

Pertemuan 7: IFA 103 (2 SKS)

FISIKA DASAR **(Kesetimbangan Gaya)**

Oleh Wayan Suparta, PhD

Prodi Informatika
Universitas Pembangunan Jaya



KESETIMBANGAN GAYA (KONKUREN)

Sub Pokok Bahasan:

1. Pengertian Benda Tegar
2. Dinamika Rotasi
3. Titik Pusat Massa

Capaian Pembelajaran:

- Mampu memahami konsep kesetimbangan benda tegar;
- Mampu menentukan gerak rotasi dan momentum sudut;
- Mampu mengaplikasikan konsep kesetimbangan dalam dunia teknik.

1. Pengertian Benda Tegar

- Adalah benda yang tidak berubah bentuknya bila diberi gaya luar.
- Sebuah benda tegar dalam keseimbangan jika gaya luar yang beraksi padanya membentuk sistem gaya ekuivalen sama dengan nol.

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M = 0 \quad \sum \tau = 0$$

- **Keseimbangan statik dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.**

- **Keseimbangan Stabil**

Ditandai dengan naiknya letak titik berat benda jika diberi gaya pengganggu. Setelah gaya pengganggunya hilang, benda akan kembali pada keadaan semula. Contoh: kursi malas.

- **Keseimbangan Labil**

Ditandai dengan turunnya letak titik berat benda jika diberi gaya pengganggu. Biasanya, setelah gaya pengganggunya hilang, benda tidak kembali pada kedudukan semula. Contoh: sebuah batang kayu yang berdiri tegak.

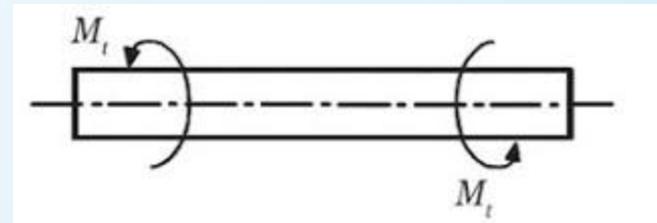
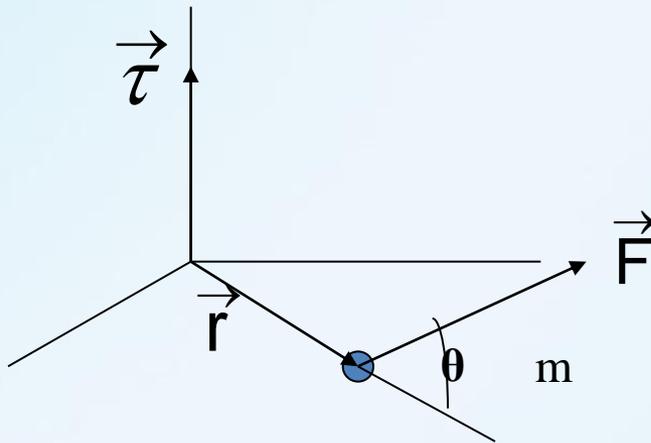
- **Keseimbangan Indiferen**

Ditandai dengan tidak berubahnya posisi titik berat benda sebelum dan sesudah diberi gaya pengganggu. Biasanya, setelah gaya pengganggunya hilang, benda tidak kembali pada kedudukan semula. Contoh sebuah silinder yang diletakkan di lantai datar.

2. DINAMIKA ROTASI

1. Momen Gaya (*Torque* = Torsi = puntir)

Momen gaya (Torsi) adalah kemampuan suatu gaya menghasilkan perputaran (rotasi) benda terhadap suatu poros/ sumbu putarnya.



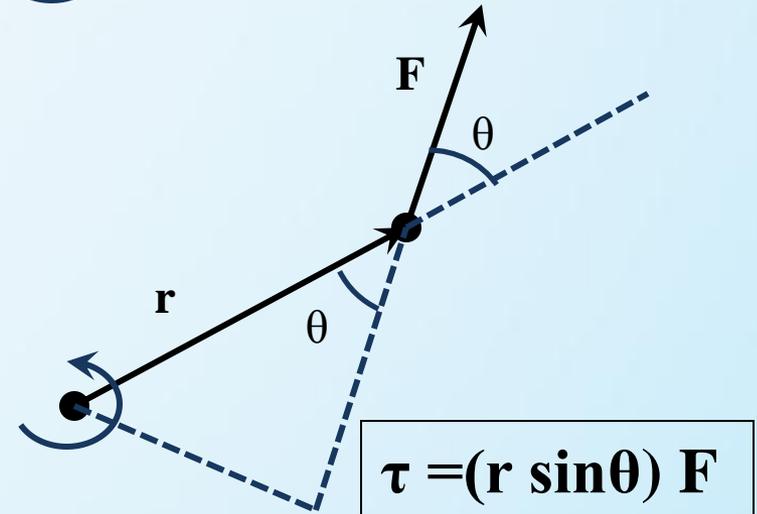
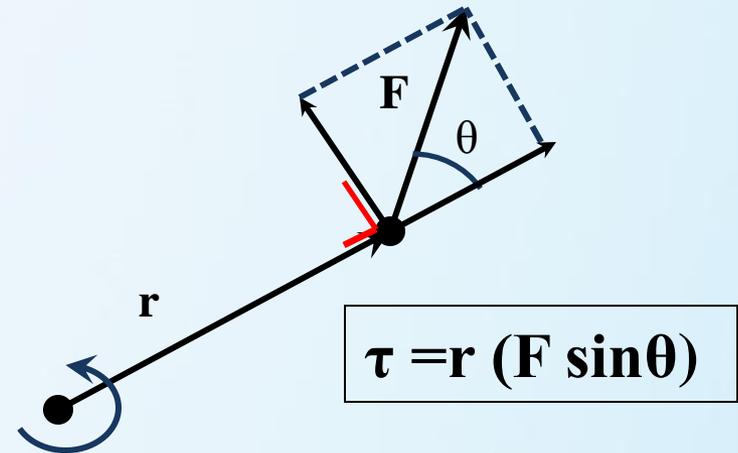
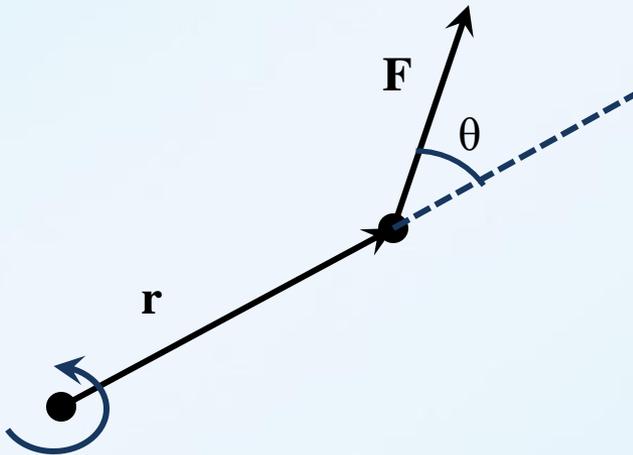
Sebuah benda bermassa m , berjarak r dari sumbu putar (sumbu rotasi), dan mengalami gaya F . Momen gaya / torsi oleh gaya F dalam merotasikan benda adalah :

$$\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F} \quad (\text{torsi merupakan suatu besaran vektor})$$

Torsi → Lengan

Pegangan pintu dibuat jauh dari engsel untuk alasan tertentu. Pada kasus tersebut, engsel bekerja sebagai poros rotasi, dorongan kita pada pintu adalah gaya yang menyebabkan torsi. Torsi didefinisikan:

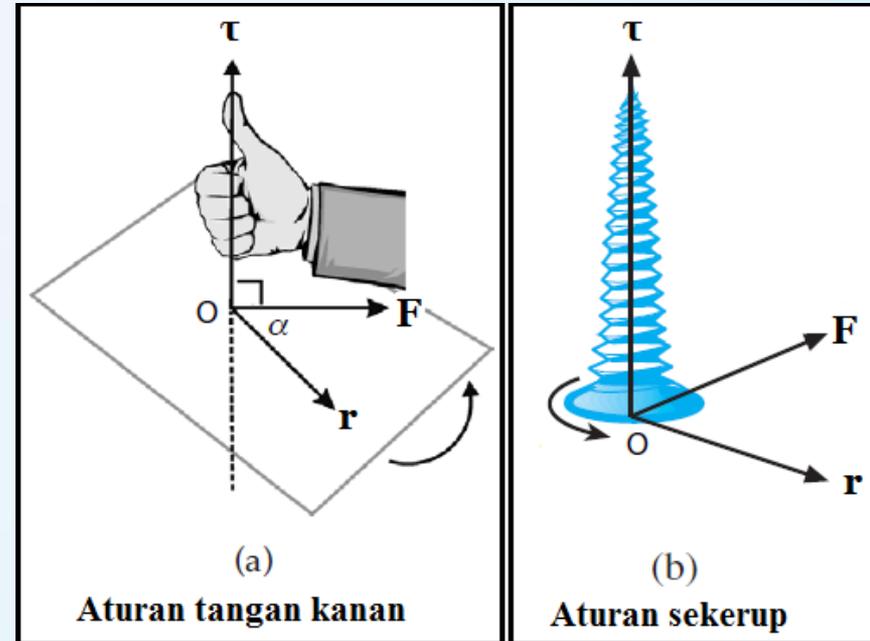
- $\tau = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = r F \sin\theta$



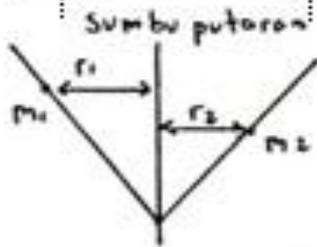
Torsi τ tegak lurus terhadap bidang yang dibentuk oleh r dan F .

2. Momen Puntir

- ❖ Puntir adalah suatu kondisi yang dialami oleh suatu benda (biasanya poros) dimana terjadi akibat adanya gaya yang bekerja berlawanan arah terhadap kedua ujungnya.
- ❖ Puntiran terjadi pada poros yang dipasang mati pada salah satu ujungnya dan pada ujung yang lain bekerja gaya yang mengakibatkan poros tersebut terpuntir.
- ❖ Diameter poros tidak akan berubah selama sudut puntir yang dialami poros relatif kecil.



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



Momen Inersia

$$\sum I = m_1 \cdot r_1^2 + m_2 \cdot r_2^2 + \dots$$

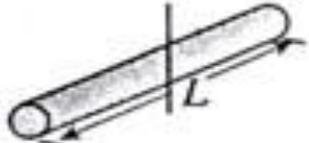
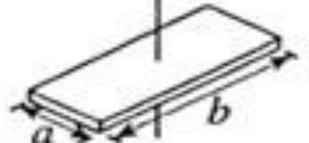
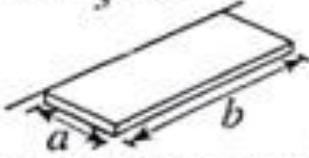
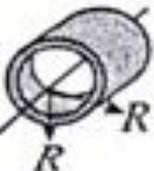
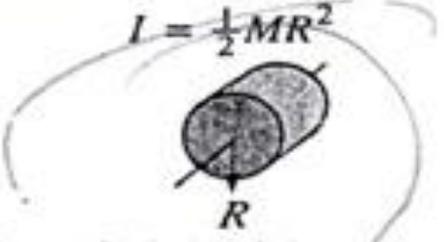
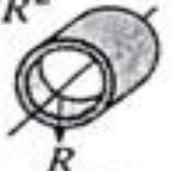
Dimana :

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

m = massa benda (kg)

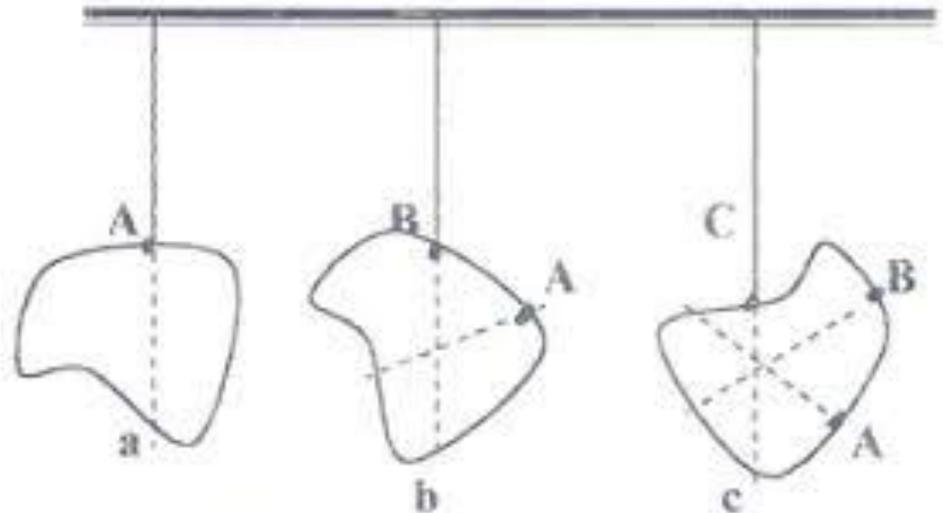
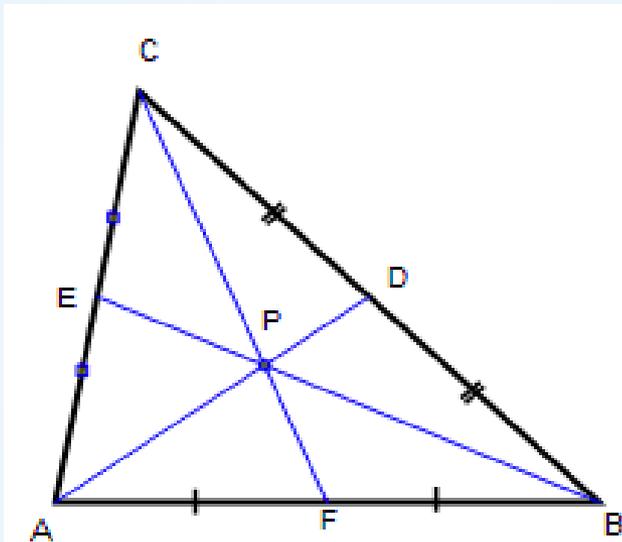
r = jarak dari pusat rotasi (m)

Tabel. Momen Inersia untuk benda-benda pada berbagai bentuk

$I = \frac{1}{12} ML^2$  <p>(a) Batang silinder poros melalui pusat</p>	$I = \frac{1}{3} ML^2$  <p>(b) Batang silinder poros melalui ujung</p>	$I = \frac{1}{2} M(a^2 + b^2)$  <p>(c) Pelat segiempat poros melalui pusat</p>
$I = \frac{1}{3} Ma$  <p>(d) pelat segiempat tipis poros sepanjang tepi</p>	$I = \frac{1}{2} M(R_1^2 + R_2^2)$  <p>(e) Silinder berongga</p>	$I = \frac{1}{2} MR^2$  <p>(f) silinder pejal</p>
$I = MR^2$  <p>(g) Silinder tipis berongga</p>	$I = \frac{2}{3} MR^2$  <p>(h) Bola pejal</p>	$I = \frac{2}{3} MR^2$  <p>(i) Bola tipis berongga</p>

3. PUSAT MASSA

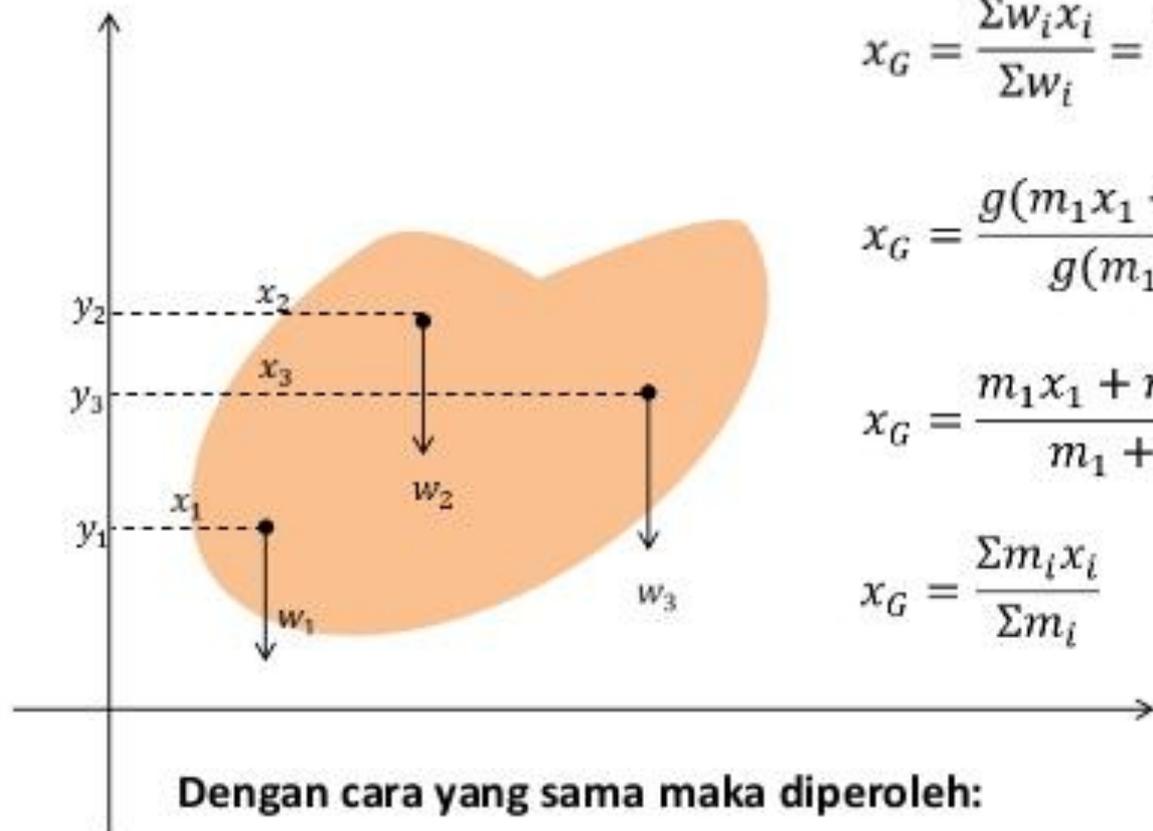
- Adalah suatu titik di mana seluruh berat benda dapat diperkirakan terpusat. Dengan kata lain, garis kerja vektor gaya berat selalu melalui titik pusat berat benda.
- Gaya tunggal seberat benda, berarah vertikal ke atas dengan garis gaya melalui titik pusat berat benda, mampu mengimbangi gaya berat benda, sehingga benda berada dalam keadaan seimbang.
- Posisi suatu sumbu adalah sembarang, artinya jika torsi resultan adalah nol maka sudut antara r dan F adalah nol.



Gambar Benda luasan

Titik Berat vs Pusat Massa (Analisis Matematis)

Mengapa titik berat identik dengan pusat massa?



$$x_G = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i} = \frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 + \dots}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots}$$

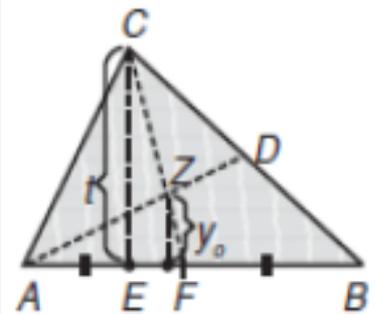
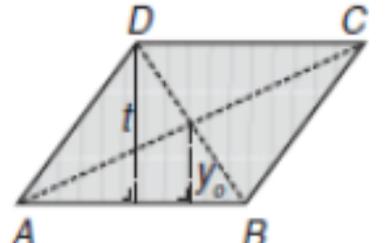
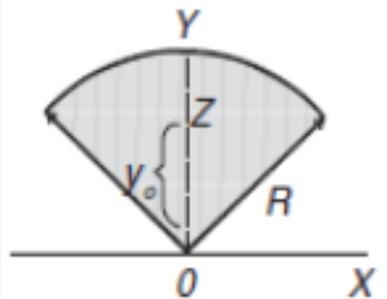
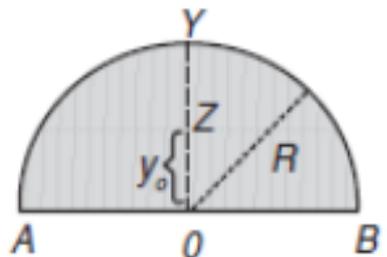
$$x_G = \frac{g(m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + \dots)}{g(m_1 + m_2 + m_3 + \dots)}$$

$$x_G = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$$

$$x_G = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$$

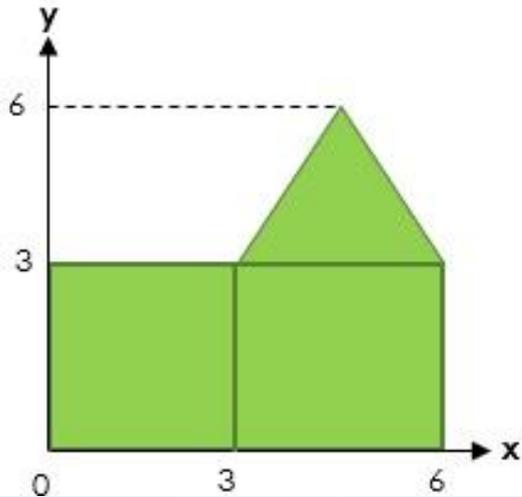
$$y_G = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$$

Pusat Gravitasi Benda dan Letak Titik Berat

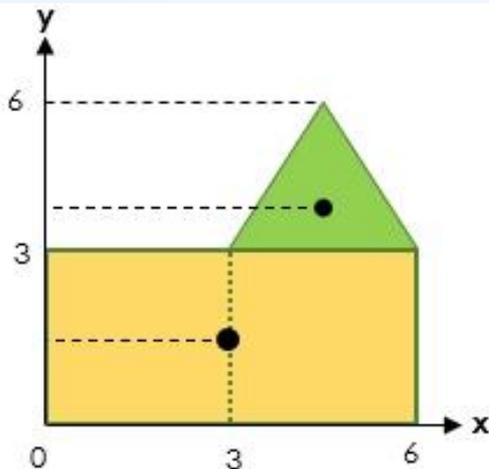
Nama Benda	Gambar Benda	Letak Titik Berat	Keterangan
<p>Bidang segitiga</p>		$y_o = \frac{1}{3}t$	<p>t = tinggi segitiga</p>
<p>Jajaran genjang Belah ketupat Bujur sangkar Persegi panjang</p>		$y_o = \frac{1}{2}t$	<p>t = tinggi z = perpotongan diagonal AC dan BD</p>
<p>Bidang juring lingkaran</p>		$y_o = \frac{2}{3}R \times \frac{\text{tali busur AB}}{\text{busur AB}}$	<p>R = jari-jari lingkaran</p>
<p>Bidang setengah lingkaran</p>		$y_o = \frac{4R}{3\pi}$	<p>R = jari-jari lingkaran</p>

CONTOH-CONTOH SOAL

1. Tentukan letak koordinat titik berat dari bangun berikut.



Penyelesaian:



Letak titik berat bangun: (x_0, y_0) .

Bangun I (persegi panjang):

$$A_1 = 3 \times 6 = 18$$

$$y_1 = 1,5$$

Bangun II (segitiga):

$$A_2 = \frac{1}{2} (3 \times 3) = 4,5$$

$$y_2 = 3 + (\frac{1}{3} \times \text{tinggi segitiga}) = 3 + 1 = 4$$

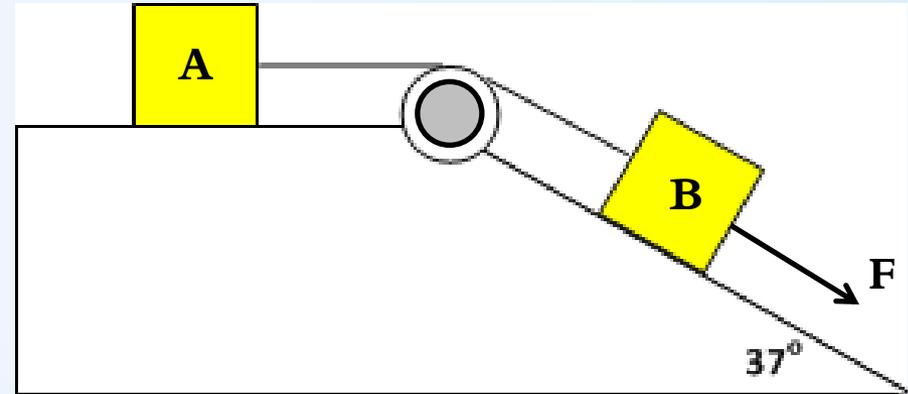
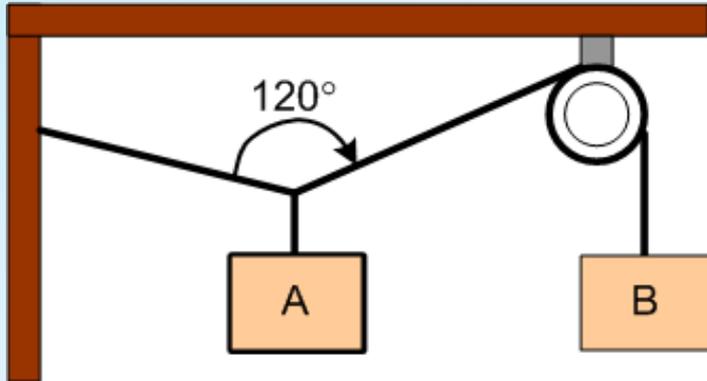
Sehingga:

$$y_0 = \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2}{A_1 + A_2}, x_0 = 4$$

$$y_0 = \frac{(1,5)(18) + (4)(4,5)}{18 + 4,5} = \frac{45}{22,5} = 2$$

Jadi letak titik beratnya adalah $(4, 2)$

2. Tentukan tegangan tali yang bekerja pada sistem dalam kesetimbangan



Jawab:

$$\sum F_x = 0 \text{ dan}$$

$$\sum F_y = 0$$

Benda A: $\Sigma F = ma \implies \Sigma F_{Ay} = m_A a$ ($a = 0$, arah vertikal tidak ada percepatan)

$$N_A - W_A = 0 \implies N_A = W_A = 100 \text{ N}$$

$$\Sigma F_{Ax} = m_A a \implies T_A - F_{gA} = m_A a$$

$$T_A - \mu_k N_A = m_A a$$

$$T_A = m_A a + (0.25) 100 \text{(1)}$$

Benda B: $\Sigma F = ma \implies \Sigma F_{By} = m_B a$ ($a = 0$, arah vertikal tidak ada percepatan)

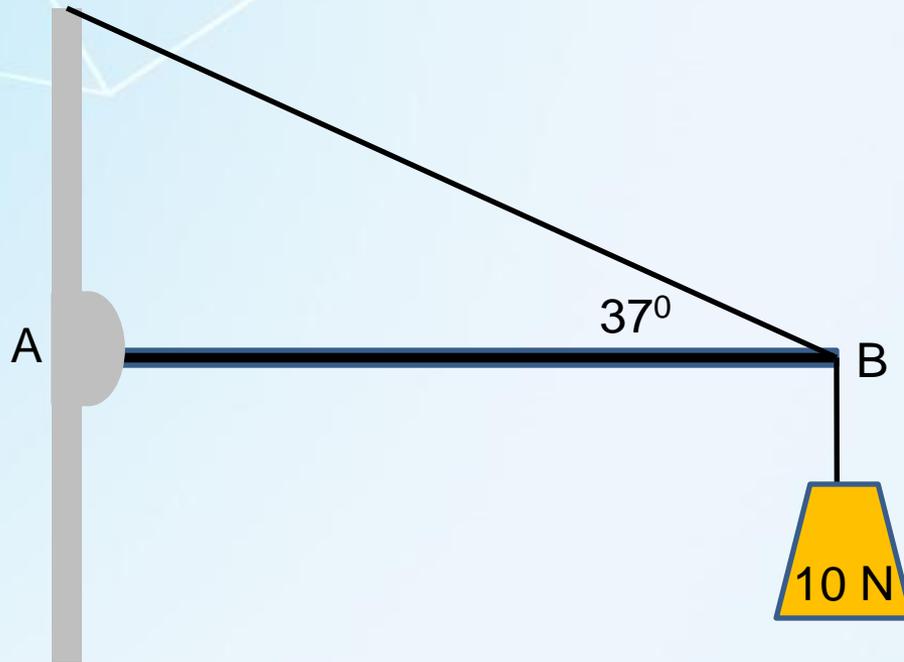
$$N_B - W_B \cos 37^\circ = 0 \implies N_B = 100 (0.8) = 80 \text{ N}$$

$$\Sigma F_{Bx} = m_B a \implies F + W_B \sin 37^\circ - T_B - F_{gB} = m_B a$$

$$\implies 20 + 80 (0.6) - T_B - (0.25) 80 = m_B a$$

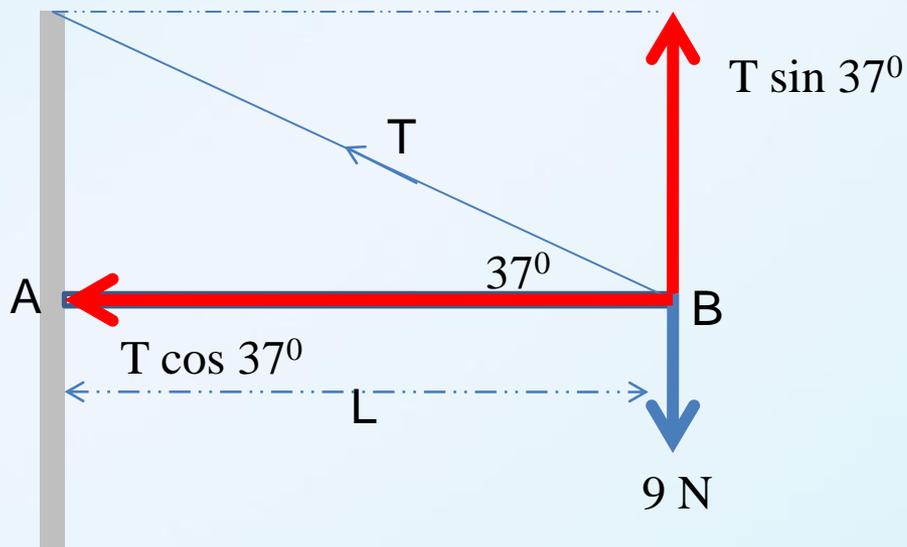
$$\implies T_B = 48 - m_B a \text{(2)}$$

3.



Pada ujung batang AB digantungkan sebuah beban 9 N . Bila massa batang AB diabaikan hitung tegangan tali?

Penyelesaian:



$$\begin{aligned}\Sigma \tau_A &= 0 \\ L 9 - L T \sin 37^\circ &= 0 \\ 9 L &= L T \sin 37^\circ \\ 9 &= 0.6 T \\ T &= 15\text{ N}\end{aligned}$$

4. Jika batang AB beratnya 100 N dan di titik A diberi engsel (supaya berotasi). Berapa sekarang tegangan talinya dan hitung gaya penahan pada engsel?

Penyelesaian:

Pers. Torsi di A: $\Sigma \tau_A = 0$

$$L T \sin 37^\circ - L 9 - \frac{1}{2} L 100 = 0$$

$$59 L = 0.6 L T \rightarrow T = 98.3 \text{ N}$$

Gaya yang bekerja pada engsel:

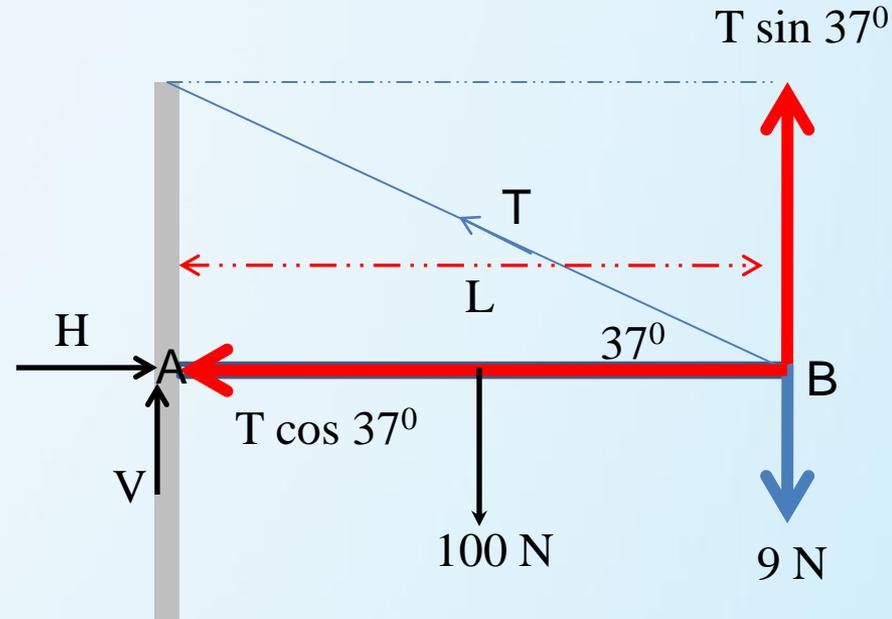
$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow H - T \cos 37^\circ = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow V + T \sin 37^\circ - 100 - 9 = 0 \quad \dots (2)$$

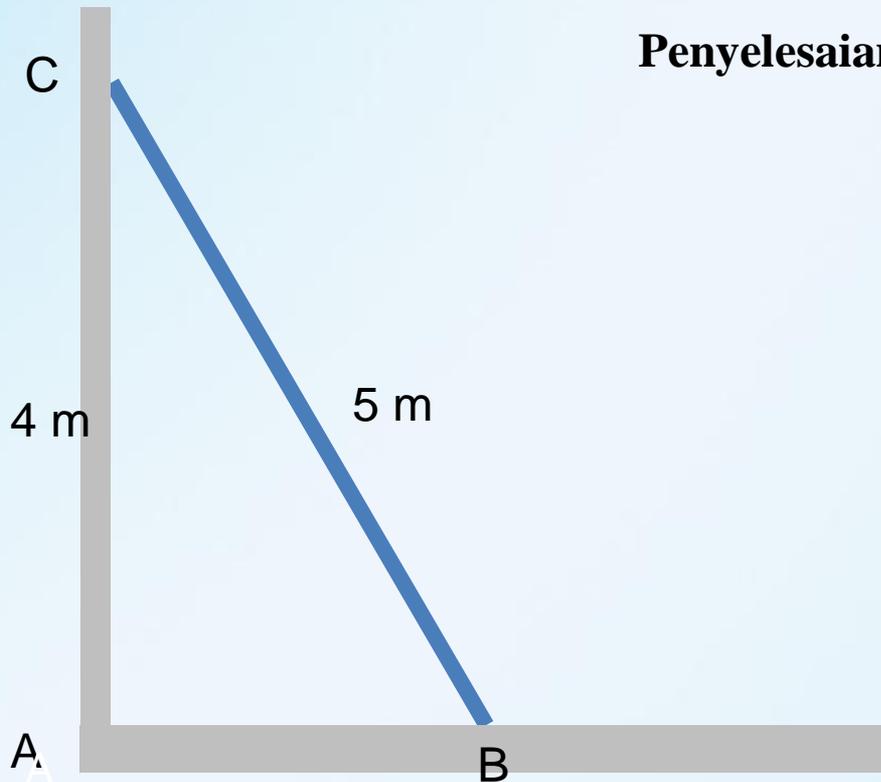
Jadi,

$$H = T \cos 37^\circ = (98.3) (0.8) = 78.65 \text{ N}$$

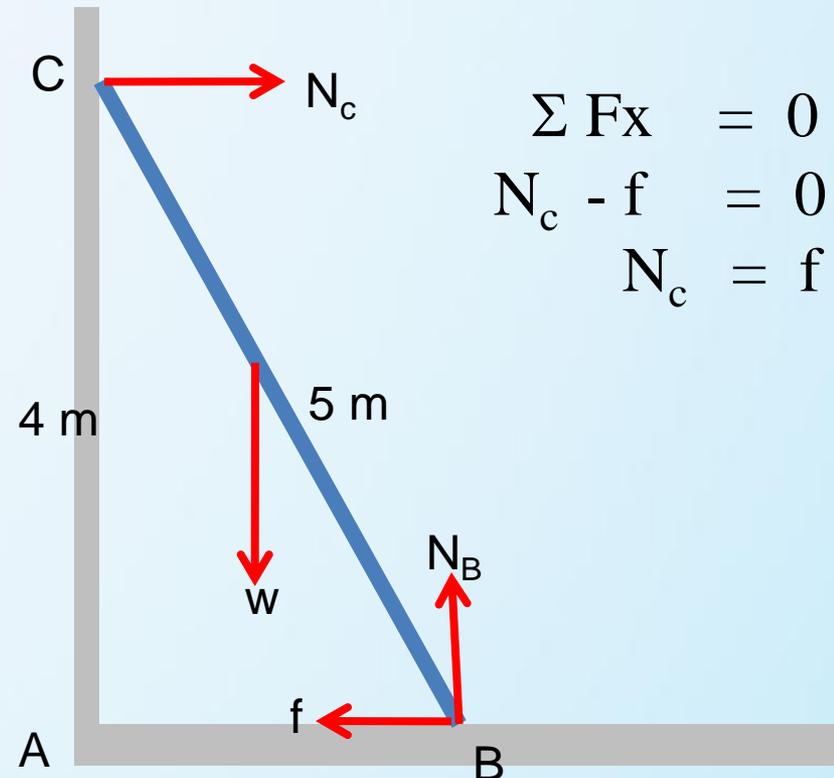
$$V + (98.3) (0.6) = 109 \rightarrow V = 109 - 58.98 = 50 \text{ N}$$



4. Batang BC bersandar pada dinding licin dan bertumpu pada lantai kasar. Hitung koefisien gesekan di B pada saat batang tepat akan bergeser?



Penyelesaian:



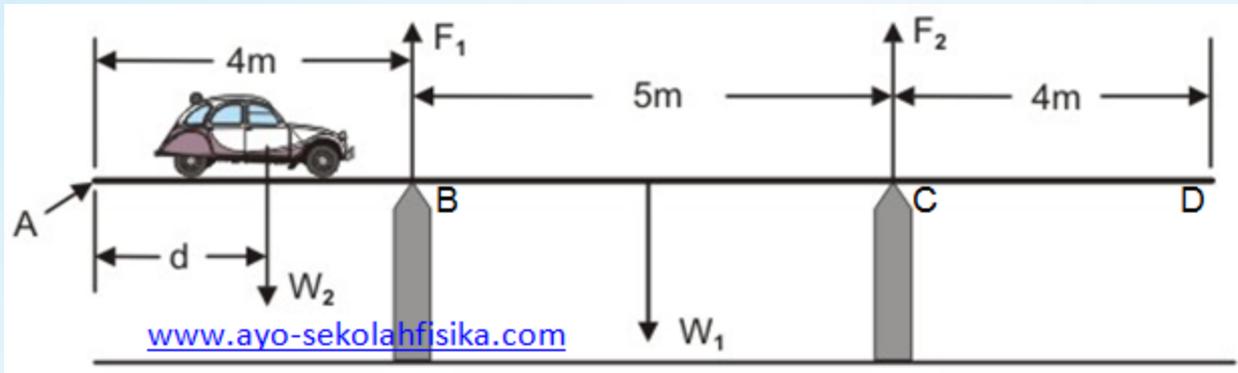
$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0 \\ N_c - f &= 0 \\ N_c &= f\end{aligned}$$

$$\Sigma \tau_A = 0 \rightarrow 4 N_C + 1.5 w - 3 N_B = 0$$

$$4 N_C + 1.5 w - 3 w = 0 \rightarrow 4 N_C = 1.5 w$$

$$N_C = 0.375 w \rightarrow 0.375 w = \mu w, \text{ maka } \mu = 0.375$$

5. Jembatan penyeberangan beratnya 20 kN memiliki dua penumpu seperti gambar. Jika mobil beratnya 15 kN, berapa jarak mobil dari titik A yang membuat papan ambruk?



Penyelesaian:

Misalkan jarak mobil dari titik A = x ketika jembatan akan roboh dan ketika itu papan tepat kehilangan kontak di titik C, maka berlaku: $\Sigma \tau_B = 0$.

$$W_2 (4 - x) - 2.5 W_1 = 0 \rightarrow 15000 (4 - x) = 2.5 (20000)$$

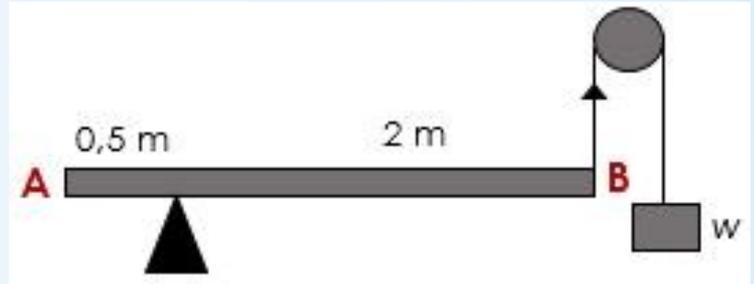
$$x = 1.33 \text{ m.}$$

Jadi mobil berjalan sekitar 1.33 m dari A, jembatan roboh.

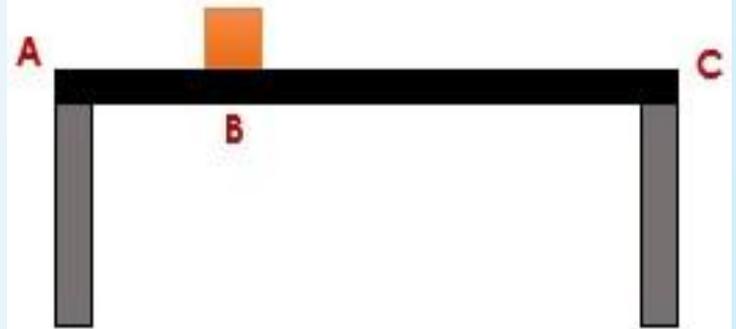
LATIHAN 7

1. Pada gambar berikut batang AB beratnya 100 N. Jika sistem dalam keadaan seimbang, berapa berat beban w ?

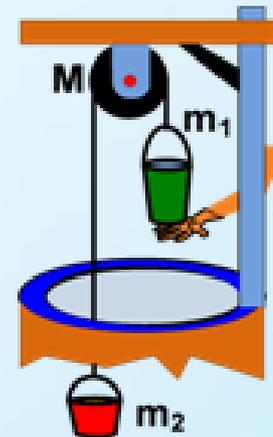
$$w = 37.5 \text{ N}$$



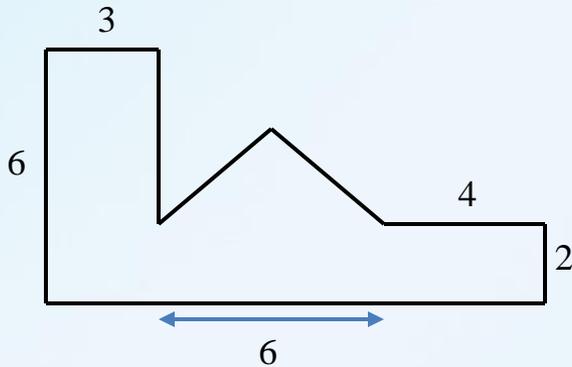
2. Sebuah balok bermassa 10 kg diletakkan diatas papan kayu yang bermassa 15 kg. Papan tersebut bertumpu pada kaki A dan C. Jika jarak beban dari kaki A 2 m dan panjang papan kayu 5 m, maka hitunglah gaya yang dialami oleh kaki A!



3. Dua buah ember dihubungkan dengan tali dan katrol berjari-jari 20 cm, ditahan dalam kondisi diam kemudian dilepas seperti gambar berikut! Jika massa $m_1 = 5 \text{ kg}$, $m_2 = 3 \text{ kg}$ dan massa katrol $M = 5 \text{ kg}$, tentukan : a) percepatan gerak ember, b) tegangan tali pada ember 1, dan c) tegangan tali pada ember 2.

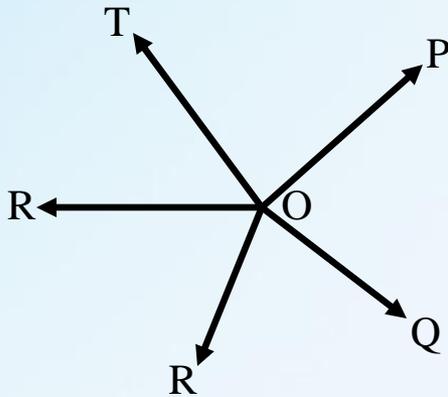


4. Pada sistem keseimbangan benda tegar, AB adalah batang homogen panjang 100 cm, beratnya 20N, berat beban 50 N. BC adalah tali. Berapa tegangan pada tali jika jarak AC = 50 cm? (Catatan: gambar ini berbentuk siku-siku di A, B sejajar horizontal dengan A, dan C sejajar vertikal dengan A. BC adalah sisi miring pada B, tergantung beban).
5. Cari koordinat titik berat dari gambar berikut:



6. Seutas tali dililitkan mengelilingi sebuah silinder pejal bermassa M dan berjari-jari R , yang bebas berputar mengelilingi sumbunya. Tali ditarik dengan gaya F . Silinder mula-mula diam pada $t=0$.
- Hitung percepatan sudut dan kecepatan sudut silinder pada saat t
 - Jika $M=6$ kg, $R=10$ cm, dan $F=9$ N, hitung percepatan sudut dan kecepatan sudut pada saat $t=2$ s.

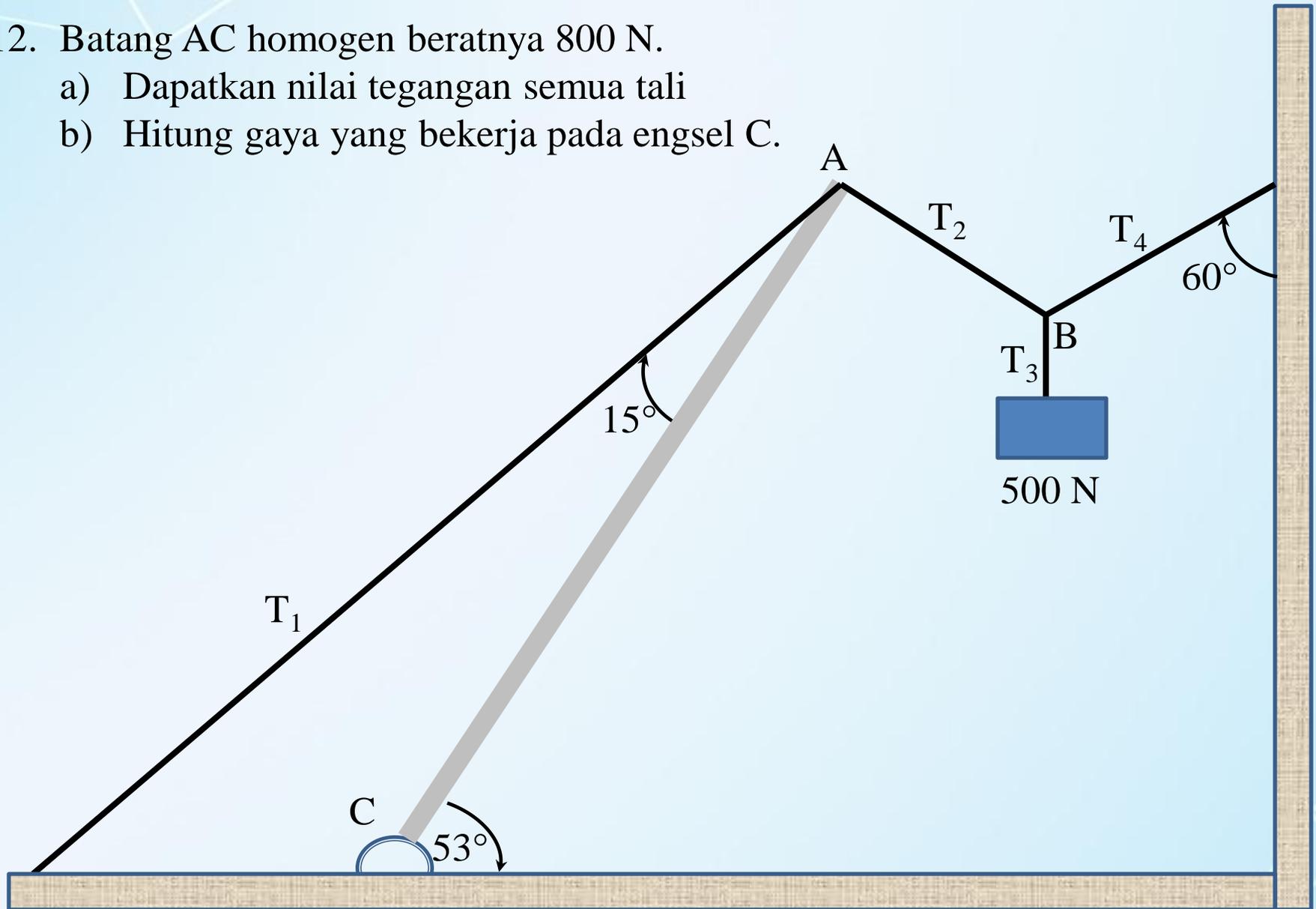
7. Batang homogen beratnya 1000 N disangga oleh dua orang gadis A dan B. Dimanakah beban 200 N harus digantungkan agar bebanyang dutanggung oleh gadis A adalah $\frac{1}{3}$ dari gadis B?
8. Perhatikan gambar berikut:



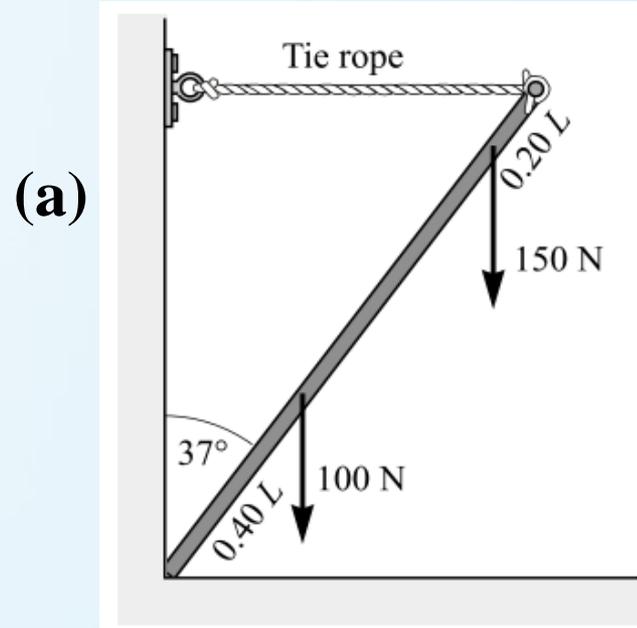
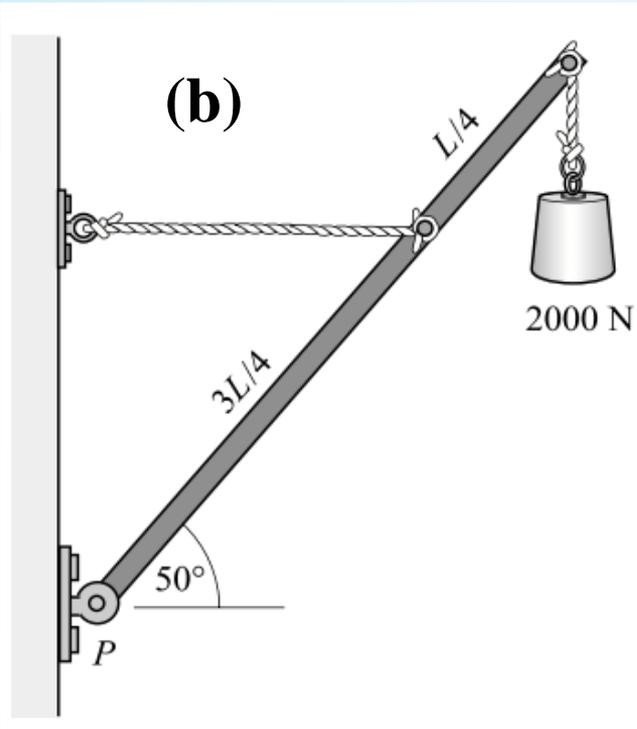
Masing-masing gaya besarnya 10 N bekerja di titik potong O.

- a) Buktikan kelima gaya tersebut tidak dalam keadaan setimbang
- b) Jika gaya T dibalik arahnya, berapa resultan semua gaya tersebut.
9. Dua segitiga sama sisi digabung secara berhadap-hadapan. Cari koordinat titik berat kedua segitiga tersebut.
10. Momen puntir T diberikan ke poros pejal berdiameter 100 mm. Tegangan geser tidak boleh melebihi 60 MPa. Hitunglah momen puntir izin maksimum T.
11. Sebuah Poros berongga mempunyai diameter luar $D = 60$ cm dan diameter dalam $d = 30$ cm. Bila tegangan geser tidak melebihi 50 MPa, berapa momen puntir maksimum T bisa ditahan poros dengan aman?

12. Batang AC homogen beratnya 800 N.
- Dapatkan nilai tegangan semua tali
 - Hitung gaya yang bekerja pada engsel C.



13. Dapatkan nilai tegangan semua tali dari gambar ini:



(c) Berapa jarak x supaya si pemancing tidak terjungkal ke laut? ($x = 2.95$ m). Jika $AB = 2$ m, $BC = 3$ m, $AD = 8$ m, $W_B = 650$ N, Berat orang = Batang = 1000 N

