



**FI-1101**

**FISIKA DASAR 1B**

**INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA**

**PERKULIAHAN MINGGU KE 9**

**Benda Tegar dan Dinamika Rotasi**

# Tujuan Instruksional Khusus

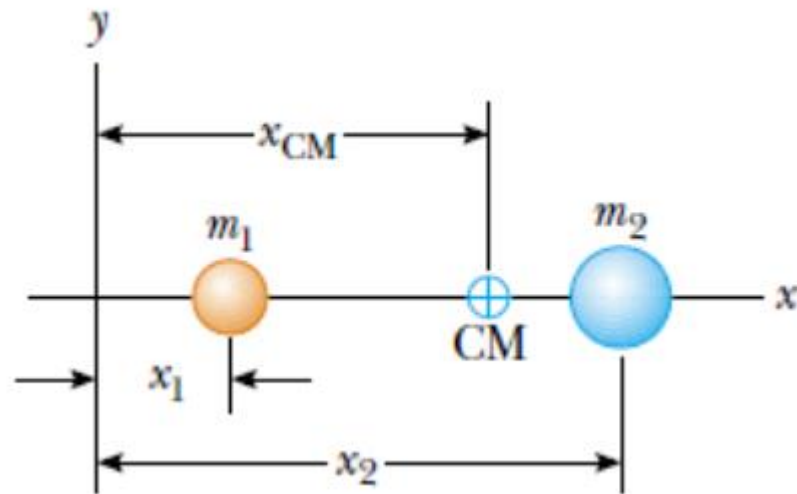
Setelah kuliah ini mahasiswa diharapkan :

- Mampu menyelesaikan persoalan terkait dengan pusat massa benda
- Mampu menyelesaikan persoalan kinematika dan dinamika rotasi

# Pusat Massa

Pusat massa pada 2 benda dalam 1 dimensi

$$x_{\text{CM}} = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2}{m_1 + m_2}$$



Pusat massa pada banyak benda dalam 1 dimensi

$$x_{\text{CM}} = \frac{\sum_i x_i m_i}{\sum_i m_i}$$

$$y_{\text{CM}} = \frac{\sum_i y_i m_i}{\sum_i m_i}$$

$$z_{\text{CM}} = \frac{\sum_i z_i m_i}{\sum_i m_i}$$

# Pusat Massa

Jika posisi pusat massa berubah terhadap waktu, maka dapat dinyatakan kecepatan dan percepatan pusat massa sebagai berikut :

$$v_{\text{CM}} = \frac{dx_{\text{CM}}}{dt} = \frac{\sum_i m_i v_i}{\sum_i m_i} = \frac{1}{M} \left( \sum_i m_i v_i \right) \quad M: \text{total mass}$$
$$a_{\text{CM}} = \frac{dv_{\text{CM}}}{dt} = \frac{\sum_i m_i a_i}{\sum_i m_i}$$

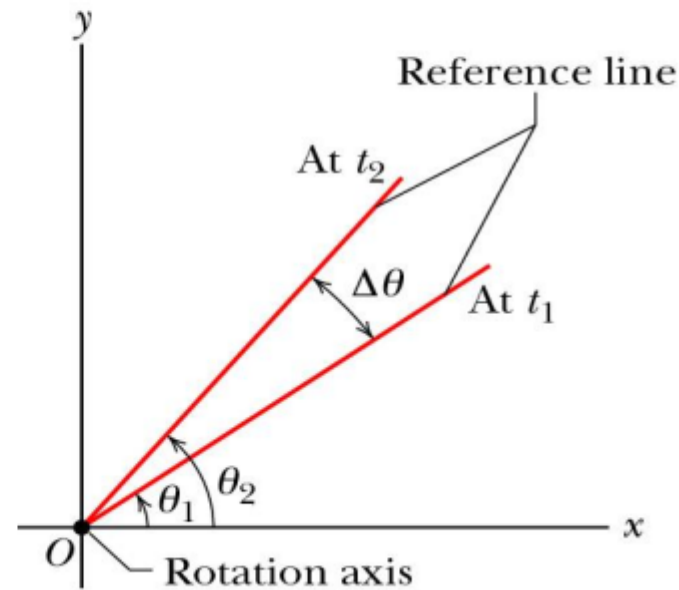
# Gerak Rotasi dan Pergeseran Sudut(Angular)

- Tinjau dahulu besaran-besaran vektor gerak rotasi.
- Dalam proses rotasi, pergeseran sudut:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

- Satuan SI untuk pergeseran sudut adalah **radian (rad)**

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,3^\circ$$

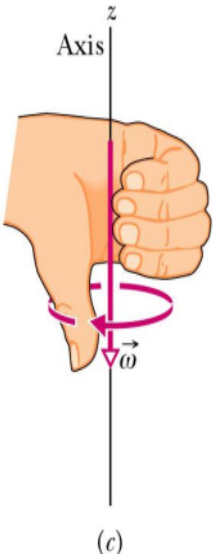
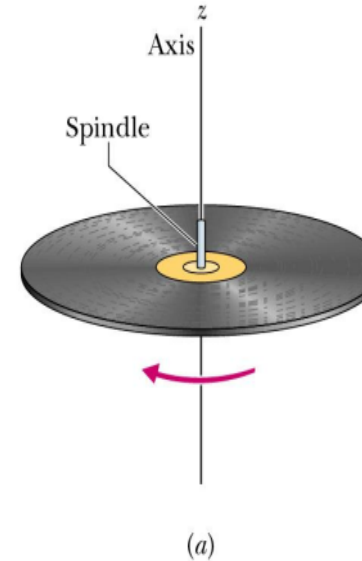


# Kecepatan Sudut dan Aturan Tangan Kanan

- kecepatan sudut rata-rata:  $\bar{\omega} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$
- kecepatan sudut sesaat:  $\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$

Satuan SI untuk kecepatan sudut adalah radian per detik (rad/s)

Arah kecepatan sudut sama dengan arah pergeseran sudut.



# Percepatan Sudut

- Percepatan sudut rata-rata:

$$\bar{\alpha} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

- Percepatan sudut sesaat:

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}$$

Satuan SI untuk percepatan sudut adalah  
radian per detik ( $\text{rad/s}^2$ )

Arah percepatan sudut sama dengan arah kecepatan sudut.

# Persamaan Kinematika Rotasi dibandingkan dengan Kinematika Linear

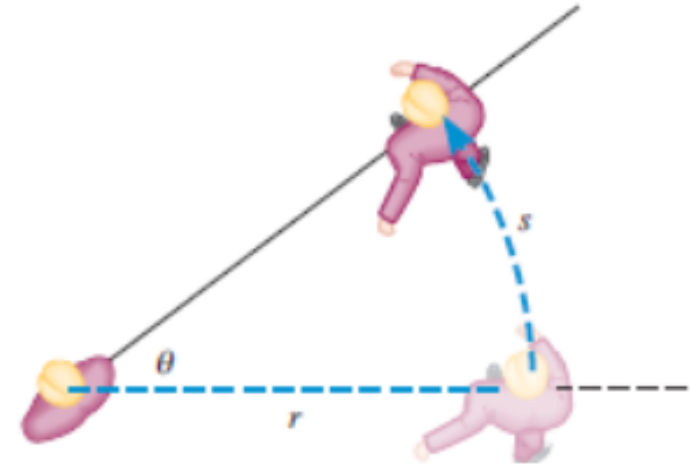
Angular	Linear
$\omega = \omega_0 + \alpha t$	$v = v_0 + at$
$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$	$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$
$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\theta$	$v^2 = v_0^2 + 2ax$
$\bar{\omega} = \frac{\omega + \omega_0}{2}$	$\bar{v} = \frac{v + v_0}{2}$



# Kecepatan dan Percepatan Tangensial (Linear)

$$v_T = r\omega$$

$$a_T = \frac{(v_T - v_T)}{\Delta t} = \frac{r\omega - r\omega_0}{\Delta t} = r\alpha$$



# Percepatan Sentripetal (Radial) dan Percepatan Total

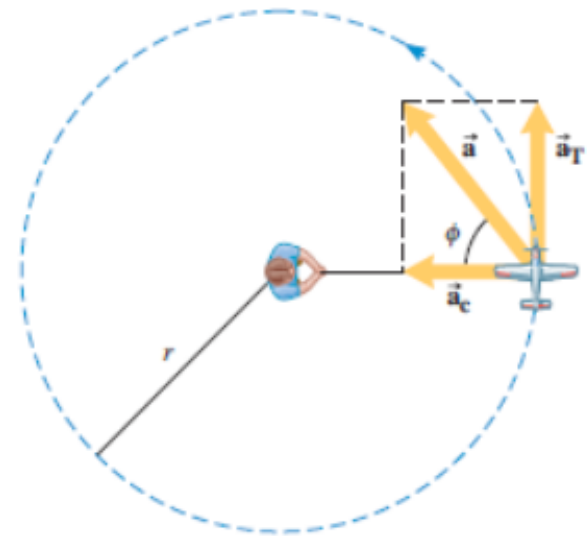
$$a_C = \frac{v_T^2}{r} = \frac{(r\omega)^2}{r} = r\omega^2$$

Percepatan total yang dialami benda bergerak melingkar dapat dinyatakan :

$$\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_C$$

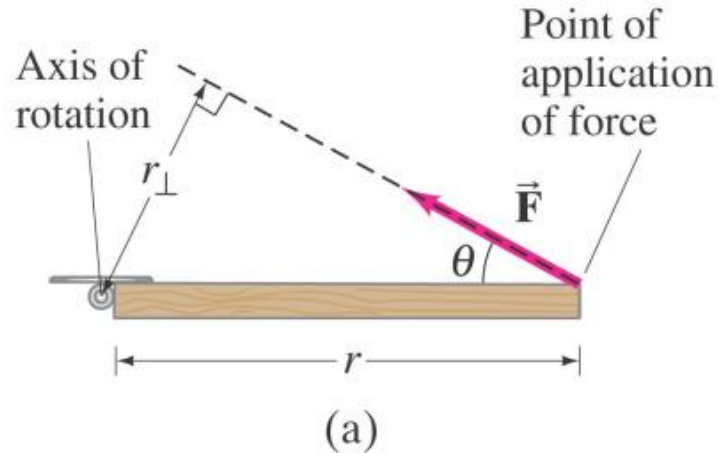
$$a = \sqrt{a_T^2 + a_C^2}$$

Magnitude of (total) acceleration

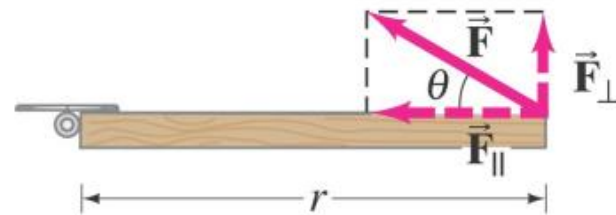


# Torsi (Momen Gaya)

- Torsi didefenisikan sebagai hasil kali besarnya gaya dengan panjangnya lengan



$$\tau = r_{\perp} F$$



- Torsi berarah positif apabila gaya menghasilkan rotasi yang berlawanan dengan arah jarum jam.
- Satuan SI dari Torsi: newton.m (N.m)

# Keseimbangan Benda Tegar

- Suatu benda tegar dikatakan setimbang apabila memiliki percepatan translasi sama dengan nol dan percepatan sudut sama dengan nol.
- Dalam keadaan setimbang, seluruh resultan gaya yang bekerja harus sama dengan nol, dan resultan torsi yang bekerja juga harus sama dengan nol:

$$\sum \vec{F} = 0$$

$$\sum \vec{\tau} = 0$$

# Keseimbangan Benda Tegar

Untuk benda tegar yang berotasi pada sumbu yang tetap, maka hukum kedua newton untuk gerak rotasi dapat dinyatakan :

$$\sum \tau = I\alpha$$

Momen Inersia bagi suatu sistem partikel benda tegar adalah ukuran inersial sistem untuk berotasi terhadap sumbu putarnya dapat dinyatakan sebagai :

$$I = mr^2$$

# Analogi antara konsep rotasi dengan translasi dapat digambarkan sebagai berikut :

Physical Concept	Rotational	Translational
Displacement	$\theta$	$s$
Velocity	$\omega$	$v$
Acceleration	$\alpha$	$a$
The cause of acceleration	Torque $\tau$	Force $F$
Inertia	Moment of inertia $I$	Mass $m$
Newton's second law	$\Sigma \tau = I\alpha$	$\Sigma F = ma$
Work	$\tau\theta$	$Fs$
Kinetic energy	$\frac{1}{2}I\omega^2$	$\frac{1}{2}mv^2$
Momentum	$L = I\omega$	$p = mv$

# Gerak Menggelinding

- Total energi kinetik benda yang menggelinding sama dengan jumlah energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi.

$$K = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}I_0\omega^2$$

# Hukum Kekekalan Energi Mekanik Total dengan Gerak Rotasi

$$\begin{aligned} E &= K_{\text{trans.}} + K_{\text{rot.}} + U_{\text{grav.}} \\ &= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 + mgh \end{aligned}$$





SEKIAN DAN TERIMA KASIH