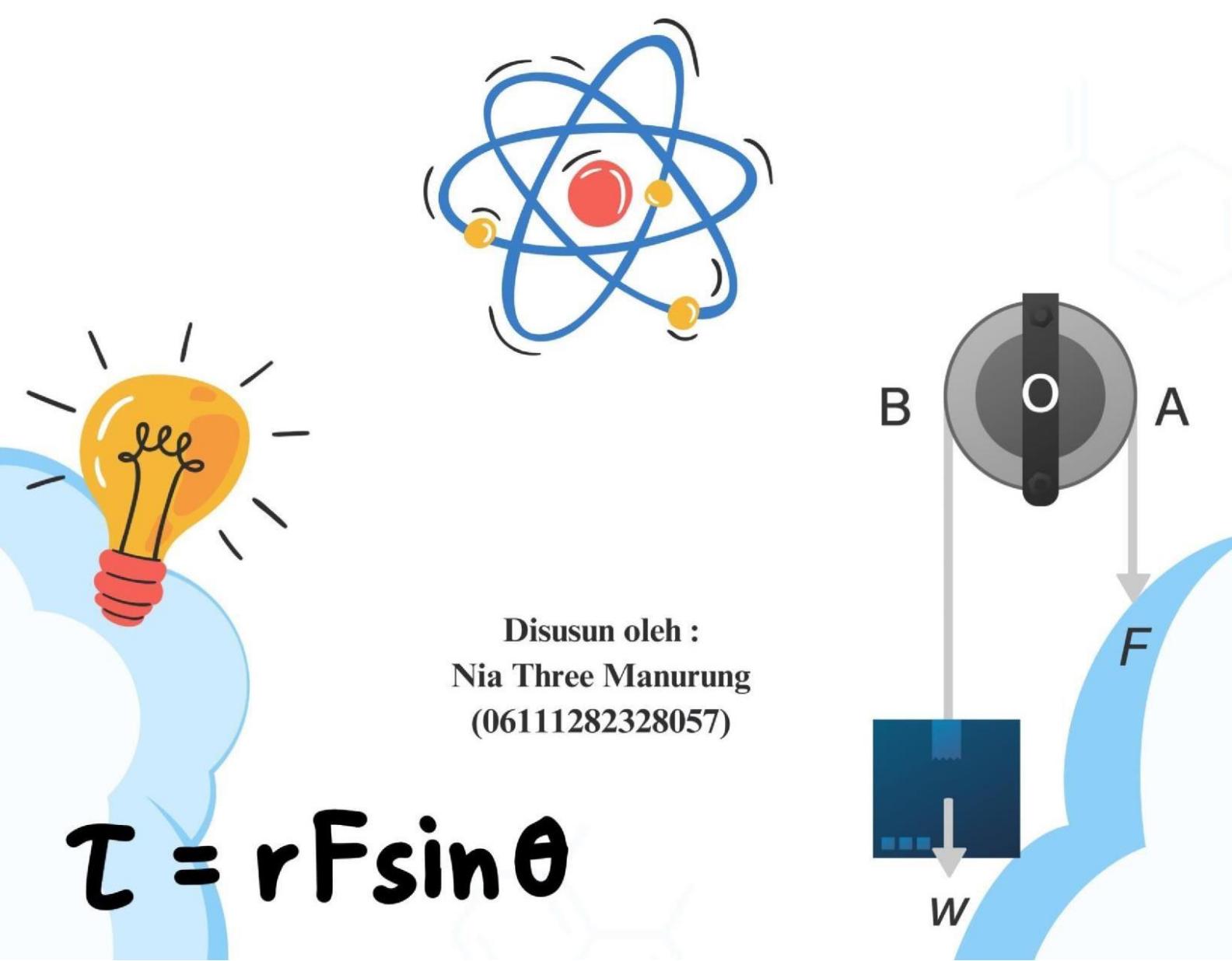




BAHAN AJAR DINAMIKA ROTASI



DINAMIKA ROTASI

Dinamika rotasi adalah ilmu yang mempelajari gerak rotasi (berputar) dengan mempertimbangkan komponen penyebabnya, yaitu momen gaya. Momen gaya atau torsi ini, menyebabkan percepatan sudut. Jika semua bagian suatu benda bergerak mengelilingi poros atau sumbu putarnya dan sumbu putarnya terletak pada salah satu bagiannya, benda tersebut dikatakan melakukan gerak rotasi (berputar). Dalam kehidupan sehari-hari, gerak rotasi dapat diamati pada berbagai objek seperti roda kendaraan yang berputar, baling – baling, kipas angin, atau gerakan planet yang mengorbit matahari.

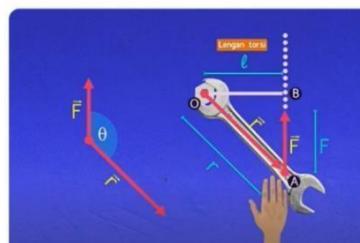


Gambar 1. Contoh gerak rotasi dalam kehidupan sehari-hari

Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=9sWYHaFyoQ>

1. Momen Gaya (Torsi)

Momen gaya atau dikenal sebagai torsi (τ), adalah besaran vektor yang menggerakkan suatu benda tegar untuk berotasi atau berputar terhadap suatu proses tertentu. Perhatikan gambar berikut !



Gambar 2. Penerapan konsep torsi dalam kunci Inggris

Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=kSSFq1cgVoA>

Gambar diatas menggambarkan konsep torsi dalam fisika, yang merupakan ukuran seberapa besar gaya (F) yang diterapkan pada suatu objek untuk memutar objek tersebut di sekitar titik poros (O). Torsi (τ) dihitung dengan rumus :

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

Dimana r adalah panjang lengan torsi, yaitu jarak dari titik poros ke titik penerapan gaya (A). Gaya yang diterapkan ditunjukkan dengan panah merah dan sudut

(θ) menggambarkan arah gaya, yang berkontribusi terhadap efek rotasi objek. Konsep ini penting untuk memahami gerakan putaran dan pengaruh gaya dalam mekanika.

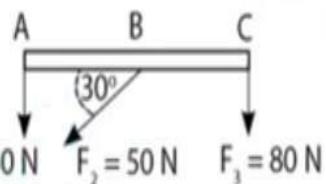
Catatan:

- Momen gaya bertanda (+) jika berlawanan arah putaran jarum jam
- Momen gaya bertanda (-) jika searah putaran jarum jam

Contoh soal 1

Perhatikan gambar di bawah ini

Batang AC panjang 100 cm dengan AB = BC dan massanya diabaikan jika besar gaya pada A = 60 N di B = 50 N dan pada C = 80 N. Besar momen gaya yang bekerja pada batang dengan sumbu putar di titik B adalah....



Penyelesaian:

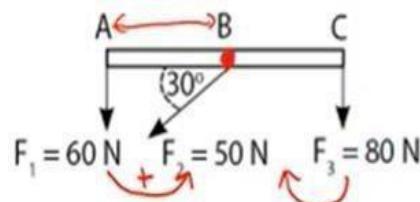
$$\text{Diketahui : } F_1 = 60 \text{ N}$$

$$F_2 = 50 \text{ N}$$

$$F_3 = 80 \text{ N}$$

$$AC = 100 \text{ cm}$$

$$AB = BC = 1/2 \text{ m}$$



Ditanya : τ_B ?

$$\text{Jawab : } \tau_1 = F_1 r_1$$

$$= 60 \cdot \frac{1}{2} = 30 \text{ Nm}$$

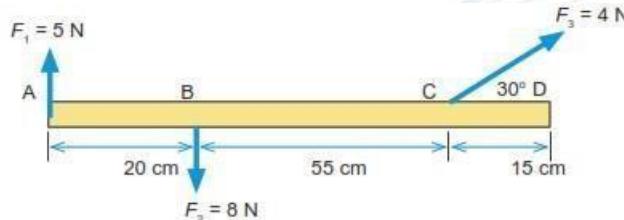
$$\tau_2 = 0$$

$$\tau_3 = - F_3 r_3 = - F_3 BC = - 80 \cdot \frac{1}{2} = - 40 \text{ Nm}$$

$$\tau_B = \tau_1 + \tau_3 = 30 - 40 = -10 \text{ Nm} = 10 \text{ Nm searah jarum jam}$$

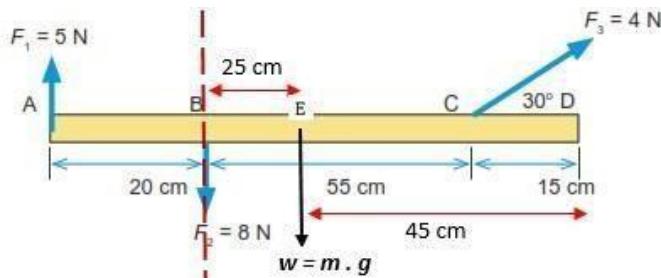
Contoh soal 2

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



Jawab :

Untuk menentukan momen gaya yang bekerja pada titik B pada benda tegar AD yang bermassa 2 kg, maka uraian vektor – vektor gaya yang bekerja pada benda dapat diperoleh sebagai berikut



$$\tau_B = \tau_{BA} + \tau_{BE} + \tau_{BC}$$

$$\tau_B = (-r_{BA} \cdot F_1) + (-r_{BE} \cdot w) + (r_{BC} \cdot F_{3y})$$

$$\tau_B = (-0,2 \cdot 5) + (-0,25 \cdot 2 \cdot 10) + (0,55 \cdot F_3 \cdot \sin 30^\circ)$$

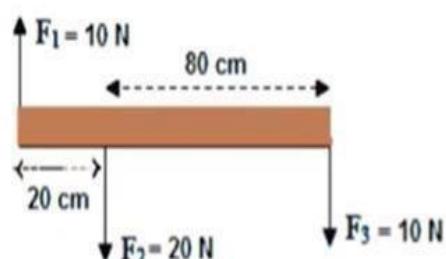
$$\tau_B = (-1) + (-5) + (0,55 \cdot 4 \cdot \frac{1}{2})$$

$$\tau_B = (-1) + (-5) + (1,1) = -4,9 \text{ Nm}$$

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

Latihan Soal

Jika massa batang 2 kg, hitung momen gaya pada batang jika sistem diputar dengan poros di ujung kiri batang (F_1) !



2. Momen Inersia

Kamu pasti ingat bunyi hukum pertama Newton, yang menyatakan bahwa benda yang bergerak cenderung terus bergerak dan benda yang diam cenderung tetap diam. Hukum pertama Newton disebut Hukum Inersia atau Hukum Kelembaman karena kecenderungan suatu benda untuk mempertahankan keadaannya atau lembam.

Momen inersia (I) adalah besaran yang menunjukkan kecenderungan suatu benda untuk mempertahankan keadaannya (kelembaman) dalam gerak rotasi dan juga kemampuan benda untuk mempertahankan kecepatan sudut rotasinya. Benda yang sulit berputar atau dihentikan saat berputar memiliki momen inersia yang besar, begitu pula sebaliknya.

Keterangan:

I : Momen inersia (kgm^2)

m : massa partikel (kg)

r : jarak partikel dari sumbu pusat rotasi (m)

Momen inersia total adalah penjumlahan momen inersia dari sejumlah partikel dengan massa masing-masing m_1 , m_2 , dan m_3 dan dengan jarak r_1 , r_2 , dan r_3 dari poros, maka dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$I = \sum i m_i r_i^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots$$



Gambar 3. Contoh penerapan momen inersia dalam kehidupan sehari hari
Sumber:<https://youtube.com/shorts/R68BjRLfm1Q?si=IN8NM8WXxDrJZNK9>

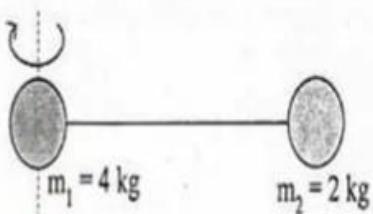
Secara matematis, momen inersia dirumuskan sebagai hasil kali antara massa partikel (m) dan kuadrat jarak partikel dari sumbu rotasi (r), yaitu :

$$I = m \times r^2$$

Atau secara pengintegralan dapat ditulis dengan persamaan :

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

Contoh soal 3



Dua bola dihubungkan dengan kawat yang panjangnya 6 m seperti pada gambar : Massa kawat diabaikan dan kedua bola diputar dengan sumbu putar tegak lurus kawat pada benda m1. Besar momen inersia sistem adalah.....

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \sum I &= I_1 + I_2 \\ &= m_1 r_1 + m_2 r_2 = 4(0) + 2(6)2 \\ &= 0 + 2(36) = 0 + 72 = 72 \text{ kgm}^2 \end{aligned}$$

Latihan Soal

Dua buah benda A dan B massanya sama 5 kg dihubungkan oleh batang yang massanya diabaikan dan panjangnya 120 cm seperti gambar. Batang diputar di tengah-tengah, maka besar momen inersia di C....



Percobaan Sederhana

Menyelidiki Momen Inersia pada Pemutar Kayu

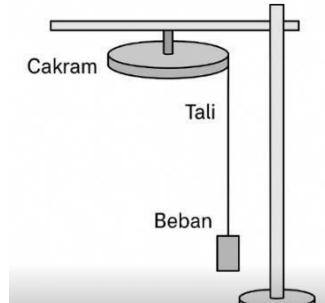
Tujuan : Mengamati bagaimana massa dan distribusinya mempengaruhi momen inersia

Alat dan Bahan

- Piringan kayu atau CD/DVD bekas
- Paku atau baut kecil sebagai poros
- Benang dan pemberat kecil (misal baut atau mur)
- Stopwatch
- Penggaris untuk mengukur

Langkah Kerja

- a. Ambil piringan kayu atau CD/ DVD dan buat lubang kecil di tengahnya untuk dijadikan poros
- b. Pasang poros pada meja atau papan kayu sehingga piringan bisa berputar bebas
- c. Ikat benang di tepi piringan dan lilitkan beberapa kali
- d. Gantung pemberat di ujung benang sehingga saat dilepas, benang akan menarik piringan dan membuatnya berputar
- e. Lepaskan pemberat dan gunakan stopwatch untuk mencatat waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu putaran
- f. Tambahkan massa di tepi piringan (misalnya dengan menempelkan koin atau mur di pinggir)
- g. Bandingkan perbedaan waktu putaran



Analisis

- Apakah piringan dengan massa lebih banyak di pinggir memiliki momen inersia lebih besar ?
- Apakah memerlukan lebih banyak waktu untuk berputar dibandingkan yang massanya terkonsentrasi di tengah?