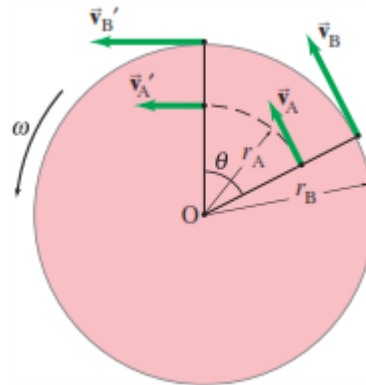


GERAK ROTASI



MEKANIKA & TERMODINAMIKA DASAR

Dosen Pengampu: Hervin Maulina, S.Pd., M.Sc.

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Unila

OUTLINE PERKULIAHAN

1. Konsep Dasar Rotasi
2. Kinematika Rotasi
3. Inersia Rotasi (Momen Inersia I)
4. Dinamika Rotasi
5. Energi Rotasi
6. Momentum Sudut (L)
7. Kestimbangan Rotasi
8. Gerak Menggeling
9. Contoh Aplikasi

1. Konsep Dasar Rotasi

Gerak rotasi terjadi ketika suatu benda berputar terhadap sumbu tetap.

Besaran sudut:

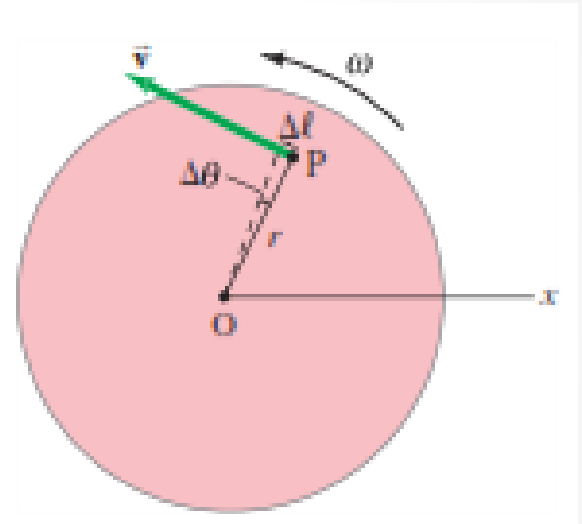
Sudut (θ) dalam radian

Kecepatan sudut (ω) = $d\theta/dt$

Percepatan sudut (α) = $d\omega/dt$

Hubungan analogi translasi $\leftrightarrow$ rotasi:

Translasi	Rotasi
x	θ
v	ω
a	α
m	I
F	τ



2. Kinematika Rotasi

Tanpa/Terdapat Percepatan Sudut

Untuk α konstan, persamaan rotasi analog dengan GLBB:

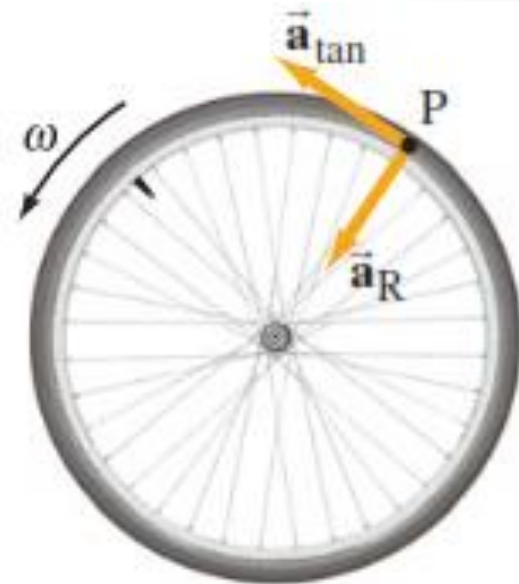
1. $\omega = \omega_0 + \alpha t$
2. $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$
3. $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\theta$

Kecepatan linear titik pada benda:

$$v = r\omega$$

$$a_t = r\alpha \text{ (percepatan tangensial)}$$

$$a_r = r\omega^2 \text{ atau } \textbf{percepatan sentripetal}$$



Sebuah mesin memiliki rotor yang berputar dengan kecepatan awal $\omega_0 = 8 \text{ rad/s}$. Mesin kemudian mempercepat rotor dengan $\alpha = 2.5 \text{ rad/s}^2$ selama 6 detik.

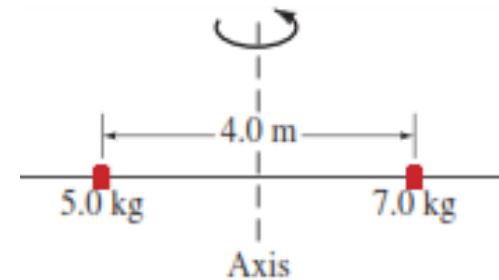
- a) Hitung kecepatan sudut akhirnya.
- b) Hitung sudut rotasi total selama 6 detik.
- c) Jika rotor kemudian diperlambat secara konstan hingga berhenti dalam 4 detik, berapa percepatan sudut perlambatannya?

3. Inersia Rotasi

Momen inersia (I) menggambarkan resistansi benda terhadap perubahan rotasi.

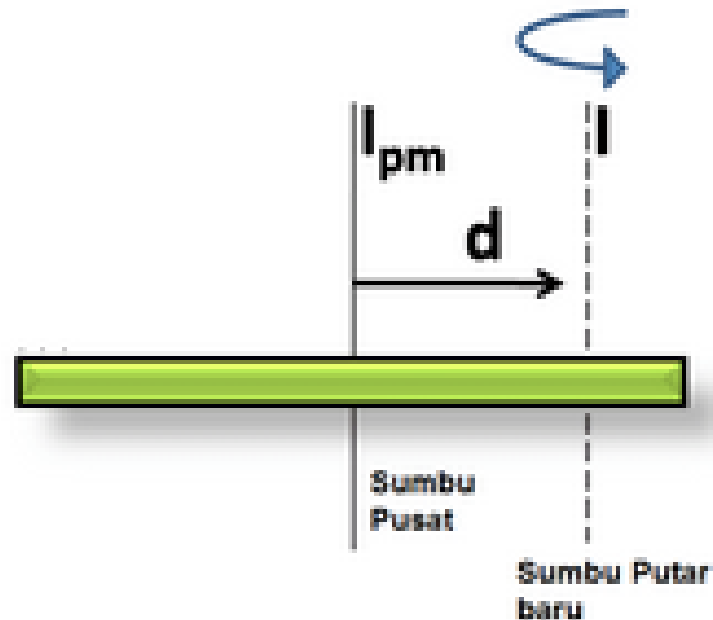
Rumus umum

$$I = \sum m_i r_i^2 \quad \text{atau} \quad I = \int r^2 dm$$



Teorema Sumbu Sejajar
(*Parallel Axis Theorem*)

$$I = I_{cm} + Md^2$$



Diketahui batang tipis massa 4 kg dan panjang 1,5 m. Hitung momen inersia batang tersebut terhadap poros pada salah satu ujungnya.

4. Dinamika Rotasi

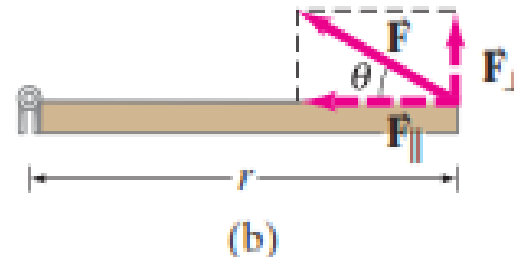
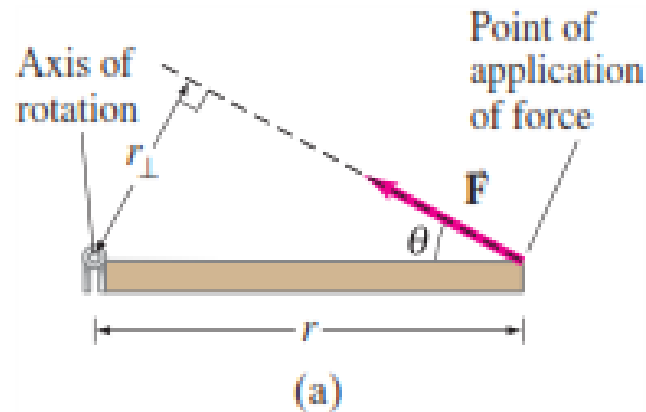
Gerakan benda berputar (rotasi) pada porosnya dan faktor-faktor yang menyebabkannya.

Persamaan rotasi setara dengan Hukum II Newton

$$\tau = I\alpha$$

di mana torsi (τ):

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



Sebuah pintu memiliki lebar $0,80\text{ m}$. Seseorang mendorong pintu dengan gaya 40 N tegak lurus permukaan pintu pada posisi $0,80\text{ m}$ dari engsel.

a) Hitung torsi yang diberikan orang tersebut.

b) Apa yang terjadi bila gaya didorong pada jarak $0,40\text{ m}$ dari engsel tetapi dengan besar gaya yang sama?

5. Energi Rotasi

Energi Kinetik Rotasi

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

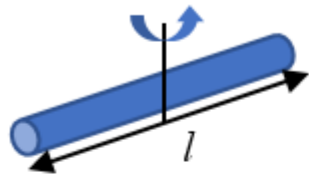
Jika benda menggelinding tanpa slip:

✓ $v = R\omega$

✓ Energi total:

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

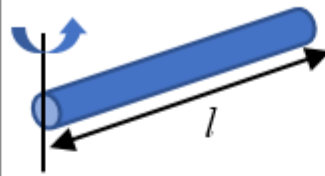
$$I = \frac{1}{12}ml^2$$



(a)

Batang silinder, titik poros rotasi melalui pusat

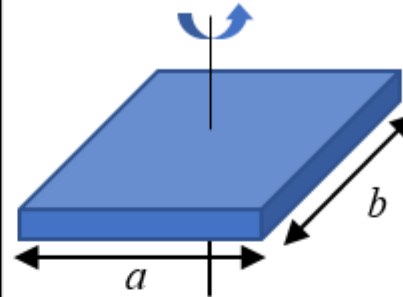
$$I = \frac{1}{3}ml^2$$



(b)

Batang silinder, titik poros rotasi melalui ujung

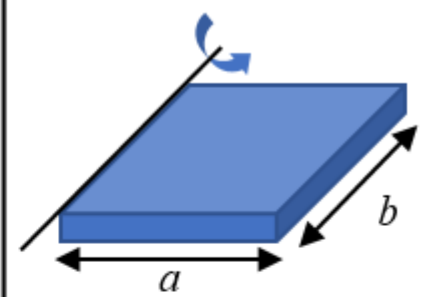
$$I = \frac{1}{2}m(a^2 + b^2)$$



(c)

Pelat segiempat, titik poros rotasi melalui pusat

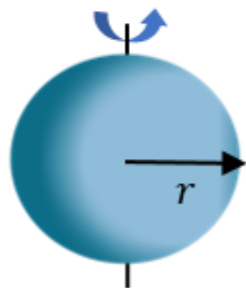
$$I = \frac{1}{3}ma$$



(d)

Pelat segiempat, titik poros rotasi sepanjang tepi

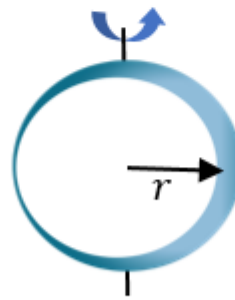
$$I = \frac{2}{5}mr^2$$



(e)

Bola pejal, titik poros rotasi melalui diameter

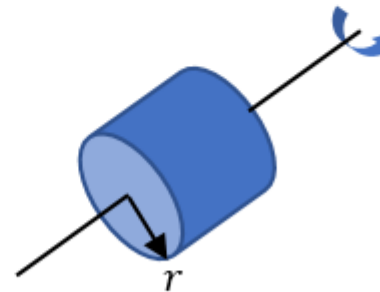
$$I = \frac{2}{3}mr^2$$



(f)

Bola pejal berongga, titik poros rotasi melalui diameter

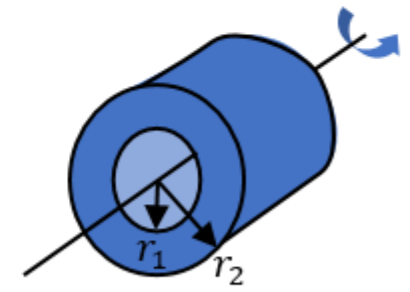
$$I = \frac{1}{2}mr^2$$



(g)

Silinder pejal

$$I = \frac{1}{2}m(r_1^2 + r_2^2)$$



(f)

Silinder berongga

6. Momentum sudut

Momentum angular adalah besaran yang menggambarkan **kecenderungan suatu benda untuk terus berputar.**

a) Untuk benda titik

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times m\vec{v} \qquad L = mvr \sin \theta$$

b) Untuk benda tegar yang berputar

$$L = I\omega$$

Hubungan Momentum Angular dan Torsi

Perubahan momentum angular disebabkan oleh **torsi (τ)**.

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

Jika **torsi total = 0**, maka momentum angular **konstan**.

Hukum Kekekalan Momentum Sudut

$$L_{\text{awal}} = L_{\text{akhir}}$$

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

6. Momentum sudut

Momentum angular adalah besaran yang menggambarkan **kecenderungan suatu benda untuk terus berputar.**

a) Untuk benda titik

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times m\vec{v} \qquad L = mvr \sin \theta$$

b) Untuk benda tegar yang berputar

$$L = I\omega$$

Hubungan Momentum Angular dan Torsi

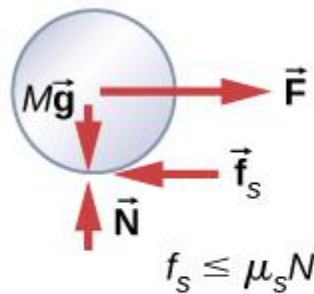
Perubahan momentum angular disebabkan oleh **torsi (τ)**.

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

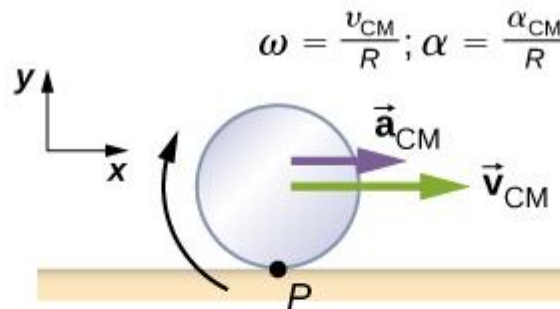
Jika **torsi total = 0**, maka momentum angular **konstan**.

7. Gerak Menggelingding

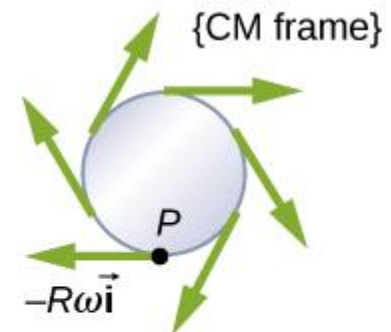
Gerak menggelinding terjadi ketika suatu benda (umumnya silinder, bola, atau cincin) **bergerak translasi sekaligus rotasi tanpa slip** di atas permukaan.



(a) Forces on the wheel



(b) Wheel rolls without slipping



(c) Point P has velocity vector in the negative direction with respect to the center of mass of the wheel

$$E_{\text{total}} = \frac{1}{2} M v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$

SOAL LATIHAN

SOAL 1

Sebuah **silinder pejal** bermassa $M=4\text{ kg}$ dan berjari-jari $R=0.25\text{ m}$ dilepaskan dari keadaan diam di atas sebuah bidang miring yang panjangnya $L=5\text{ m}$ dan membentuk sudut $\theta=30^\circ$ terhadap horizontal. Silinder **mengelinding tanpa slip**. Koefisien gesekan statis antara silinder dan bidang adalah $\mu_s=0.30$. Di tengah lintasan (setelah menempuh jarak 3 m), bidang miring berubah menjadi **kasar** dengan koefisien gesekan kinetik $\mu_k=0,15$. Pada daerah kasar ini, silinder mengalami **slip sebagian**, sehingga gerakanya terdiri dari translasi dengan percepatan tertentu dan rotasi yang berubah karena momen gaya gesek.

$$a = \frac{g \sin \theta}{1 + \frac{I}{MR^2}}$$

- Tunjukkan bahwa percepatan silinder pada daerah **tanpa slip** adalah
- Tentukan kecepatan silinder ketika mencapai titik 3 m dari atas bidang.**
- Sesampainya pada bagian **kasar**, gesekan menjadi kinetik sehingga silinder **mulai slip**, tentukan gaya gesek kinetik, percepatan translasi, dan percepatan sudut!
- Setelah memasuki daerah kasar sepanjang 2 m , hitung **kecepatan silinder saat mencapai dasar bidang**.
- Jelaskan secara fisika **apa yang terjadi pada energi kinetik rotasi dan translasi** pada daerah slip, dan mengapa slip menyebabkan energi total berkurang dibandingkan kasus tanpa slip.