

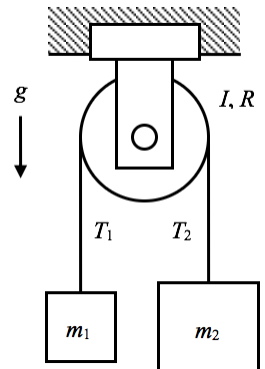


UJIAN KE-2 FI1101 FISIKA DASAR IA (SOLUSI)
SEMESTER I TAHUN AKADEMIK 2019-2020
Sabtu, 23 November 2019
PUKUL: 09.00 – 11.00

Gunakan konstanta fisis: $g = 10 \text{ m/s}^2$, $P_o = 100 \text{ kPa}$, $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$

Soal 1. Dua buah balok masing-masing bermassa $m_1 = 0,1 \text{ kg}$ dan $m_2 = 0,3 \text{ kg}$ dihubungkan dengan tali ideal (tidak mulur dan tidak bermassa) pada sebuah katrol dengan momen inersia $I = 4 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ dan jejari $R = 20 \text{ cm}$. Mula-mula sistem dalam keadaan diam dan kedua balok berada pada ketinggian yang sama. Kemudian, sistem dibiarkan bergerak sehingga katrol berotasi bersama dengan tali tanpa slip.

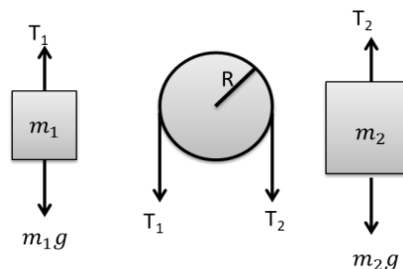
- Gambarkan diagram gaya untuk masing-masing benda dan tuliskan persamaan gerak benda-benda tersebut.
- Tentukan percepatan sudut katrol α dan tegangan tali T_1 .
- Setelah katrol berotasi selama waktu $t = 500 \text{ ms}$, tentukan sudut rotasi $\Delta\theta$ yang telah ditempuh katrol setelah waktu tersebut.



Solusi:

a.

$$\begin{aligned} T_1 - m_1 g &= m_1 a & (1) \\ m_2 g - T_2 &= m_2 a & (2) \\ T_2 R - T_1 R &= I \alpha & (3) \end{aligned}$$



6

b.

Dari persamaan (1) diperoleh $T_1 = m_1(a + g)$

Dari persamaan (2) diperoleh $T_2 = m_2(g - a)$

Substitusikan ke persamaan (3):

$$m_2(g - a)R - m_1(a + g)R = I \frac{a}{R}$$

$$-(m_1 + m_2)aR + (m_2 - m_1)gR = Ia/R$$

$$\left(m_1 + m_2 + \frac{I}{R^2}\right)a = (m_2 - m_1)g$$

$$a = \frac{(m_2 - m_1)g}{m_1 + m_2 + I/R^2}$$

$$a = \frac{(0,3 - 0,1)10}{0,1 + 0,3 + \frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,2^2}}$$

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = \frac{a}{R} = \frac{4}{0,2} = 20 \text{ rad/s}^2$$

6

$$T_1 = m_1(a + g) = 1.4 \text{ N} = \frac{7}{5} \text{ N}$$

3

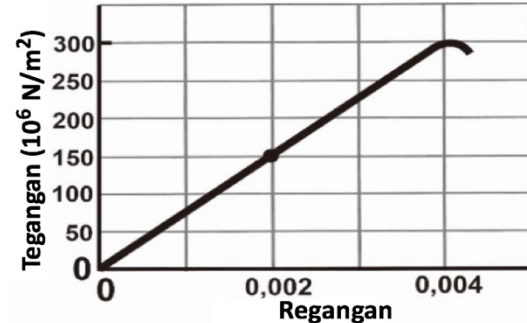
c. sudut rotasi $\Delta\theta$ yang telah ditempuh katrol:

$$\Delta\theta = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}(20)(0,5)^2 = 2,5 \text{ rad}$$

5

Soal 2. Gambar di samping menunjukkan kurva tegangan terhadap regangan untuk kawat berbentuk silinder dengan panjang mula-mula 150 cm dan luas penampang $1,0 \text{ cm}^2$.

- Tentukan Modulus Young bahan kawat tersebut.
- Jika kawat tersebut disambung dengan kawat aluminium yang panjangnya 70 cm dan luas penampang $1,0 \text{ cm}^2$ (modulus Young aluminium adalah $7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$) dan kemudian digantung suatu beban dengan massa 10 kg, tentukanlah pertambahan panjang sistem gabungan kedua kawat tersebut.



Solusi:

$$a. E = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}} = \text{kemiringan kurva} = \frac{300 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{0,004} = 7,5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$

8

$$b. \Delta L_{\text{kawat}} = \frac{FL_{\text{kawat}}}{Y_{\text{kawat}}A_{\text{kawat}}} = \frac{100 \times 1,5}{(7,5 \times 10^{10})(10^{-4})} = 2 \times 10^{-5} \text{ m}$$

4

$$\Delta L_{\text{al}} = \frac{FL_{\text{al}}}{Y_{\text{al}}A_{\text{al}}} = \frac{100 \times 0,7}{(7 \times 10^{10})(10^{-4})} = 10^{-5} \text{ m}$$

4

$$\Delta L_{\text{sistem}} = \Delta L_{\text{kawat}} + \Delta L_{\text{al}} = 3 \times 10^{-5} \text{ m}$$

4

Soal 3. Suatu gelombang menjalar pada tali dinyatakan dengan fungsi gelombang $y(x, t) = 0,05 \sin(2,5x + 125t)$, dengan x dan y dalam m dan t dalam s.

- Tentukan arah getaran dan arah rambat gelombang tersebut.
- Jika terdapat gelombang lain dengan fungsi gelombang $y(x, t) = 0,05 \sin\left(2,5x + 125t - \frac{\pi}{6}\right)$ dan bersuperposisi dengan gelombang di atas, tentukan fungsi gelombang hasil superposisinya.
- Dari hasil superposisi gelombang tersebut, tentukan amplitudo, panjang gelombang, frekuensi, dan laju getar maksimumnya.

Solusi:

- Arah getar pada sb-y (bisa y+ atau y-)
Arah rambat pada sb-x negatif

4

- Superposisi 2 buah gelombang

$$y_1(x, t) = 0,05 \sin(2,5x + 125t)$$

$$y_2(x, t) = 0,05 \sin\left(2,5x + 125t - \frac{\pi}{6}\right)$$

Hasil superposisi 2 buah gelombang tersebut:

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \left(\frac{1}{2}(\alpha + \beta) \right) \cos \left(\frac{1}{2}(\alpha - \beta) \right),$$

$$y_R(x, t) = 2(0,05) \sin \left(\frac{1}{2} \left(2,5x + 125t + 2,5x + 125t - \frac{\pi}{6} \right) \right) \cos \left(\frac{1}{2} \left(2,5x + 125t - \left(2,5x + 125t - \frac{\pi}{6} \right) \right) \right)$$

$$y_R(x, t) = 2(0,05) \sin \left(\frac{1}{2} \left(5x + 250t - \frac{\pi}{6} \right) \right) \cos \left(\frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{6} \right) \right),$$

$$y_R(x, t) = 0,1 \cos \left(\frac{\pi}{12} \right) \sin \left(2,5x + 125t - \frac{\pi}{12} \right) \quad \boxed{8}$$

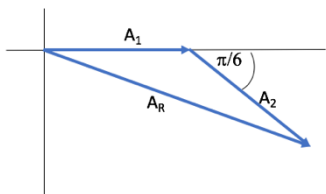
c. Amplitudo gelombang hasil superposisi, $A' = y_{R,max} = 0,1 \cos \left(\frac{\pi}{12} \right) m$

$$\text{panjang gelombang hasil superposisi, } \lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{2,5} = \frac{4}{5}\pi = 0,8\pi \text{ m}$$

$$\text{frekuensi gelombang hasil superposisi, } f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{125}{2\pi} = \frac{62,5}{\pi} \text{ Hz} \quad \boxed{8}$$

$$\text{laju getar maksimum, } v_{R,max} = \omega A' = (125) \left(0,1 \cos \left(\frac{\pi}{12} \right) \right) = 12,5 \cos \left(\frac{\pi}{12} \right) \text{ m/s}$$

3.b. Cara fasor untuk menentukan gelombang superposisi:



$$y_1(x, t) = 0,05 \sin(2,5 x + 125 t)$$

$$y_2(x, t) = 0,05 \sin \left(2,5 x + 125 t - \frac{\pi}{6} \right)$$

$$y_R(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t)$$

Komponen sumbu x:

$$y_{R,x} = y_{1,x} + y_{2,x} = 0,05 + 0,05 \cos \left(-\frac{\pi}{6} \right) = 0,05 + 0,025\sqrt{3}$$

Komponen sumbu y:

$$y_{R,y} = y_{1,y} + y_{2,y} = 0 + 0,05 \sin \left(-\frac{\pi}{6} \right) = -0,025$$

Maka: amplitude gelombang hasil superposisi: $A' = y_R = \sqrt{y_{R,x}^2 + y_{R,y}^2} = 0,05 (2 + \sqrt{3})^{1/2}$ dan beda fase gelombang superposisi:

$$\phi_R = \arctan \left(\frac{-0,025}{0,05 + 0,025\sqrt{3}} \right) = \arctan \left(-\frac{1}{2 + \sqrt{3}} \right) = -\pi/12$$

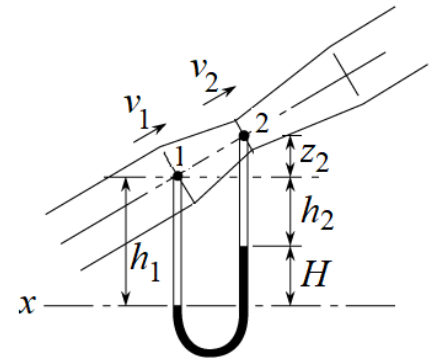
Sehingga gelombang hasil superposisi:

$$y_R(x, t) = 0,05 (2 + \sqrt{3})^{1/2} \sin \left(2,5 x + 125 t - \frac{\pi}{12} \right) \quad \boxed{8}$$

Catatan: $\cos \frac{\pi}{12} = 0,9659$; $0,05 (2 + \sqrt{3})^{1/2} = 0,9659$

Soal 4. Untuk mengukur aliran minyak ($\rho_{\text{minyak}} = 800 \text{ kg/m}^3$) di dalam suatu pipa venturi yang membentuk sudut terhadap arah mendatar, digunakan alat bantu pipa U yang berisikan raksa ($\rho_{\text{raksa}} = 13600 \text{ kg/m}^3$) seperti terlihat pada gambar. Diketahui diameter pada bagian pipa yang lebih besar (titik 1) adalah $d_1 = 6 \text{ cm}$ dan diameter pipa yang lebih kecil (titik 2) adalah $d_2 = 2 \text{ cm}$.

- Berapakah selisih tekanan di titik 1 dan 2, apabila diketahui bahwa $H = 50 \text{ cm}$ dan $z_2 = 20 \text{ cm}$?
- Tuliskan perbandingan kecepatan di titik 2 dan kecepatan di titik 1 (v_2 / v_1).
- Tentukan kelajuan fluida (minyak) di titik 1.



Solusi:

Statika Fluida:

$$h_2 = h_1 - H$$

$$P_1 + \rho g h_1 = P_2 + \rho_{\text{raksa}} g H + \rho g (h_1 - H + z_2)$$

Dinamika Fluida:

Persamaan Kontinuitas: $A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \left(\frac{d_1^2}{d_2^2}\right) v_1$

Persamaan Bernoulli:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \rightarrow P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g z_2$$

a. $P_1 - P_2 = g H (\rho_{\text{raksa}} - \rho) + \rho g z_2$

$$P_1 - P_2 = (10)(0,5)(13600 - 800) + (10)(800)(0,2) = 64000 + 1600 = 65600 \text{ Pa}$$

8

b. Dari persamaan Kontinuitas: $A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1$

$$v_2 / v_1 = \left(\frac{d_1^2}{d_2^2}\right)$$

4

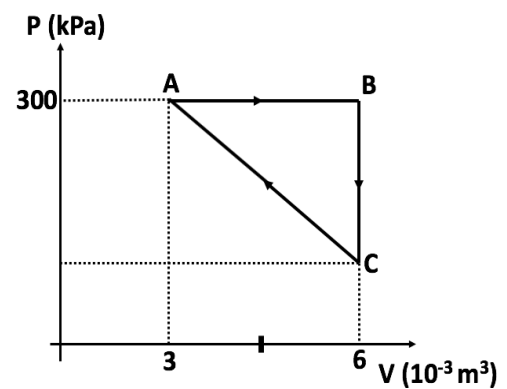
c. Dari persamaan Bernoulli: $P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g z_2 = \frac{1}{2} \rho v_1^2 \left(\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4 - 1\right) + \rho g z_2$

$$v_1^2 = \frac{2(65600 - 1600)}{(800)(3^4 - 1)}$$

$$v_1 = \sqrt{2 \left(\frac{64000}{64000}\right)} = \sqrt{2} \text{ m/s}$$

8

Soal 5. Sejumlah gas ideal diatomik ($M_w = 28 \text{ gr/mol}$, $C_v = \frac{5}{2}nR$) memiliki tekanan 300 kPa dan $T_A = 300\text{K}$ menempati volum sebesar $3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ (keadaan A). Gas ini menjalani pemanasan secara isobarik sampai mencapai volum $6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ (keadaan B) dengan menerima asupan kalor sebesar $Q_{AB} = 3,14 \text{ kJ}$. Dari keadaan B gas menjalani pendinginan secara isokhorik sampai temperaturnya kembali seperti semula (keadaan C, $T_C = T_A$). Dari keadaan C, gas kembali ke keadaan semula A dengan menempuh proses berupa garis lurus dalam diagram p - V (seperti terlihat pada gambar).



- Hitunglah laju rata-rata (v_{rms}) dari molekul gas ideal tersebut pada keadaan awal A.
- Hitunglah Q , W dan ΔU untuk setiap proses A-B, B-C dan C-A. Buat tabel yang memuat seluruh nilai-nilai tersebut.
- Hitunglah efisiensi dari siklus mesin kalor tersebut.

Solusi:

a. $v_{rms} = (3RT_A/M)^{0,5} = (3 \times 8,31 \times 300/0,028)^{0,5} = (267107)^{0,5} \approx 517 \text{ ms}^{-1}$

3

b. $p_A = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$; $T_A = 300\text{K}$; $V_A = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, maka berdasarkan persamaan keadaan gas ideal $pV = nRT$ diperoleh $n = (p_A V_A)/(RT_A) = (3 \times 10^5) \times (3 \times 10^{-3}) / (8,31 \times 300) = 0,36 \text{ mol}$

2

proses A-B: isobarik

$pV = nRT$ maka $T/V = p/(nR) = \text{konstan}$; $(T_A/V_A) = (T_B/V_B)$

sehingga $T_B = (V_B/V_A) \times T_A = (6/3) \times 300 = 600\text{K}$

$Q_{AB} = 3,14 \text{ kJ}$ (diketahui dari soal)

$W_{AB} \text{ (isobarik)} = \int p dV = p_A (V_B - V_A) = 3 \times 10^5 \times (6 - 3) \times 10^{-3} = 0,9 \text{ kJ}$

$\Delta U_{AB} = U_B - U_A = C_v (T_B - T_A) = (5/2)(0,36)(8,31) (600 - 300) = 2,24 \text{ kJ}$ (kalor masuk ke dalam sistem)

3

Proses A-B dapat dikerjakan sebagai berikut:

$$\Delta U = \frac{5}{2} nR (T_B - T_A)$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} (nRT_B - nRT_A)$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} nR (P_B V_B - P_A V_A)$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} (300 \times 10^3)(6 \times 10^{-3} - 3 \times 10^{-3})$$

$$\Delta U = \frac{4500}{2} = 2250 = 2,25 \text{ kJ}$$

5

$$W = (300 \times 10^3)(6 \times 10^{-3} - 3 \times 10^{-3}) = 0,9 \text{ kJ}$$

$$Q = \Delta U + W = 2,25 + 0,9 = 3,15 \text{ kJ}$$

proses B-C: isokhorik

$pV = nRT$ maka $p/T = (nR)/V = \text{konstan}; (p_B/T_B) = (p_C/T_C)$

sehingga $p_C = (T_C/T_B) \times p_B = (300/600) \times 3 \times 10^5 = 1,5 \times 10^5 \text{ Pa}$

$W_{BC} = 0$ karena isokhorik

$Q_{BC} = \Delta U_{BC} = U_C - U_B = C_V (T_C - T_B) = (5/2)(0,36)(8,31) (300-600) = - 2,24 \text{ kJ}$ (kalor keluar dari sistem)

3

proses C-A: garis lurus dalam diagram p - V

$T_A = T_C$, maka $\Delta U_{CA} = 0$

$Q_{CA} = W_{CA} = \text{luas daerah di bawah kurva C-A (trapesium)} = (P_A+P_C) \times (V_A - V_C)/2$

$= (3 + 1,5) \times 10^5 \times (3-6) \times 10^{-3} / 2 = -0,675 \text{ kJ}$

3

Proses	Q (kJ)	W (kJ)	ΔU (kJ)
A-B	3,14	0,9	2,24
B-C	-2,24	0	-2,24
C-A	-0,675	-0,675	0
ABCA	0,225	0,225	0

3

c. Efisiensi = $W_{\text{total}}/ Q_{\text{masuk}} = (0,9 - 0,675)/3,14 \approx 7,1\%$

3