

A. KESETIMBANGAN STATIS BENDA TEGAR

Fase Think

BERPIKIR MANDIRI

APERSEPSI 1

Pernahkan Anda memikirkan sebab bangunan pencakar langit dapat berdiri kokoh, jembatan dapat bergantung kuat, atau Anda dapat berdiri tegak? Hal tersebut dapat terjadi karena berada dalam keadaan seimbang. Keseimbangan benda penting dipelajari karena banyak bidang ilmu yang menerapkannya. Misalnya, bidang arsitek atau teknik sipil (merancang dan mendesain rumah kokoh), bidang olahraga, (yudo, senam, dan tinju), dan bidang medis atau terapi (kekuatan otot untuk menjaga keseimbangan tubuh).

1. Benda Tegar

Benda tegar merupakan suatu model idealisasi dalam fisika yang diasumsikan sebuah benda memiliki bentuk dan dimensi tetap, sehingga tidak mengalami deformasi meskipun dikenai gaya dari luar. Secara lebih mendalam, benda tegar dapat dipandang sebagai kumpulan partikel yang terikat secara kaku, sehingga jarak relatif antarpartikel tetap terjaga dan bentuk benda tidak berubah ketika mengalami pengaruh gaya eksternal. Suatu benda tegar dikatakan berada dalam keadaan setimbang apabila benda tersebut tidak mengalami percepatan translasi dan tidak pula mengalami percepatan sudut, yang berarti resultan gaya serta resultan momen gaya yang bekerja pada benda bernilai nol.

2. Keseimbangan Statis Benda Tegar

Berdasarkan Hukum II Newton, benda akan bergerak jika ada resultan gaya yang bekerja padanya. Kondisi keseimbangan statis pada benda tegar tercapai apabila resultan gaya yang bekerja padanya sama dengan nol, demikian pula resultan torsi.

a. Syarat Translasi

Keseimbangan translasi terjadi ketika resultan gaya eksternal yang bekerja pada benda sama dengan nol:

$$\Sigma F = 0$$

Secara lebih spesifik, untuk sistem dua dimensi, persamaan ini dapat diuraikan dalam komponen sumbu x dan y :

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

Hal ini menunjukkan bahwa benda tidak mengalami percepatan linear, baik dalam arah horizontal maupun vertikal. Apabila terdapat gaya yang tidak seimbang pada salah satu arah, maka benda akan mengalami percepatan sesuai dengan Hukum II Newton ($F = m \cdot a$), sehingga kondisi keseimbangan tidak terpenuhi. Dengan demikian, agar benda tetap diam atau bergerak lurus dengan kecepatan tetap, seluruh gaya eksternal yang bekerja harus saling meniadakan.

b. Syarat Rotasi

Selain translasi, suatu benda juga dapat mengalami rotasi jika dikenai gaya yang bekerja dengan momen tertentu terhadap suatu sumbu. Kesetimbangan rotasi terjadi ketika resultan momen gaya terhadap sembarang titik sama dengan nol

$$\Sigma \tau = 0$$

Momen gaya atau torque (τ) adalah ukuran kecenderungan gaya dalam menyebabkan rotasi suatu benda. Dengan demikian, kondisi kesetimbangan rotasi menunjukkan bahwa benda tidak memiliki kecenderungan untuk mulai berputar maupun mengalami perubahan kecepatan sudut.

Perlu ditegaskan bahwa kondisi Kesetimbangan Statis tercapai ketika sebuah benda tegar berada dalam kondisi diam sempurna. Hal ini bisa terjadi bukan karena tidak ada gaya yang bekerja, melainkan karena semua gaya dan torsi yang ada saling meniadakan satu sama lain.

MINI QUIZ 1

Klik satu kotak di depan pilihan jawaban yang tersedia sesuai dengan jawaban paling benar

1. Pernyataan berikut yang benar tentang benda tegar adalah ...

- ☐ Benda tegar hanya dapat diam dan tidak bisa bergerak.
- ☐ Benda tegar dapat berubah ukuran ketika dikenai gaya luar.
- ☐ Benda tegar dapat berubah bentuk ketika dikenai gaya luar.
- ☐ Benda tegar memiliki bentuk dan ukuran yang tidak berubah meskipun dikenai gaya.

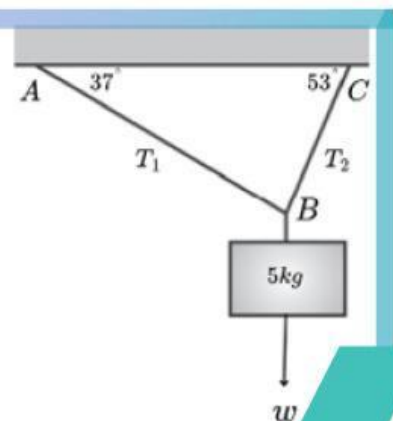
2. Suatu benda tegar dikatakan dalam keadaan kesetimbangan apabila...

- ☐ Tidak ada gaya yang bekerja padanya
- ☐ Hanya resultan gayanya sama dengan nol
- ☐ Hanya resultan momen gayanya sama dengan nol
- ☐ Resultan gaya dan resultan momen gaya sama dengan nol

CONTOH SOAL 1.1

Untuk memperdalam pemahamanmu, mari pelajari contoh soal berikut.

Perhatikan gambar di samping! Sebuah beban bermassa 5 kg digantungkan menggunakan tali pada sebuah dinding. Jika $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ dan sistem diatas dalam keadaan seimbang, maka tentukan besar gaya tegangan tali pada tali BA dan BC!



Penyelesaian:

Diketahui : a. $m = 5 \text{ kg}$

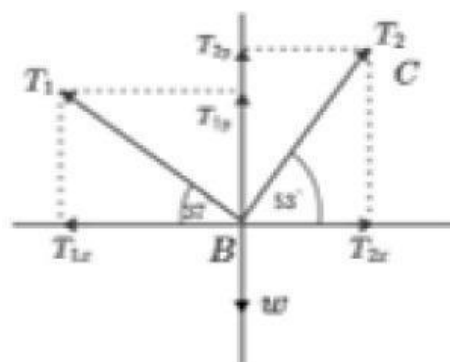
$$\text{b. } g = 10 \text{ ms}^{-2}$$

Ditanyakan : T_1 dan $T_2 = \dots?$

Jawab:

$$w = m \cdot g = 5 \cdot 10 = 50 \text{ N}$$

Pandang titik B sebagai partikel, dengan syarat seimbang



Syarat dalam komponen sumbu x :

$$\Sigma F_x = 0$$

$$T_{1x} - T_{2x} = 0$$

$$T_1 \cos 37^\circ = T_2 \cos 53^\circ$$

$$T_1 (0,8) = T_2 (0,6)$$

$$T_1 = \frac{0,6}{0,8} T_2 \quad T_1 = 0,75 T_2 \dots (1)$$

Syarat dalam komponen sumbu y :

$$\Sigma F_y = 0$$

$$T_{1y} + T_{2y} - w = 0$$

$$T_1 \sin 37^\circ + T_2 \sin 53^\circ = w$$

$$0,6 T_1 + 0,8 T_2 = 50 \dots (2)$$

Substitusi persamaan (1) ke (2)

$$0,6 (0,75 T_2) + 0,8 T_2 = 50$$

$$0,45 T_2 + 0,8 T_2 = 50$$

$$(0,45 + 0,8) T_2 = 50$$

$$1,25 T_2 = 50$$

$$T_2 = \frac{50}{1,25} = 40 \text{ N} \dots (3)$$

Substitusi persamaan (3) ke persamaan (1)

$$T_1 = 0,75 (40)$$

$$T_1 = 30 \text{ N}$$

Jadi, besar gaya tegangan tali pada tali $BA = 30 \text{ N}$ dan $BC = 40 \text{ N}$.

B. MOMEN GAYA

APERSEPSI 2

Sebelum mempelajari subbab ini, perhatikan video berikut yang menampilkan penerapan konsep yang berkaitan dengan Momen Gaya.



AYO BERPIKIR!

Setelah menonton video tentang momen gaya (torsi), jawab pertanyaan berikut dengan memilih satu jawaban yang paling benar pada menu panah (▼).

1. Saat membuka pintu, bagian yang paling mudah untuk didorong adalah ...

2. Ketika membuka baut dengan kunci pas, agar baut lebih mudah diputar, seseorang sebaiknya ...

3. Perhatikan pernyataan berikut!

- (1) Besar gaya yang diberikan pada benda
- (2) Arah gaya terhadap lengan gaya
- (3) Massa benda yang diputar
- (4) Jarak antara gaya dan sumbu rotasi
- (5) Luas permukaan benda

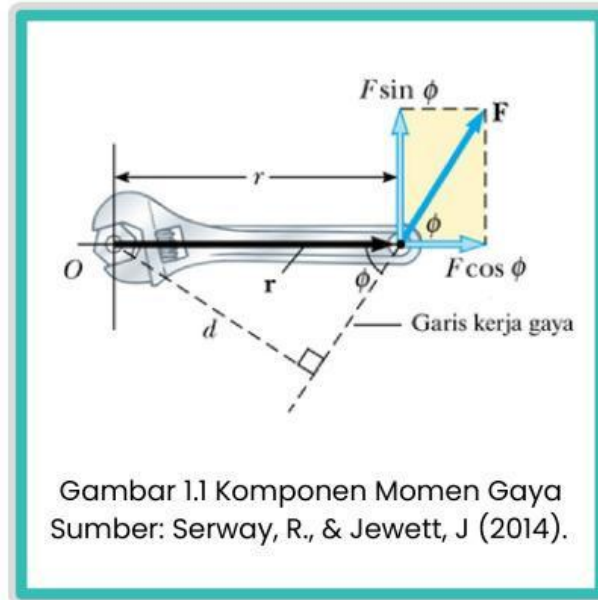
Faktor yang menentukan besar momen gaya pada suatu benda ditunjukkan oleh nomor ...

1. Komponen Momen Gaya

Momen gaya atau torsi adalah ukuran kemampuan suatu gaya untuk memutar benda terhadap titik atau sumbu tertentu. Untuk memahami momen gaya, ada tiga hal penting yang perlu diperhatikan, yaitu sumbu rotasi, lengan gaya, dan garis kerja gaya.

- 1. Sumbu rotasi merupakan titik tetap tempat benda berputar, contohnya pusat baut,
- 2. Lengan gaya adalah jarak tegak lurus antara sumbu rotasi dengan garis kerja gaya, dan
- 3. Garis kerja gaya adalah perpanjangan dari arah gaya yang diberikan.

Konsep komponen momen gaya dapat diamati pada Gambar 1.1 menggunakan kunci pas untuk membuka baut.



Pada Gambar 1.1, baut menjadi sumbu rotasi, sedangkan dorongan tangan menghasilkan gaya. Jarak tegak lurus dari baut ke arah gaya disebut lengan gaya. Semakin besar gaya atau semakin panjang lengan gaya, semakin besar momen gaya yang dihasilkan, sehingga baut lebih mudah diputar. Dengan kata lain, momen gaya bergantung pada besar gaya dan panjang lengan gaya.

Secara matematis, momen gaya (τ) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Sigma \tau = Fd$$

dengan,

$$d = r \sin \theta$$

maka persamaan momen gaya (τ) menjadi sebagai berikut.

$$\tau = Fr \sin \theta$$

Keterangan:

τ : Momen gaya (Nm)

F : Gaya yang bekerja (N)

d : Lengan gaya (m)

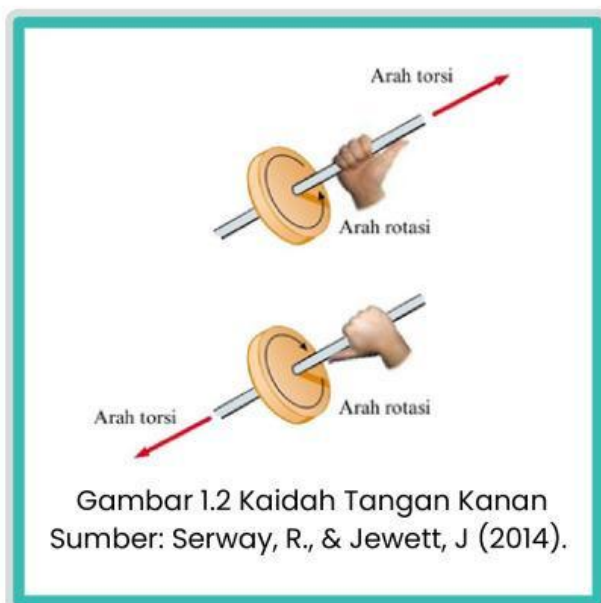
r : Jarak tegak lurus dari sumbu rotasi ke titik kerja gaya (m)

θ : Sudut antara gaya dan lengan momen

Apabila pada sebuah benda bekerja beberapa gaya, maka jumlah momen gaya sama dengan resultan semua gaya yang bekerja pada benda tersebut. Secara matematis dapat dituliskan sebagai:

$$\Sigma \tau_o = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots + \tau_o$$

2. Arah Momen Gaya



Momen gaya merupakan besaran vektor yang memiliki besar dan arah. Pada Gambar 1.2 arah momen gaya ditentukan oleh kaidah tangan kanan,

Kaidah tangan kanan pada Gambar 1.5 menunjukkan di mana jika jari-jari tangan kanan menggenggam arah rotasi, ibu jari akan menunjuk ke arah momen gaya. Apabila rotasi yang dihasilkan searah jarum jam, maka momen gaya bernilai negatif. Sebaliknya, apabila rotasi yang dihasilkan berlawanan arah jarum jam, maka momen gaya bernilai positif.

MINI QUIZ 2

Pilih dan tempatkan jawaban yang paling tepat pada posisi yang sesuai.

Momen gaya adalah hasil kali antara _____ dengan _____ terhadap sumbu rotasi. Jika arah gaya sejajar dengan lengan gaya, maka momen gaya yang dihasilkan adalah _____. Arah momen gaya ditentukan oleh arah putaran yang ditimbulkannya, yaitu searah jarum jam bernilai _____, sedangkan berlawanan arah jarum jam bernilai _____.

NEGATIF

NOL

GAYA

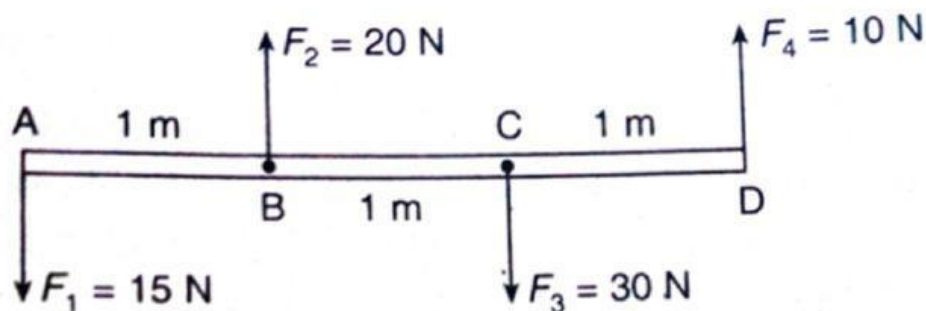
LENGAN GAYA

POSITIF

CONTOH SOAL 1.2

Untuk memperdalam pemahamanmu, mari pelajari contoh soal berikut.

Empat buah gaya bekerja pada batang seperti gambar berikut:



Jika massa batang diabaikan, momen gaya yang bekerja pada batang di titik D sebagai sumbu putar sebesar....

Penyelesaian:

Diketahui :

- a. $AB = BC = CD = 1 \text{ m}$
- b. $AD = d_1 = 3 \text{ m}$; $BD = d_2 = 2 \text{ m}$; $CD = d_3 = 1 \text{ m}$; $DD = d_4 = 0 \text{ m}$
- c. $F_1 = 15 \text{ N}$
- d. $F_2 = 20 \text{ N}$
- e. $F_3 = 30 \text{ N}$
- f. $F_4 = 10 \text{ N}$

Ditanyakan: $\Sigma \tau_D \dots ?$

Jawab:

a. Momen gaya F terhadap titik D adalah:

$$\tau_1 = F_1 \times d_1 = 15 \times 3 = -45 \text{ Nm (searah jarum jam)}$$

$$\tau_2 = F_2 \times d_2 = 20 \times 2 = 40 \text{ Nm (berlawanan jarum jam)}$$

$$\tau_3 = F_3 \times d_3 = 30 \times 1 = -30 \text{ Nm (searah jarum jam)}$$

$$\tau_4 = F_4 \times d_4 = 10 \times 0 = 0 \text{ Nm (tidak menimbulkan torsi)}$$

b. Jumlah momen gaya F terhadap titik O adalah:

$$\Sigma \tau_D = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 = -45 + 40 - 30 + 0 = -35 \text{ Nm}$$

Jadi, momen total terhadap titik D adalah 35 Nm (Tanda negatif (-) menunjukkan bahwa arahnya berlawanan dengan arah putaran jarum jam.)

Fase Pair

DISKUSI BERPASANGAN

AKTIVITAS 1

Lakukan eksperimen Keseimbangan Statis Benda Tegar dan Momen Gaya berikut. Kerjakan kegiatan pada Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) sesuai dengan petunjuk yang tersedia!

