

a_{sp} = percepatan sentripetal (m/s^2)

= percepatan sudut (m/s^2)

= kecepatan sudut (rad/s)

r = jari-jari (m)

H. ROTASI BENDA TEGAR

1. Torsi

Benda bergerak lurus disebabkan gaya yang bekerja pada benda tersebut. Benda melakukan gerak rotasi disebabkan oleh gaya yang bekerja pada jarak tertentu dari pusat rotasi. Besaran ini dinamakan *torsi* atau *momen gaya*. Jadi, torsi dapat dinyatakan sebagai perkalian gaya dan jaraknya dari pusat yang secara perkalian vektor ditulis sebagai berikut.

$$\tau = r \times F$$

Keterangan:

τ = vektor torsi (Nm)

r = vektor jarak (m)

F = vektor gaya (N)

Besar momen gaya adalah:

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

θ = sudut antara vektor r dan F (0)

Jika lengan momen l dinyatakan sebagai $r \sin \theta$ maka torsi sama dengan hasil kali gaya dengan lengan momen.

$$\tau = Fl$$

2. Momen inersia

Setiap benda memiliki kuantitas yang mewakili keadaan benda tersebut. Massa benda mewakili kelembaman benda ketika benda bergerak translasi. Ketika benda bergerak rotasi, massa tidak lagi mewakili kelembaman benda karena benda yang bergerak rotasi terikat dengan pusat rotasi. Keadaan ini mengharuskan adanya suatu kuantitas baru yang mewakili kelembaman benda berotasi. Besaran yang mewakili kelembaman benda yang berotasi dinamakan *momen inersia* (momen kelembaman) dan dilambangkan dengan I .

$$I = mr^2$$

Keterangan:

m = massa benda yang bergerak rotasi (kg)

r = jari-jari rotasi (m)

Persamaan momen inersia dapat diperluas untuk sistem benda yang berotasi pada pusat tertentu. Persamaan momen inersia untuk sistem dengan beberapa benda yang berputar bersama dituliskan sebagai jumlah setiap hasil kali massa dengan jaraknya ke pusat rotasi.

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 \\ = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_2 r_2^2 + \dots + m_n r_n^2$$

Untuk benda-benda dengan bentuk yang tidak beraturan, perhitungan momen inersia menggunakan bentuk integral:

$$I = \int r^2 dm$$

Tanda integral mewakili penjumlahan terhadap bagian-bagian kecil massa benda. Jadi, pada prinsipnya integrasi dan penjumlahan mewakili operasi matematika yang setara.

3. Momentum sudut

Setiap benda yang bergerak memiliki momentum. Benda yang bergerak translasi mempunyai momentum yang besarnya merupakan perkalian antara massa benda dengan kecepatannya. Begitu pula pada gerak rotasi. *Momentum sudut* merupakan hasil kali momen inersia dengan kecepatan sudutnya.

$$L = I\omega$$

Keterangan:

$L =$ momentum sudut

Momentum sudut juga dapat dinyatakan sebagai hasil kali momentum linear dengan jarak benda ke pusat lingkaran:

$$L = pr$$

Menurut perkalian vektor, momentum sudut ditentukan sebagai berikut.

$$L = r \times p$$

Sebagaimana pada gerak translasi, pada gerak rotasi juga berlaku hukum kekekalan momentum sudut, yaitu:

Jika tidak ada momen gaya yang bekerja pada sistem yang mengalami gerak rotasi, momentum sudut sistem selalu konstan.

$$L_{\text{sebelum}} = L_{\text{sesudah}}$$
$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

Kekekalan momentum sudut merupakan salah satu hukum dasar dalam fisika dan sering digunakan untuk menyelesaikan persoalan yang berhubungan dengan gerak rotasi.

4. Dinamika rotasi

Hukum Newton diyakini sebagai hukum dasar fisika yang digunakan untuk memecahkan persoalan gerak. Penyelesaian soal dinamika gerak dilakukan dengan meninjau gaya sebagai penyebab gerak. Dalam dinamika rotasi, sesuatu yang menyebabkan benda bergerak adalah torsi atau momen gaya. Karena itu, pernyataan *dinamika rotasi* ditulis dalam bentuk sebagai berikut.

$$\Sigma \tau = \Sigma I \alpha$$

Persamaan ini merupakan pernyataan Hukum II Newton dalam gerak rotasi.

5. Energi dalam gerak rotasi benda tegar

Benda tegar yang berotasi memiliki energi kinetik. Pada gerak rotasi, energi kinetik rotasi dinyatakan sebagai berikut.

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

Keterangan:

E_k = energi kinetik rotasi (J)

I = momen inersia benda tegar ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

ω = kecepatan sudut rotasi.

6. Analogi gerak translasi dan gerak rotasi

Beberapa kuantitas pada gerak translasi juga terdapat pada gerak rotasi. Berikut ini analogi

antara besaran-besaran gerak translasi (gerak lurus) dan gerak rotasi.

Gerak Translasi		Gerak Rotasi	
Besaran	Rumus	Besaran	Rumus
Massa	m	Momen inersia	$I = m r^2$
Gaya	F	Momen gaya (torsi)	$\tau = r F$
Hukum II Newton	$\Sigma F = \Sigma m a$	Hukum II Newton	$\Sigma \tau = \Sigma I a$
Kecepatan linier	v	Kecepatan sudut	$\omega = \frac{v}{r}$
Momentum linier	$p = m a$	Momentum sudut	$L = I \omega$
Energi kinetik	$E_k = \frac{1}{2} m v^2$	Energi kinetik	$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$

I. KESEIMBANGAN BENDA TEGAR

1. Keseimbangan partikel

Berdasarkan Hukum I Newton, jika benda diam atau berada dalam kesetimbangan statis maka resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol:

$$\Sigma F = 0$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

Keterangan:

ΣF_x = resultan komponen gaya pada sumbu x

ΣF_y = resultan komponen gaya pada sumbu y