



LEMBAR TUGAS MAHASISWA FISIKA DASAR IA/IB (FI-1101/FI-1102) KE-3
Semester 1 Tahun 2023-2024
TOPIK : Kinematika dan Dinamika Benda Tegar

1. Sebuah roda berjari 10 cm berputar dengan laju sudut ω tetap p rad/s.
- Jika pada saat $t = 2$ s, suatu titik di pinggir roda berada pada sudut $= 30^\circ$, tentukan posisinya pada saat 5 s.
 - Besar kecepatannya pada saat 2 s.
 - Gambarkan posisi, besar kecepatan sudut dan besar percepatan sudutnya sebagai fungsi dari waktu.

Solusi :

$$\omega = p \text{ rad/s} ; \theta = (\theta_0 + pt) \text{ rad} ; r = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

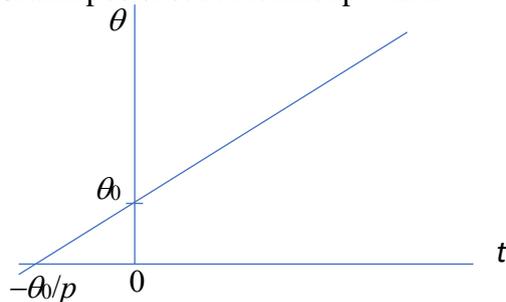
a. Pada saat $t = 2$ s ; $\theta = 30^\circ = \frac{30\pi}{180} \text{ rad} = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$

$$\theta_0 + 2p = \frac{\pi}{6} \text{ rad} .$$

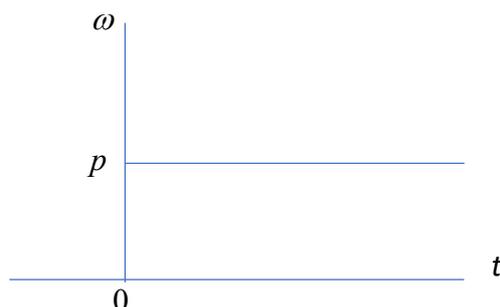
Pada saat $t = 5$ s ; $\theta = (\theta_0 + 5p) \text{ rad} = \left(\frac{\pi}{6} + 3p\right) \text{ rad} .$

b. Pada saat $t = 2$ s ; $v = \omega r = p (0,1) \text{ m/s} = 0,1p \text{ m/s} .$

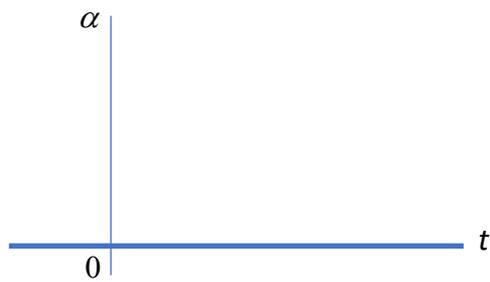
c. Grafik posisi sudut terhadap waktu



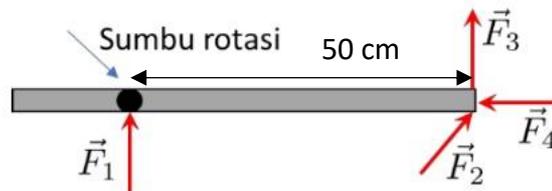
Grafik besar kecepatan sudut terhadap waktu



Grafik besar percepatan sudut terhadap waktu



2. Pada gambar di bawah terlihat sebuah batang dan sumbu rotasinya yang tegak lurus dengan bidang gambar. Jika pada posisi ini diberikan empat buah gaya pada batang tersebut dengan besar gaya masing-masing, $F_1=2\text{ N}$, $F_2=5\text{ N}$, $F_3=7\text{ N}$ dan $F_4=10\text{ N}$, dan gaya F_2 membentuk sudut 60° terhadap batang :
- Hitung torsi oleh masing-masing gaya.
 - Jika massa batang 2 kg (terdistribusi merata) dan jarak sumbu rotasi ke ujung batang bagian kiri 20 cm , hitung besar percepatan sudut batang.
 - Hitung kecepatan sudut batang pada posisi batang membentuk sudut 30° terhadap posisi semula.



Solusi :

a. Torsi due $\vec{\tau}_1 = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1$
 $= 0 \times 2N \hat{j}$
 $= 0 \text{ Nm}$

$\vec{\tau}_2 = \vec{r}_2 \times \vec{F}_2$
 $= (0,5m \hat{i}) \times (5\cos 60^\circ \hat{i} + 5\sin 60^\circ \hat{j}) \text{ N}$
 $= \frac{5}{4} \sqrt{3} \hat{k} \text{ Nm}$

$\vec{\tau}_3 = \vec{r}_3 \times \vec{F}_3$
 $= (0,5m \hat{i}) \times (7N \hat{j})$
 $= \frac{7}{2} \hat{k} \text{ Nm}$

$\vec{\tau}_4 = \vec{r}_4 \times \vec{F}_4$
 $= (0,5m \hat{i}) \times (-10 \hat{j}) \text{ N}$
 $= 0 \text{ Nm}$

b. $I_{\text{sb. rotasi}} = I_{\text{PM}} + M_{\text{batang}} h^2$
 $= \frac{1}{12} M_{\text{batang}} L_{\text{batang}}^2 + M_{\text{batang}} (0,15m)^2$
 $= \frac{1}{12} (2 \text{ kg}) (0,7m)^2 + (2 \text{ kg}) (0,15m)^2$
 $= (0,082 + 0,045) \text{ kg m}^2$
 $= (0,127) \text{ kg m}^2$

$\vec{\tau}_{\text{total}} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 + \vec{\tau}_3 + \vec{\tau}_4 = (\frac{5}{4} \sqrt{3} + \frac{7}{2}) \hat{k} \text{ Nm} = (5,665) \hat{k} \text{ Nm}$

b. $\tau_{\text{total}} = I_{\text{sb. rotasi}} \alpha$
 $5,665 = 0,127 \alpha$
 $\alpha = \left(\frac{5,665}{0,127} \right) \text{ rad/s}^2$
 $= 44,61 \text{ rad/s}^2$

Besar percepatan sudut batang = $a = \alpha R$
 $= \alpha (0,5m)$
 $= (44,61) (0,5) \text{ m/s}^2$
 $= 22,305 \text{ m/s}^2$

c. Kecepatan sudut batang pada sudut 30° terhadap posisi semula :

$$\omega^2 = 2\alpha(\theta - \theta_0)$$

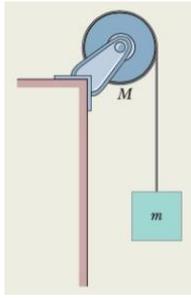
$$= 2(22,305) \left(\frac{30\pi}{180} \right) (\text{rad/s})^2$$

$$\omega^2 = (23,35) (\text{rad/s})^2$$

$$\omega = 4,83 \text{ rad/s}$$

3. Sebuah katrol dengan massa seragam, $M = 2 \text{ kg}$ dan jari-jari $R = 10 \text{ cm}$, dipasang pada poros horizontal tetap, seperti pada gambar. Sebuah balok bermassa $m = 1 \text{ kg}$ digantung pada tali tak bermassa yang dililitkan pada tepi katrol. Hitunglah (Anggap tali tidak slip, dan tidak ada gesekan pada poros katrol) :

- percepatan jatuhnya balok.
- percepatan sudut katrol.



c. tegangan tali.

Solusi :

a. Diagram benda bebas :

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{c} \uparrow T \\ \square \\ \downarrow mg \end{array} \\
 T - mg = -ma \\
 T = mg - ma \\
 = (1 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2) - (1 \text{ kg})a = (9,8 - a) \text{ N} \\
 \\
 \begin{array}{c} R \\ \curvearrowright \\ \square \\ \downarrow T \end{array} \\
 \tau = I\alpha \\
 -TR = \frac{1}{2}MR^2 \left(-\frac{a}{R}\right) \\
 -(9,8 - a)(0,1 \text{ m}) = \frac{1}{2}(2 \text{ kg})(0,1 \text{ m})^2 \left(-\frac{a}{0,1 \text{ m}}\right) \\
 (-9,8 + a)(0,1) \text{ Nm} = \frac{1}{2}(2 \text{ kg})(0,1 \text{ m})(-a) \\
 (1 + 0,1)a = 0,98 \text{ m/s}^2 \\
 a = \frac{0,98}{0,1} \text{ m/s}^2 \\
 = 9,8 \text{ m/s}^2
 \end{array}$$

b. Percepatan sudut katrol: $\alpha = \frac{a}{R} = \frac{9,8 \text{ m/s}^2}{0,1 \text{ m}} = 98 \text{ rad/s}^2$

c. Tegangan tali: $T = (9,8 - 9,8) \text{ N} = 0 \text{ N}$

4. Percepatan sudut sebuah roda $\alpha = 5t^4 - 6t^2 \text{ rad/s}^2$. Pada waktu $t = 0 \text{ s}$, roda mempunyai kecepatan sudut $\omega = 2 \text{ rad/s}$ dan posisi $\theta = 1,5 \text{ rad}$. Tuliskan :

- persamaan kecepatan sudut (rad/s) sebagai fungsi dari t .
- posisi sudut (rad) sebagai fungsi dari t .
- Gambarkan kecepatan sudut dan posisi sudut tersebut sebagai fungsi dari t .

Solusi :

a. Persamaan kecepatan sudut (rad/s) sebagai fungsi dari t :

$$a = (5t^4 - 6t^2) \text{ rad/s}^2$$

$$\frac{d\omega}{dt} = 5t^4 - 6t^2$$

$$\int d\omega = \int (5t^4 - 6t^2) dt$$

$$\omega(t) - 2 = (t^5 - 2t^3) \Big|_0^t$$

$$\omega(t) = (2 + t^5 - 2t^3) \text{ rad/s}$$

b. Posisi sudut (rad) sebagai fungsi dari t :

$$\omega(t) = (2 + t^5 - 2t^3) \text{ rad/s}$$

$$\frac{d\theta}{dt} = (2 + t^5 - 2t^3)$$

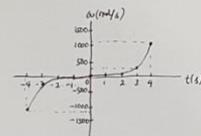
$$\int_{1,5}^{\theta(t)} d\theta = \int_0^t (2 + t^5 - 2t^3) dt$$

$$\theta(t) - 1,5 = (2t + \frac{1}{6}t^6 - \frac{1}{2}t^4) \Big|_0^t$$

$$\theta(t) = (1,5 + 2t + \frac{1}{6}t^6 - \frac{1}{2}t^4) \text{ rad}$$

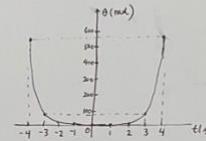
c. Grafik kecepatan sudut sebagai fungsi dari t
 $\omega(t) = (2 + t^5 - 2t^3) \text{ rad/s}$

t(s)	$\omega = 2$	$\omega = t^5$	$\omega = -2t^3$	$\omega = 2t^5 - 2t^3$
-4	2	-1024	-128	-1150
-3	2	-243	-54	-295
-2	2	-32	-16	-46
-1	2	-1	-2	-1
0	2	0	0	2
1	2	1	2	5
2	2	32	16	50
3	2	243	54	299
4	2	1024	128	1154



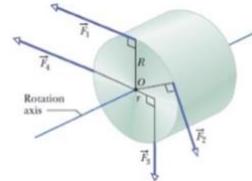
$$\theta(t) = (1,5 + 2t + \frac{1}{6}t^6 - \frac{1}{2}t^4) \text{ rad}$$

t(s)	$\theta = 1,5$	$\theta = 2t$	$\theta = \frac{1}{6}t^6$	$\theta = -\frac{1}{2}t^4$	$\theta = 1,5 + 2t + \frac{1}{6}t^6 - \frac{1}{2}t^4$
-4	1,5	-8	682,7	-128	548,2
-3	1,5	-6	121,5	-81	71,5
-2	1,5	-4	10,7	-8	0,2
-1	1,5	-2	0,17	-0,5	-0,8
0	1,5	0	0	0	1,5
1	1,5	2	0,17	-0,5	3,2
2	1,5	4	10,7	-8	8,2
3	1,5	6	121,5	-81	89,5
4	1,5	8	682,7	-128	549,2

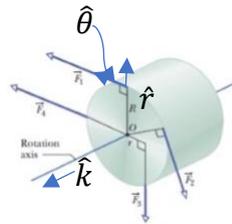


5. Pada gambar di bawah ditunjukkan sebuah silinder dengan massa 1,5 kg yang dapat berputar pada sumbu utamanya yang melewati titik O. Beberapa gaya yang besarnya adalah: $F_1 = 4 \text{ N}$, $F_2 = 3 \text{ N}$, $F_3 = 2 \text{ N}$, and $F_4 = 5 \text{ N}$ bekerja pada silinder dengan arah seperti terlihat pada gambar. Jika $r = 4 \text{ cm}$ and $R = 10 \text{ cm}$, kemudian sudut relatif tiap gaya terhadap silinder tidak berubah saat silinder berputar, hitung :

- besar torsi total.
- besar percepatan sudut.
- arah percepatan sudut.
- momen inersianya jika silinder diputar pada sumbu yang melewati titik tangkap F_3 dan sejajar dengan rotation axis.
- besar percepatan sudut gerak d, jika sudut antara F_2 dan F_3 30° .



Solusi :



a. Besar torsi total :

$$\begin{aligned}\vec{\tau}_{\text{total}} &= \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 + \vec{\tau}_3 + \vec{\tau}_4 \\ &= \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 + \vec{r}_2 \times \vec{F}_2 + \vec{r}_3 \times \vec{F}_3 + \vec{r}_4 \times \vec{F}_4 \\ &= R\hat{r} \times F_1\hat{\theta} + R\hat{r} \times F_2\hat{\theta} + r\hat{r} \times F_3\hat{\theta} + R\hat{r} \times F_4\hat{r} \\ &= (0,1\hat{r} \times 4\hat{\theta} + 0,1\hat{r} \times 3\hat{\theta}) + 0,04\hat{r} \times 2\hat{\theta} + 0,1\hat{r} \times 5\hat{r}) \text{ Nm} \\ &= (0,4\hat{k} - 0,3\hat{k} - 0,08\hat{k} + \vec{0}) \text{ Nm} \\ &= (0,02\hat{k}) \text{ Nm} \\ \tau_{\text{total}} &= 0,02 \text{ Nm}\end{aligned}$$

b. Besar percepatan sudut α :

$$\begin{aligned}\tau_{\text{total}} &= I_{\text{sumbu silinder}} \alpha \\ &= \frac{1}{2} MR^2 \alpha \\ 0,02 \text{ Nm} &= \frac{1}{2} (1,5 \text{ kg}) (0,1 \text{ m})^2 \alpha \\ \alpha &= \frac{0,02}{(\frac{1}{2})(1,5)(0,01)} \text{ rad/s}^2 \\ &= 8/3 \text{ rad/s}^2\end{aligned}$$

c. Arah percepatan sudut = arah $\vec{\tau}_{\text{total}}$
 $= \hat{k}$

$$\begin{aligned}d. I_{\vec{F}_3} &= I_{\text{sumbu silinder}} + Mh^2 \\ &= \frac{1}{2} MR^2 + M(0,04 \text{ m})^2 \\ &= \frac{1}{2} (1,5 \text{ kg}) (0,1 \text{ m})^2 + (1,5 \text{ kg}) (0,0016) \text{ m}^2 \\ &= 0,0099 \text{ kg m}^2\end{aligned}$$

e. Torsi total terhadap sumbu pater yang melalui titik tangkap \vec{F}_3 :

$$\text{Torsi oleh } \vec{F}_3 \text{ \& } \vec{F}_4 = \vec{0} \text{ karena } \vec{r} = \vec{0}$$

$$\begin{aligned}\text{Torsi oleh } \vec{F}_1 \text{ searah } \hat{k} \text{ dan besarnya: } \tau_1 &= (\sqrt{10^2+4^2}) (4) \left(\frac{10}{\sqrt{10^2+4^2}} \right) \\ &= 40 \text{ Ncm} \\ &= 0,4 \text{ Nm}\end{aligned}$$

Torsi oleh \vec{F}_2 berlawanan arah \hat{k} dan besarnya :

$$\begin{aligned}\tau_2 &= \left(\frac{10}{\sqrt{3}} \right) (2) \left(\frac{1}{2} \sqrt{3} \right) \text{ Ncm} \\ &= 10 \text{ Ncm} \\ &= 0,1 \text{ Nm}\end{aligned}$$

$$\tau_{\text{total}} = (0,4 - 0,1) \text{ Nm}$$

$$I_{\vec{F}_3} \alpha_{\vec{F}_3} = 0,3 \text{ Nm}$$

$$\alpha_{\vec{F}_3} = \frac{0,3 \text{ Nm}}{0,0099 \text{ kg m}^2}$$

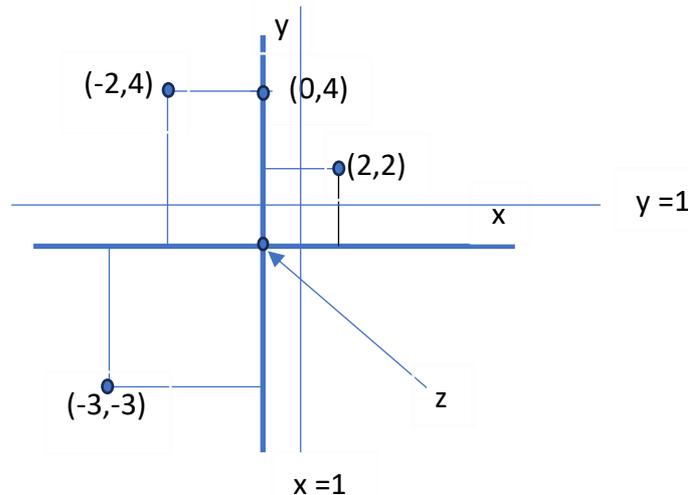
$$\approx 30,3 \text{ rad/s}^2$$

6. Diketahui empat buah partikel dengan massa dan koordinat sebagai berikut: 25 g, $x = 2$ cm, $y = 2$ cm; 50 g, $x = 0$ cm, $y = 4$ cm; 30 g, $x = -3$ cm, $y = -3$ cm; 25 g, $x = -2$ cm, $y = 4$ cm. Tentukan momen inersia sistem partikel itu jika sumbu putarnya :

- $y = 1$.
- $x = 1$.
- sumbu z .

Solusi :

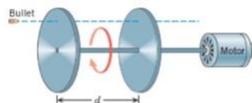
Ke empat partikel berada di bidang (x,y)



Momen Inersia sistem partikel jika sumbu putarnya :

- $y = 1$, adalah $I = (25 (1)^2 + 50 (3)^2 + 30 (-4)^2 + 25 (3)^2) \text{ g/cm}^2$
 $= 1.180 \text{ g/cm}^2$.
- $x = 1$, adalah $I = (25 (1)^2 + 50 (-1)^2 + 30 (-4)^2 + 25 (-3)^2) \text{ g/cm}^2$
 $= 780 \text{ g/cm}^2$.
- Sumbu z , adalah $I = (25 (2^2 + 2^2) + 50 (0^2 + 4^2) + 30 ((-3)^2 + (-3)^2) + 25 ((-2)^2 + (4)^2)) \text{ g/cm}^2$
 $= 2.040 \text{ g/cm}^2$.

7. Pada gambar terlihat suatu alat untuk menentukan kecepatan peluru yang ditembakkan. Alat ini terdiri dari dua buah cakram, yang dapat berputar pada porosnya dengan kecepatan sudut $100,0 \text{ rad/s}$, yang terpisah sejauh $d = 0,5 \text{ m}$. Jika sebuah peluru menembus cakram sebelah kiri terlebih dahulu sebelum menembus cakram sebelah kanan, dan selisih posisi sudut lubang peluru pada kedua cakram adalah $\theta = 0,25 \text{ rad}$, tentukan kecepatan peluru tersebut.



Solusi :

Waktu yang dibutuhkan untuk $\theta = 0,25$ rad adalah :

$$t = \theta / \omega = 0,25 \text{ rad} / 100 \text{ rad/s} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ s.}$$

Kecepatan peluru untuk menempuh jarak sejauh $d = 0,5$ m adalah :

$$v = d / t = 0,5 \text{ m} / (2,5 \times 10^{-3} \text{ s}) = 200 \text{ m/s.}$$

8. Sebuah benda berputar terhadap suatu sumbu tetap, dan posisi sudut dari suatu garis referensi pada benda tersebut diberikan oleh $\theta = 0,4 e^{2t}$ rad. Tinjau sebuah titik pada benda yang berjarak 4 cm dari sumbu rotasi. Pada $t = 0$ s, tentukan :

- besar kecepatan sudutnya
- besar komponen percepatan tangensial.
- besar komponen percepatan radial.

Solusi :

a. Besar kecepatan sudut adalah :

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{d\theta}{dt} = (0,4)(2)e^{2t} \text{ rad/s} \\ &= 0,8e^{2t} \text{ rad/s}\end{aligned}$$

$$\text{Pada } t = 0 \text{ s, } \omega = 0,8e^{2 \cdot 0} \text{ rad/s}$$

$$= 0,8e^0 \text{ rad/s}$$

$$= 0,8 \text{ rad/s}$$

b. Besar percepatan sudut adalah :

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{d\omega}{dt} = (0,8)(2)e^{2t} \text{ rad/s}^2 \\ &= (1,6)e^{2t} \text{ rad/s}^2\end{aligned}$$

$$\text{Pada } t = 0 \text{ s, } \alpha = (1,6)e^{2 \cdot 0} \text{ rad/s}^2$$

$$= (1,6)e^0 \text{ rad/s}^2$$

$$= 1,6 \text{ rad/s}^2$$

Besar komponen percepatan tangensial pada titik yang berjarak 4 cm dari pusat rotasi adalah :

$$a_{\theta} = \alpha \cdot r$$

Pada $r = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$:

$$\begin{aligned} a_{\theta} &= 1,6 \text{ rad/s}^2 \cdot 0,04 \text{ m} \\ &= 0,064 \text{ m/s}^2 . \end{aligned}$$

- c. Besar kecepatan tangensial pada titik yang berjarak 4 cm dan $t = 0 \text{ s}$ dari pusat rotasi adalah :

$$\begin{aligned} v &= \omega \cdot r \\ &= 0,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 0,04 \text{ m} = 0,032 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Besar komponen percepatan radial pada titik yang berjarak 4 cm dari pusat rotasi adalah :

$$a_r = \frac{v^2}{r} = \frac{(0,032 \text{ m/s})^2}{0,04 \text{ m}} = 0,0256 \text{ m/s}^2 .$$

----X----