnetik dalam vakum

Intensitas Gelombang Elektromagnetik

$\bar{S} = I = \frac{P}{A} = \frac{E_m \cdot B_m}{2\mu_0} = \frac{E_m^2}{2\epsilon_0 \cdot c} = \frac{c \cdot B_m^2}{2\mu_0}$	$\bar{u} = \frac{\bar{S}}{c}$
---	-------------------------------

Teori Relativitas Khusus

A. Teori Relativitas Einstein

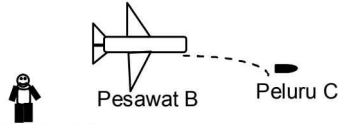
Postulat Pertama Einstein

"Hukum-hukum fisika dapat dinyatakan dalam persamaan yang berbentuk sama dalam semua kerangka acuan inersial"

Postulat Kedua Einstein

"Kelajuan cahaya dalam ruang hampa adalah sama untuk semua pengamat, tidak bergantung pada gerak relatif antara pengamat dan sumber cahaya"

Kecepatan Relativitas

 <p>Pengamat A</p> <p>Pesawat B</p> <p>Peluru C</p>	<p>Laju peluru C menurut pengamat A :</p> $V_{AC} = \frac{V_{AB} + V_{BC}}{1 + \frac{V_{AB} \cdot V_{BC}}{C^2}}$ <p>Catatan: jika arah berlawanan laju bertanda negatif</p>
--	---

Relativitas Panjang

Sebuah benda dengan panjang L akan terukur memendek, jadi L bila benda dan kerangka pengukur saling bergerak dengan kecepatan relatif v.

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

Relativitas Massa

Sebuah benda dengan panjang m akan terukur lebih berat (m), bila benda dan kerangka pengukur saling bergerak dengan kecepatan relatif v

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

Dilatasi Waktu

Relativitas khusus mengharuskan kita memandang perbedaan selang waktu antara dua kerangka yang bergerak dengan kecepatan relatif v.

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

$$v = 0,6c \Leftrightarrow \sqrt{1 - v^2/c^2} = 0,8$$

$$v = 0,8c \Leftrightarrow \sqrt{1 - v^2/c^2} = 0,6$$

$$v = \frac{1}{2}c \Leftrightarrow \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{1}{2}\sqrt{3}$$

B. Momentum dan Energi Relativistik

Momentum Relativistik

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

Energi Relativistik

Massa adalah bentuk lain dari energi, suatu benda saat diam bermassa m , maka benda tersebut memiliki energi (energi diam).

Bila benda bergerak dengan laju $v \rightarrow$ massa bertambah \rightarrow Energi bertambah

Energi Diam

$$E_0 = m_0 c^2$$

Energi Total

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

Energi Kinetik

$$E_k = E_t - E_0$$

Hubungan Energi dan Momentum

$$E_t^2 = E_0^2 + p^2 c^2$$

Radiasi dan Teori Kuantum

A. Radiasi Kalor

Radiasi kalor merupakan pemancaran energi kalor oleh permukaan suatu benda ke lingkunganya	Energi radiasi $E_r = e \cdot \sigma \cdot T^4 A \cdot t$
Daya Radiasi: $P = \frac{E}{t}$	Intensitas Radiasi: $I = \frac{P}{A_0}$
$e =$ Emisivitas = koefisien emisi, ($0 \leq e \leq 1$) Benda hitam sempurna nilai $e = 1$. $\sigma =$ tetapan Stefan-Boltzmann = $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ $T =$ suhu mutlak benda, (Kelvin) $A_0 =$ luasan yang ditembus oleh radiasi kalor (seringnya berupa luasan bola $4 \pi \cdot R^2$).	

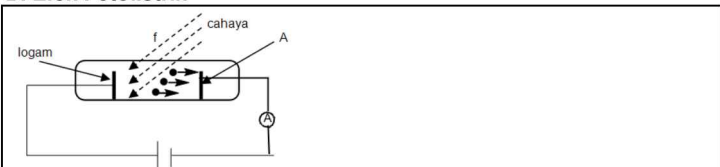
B. Intensitas Radiasi Benda Hitam

<p>Benda hitam pada suhu tertentu akan meradiasi energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang bervariasi.</p> <p>Hubungan antara panjang gelombang pada intensitas maksimum dan saat suhu mutlaknya tertentu diselidiki oleh Wien didapat grafik seperti berikut:</p>	<p>Dari grafik dapat dirumuskan pergeseran Wien</p> $\lambda_m \cdot T = c$ <p>$\lambda_m =$ panjang gelombang pada intensitas maksimum (m), $T =$ suhu mutlak benda (Kelvin), $c =$ konstanta wien = $2,9 \times 10^{-3} \text{ mK}$.</p>

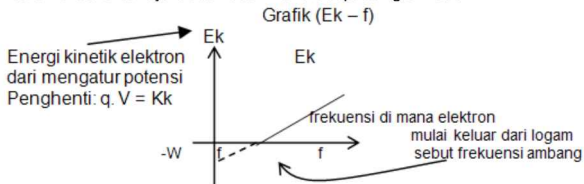
C. Teori Foton Max Planck

Molekul-molekul yang bergerak akan memancarkan energi diskrit: $E_n = n \cdot h \cdot f$
Molekul-molekul memancarkan atau menyerap energi dalam bentuk satuan-satuan diskrit yang disebut foton atau kuata. Tiap-tiap foton mempunyai energi sebesar: $E = h \cdot f$
$N =$ bilangan bulat positif: 1, 2, 3, ... yang dinamakan bilangan kuatum. $f =$ frekuensi getaran molekul-molekul $h =$ tetapan Planck yang besarnya $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

D. Efek Fotolistrik



Ketika frekuensi cahaya diubah-ubah maka didapatkan grafik sbb:



Efek Fotolistrik Einstein

Menurut Einstein, cahaya merambat dalam bentuk paket-paket energi disebut foton. Foton berperilaku seperti partikel dan tiap foton mengandung energi sebesar: $E = h \cdot f = h \frac{C}{\lambda}$

Bila energi foton sebesar hf ini cukup besar, maka sebagian energi digunakan untuk melepaskan elektron dari ikatannya, dan sisanya dipakai untuk energi kinetik elektron

$h \cdot f = h \cdot f_0 + E_{k_{\max}}$ $\frac{W_0}{e}$	hf = energi foton cahaya yang digunakan,
	hf_0 = energi foton minimal diperlukan untuk melepaskan elektron = energi ambang = fungsi kerja (ditulis W_0),
	$E_{k_{\max}}$ = energi kinetik maksimum fotoelektron.

E. Efek Compton

Foton (GEM, termasuk cahaya) memiliki sifat sebagai materi, tapi tetap saja foton tidak bermassa dan tidak pula bermuatan, hanya dia memiliki momentum.

Efek Compton:
peristiwa terhamburnya sinar-X akibat tumbukan dengan elektron.

Momentum Foton

$$P = \frac{h}{\lambda}$$

Dari hukum kekekalan momentum serta kekekalan energi panjang gelombang pada hamburan Compton diperoleh:

$\lambda' = \lambda + \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta)$	λ = panjang gel. foton sebelum tumbukan
	λ' = panjang gel. foton setelah tumbukan
	h = tetapan Planck
	m = massa elektron,
	c = kecepatan cahaya dalam vakum,
	θ = sudut hamburan foton terhadap arah semula.

F. Produksi Pasangan

Peristiwa dimana foton lenyap dan menjelma dua materi saling anti (contoh elektron dan positron)	$E_{\text{foton}} = E_{\text{materi}} \rightarrow h \cdot f = 2m_0c^2 + E_{k_{\text{tot}}}$
Dapat juga proses kebalikan dari produksi pasangan di mana materi lenyap dan menjelma menjadi foton.	$E_{\text{materi}} = E_{\text{foton}}$

G. Sinar X Bremstrahlung

Dihasilkan oleh perlambatan elektron pada logam berat. Bersifat kontinyu.
Rumus panjang gelombang minimum: $\lambda_{\text{min}} = \frac{hc}{eV}$

H. Hipotesis De Broglie

Cahaya (foton) punya sifat sebagai partikel maka partikel juga harus punya sifat sebagai cahaya (GEM), yang mana partikel bergerak memiliki panjang gelombang	Panjang Gelombang de Broglie $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$
Jika partikel dipercepat oleh suatu beda potensial (ΔV)	$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mq(\Delta V)}}$

Fisika Atom

A. Model Atom

Demokritus	Atom zat terkecil yang tidak bisa dibagi.
Dalton	Atom bagian terkecil dari unsur. Atom dapat bergabung membentuk molekul. Berlaku hukum kekekalan masa dan perbandingan tetap. Teori Dalton gugur dengan penemuan sinar katoda dan elektron.
Sinar Katoda & Penemuan Elektron	Sinar katoda dapat dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnet. Sinar katoda ternyata aliran partikel bermuatan negatif (elektron). Nilai $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C (ditemukan oleh milikan). Massa elektron adalah $9,1 \times 10^{-31}$ kg. Fakta menunjukkan atom bukan bagian terkecil untuk dibagi lagi.
Thompson	Atom terdiri dari muatan positif dan negatif yang tersebar merata. Gugur karena tidak mampu menjelaskan hamburan sinar alfa pada lempeng emas tipis.
Rutherford	Atom terdiri dari inti yang bermuatan positif dan dikelilingi oleh elektron seperti tata surya. Kelemahan: tidak dapat menerangkan kestabilan atom dan spektrum atom bersifat diskrit.

B. Spektrum Atomik

Spektrum Atom	
Spektrum atom bersifat diskrit. Semakin ke kiri semakin rapat. Elektron bertransisi dari kulit luar ke dalam → atom melepaskan energi (foton).	
Deret-deret Spektrum Atom Hidrogen	
Deret Lyman → Daerah ultra violet	$\rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \quad n = 2, 3, \dots$
Deret Balmer → Daerah cahaya tampak.	$\rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n = 3, 4, \dots$
Deret Paschen → Daerah infra merah -1.	$\rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n = 4, 5, \dots$
Deret Brackett → Daerah infra merah-2.	$\rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n = 5, 6, \dots$
Deret Pfund → Daerah infra merah-3.	$\rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n = 6, 7, \dots$
Keterangan: λ = panjang gelombang R = tetapan Rydberg ($1,0074 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$)	

C. Model Atom Bohr

Postulat 1 Bohr

Elektron atom hidrogen mengelilingi inti hanya pada lintasan tertentu dengan:

$$\text{Momentum angular} \rightarrow m \cdot v \cdot r = n \left(\frac{h}{2\pi} \right); n = 1, 2, 3, \dots$$

$$\text{Jari-jari lintasan} \rightarrow r_n = 5,3 \cdot 10^{-11} \cdot n^2$$

$$\text{Energi elektron} \rightarrow E_m = -\frac{13,6}{n^2} \text{ (dalam eV)} \quad E_m = -\frac{2,174 \times 10^{-18}}{n^2} \text{ (dalam J)}$$

Keterangan:

$n = 1, 2, 3, \dots$ (-) menunjukkan energi total E merupakan energi ikat.

Untuk $n = 1$

$r_1 = 5,3 \cdot 10$ meter \rightarrow jari-jari terkecil (jari-jari Bohr)

$E_1 = 13,6$ eV \rightarrow energi ikat terbesar saat elektron berada pada jari-jari Bohr.

Untuk $n = \infty$

$\rightarrow r = \infty$, elektron sangat jauh dari inti $\rightarrow E = 0$ elektron tidak lagi terikat oleh inti

Postulat 2 Bohr

Elektron dapat berpindah lintasan. Jika $n_A > n_B$ dan bertransisi dari n_A ke n_B , maka akan memancarkan energi. Jika sebaliknya maka akan menyerap energi. Energi yang dipancarkan atau diserap dalam bentuk energi foton dengan rumus:

$$\Delta E = h \cdot f = h (c/\lambda) \quad \Delta E = E_{n_A} - E_{n_B} \text{ dengan } n_A > n_B$$

$$\Delta E = -13,6 \left(\frac{1}{n_B^2} - \frac{1}{n_A^2} \right) \text{ eV} \rightarrow \text{Frekuensi (f)} = cR \left(\frac{1}{n_B^2} - \frac{1}{n_A^2} \right)$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 1/\lambda = R \left(\frac{1}{n_B^2} - \frac{1}{n_A^2} \right) \text{ eV}$$

Kelemahan

Tidak dapat menjelaskan adanya struktur halus. Tidak bisa menjelaskan spektrum atom berelektron banyak. Tidak bisa menjelaskan efek Zeeman

D. Model Atom Mekanika Kuantum

Keberadaan elektron di dalam atom diberikan dengan 4 bilangan kuantum: bilangan kuantum utama, bilangan kuantum orbital, bilangan kuantum magnetik dan bilangan kuantum spin.

$$\text{Untuk atom berelektron tunggal, energi elektron} \rightarrow E_m = -\frac{13,6Z^2}{n^2} \text{ eV}$$

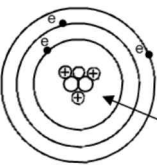
$$\text{Momentum sudut orbital elektron: } L = \sqrt{\ell(\ell + 1)}\hbar$$

Tidak boleh ada 2 elektron dlm atom memiliki bilangan kuantum yg sama (Azas Pauli)

Pengisian elektron dari tingkat energi yang lebih rendah terlebih dahulu (Aturan Hund dan Aufbau)

Fisika Inti dan Radioaktivitas

A. Struktur Inti

 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> ${}^A_Z X = {}_Z X^A$ </div>	<p>X = lambang atom Z = nomor atom (jml proton) A = nomor massa (jml proton + neutron) Proton: Massa = $1,68 \times 10^{-27}$ kg Muatan = $1,6 \times 10^{-19}$ C Neutron: Massa = $1,68 \times 10^{-27}$ kg Muatan = 0 Jumlah neutron: N = A - Z</p>
<p>Defek Massa</p>	
<p>Selisih massa pembentuk dengan massa inti ketika proton dan neutron membentuk inti atom.</p>	
<p>$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n] - m_{inti}$</p>	
<p>Dimana: m_p : massa proton dan m_n : massa neutron</p>	
<p>Energi Ikat Inti</p>	
<p>$E_{ikat} = \Delta m \cdot c^2$ dan $E_{ikat} = \Delta m \times 931 \text{ MeV}$</p>	

B. Partikel Elementer

<p>Elektron = ${}^0_{-1} e = {}^0_{-1} \beta = \text{Sinar } \beta$</p>	<p>Sinar $\gamma = {}^0_0 \gamma = \text{Gel Elektron magnetik}$</p>
<p>Positron = ${}^0_1 e$</p>	<p>Deutron = ${}^2_1 \text{H}$ (inti dari atom deuterium ${}^2_1 \text{H}$)</p>
<p>Proton = ${}^1_1 p$</p>	<p>Triton = ${}^3_1 \text{H}$</p>
<p>Neutron = ${}^1_0 n$</p>	<p>Neutrino = ${}^0_0 \nu$</p>
<p>Sinar $\alpha = \text{inti He} = {}^4_2 \text{He}$</p>	<p>Antineutrino = ${}^2_1 \bar{\nu}$</p>

C. Radioaktivitas

Sinar-Sinar Radioaktif

Sinar Alfa (α)

Merupakan inti helium (He). Daya tembus lemah dan daya ionisasi kuat

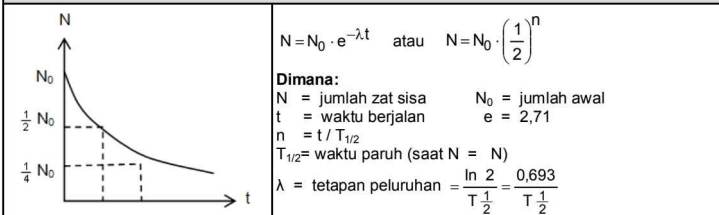
Sinar Beta (β)

Merupakan elektron. Daya tembus lebih kuat dibanding sinar α . Daya ionisasi lebih lemah dibanding dengan sinar α

Sinar Gamma (γ)

Gelombang elektromagnetik bernergi tinggi. Daya tembus paling kuat dan daya ionisasi paling kecil.

Peluruhan Radioaktif



Aktivitas Inti Radioaktif

Rumus: $A = \lambda N$

A = aktivitas peluruhan per detik

N = jumlah inti

Pelemahan Intensitas Sinar Radio Aktif

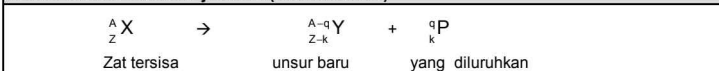
Rumus: $I = I_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n$

I = Intensitas

I_0 = Intensitas awal

$n = x / HVL$

Proses Inti Meluruh Menuju Stabil (Radioaktivitas)

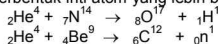


D. Reaksi Inti

Proses perubahan susunan inti atom akibat tumbukan dengan partikel-partikel atau inti lain yang berenergi tinggi dan tumbukan inti baru yang berbeda dengan inti semula

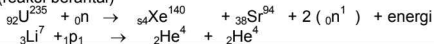
Reaksi Fusi

Terbentuk inti atom yang lebih berat. Untuk sementara hanya terjadi di matahari dan bintang.



Reaksi Fisi

Terbentuk inti atom-atom lebih ringan. Membutuhkan neutron lambat untuk memulai dan akan menghasilkan neutron cepat. Neutron cepat yang diperlambat moderator dapat menghasilkan fisi lagi (reaksi berantai)



Ketetapan Pada Reaksi Inti

Hukum kekekalan nomor atom

Jumlah nomor atom, sebelum reaksi = sesudah reaksi
 $e + f = g + h$

Hukum kekekalan nomor massa

Jumlah nomor massa, sebelum reaksi = sesudah reaksi
 $a + b = c + d$

Hukum kekekalan energi

Jumlah energi, sebelum reaksi = sesudah reaksi

Dengan 1 sma sentra 931 MeV, maka:

$$Q = \{(m_x + m_p) - (m_y + m_R)\} \times 931 \text{ MeV}$$

$Q > 0$ dibebaskan energi (eksotermik)

$Q < 0$ diserap energi (endotermik)

Hukum kekekalan momentum Linier

Jumlah momentum linier, sebelum reaksi = sesudah reaksi

Momentum (${}_e\text{X}^a$) + momentum (${}_f\text{P}^b$) = momentum (${}_g\text{Y}^c$) + momentum (${}_h\text{R}^d$)

Hukum kekekalan momentum Sudut

Jumlah momentum sudut, sebelum reaksi = sesudah reaksi