

# FISIKA

## DINAMIKA ROTASI

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, kamu diharapkan memiliki kemampuan berikut.

1. Memahami konsep momen gaya dan momen inersia.
2. Memahami teorema sumbu sejajar.
3. Merumuskan hubungan antara momen gaya dan percepatan sudut.
4. Memahami konsep energi kinetik rotasi.
5. Merumuskan hubungan antara momen inersia dan momentum sudut.
6. Menyelesaikan soal-soal yang berkaitan dengan dinamika rotasi.

**Dinamika rotasi** adalah ilmu yang mempelajari tentang gerak rotasi (berputar) dengan memerhatikan aspek penyebabnya, yaitu momen gaya. Momen gaya atau yang lebih dikenal dengan torsi ini akan menyebabkan terjadinya percepatan sudut. Suatu benda dikatakan melakukan gerak rotasi (berputar) jika semua bagian benda bergerak mengelilingi poros atau sumbu putar. Sumbu putar benda terletak pada salah satu bagian dari benda tersebut.

### A. Momen Gaya

Momen gaya atau torsi merupakan besaran vektor. **Torsi** adalah hasil perkalian silang antara vektor posisi  $\mathbf{r}$  dan vektor gaya  $\mathbf{F}$ . Secara matematis, torsi dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

Besarnya torsi:

$$\tau = rF \sin \theta$$

$$\tau = r \perp F$$

**Keterangan:**

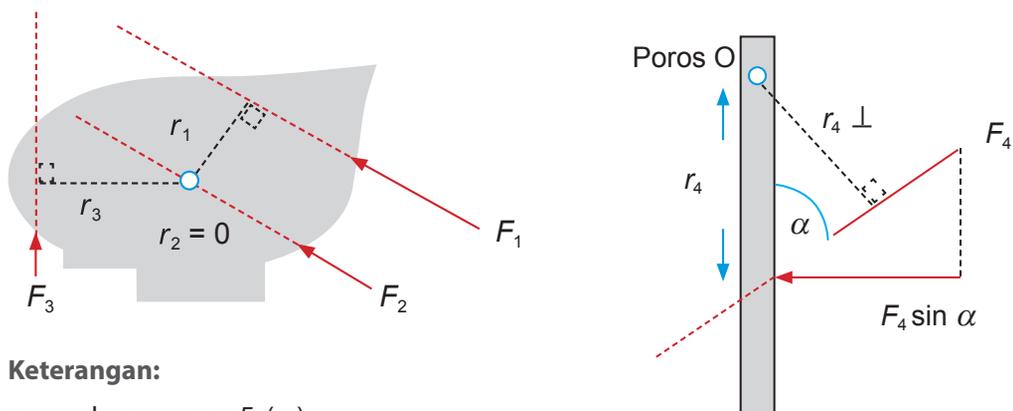
$\tau$  = torsi (Nm);

$r \perp$  = lengan gaya (m);

$F$  = besar gaya(N); serta

$\theta$  = sudut antara vektor posisi  $r$  dan vektor gaya  $F$  (derajat).

**Lengan gaya** adalah panjang garis yang ditarik dari titik poros sampai memotong tegak lurus garis kerja gaya  $F$ . Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar berikut.



**Keterangan:**

$r_1$  = lengan gaya  $F_1$  (m);

$r_2$  = 0 (tidak ada lengan gaya);

$r_3$  = lengan gaya  $F_3$  (m); dan

$r_4$  = lengan gaya  $F_4$  (m).

Ketika menghitung momen gaya suatu benda, harus diperhatikan kecenderungan berputarnya benda tersebut. Untuk itu, dibuatlah perjanjian tanda momen gaya berikut.

- Momen gaya  $\tau$  diberi tanda negatif jika cenderung memutar benda searah jarum jam.
- Momen gaya  $\tau$  diberi tanda positif jika cenderung memutar benda berlawanan arah jarum jam.

Torsi merupakan hasil perkalian silang antara dua buah vektor. Untuk itu, kamu harus memahami hasil perkalian silang antara dua buah vektor satuan berikut.

$$\mathbf{i} \times \mathbf{j} = \mathbf{k} \quad \text{dan} \quad \mathbf{j} \times \mathbf{i} = -\mathbf{k}$$

$$\mathbf{j} \times \mathbf{k} = \mathbf{i} \quad \text{dan} \quad \mathbf{k} \times \mathbf{j} = -\mathbf{i}$$

$$\mathbf{k} \times \mathbf{i} = \mathbf{j} \quad \text{dan} \quad \mathbf{i} \times \mathbf{k} = -\mathbf{j}$$

$$\mathbf{i} \times \mathbf{i} = \mathbf{j} \times \mathbf{j} = \mathbf{k} \times \mathbf{k} = \mathbf{0}$$

### Contoh Soal 1

Suatu gaya  $\mathbf{F} = (6\mathbf{i} + 8\mathbf{j})$  N berada pada posisi  $\mathbf{r} = (3\mathbf{i} + 2\mathbf{j})$  m dari sumbu koordinatnya. Tentukan besar torsi yang ditimbulkan oleh gaya  $\mathbf{F}$  tersebut.

**Pembahasan:**

Diketahui:

$$\mathbf{F} = (6\mathbf{i} + 8\mathbf{j}) \text{ N}$$

$$\mathbf{r} = (3\mathbf{i} + 2\mathbf{j}) \text{ m}$$

Ditanya:  $\boldsymbol{\tau} = \dots ?$

Dijawab:

Torsi adalah hasil perkalian silang antara vektor posisi  $\mathbf{r}$  dan vektor gaya  $\mathbf{F}$ .

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\tau} &= \mathbf{r} \times \mathbf{F} \\ &= (3\mathbf{i} + 2\mathbf{j}) \times (6\mathbf{i} + 8\mathbf{j}) \\ &= [3\mathbf{i} \times 6\mathbf{i} + 3\mathbf{i} \times 8\mathbf{j} + 2\mathbf{j} \times 6\mathbf{i} + 2\mathbf{j} \times 8\mathbf{j}] \\ &= [3.6(\mathbf{i} \times \mathbf{i}) + 3.8(\mathbf{i} \times \mathbf{j}) + 2.6(\mathbf{j} \times \mathbf{i}) + 2.8(\mathbf{j} \times \mathbf{j})] \\ &= [0 + 24\mathbf{k} + 12(-\mathbf{k}) + 0] \\ &= 24\mathbf{k} - 12\mathbf{k} \\ &= 12\mathbf{k} \end{aligned}$$

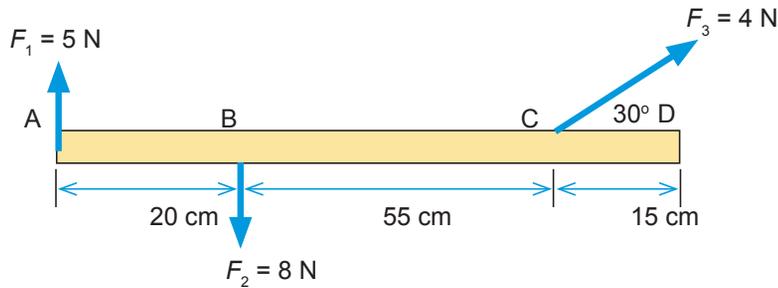
Dengan demikian, besarnya torsi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \tau &= |\boldsymbol{\tau}| \\ &= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ &= \sqrt{0^2 + 0^2 + 12^2} \\ &= 12 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Jadi, besarnya torsi tersebut adalah 12 Nm.

## Contoh Soal 2

Tiga buah gaya bekerja pada batang AD yang bermassa 2 kg seperti pada gambar. Hitunglah resultan momen gaya terhadap titik B! ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



### Pembahasan:

Diketahui:

$$m = 2 \text{ kg}$$

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

$$w = mg = 2 \cdot 10 = 20 \text{ N}$$

$$F_1 = 5 \text{ N}$$

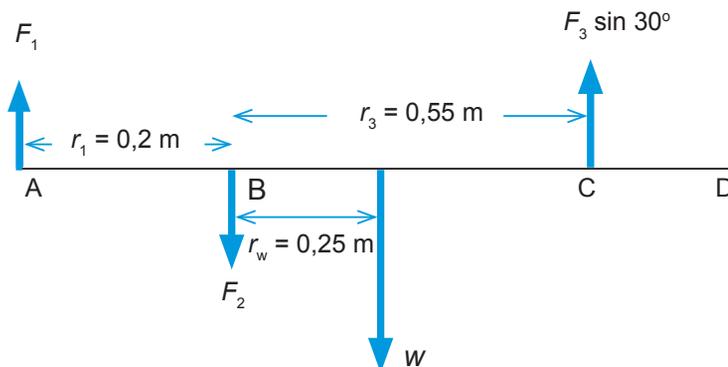
$$F_2 = 8 \text{ N}$$

$$F_3 = 4 \text{ N}$$

Ditanya:  $\tau_B = \dots?$

Dijawab:

Permasalahan pada soal juga dapat digambarkan sebagai berikut.



Dengan demikian, diperoleh:

$$\begin{aligned}\tau_B &= -\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 - \tau_w \\ &= -F_1 \cdot r_1 + 0 + F_3 \sin 30^\circ \cdot r_3 - w \cdot r_w \\ &= -5(0,2) + 0 + 4\left(\frac{1}{2}\right)0,55 - 20(0,25) \\ &= -1 + 0 + 1,1 - 5 \\ &= -4,9 \text{ Nm}\end{aligned}$$

Jadi, resultan momen gaya terhadap titik B (B sebagai poros) adalah 4,9 Nm dengan arah putaran searah jarum jam.

## B. Momen Inersia

**Momen inersia** merupakan besaran yang menyatakan ukuran kecenderungan benda untuk tetap mempertahankan keadaannya (kelembaman). Pada gerak rotasi, momen inersia juga dapat menyatakan ukuran kemampuan benda untuk mempertahankan kecepatan sudut rotasinya. Benda yang sukar berputar atau benda yang sulit dihentikan saat berputar memiliki momen inersia yang besar, dan sebaliknya.

**Momen inersia** didefinisikan sebagai hasil kali antara massa partikel dan kuadrat jarak partikel dari sumbu rotasi. Secara matematis, momen inersia dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$I = mr^2$$

**Keterangan:**

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

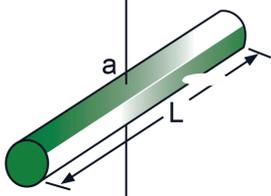
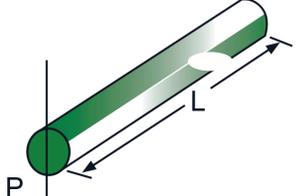
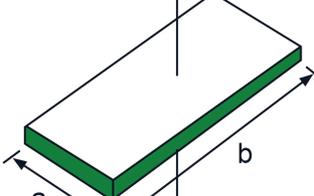
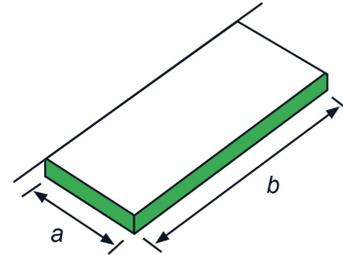
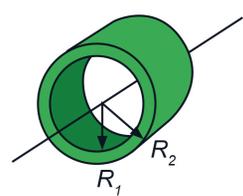
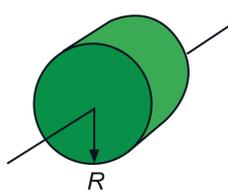
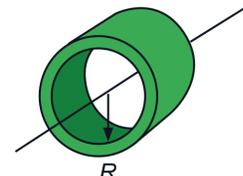
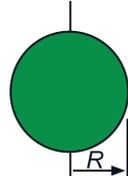
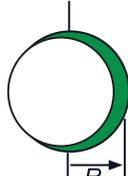
$m$  = massa partikel (kg); dan

$r$  = jarak partikel dari sumbu rotasi (m).

Jika terdapat sejumlah partikel dengan massa masing-masing  $m_1, m_2, m_3, \dots$  dan memiliki jarak  $r_1, r_2, r_3, \dots$  terhadap poros, maka momen inersia totalnya adalah penjumlahan momen inersia setiap partikel, yaitu sebagai berikut.

$$I = \sum_i m_i r_i^2 = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots$$

Benda-benda yang teratur bentuknya dan berotasi pada sumbu tertentu memiliki persamaan momen inersia seperti pada gambar berikut.

$I = \frac{1}{2}ML^2$ 	$I = \frac{1}{3}ML^2$ 	$I = \frac{1}{2}M(a^2 + b^2)$ 
(a) Batang silinder, poros melalui pusat.	(b) Batang silinder, poros melalui ujung.	(c) Pelat segiempat, poros melalui pusat.
$I = \frac{1}{3}Ma$ 	$I = \frac{1}{2}M(R_1^2 + R_2^2)$ 	$I = \frac{1}{2}MR^2$ 
(d) Pelat segiempat tipis, poros sepanjang tepi.	(e) Silinder berongga.	(f) Silinder pejal.
$I = MR^2$ 	$I = \frac{2}{5}MR^2$ 	$I = \frac{2}{3}MR^2$ 
(g) Silinder tipis berongga.	(h) Bola pejal.	(i) Bola tipis berongga.

### Contoh Soal 3

Sebuah bola pejal memiliki massa 1,5 kg dan diameter 40 cm. Tentukan besar momen inersianya jika poros melalui pusat massa bola.

#### Pembahasan:

Diketahui:

$$m = 1,5 \text{ kg}$$

$$d = 40 \text{ cm} \rightarrow R = 20 \text{ cm} = 2 \times 10^{-1} \text{ m}$$

Poros melalui pusat massa bola pejal

Ditanya:  $I_{BP} = \dots?$

Dijawab:

Momen inersia bola pejal jika poros melalui pusat massa adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} I_{BP} &= \frac{2}{5} mR^2 \\ &= \frac{2}{5} (1,5) (2 \times 10^{-1})^2 \\ &= \frac{2}{5} (1,5) (4 \times 10^{-2}) \\ &= 0,024 \\ &= 2,4 \times 10^{-2} \text{ kgm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, momen inersia bola pejal tersebut adalah  $2,4 \times 10^{-2} \text{ kgm}^2$ .

### Contoh Soal 4

Sebuah tongkat (batang homogen,  $I = \frac{1}{3} mL^2$ ) memiliki massa 3,5 kg dan panjang 3 m. Jika tongkat diputar dengan poros 20 cm dari salah satu ujungnya, maka besarnya momen inersia tongkat tersebut adalah ....

#### Pembahasan:

Diketahui:

$$m = 3,5 \text{ kg}$$

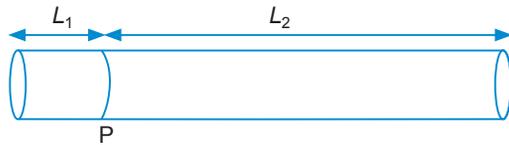
$$L = 3 \text{ m} = 300 \text{ cm}$$

$$L_1 = 20 \text{ cm} = \frac{20}{300} L = \frac{1}{15} L, \text{ sehingga } m_1 = \frac{20}{300} m = \frac{1}{15} m$$

$$L_2 = 280 \text{ cm} = \frac{280}{300} L = \frac{14}{15} L, \text{ sehingga } m_2 = \frac{280}{300} m = \frac{14}{15} m$$

Ditanya:  $I = \dots?$

Dijawab:



Mula-mula, tentukan momen inersia dengan poros 20 cm dari kedua ujung.

$$I_1 = \frac{1}{3} m_1 L_1^2$$

$$I_2 = \frac{1}{3} m_2 L_2^2$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{15} m \left( \frac{1}{15} L \right)^2$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \frac{14}{15} m \left( \frac{14}{15} L \right)^2$$

$$= \frac{1}{45} m \frac{1}{225} L^2$$

$$= \frac{14}{45} m \frac{196}{225} L^2$$

$$= \frac{1}{10125} mL^2$$

$$= \frac{2744}{10125} mL^2$$

Selanjutnya, tentukan momen inersia totalnya.

$$I = I_1 + I_2$$

$$= \frac{1}{10125} mL^2 + \frac{2744}{10125} mL^2$$

$$= \frac{2745}{10125} mL^2$$

$$= \frac{2745}{10125} (3,5)(3)^2$$

$$= 8,54 \text{ kgm}^2$$

Jadi, momen inersia tongkat sepanjang 3 m yang diputar dengan poros 20 cm dari salah satu ujungnya adalah  $8,54 \text{ kgm}^2$ .

#### • Super "Solusi Quipper" •

$$I_p = \frac{1}{3} m (L^2 - 3LL_1 + 3L_1^2)$$

$$= \frac{1}{3} (3,5)(3^2 - 3(3)(0,2) + 3(0,2)^2)$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 3,5 \cdot 7,32$$

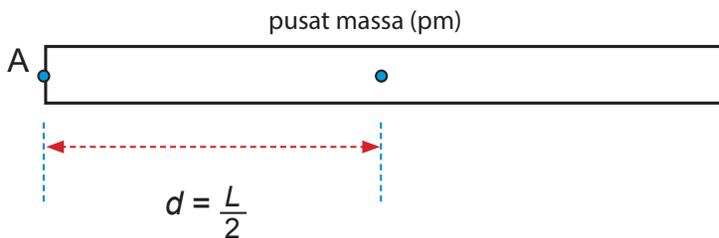
$$= 8,54 \text{ kgm}^2$$

### C. Teorema Sumbu Sejajar

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, kita telah mengetahui bahwa momen inersia batang silinder bermassa  $M$  dengan panjang  $L$  yang porosnya melalui pusat massa adalah  $I_{pm} = \frac{1}{12}ML^2$ . Jika porosnya digeser sejauh  $d$  terhadap sebarang sumbu yang sejajar dengan sumbu pusat massa, maka momen inersianya dapat ditentukan dengan menggunakan teorema sumbu sejajar berikut.

$$I_s + I_{pm} + Md^2$$

Misalkan batang tersebut memiliki poros yang melalui salah satu ujungnya, yaitu A.



Berdasarkan teorema sumbu sejajar, besarnya momen inersia pada A adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} I_A &= I_{pm} + Md^2 \\ &= \frac{1}{12}ML^2 + M\left(\frac{L}{2}\right)^2 \\ &= \frac{1}{12}ML^2 + \frac{1}{4}ML^2 \\ &= \frac{1}{12}ML^2 + \frac{3}{12}ML^2 \\ &= \frac{1}{3}ML^2 \end{aligned}$$

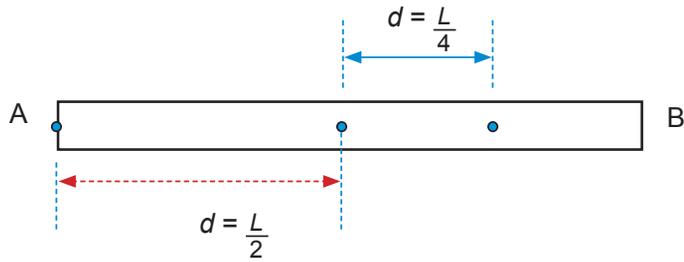
Jadi, momen inersia batang yang memiliki poros pada salah satu ujungnya adalah  $I_A = \frac{1}{3}ML^2$ .

#### Contoh Soal 5

Tentukan perbandingan momen inersia batang homogen yang massanya  $M$  dan panjangnya  $L$  ketika porosnya di ujung batang dan  $\frac{1}{4}L$  dari ujung batang.

#### Pembahasan:

Permasalahan pada soal dapat digambarkan sebagai berikut.



Momen inersia batang homogen yang porosnya melalui pusat massa adalah  $I_{pm} = \frac{1}{12} ML^2$ .

Berdasarkan teorema sumbu sejajar, besarnya momen inersia pada ujung batang (A) dan  $\frac{1}{4}L$  dari ujung batang (B) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 I_A &= I_{pm} + Md^2 \\
 &= \frac{1}{12} ML^2 + M \left( \frac{L}{2} \right)^2 \\
 &= \frac{1}{12} ML^2 + \frac{1}{4} ML^2 \\
 &= \frac{1}{12} ML^2 + \frac{3}{12} ML^2 \\
 &= \frac{1}{3} ML^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_B &= I_{pm} + Md^2 \\
 &= \frac{1}{12} ML^2 + M \left( \frac{L}{4} \right)^2 \\
 &= \frac{1}{12} ML^2 + \frac{1}{16} ML^2 \\
 &= \frac{4}{48} ML^2 + \frac{3}{48} ML^2 \\
 &= \frac{7}{48} ML^2
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, diperoleh:

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{\frac{1}{3} ML^2}{\frac{7}{48} ML^2} = \frac{48}{21}$$

Jadi, perbandingan momen inersia batang tersebut ketika porosnya di ujung batang dan  $\frac{1}{4}L$  dari ujung batang adalah 48 : 21.

#### D. Hubungan Momen Gaya dengan Percepatan Sudut

Analog dengan hukum II Newton pada gerak translasi, dengan  $F$  analog dengan  $\tau$ ,  $m$  analog dengan  $I$ , dan  $a$  analog dengan  $\alpha$ , maka hubungan antara momen gaya/torsi dengan percepatan sudut pada gerak rotasi dapat ditulis sebagai berikut.

$$\tau = I \alpha$$

**Keterangan:**

$\tau$  = momen gaya/ torsi (Nm);

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

$\alpha$  = percepatan sudut ( $\text{rad/s}^2$ ).

#### Contoh Soal 6

Sebuah silinder pejal yang bermassa 4 kg dan berdiameter 28 cm berputar melalui pusat massa ( $I_{sp} = \frac{1}{2} mR^2$ ). Jika kecepatan sudut silinder sebagai fungsi waktu adalah  $\omega = (2 + 5t)$  rad/s, maka torsi yang bekerja pada silinder tersebut adalah ....

**Pembahasan:**

Diketahui:

$$m = 4 \text{ kg}$$

$$I_{sp} = \frac{1}{2} mR^2$$

$$\omega = (2 + 5t) \text{ rad/s}$$

$$d = 28 \text{ cm} \rightarrow R = 14 \text{ cm} = 0,14 \text{ m}$$

Ditanya:  $\tau = \dots?$

Dijawab:

Mula-mula, tentukan percepatan sudutnya. Oleh karena percepatan sudut merupakan turunan pertama dari kecepatan sudut, maka diperoleh:

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d(2 + 5t)}{dt} = 5 \text{ rad/s}^2$$

Kemudian, tentukan momen inersianya.

$$\begin{aligned} I_{sp} &= \frac{1}{2} mR^2 \\ &= \frac{1}{2} (4)(0,14)^2 \\ &= 0,0392 \text{ kgm}^2 \end{aligned}$$

Dengan demikian, diperoleh:

$$\begin{aligned}\tau &= I \alpha \\ &= 0,0392(5) \\ &= 0,196 \text{ Nm}\end{aligned}$$

Jadi, besarnya torsi yang bekerja pada silinder tersebut adalah 0,196 Nm.

## E. Energi Kinetik Rotasi

Benda yang berputar terhadap poros tertentu memiliki energi kinetik rotasi yang dapat diturunkan dari energi kinetik translasi berikut.

$$Ek = \frac{1}{2}mv^2$$

Oleh karena  $v = \omega R$ , maka:

$$\begin{aligned}Ek &= \frac{1}{2}m(\omega R)^2 \\ &= \frac{1}{2}m\omega^2 R^2 \\ &= \frac{1}{2}mR^2\omega^2\end{aligned}$$

Oleh karena  $mR^2 = I$ , maka energi kinetik benda yang bergerak rotasi dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Ek_{rot} = \frac{1}{2}I\omega^2$$

### Keterangan:

$Ek_{rot}$  = energi kinetik rotasi (J);

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

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

Apabila suatu benda bergerak menggelinding, maka benda tersebut melakukan gerak translasi sekaligus gerak rotasi. Oleh karena itu, energi kinetik yang dimiliki benda juga terdiri atas energi kinetik translasi dan rotasi.

$$\begin{aligned}Ek &= Ek_{trans} + Ek_{rot} \\ Ek &= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2\end{aligned}$$

### Contoh Soal 7

Sebuah bola pejal ( $I_{BP} = \frac{2}{5}mR^2$ ) memiliki massa 5 kg dan diameter 20 cm. Jika bola tersebut menggelinding pada bidang datar dengan laju 4 m/s, maka energi kinetik totalnya adalah ....

#### Pembahasan:

Diketahui:

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

$$I_{BP} = \frac{2}{5}mR^2 \rightarrow k = \frac{2}{5}$$

$$v = 4 \text{ m/s}$$

$$d = 20 \text{ cm} \rightarrow R = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

Ditanya:  $Ek_{total} = \dots?$

Dijawab:

Oleh karena bola bergerak menggelinding, maka berlaku:

$$\begin{aligned} Ek_{total} &= Ek_{trans} + Ek_{rot} \\ &= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \quad \text{Ingat : } \omega = \frac{v}{R}! \\ &= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5}mR^2 \cdot \frac{v^2}{R^2} \\ &= \frac{1}{2}mv^2 \left( 1 + \frac{2}{5} \right) \\ &= \frac{1}{2}(5)(4^2) \left( \frac{7}{5} \right) \\ &= 56 \text{ J} \end{aligned}$$

Jadi, energi kinetik total bola pejal tersebut adalah 56 J.

#### • Super "Solusi Quipper" •

$$\begin{aligned} Ek_{total} &= \frac{1}{2}mv^2(1+k) \\ &= \frac{1}{2}mv^2 \left( 1 + \frac{2}{5} \right) \\ &= \frac{1}{2}(5)(4^2) \left( \frac{7}{5} \right) \\ &= 56 \text{ J} \end{aligned}$$

## F. Momen Sudut

**Momentum sudut** didefinisikan sebagai perkalian silang antara vektor momentum linear benda  $\mathbf{p}$  dan vektor posisi  $\mathbf{r}$ . Secara matematis, momentum sudut dirumuskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mathbf{L} &= \mathbf{p} \times \mathbf{r} \\ &= mvr \sin \theta \\ &= mvr \sin 90^\circ \quad \text{Ingat: } v = \omega r! \\ &= m(\omega r)r \\ &= mr^2\omega \quad \text{Ingat: } I = mr^2! \\ &= I\omega \end{aligned}$$

Dengan demikian, besarnya momentum sudut benda berotasi dapat ditentukan dengan rumus berikut.

$$L = I\omega$$

### Keterangan:

$L$  = momentum sudut ( $\text{kgm}^2/\text{s}$ );

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

$\omega$  = kecepatan sudut ( $\text{rad/s}$ ).

Jika momen gaya luar yang bekerja pada benda adalah nol, maka berlaku hukum kekekalan momentum sudut, yaitu momentum sudut awal sama dengan momentum sudut akhir. Secara matematis, hukum kekekalan momentum sudut dirumuskan sebagai berikut.

Untuk satu benda:

$$\begin{aligned} L_{\text{awal}} &= L_{\text{akhir}} \\ I\omega &= I'\omega' \end{aligned}$$

### Keterangan:

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

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

$\omega$  = kecepatan sudut awal benda ( $\text{rad/s}$ ); dan

$\omega'$  = kecepatan sudut akhir benda ( $\text{rad/s}$ ).

Untuk dua benda:

$$\begin{aligned} L_{\text{awal}} &= L_{\text{akhir}} \\ I_1\omega_1 + I_2\omega_2 &= I_1\omega_1' + I_2\omega_2' \end{aligned}$$

### Keterangan:

$I_1$  = momen inersia benda 1 ( $\text{kgm}^2$ );

$I_2$  = momen inersia benda 2 ( $\text{kgm}^2$ );

- $\omega_1$  = kecepatan sudut awal benda 1 (rad/s);
- $\omega_2$  = kecepatan sudut awal benda 2 (rad/s);
- $\omega_1'$  = kecepatan sudut akhir benda 1 (rad/s); dan
- $\omega_2'$  = kecepatan sudut akhir benda 2 (rad/s)

### Contoh Soal 8

Seorang penari balet yang berputar dengan lengan terentang dan kelajuan 3 rad/s memiliki momen inersia 12 kgm<sup>2</sup>. Jika saat lengannya merapat ke tubuh, momen inersianya menjadi 4 kgm<sup>2</sup>, maka berapakah laju putaran ketika lengannya merapat tersebut?

#### Pembahasan:

Diketahui:

$$I_1 = 12 \text{ kgm}^2$$

$$I_2 = 4 \text{ kgm}^2$$

$$\omega_1 = 3 \text{ rad/s}$$

Ditanya:  $\omega_2 = \dots?$

Dijawab:

Pada permasalahan tersebut, berlaku hukum kekekalan momentum sudut berikut.

$$L_{awal} = L_{akhir}$$

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

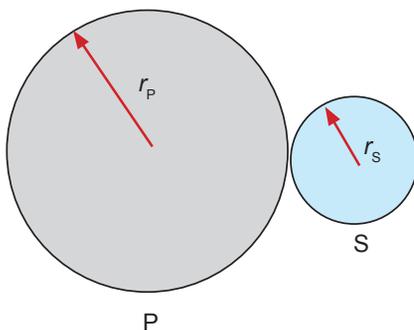
$$12(3) = 4\omega_2$$

$$\omega_2 = 9 \text{ rad/s}$$

Jadi, laju putaran saat lengannya merapat ke tubuh adalah 9 rad/s.

### Contoh Soal 9

Perhatikan gambar berikut!



Dua buah bola yang saling bersinggungan seperti pada gambar memiliki momentum sudut yang sama besar. Jika jari-jari bola P dua kali jari-jari bola S, maka perbandingan momen inersia bola P terhadap bola S adalah ...

**Pembahasan:**

Diketahui:

$$r_p = 2r_s$$

$$v_p = v_s \text{ (saling bersinggungan)}$$

$$\text{Ditanya: } \frac{I_p}{I_s} = \dots?$$

Dijawab:

Oleh karena momentum sudutnya sama besar, maka:

$$L_p = L_s$$

$$I_p \omega_p = I_s \omega_s$$

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{\omega_s}{\omega_p} \quad \text{Ingat: } \omega = \frac{v}{r}!$$

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{v_s / r_s}{v_p / r_p}$$

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{r_p}{r_s}$$

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{2r_s}{r_s}$$

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{2}{1}$$

Jadi, perbandingan momen inersia bola P terhadap bola S adalah 2 : 1.