

## BAB 1 DINAMIKA ROTASI

### Momen Gaya atau Torsi

Momen gaya atau torsi dapat didefinisikan dengan beberapa pengertian:

1. Torsi adalah gaya pada sumbu putar yang dapat menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar.
2. Torsi disebut juga momen gaya.
3. Momen gaya/torsi bernilai positif untuk gaya yang menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar searah dengan putaran jam, dan sebaliknya
4. Setiap gaya yang arahnya tidak berpusat pada sumbu putar benda atau titik massa benda dapat dikatakan memberikan Torsi pada benda tersebut.

Torsi atau momen gaya dirumuskan dengan:

$$\tau = r \times F$$

dimana:

$\tau$  adalah torsi atau momen gaya (Nm).  $r$  adalah lengan gaya (m).  $F$  adalah gaya yang diberikan tegak lurus dengan lengan gaya (N)

Jika gaya yang bekerja pada lengan gaya tidak tegak lurus, maka besar torsinya adalah:

$$\tau = r \times F \times \sin \theta$$

dimana  $\theta$  adalah sudut antara gaya dengan lengan gaya.

### Momen Inersia

Momen inersia didefinisikan sebagai kelembaman suatu benda untuk berputar pada porosnya. Besar momen inersia bergantung pada bentuk benda dan posisi sumbu putar benda tersebut.

Momen inersia dirumuskan dengan:

$$I = mr^2$$

dimana:

$I$  = momen inersia ( $\text{kgm}^2$ )

$r$  = jari-jari (m)

$m$  = massa benda atau partikel (kg)

Benda yang terdiri atas susunan partikel atau benda-benda penyusunnya yang lebih kecil, jika melakukan gerak rotasi, maka momen inersianya sama dengan hasil jumlah semua momen inersia penyusunnya:

$$I = \sum m_i \times r_i^2$$

$$I = (mr_1^2) + (mr_2^2) + (mr_3^2) + \dots$$

### Momentum Sudut

Momentum sudut adalah ukuran kesukaran benda untuk mengubah arah gerak benda yang sedang berputar atau bergerak melingkar.

Momentum sudut dirumuskan dengan:

$$L = mvr$$

$$L = I\omega$$

dimana:

L = momentum sudut ( $\text{kgm}^2\text{s}^{-1}$ )

I = momen inersia benda ( $\text{kgm}^2$ )

$\omega$  = kecepatan sudut benda (rad/s)

m = massa benda (kg)

v = kecepatan linear (m/s)

r = jarak benda ke sumbu putarnya (m)

### Energi Kinetik Rotasi

Energi kinetik rotasi adalah energi kinetik yang dimiliki oleh benda yang bergerak rotasi yang dirumuskan dengan:

$$Ek_r = \frac{1}{2}I\omega^2$$

Jika benda tersebut bergerak secara rotasi dan juga translasi, maka energi kinetik totalnya adalah gabungan dari energi kinetik translasi rotasi dan energi kinetik rotasi:

$$Ek_t = Ek + Ek_r$$

$$Ek_t = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

dimana:

$Ek_t$  = Energi kinetik total benda

$Ek$  = energi kinetik translasi

$Ek_r$  = energi kinetik rotasi

m = massa benda (kg)

v = kecepatan linear (m/s)

I = momen inersia benda ( $\text{kgm}^2$ )

$\omega$  = kecepatan sudut benda (rad/s)

### Hukum Newton 2 Untuk Rotasi

Benda yang bergerak secara translasi menggunakan hukum newton II ( $\Sigma F = ma$ ) dan benda yang bergerak secara rotasi juga memakai konsep hukum Newton yang sama, akan tetapi besarnya memakai besaran-besaran rotasi. Sehingga, Hukum Newton II untuk benda yang bergerak secara rotasi atau bergerak melingkar memakai rumus:

$$\tau = I\alpha$$

dimana:

$\tau$  = total torsi yang bekerja pada benda

I = momen inersia benda

$\alpha$  = percepatan sudut benda

### KESEIMBANGAN BEND TEGAR

#### Pengertian Benda Tegar

Benda tegar adalah suatu benda yang bentuknya tidak berubah saat diberi gaya dari luar. Semua gaya yang bekerja pada benda tersebut hanya dianggap bekerja pada titik materi yang menyebabkan terjadinya gerak translasi ( $\Sigma F = 0$ )

Keseimbangan benda tegar adalah kondisi di mana momentum suatu benda bernilai nol. Artinya, jika awalnya suatu benda diam, benda tersebut akan cenderung untuk diam.

Jika ditinjau dari system partikel, syarat keseimbangan yang berlaku pada benda hanya syarat keseimbangan translasi. Hal itu berbeda dengan syarat keseimbangan benda tegar.

### Syarat Keseimbangan Benda Tegar

Syarat keseimbangan yang berlaku pada benda tegar adalah syarat keseimbangan translasi dan rotasi. Adapun syarat yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut.

1. Total gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol ( $\Sigma F = 0$ ).
2. Total momen gaya (torsi) yang bekerja pada benda sama dengan nol ( $\Sigma \tau = 0$ ).

### Macam-macam Keseimbangan Benda Tegar

Berdasarkan kemampuan benda untuk kembali ke posisi semula, keseimbangan benda tegar dibagi menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

#### 1. Keseimbangan stabil (mantap)

Keseimbangan stabil adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke posisi semula saat benda diberi gangguan. Gangguan tersebut mengakibatkan posisi benda

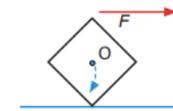
berubah (pusat gravitasi O naik). Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar berikut.



Sumber: Quipper Video

#### 2. Keseimbangan labil (goyah)

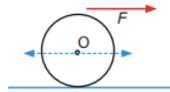
Keseimbangan labil terjadi jika benda tidak bias kembali ke posisi semula saat gangguan pada benda dihilangkan. Gangguan yang diberikan menyebabkan posisi benda berubah (pusat gravitasi O turun). Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar berikut.



Sumber: Quipper Video

#### 3. Keseimbangan netral (indeferen)

Keseimbangan netral terjadi jika benda mendapatkan gangguan di mana pusat gravitasi O pada benda tidak naik atau tidak turun. Akan tetapi, benda berada di posisinya yang baru. Perhatikan gambar berikut.



Sumber: Quipper Video

Benda yang berada dalam keseimbangan stabil bias mengalami gerak menggeser (translasi) atau mengguling (rotasi) saat diberi gaya dari luar. Apakah syarat benda dikatakan mengalami translasi atau rotasi?

- Syarat benda bergerak secara translasi adalah ( $\Sigma F \neq 0$ ) dan ( $\Sigma \tau = 0$ ).
- Syarat benda bergerak secara rotasi adalah ( $\Sigma F = 0$ ) dan ( $\Sigma \tau \neq 0$ ).
- Syarat benda bergerak secara menggelinding (translasi dan rotasi) adalah ( $\Sigma F \neq 0$ ) dan ( $\Sigma \tau \neq 0$ ).

### Momen Kopel

Momen kopel adalah pasangan gaya yang besarnya sama, tetapi berlawanan arah. Kopel yang bekerja pada suatu benda akan menyebabkan terbentuknya momen kopel. Secara matematis, momen kopel dirumuskan sebagai berikut.

$$M = F \times d$$

Keterangan:

$M$  = momen kopel (Nm);

$F$  = gaya (N); dan

$d$  = panjang lengan gaya (m).

Oleh karena memiliki besar dan arah, maka momen kopel termasuk dalam besaran vektor. Untuk itu, Quipperian harus memperhatikan kecenderungan benda saat berputar. Cara termudahnya dengan membuat perjanjian tanda seperti berikut.

1. Momen kopel bernilai negative jika berputar searah putaran jarum jam.
2. Momen kopel bernilai positif jika berlawanan dengan arah putaran jarum jam.

Jika beberapa momen kopel bekerja pada suatu bidang, persamaannya menjadi:

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n$$

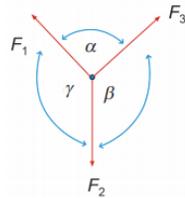
### Keseimbangan Tiga Buah Gaya

Saat Quipperian menjumpai ada tiga buah gaya bekerja pada satu titik partikel dalam keadaan seimbang, gunakan SUPER "Solusi Quipper" berikut.

• Super "Solusi Quipper" •

1. Resultan dua buah gaya akan sama besar dan berlawanan arah dengan gaya yang lain.
2. Hasil bagi setiap besar gaya dengan sinus sudut di seberangnya selalu bernilai sama.

Ilustrasi ketiga gaya ditunjukkan oleh gambar berikut.



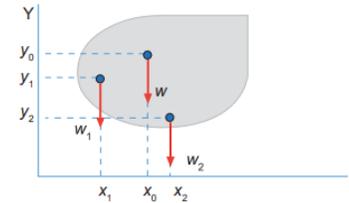
Untuk mencari perbandingan gaya-gayanya, gunakan persamaan berikut.

$$\frac{F_1}{\sin \beta} = \frac{F_2}{\sin \alpha} = \frac{F_3}{\sin \gamma}$$

**Titik Berat**

Pada prinsipnya, sebuah benda terdiri dari banyak partikel di mana setiap partikel memiliki berat. Resultan seluruh berat partikel di dalam benda disebut sebagai berat benda. Berat benda bekerja melalui satu titik tunggal yang disebut titik berat (titik gravitasi). Untuk benda yang ukurannya tidak terlalu

besar, titik berat hamper berimpit dengan pusat massanya. Perhatikan ilustrasi berikut.



Sumber: Quipper Video

Adapun koordinat titik beratnya (*w*) dirumuskan sebagai berikut.

$$x_0 = \frac{x_1 w_1 + x_2 w_2 + \dots}{w_1 + w_2 + \dots}$$

$$y_0 = \frac{y_1 w_1 + y_2 w_2 + \dots}{w_1 + w_2 + \dots}$$

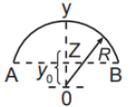
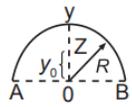
**1. Titik berat benda berdimensi satu**

Secara matematis, dirumuskan sebagai berikut.

$$x_0 = \frac{x_1 L_1 + x_2 L_2 + \dots}{L_1 + L_2 + \dots}$$

$$y_0 = \frac{y_1 L_1 + y_2 L_2 + \dots}{L_1 + L_2 + \dots}$$

Untuk benda homogen berbentuk garis, titik beratnya bias dilihat di table berikut.

Nama Benda	Gambar Benda	Letak Titik Berat	Keterangan
Garis lurus		$y_0 = \frac{1}{2}AB$	Z = titik tengah garis
Busur lingkaran		$y_0 = \frac{\overline{AB}}{AB} R$	R = jari-jari lingkaran $\overline{AB}$ = tali busur AB AB = busur AB
Busur setengah lingkaran		$y_0 = \frac{2R}{\pi}$	R = jari-jari lingkaran

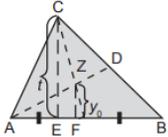
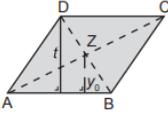
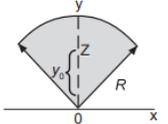
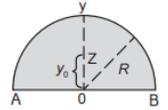
## 2. Titik berat benda berdimensi dua (luas)

Secara matematis, dirumuskan sebagai berikut.

$$x_0 = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

$$y_0 = \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

Untuk benda homogen berbentuk bidang, titik beratnya bias dilihat di table berikut.

Nama Benda	Gambar Benda	Letak Titik Berat	Keterangan
Bidang segitiga		$y_0 = \frac{1}{3}t$	t = tinggi segitiga
Jajaran genjang Belah ketupat Persegi Persegi panjang		$y_0 = \frac{1}{2}t$	t = tinggi Z = perpotongan diagonal AC dan BD
Bidang juring lingkaran		$y_0 = \frac{2}{3}R \times \frac{\text{tali busur AB}}{\text{busur AB}}$	R = jari-jari lingkaran
Bidang setengah lingkaran		$y_0 = \frac{4R}{3\pi}$	R = jari-jari lingkaran

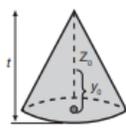
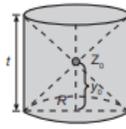
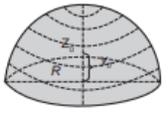
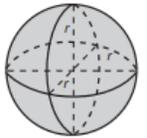
## 3. Titik berat benda berdimensi tiga (volume)

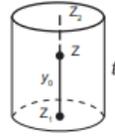
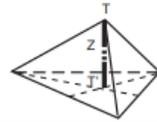
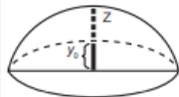
Secara matematis, dirumuskan sebagai berikut.

$$x_0 = \frac{x_1 V_1 + x_2 V_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

$$y_0 = \frac{y_1 V_1 + y_2 V_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

Untuk benda homogen berbentuk ruang, titik beratnya bias dilihat di table berikut.

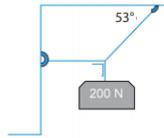
Benda Ruang atau Bervolume (3 Dimensi)		
Nama Benda	Gambar	Letak Titik Berat
Kerucut pejal dengan tinggi $t$		$y_0 = \frac{1}{4}t$ $V = \frac{1}{3}\pi R^2 t$
Silinder pejal dengan tinggi $t$		$y_0 = \frac{1}{2}t$ $V = \pi R^2 t$
Setengah bola pejal dengan jari-jari $R$		$y_0 = \frac{3}{8}R$ $V = \frac{2}{3}\pi R^3$
Bola pejal dengan jari-jari $R$ dan sama dengan kulitnya		$y_0 = R$ $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

Nama Benda	Gambar Benda	Letak Titik Berat	Keterangan
Bidang kulit prisma		Z terletak pada titik tengah garis $Z, Z_1$ $y_0 = \frac{1}{2}l$	$l$ panjang sisi tegak
Bidang kulit silinder tanpa tutup		$y_0 = \frac{1}{2}t$ $A = 2\pi RT$	$t$ = tinggi silinder $R$ = jari-jari lingkaran alas silinder $A$ = luas alas silinder
Bidang kulit limas		$TZ = \frac{1}{3}TT$	$TT$ = garis tinggi ruang
Bidang kulit kerucut		$ZT = \frac{1}{3}TT$	$TT$ = tinggi kerucut $T'$ = pusat lingkaran alas kerucut
Bidang kulit setengah bola		$y_0 = \frac{1}{2}R$	$R$ = jari-jari

Belajar keseimbangan benda tegar belum afdal jika belum mengerjakan latihan soal, ya. Berikut ini contoh-contoh soal terkait keseimbangan benda tegar yang bias Quipperian pelajari selanjutnya.

### Contoh soal

Perhatikan gambar berikut.

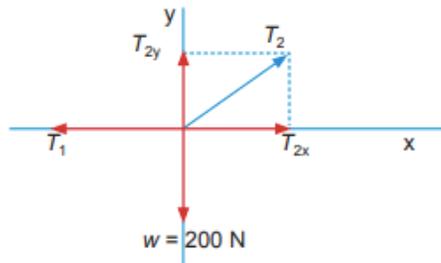


Jika benda dalam keadaan diam, tentukan besar tegangan pada kedua tali tersebut!

$$\left( \tan 37^\circ = \frac{3}{4} \right)$$

### Pembahasan:

Mula-mula, perhatikan analisis gayaberikut.



$$w = 200 \text{ N}$$

$$T_{2x} = T_2 \cos 53^\circ = 0,6T_2$$

$$T_{2y} = T_2 \sin 53^\circ = 0,8T_2$$

Kemudian, terapkan syarat keseimbangan.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Leftrightarrow T_{2x} - T_1 = 0$$

$$\Leftrightarrow T_1 = T_{2x}$$

$$\Leftrightarrow T_1 = 0,6T_2 \dots (*)$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Leftrightarrow T_{2y} - w = 0$$

$$\Leftrightarrow T_{2y} = w$$

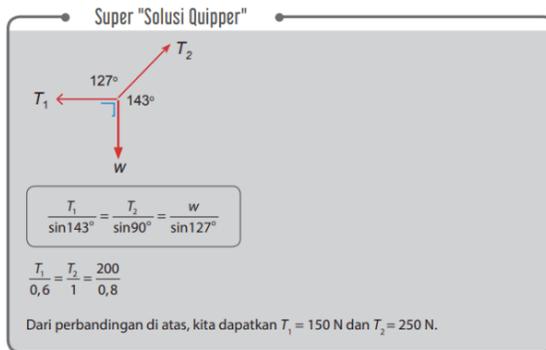
$$\Leftrightarrow 0,8T_2 = 200$$

$$\Leftrightarrow T_2 = 250 \text{ N}$$

Dengan mensubstitusikan nilai  $T_2 = 250$  kepersamaan (\*), diperoleh:

$$\begin{aligned} T_1 &= 0,6T_2 \\ &= 0,6(250) \\ &= 150 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi, tegangan pada kedua tali berturut-turut adalah 150 N dan 250 N.



### C. PENGERTIAN TEGANGAN (STRESS) DAN REGANGAN (STRAIN)

TEGANGAN adalah gaya yang bekerja pada satu satuan luas penampang bahan

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

REGANGAN adalah pertambahan panjang untuk tiap-tiap satuan panjang bahan

$$e = \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$$

“Perbandingan antara tegangan dan regangan adalah KONSTAN” ,Konstanta ini disebut Modulus Young (E)

## BAB 2 ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE

### A. PENGERTIAN ELASTIS

Elastis merupakan kemampuan atau sifat benda untuk kembali ke bentuk semula setelah gaya yang mengubah bentuk dihapuskan

### B. GAYA PEGAS (HUKUM HOOKE)

“Jika gaya tarik yang diberikan pada sebuah pegas tidak melampaui batas elastis bahan maka pertambahan panjang pegas berbanding lurus atau sebanding dengan gaya tariknya”.

Rumus:

$$F = -k \cdot \Delta x$$

Ket:

F = Gaya (N)

K = Konstanta Pegas (N/m)

$\Delta x$  = Pertambahan Panjang Pegas (m)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$E = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L}}$$

$$E = \frac{F \cdot L}{A \cdot \Delta L} \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan:

E = modulus Young (N/m<sup>2</sup>)

F = gaya (N)

L = panjang mula-mula (m)

$\Delta L$  = pertambahan panjang (m)

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

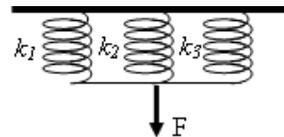
D. ENERGI POTENSIAL PEGAS

$$EP = \frac{1}{2} F \Delta x$$

$$EP = \frac{1}{2} (kx) x = \frac{1}{2} kx^2$$

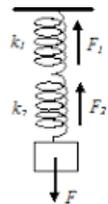
E. SUSUNAN PEGAS IDENTIK

1. SUSUNAN PARALEL



$$k_{tot} = k_1 + k_2 + k_3 + \dots$$

1. SUSUNAN SERI



$$\frac{1}{k_{tot}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots$$

F. PERIODE PEGAS DAN BANDUL

<p>Periode pegas</p> $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ <p>Periode bandul</p> $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
--

Keterangan:

T = periode (s).

m = massa benda (kg).

k = konstanta pegas (N/m).

l = panjang bandul (m).

g = percepatan gravitasi (10 m/s<sup>2</sup>).

### CONTOH SOAL

Seutas kawat logam dengan diameter 1,4 mm dan panjangnya 60 cm digantungi beban dengan massa 100 gram. Kawat itu bertambah panjang 0,3 mm. Jika percepatan gravitasi bumi sebesar 9,8 m/s<sup>2</sup>, hitunglah:

- tegangan,
- regangan, dan
- modulus Young bahan.

Penyelesaian:

Diketahui

$$d = 1,4 \text{ mm}$$

$$r = 0,7 \text{ mm} = 7 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\ell_0 = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$\Delta \ell = 0,3 \text{ mm} = 3 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Ditanyakan :

- $\delta$
- $e$
- $Y$

JAWAB:

$$\begin{aligned} \text{a. } \delta &= \frac{F}{A} = \frac{mg}{\pi r^2} = \frac{(0,1 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2)}{\left(\frac{22}{7}\right)(7 \times 10^{-4} \text{ m})^2} \\ &= 6,36 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{b. } e = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \frac{3 \times 10^{-4} \text{ m}}{0,6 \text{ m}} = 5 \times 10^{-4}$$

$$\text{c. } Y = \frac{\delta}{e} = \frac{6,36 \times 10^5}{5 \times 10^{-4}} = 1,272 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

## LATIHAN SOAL

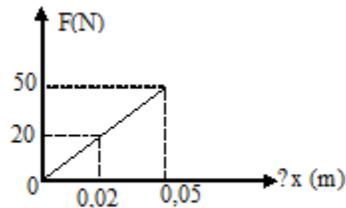
1

- . Pegas yang panjangnya  $L$  digantungkan beban sedemikian sehingga diperoleh data sebagai berikut:

Berat beban	2 N	3 N	4 N
Pertambahan panjang (cm)	0,50	0,75	1,0

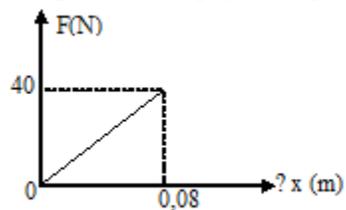
Berdasarkan tabel tersebut, dapat disimpulkan besar konstanta pegas adalah...

2. Grafik hubungan antara gaya ( $F$ ) terhadap penambahan panjang ( $\Delta x$ ) suatu pegas ditunjukkan gambar dibawah.



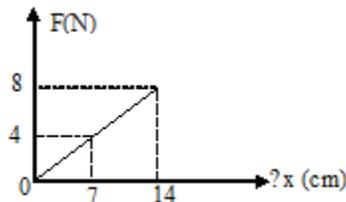
Konstanta pegas yang digunakan adalah...

3. Grafik ( $F$ - $x$ ) menunjukkan hubungan antara gaya dengan penambahan panjang pegas



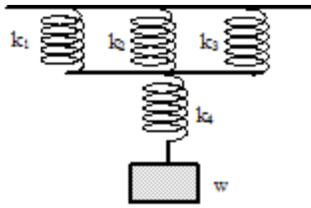
Besar energi potensial pegas berdasarkan grafik di atas adalah...

4. Grafik dibawah menunjukkan hubungan antara gaya ( $F$ ) dengan penambahan panjang ( $\Delta x$ ) sebuah pegas.



Energi potensial pegas pada saat mengalami penambahan panjang 14 cm adalah...

5.



Empat pegas identik masing-masing memiliki konstanta 300 N/m disusun seperti gambar!  
Konstanta gabungan keempat pegas adalah...

## BAB 3 FLUIDA STATIS

### Besaran-besaran Fluida

#### 1. Kompresibel dan tak kompresibel

Zat kompresibel artinya zat yang bisa dimampatkan karena bisa mengalami perubahan volume saat ditekan, contohnya gas. zat tak kompresibel artinya zat yang tidak bisa dimampatkan karena tidak mengalami perubahan volume saat ditekan, contohnya zat cair.

#### 2. Massa jenis

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

Massa jenis adalah ukuran kerapatan suatu benda. Semakin rapat susunan partikel di dalamnya, semakin besar massa jenisnya. Secara matematis, dirumuskan sebagai berikut.

Keterangan:  $\rho$  = massa jenis (kg/m<sup>3</sup>);  $V$  = volume (m<sup>3</sup>); dan  $m$  = massa benda (kg).

#### 3. Viskositas (kekentalan)

$$F_s = 6\pi\eta r v$$

Viskositas merupakan sifat tahanan suatu fluida terhadap tegangan yang diberikan. Hukum yang membahas tentang viskositas fluida ini adalah Hukum Stokes. Secara matematis, Hukum Stokes dirumuskan sebagai

berikut.

Keterangan:  $n =$

#### 3. Berat jenis

$$s = \frac{w}{V} = \rho \cdot g$$

Berat jenis didefinisikan sebagai berat fluida per satuan volume. Berat jenis dipengaruhi oleh percepatan gravitasi, sehingga nilainya bisa berubah-ubah

sesuai percepatan gravitasi di tempat tersebut. Secara matematis, dirumuskan sebagai berikut.

Keterangan:  $w$  = berat benda (N);  $V$  = volume benda ( $m^3$ )

#### 5. Tegangan permukaan

$$\gamma = \frac{F}{L}$$

Tegangan permukaan adalah kemampuan suatu permukaan zat cair untuk menegang.

Keterangan:  $\gamma$  = tegangan permukaan (N/m);

$F$  = gaya (N); dan  $L$  = panjang permukaan (m).

#### 6. Kapilaritas

Kapilaritas adalah peristiwa meresapnya zat cair di dalam pipa kapiler. Jika gaya adhesi lebih besar daripada kohesi, maka zat cair akan naik dalam pipa kapiler, contohnya air. Jika gaya kohesi lebih besar daripada gaya adhesi, maka zat cair akan turun, contohnya raksa.

Kenaikan atau penurunannya dirumuskan sebagai berikut

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

Keterangan:  $h$  = kenaikan atau penurunan zat cair dalam pipa kapiler (m);  $\gamma$  = tegangan permukaan (N/m);  $\theta$  = sudut kontak;  $\rho$  = massa jenis ( $kg/m^3$ );  $g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ ); dan  $r$  = jari-jari pipa kapiler (m).

#### Tekanan Hidrostatik

$$P = \rho g h$$

Keterangan:  $P$  = tekanan hidrostatik (N/m<sup>2</sup>);  $\rho$  = massa jenis fluida ( $kg/m^3$ ); dan  $h$  = kedalaman (m).

Penjumlahan antara tekanan hidrostatik dan tekanan udara luar akan menghasilkan besaran baru yang disebut tekanan mutlak. Secara matematis, dirumuskan sebagai berikut.

$$P_T = P_0 + \rho g h$$

Keterangan:  $P_T$  = tekanan mutlak (Pa); dan  $P_0$  = tekanan atmosfer (Pa).

#### Hukum Utama Hidrostatik

Pernyataan hukum utama hidrostatik adalah “semua titik yang terletak di suatu bidang datar di dalam fluida, akan memiliki tekanan yang sama”.

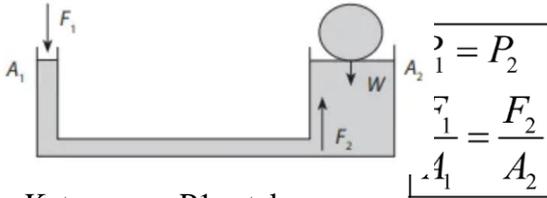
$$P_A = P_B$$

$$\rho_A g h_A = \rho_B g h_B$$

$$\rho_A h_A = \rho_B h_B$$

Keterangan:  $P_A$  = tekanan di penampang A (N/m<sup>2</sup>);  $P_B$  = tekanan di penampang B (N/m<sup>2</sup>);  $\rho_A$  = massa jenis fluida A (N/m<sup>3</sup>);  $\rho_B$  = massa jenis fluida B (N/m<sup>3</sup>);  $h_A$  = tinggi fluida A (N/m<sup>3</sup>); dan  $h_B$  = massa jenis fluida B (N/m<sup>3</sup>);

### Hukum Pascal



Pascal menyatakan bahwa “tekanan yang diberikan pada suatu fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan sama besar”.

Keterangan:  $P_1$  = tekanan

$P_2$  (N/m<sup>2</sup>);  $F_1$  = gaya tekan di penampang 1 (N/m<sup>2</sup>);  $F_2$  = gaya tekan di penampang 2

(N/m<sup>2</sup>);  $A_1$  = luas penampang pipa 1 (N/m<sup>2</sup>); dan  $A_2$  = luas penampang pipa 2 (N/m<sup>2</sup>);

di penampang 1 (N/m<sup>2</sup>);  $P_2$  = tekanan di penampang

### Hukum Archimedes

Keterangan:  $F_a$  = gaya apung atau gaya ke atas (N);  $\rho_f$  = massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>);  $g$  = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>); dan  $V_{bf}$  = volume benda tercelup (m<sup>3</sup>).

Adanya gaya apung ini menyebabkan suatu benda terapung, melayang, dan tenggelam di dalam air.

Konsekuensi Gaya Archimedes		
Terapung	Melayang	Tenggelam
$F_a > w$ $\rho_b < \rho_f$ $\rho_b < \frac{V_{bf}}{V_b} \times \rho_f$	$F_a = w$ $\rho_b = \rho_f$	$F_a < w$ $\rho_b > \rho_f$

Jika benda dimasukkan ke dalam air, maka memiliki berat semu yang dirumuskan sebagai berikut.

$$W_{bf} = W_u - F_A$$
$$W_{bf} = (\rho_b - \rho_f) V_{bf} g$$

Keterangan:  $W_{bf}$  = berat benda di dalam fluida (N);  $W_u$  = berat benda di udara (N); dan  $F_A$  = gaya apung (N)

#### BAB 4 FLUIDA DINAMIS

## RINGKASAN FLUIDA DINAMIS

### A. Konsep

Fluida mengalir : zat yang dapat mengalir yaitu zat cair dan gas (udara)

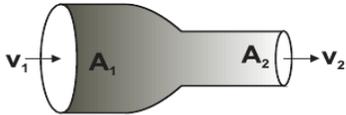
#### Sifat-sifat fluida sejati

- tak dapat dimampatkan (kompresibel)
- mengalami gesekan saat mengalir (viskositas)
- alirannya turbulen (tunak)

### B. fluida

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

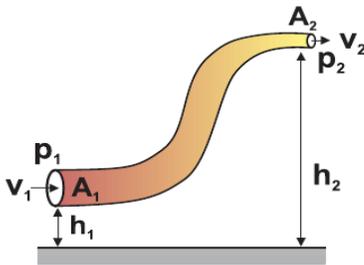
### C. Persamaan kontinuitas



$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

### D. Bernoulli

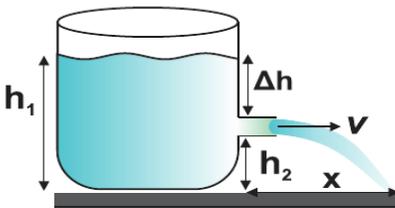
“ Jumlah dari tekanan, energi kinetik persatuan volume, dan energi potensial persatuan volume memiliki nilai yang sama pada setiap titik sepanjang suatu garis arus ”



$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

### E. Teorema Torricelli

“ Teorema Torricelli hanya berlaku jika ujung atas wadah terbuka terhadap atmosfer dan luas lubang jauh lebih kecil dari pada luas penampang wadah ”



kecepatan aliran cairan yang keluar

$$v = \sqrt{2g\Delta h}$$

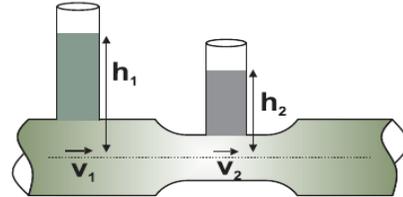
Jarak terjauh yang dicapai cairan

$$x = 2\sqrt{h_2 \Delta h}$$

### F. Penerapan hukum Bernoulli

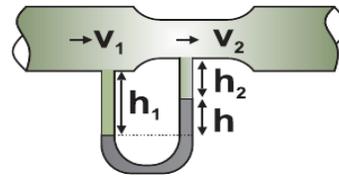
#### 1. Venturimeter tanpa manometer

“venturimeter untuk mengukur kelajuan cairan”



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

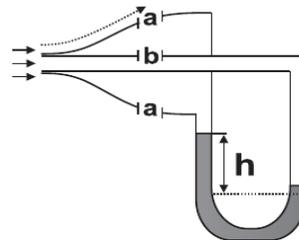
#### 2. Venturi meter dengan manometer



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

#### 3. Tabung pitot

“untuk mnegukur kelajuan gas”



$$v_a = \sqrt{\frac{2 \rho_h g h}{\rho}}$$

### G. Daya oleh debit fluida

$$P = \rho Qgh$$

### H. Gaya angkat pesawat

ada empat buah gaya yang bekerja pada pesawat

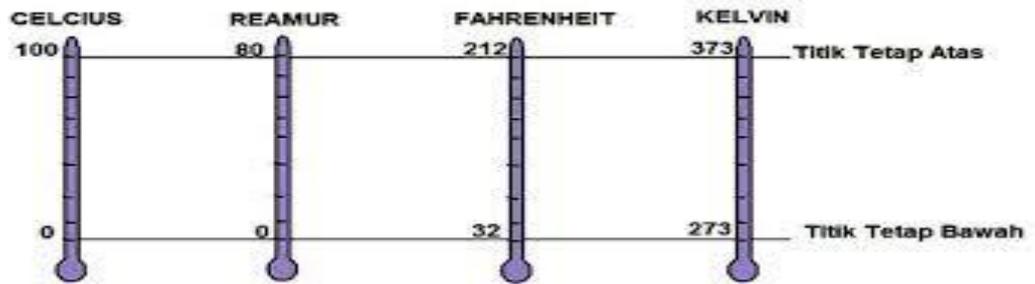
1. berat pesawat : disebabkan oleh gravitasi
2. gaya angkat : dihasilkan oleh sayap pesawat
3. gaya dorong : disebabkan oleh mesin pesawat
4. gaya hambatan : disebabkan oleh gesekan udara

$$F_1 - F_2 = A (P_1 - P_2) = \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2)$$

## BAB 5 : SUHU, KALOR, DAN RAMBATAN KALOR

### A. Suhu

#### 1) Pengukuran Suhu

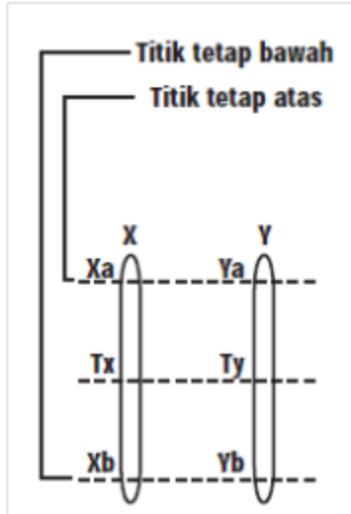


Termometer	Celcius(C)	Reamur(R)	Fahrenheit(F)	Kelvin(K)
Titik tetap bawah	0°C	0°R	32°F	273°K
<b>Perbandingan</b>	<b>C</b>	<b>R</b>	<b>(F-32)</b>	<b>(K-273)</b>
	= <b>5</b>	<b>:</b>	<b>4</b>	<b>:</b>
		<b>:</b>	<b>9</b>	<b>:</b>
			<b>9</b>	<b>9</b>

-Hubungan skala satu dengan yang lainnya-

Suhu Awal ↓	Celsius	Fahrenheit	Kelvin	Réaumur
Celsius		$F = \frac{9}{5}C + 32$	$K = C + 273.15$	$Ré = \frac{4}{5}C$
Fahrenheit	$C = \frac{5}{9}(F - 32)$		$K = \frac{5}{9}(F - 32) + 273.15$	$Ré = \frac{4}{9}(F - 32)$
Kelvin	$C = K - 273.15$	$F = \frac{9}{5}(K - 273.15) + 32$		$Ré = \frac{4}{5}(K - 273.15)$
Réaumur	$C = \frac{5}{4}Ré$	$F = \frac{9}{4}Ré + 32$	$K = \frac{5}{4}Ré + 273.15$	

-Hubungan skala dua termometer selain diatas-



## 2) Pemuai Zat

### a) Muai Panjang

(gambar 5.3 di buku fisika hal 175)

$$L_t = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

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

$L_0$  = panjang benda pada suhu  $0^\circ\text{C}$  ( $\text{cm}^2$  atau  $\text{m}^2$ )  
 $L_t$  = panjang benda pada suhu  $T^\circ\text{C}$  ( $\text{cm}^2$  atau  $\text{m}^2$ )  
 $\Delta T$  = kenaikan suhu ( $^\circ\text{C}$  atau  $^\circ\text{K}$ )  
 $\alpha$  = koefisien muai panjang ( $^\circ\text{C}^{-1}$  atau  $^\circ\text{K}^{-1}$ )  
 $\Delta L$  = pertambahan panjang (m)

-Pemanfaatan Muai Panjang-

- (1) Menyambungkan dua pelat logam yang berbeda dengan menggunakan paku keling.
- (2) Penggabungan bilah bimetal pada alat pemadam kebakaran.

### b) Muai Luas

$$A_t = A_0 (1 + \beta \cdot \Delta T)$$

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

Dan  $\beta = 2\alpha$

$A_0$  = luas benda pada suhu mula2 ( $\text{cm}^2$  atau  $\text{m}^2$ )  
 $A_t$  = luas benda pada suhu  $T^\circ\text{C}$  ( $\text{cm}^2$  atau  $\text{m}^2$ )  
 $\Delta T$  = kenaikan suhu ( $^\circ\text{C}$  atau  $^\circ\text{K}$ )  
 $\beta$  = koefisien muai luas ( $^\circ\text{C}^{-1}$  atau  $^\circ\text{K}^{-1}$ )  
 $\Delta A$  = pertambahan luas ( $\text{m}^2$ )

### c) Muai Volume

$$V_t = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

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

Dan  $\gamma = 3\alpha$

$V_0$  = volume benda sebelum dipanaskan ( $\text{cm}^3$  atau  $\text{m}^3$ )  
 $V_t$  = volume benda sesudah dipanaskan ( $\text{cm}^3$  atau  $\text{m}^3$ )  
 $\Delta T$  = kenaikan suhu ( $^\circ\text{C}$  atau  $^\circ\text{K}$ )  
 $\gamma$  = koefisien muai ruang ( $^\circ\text{C}^{-1}$  atau  $^\circ\text{K}^{-1}$ )  
 $\Delta V$  = pertambahan volume ( $\text{m}^3$ )

-Anomali Air-

- Jika didinginkan dari suhu  $4^\circ\text{C}$  ke  $0^\circ\text{C}$  => volume air bertambah
- Jika dipanaskan dari suhu  $0^\circ\text{C}$  ke  $4^\circ\text{C}$  => volume air menyusut

## B. Kalor

### 1) Pengertian Kalor(Panas)

- “Bentuk energi yang dipindahkan melalui perbedaan temperatur”. Jika tidak ada perbedaan temperatur => suhu dan bentuk akan tetap.
- Berpindah **dari** benda bertemperatur **tinggi ke rendah**.
- Benda yang **menerima** kalor, maka **suhu** akan **naik** atau wujudnya berubah.
- Benda yang **melepaskan** kalor, maka **suhu** akan **turun** atau wujudnya berubah.

-Tambahan-

“1 kalori didefinisikan sebagai kalor yang dibutuhkan 1 gram air untuk menaikkan suhunya 1°C (dari 14 ke 15 °C)”

“1 kal = 4,18 Joule”

“1 kkal = 4180 Joule”

“1 Joule = 0,24 kal”

-Hubungan antara kalor dengan perubahan suhu-n

$$Q = m.c.\Delta T$$

\*ket :

Q = jumlah kalor (J)  
m = massa benda (kg)  
 $\Delta T$  = perubahan suhu (°C)  
c = kalor jenis (kal/g°C)

$$C = m.c$$

\*ket :

C = kapasitas kalor (kal/oC)  
m = massa zat (kg)  
c = kalor jenis zat (kal/g°C)

Sehingga  $Q = m.c.\Delta T = C.\Delta T$

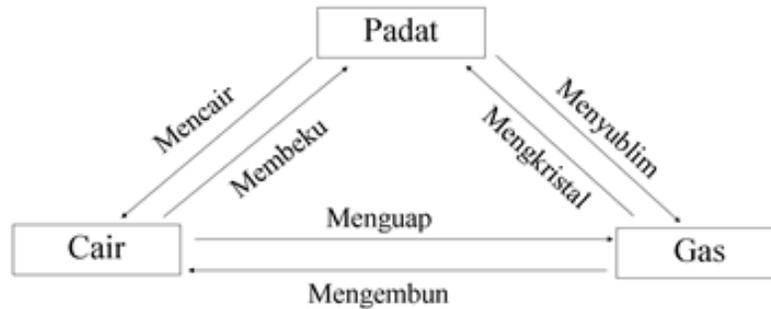
### 2) Azas Black

**Jumlah kalor yang dilepaskan = Jumlah kalor yang dilepas**

$$Q \text{ lepas} = Q \text{ terima}$$
$$\Delta Q_1 = \Delta Q_2$$

$$m_1.c_1.\Delta T_1 = m_2.c_2.\Delta T_2$$
$$m_1.c_1.(T_1 - T_c) = m_2.c_2.(T_c - T_2)$$

### 3) Perubahan Wujud



### C. Rambatan Kalor

- 1) Konduksi : perpindahan kalor yang tidak disertai perpindahan partikel zat penghantar

$$H = \frac{Q}{t} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L}$$

$$Q = k \cdot A \cdot t \cdot \frac{\Delta T}{L}$$

- 2) Konveksi : perpindahan kalor yang disebabkan oleh partikel-partikel zat
- 3) Radiasi : energi yang dipancarkan oleh suatu benda dalam bentuk gelombang elektromagnetik

## BAB 6 TEORI KINETIK GAS

Sifat-sifat gas ideal adalah sebagai berikut.

1. Gas terdiri dari partikel-partikel yang disebut molekul
2. Partikel-partikel gas bergerak dalam lintasan lurus dengan kelajuan tetap dan gerakannya adalah acak
3. Antar partikel tidak ada gaya tarik menarik
4. Tumbukan yang terjadi antara partikel gas dan dinding ruangan merupakan tumbukan lenting sempurna.

5. Selang waktu tumbukan antar partikel berlangsung singkat
6. Volume partikel gas  $\ll \ll$  volume wadah (dapat diabaikan)
7. Berlaku Hukum Newton tentang gerak.

Persamaan umum gas ideal adalah sebagai berikut.

$$PV = nRT$$

Keterangan:

$$PV = \frac{m}{Mr} RT$$

$P$  = tekanan gas (Pa);

$$P.Mr = \frac{m}{V} RT$$

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

$$P.Mr = \rho RT$$

$Mr$  = massa molekul relatif (kg/mol);

$$PV = \frac{N}{N_a} RT$$

$n$  = jumlah mol (mol);

$N$  = jumlah partikel gas;

$$PV = NkT$$

$\rho$  = massa jenis gas ( $kg/m^3$ );

$N_a$  = bilangan Avogadro =  $6,02 \times 10^{23}$  partikel/mol

$R$  = tetapan gas ideal ( $8,314 \times 10^3$  J/kmol.K;

$k$  = konstanta Boltzman ( $1,38 \times 10^{-23}$  J/K);

$T$  = suhu gas (K).

### 1. Hukum Boyle

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

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

“jika suhu suatu gas dijaga konstan, maka tekanan gas akan berbanding terbalik dengan volumenya”

### 2. Hukum Charles

$$PV = \text{konstan}$$

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

“jika tekanan suatu gas dijaga konstan, maka volume gas akan sebanding suhu mutlaknya”

### 3. Hukum Gay-Lussac

$$\frac{P}{T} = \text{konstan}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

“jika volume suatu gas dijaga konstan, tekanan gas akan sebanding dengan suhu mutlaknya”.

#### 4. Hukum Boyle-Gay Lussac

$$\frac{PV}{T} = \text{konstan}$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

“hasil kali antara tekanan dan volume dibagi suhu pada sejumlah partikel mol gas adalah tetap”.

#### Tekanan Gas Ideal

$$P = \frac{1}{3} \frac{N \cdot m \cdot \vec{v}}{V} = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \vec{E}_k$$

$\vec{E}_k$  = energi kinetik rata-rata partikel gas (J); dan

$\vec{v}$  = kecepatan rata-rata partikel gas (m/s).

#### Energi Kinetik Gas Ideal

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

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{Mr}} = \sqrt{\frac{3nRT}{m}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

$v_{rms}$  = kecepatan efektif (m/s);

#### Energi Dalam Gas Ideal

##### 1. Energi dalam untuk gas monoatomik, seperti He, Ne, Ar

$$U = E_k = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} nRT$$

##### 2. Energi dalam untuk gas diatomik, seperti O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>

$$U = E_k = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} nRT$$

a. Pada suhu rendah ( $\pm 300$  K)

b. Pada suhu sedang ( $\pm 500$  K)

$$U = E_k = \frac{5}{2} NkT = \frac{5}{2} nRT$$

c. Pada suhu tinggi ( $\pm 1.000$  K)

$$U = E_k = \frac{7}{2} NkT = \frac{7}{2} nRT$$

### Contoh Soal 1

Tentukan volume 5 mol gas pada suhu dan tekanan standar ( $0^\circ$  C dan 1 atm)!

$$PV = nRT$$

$$\Leftrightarrow V = \frac{nRT}{P}$$

$$\Leftrightarrow V = \frac{5 \times 8,314 \times 273}{1,01 \times 10^5}$$

$$\Leftrightarrow V = 0,112 \text{ m}^3$$

### Contoh Soal 2

Suatu gas monoatomik memiliki energi dalam 6 kJ dan berada pada suhu  $27^\circ$  C. Tentukan banyaknya mol gas tersebut!

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

$$\Leftrightarrow n = \frac{2U}{3RT}$$

$$\Leftrightarrow n = \frac{2 \times 6.000}{3 \times 8,314 \times 300}$$

$$\Leftrightarrow n = 1,6 \text{ mol}$$

### CONTOH SOAL

1. Gas ideal berada dalam wadah tertutup pada mulanya mempunyai tekanan P dan volume V. Apabila tekanan gas dinaikkan menjadi 4 kali semula dan volume gas tetap maka perbandingan energi kinetik awal dan energi kinetik akhir gas adalah...
2. Tentukan energi kinetik translasi rata-rata molekul gas pada suhu  $57^\circ$ C!
3. Suatu gas bersuhu  $27^\circ$ C berada dalam suatu wadah tertutup. Agar energi kinetiknya meningkat menjadi 2 kali energi kinetik semula maka gas harus dipanaskan hingga mencapai suhu...
4. Suatu gas ideal berada di dalam ruang tertutup. Gas ideal tersebut dipanaskan hingga kecepatan rata-rata partikel gas meningkat menjadi 3 kali kecepatan awal. Jika suhu awal gas adalah  $27^\circ$ C, maka suhu akhir gas ideal tersebut adalah...

5. Tiga mol gas berada di dalam suatu ruang bervolume 36 liter. Masing-masing molekul gas mempunyai energi kinetik  $5 \times 10^{-21}$  Joule. Konstanta gas umum = 8,315 J/mol.K dan konstanta Boltzmann =  $1,38 \times 10^{-23}$  J/K. Hitung tekanan gas dalam ruang tersebut!