MODUL DINAMIKA ROTASI

KELAS XI

PENYUSUN

LIVEWORKSHEETS

A. PENDAHULUAN

Modul ajar ini merupakan salah satu bahan ajar tentang materi momen gaya dan momen inersia yang disajikan berdasarkan masalah yang sering terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini dimaksudkan agar peserta didik dapat memahami dengan mudah terkait materi yang akan dipelajari.

Petunjuk penggunaan Modul Ajar Dinamika Rotasi adalah sebagai berikut:

- Modul ajar berisi pemaparan materi momen gaya dan momen inersia yang terdiri dari momen inersia partikel dan momen inersia benda tegar
- Bila terdapat penugasan dan latihan soal, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan jika perlu konsultasikan hasil tersebut pada guru yang bersangkutan
- Catatlah kesulitan yang kalian dapatkan dalam modul ajar ini untuk ditanyakan pada guru. Bacalah referensi lain yang berhubungan dengan modul ajar agar kalian mendapatkan pengetahuan tambahan.
- Untuk dapat mengetahui tingkat penguasaan materi, peserta didik perlu mengerjakan tes formatif di bagian akhir modul ajar ini.

B. INTI

1. Kompetensi Dasar

3.1 Menerapkan konsep torsi, momen inersia, titik berat, dan momentum sudut pada benda tegar (statis dan dinamis) dalam kehidupan sehari-hari misalnya dalam olahraga.

LIVEWORKSHEETS

4.1 Membuat karya yang menerapkan konsep titik berat dan kesetimbangan benda tegar

2. Capaian Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran ini, peserta didik diharapkan dapat:

a. Memahami konsep momen gaya

b. Menyelesaikan soal-soal yang berkaitan dengan momen gaya

c. Memahami konsep momen inersia

d. Menyelesaikan soal-soal yang berkaitan dengan momen inersia

3. Pokok-Pokok Materi

- Momen Gaya
- Momen Inersia

4. Uraian Materi

Dinamika rotasi adalah ilmu yang mempelajari tentang gerak rotasi (berputar) dengan memperhatikan 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/ Torsi (τ)

Pada kehidupan sehari-hari kalian sudah terbiasa menjumpai orang ketika membuka ban yang bocor dari bautnya. Silahkan kalian amati pada link video di bawah ini!

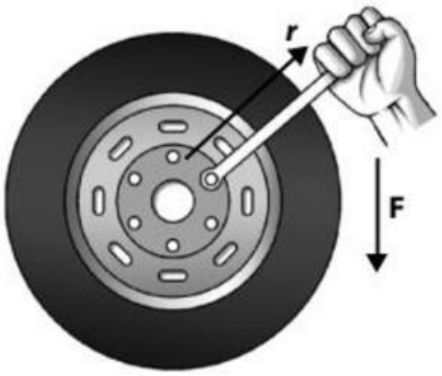
LIVEWORKSHEETS

Gambar 1. Seseorang membuka ban mobil dari bautnya

https://www.youtube.com/watch?v=2Z5ifxBpGjE

Setelah mengamati video tersebut, besaran-besaran fisika apa sajakah yang ada pada video tersebut, Diskusikan dengan temanmu dikelompok?

Perhatikan Gambar berikut ini!

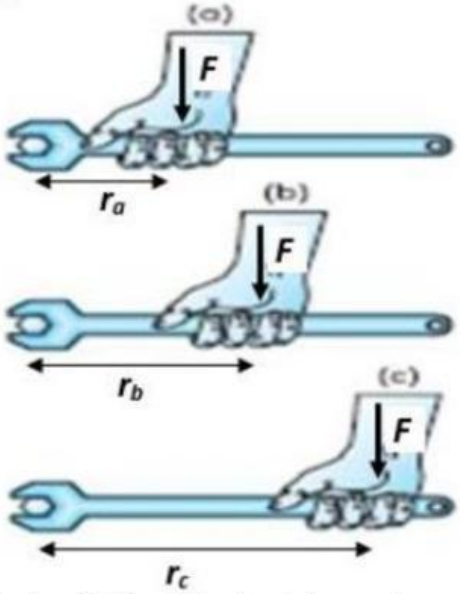


Gambar 2. Posisi tangan membuka baut ban

Berdasarkan Gambar di atas, orang memberikan gaya kepada kunci sehingga kunci dapat memutar baut. Baut berfungsi sebagai **sumbu rotasi**, sedangkan perpanjangan garis gaya disebut **garis kerja gaya**. Jika gaya (***F***) yang diberikan tangan (garis kerja gaya) tegak lurus terhadap lengan kunci, maka lengan kunci ini berfungsi sebagai **lengan gaya**.

LIVEWORKSHEETS

Untuk memahami konsep Momen Gaya /Torsi (τ), Perhatikan beberapa kejadian berikut !



Gambar 3. Membuka baut dengan tangan

Sekarang kalian perhatikan Gambar di atas, Untuk memutar baut, kedudukan tangan seperti gambar (a), (b) ataukah (c) manakah yang lebih mudah dilakukan? Utuk dapat memahami pertanyaan tersebut perhatikan lebih lanjut materi berikut ini!

Momen gaya merupakan besaran yang dapat menyebabkan sebuah titik partikel berputar (berotasi). Semakin besar momen gaya yang diterima oleh suatu benda, maka benda akan mudah untuk berotasi. Definisi momen gaya secara matematis dituliskan sebagai berikut.

dengan: $\boldsymbol{\tau = r \times F}$ **Pers.....1**

$\boldsymbol{r}$ = lengan gaya = jarak sumbu rotasi ke titik tangkap gaya (m),

$\boldsymbol{F}$ = gaya yang bekerja pada benda (N), dan

τ = momen gaya (Nm).

LIVEWORKSHEETS

Perhatikan Gambar berikut ini!



(Momen gaya yang ditimbulkan oleh gaya yang membentuk sudut θ terhadap benda (lengan gaya = ***r***).

Apabila gaya *F* yang bekerja pada benda membentuk sudut tertentu dengan lengan gayanya (*r*), **Persamaan (1)** akan berubah menjadi

$$\boldsymbol{\tau = rF\sin\theta}$$ **Pers.....2**

Momen gaya terbesar diperoleh saat θ = 90° (sin θ = 1), yaitu saat gaya dan lengan gaya saling tegak lurus. Besaran Momen Gaya /Torsi (**τ**) juga termasuk **besaran vektor.** Sebagai besaran vektor, momen gaya (**τ**) memiliki besar dan arah. Perjanjian tanda untuk arah momen gaya adalah sebagai berikut.

a. Momen gaya diberi tanda Positif jika cenderung memutar benda Searah putaran jarum jam

b. Momen gaya diberi tanda Negatif jika cenderung memutar benda Berlawanan arah putaran jarum jam

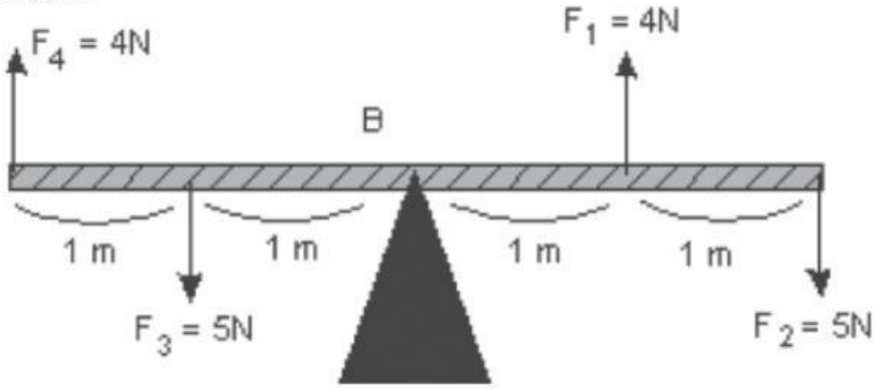
Jika pada poros bekerja n buah gaya maka berlaku konsep resultan momen gaya yang dinyatakan sebagai jumlah vektor dari setiap momen gaya. Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\tau_{total} = \sum(r\ x\ F)$$ **Pers.....3**

$$\tau_{total} = \tau_1 + \tau_2 + \cdots + \tau_n$$ **Pers.....4**

LIVEWORKSHEETS

Contoh Soal



Perhatikan gambar di atas! Berdasarkan gambar tersebut, tentukan

a. τ_1 dengan poros putar pada titik tumpunya.

b. τ_4 dengan poros putar pada titik tumpunya.

Jawab:

a. $\tau_1 = F_1.l_1 = 4.1 = -4$ Nm (Berlawanan arah jarum Jam)

b. $\tau_4 = F_4.l_4 = 4.2 = 8$ Nm (Searah Jarum Jam)

Pendalaman Contoh Soal yang lain silahkan lihat pada link di bawah ini!

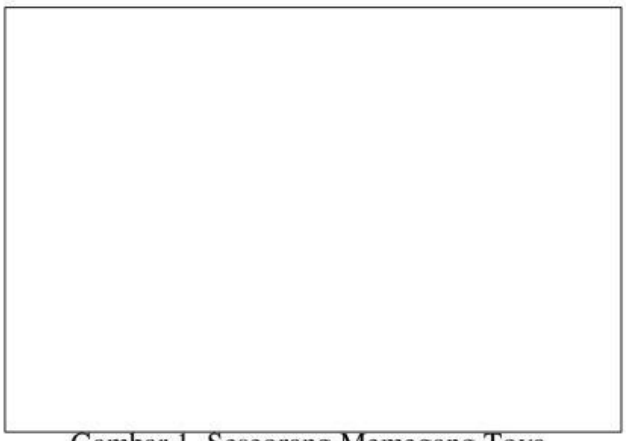
Link Video Penguatan Contoh Soal! https://bit.ly/2T983Qh

b. Momen Inesia (I)

Pada kehidupan sehari-hari pernahkah kalian melihat orang bermain atau berlatih menggunakan Toya? Kalau kalian amati seorang yang bermain toya diposisi manakah toyanya dipegang?

LIVEWORKSHEETS

Silahkan kalian amati pada link video di bawah ini!



Gambar 1. Seseorang Memegang Toya

https://www.youtube.com/watch?v=yAf311tGVzI

Setelah mengamati video tersebut,Posisi manakah yang selalu menjadi pegangan orang tersebut saat bermain toya? Diskusikan dengan temanmu dikelompok?

Dalam fisika, **Momen inersia (*I*)** 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 suatu bergantung pada massa benda dan jarak massa benda tersebut terhadap sumbu rotasi. Jika benda berupa partikel atau titik bermassa *m* berotasi mengelilingi sumbu putar yang berjarak *r*, momen inersia partikel itu dinyatakan dengan persamaan..

$$\mathbf{I = mr^2}$$

Dengan:

I : momen Inersia kg/m^2

m : massa suatu partikel (kg)

LIVEWORKSHEETS

r : jarak terhadap sumbu putar

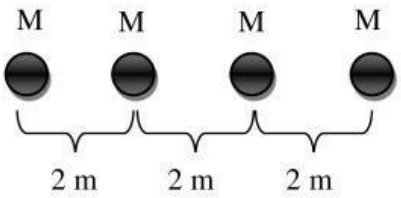
Jika terdapat sejumlah partikel dengan massa masing-masing m_1, m_2, m_3,... dan memiliki jarak r_1, r_2, r_3, ... terhadap poros, maka momen inersia totalnya adalah penjumlahan momen inersia setiap partikel, yaitu sebagai berikut.

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

Contoh Soal 1

1. Empat buah partikel masing-masing

   M_1 = 2 kg, M_2 = 2 kg, M_3= 2 kg, dan M_4 = 2 kg seperti tampak pada gambar.

   Tentukan momen inersia sistem jika sumbu putarnya melalui sumbu benda M_3

   Jawab:

   $I_{m_3} = I_1 + I_2 + I_4 = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_4 r_4^2 = 2.4^2 + 2.2^2 + 2.2^2 = 48\ kgm^2$

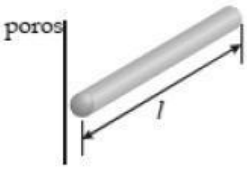
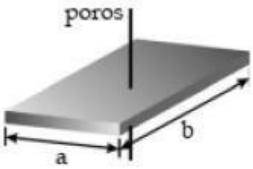
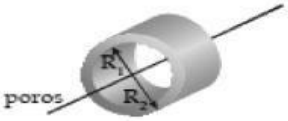
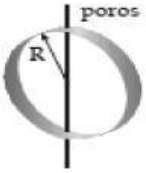
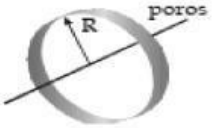
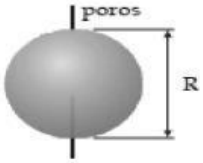
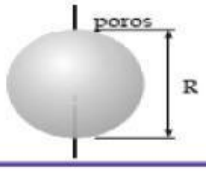
Persamaan yang sudah dibahas hanya berlaku jika benda dianggap suatu partikel, bagaimana jika benda itu bukan suatu partikel,misalkan benda yang memiliki satu kesatuan massa yang kontinu (tidak terpisahkan antara satu sama lain) dan bentuknya teratur yang sering disebut dengan **benda tegar.** Pada benda tegar, massa benda terkonsentrasi pada pusat massanya dan tersebar pada jarak yang sama dari titik pusat massa benda. Oleh karena itu, momen inersia benda tegar dapat dihitung menggunakan teknik integral dengan persamaan:

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

LIVEWORKSHEETS

Momen inersia berbagai bentuk benda tegar berdasarkan sumbu rotasinya dituliskan pada tabel berikut.

Tabel Momen Inersia Berbagai Bentuk Benda Tegar

Nama	Gambar	Momen Inersia
Batang silinder, poros melalui pusat.		$I = \frac{1}{12}ml^2$
Batang silinder, poros melalui ujung.		$I = \frac{1}{3}ml^2$
Pelat besi persegi-panjang, poros melalui pusat.		$I = \frac{1}{2}m\left(a^2+b^2\right)$
Silinder berongga		$I = \frac{1}{2}m\left(R_1^2+R_2^2\right)$
Silinder pejal		$I = \frac{1}{2}mR^2$
Silinder tipis berongga		$I = mR^2$
Bola pejal		$I = \frac{2}{5}mR^2$
Bola tipis berongga		$I = \frac{2}{3}mR^2$

Sumber: *Fundamentals o hysics*, 2001 dan *hysics or Scientists and ngineers with odern hysics*, 2000

LIVEWORKSHEETS

Contoh Soal 2

Sebatang kayu silinder panjangnya 100 cm dan bermassa 800 g. Tentukan momen inersia batang kayu itu, jika batang kayu tersebut berputar dengan sumbu putarnya:

a. di tengah-tengah,

b. di ujung.

Jawab

Diketahui: l = 100 cm dan m = 800 g = 0,8 kg.

a. Momen inersia batang kayu dengan sumbu putarnya di tengah:

$$I = \frac{1}{3}ml^2 = \frac{1}{3}0{,}8.1^2 = 0{,}067 \text{ kg/m}^2$$

b. Momen inersia batang kayu dengan sumbu putarnya di ujung:

$$I = \frac{1}{3}ml^2 = \frac{1}{3}0{,}8.1^2 = 0{,}267 \text{ kg/m}^2$$

Pendalaman Contoh Soal yang lain silahkan lihat pada link di bawah ini!

Link 1

https://www.youtube.com/watch?v=wAt8lJfQX24

5. Forum Diskusi

Diskusikan beberapa kasus dibawah ini!

LIVEWORKSHEETS

1. Pernahkah kalian memperhatikan posisi gagang pintu? Apakah ada alasannya mengapa selalu ditaruh di ujung pintu?
2. Dimanakah posisi tangan anda saat memegang raket untuk menghasilkan pukulan bola paling jauh? Apakah ini termasuk penerapan konsep momen gaya?
3. Berikan contoh penerapan konsep momen gaya dalam kehidupan sehari lainnya?
4. Mengapa kernet mobil Truck menambahkan pipa pada kunci, kemudian menginjaknya untuk membuka ban yang bocor?
5. Jika ada dua bola terbuat dari bahan yang sama serta ukuran sama, Bola 1 berbentuk bola pejal sedangkan bola 2 berbentuk bola berongga menggelinding pada bidang miring, bola manakah yang akan sampai ke dasar tanah terlebih dahulu?
6. Perhatikan gambar di bawah ini!



Sumber: *news. c.co.uk*
Gambar 2. Seseorang melakukan adegan akrobatik

Mengapa sebuah tongkat panjang membantu seorang pemain akrobat berjalan di atas tali?

LIVEWORKSHEETS

c. Penutup

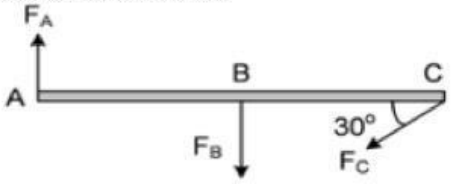
1. Rangkuman

Dari hasil pemaparan tentang momen gaya dapat ditulis beberapa rangkuman, yaitu :

1. Momen gaya atau torsi (τ) merupakan besaran vektor yang mengakibatkan benda berotasi atau berputar.
2. Momen Gaya bernilai Positif jika searah dengan perputaran arah jarum jam
3. Momen Gaya bernilai Negatif jika berlawanan arah dengan perputaran arah jarum jam
4. **Momen inersia (*I*)** didefnisikan sebagai hasil kali antara massa partikel dan kuadrat jarak partikel dari sumbu rotasi. Secara matematis, momen inersia dapat dirumuskan sebagai berikut. Momen Gaya bernilai Positif jika searah dengan perputaran arah jarum jam
5. **Benda tegar** adalah suatu benda yang memiliki satu kesatuan massa yang kontinu (tidak terpisahkan antara satu sama lain) dan bentuknya teratur.

2. Tes Formatif

1. Perhatikan Gambar di bawah ini!



Sebuah batang yang diabaikan massanya dipengaruhi tiga buah gaya Besar FA = FC =10 N dan FB = 20 N seperti gambar. Jika jarak AB = BC = 20 cm,

LIVEWORKSHEETS

maka besar momen gaya terhadap titik C adalah..

A. 0

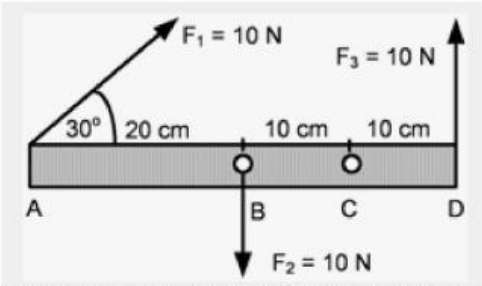
B. 1 N.m

C. 4 N.m

D. 6 N.m

E. 8 N.m

2. Perhatikan Gambar di bawah ini!



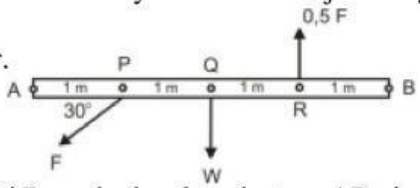
Berapakah momen gaya jika poros diputar pada titik D...

A. 0 D. 3 Nm

B. 1 Nm E. 4 Nm

C. 2 Nm

3. Batang homogen AB dipaku di pusat massanya dan diberi sejumlah gaya dengan kedudukan seperti gambar.



Jika F = W dan sumbu rotasi di titi R, maka keadaan batang AB akan ….

A. berotasi searah jarum jam

B. berotasi berlawanan arah jarum jam

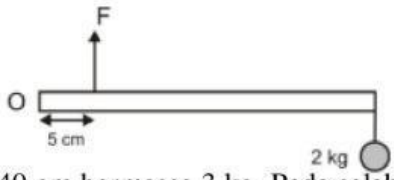
C. berada dalam keadaan tidak bergerak

LIVEWORKSHEETS

D. bergerak ke kanan

E. bergerak ke kiri

4. Perhatikan Gambar di samping ini!



Sebuah tongkat homogen dengan panjang 40 cm bermassa 3 kg. Pada salah satu ujung tongkat diberi beban, sedangkan ujung lainnya sebagai tumpuan. Jika = 280 N, momen gaya pada titik O adalah ….

A. 0

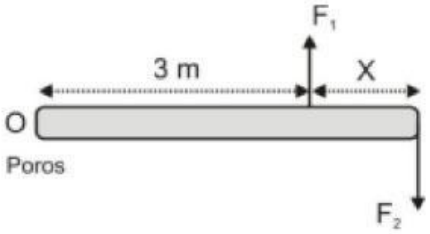
B. 6 Nm

C. 8 Nm

D. 14 Nm

E. 28 Nm

5. Perhatikan Gambar di bawah ini!



Dua gaya F_1 dan F_2 besarnya sama masing-masing 8 N bekerja pada batang homogen seperti gambar. Agar diperoleh momen gaya sebesar 9,6 Nm terhadap poros O, maka panjang x adalah ….

A. 0,3 m

LIVEWORKSHEETS