

Pembahasan dan Kunci Jawaban

SUPER COACH
POLA BELAJAR SISWA MANDIRI

FISIKA
UNTUK SMA-MA XI

A. Pilihan Ganda

- Beberapa cara biasa digunakan di antaranya:

Cara I

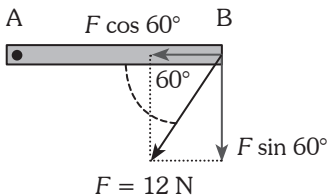
$$\tau = Fd \sin \alpha$$

$$\tau = 12(2) \sin 60^\circ$$

$$\tau = 12(2) \left(\frac{1}{2} \sqrt{3} \right) = 12\sqrt{3} \text{ N m}$$

Cara II

Uraikan gaya F .



Torsi ditimbulkan oleh $F \sin 60^\circ$ dengan jarak ke A adalah 2 m, sementara $F \cos 60^\circ$ mengakibatkan torsi sebesar NOL karena perpanjangan garis gayanya bekerja di titik A sehingga jarak ke poros A tidak ada (nol).

$$\tau = F \sin 60^\circ (AB)$$

$$\tau = 12 \left(\frac{1}{2} \sqrt{3} \right) (2) = 12\sqrt{3} \text{ N m}$$

Jawaban: C

- Momen gaya dengan pusat C, misal searah jarum jam diberi tanda (-) dan berlawanan arah jarum jam tanda (+).

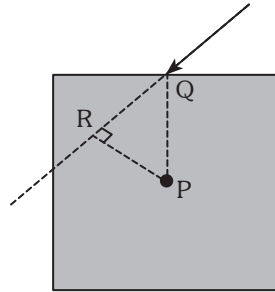
$$\tau_C = -F_1 \sin 30^\circ \cdot AC + F_2 \cdot BC + F_3 \cdot CD$$

$$\tau_C = -10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{10} + 10 \cdot \frac{1}{10} + 10 \cdot \frac{1}{10}$$

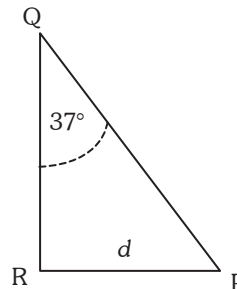
$$\tau_C = -\frac{3}{2} + 2 = 0,5 \text{ N m}$$

Jawaban: C

- Menentukan jarak gaya terhadap poros



Garis putus-putus adalah perpanjangan gaya F , kemudian ambil garis d dari titik P sehingga tegak lurus dengan arah gaya atau perpanjangannya. Dari gambar di atas diperoleh segitiga bantu



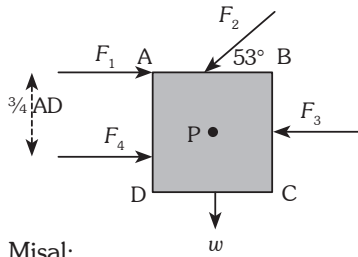
Untuk menentukan d gunakan hubungan sudut dengan sisi-sisi segitiga dan trigonometri:

$$d = PQ \sin 37^\circ$$

$$d = 2(0,6) = 1,2 \text{ m}$$

Jawaban: B

- Diagram gaya-gaya yang bekerja pada benda (tampak depan):



Misal:

(+) untuk putaran searah jarum jam
(-) untuk putaran berlawanan arah jarum jam (boleh dibalik)

$$\sum \tau_p = \tau_1 - \tau_2 + \tau_3 - \tau_4 + \tau_w$$

$$\tau_1 = F_1 d_1 = (100)(2) = 200 \text{ N m}$$

$$\begin{aligned} \tau_2 &= F_2 d_2 = F_2 (2 \sin 37^\circ) \\ &= (50)(2 \times 0,6) = 60 \text{ N m} \end{aligned}$$

$$\tau_3 = F_3 d_3 = (25)(0) = 0 \text{ N m}$$

$$\tau_4 = F_4 d_4 = (10)(1) = 10 \text{ N m}$$

$$\tau_w = w d_w = 0 \text{ N m}$$

$$\tau_p = 200 - 60 + 0 - 10 + 0 = 130 \text{ N m}$$

Sesuai perjanjian tanda di atas,
benda berputar searah jarum jam

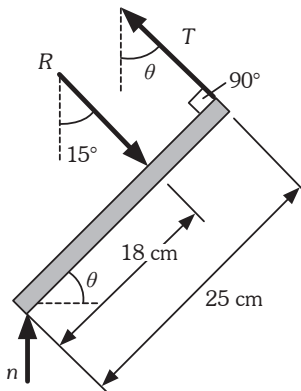
Jawaban: A

5. Memilih titik tumpu di R

$$\begin{aligned} \sum F_x &= +R \sin 15^\circ - T \sin \theta \\ &= 0 \dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 700 - R \cos 15^\circ + T \cos \theta \\ &= 0 \dots (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \tau_R &= -700 \cos \theta (1,8) + T(0,07) \\ &= 0 \dots (3) \end{aligned}$$



Selesaikan persamaan untuk θ

Dari persamaan (3) diperoleh

$T = 1.800 \cos \theta$ dan dari persamaan

$$(1) \text{ diperoleh } R = \frac{1.800 \sin \theta \cos \theta}{\sin 15^\circ}$$

Lalu persamaan (2) memberikan

$$700 - \frac{1.800 \sin \theta \cos \theta \cos 15^\circ}{\sin 15^\circ} + 1.800 \cos^2 \theta = 0$$

atau

$$\cos^2 \theta + 0,3889 - 3,732 \sin \theta \cos \theta = 0$$

Lalu kuadratkan, maka didapatkan:

$$\cos^4 \theta - 0,8809 \cos^2 \theta + 0,01013 = 0$$

Misal $u = \cos^2 \theta$. Dengan

menggunakan persamaan kuadrat diperoleh

$$u_1 = 0,01165 \text{ atau } u_2 = 0,8693$$

Hanya akar kedua yang memungkinkan sehingga

$$\theta = \cos^{-1} \sqrt{0,8693} = 21,2^\circ$$

Jadi, $T = 1,68 \times 10^3 \text{ N}$ dan

$$R = 2,34 \times 10^3 \text{ N}$$

Jawaban: D

6. Momen inersia sistem dengan sumbu putar di P

$$I_p = m_A r_A^2 + m_B r_B^2$$

$$I_p = \frac{60}{1.000} \left(\frac{15}{100} \right)^2 + \frac{40}{100} \left(\frac{5}{100} \right)^2$$

$$I_p = \frac{6}{100} \cdot \frac{225}{10.000} + \frac{4}{100} \cdot \frac{25}{10.000}$$

$$I_p = \frac{13,50}{10.000} + \frac{1}{10.000}$$

$$I_p = \frac{14,50}{10.000} = 14,50 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

Jawaban: C

7. Momen inersia silinder berongga adalah sebagai berikut.

$$I = \frac{1}{2} M (R_1^2 + R_2^2)$$

$$R_1 = 20 \text{ cm} = \frac{20}{100} \text{ m}, R_2 = 22 \text{ cm} = \frac{22}{100} \text{ m}, M = 4 \text{ kg sehingga}$$

$$I = \frac{1}{2} (4) \left(\left(\frac{22}{100} \right)^2 + \left(\frac{20}{100} \right)^2 \right)$$

$$I = 2 \left(\frac{484}{10.000} + \frac{400}{10.000} \right)$$

$$= 2 \left(\frac{884}{10.000} \right) = 0,1768 \text{ kg m}^2$$

Jawaban: B

8. Jika momen inersia dengan poros berada di pusat massa batang diketahui, maka momen inersia yang baru setelah poros digeser sejauh x adalah:

$$I_x = I_p + Mx^2$$

I_p = momen inersia saat poros di pusat massa

I_x = momen inersia jika poros digeser sejauh x dari pusat massa

Persamaan di atas dikenal sebagai teorema sumbu sejajar.

Dengan demikian,

$$I_x = I_p + Mx^2$$

$$= \frac{1}{12} ML^2 + Mx^2 = M \left(\frac{L^2}{12} + x^2 \right)$$

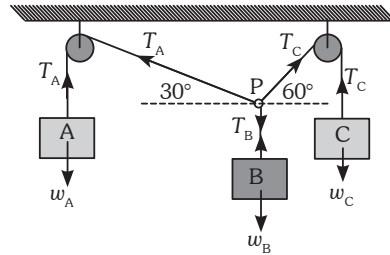
$$= \frac{24}{100} \left(\frac{4^2}{12} + 1^2 \right) = \frac{24}{100} \left(\frac{16}{12} + 1 \right)$$

$$= \frac{24}{100} \left(\frac{4}{3} + \frac{3}{3} \right) = \frac{24}{100} \left(\frac{7}{3} \right)$$

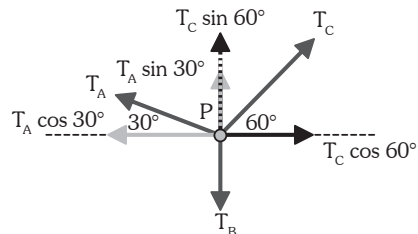
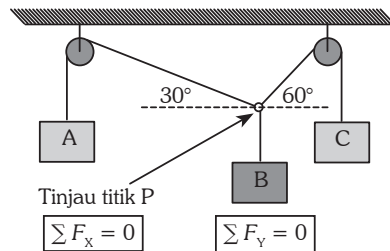
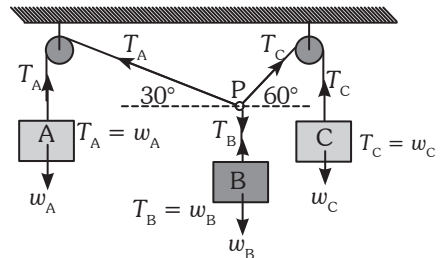
$$= \frac{8(7)}{100} = 0,56 \text{ kg m}^2$$

Jawaban: D

9. Gambarkan diagram gaya.



Analisis gaya yang bekerja pada setiap benda.



$$\sum F_x = 0$$

$$T_A \cos 30^\circ - T_C \cos 60^\circ = 0$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{3} T_A - \frac{1}{2} T_C = 0$$

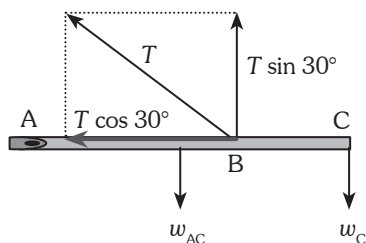
$$\frac{1}{2} \sqrt{3} T_A = \frac{1}{2} T_C$$

$$\sqrt{3} T_A = T_C$$

$$\frac{T_A}{T_C} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Jawaban: B

10. Penguraian gaya-gaya dengan mengabaikan gaya-gaya di titik A (karena akan dijadikan poros):



Syarat seimbang $\Sigma \tau_A = 0$

$$\Sigma \tau_A = 0$$

$$T \sin 30^\circ (L_{AB}) - w_{AC} \left(\frac{1}{2} L_{AC} \right) - w_C (L_{AC}) = 0$$

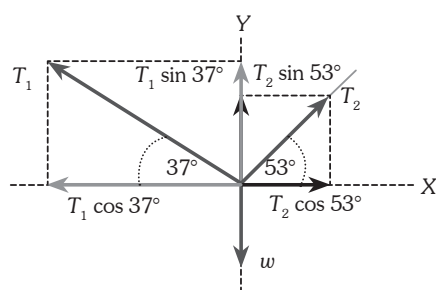
$$T (0,5) (3) - (500) (2) - (200) (4) = 0$$

$$1,5T = 1.800$$

$$T = \frac{1.800}{1,5} = 1.200 \text{ N}$$

Jawaban: C

11. Penguraian gaya-gaya sebagai berikut.



Syarat seimbang $\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$T_2 \cos 53^\circ + T_1 \cos 37^\circ = 0$$

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

$$T_2 = \frac{4}{3} T_1 \quad \dots (1)$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$T_2 \sin 53^\circ + T_1 \sin 37^\circ - w = 0$$

$$T_2 (0,8) + T_1 (0,6) - 500 = 0 \quad \dots (2)$$

Dari persamaan (2) dan (1) didapatkan:

$$T_2 (0,8) + T_1 (0,6) - 500 = 0$$

$$\frac{4}{3} T_1 (0,8) + T_1 (0,6) - 500 = 0$$

$$\frac{32}{30} T_1 + \frac{18}{30} T_1 = 500$$

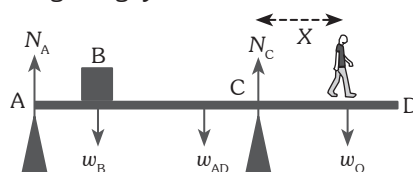
$$\frac{50}{30} T_1 = 500$$

$$T_1 = 300 \text{ N}$$

$$T_2 = \frac{4}{3} T_1 = \frac{4}{3} \times 300 = 400 \text{ N}$$

Jawaban: C

12. Diagram gaya:



Titik C dijadikan poros. Saat papan tepat akan terbalik $N_A = 0$.

$$\Sigma \tau_C = 0$$

$$w_B (L_{BC}) + w_{AD} (L_{AC}) - w_O (X) = 0$$

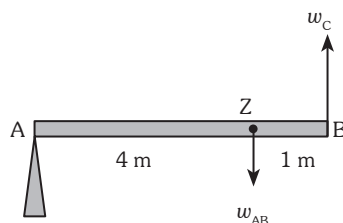
$$(500) (3) + (1.000) (1) - (1.000) (X) = 0$$

$$1.000X = 2.500$$

$$X = 2,5 \text{ m}$$

Jawaban: B

13. Gaya-gaya yang bekerja pada balok AB:



Dengan titik A sebagai poros,

$$\Sigma \tau_A = 0$$

$$w_C \cdot AB = w_{AB} \cdot AZ$$

$$w_C \cdot 5 = 100 \cdot 4$$

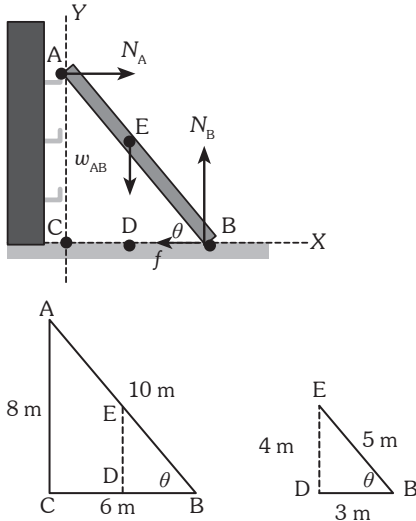
$$w_C = \frac{400}{5} = 80 \text{ N}$$

Jawaban: C

14. Cara pertama

$$\mu = \frac{1}{[2 \tan \theta]} = \frac{1}{2\left(\frac{8}{6}\right)} = \frac{3}{8}$$

Cara kedua



Urutan pengerjaan dimulai dari ΣF_y , $\Sigma \tau_B$, dan ΣF_x ($\Sigma \tau_A = 0$ tidak dilibatkan!)

Jumlah gaya pada sumbu-Y harus nol ($\Sigma F_y = 0$).

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0 \\ N_B - w_{AB} &= 0 \\ N_B - w_{AB} &= 500 \text{ N}\end{aligned}$$

Jumlah torsi di B harus nol ($\Sigma \tau_B = 0$).

$$\begin{aligned}\Sigma \tau_B &= 0 \\ N_A(AC) - w_{AB}(BD) &= 0 \\ N_A(8) - (500)(3) &= 0 \\ N_A &= \frac{1.500}{8} \text{ N}\end{aligned}$$

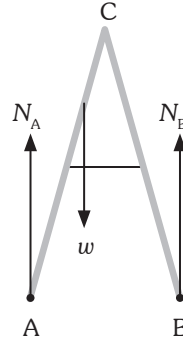
Jumlah gaya sumbu-X harus nol ($\Sigma F_x = 0$).

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0 \\ N_A - f &= 0 \\ N_A - \mu N_B &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu N_B &= N_A \\ \mu(500) &= \frac{1.500}{8} \\ \mu &= \frac{3}{8}\end{aligned}$$

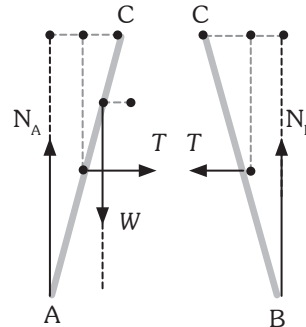
Jawaban: B

15. Gaya-gaya yang bekerja pada sistem:



$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0 \\ N_A + N_B &= mg \\ N_A + N_B &= (60)(10) \\ N_A + N_B &= 600 \dots (1)\end{aligned}$$

Pisahkan sistem menjadi dua bagian, sebelah kiri (sisi AC) dan sebelah kanan (sisi BC).



Tinjau sisi bagian kiri.

Titik C sebagai poros. Hitung momen gaya. Diasumsikan tidak mengalami kesulitan dalam menentukan “jarak” setiap gaya ke poros titik C.

$$\begin{aligned}\Sigma \tau_C &= 0 \\ -N_A(1) - mg(0,25) - T\left(\frac{\sqrt{15}}{2}\right) &= 0\end{aligned}$$

$$-N_A - (10)(60)(0,25) - T\left(\frac{\sqrt{15}}{2}\right) = 0$$

$$-N_A - 150 - \left(\frac{\sqrt{15}}{2}\right) T = 0$$

$$N_A = 150 + \left(\frac{\sqrt{15}}{2}\right) T \dots (2)$$

Tinjau sisi bagian kanan.

$$\Sigma \tau_C = 0$$

$$-N_B(1) + T\left(\frac{\sqrt{15}}{2}\right) = 0$$

$$-N_B + \left(\frac{\sqrt{15}}{2}\right) T = 0$$

$$N_B = \left(\frac{\sqrt{15}}{2}\right) T \dots (3)$$

Substitusikan N_A dan N_B ke persamaan (1).

$$N_A + N_B = 600$$

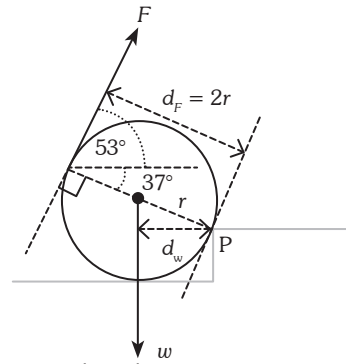
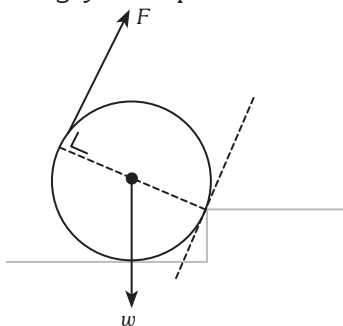
$$\left\{150 + \left(\frac{\sqrt{15}}{2}\right) T\right\} + \left\{\left(\frac{\sqrt{15}}{2}\right) T\right\} = 600$$

$$\sqrt{15}T = 450$$

$$T = \frac{450}{\sqrt{15}} = 30\sqrt{15} \text{ N}$$

Jawaban: E

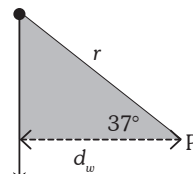
16. Gaya normal N pada poros tidak dihitung karena menghasilkan torsi sebesar nol. Berikutnya adalah menentukan jarak gaya F ke poros dan gaya w ke poros.



Lihat gambar di atas.

Jarak gaya F ke poros P adalah $2r$, maka $d_F = 2r = 2 \times 40 \text{ cm} = 80 \text{ cm}$.

Jarak gaya w ke poros P dapat ditentukan dengan penjelasan berikut.



$$d_w = r \cos 37^\circ$$

$$d_w = 40 \text{ cm} \times 0,8 = 32 \text{ cm}$$

Terakhir, syarat keseimbangan:

$$\Sigma \tau_P = 0$$

$$F \cdot d_F - w \cdot d_w = 0$$

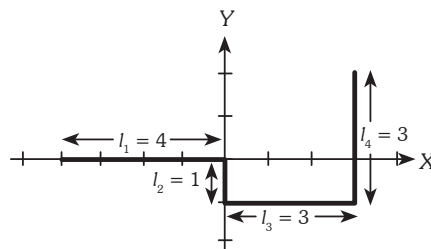
$$F \cdot d_F = w \cdot d_w$$

$$F = \frac{w \cdot d_w}{d_F} = \frac{mgd_w}{d_F}$$

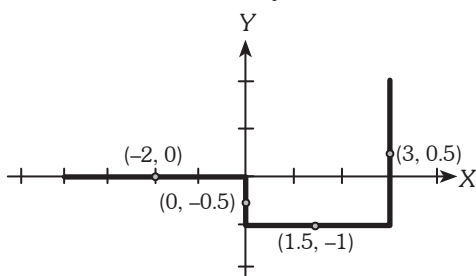
$$= \frac{120(10)(32)}{80} = 480 \text{ N}$$

Jawaban: E

17. Bagi batang besi menjadi beberapa bagian



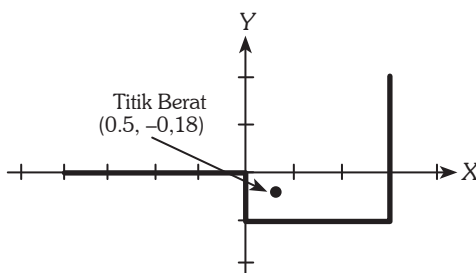
Tentukan titik berat dari setiap bagian beserta koordinatnya.



$$\begin{aligned}x_1 &= -2 & y_1 &= 0 \\x_2 &= 0 & y_2 &= -0,5 \\x_3 &= 1,5 & y_3 &= -1 \\x_4 &= 3 & y_4 &= 0,5\end{aligned}$$

Hitung koordinat titik berat menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned}x &= \frac{x_1 l_1 + x_2 l_2 + x_3 l_3 + x_4 l_4}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4} \\x &= \frac{-2 \cdot 4 + 0 \cdot 1 + 1,5 \cdot 3 + 3 \cdot 3}{4 + 1 + 3 + 3} \\&= \frac{5,5}{11} = 0,5 \\y &= \frac{y_1 l_1 + y_2 l_2 + y_3 l_3 + y_4 l_4}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4} \\y &= \frac{0 \cdot 4 + -0,5 \cdot 1 + -1 \cdot 3 + 0,5 \cdot 3}{4 + 1 + 3 + 3} \\&= \frac{-2}{11} = -0,18\end{aligned}$$



Jawaban: D

$$\begin{aligned}18. \quad l_1 &= 20, x_1 = 20, y_1 = 10 \\l_2 &= 20, x_2 = 60, y_2 = 10 \\l_3 &= 80, x_3 = 40, y_3 = 20\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l_4 &= 20, x_4 = 0, y_4 = 30 \\l_5 &= 40, x_5 = 40, y_5 = 40 \\l_6 &= 20, x_6 = 80, y_6 = 30\end{aligned}$$

Koordinat titik berat gabungan keenam kawat (x_0, y_0)

$$\begin{aligned}x_0 &= \frac{l_1 x_1 + l_2 x_2 + l_3 x_3 + l_4 x_4 + l_5 x_5 + l_6 x_6}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6} \\x_0 &= \frac{(20)(20) + (20)(60) + (80)(40) + (20)(0) + (40)(40) + (20)(80)}{20 + 20 + 80 + 20 + 40 + 20} \\x_0 &= \frac{8.000}{200} = 40 \\y_0 &= \frac{l_1 y_1 + l_2 y_2 + l_3 y_3 + l_4 y_4 + l_5 y_5 + l_6 y_6}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6} \\y_0 &= \frac{(20)(10) + (20)(10) + (80)(20) + (20)(30) + (40)(40) + (20)(30)}{20 + 20 + 80 + 20 + 40 + 20} \\y_0 &= \frac{4.800}{200} = 24\end{aligned}$$

Jawaban: A

19. Benda 1 (bawah)

$$A_1 = 20 \times 60 = 1.200 \text{ cm}^2$$

$$y_1 = 30 \text{ cm}$$

Benda 2 (atas)

$$A_2 = 20 \times 60 = 1.200 \text{ cm}^2$$

$$y_2 = 60 + 10 = 70 \text{ cm}$$

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

$$y_0 = \frac{(1.200)(30) + (1.200)(70)}{1.200 + 1.200}$$

$$y_0 = \frac{120.000}{2.400} = 50 \text{ cm}$$

Jawaban: B

20. Terdapat dua bangunan, yaitu persegi di bagian bawah dan segitiga samakaki di bagian atas.

Persegi:

$$A_1 = 90 \times 90 = 8.100 \text{ cm}^2$$

$$y_1 = \frac{90}{2} = 45 \text{ cm}$$

Segitiga:

$$A_2 = \frac{1}{2} (90)(90) = 4.050 \text{ cm}^2$$

$$y_2 = \frac{1}{3} (90) + 90 = 120 \text{ cm}$$

Letak y_0 :

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

$$y_0 = \frac{(8.100)(45) + (4.050)(120)}{8.100 + 4.050}$$

$$y_0 = 70 \text{ cm}$$

Jawaban: B

21. Karton 1

$$A_1 = 4 \times 8 = 32 \text{ cm}^2$$

$$x_1 = 4 \text{ cm}$$

$$y_1 = 2 \text{ cm}$$

Karton 2

$$A_2 = 4 \times 4 = 16 \text{ cm}^2$$

$$x_2 = 8 + 2 = 10 \text{ cm}$$

$$y_2 = 4 + 2 = 6 \text{ cm}$$

Titik berat benda gabungan adalah

$$x_0 = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2}{A_1 + A_2} = \frac{32(4) + 16(10)}{32 + 16}$$

$$= 6 \text{ cm}$$

$$y_0 = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2} = \frac{32(2) + 16(6)}{32 + 16}$$

$$= 3,3 \text{ cm}$$

Koordinat titik berat dari titik A adalah (6; 3,3).

Jawaban: E

22. Letak titik berat benda 1 diukur dari

$$\text{alas benda 1 adalah } y_1 = \frac{d}{2} = 0,5d$$

Letak titik berat benda 2 diukur dari alas benda 1 adalah

$$y_2 = d + \frac{1}{3}(3d) = d + d = 2d$$

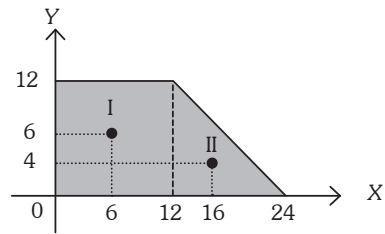
Oleh karena itu, jarak kedua titik

$$\text{adalah } 2d - 0,5d = 1,5d = \frac{3}{2}d$$

Jawaban: D

23. Bagi luasan menjadi dua bagian.

Tentukan titik berat tiap-tiap luasan seperti berikut.



Luasan I

$$A_1 = 12 \times 12 = 144$$

$$x_1 = 6$$

$$y_1 = 6$$

Luasan II

$$A_2 = \frac{1}{2} \times 12 \times 12 = 72$$

$$x_2 = 12 + 4 = 16$$

$$y_2 = 4$$

sehingga

$$x_0 = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2}{A_1 + A_2}$$

$$= \frac{144(6) + 72(16)}{144 + 72} = 9,33$$

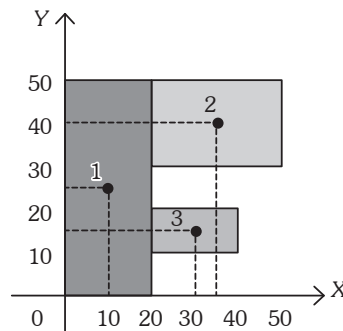
$$y_0 = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2}$$

$$= \frac{144(6) + 72(4)}{144 + 72} = 5,33$$

Koordinat titik berat dari titik O adalah (9,33; 5,33)

Jawaban: D

24. Bagi luasan menjadi 3 bagian. Diukur terhadap sumbu-X artinya y_0 yang dicari.



Data yang diperlukan:

$$A_1 = 20 \times 50 = 1.000$$

$$y_1 = 25$$

$$A_2 = 30 \times 20 = 600$$

$$y_2 = 40$$

$$A_3 = 20 \times 10 = 200$$

$$y_3 = 15$$

$$\begin{aligned} y_0 &= \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3}{A_1 + A_2 + A_3} \\ &= \frac{1.000(25) + 600(40) + 200(15)}{1.000 + 600 + 200} \\ &= 28,89 \end{aligned}$$

Jawaban: B

25. Terdapat dua bangunan, yaitu persegi panjang utuh (belum dilubang) dan lubang berbentuk segitiga
Bidang persegi panjang utuh:

$$A_1 = 180 \times 90 = 16.200$$

$$y_1 = \frac{180}{2} = 90$$

Bidang segitiga berlubang:

$$A_2 = \frac{1}{2} (90)(90) = 4.050$$

$$y_2 = 180 - \frac{90}{3} = 150$$

Letak y_0 :

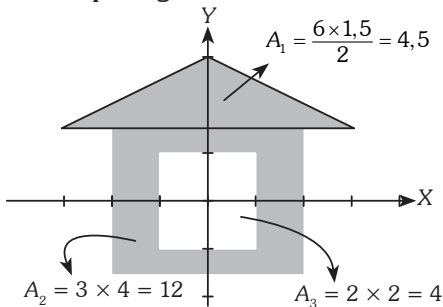
$$y_0 = \frac{A_1 y_1 - A_2 y_2}{A_1 - A_2}$$

$$y_0 = \frac{(16.200)(90) - (4.050)(150)}{16.200 - 4.050}$$

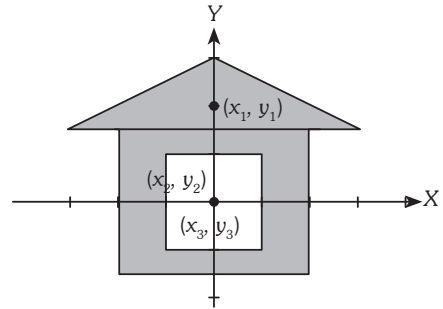
$$y_0 = 70 \text{ cm}$$

Jawaban: B

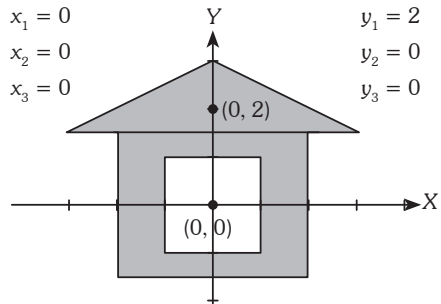
26. Bagi bangunan rumah menjadi beberapa bagian.



Tentukan titik berat dari setiap bagian beserta koordinatnya.



$$\begin{aligned} x_1 &= 0 & y_1 &= 2 \\ x_2 &= 0 & y_2 &= 0 \\ x_3 &= 0 & y_3 &= 0 \end{aligned}$$

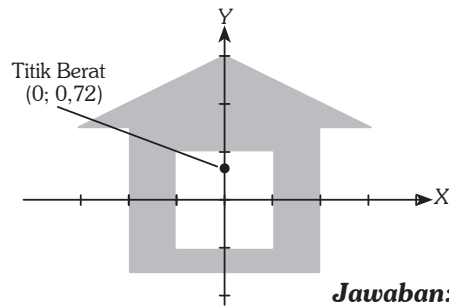


Hitung koordinat titik berat menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} x &= \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2 - x_3 A_3}{A_1 + A_2 - A_3} \\ &= \frac{0 \cdot 4,5 + 0 \cdot 12 - 0 \cdot 4}{4,5 + 12 - 4} \\ &= \frac{0}{12,5} = 0 \end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned} y &= \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2 - y_3 A_3}{A_1 + A_2 - A_3} \\ &= \frac{2 \cdot 4,5 + 0 \cdot 12 - 0 \cdot 4}{4,5 + 12 - 4} \\ &= \frac{9}{12,5} = 0,72 \end{aligned}$$



Jawaban: A

27. Kubus

$$V_1 = 2 \times 2 \times 2 = 8$$

$$y_1 = \frac{2}{2} = 1$$

Balok

$$V_2 = 2 \times 1,5 \times 1 = 3$$

$$y_2 = 2 + 1 = 3$$

Letak y_0 dari alas kubus

$$y_0 = \frac{V_1 y_1 + V_2 y_2}{V_1 + V_2} = \frac{8(1) + 3(3)}{8 + 3} = 1,545 \text{ m}$$

Jawaban: E

28. Bangun 1 (Tabung pejal)

$$V_1 = \pi r^2 t = 12\pi r^2$$

$$x_1 = 6$$

Bangun 2 (Kerucut pejal)

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi r^2 t = 4\pi r^2$$

$$x_2 = 12 + \left(\frac{1}{4}t\right) = 12 + 3 = 15$$

Letak x_0 :

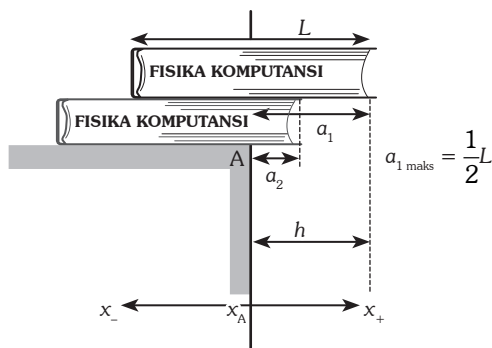
$$x_0 = \frac{V_1 x_1 + V_2 x_2}{V_1 + V_2}$$

$$x_0 = \frac{(12\pi r^2)(6) + (4\pi r^2)(15)}{12\pi r^2 + 4\pi r^2}$$

$$x_0 = \frac{18 + 15}{4} = \frac{33}{4} \text{ cm}$$

Jawaban: A

29. Perhatikan bahwa sistem kedua buku seimbang terhadap titik tepi meja, misalnya titik A. Pusat berat sistem terletak tepat vertikal di atas titik A.



Terlihat bahwa $a_1 = \frac{1}{2}L$ dan

$a_2 = \frac{1}{4}L$ sehingga:

$$h = a_1 + a_2 = \frac{1}{2}L + \frac{1}{4}L = \frac{3}{4}L$$

Jawaban: B

30. Kerja yang dilakukan adalah $W = \tau\theta$

Torsi $\tau = RF$ (karena $\phi = 90^\circ$)

Perpindahan sudut θ adalah

$$\theta = 2\pi \frac{\text{rad}}{\text{putaran}} \times 10 = 20\pi \text{ rad}$$

$$\text{sehingga } W = (10^{-1})(10)(20\pi) = 62,8 \text{ J}$$

$$W_{\text{NET}} = W = 62,8 \text{ J} = \Delta EK = \frac{1}{2}I\omega^2$$

Ingat, I untuk piringan terhadap sumbu pusatnya diberikan oleh

$$I = \frac{1}{2}MR^2$$

sehingga

$$\Delta EK = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2}MR^2 \right) \omega^2 = W$$

$$\omega = \sqrt{\frac{4W}{MR^2}} = \sqrt{\frac{4(62,8)}{(0,04)(0,1)^2}}$$

$$\omega = 792,5 \text{ rad/s}$$

Jawaban: E

31. Untuk massa yang digantung,

$$F = ma$$

$$-m_1g + T_1 = -m_1a$$

$$-m_2g + T_2 = m_2a$$

$$\text{Untuk katrol, } \tau = I\alpha = I \frac{a}{R}$$

$$T_1R - T_2R = I \frac{a}{R} = \frac{1}{2}MRa$$

$$\text{karena } I = \frac{1}{2}MR^2 \text{ (untuk piringan)}$$

Kita punya tiga persamaan dengan tiga variabel yang tidak diketahui (T_1 , T_2 , a). Selesaikan untuk a .

$$-m_1g + T_1 = -m_1a \quad \dots(1)$$

$$-m_2g + T_2 = m_2a \quad \dots(2)$$

$$T_1 - T_2 = \frac{1}{2}Ma \quad \dots(3)$$

$$a = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + \frac{1}{2}M} \right) g$$

Jawaban: C

32. Untuk massa yang tergantung,

$$F = ma$$

$$mg - T = ma$$

$$T = mg - ma$$

Untuk katrol dan roda,

$$\tau = I\alpha$$

$$TR = I\alpha = I \frac{a}{R}$$

Sekarang, tentukan a dari persamaan di atas dengan menyubstitusikan nilai T .

$$(mg - ma)R^2 = Ia$$

$$mgR^2 - maR^2 = Ia$$

$$a(I + mR^2) = mgR^2$$

$$a = \left(\frac{mR^2}{mR^2 + I} \right) g$$

Anda dapat menghitung waktu yang diperlukan oleh massa untuk jatuh sejauh L menggunakan persamaan gerak GLBB.

$$L = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2L}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2L(mR^2 + I)}{gmR^2}}$$

Jawaban: A

33. Pusat massa bergerak mengikuti persamaan

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m}$$

Jarak yang ditempuh pusat massa:

$$D = \frac{1}{2}at^2 = \frac{F}{2M}t^2$$

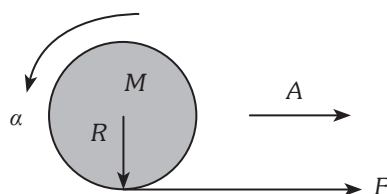
Piringan akan berputar terhadap pusat massa mengikuti persamaan

$$\tau = I\alpha$$

$$\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{RF}{\frac{1}{2}MR^2} = \frac{2F}{MR}$$

Dengan demikian, perpindahan sudutnya adalah

$$\theta = \frac{1}{2}\alpha t^2 = \frac{F}{MR}t^2$$



Jarak yang ditempuh pusat massa dan sudut rotasi terhadap pusat massa sebagai fungsi waktu, yaitu

$$D = \frac{F}{2M}t^2 \quad \dots(1) \text{ dan}$$

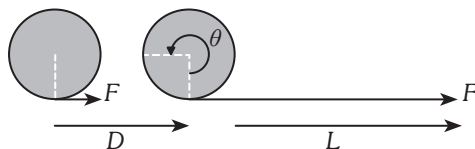
$$\theta = \frac{F}{MR}t^2 \quad \dots(2)$$

Bagi (2) dengan (1).

$$\frac{\theta}{D} = \frac{2}{R} \Rightarrow R\theta = 2D$$

Panjang tali yang telah ditarik adalah

$$L = R\theta \Rightarrow L = 2D$$



Jawaban: D

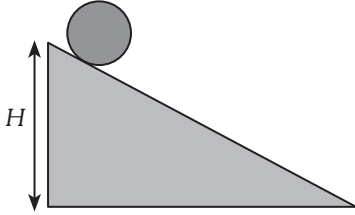
34. Tinjau salah satu. Katakan jari-jari R , massa M , dan jatuh dari ketinggian H .

Konservasi energi:

$$-\Delta EP = \Delta EK$$

$$MgH = \frac{1}{2}I\omega^2 + \frac{1}{2}Mv^2$$

dengan $I = \frac{1}{2}MR^2$ dan $\omega = \frac{v}{R}$



$$MgH = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}MR^2\right)\frac{v^2}{R^2} + \frac{1}{2}Mv^2$$

$$MgH = \frac{1}{4}Mv^2 + \frac{1}{2}Mv^2 = \frac{3}{4}Mv^2$$

sehingga:

$$MgH = \frac{3}{4}Mv^2 \Rightarrow gH = \frac{3}{4}v^2$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{4}{3}gH}$$

Lamanya silinder sampai ke dasar bidang tidak bergantung pada ukuran. Jadi, selama bentuknya sama, waktu yang dibutuhkan juga sama.

Jawaban: C

35. Tinjau gerak pusat massa dan rotasi terhadap pusat massa secara terpisah ketika menyelesaikan persoalan ini.

Gesekan statik f menyebabkan menggelinding

Ada dua kasus menggelinding:

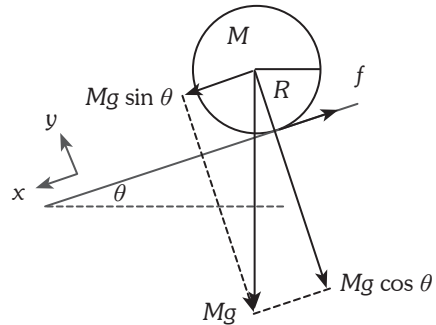
1. menggelinding tanpa tergelincir (menggelinding murni), dan
2. menggelinding dan tergelincir secara serempak.

Gesekan statik f menyebabkan menggelinding. Besaran ini tidak diketahui, harus diselesaikan.

Tinjau dahulu diagram benda bebas dan gunakan $F_{\text{NET}} = Ma_{\text{PM}}$

Dalam arah x : $Mg \sin \theta - f = Ma$

$$Rf = I \frac{a}{R} \Rightarrow f = I \frac{a}{R^2}$$



Kita punya dua persamaan, yaitu:

$$Mg \sin \theta - f = Ma \text{ dan } f = I \frac{a}{R^2}$$

Dengan menyubstitusi nilai f diperoleh:

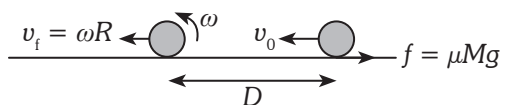
$$a = g \left(\frac{MR^2 \sin \theta}{MR^2 + I} \right)$$

Untuk bola,

$$a = g \left(\frac{MR^2 \sin \theta}{MR^2 + \frac{2}{5}MR^2} \right) = \frac{5}{7}g \sin \theta$$

Jawaban: C

36.



Selama tergelincir, gaya gesek akan mempercepat bola dalam arah $(-x)$.

$$f = -\mu Mg = Ma$$

$$\text{sehingga } a = -\mu g$$

Laju bola menjadi $v = v_0 - \mu g t \dots (1)$

Gesekan juga memberikan torka terhadap pusat massa bola. Gunakan

$$\tau = I\alpha \text{ dan ingat bahwa } I = \frac{2}{5}MR^2$$

untuk bola pejal terhadap sumbu yang melalui pusat massa.

$$\tau = \mu MgR = \frac{2}{5}MR^2\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{5\mu g}{2R}$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t = \frac{5\mu g}{2R}t \dots (2)$$

Kita punya dua persamaan, yaitu:

$$v = v_0 - \mu g t \dots (1)$$

$$\omega = \frac{5\mu g}{2R}t \dots (2)$$

Gunakan (2) untuk menghitung t sebagai fungsi ω .

$$t = \frac{2R\omega}{5\mu g}$$

Substitusi ke (1) dan gunakan

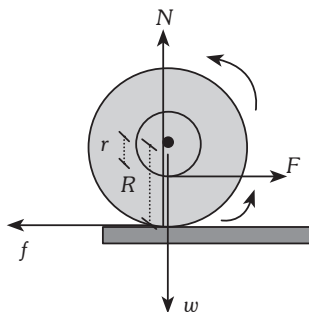
$v_f = \omega R$ (kondisi menggelinding tanpa slip) sehingga diperoleh

$$v_f = \frac{5}{7}v_0$$

(Tidak bergantung pada μ , M , dan g)

Jawaban: B

37. Gaya-gaya pada yoyo:



Karena adanya gaya F ke kanan, akan muncul gaya gesek f , yang arahnya ke kiri.

Persamaan gerak lurus yoyo:

$$F - f = ma$$

Persamaan gerak rotasi yoyo:

$$fR - Fr = \frac{1}{2}mR^2\alpha$$

Syarat menggelinding tanpa slip:

$$a = \alpha R$$

Dengan menggunakan ketiga persamaan ini, didapat

$$a = \frac{2F}{3m} \left(1 - \frac{r}{R} \right)$$

Dengan memasukkan hasil ini ke persamaan pertama, didapat

$$F = \frac{3fR}{R + 2r}$$

Syarat agar yoyo bisa menggelinding tanpa slip adalah $f \leq \mu mg$ sehingga didapat

$$F \leq \frac{3\mu mgR}{R + 2r}$$

Masukkan nilai

$$R = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m},$$

$$r = 1,5 \text{ cm} = 0,015 \text{ m},$$

$$\mu = 0,4, m = 80 \text{ gram} = 0,08 \text{ kg}$$

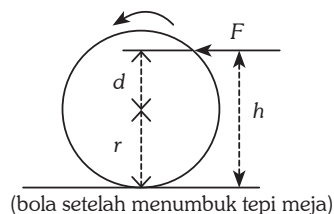
ke persamaan:

$$F \leq \frac{3\mu mgR}{R + 2r} = \frac{3(0,4)(0,08)(10)(0,05)}{(0,05) + 2(0,015)} = \frac{0,048}{0,08} = 0,6 \text{ N}$$

Jawaban: C

38. Bola setelah menumbuk meja.

Dengan pendekatan torsi, ada gaya yang bekerja hingga bola menggelinding balik ke kiri.



Gaya F bekerja pada jarak d dari pusat bola, dengan $h = d + r$ atau $d = h - r$. Gaya F diambil dari gaya impuls, adanya perubahan kecepatan bola dari $v_1 = u$, menjadi $v_2 = v$.

$$F\Delta t = m(v_2 - v_1)$$

$$F\Delta t = m\Delta v$$

$$F = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$$

Bola menggelinding tanpa slip sehingga berlaku

$$\sum \tau = I\alpha$$

$$Fd = \frac{2}{5}mr^2\alpha$$

$$\frac{m\Delta v}{\Delta t}(h-r) = \frac{2}{5}mr^2 \frac{a}{r}$$

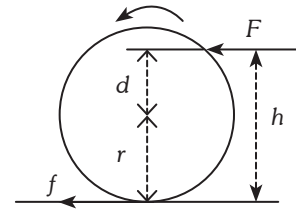
$$\frac{m\Delta v}{\Delta t}(h-r) = \frac{2}{5}mr^2 \frac{\Delta v}{r\Delta t}$$

$$(h-r) = \frac{2}{5}r$$

$$h = \frac{2}{5}r + r$$

$$h = \frac{2}{5}r + \frac{5}{5}r = \frac{7}{5}r$$

Jika dihitung dengan melibatkan gaya gesek f di dasar bola, akan didapatkan hasil yang sama.



bola setelah menumbuk tepi meja

Dari $\Sigma F = ma$

$$\Sigma F_x = ma$$

$$F + f = ma$$

$$f = ma - F$$

Dari $\Sigma \tau = I\alpha$ diperoleh

$$F(h-r) - fr = \frac{2}{5}mr^2 \frac{a}{r}$$

$$Fh - Fr - fr = \frac{2}{5}mra$$

$$Fh - Fr - (ma - F)r = \frac{2}{5}mra$$

$$Fh - Fr - mra + Fr = \frac{2}{5}mra$$

$$Fh = \frac{2}{5}mra + mra$$

$$Fh = \frac{7}{5}mra$$

Karena, $F = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$, maka

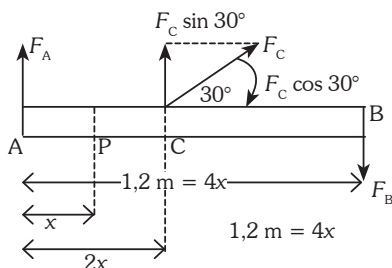
$$\left(\frac{m\Delta v}{\Delta t}\right)h = \frac{7}{5}mr\left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)$$

$$h = \frac{7}{5}r$$

Jawaban: C

B. Esai

1.



$$\ell_{AB} = 4x = 1,2$$

$$x = 0,3 \text{ m}$$

$$\ell_{AP} = x = 0,3 \text{ m}$$

$$\ell_{AC} = 2x = 2(0,3) = 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \tau_P &= -F_{AP}\ell_{AP} + F_C \sin 30^\circ \ell_{PC} - F_B \ell_{AB} \\ &= -10(0,3) + 10(0,5)(0,3) - 10(0,3) \\ &= -3 + 1,5 - 3 = -4,5 \text{ N m} \end{aligned}$$

2. Diketahui $F = 10.000$ dan $\ell_k = 3$ m

$$F\ell_k = w\ell_B$$

untuk $w = 6.000$ N,

$$\bullet \quad 10.000 (3) = 6.000 \ell_B$$

$$\ell_B = \frac{30.000}{6.000} = 5 \text{ m}$$

Beban 6.000 N diletakkan di titik A.

• untuk $w = 3.000$ N,

$$10.000 (3) = 3.000 \ell_B$$

$$\ell_B = \frac{30.000}{3.000} = 10 \text{ m}$$

Beban 3.000 N diletakkan di titik B.

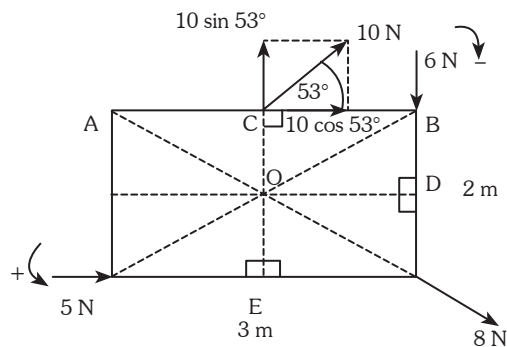
• untuk $w = 2.000$ N,

$$10.000 (3) = 2.000 \ell_B$$

$$\ell_B = \frac{30.000}{2.000} = 15 \text{ m}$$

Beban 2.000 N diletakkan di titik C.

3. Poros di O



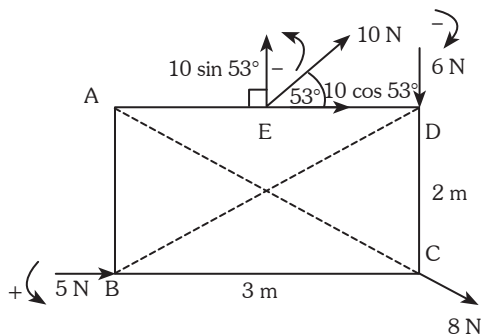
Lengan momen dan momen setiap gaya:

F (N)	l (m)	$\tau = lF$ (m N)	Arah τ
5	$OE = \frac{1}{2} \times 2 = 1$	$1 \times 5 = 5$	berlawanan arah jarum jam
6	$OD = \frac{1}{2}(3) = 1,5$	$-1,5 \times 6 = -9$	searah jarum jam
8	0	0	–
$10 \sin 53^\circ$	0	0	–
$10 \cos 53^\circ$	$OC = \frac{1}{2}(2) = 1$	$-1 \times 10 \cos 53^\circ = -6$	searah jarum jam

Torsi total adalah

$$\Sigma \tau = 5 - 9 - 6 = -10 \text{ N m (searah jarum jam).}$$

4. Poros di A



Lengan momen dan momen setiap gaya:

F (N)	l (m)	$\tau = lF$ (m N)	Arah τ
5	$AB = 2$	$2 \times 5 = 10$	berlawanan arah jarum jam
$10 \sin 53^\circ$	$AE = \frac{1}{2}(3) = 1,5$	$1,5 \times 10 \sin 53^\circ = 12$	searah jarum jam
$10 \cos 53^\circ$	0	0	–
6	$AD = 3$	$-3 \times 6 = -18$	searah jarum jam

Torsi total adalah

$$\Sigma \tau = 10 + 12 - 18 = 4 \text{ N m berlawanan arah jarum jam}$$

5. Misalkan massa tiap pernak-pernik, yaitu ikan hias laut adalah m_1 , massa bintang laut m_2 , dan massa kerang m_3 .

- a. keseimbangan rotasi batang terendah

$$\Sigma \tau = 0$$

$$12g(3) = m_1g(4)$$

$$m_1 = \frac{12 \cdot 3}{4} = 9 \text{ g}$$

- b. keseimbangan rotasi batang tengah

$$\Sigma \tau = 0$$

$$m_2g(2) = (12 + 9)g(5)$$

$$m_2 = \frac{105}{2} = 52,5 \text{ g}$$

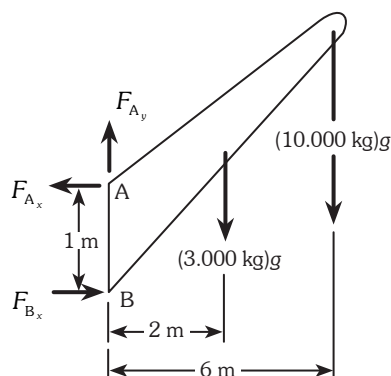
- c. keseimbangan rotasi batang atas

$$\Sigma \tau = 0$$

$$(52,5 + 12 + 9)g(4) = m_3(6)$$

$$m_3 = \frac{294}{6} = 49 \text{ g}$$

6. Berikut ini diagram gaya pada crane.



Terdapat tiga persamaan yang diperoleh, yaitu

$$\Sigma F_x = F_{Bx} - F_{Ax} = 0,$$

$$F_{Ay} - (3.000 + 10.000)g = 0,$$

dan

$$\Sigma \tau_A = -(3.000g)(2) - (10.000g)(6) + F_{Bx}(1) = 0.$$

Persamaan tersebut digabungkan sehingga diperoleh

$$F_{A_x} = F_{B_x} = 6,47 \times 10^5 \text{ N}$$

$$F_{A_y} = 1,27 \times 10^5 \text{ N}$$

7. Pilih pusat rotasi di titik R, dengan

$$\sum \tau_R = 0$$

$$-\frac{L}{2}(350) + (T \sin 12^\circ) \left(\frac{2L}{3} \right) - (200)L = 0$$

Diperoleh $T = 2,71 \text{ kN}$.

Misalkan R_x = gaya tekan di sepanjang tulang belakang. Dari $\sum F_x = 0$ diperoleh

$$R_x = T_x = T \cos 12^\circ = 2,65 \text{ kN}$$

8. Untuk menghitung momen inersia terhadap sumbu-Y, hitung momen inersia yang dihasilkan setiap massa terhadap sumbu-Y kemudian jumlahkan seluruhnya.

Momen inersia massa m_1 :

$$I_1 = (4)(2)^2 = 16 \text{ kg m}^2$$

Momen inersia massa m_2 :

$$I_2 = (4)(1)^2 = 4 \text{ kg m}^2$$

Momen inersia massa m_3 :

$$I_3 = (2)(2)^2 = 8 \text{ kg m}^2$$

Momen inersia massa m_4 :

$$I_4 = (2)(4)^2 = 32 \text{ kg m}^2$$

Jadi, momen inersia total sistem adalah

$$I = 16 + 4 + 8 + 32 = 60 \text{ kg m}^2$$

9. Melalui pusat O

Jarak partikel A dan B terhadap poros O adalah $r_A = r_B = 0,5 \text{ m}$.

Momen inersia terhadap poros O adalah:

$$\begin{aligned} I &= \sum mr^2 = m_A r_A^2 + m_B r_B^2 \\ &= (5)(0,5)^2 + (5)(0,5)^2 \\ &= 2,5 \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

10. Momen inersia sistem terhadap sumbu-Y adalah

$$I = Ma^2 + Ma^2$$

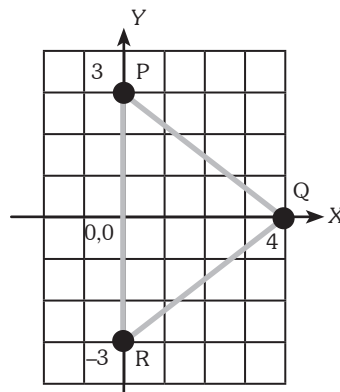
$$I = 2Ma^2$$

11. Berputar pada bidang X-Y terhadap poros melalui titik O (sumbu-Z)

$$I = Ma^2 + Ma^2 + Mb^2 + Mb^2$$

$$I = 2(Ma^2 + Mb^2)$$

12. Supaya mudah, mari kita gambarkan letak benda-benda tersebut.



Persamaan umum momen inersia adalah $I = mR^2$. Poros rotasi adalah titik pangkal (0, 0) tegak lurus bidang X-Y.

Momen inersia benda P:

$$I_P = m_P R_P^2 = (1)(3)^2 = 9 \text{ kg m}^2$$

Momen inersia benda Q:

$$I_Q = m_Q R_Q^2 = (2)(4)^2 = 32 \text{ kg m}^2$$

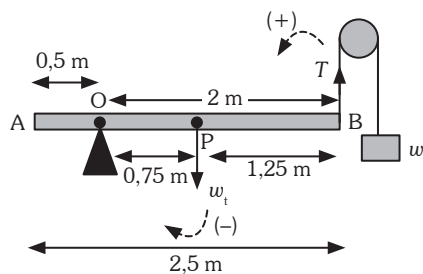
Momen inersia benda R:

$$I_R = m_R R_R^2 = (3)(3)^2 = 27 \text{ kg m}^2$$

Momen inersia sistem:

$$\begin{aligned} I &= I_P + I_Q + I_R = 9 + 32 + 27 \\ &= 68 \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

- 13.



Panjang batang AB

$$l_{AB} = l_{AO} + l_{OB} = 0,5 + 2 = 2,5 \text{ m}$$

Berat batang $w_t = 100 \text{ N}$

Berat batang terletak di titik pusat batang, yaitu pada titik P sehingga

$$l_{AP} = l_{PB} = \frac{1}{2} l_{AB} = \frac{1}{2} (2,5) = 1,25 \text{ m}$$

Perhatikan gambar diatas, terdapat dua gaya yang bekerja pada batang AB, yaitu tegangan tali T dan w_t , dengan poros berada di titik O.

$$l_{OB} = 2 \text{ m}$$

$$l_{OP} = l_{OB} - l_{PB} = 2 - 1,25 = 0,75 \text{ m}$$

Sistem dalam keadaan seimbang ($\sum \tau = 0$)

Ingat: Searah jarum jam (-) dan berlawanan arah jarum jam (+), maka:

$$\sum \tau = 0$$

$$\tau_1 + \tau_2 = 0$$

$$T \cdot l_{OB} - w_t \cdot l_{OP} = 0$$

$$-T \cdot 2 + 100 \cdot 0,75 = 0$$

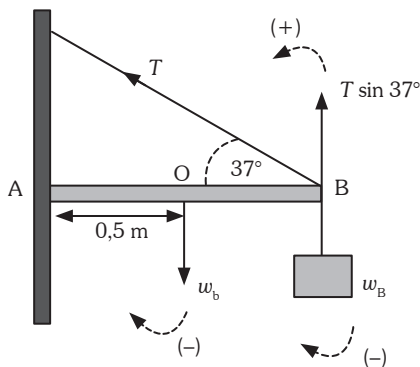
$$-2T + 75 = 0$$

$$2T = 75$$

$$T = 37,5 \text{ N}$$

Karena massa katrol diabaikan, maka $w = T$ sehingga $w = 37,5 \text{ N}$.

14. Diagram gaya:



Berat beban (w_B) = 20 N

$$l_{AB} = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

Berat batang (w_b) = 10 N

$$l_{AO} = \frac{1}{2} l_{AB} = \frac{1}{2} (0,4) = 0,2 \text{ m}$$

$$\alpha = 37^\circ$$

$$\sum \tau_A = 0$$

$$\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = 0$$

$$T \cdot \sin 37^\circ \cdot l_{AB} - w_b \cdot l_{AO} - w_B \cdot l_{AB} = 0$$

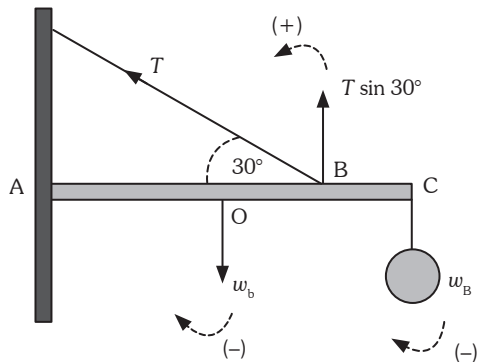
$$T(0,6)(0,4) - 10(0,2) - 20(0,4) = 0$$

$$0,24T - 2 - 8 = 0$$

$$0,24T = 10$$

$$T = 41,7 \text{ N}$$

15. Terdapat tiga gaya yang bekerja pada batang AC, yaitu tegangan tali T , berat batang, dan berat beban, dengan poros berada di titik A.



Massa beban (m_B) = 20 kg

$$\begin{aligned} \text{Berat beban } (w_B) &= m_B g \\ &= 20(10) = 200 \text{ N} \end{aligned}$$

Jarak beban terhadap poros: $l_{AC} = 4 \text{ m}$

Massa batang (m_b) = 50 kg

$$\begin{aligned} \text{Berat batang } (w_b) &= m_b g \\ &= 50(10) = 500 \text{ N} \end{aligned}$$

Titik berat batang berada di titik O

$$\text{sehingga } l_{AO} = \frac{1}{2} l_{AC} = \frac{1}{2} (4) = 2 \text{ m}$$

Tali T dikaitkan pada titik B sehingga

$$l_{AB} = l_{AC} - l_{BC} = 4 - 1 = 3 \text{ m}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\sum \tau = 0$$

$$\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = 0$$

$$T \cdot \sin 30^\circ \cdot l_{AB} - w_b \cdot l_{AO} - w_p \cdot l_{AC} = 0$$

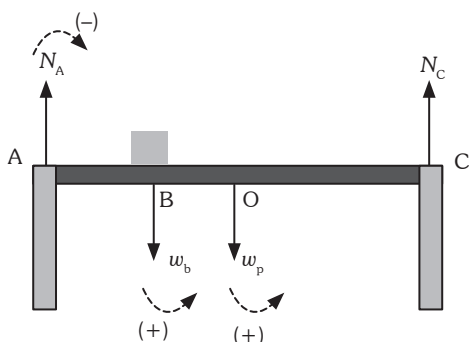
$$T \cdot \left(\frac{1}{2}\right)(3) - 500(2) - 200(4) = 0$$

$$T \cdot \left(\frac{3}{2}\right) - 1.000 - 800 = 0$$

$$T \cdot \left(\frac{3}{2}\right) = 1.800$$

$$T = 1.800 \times \left(\frac{2}{3}\right) = 1.200 \text{ N}$$

16. Gaya-gaya yang bekerja pada papan:



Terdapat empat gaya yang bekerja pada sistem, yaitu N_A , w_b , w_p , dan N_C . Karena yang ditanyakan gaya normal pada kaki A (N_A), maka poros berada di titik C.

Panjang papan $l_{AC} = 5 \text{ m}$

Massa balok $m_b = 5 \text{ kg}$

Berat balok $w_b = m_b g = 5(10) = 50 \text{ N}$

Jarak balok terhadap poros (titik C)

$$l_{BC} = l_{AC} - l_{AB} = 5 - 1 = 4 \text{ m}$$

Massa papan $m_p = 10 \text{ kg}$

Berat papan $w_p = m_p g = 10(10) = 100 \text{ N}$

Titik berat papan berada di titik O

sehingga $l_{OC} = \frac{1}{2}l_{AC} = \frac{1}{2}(5) = 2,5 \text{ m}$

$$\sum \tau_c = 0$$

$$\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = 0$$

$$-N_A \cdot l_{AC} + w_b \cdot l_{BC} + w_p \cdot l_{OC} = 0$$

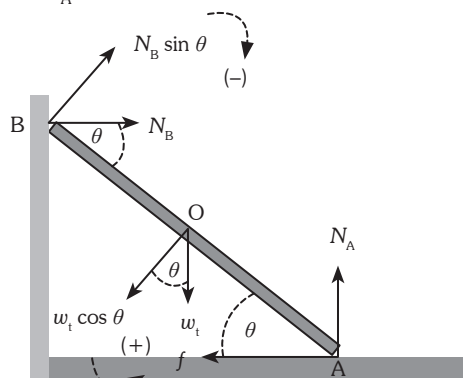
$$-N_A(5) + 50(4) + 100(2,5) = 0$$

$$-5N_A + 200 + 250 = 0$$

$$-5N_A = -450$$

$$N_A = \frac{450}{5} = 90 \text{ N}$$

17. Terdapat empat gaya, yaitu N_B , w_t , N_A , dan f .



Panjang papan: $l_{AB} = 10 \text{ m}$

Berat tangga $w_t = 400 \text{ N}$

Titik berat tangga berada di titik O sehingga

$$l_{OB} = l_{OA}$$

$$= \frac{1}{2}l_{AB} = \frac{1}{2}(10) = 5 \text{ m}$$

$$\theta = 53^\circ$$

Jumlah gaya pada sumbu-Y (vertikal) sama dengan nol.

$$\sum F_y = 0$$

$$N_A - w_t = 0$$

$$N_A = w_t$$

$$N_A = 400 \text{ N}$$

Jumlah gaya pada sumbu-X (horizontal) sama dengan nol.

$$\sum F_x = 0$$

$$N_B - f = 0$$

$$N_B = f$$

$$N_B = \mu N_A$$

$$\mu = \frac{N_B}{400} \quad \dots(1)$$

Jumlah torsi di A harus nol (karena yang ditanyakan koefisien gesekan). Pilih titik A sebagai poros. Perhatikan soal tentang torsi, gaya yang menyebabkan benda berputar haruslah tegak lurus dengan lengannya. Maka dari itu, N_B dan w_t perlu diuraikan menjadi komponen yang tegak lurus dengan papan, yaitu $N_B \sin \theta$ dan $w_t \cos \theta$.

$$\sum \tau_A = 0$$

$$\tau_1 + \tau_2 = 0$$

$$w_t \cos 53^\circ \cdot l_{OA} - N_B \sin 53^\circ \cdot l_{AB} = 0$$

$$400(0,6)(5) - N_B(0,8)(10) = 0$$

$$1.200 - N_B(8) = 0$$

$$8N_B = 1.200$$

$$N_B = \frac{1.200}{8} = 150 \text{ N}$$

Substitusikan nilai N_B pada persamaan (1) sehingga diperoleh:

$$\mu = \frac{N_B}{N_A} = \frac{150}{400} = 0,375$$

Jadi, koefisien gesekan antara tangga dan lantai sebesar 0,375.

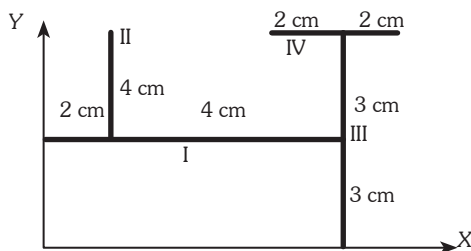
18. Diketahui:

$$L_1 = 6 \text{ cm} \rightarrow x_1 = 3 \text{ cm dan } y_1 = 3 \text{ cm}$$

$$L_2 = 4 \text{ cm} \rightarrow x_2 = 2 \text{ cm dan } y_2 = 5 \text{ cm}$$

$$L_3 = 6 \text{ cm} \rightarrow x_3 = 6 \text{ cm dan } y_3 = 3 \text{ cm}$$

$$L_4 = 4 \text{ cm} \rightarrow x_4 = 6 \text{ cm dan } y_4 = 6 \text{ cm}$$



Kordinat titik berat benda

$$x_0 = \frac{\sum L_i x_i}{\sum L_i} = \frac{L_1 x_1 + L_2 x_2 + L_3 x_3 + L_4 x_4}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}$$

$$x_0 = \frac{6(3) + 4(2) + 6(6) + 4(6)}{6 + 4 + 6 + 4} = \frac{18 + 8 + 36 + 24}{20}$$

$$x_0 = \frac{86}{20} = 4,3 \text{ cm}$$

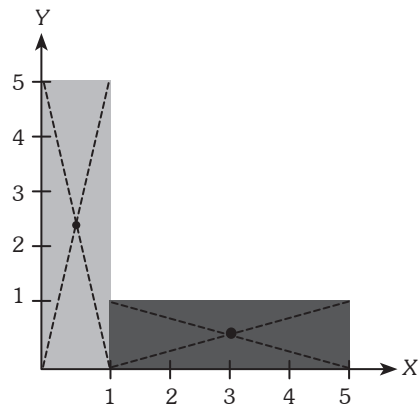
$$y_0 = \frac{\sum L_i y_i}{\sum L_i} = \frac{L_1 y_1 + L_2 y_2 + L_3 y_3 + L_4 y_4}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}$$

$$y_0 = \frac{(6)(3) + (4)(5) + (6)(3) + (4)(6)}{6 + 4 + 6 + 4} = \frac{18 + 20 + 18 + 24}{20}$$

$$y_0 = \frac{80}{20} = 4 \text{ cm}$$

Jadi, koordinat titik berat benda (4,3; 4).

19. Gambar tersebut dapat kita bagi menjadi 2 bagian, yaitu persegi panjang I dan persegi panjang II. Ingat, titik berat persegi panjang terletak pada perpotongan diagonal-diagonalnya.



Persegi panjang I:

$$x_1 = 0,5$$

$$y_1 = 2,5$$

$$A_1 = 1 \times 5 = 5$$

Persegi panjang II:

$$x_2 = 1 + 2 = 3$$

$$y_2 = 0,5$$

$$A_2 = 1 \times 4 = 4$$

Dengan demikian,

$$x_0 = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2}{A_1 + A_2}$$

$$x_0 = \frac{(0,5)(5) + (3)(4)}{5 + 4}$$

$$x_0 = \frac{2,5 + 12}{9} = \frac{14,5}{9} = 1,6$$

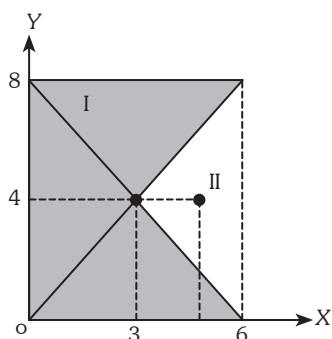
$$y_0 = \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2}{A_1 + A_2}$$

$$y_0 = \frac{(2,5)(5) + (0,5)(4)}{5 + 4}$$

$$y_0 = \frac{12,5 + 2}{9} = \frac{14,5}{9} = 1,6$$

Jadi, koordinat titik berat potongan karton adalah (1,6; 1,6)

20.



Bidang dibagi atas 2 bagian, yaitu persegi panjang yang dianggap utuh tidak berlubang dan lubang berbentuk segitiga (bidang yang tidak diraster).

Bidang I (persegi panjang)

$$A_1 = 8 \times 6 = 48$$

$$x_1 = 3$$

$$y_1 = 4$$

Bidang II (segitiga)

$$A_2 = \frac{1}{2} (8 \times 3) = 12$$

$$x_2 = 6 - \left(\frac{1}{3} \times \text{tinggi segitiga} \right)$$

$$= 6 - \left(\frac{3}{3} \right) = 5$$

$$y_2 = 4$$

Dengan demikian,

$$x_0 = \frac{x_1 A_1 - x_2 A_2}{A_1 - A_2}$$

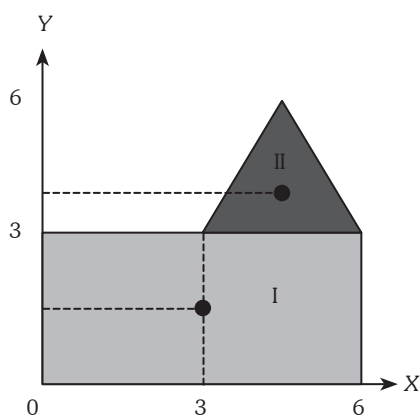
$$x_0 = \frac{(3)(48) - (5)(12)}{48 - 12} = \frac{84}{36} = \frac{7}{3}$$

$$y_0 = \frac{y_1 A_1 - y_2 A_2}{A_1 - A_2}$$

$$y_0 = \frac{(4)(48) - (4)(12)}{48 - 12} = \frac{144}{36} = 4$$

Jadi, koordinat titik berat bidang yang diarsir adalah $\left(\frac{7}{3}, 4 \right)$.

21.



Diukur terhadap sumbu-X, artinya yang dicari adalah y_0 .

Bangun I (persegi panjang)

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

$$y_1 = 1,5$$

Bangun II (segitiga)

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

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

$$= 3 + 1 = 4$$

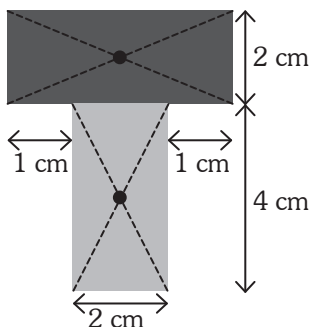
sehingga:

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

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

$$= 2 \text{ satuan}$$

22. Titik berat bangun terhadap alas, artinya y_0 .



Bidang I (Persegi panjang bawah)

$$A_1 = 2 \times 4 = 8 \text{ cm}^2$$

$$y_1 = 2 \text{ cm}$$

Bidang II (Persegi panjang atas)

$$A_2 = 2 \times 4 = 8 \text{ cm}^2$$

$$y_2 = 4 + 1 = 5 \text{ cm}$$

sehingga:

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

$$y_0 = \frac{(2)(8) + (5)(8)}{8 + 8} = \frac{56}{16} = 3,5 \text{ cm}$$

23. Bangun I (tabung pejal)

$$V_1 = \pi r^2 t = \pi(3^2)(10) = 90\pi$$

$$y_1 = 5$$

Bangun II (kerucut)

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi r^2 t = \frac{1}{3} \pi(3^2)(12) = 36\pi$$

$$y_2 = 10 + \left(\frac{1}{4} \times \text{tinggi kerucut}\right) = 10 + 3 = 13$$

sehingga:

$$y_0 = \frac{y_1 V_1 + y_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

$$y_0 = \frac{(5)(90\pi) + (13)(36\pi)}{90\pi + 36\pi} = \frac{918\pi}{126\pi} = 7,3 \text{ cm}$$

24. Bangun I (tabung pejal)

$$V_1 = \pi r^2 t = \pi(4^2)(10) = 160\pi$$

$$y_1 = 5$$

Bangun I (setengah bola pejal)

$$V_2 = \frac{1}{2} \text{ volume bola} = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \pi(4)^3 = 42,7\pi$$

$$y_2 = 10 + \frac{3}{2} R = 10 + \frac{3}{8} (4)$$

$$= 10 + 1,5 = 11,5$$

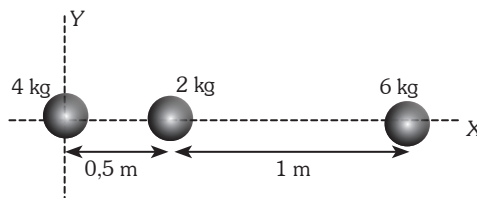
sehingga:

$$y_0 = \frac{y_1 V_1 + y_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

$$y_0 = \frac{(5)(160\pi) + (11,5)(42,7\pi)}{160\pi + 42,7\pi}$$

$$= \frac{1.291,05\pi}{202,7\pi} = 6,4 \text{ cm}$$

- 25.



Titik berat sistem (x_0) dapat ditentukan dengan menetapkan pangkal koordinat, misal benda bermassa $m = 4 \text{ kg}$ (pada keadaan ini poros benda 4 kg ditetapkan memiliki $x = 0$).

$$x_0 = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$x_0 = \frac{(4,00)(0) + (2,00)(0,5) + (6,00)(1,5)}{4,00 + 2,00 + 6,00}$$

$$= \frac{1 + 9}{12} = \frac{10}{12} = \frac{5}{6} \text{ m}$$

26. Misalkan berat beban adalah w

Berat yang dipikul Rasyid adalah w_R

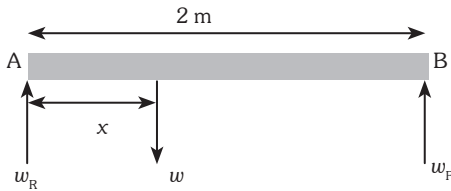
Berat yang dipikul Faiz adalah

$$w_F = w - w_R$$

Karena w_F lebih berat 50% daripada

w_R , maka

$$w_F = 0,5w_R + w_R = w_R(1 + 0,5) = 1,5w_R$$



Dengan menggunakan persamaan kesetimbangan statis,

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

$$\sum F_A = 0 \text{ (titik A sebagai poros)}$$

$$w_R(0) - w(x) + w_F(2) = 0$$

$$2w_F = w(x)$$

dengan

$$w = w_R + w_F = w_R + 1,5w_R = w_R(1,5 + 1)$$

maka

$$2(1,5w_R) = 2,5w_R x$$

$$3w_R = 2,5w_R x$$

$$x = 1,2 \text{ m dari Rasyid}$$

27. Karena $m_1 > m_2$, maka gerakan piringan katrol berlawanan arah jarum jam.

$$(T_1 - T_2)r = \frac{1}{2}m_3r^2a$$

$$T_1 - T_2 = \frac{1}{2}m_3a \quad \dots(1)$$

$$m_1g - T_1 = m_1a \quad \dots(2)$$

$$T_2 - m_2g = m_2a \quad \dots(3)$$

Jumlahkan persamaan (2) dan (3).

$$T_1 - T_2 = g(m_1 - m_2) - a(m_1 + m_2) \quad \dots(4)$$

Substitusi persamaan (1) ke (4).

$$\frac{1}{2}m_3a = g(m_1 - m_2) - a(m_1 + m_2)$$

$$a\left(m_1 + m_2 + \frac{1}{2}m_3\right) = g(m_1 - m_2)$$

$$a = g \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + \frac{m_3}{2}}$$

$$28. (T_1 - T_2)r = \frac{1}{2}m_3r^2a = 0$$

$$T_1 = T_2 \equiv T \quad \dots(1)$$

$$F + m_1g - T_1 = m_1a = 0 \quad \dots(2)$$

$$T_2 - m_2g = m_2a = 0 \quad \dots(3)$$

Jumlahkan persamaan (2) dan (3).

$$g(m_1 - m_2) + F = 0$$

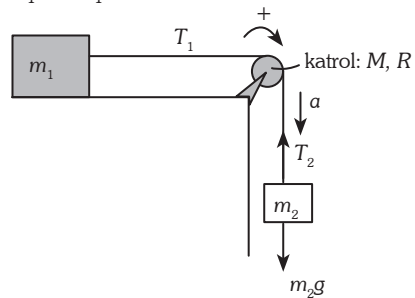
$$F = g(m_2 - m_1)$$

29. Katrol dianggap licin ($\alpha = 0$)

Massa 1 (m_1)

Hukum II Newton:

$$T_1 = m_1a$$



a. Gaya pada katrol.

Katrol berotasi searah jarum jam sehingga gaya T_1 menghasilkan momen gaya searah jarum jam dan gaya T_2 berlawanan arah jarum jam. Hukum II Newton:

$$\sum \tau = I\alpha = 0 \quad (\alpha = 0)$$

$$T_1R - T_2R = 0 \Rightarrow T_1 = T_2 = T$$

Gaya pada m_2 .

Hukum II Newton untuk gerak translasi pada m_2 , m_1 adalah

$$\sum F = m_2 a$$

$$-T_2 + m_2 g = m_2 a \quad \dots (*) \text{ dan}$$

$$T_1 = m_1 a \quad \dots (**)$$

Substitusikan (**) ke (*)

sehingga diperoleh

$$-m_1 a + m_2 g = m_2 a$$

$$m_2 g = m_2 a + m_1 a = a(m_2 + m_1)$$

$$a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2}$$

- b. Jika katrol ikut berputar bersama tali ($\alpha \neq 0$)

Hukum II Newton untuk gerak rotasi katrol adalah

$$(T_2 - T_1)R = I \frac{a}{R}$$

Substitusikan persamaan (*) dan (**) sehingga diperoleh

$$m_2 g - m_2 a - m_1 a = I \frac{a}{R^2}$$

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

$$a = \frac{m_2 g}{m_2 + m_1 + \frac{I}{R^2}}$$

Jika katrol dianggap sebagai

silinder pejal, maka $I = \frac{1}{2} MR^2$

sehingga percepatan sistem menjadi

$$a = \frac{m_2 g}{m_2 + m_1 + \frac{1}{2} \frac{MR^2}{R^2}}$$

$$a = \frac{m_2 g}{m_2 + m_1 + \frac{1}{2} M}$$

A. Pilihan Ganda

1. $A = 100 \text{ m}^2$

$F = 150 \text{ N}$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{150}{100} = 1,5 \text{ N/m}^2$$

Jawaban: D

2. $A = 2,4 \text{ mm}^2 = 2,4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$m = 10 \text{ kg} \Rightarrow F = mg = 98 \text{ N}$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{98}{2,4 \times 10^{-6}}$$

$$\sigma = 4,08 \times 10^7$$

Jawaban: A

3. $L_0 = 25 \text{ cm}$

$\Delta L = 5 \text{ cm}$

$m = 20 \text{ g} = 0,02 \text{ kg}$

$F = w = mg = 0,02(10) = 0,2 \text{ N}$

$A = 100 \text{ cm}^2 = 0,01 \text{ m}^2$

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{\left(\frac{F}{A}\right)}{\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)} = \frac{\left(\frac{0,2 \text{ N}}{0,01 \text{ m}^2}\right)}{\left(\frac{5 \text{ cm}}{25 \text{ cm}}\right)}$$

$$= 100 \text{ N/m}^2$$

Jawaban: A

4. $F = 100 \text{ N}$

$L_0 = 140 \text{ cm} = 1,4 \text{ m}$

$A = 2 \text{ mm}^2 = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

$\Delta L = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$

Modulus elastisitas atau modulus

Young:

$$E = \frac{FL_0}{A\Delta L}$$

$$= \frac{100 \times 1,4}{2 \times 10^{-6} \times 10^{-3}}$$

$$= 70 \times 10^9 = 7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$

Jawaban: C

5. $\frac{A_A}{A_B} = \frac{1}{2}$

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{2}{3}$$

$$L_A = l_0$$

$$F_A = w$$

$$\Delta L_A = x$$

$$F_B = 2w$$

$$\Delta L_B = 2x$$

Modulus Young dinyatakan sebagai

$$E = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L}} \text{ atau } E = \frac{F}{A} \times \frac{L}{\Delta L}$$

Berdasarkan rumus di atas diperoleh perbandingan:

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{F_A}{F_B} \times \frac{A_B}{A_A} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{\Delta L_B}{\Delta L_A}$$

$$\frac{2}{3} = \frac{w}{2w} \times \frac{2}{1} \times \frac{l_0}{L_B} \times \frac{2x}{x}$$

$$\frac{2}{3} = 2 \times \frac{l_0}{L_B}$$

$$L_B = 3l_0$$

Jadi, panjang kawat B adalah $3l_0$.

Jawaban: B

6. $r = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$

$F = 300 \text{ N}$

$L_0 = 100 \text{ m}$

$L = 100,11 \text{ m}$

Tegangan kawat tembaga:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi r^2}$$

$$= \frac{300}{3,14(10^{-3})^2}$$

$$= 9,55 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

Regangan kawat tembaga:

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

$$= \frac{100,11 - 100}{100}$$

$$= 0,11 \times 10^{-2}$$

Modulus elastik kawat tembaga:

$$E = \frac{\sigma}{e}$$

$$= \frac{9,55 \times 10^7}{0,11 \times 10^{-2}}$$

$$= 8,68 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$

Jawaban: C

7. Modulus Young dapat ditentukan melalui grafik pada daerah elastik.

$$E = \frac{\sigma}{e}$$

$$= \frac{16 \times 10^6}{8 \times 10^{-4}}$$

$$= 2,0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$

Jawaban: D

8. Modulus elastisitas bahan:

$$E = \frac{FL_0}{A\Delta L}$$

Kawat terbuat dari bahan yang sama sehingga modulus elastisitasnya sama. Besaran yang berbeda antara kedua kawat tersebut adalah panjang awalnya (L_0) sehingga dapat dibuat perbandingan sebagai berikut.

$$\Delta L \propto L_0$$

$$\frac{\Delta L_2}{\Delta L_1} = \frac{L_{02}}{L_{01}}$$

$$\Delta L_2 = \frac{L}{2L} \times l = \frac{l}{2}$$

Jawaban: D

9. Modulus elastisitas bahan:

$$E = \frac{FL_0}{A\Delta L} = \frac{FL_0}{\frac{1}{4}\pi d^2 \Delta L}$$

Kawat terbuat dari bahan yang sama sehingga modulus elastisitasnya sama. Besaran yang berbeda antara keempat kawat tersebut adalah panjang awal (L_0) dan diameter (d) sehingga dapat dibuat kesebandingan sebagai berikut.

$$\Delta L \propto \frac{L_0}{d^2}$$

$$\Delta L_1 \propto \frac{50}{0,5^2} = 200$$

$$\Delta L_2 \propto \frac{100}{1^2} = 100$$

$$\Delta L_3 \propto \frac{200}{2^2} = 50$$

$$\Delta L_4 \propto \frac{300}{3^2} = 33,33$$

Kawat yang mengalami pertambahan panjang paling besar adalah kawat dengan nilai perbandingan terbesar, yaitu kawat (1).

Jawaban: A

10. Gaya yang dibutuhkan agar baja tidak bertambah panjang:

$$E = \frac{FL_0}{A\Delta L}$$

$$F = \frac{AE\Delta L}{L_0} = \frac{AEI}{L}$$

Jawaban: B

11. $\sigma = 20 \times 10^7$
 $e = 4 \times 10^{-4}$

$$E = \frac{\sigma}{e}$$

$$= \frac{20 \times 10^7}{(4 \times 10^{-4})}$$

$$E = 5 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

Jawaban: A

12. $l_x = 1 \text{ m}$

$$l_y = 2 \text{ m} = 2l_x$$

$$\Delta l_x = 0,5 \text{ mm}$$

$$\Delta l_y = 1 \text{ mm} = 2\Delta l_x$$

$$d_y = 2d_x$$

$$E_x : E_y = ?$$

$$E_x : E_y$$

$$\frac{Fl_x}{A_x \Delta l_x} : \frac{Fl_y}{A_y \Delta l_y}$$

$$\frac{Fl_x}{\pi \frac{1}{4} d_x^2 \Delta l_x} : \frac{Fl_y}{\pi \frac{1}{4} d_y^2 \Delta l_y}$$

$$\frac{l_x}{d_x^2 \Delta l_x} : \frac{l_y}{d_y^2 \Delta l_y}$$

$$\frac{l_x}{d_x^2 \Delta l_x} : \frac{2l_x}{(2d_x)^2 2\Delta l_x}$$

$$\frac{1}{d_x^2} : \frac{2}{4d_x^2 2}$$

$$\frac{1}{1} : \frac{1}{4}$$

$$E_x : E_y = 4 : 1$$

Jawaban: E

13. $m = 500 \text{ kg}$

$$F = mg = 5.000 \text{ N} = 5 \times 10^3 \text{ N}$$

$$L = 3 \text{ m} = 3 \times 10^2 \text{ cm}$$

$$A = 0,15 \text{ cm}^2 = 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$E = 2,0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$E = \frac{FL}{A\Delta L} \Rightarrow \Delta L = \frac{FL}{EA}$$

$$\Delta L = \frac{5 \times 10^3 (3)}{2 \times 10^{11} (1,5 \times 10^{-5})}$$

$$= \frac{15 \times 10^3}{3 \times 10^6} = 5 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,5 \text{ cm}$$

Jawaban: D

14. $d = 4 \text{ cm}$

$$m = 628 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Kita cari A terlebih dahulu.

$$A = \frac{1}{4} \pi (d)^2$$

$$= \frac{1}{4} (3,14)(4)^2$$

$$= (3,14)(4)$$

$$= 12,56 \text{ cm}^2$$

$$= 12,56 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F = mg = 628(9,8) = 6.154,4 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{6.154,4}{12,56 \times 10^{-4}}$$

$$= 490 \times 10^4$$

$$= 4,9 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Jawaban: C

15. $A = 4 \text{ mm}^2 = 4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

$$F = 3,2 \text{ N}$$

$$L = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

$$\Delta L = 0,04 \text{ cm} = 4 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$E = \frac{FL}{A\Delta L}$$

$$E = \frac{3,2(0,8)}{4 \times 10^{-6} (4 \times 10^{-4})}$$

$$= 0,8(0,2) \times 10^{10} = 1,6 \times 10^9 \text{ N m}^{-2}$$

Jawaban: D

16. Pada kawat 1:

$$\text{panjang} = L$$

$$\text{jari-jari} = r, A = \pi r^2$$

$$\text{ditarik oleh gaya} = F,$$

$$\Delta L = 2 \text{ cm}$$

Pada kawat 2:

$$\text{panjang} = \frac{1}{4} L$$

$$\text{jari-jari} = 2r, A = \pi(2r)^2$$

$$\text{ditarik oleh gaya} = 2F$$

Karena bahan kawat sama, maka modulus elastisitas sama.

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{F}{A} \times \frac{L}{\Delta L} = \frac{F}{A} \times \frac{L}{\Delta L}$$

$$\frac{F}{\pi r^2} \times \frac{L}{2} = \frac{2F}{\pi (2r)^2} \times \frac{1}{4} \frac{L}{\Delta L}$$

$$\frac{1}{1} \times \frac{L}{2} = \frac{2}{4} \times \frac{1}{4} \frac{L}{\Delta L}$$

$$\frac{L}{2} = \frac{L}{8\Delta L}$$

$$\Delta L = \frac{1}{4}$$

$$\Delta L = 0,25$$

Jadi, pertambahan panjang kawat adalah 0,25 cm.

Jawaban: B

17. $L = 4 \text{ m}$

$$d = 9 \text{ cm} = 0,09 \text{ m}$$

$$r = \frac{d}{2} = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ cm}$$

$$A = \pi r^2 = 3,14(4,5)^2 = 3,14(20,25)$$

$$= 63,585 \text{ cm}^2 = 63,585 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$m = 80.000 \text{ kg}$$

$$F = mg = 80.000 \times 10 = 8 \times 10^5 \text{ N}$$

$$E = 1,9 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$$

$$E = \frac{FL}{A\Delta L} \Rightarrow \Delta L = \frac{FL}{EA}$$

$$\Delta L = \frac{8 \times 10^5 (4)}{1,9 \times 10^{11} (63,585 \times 10^{-4})}$$

$$= \frac{32 \times 10^5}{120,8115 \times 10^7}$$

$$= 0,26 \times 10^{-2} \text{ m} = 2,6 \text{ mm}$$

Jawaban: C

18. $m = 8 \text{ kg}, F = 8(10) = 80 \text{ N}$

$$L = 75 \text{ cm} = 0,75 \text{ m}$$

$$d = 0,13 \text{ cm}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} (3,14)(0,13)^2 =$$

$$0,0132665 \text{ cm}^2 = 1,32665 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\Delta L = 0,035 \text{ cm} = 3,5 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$E = \frac{FL}{A\Delta L}$$

$$E = \frac{80(0,75)}{1,32665 \times 10^{-6} (3,5 \times 10^{-4})}$$

$$= \frac{60}{4,64 \times 10^{-10}}$$

$$= 12,9 \times 10^{10} = 1,29 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$$

Jawaban: B

19. $m = 225 \text{ kg}$

$$F = 225 \times 10 = 2.250 \text{ N}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

$$A = 0,5 \text{ cm}^2 = 0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Delta L = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$E = \frac{FL}{A\Delta L}$$

$$E = \frac{2.250(4)}{0,5 \times 10^{-4} (10^{-3})}$$

$$= \frac{9 \times 10^3}{0,5 \times 10^{-7}}$$

$$= 18 \times 10^{10} = 1,8 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$$

Jawaban: D

20. $A = 5 \text{ mm}^2 = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

$$e = 0,001 = 10^{-3}$$

$$E = 2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$F = AeE$$

$$= 5 \times 10^{-6} (10^{-3}) (2 \times 10^{11})$$

$$= 2 \times 5 \times 10^{-6 + (-3) + 11}$$

$$= 10 \times 10^2$$

$$= 10 \times 100$$

$$= 1.000 \text{ N}$$

Jawaban: B

21. $A = 15 \text{ mm}^2 = 15 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

$$e = 0,001 = 10^{-3}$$

$$E = 2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$F = AeE$$

$$= 15 \times 10^{-6} (10^{-3}) (2 \times 10^{11})$$

$$= 2 \times 15 \times 10^{-6 + (-3) + 11}$$

$$= 30 \times 10^2$$

$$= 30 \times 100$$

$$= 3.000 \text{ N}$$

Jawaban: D

22. $F = 42 \text{ N}$

$$G = 2\sqrt{3} \times 10^{-4} \text{ N/m}^2$$

$$A = 21,0 \text{ cm}^2 \\ = 21 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Modulus geser merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan.

$$G = \frac{\tau}{\varepsilon}$$

dengan:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \tan \theta$$

Dengan demikian, diperoleh:

$$G = \frac{F}{A \frac{\Delta x}{h}} = \frac{F}{A \tan \theta}$$

$$\tan \theta = \frac{F}{AG}$$

$$= \frac{42}{21 \times 10^{-4} \times 2\sqrt{3} \times 10^4}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{1}{3} \sqrt{3}$$

$$\theta = 30^\circ$$

Jadi, sudut geser tanah tersebut adalah 30° .

Jawaban: B

23. $k\Delta x = mg$

$$k(0,1) = 50(10)$$

$$k = 5.000 \text{ N/m}$$

Jawaban: A

24. Hitung satu per satu menggunakan rumus berikut.

$$F = k\Delta x$$

$$k = \frac{F}{\Delta x}$$

$$A. \quad k = \frac{50}{100} = 5 \text{ N/m}$$

$$B. \quad k = \frac{50}{0,1} = 500 \text{ N/m}$$

$$C. \quad k = \frac{5}{0,1} = 50 \text{ N/m}$$

$$D. \quad k = \frac{500}{0,1} = 5.000 \text{ N/m}$$

$$E. \quad k = \frac{500}{10} = 50 \text{ N/m}$$

Jawaban: D

25. $F = k\Delta x$

$$10 = k(0,05)$$

$$k = 200 \text{ N/m}$$

Untuk $F = 25 \text{ N}$ dengan $k = 200 \text{ N/m}$,

$$F = k\Delta x$$

$$25 = 200\Delta x$$

$$\Delta x = \frac{25}{200} \text{ m} = 12,5 \text{ cm}$$

Jawaban: E

26. $F = 4 \text{ N}$

$$\Delta x = 22 - 10 = 12 \text{ cm}$$

$$F' = 6 \text{ N}$$

Hukum Hooke

$$F = k\Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{F}{k}$$

Konstanta pegas tetap karena masih digunakan pegas yang sama.

$$\Delta x \propto F$$

$$\Delta x' = \frac{F'}{F} \times \Delta x$$

$$= \frac{6}{4} \times 12 = 18 \text{ cm}$$

$$x' = x_0 + \Delta x$$

$$= 10 + 18 = 28 \text{ cm}$$

Jawaban: A

27. Berdasarkan informasi pada grafik, diketahui bahwa panjang pegas mula-mula adalah 6 cm dan ketika beban 60 g digantungkan, panjang pegas adalah 12 cm.

Jadi, pertambahan panjang pegas adalah
 $12 - 6 = 6 \text{ cm}$.

Jawaban: D

28. Tekanan zat cair atau tekanan hidrostatik pada dasar bidang diteruskan ke bagian pengisap. Kemudian pengisap menekan pegas sehingga dapat dituliskan persamaan berikut.

$$P_{\text{hidrostatik}} = P_{\text{pengisap}}$$

$$\rho gh = \frac{F}{A}$$

$$\rho gh = \frac{kx}{A}$$

$$\rho = \frac{kx}{ghA}$$

Jawaban: B

29. Soal ini menghubungkan konsep gaya pegas dengan konsep gaya berat dari cairan atau fluida. Perhatikan, $w = mg$
 $w = \rho gV$, dengan ρ = massa jenis benda dan V = volume benda. Benda berbentuk tabung sehingga volume benda dapat ditentukan dengan luas alas kali tinggi atau Ah , sehingga $w = \rho gAh$.

Perubahan panjang pegas akibat pipa diisi dengan cairan:

Gaya dari pegas = Gaya dari zat cair

$$F_p = F_f$$

$$k\Delta x = \rho ghA$$

$$k\Delta x = \rho gh\pi r^2$$

$$200\Delta x = 800 \cdot 10 \cdot \frac{35}{100} \cdot \frac{22}{7} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10}$$

$$\Delta x = \frac{800 \cdot 10 \cdot 35 \cdot 22}{100 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 200}$$

$$= 0,44 \text{ m} = 44 \text{ cm}$$

Jadi, $h = 50 \text{ cm} - 44 \text{ cm} = 6 \text{ cm}$

Jawaban: B

30. Sistem pegas (a):

$$k_p = k + k = 2k$$

$$k_a = \frac{2k \times k}{2k + k} = \frac{2k^2}{3k} = \frac{2}{3}k$$

$$F = k_a x_a = \frac{2}{3}kx_a$$

Sistem pegas (b):

$$k_b = k_p = k + k = 2k$$

$$F = k_b x_b = 2kx_b$$

Substitusi nilai F dari persamaan yang diperoleh dari perhitungan sistem pegas a.

$$\frac{2}{3}kx_a = 2kx_b$$

$$x_b = \frac{x_a}{3}$$

Jawaban: D

31. Kesebandingan antara periode getaran dan konstanta pegas jika massa beban konstan dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T \propto \frac{1}{\sqrt{k}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{k_2}{k_1}}$$

Pegas (1):

$$k_p = k + k = 2k$$

$$k_1 = \frac{2k \times k}{2k + k} = \frac{2k^2}{3k} = \frac{2}{3}k$$

Pegas (2):

$$k_{pa} = k + k + k$$

$$k_{pa} = 3k$$

$$k_{pb} = k + k$$

$$k_{pb} = 2k$$

$$k_2 = \frac{k_{pa} \times k_{pb}}{k_{pa} + k_{pb}} = \frac{3k \times 2k}{3k + 2k} = \frac{6}{5}k$$

Jadi, perbandingan periode getar keduanya

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{\frac{6}{5}k}{\frac{2}{3}k}} = \sqrt{\frac{9}{5}} = \frac{3}{\sqrt{5}}$$

Jawaban: D

32. Pegas disusun paralel:

$$k_p = C + C + C + C$$

$$k_p = 4C$$

Jawaban: E

33. $m = 50 \text{ kg}$

$$\Delta x = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$F = mg = 50(10) = 500 \text{ N}$$

$$F = k\Delta x$$

$$500 = k(0,1)$$

$$k = \frac{500}{0,1}$$

$$k = 5.000 \text{ N/m}$$

Jawaban: E

34. Konstanta tiga pegas sama dan disusun secara seri.

$$m_1 = 6 \text{ kg}$$

$$\Delta x_1 = 5 \text{ cm}$$

$$m_2 = 8 \text{ kg}$$

$$\Delta x_2 = \text{perpanjangan susunan pegas}$$

$$\text{jika } m_2 = 8 \text{ kg}$$

$$F = k\Delta x$$

Konstanta pegas sama sehingga:

$$\frac{F_1}{\Delta x_1} = \frac{F_2}{\Delta x_2}$$

$$\frac{m_1 g}{\Delta x_1} = \frac{m_2 g}{\Delta x_2}$$

$$\frac{m_1}{\Delta x_1} = \frac{m_2}{\Delta x_2}$$

$$\frac{6}{5} = \frac{8}{\Delta x_2}$$

$$\Delta x_2 = \frac{5(8)}{6}$$

$$\Delta x_2 = \frac{40}{6}$$

$$\Delta x_2 = 6,7 \text{ cm}$$

Jawaban: D

35. $x \text{ mula-mula} = 50 \text{ cm}$

$$k = 200 \text{ N/m}$$

→ dipotong menjadi 2 bagian:

Jadi, masing-masing $x = 25 \text{ cm}$ dan

$$k_1 = k_2 = 400 \text{ N/m}$$

$$F = 40 \text{ N}$$

Anggap susunan pegasnya paralel:

$$k_p = k_1 + k_2$$

$$= 400 + 400$$

$$= 800 \text{ N/m}$$

$$F = k\Delta x$$

$$40 = 800\Delta x$$

$$\Delta x = \frac{40}{800}$$

$$= 0,5 \text{ m}$$

$$= 5 \text{ cm}$$

Jawaban: A

36. $k = 2.500 \text{ N/m}$

$$m = 50 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta x = \text{perubahan panjang setiap}$$

shock breaker

Karena ada 4 *shock breaker* (2 depan dan 2 belakang), maka penyusunannya paralel.

$$k = 4(2.500) = 10.000 \text{ N/m}$$

Tentukan nilai F terlebih dahulu.

$$F = mg = 50(10) = 500 \text{ N}$$

$$F = k\Delta x$$

$$500 = 10.000\Delta x$$

$$\Delta x = \frac{500}{10.000}$$

$$= 0,05 \text{ m}$$

$$= 5 \text{ cm}$$

Jawaban: B

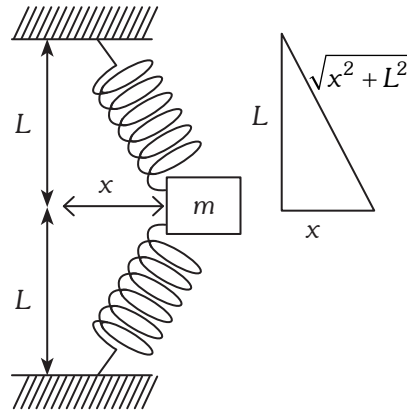
37. Pegas dengan panjang 100 cm dipotong menjadi 3 bagian, dengan perbandingan 2 : 3 : 5. Kita cari dahulu panjang tiap-tiap bagian.
 Bagian 1: $\frac{2}{10} \times 100 = 20$ cm
 Bagian 2: $\frac{3}{10} \times 100 = 30$ cm
 Bagian 3: $\frac{5}{10} \times 100 = 50$ cm
 Konstanta pegas ke-1 = $\frac{1}{20}$
 Konstanta pegas ke-2 = $\frac{1}{30}$
 Konstanta pegas ke-3 = $\frac{1}{50}$
 $F = k\Delta x$
 $\Delta x = F/k$
 Karena gaya masing-masing pegas sama, kita bebas menentukan gayanya. Anggap saja gayanya = 1 N
 Δx pegas ke-1 = $\frac{1}{1/20} = 20$
 Δx pegas ke-2 = $\frac{1}{1/30} = 30$
 Δx pegas ke-3 = $\frac{1}{1/50} = 50$
 Kita bandingkan Δx tiap pegas.
 $\Delta x_1 : \Delta x_2 : \Delta x_3$
 $20 : 30 : 50 = 2 : 3 : 5$

Jawaban: A

B. Esai

- $F = AP$
 $= \pi (5 \times 10^{-3})^2 (4 \times 10^8)$
 $= 3,14 \times 10^4 \text{ N}$
 - Luas letak pergeseran terjadi adalah sama dengan keliling lubang kali ketebalannya. Jadi,
 $A = 2\pi rt$
 $= 2\pi (5 \times 10^{-3}) (5 \times 10^{-3})$
 $= 1,57 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
 $F = AP$
 $= (1,57 \times 10^{-4}) (4 \times 10^8)$
 $= 6,28 \times 10^4 \text{ N}$

38. Pegas mulur dari L menjadi $\sqrt{x^2 + L^2}$ sehingga energi dua pegas adalah
 $2 \left(\frac{1}{2} k (\Delta L)^2 \right) = k \left(\sqrt{x^2 + L^2} - L \right)^2$



Jawaban: E

- $\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ kg}}{\text{m}^2}$
 $= \frac{\text{kg}}{\text{ms}^2} = \frac{[\text{M}]}{[\text{L}][\text{T}]^2}$
 $= [\text{M}][\text{L}]^{-1}[\text{T}]^{-2}$
 - e tidak berdimensi
 - $E = \frac{\sigma}{e} \rightarrow \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = [\text{m}][\text{L}]^{-1}[\text{T}]^{-2}$
- $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{mg}{\frac{1}{4}\pi d^2}$
 $\sigma = \frac{(20 \times 9,8)}{\frac{1}{4}\pi \times (1,5 \times 10^{-3})^2}$
 $\sigma = 1,1 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

$$b. \quad \varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{(0,04 \text{ cm})}{(100 \text{ cm})} = 4 \times 10^{-4}$$

$$c. \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = 2,75 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$4. \quad a. \quad \sigma = \frac{F}{A} \\ = \frac{20}{8 \times 10^{-7}} \\ = 2,5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$b. \quad e = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0,1 \times 10^{-3}}{3} = 3,3 \times 10^{-5}$$

$$c. \quad E = \frac{\sigma}{e} = \frac{2,5 \times 10^7}{3,3 \times 10^{-5}} \\ = 7,58 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$5. \quad F = \frac{E A \Delta L}{L} \\ = \frac{(2 \times 10^{11})(2 \times 10^{-6})(0,3)}{4} \\ = 30.000 \text{ N}$$

$$6. \quad \Delta L = \frac{FL}{EA} = \frac{mgL}{EA} \\ = \frac{(80.000)(3,14)^2(5)}{(2 \times 10^{11})(3,14)\left(\frac{10}{2} \times 10^{-2}\right)^2} \\ = 2,51 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$7. \quad \frac{F_A}{F_B} = \frac{\frac{E_A A_A \Delta L}{L}}{\frac{E_B A_B \Delta L}{L}} = \frac{E_A \left(\frac{1}{4} \pi d_A^2\right)}{E_B \left(\frac{1}{4} \pi d_B^2\right)} \\ = \frac{E_A}{E_B} \left(\frac{d_A}{d_B}\right)^2 = 2(2)^2 = 8$$

$$\frac{F_A}{F_B} = 8$$

$$8. \quad \Delta L = \frac{FL}{AE} \\ = \frac{(200)(9,80)(4)}{(0,2 \times 10^{-4})(8 \times 10^{10})} \\ = 4,90 \text{ mm}$$

9. Berdasarkan definisi $E = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}}$ berarti E dinyatakan oleh kemiringan grafik.

$$E = \frac{300 \times 10^6}{0,003} = 1,0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

10. Hitung kabelnya. Jika dibungkus bersama sehingga semua menopang hampir sama tegangannya, jumlah seharusnya adalah $\frac{20 \text{ kN}}{0,2 \text{ kN}} = 100$

Karena luas penampang sebanding dengan kuadrat diameter, diameter kabelnya adalah

$$(1 \text{ mm}) \sqrt{100} \approx 10 \text{ mm} \approx 1 \text{ cm}$$

11. Misalkan $m_1 = 3 \text{ kg}$ dan $m_2 = 5 \text{ kg}$. Aplikasikan Hukum Newton:

$$m_1 a = T - m_1 g \quad \dots (1)$$

$$m_2 a = m_2 g - T \quad \dots (2)$$

dengan T adalah tegangan kawat

$$\text{Dari persamaan (1): } a = \frac{T}{m_1} - g$$

Substitusikan ke persamaan (2)

$$\text{menghasilkan: } \frac{m_2}{m_1} T - m_2 g = m_2 g - T$$

Tegangan T adalah

$$T = \frac{2m_1 m_2 g}{m_2 + m_1} = \frac{2(3)(5)(9,8)}{8} \\ = 36,8 \text{ N}$$

Dari definisi modulus Young,

$$E = \frac{FL}{A\Delta L_0}$$

maka perpanjangan kawat adalah

$$\Delta L = \frac{TL_0}{EA} = \frac{(36,8)(2)}{(2 \times 10^{11})\pi(2 \times 10^{-3})^2} = 0,0293 \text{ mm}$$

12. Tegangan di dalam kabel tidak sama. Hal inilah yang perlu diperhatikan.

$$\frac{dL}{L} = \frac{F}{EA}$$

Pada setiap titik di kabel, F adalah berat kabel di bawah titik tersebut sehingga $F = \mu gy$, dengan μ adalah massa per satuan panjang kabel.

$$\Delta y = \int_0^{L_i} \left(\frac{dL}{L} \right) dy = \frac{\mu g}{EA} \int_0^{L_i} y dy = \frac{1}{2} \frac{\mu g L_i^2}{EA}$$

$$\Delta y = \frac{1}{2} \frac{(2,4)(9,8)(500)^2}{(2 \times 10^{11})(3 \times 10^{-4})} = 0,049 \text{ m} = 4,90 \text{ cm}$$

13. a. $\sigma_{\text{batas kel.}} \leq 60,000 \text{ lb/in}^2$
 $\sigma \leq \frac{F}{A}$

$$\sigma \leq \frac{w}{A}$$

$$w \leq \sigma A$$

$$w \leq (60.000 \text{ lb/in}^2)(0,01 \text{ in}^2)$$

$$w \leq 600 \text{ lb}$$

Kawat baja hanya dapat menahan beban sebesar kurang dari 600 lb agar batas kelentangan kawat baja tidak terlampaui.

- b. $w = 600 \text{ lb}$

$$E = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

$$\Delta L = \frac{FL}{EA}$$

$$= \frac{(600 \text{ lb})(10 \text{ ft})}{(30.000.000 \text{ lb/in}^2)(0,01 \text{ in}^2)}$$

$$\Delta L = 0,24 \text{ in}$$

- c. Tegangan patah

$$\sigma_{\text{patah}} = 120.000 \text{ lb/in}^2$$

$$\sigma_{\text{patah}} = \frac{w}{A}$$

$$w = \sigma_{\text{patah}} A$$

$$w = 120.000 \text{ lb/in}^2 \times 0,01 \text{ in}^2$$

$$= 1.200 \text{ lb}$$

Jadi, beban maksimum yang dapat ditanggung kawat baja adalah 1.200 lb.

14. Gaya akibat beban memanjangkan kabel dan memampatkan kolom dengan jarak yang sama $\Delta \ell$:

$$F = \frac{E_A A_A \Delta \ell}{\ell_A} + \frac{E_s A_s \Delta \ell}{\ell_s}$$

$$\Delta \ell = \frac{F}{\frac{E_A A_A}{\ell_A} + \frac{E_s A_s}{\ell_s}}$$

$$= \frac{8.500}{\frac{7 \times 10^{10} \pi (0,1624^2 - 0,1614^2)}{4(3,25)} + \frac{20 \times 10^{10} \pi (0,0127)^2}{4(5,75)}} = 8,60 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$15. \text{ a. } P = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi r^2}$$

$$F = (P)\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$F = (1,5 \times 10^8) \pi \left(\frac{2,5 \times 10^{-2}}{2} \right)^2$$

$$F = 73,6 \text{ kN}$$

$$\text{b. } E = \frac{PL}{\Delta L} \Rightarrow \Delta L = \frac{PL}{E}$$

$$\Delta L = \frac{73,6 \times 10^3 (25 \times 10^{-2})}{1,5 \times 10^{10}} \\ = 1,23 \times 10^{-6} \text{ m}$$

16. Bila beton telah dipulihkan dan tegangan pratekan telah dilepaskan, menekan batang dalam pada beton dan dengan kekuatan yang sama, T_2 , beton menghasilkan ketegangan di batang.

- a. Pada beton:

$$P = \frac{8 \times 10^6 \text{ N}}{\text{m}^2} = E \left(\frac{\Delta L}{L} \right)$$

Kemudian,

$$\Delta L = \frac{PL}{E} = \frac{(8 \times 10^6)(1,5)}{30 \times 10^9}$$

$$\Delta L = 4 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,4 \text{ mm}$$

- b. Pada beton:

$$\text{stress} = \frac{T_2}{A_c} = 8 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$T_2 = (8 \times 10^6)(5 \times 10^3) = 40 \text{ kN}$$

- c. Untuk tongkat: $\frac{T_2}{A_R} = \left(\frac{\Delta L}{L_0} \right) E_{\text{baja}}$

$$\text{Sehingga: } \Delta L = \frac{T_2 L_0}{A_R E_{\text{baja}}}$$

$$\Delta L = \frac{(4 \times 10^4)(1,5)}{(1,5 \times 10^{-4})(20 \times 10^{10})} \\ = 2 \times 10^{-3} \text{ m} = 2 \text{ mm}$$

- d. Batang di beton menjadi 2 mm lebih panjang dari panjangnya yang tidak diregangkan. Untuk menghilangkan tekanan dari beton, batang harus diregangkan 0,4 mm lebih jauh, yaitu teregang sejauh 2,4 mm.
- e. Untuk batang yang membentang di sekitar beton:

$$\frac{T_1}{A_R} = \left(\frac{\Delta L_{\text{total}}}{L} \right) E_{\text{baja}}$$

$$T_1 = \left(\frac{\Delta L_{\text{total}}}{L} \right) A_R E_{\text{baja}}$$

$$T_1 = \left(\frac{2,4 \times 10^{-3}}{1,5 \text{ m}} \right) (1,5 \times 10^{-4}) (20 \times 10^{10}) \\ = 48 \text{ kN}$$

17. Gaya berat batang baja adalah

$$w_x = \rho g x A$$

Tegangannya:

$$\sigma_x = \frac{w_x}{A} = \rho g x = \epsilon_x E$$

$$\epsilon_x = \frac{(\rho g x)}{E}$$

$$\epsilon_L = \frac{(\rho g L)}{E}$$

Setiap segmen dx mendapat regangan

$$\epsilon_x dx = \left(\frac{(\rho g x)}{E} \right) dx$$

$$\Delta L = \int_0^L \left(\frac{\rho g x}{E} \right) dx$$

$$\Delta L = \frac{1}{2} \left(\frac{\rho g}{E} \right) L^2$$

18. a. $|F| = k\Delta L$

$$Y = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{FL}{A\Delta L} = \frac{k\Delta LL}{A\Delta L}$$

$$Y = \frac{kL}{A} \Rightarrow k = \frac{YA}{L}$$

b. $W = -\int_0^{\Delta L} F dx = -\int_0^{\Delta L} (-kx) dx$

$$= \frac{YA}{L} \int_0^{\Delta L} x dx = YA \frac{(\Delta L)^2}{2L}$$

19. Dari persamaan modulus geser, kita peroleh Δx sebagai

$$\Delta x = \frac{hF}{GA} = \frac{(5 \times 10^{-3})(20)}{(3 \times 10^6)(14 \times 10^{-4})}$$

$$= 2,38 \times 10^{-5} \text{ m} = 2,38 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

20. $B = -\frac{\Delta P}{\frac{\Delta V}{V_0}} = -\frac{\Delta PV_0}{\Delta V}$

a. $\Delta V = -\frac{\Delta PV_0}{B}$

$$= -\frac{(1,13 \times 10^8)(1)}{0,21 \times 10^{10}}$$

$$= -0,0538 \text{ m}^3$$

b. Jumlah air dengan massa $1,03 \times 10^3 \text{ kg}$ menempati volume pada bagian bawah adalah

$$V = 1^3 - 0,0538^3 = 0,964 \text{ m}^3$$

Jadi, massa jenis air di dasar palung adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1,03 \times 10^3}{0,964^3}$$

$$= 1,09 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

21. $F = k\Delta x \Rightarrow k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{2}{2} = 1 \text{ N/cm}$

$$\Delta x = \frac{F}{k} = \frac{6}{1} = 6 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang pegas} = 20 + 6 = 26 \text{ cm}$$

22. a. Nilai konstanta pegas

Gaya-gaya yang bekerja pada benda M saat kondisi B adalah gaya pegas dengan arah ke atas dan gaya berat dengan arah ke bawah. Kedua benda dalam kondisi seimbang.

$$F_p = w$$

$$k\Delta x = mg$$

$$k(0,05) = (0,5)(10)$$

$$k = 100 \text{ N/m}$$

b. Energi potensial pegas pada kondisi B

$$E_p = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} (100)(0,05)^2$$

$$= 0,125 \text{ joule}$$

c. Energi potensial pegas pada kondisi C (benda kemudian ditarik sehingga bertambah panjang 7 cm)

$$E_p = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} (100)(0,12)^2 = 0,72 \text{ joule}$$

d. Periode getaran yang terjadi jika pegas disimpangkan hingga bergetar harmonik

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{0,5}{100}} = \frac{\pi\sqrt{2}}{10} \text{ sekon}$$

- e. Frekuensi getaran pegas

$$f = \frac{1}{T} = \frac{10}{\pi\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{10\sqrt{2}}{2\pi}$$

$$f = \frac{5\sqrt{2}}{\pi} \text{ Hz}$$

23. a. Nilai konstanta pegas

$$F_p = k\Delta x$$

$$40 = k(0,08)$$

$$k = 500 \text{ N/m}$$

- b. Energi potensial pegas saat

$$x = 0,02 \text{ meter}$$

$$E_p = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$$

$$E_p = \frac{1}{2}(500)(0,02)^2$$

$$= 0,1 \text{ joule}$$

24. a. Susunan pada Gambar (a) identik dengan 4 pegas yang disusun paralel sehingga

$$k_{\text{tot}} = 200 + 200 + 200 + 200$$

$$= 800 \text{ N/m}$$

- b. Nilai total konstanta susunan pegas pada Gambar (b)

$$\frac{1}{k_{s1}} = \frac{1}{200} + \frac{1}{200} = \frac{2}{200}$$

$$k_{s1} = 100 \text{ N/m}$$

$$\frac{1}{k_{s2}} = \frac{1}{200} + \frac{1}{200} = \frac{2}{200}$$

$$k_{s2} = 100 \text{ N/m}$$

$$k_{\text{tot}} = k_{s1} + k_{s2}$$

$$= 100 + 100 = 200 \text{ N/m}$$

25. a. Nilai konstanta susunan pegas

$$\frac{1}{k_{\text{tot}}} = \frac{1}{300} + \frac{1}{200} + \frac{1}{100}$$

$$\frac{1}{k_{\text{tot}}} = \frac{2}{600} + \frac{3}{600} + \frac{6}{600} = \frac{11}{600}$$

$$k_{\text{tot}} = \frac{600}{11} \text{ N/m}$$

- b. Besar pertambahan panjang susunan pegas setelah digantungi beban

$$F_p = w$$

$$k_{\text{tot}}\Delta x = mg$$

$$\left(\frac{600}{11}\right)\Delta x = (5)(10)$$

$$\Delta x = \frac{11}{12} \text{ meter}$$

26. a. $F = m\left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right) = (1)\left(\frac{10-1}{0,002}\right)$

$$= 4.500 \text{ N}$$

b. $P = \frac{F}{A} = \frac{4.500}{(0,01)(0,1)}$

$$= 4,5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

- c. Tekanan pada jawaban b mampu mematahkan papan karena besarnya melampaui tekanan maksimum yang dapat ditahan oleh papan kayu pinus.

27. Gaya yang bekerja pada palu dapat ditentukan menggunakan perubahan momentum menurut persamaan:

$$\bar{F}(\Delta t) = mv_f - mv_i \Rightarrow |\bar{F}| = \frac{m|v_f - v_i|}{\Delta t}$$

Karenanya,

$$|\bar{F}| = \frac{30|-10-20|}{0,11} = 8,18 \times 10^3 \text{ N}$$

Besar gaya rata-rata diberikan pada paku oleh palu selama pukulan.

Jadi, tekanan pada paku adalah:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{8,18 \times 10^3}{\pi \frac{(0,023)^2}{4}}$$

$$= 1,97 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

Regangannya adalah

$$e = \frac{\sigma}{E}$$

$$= \frac{1,97 \times 10^7}{20 \times 10^{10}} = 9,85 \times 10^{-5}$$

28. Peluru berada di dalam balok sehingga kecepatan keduanya sama besarnya, yaitu v .

Balok dan peluru ini punya energi kinetik EK . Mengapa berhenti? Karena dilawan oleh gesekan pada lantai. Jadi, persamaannya adalah

$$W_{(\text{balok-peluru})} = W_{(\text{pegas})}$$

$$\Delta EK_{(\text{balok-peluru})} = \Delta EK_{(\text{pegas})}$$

$$\frac{1}{2}(m + M)v^2 = \frac{1}{2}k\Delta x^2$$

Kecepatan awal gerak balok (peluru di dalamnya):

$$\frac{1}{2}(m + M)v^2 = \frac{1}{2}k\Delta x^2$$

$$\frac{1}{2}(0,1 + 1,90)v^2 = \frac{1}{2}(200)(0,25)^2$$

$$v = \sqrt{\frac{625}{100}} = 2,5 \text{ m/s}$$

29. a. Balok tegak lurus ke dinding, maka $3^2 + 4^2 = 5^2$.

$$\sin \theta = \frac{4}{5} \Rightarrow \theta = 53,1^\circ$$

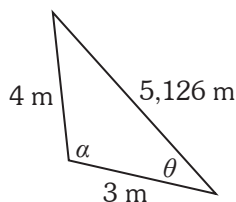
b. $\sum \tau_{\text{engsel}} = 0$

$$+T \sin \theta (3) - 250(10) = 0$$

$$T = \frac{2.500}{3 \sin 53,1^\circ} = 1,04 \times 10^3 \text{ N}$$

c. $\Delta x = \frac{T}{k} = \frac{1,04 \times 10^3}{8,25 \times 10^3} = 0,126 \text{ m}$

Panjang kabel pegas adalah
 $L + \Delta x = 5 + 0,126 = 5,126 \text{ m}$.



Untuk menghitung sudut θ yang baru, gunakan aturan cosinus:

$$4^2 = 5,126^2 + 3^2 - 2(3)(5,126) \cos \theta$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{3^2 + 5,126^2 - 4^2}{2(3)(5,126)} = 51,2^\circ$$

- d. Engsel membuat sudut dengan dinding, memenuhi aturan sinus:

$$\frac{\sin \alpha}{5,126} = \frac{\sin 51,2^\circ}{4}$$

$$\sin \alpha = 0,99872$$

$$\sum \tau_{\text{engsel}} = 0$$

$$+T(3) \sin 51,2^\circ - 250(10)(0,99872) = 0$$

$$T = 1,07 \times 10^3 \text{ N}$$

e. $x = \frac{1,07 \times 10^3}{8,25 \times 10^3} = 0,129 \text{ m}$

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{3^2 + 5,129^2 - 4^2}{2(3)(5,129)} \right)$$

$$= 51,1^\circ$$

- f. Gunakan aturan sinus untuk menghitung sudut θ jika ada beban:

$$\sin \alpha = 5,129 \frac{\sin 51,1^\circ}{4} = 0,99790$$

$$T(3) \sin 51,1^\circ - 250(10)(0,99790) = 0$$

$$T = 1,06 \times 10^3 \text{ N}$$

A. Pilihan Ganda

1. Massa beton = 110 kg
Volume lempeng beton = $1,0 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 0,05 \text{ m}^3$
Masa jenis beton, ρ

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{110}{0,05} = 2.200 \text{ kg/m}^3$$

Jawaban: C

2. Gula batu
 $m_A = 40 \text{ g}$
 $\rho_A = 1,6 \text{ g/cm}^3$
Lilin
 $m_B = 5,67 \text{ g}$
 $\rho_B = 0,96 \text{ g/cm}^3$

$$V_A = \frac{m_A}{\rho_A} = \frac{40}{1,6} = 25 \text{ cm}^3$$

$$V_B = \frac{m_B}{\rho_B} = \frac{5,76}{0,96} = 6 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume total} = V_A + V_B = 25 + 6 = 31 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa total} = m_A + m_B = 40 + 5,76 = 45,76 \text{ g}$$

Massa jenis campuran batu dan lilin

$$\rho = \frac{\text{massa total}}{\text{volum total}} = \frac{45,76}{31} = 1,5 \text{ g/cm}^3$$

Jawaban: D

3. Ukuran peti $2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 4 \text{ m}$
Massa jenis bahan $\rho = 3.000 \text{ kg/m}^3$
Berat peti, w
Hitung massa peti dengan persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = (3.000)(2 \times 3 \times 4) = 72 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$w = mg = (72 \times 10^3)(10) = 72 \times 10^4 \text{ N} = 7,2 \times 10^5 \text{ N}$$

Jawaban: E

4. Massa $m = 50 \text{ kg}$
Luas alas hak sepatu $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$
Berat perempuan, $F = 50 \times 10 = 500 \text{ N}$
Tekanan perempuan dengan sepatu hak tinggi pada lantai

$$P = \frac{F}{A} = \frac{500}{2(10^{-4})} = 2,5 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Jawaban: B

5. Massa gajah $m = 1 \text{ ton} = 1.000 \text{ kg}$
Luas alas setiap kaki
 $A = 250 \text{ cm}^2 = 250 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Berat gajah $F = 1.000 \times 10 = 10^4 \text{ N}$
Tekanan gajah pada lantai (pada keempat kaki)

$$P = \frac{F}{A} = \frac{10^4}{4(250 \times 10^{-4})} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Perhatikan, meskipun berat perempuan pada soal nomor 4 lebih kecil daripada berat gajah, perempuan memberikan tekanan 25 kali lebih besar

$$\left(\frac{2,5 \times 10^6}{1,0 \times 10^5} = 25 \right) \text{ pada lantai}$$

dibandingkan dengan gajah. Oleh karena itu, perempuan lebih merusak lantai daripada gajah.

Jawaban: A

6. $k = 60 \text{ N/m}$
 $A = 0,5 \text{ cm}^2 = 0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
 $P_{\text{gauge}} = 30 \text{ kPa} = 30 \times 10^3 \text{ Pa}$
 Jika ruang vakum, maka $P = P_{\text{gauge}}$.
 Tekanan gauge (P_{gauge}) kali luas penampang penghisap (A) adalah gaya yang dikerjakan zat cair pada penghisap (F)
 $F = PA = (30 \times 10^3)(0,5 \times 10^{-4})$
 $= 1,5 \text{ N}$
 Gaya F menyebabkan pegas bergeser sejauh x dari posisi awal. Dengan demikian, pada posisi seimbang berlaku
 $F_{\text{pegas}} = F$
 $kx = 1,5$
 $x = \frac{1,5}{60} = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$

Jawaban: B

7. $P_A = \rho gh$
 $F_A = P_A A = (\rho gh) A$
 $F_{\text{pegas}} = F_A$
 $kx = \rho gh A$
 $\rho = \frac{kx}{ghA}$

Jawaban: B

8. Kedalaman $h = 75 \text{ cm} = 0,75 \text{ m}$
 Massa jenis air $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$
 Tekanan hidrostatik zat cair
 $P_h = \rho gh = (1.000)(9,8)(0,75)$
 $= 7.350 \text{ Pa}$

Jawaban: D

9. Pada minyak dengan
 $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$
 tekanan hidrostatik
 $P_h = \rho gh$
 $= (800)(9,8)(0,75)$
 $= 5.880 \text{ Pa}$

Jawaban: C

10. Pada raksa dengan $\rho = 13.600 \text{ kg/m}^3$
 Tekanan hidrostatik
 $P_h = \rho gh$
 $= (13.600)(9,8)(0,75)$
 $= 99.960 \text{ Pa}$

Jawaban: C

11. Tekanan hidrostatik
 $P_h = 1 \text{ atm} = 101.321 \text{ Pa}$
 Massa jenis air $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$
 Kedalaman air dengan tekanan 1 atm adalah
 $P_h = \rho gh \Rightarrow h = \frac{P_h}{\rho g}$
 $= \frac{101.321}{(1.000)(9,8)}$
 $= 10,34 \text{ m}$

Jawaban: C

12. Diketahui $h = 3 \text{ m}$, $P_o = 70 \text{ cm Hg}$,
 $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$
 Jika tekanan atmosfer diabaikan, maka $P_o = 0$ sehingga tekanan hidrostatik:
 $P = P_o + \rho gh$
 $P = (1.000)(9,8)(3)$
 $= 29.400 \text{ Pa}$

Jawaban: E

13. Titik B ditekan oleh raksa setinggi h dan tekanan udara luar P_o . Sesuai dengan hukum utama hidrostatika, kedua titik (A dan B) memiliki tekanan yang sama.
 $P_A = P_B$
 $P_o + \rho_m gh_A = P_o + \rho_r gh_B$
 $h = \frac{\rho_m}{\rho_r} h_A = \frac{800}{13.600} \times 15$
 $= 0,88 \text{ cm}$

Jawaban: E

14. Pengisap kecil (A)

$$A_A = 5 \text{ cm}^2$$

$$F_A = 200 \text{ N}$$

Penghisap besar (B)

$$F_B = 500 \text{ N}$$

$$A_B = \dots?$$

Berdasarkan Hukum Pascal, maka luas penghisap di B adalah

$$\frac{F_B}{A_B} = \frac{F_A}{A_A} \Rightarrow A_B = \frac{F_B}{F_A} A_A$$

$$A_B = \frac{500}{200} \times 5 = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ cm}^2$$

Jawaban: C

15. Pengisap kecil (1)

$$A_1 = 5 \text{ cm}^2$$

$$F_1 = ?$$

Pengisap besar (2)

$$A_2 = 100 \text{ cm}^2$$

$$F_2 = 500 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} = 5.000 \text{ N}$$

Gaya yang dihasilkan pengisap kecil F_1 adalah

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow F_1 = \frac{A_1}{A_2} \times F_2$$

$$F_1 = \frac{5}{100} \times 5.000 = 250 \text{ N}$$

Jawaban: E

16. Pengisap kecil (1)

$$\text{Diameter } D_1 = 10 \text{ cm}$$

Pengisap besar (2)

$$\text{Diameter } D_2 = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Gaya } F_2 = 1.200 \text{ N}$$

Besar gaya pada pengisap kecil adalah

$$F_1 = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \times F_2 = \left(\frac{10}{25} \right)^2 \times 1.200 = 192 \text{ N}$$

Jawaban: B

17. $F_1 = 20 \text{ N}$

$$A_1 = 30 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 900 \text{ cm}^2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1 = \frac{900}{30} \times 20 = 600 \text{ N}$$

Jawaban: C

18. $m = 600 \text{ kg}$; $A_L = 800 \text{ cm}^2$;

$$A_s = 25 \text{ cm}^2$$
; $g = 10 \text{ N/kg}$;

$$\rho = 0,80 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ kg/m}^3$$
;

$$h = 8 \text{ m}$$

$$P_L = P_s + P_h$$

$$\frac{mg}{A_L} = \frac{F}{A_s} + \rho gh$$

$$\frac{600 \times 10}{800 \times 10^{-4}} = \frac{F}{25 \times 10^{-4}} + (800)(10)(8)$$

$$75.000 = \frac{F}{25 \times 10^{-4}} + 64.000$$

$$\frac{F}{25 \times 10^{-4}} = 75.000 - 64.000$$

$$F = 27,5 \approx 28 \text{ N}$$

Jawaban: A

19. $P_A = P_B$

$$P_0 + \rho_g gh_g = P_0 + \rho_r gh_r + \rho_m gh_m$$

$$\rho_g h_g = \rho_r h_r + \rho_m h_m$$

$$(1,3)(10) = (13,6)(10 - x) + (0,8)(x)$$

$$13 = 136 - 13,6x + 0,8x$$

$$13 = 136 - 12,8x$$

$$12,8x = 123$$

$$x = 9,6 \text{ cm}$$

Jawaban: D

20. Volume balok

$$V = 0,2 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

$$= 6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Gaya apung F_a dapat dihitung dari hukum Archimedes:

$$F_a = \rho_f V_{bf} g \quad (g = 10 \text{ N/kg})$$

dengan V_{bf} adalah volume benda yang tercelup.

Balok tercelup seluruhnya dalam minyak sehingga

$$\begin{aligned} V_{bf} &= V_{balok} = 6 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ F_a &= \rho_{minyak} V_{bf} g \\ &= (800)(6 \times 10^{-3})(10) \\ &= 48 \text{ N} \end{aligned}$$

Jawaban: E

21. Volume balok yang tercelup yaitu $\frac{3}{4}$ volume balok.

$$\begin{aligned} V_{bf} &= \frac{3}{4} V_{balok} = \frac{3}{4} \times 6 \times 10^{-3} \\ &= 4,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ F_a &= \rho_{air} V_{bf} g \\ &= (1.000)(4,5 \times 10^{-3})(10) \\ &= 45 \text{ N} \end{aligned}$$

Jawaban: B

22. Bagian yang tercelup yaitu $\frac{1}{5}$ volume balok.

$$\begin{aligned} V_{bf} &= \frac{1}{5} V_{balok} = \frac{1}{5} (6 \times 10^{-3}) \\ &= \frac{6}{5} \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ F_a &= \rho_{raksa} V_{bf} g \\ &= (13.600) \left(\frac{6}{5} \times 10^{-3} \right) (10) \\ &= 163,2 \text{ N} \end{aligned}$$

Jawaban: B

23. Berat benda diudara $w_{b,u} = 6,0 \text{ N}$
 Berat benda dalam fluida
 $w_{b,f} = 4,2 \text{ N}$
 Massa jenis benda $\rho_b = 3.000 \text{ kg/m}^3$
 Gaya apung:
 $F_a = w_{b,u} - w_{b,f}$
 $F_a = 6,0 - 4,2 = 1,8 \text{ N}$

Gunakan persamaan berikut untuk menghitung massa jenis fluida, ρ_f .

$$\begin{aligned} \frac{\rho_b}{\rho_f} &= \frac{w}{F_a} \Rightarrow \rho_f = \frac{F_a}{w} \times \rho_b \\ \rho_f &= \frac{1,8}{6,0} \times 3.000 \\ \rho_f &= 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

Jawaban: E

24. Massa balok: $m = 1 \text{ kg}$
 Massa jenis: $\rho_b = 2,5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
 Sistem berada pada keadaan setimbang sehingga
 $F_p = mg = 10 \text{ N}$
 Jadi, berat yang terbaca adalah 10 N .

Jawaban: E

25. Jika balok tercelup di dalam air, maka ada tiga gaya yang bekerja. Pada keadaan seimbang,

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ F_p + F_a - w &= 0 \\ F_p &= w - F_a \\ F_a &= \rho_f g V = \rho_f g \frac{m}{\rho_b} \\ &= \frac{(1.000)(10)(1)}{(2,5 \times 10^3)} = 4 \text{ N} \end{aligned}$$

Skala yang terbaca:

$$F_p = 10 - 4 = 6 \text{ N}$$

Jawaban: B

26. $\rho_e = 19.300 \text{ kg/m}^3$;
 $w_u = 14,7 \text{ N}$;
 $w_a = 13,4 \text{ N}$;
 $F_a = w_u - w_a$
 $= 14,7 - 13,4 = 1,3 \text{ N}$

Massa jenis emas dihitung dengan persamaan

$$\frac{\rho_b}{\rho_f} = \frac{w_u}{F_a}$$

$$\rho_b = \frac{w_u}{F_a} \times \rho_f = \frac{14,7}{1,3} \times 1.000$$

$$= 11.307,69 \text{ kg/m}^3$$

Karena massa jenis mahkota yang tidak sama, tetapi dicelupkan lebih kecil daripada massa jenis emas murni, maka mahkota Raja tidak terbuat dari emas murni.

Jawaban: D

27. $\rho_f = 0,9 \text{ g/cm}^3$

$$V_{bf} = \frac{2}{3} V_b$$

$$\rho_b = \frac{\rho_f V_{bf}}{V_b} = \frac{(0,9) \left(\frac{2}{3} V_b \right)}{V_b}$$

$$\rho_b = 0,6 \text{ g/cm}^3$$

Jawaban: D

28. $\rho_b = 0,75 \text{ g/cm}^3$

$$\rho_f = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

$$V_{bf} = A \times h_{bf}$$

$$V_b = A \times h_b$$

$$\rho_b = \frac{\rho_f V_{bf}}{V_b} = \frac{\rho_f (A \times h_{bf})}{A \times h_b}$$

$$\rho_b = \rho_f \times \frac{h_{bf}}{h_b}$$

$$h_{bf} = \frac{\rho_b}{\rho_f} \times h_b = \frac{(0,75)(20)}{1,2} = 12,5 \text{ cm}$$

$$y = h_b - h_{bf} = 20 - 12,5 = 7,5 \text{ cm}$$

Jawaban: A

29. Volume benda pada air

$$V_{bf1} = 0,5V_b$$

Volume benda pada minyak

$$V_{bf2} = 0,3V_b$$

Massa jenis minyak $\rho_{i2} = 0,8 \text{ g/cm}^3$

Massa jenis benda dicari dengan persamaan

$$\rho_b = \frac{\rho_{f1} V_{bf1} + \rho_{f2} V_{bf2}}{V_b}$$

$$= \frac{(1)(0,5V_b) + (0,8)(0,3V_b)}{V_b}$$

$$\rho_b = 0,74 \text{ g/cm}^3$$

Jadi, massa jenis benda $0,74 \text{ g/cm}^3$.

Jawaban: C

30. Massa kayu $m_k = 2,06 \text{ kg} = 2.060 \text{ g}$

Massa jenis kayu $\rho_k = 0,50 \text{ g/cm}^3$

Massa jenis air $\rho_f = 1.000 \text{ kg/m}^3$
 $= 1 \text{ g/cm}^3$

Massa jenis timah $\rho_t = 11,3 \text{ g/cm}^3$

Volume kayu

$$V_k = \frac{m_k}{\rho_k} = \frac{2.060}{0,5} = 4.120 \text{ cm}^3$$

Massa jenis gabungan balok kayu dan timah hitam adalah

$$\rho_g = \frac{m_k + m_t}{V_k + V_t}$$

Gunakan syarat melayang

$$\rho_g = \rho_f$$

$$\frac{m_k + m_t}{V_k + V_t} = 1$$

$$m_k + m_t = V_k + V_t$$

$$2.060 + m_t = 4.120 + V_t$$

$$m_t = 2.060 + V_t \Rightarrow m_t - V_t = 2.060$$

dengan

$$V_t = \frac{m_t}{\rho_t}$$

sehingga

$$m_t - \frac{m_t}{\rho_t} = 2.060$$

$$m_t \left(1 - \frac{1}{\rho_t} \right) = 2.060$$

$$m_t = \frac{2.060}{1 - \frac{1}{\rho_t}} = \frac{2.060}{1 - \frac{1}{11,3}} = \frac{2.060(11,3)}{10,3}$$

$$= 2.260 \text{ g}$$

Jawaban: E

31. Perhatikan, untuk benda berongga, volume gabungan antara benda berongga dan benda yang dimasukkan ke dalam rongga sama dengan volume benda berongga.

Tinggi silinder logam $h = 20$ cm

Massa silinder $m_1 = 4$ kg = 4.000 g

Massa jenis air garam $\rho = 1,5$ g/cm³

Diameter silinder $D = 0,2$ m
= 20 cm

Massa jenis timah hitam $\rho_2 = 11,3$ g/cm³

Volume silinder

$$V_1 = \pi r^2 t = \frac{\pi D^2}{4} h$$

$$V_1 = \frac{\pi 20^2}{4} \cdot 20 = 2.000\pi \text{ cm}^3$$

Volume gabungan antara silinder dan timah

$$V = V_1 = 2.000 \pi \text{ cm}^3$$

Massa jenis gabungan, ρ_b

$$\rho_b = \frac{m_1 + m_2}{V}$$

Gunakan syarat melayang

$$\rho_b = \rho_f$$

$$\frac{m_1 + m_2}{V} = 1,5$$

$$m_1 + m_2 = 1,5(2.000\pi)$$

$$m_2 = 3.000\pi - 4.000$$

$$= 3.000(3,14) - 4.000$$

$$= 5.420 \text{ g} = 5,42 \text{ kg}$$

Jadi, massa minimum timah yang dapat dimasukkan ke dalam rongga adalah 5,42 kg.

Jawaban: B

32. Panjang rusuk

$$r = 60 \text{ mm} = 60 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Massa jenis besi

$$\rho_b = 7,7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Massa jenis raksa

$$\rho_r = 13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Massa jenis air $\rho_a = 1.000 \text{ kg/m}^3$

Misalkan volume benda yang tercelup dalam raksa adalah y .

$$\rho_b = \frac{\rho_a V_{bf1} + \rho_r V_{bf2}}{V_b}$$

$$7,7 \times 10^3 = \frac{(1.000)(V_b - y) + (13,6 \times 10^3)y}{V_b}$$

$$7,7 \times 10^3 V_b = 1.000 V_b - 1.000 y + 13,6 \times 10^3 y$$

$$12.600 y = 6.700 V_b$$

$$y = \frac{6.700}{12.600} V_b = 0,53 V_b$$

dengan

$$V_b = r^3 = (60 \times 10^{-3})^3 = 2,16 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$y = 0,53(2,16 \times 10^{-4}) = 1,14 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

y adalah volume balok yang tercelup dalam raksa, maka volume besi yang tercelup dalam air adalah

$$x = V_b - y$$

$$= 2,16 \times 10^{-4} - 1,14 \times 10^{-4}$$

$$= 1,02 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Jawaban: C

33. Tetapan pegas $k = 150$ N/m

Massa beban $m = 5,00$ kg

Massa jenis beban

$$\rho_b = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10,0 \text{ m/s}^2$$

Sistem berada pada kesetimbangan.

Terdapat tiga gaya yang bekerja yaitu, gaya apung F_a , gaya berat w , dan gaya pegas $k\Delta L$.

$$\sum F = 0$$

$$F_a - k\Delta L - w = 0$$

$$k\Delta L = F_a - w = \rho_f g V_b - mg$$

$$\Delta L = \frac{\rho_f g \frac{m}{\rho_b} - mg}{k}$$

$$\Delta L = \frac{(1.000)(10) \frac{5}{600} - (5)(10)}{150}$$

$$\Delta L = \frac{83,33 - 50}{150}$$

$$\Delta L = 0,22 \text{ cm}$$

Dengan demikian, pertambahan panjang pegas adalah 0,22 cm

Jawaban: E

34. Gaya yang bekerja pada pegas sama dengan gaya apung, dimana

$$F_{\text{apung}} = \rho g V - mg$$

dengan $m = dh^3$. Jadi,

$$F_{\text{apung}} = \rho g h^3 - dh^3 g = h^3 (\rho - d) g$$

Gaya apung = gaya pegas

$$h^3 (\rho - d) g = k \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{h^3 (\rho - d) g}{k}$$

Jawaban: D

35. Rusuk kubus $a = 0,1 \text{ m}$,
 Luas alas $A = (0,1)^2 = 0,01 \text{ m}^2$
 Tebal minyak $d = 0,2 \text{ m}$
 Massa jenis minyak $\rho_m = 500 \text{ kg/m}^3$
 Tinggi balok di dalam air
 $h_2 = 0,02 \text{ m}$
 Tinggi balok di dalam minyak
 $h_1 = 0,1 - 0,02 = 0,08 \text{ m}$
 Berat semu benda $w' = 0,49 \text{ N}$

Massa jenis benda:

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{\rho_m V_1 + \rho_a V_2}{V} \\ &= \frac{\rho_m (Ah_1) + \rho_a (Ah_2)}{Ah} \\ \rho_b &= \frac{\rho_m h_1 + \rho_a h_2}{h} \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{(500)(0,08) + (1.000)(0,02)}{0,1}$$

$$= \frac{60}{0,1} = 600 \text{ kg m}^{-3}$$

Gaya apung: $F_a = w - w'$

dengan

$$F_a = \rho_m (Ah_1) g + \rho_a (Ah_2) g$$

$$= (\rho_m h_1 + \rho_a h_2) A g$$

$$= [500(0,08) + (1.000)(0,02)] 0,01 \cdot 9,8$$

$$F_a = [40 + 20] 9,8 \times 10^{-2}$$

$$= 5,88 \text{ N}$$

Massa benda di udara:

$$w = F_a + w'$$

$$mg = F_a + w'$$

$$m = \frac{5,88 + 0,49}{10} \Rightarrow m = 0,64 \text{ kg}$$

Tekanan di dasar kubus:

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{atm}} + \rho_m g h_1 + \rho_a g h_2$$

$$P_2 = 10^5 + (500)(9,8)(0,2)$$

$$+ (1.000)(9,8)(0,02)$$

$$= 10^5 + 980 + 196$$

$$P_2 = 101.176 \text{ Pa}$$

Jawaban: B

36. Berat benda yang dibaca oleh neraca pegas (atas) ketika besi berada di dalam air:

$$w' = w_{\text{besi}} - F_a = m_{\text{besi}} g - \rho_{\text{minyak}} V_{\text{besi}} g$$

dengan $V_{\text{bf}} = V_b$ (karena volume benda tercelup seluruhnya)

$$w' = m_{\text{besi}} g - \rho_{\text{minyak}} \left(\frac{m_{\text{besi}}}{\rho_{\text{besi}}} \right) g$$

$$w' = m_{\text{besi}} g \left(1 - \frac{\rho_{\text{minyak}}}{\rho_{\text{besi}}} \right)$$

$$w' = (2)(9,8) \left(1 - \frac{916}{7.860} \right)$$

$$w' = (2)(9,8) \left(\frac{7.860 - 916}{7.860} \right)$$

$$= 17,3 \text{ N (skala neraca atas)}$$

Selanjutnya, gaya-gaya vertikal yang bekerja pada gelas kimia, minyak, dan balok besi adalah

$$\sum F_y = 0$$

$$(w' + w'') - w_{\text{gelas kimia}} - w_{\text{minyak}} - w_{\text{besi}} = 0$$

$$w'' = (m_{\text{gelas kimia}} + m_{\text{minyak}} + m_{\text{besi}})g - w'$$

$$= (1 + 2 + 2)(9,8) - 17,3$$

Jadi, $w'' = 31,7 \text{ N}$ (skala neraca bawah)

Jawaban: E

37. Luas penampang

$$A = 2 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Massa hidrometer

$$m = 45 \text{ g} = 0,045 \text{ kg}$$

Tinggi hidrometer yang tercelup

$$h_{\text{bf}} = 22,8 \text{ cm} = 22,8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Hidrometer terapung pada zat cair sehingga

$$F_a = w$$

$$V_{\text{bf}} \rho_f g = mg$$

$$(Ah_{\text{bf}}) \rho_f = m$$

$$\rho_f = \frac{m}{h_{\text{bf}} \times A}$$

$$\rho_f = \frac{0,045 \text{ kg}}{(22,8 \times 10^{-2})(2 \times 10^{-4})}$$

$$= 986,8 \text{ kg/m}^3$$

Jawaban: E

38. Massa balon = massa jenis $\times$ volume

$$= 0,08 \text{ kg/m}^3 \times 50 \text{ m}^3$$

$$= 4 \text{ kg}$$

Massa jenis udara = $1,3 \text{ kg/m}^3$

Gaya ke atas yang dikerjakan udara pada balon

$$F_a = V_b \rho_f g$$

$$= (50)(1,3)(9,8)$$

$$= 637 \text{ N}$$

Gaya angkat balon sama dengan selisih antara gaya apung dan berat benda. Jadi, gaya angkat balon F adalah

$$F = F_a - w$$

$$= 637 - (4)(9,8)$$

$$= 597,8 \text{ N}$$

Jawaban: C

39. Jari-jari $r = 0,0010 \text{ cm} = 1 \times 10^{-5} \text{ m}$

Sudut kontak $\theta = 0^\circ$

Tegangan permukaan air

$$\gamma = 0,072 \text{ N/m}$$

Massa jenis $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$

Kenaikan zat cair dihitung dengan persamaan

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

$$h = \frac{2(0,072) \cos 0^\circ}{(1.000)(9,8)(10^{-5})}$$

$$h = \frac{0,144}{0,098} = 1,47 \text{ m} = 1,5 \text{ m}$$

Jadi, air akan naik sampai ketinggian $1,5 \text{ m}$.

Perhatikan, untuk zat cair meniskus cekung (misalnya air) sudut kontak θ adalah *lancip*. Perbandingan $\cos \theta$

pada persamaan $h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$

bernilai positif, sehingga h bernilai positif berarti zat cair naik. Untuk zat cair meniskus cembung (misalnya raksa), sudut kontak θ adalah *tumpul*. Perbandingan $\cos \theta$ pada persamaan:

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r} \text{ bernilai negatif}$$

sehingga h bernilai negatif berarti zat cair turun.

Jawaban: D

B. Esai

1. a. Tekanan hidrostatik yang dialami ikan:

$$P_h = \rho gh$$

$$P_h = (1.000)(10)(15)$$

$$P_h = 150.000 = 1,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

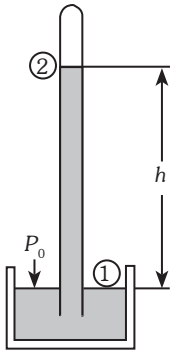
- b. Tekanan total yang dialami ikan:

$$P = P_h + P_0$$

$$P = (1,5 \times 10^5) + (10^5)$$

$$= 2,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

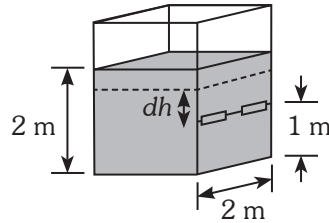
$$2. \quad h = \frac{P_0}{\rho g} = \frac{1,013 \times 10^5}{(0,984 \times 10^3)(9,80)} \\ = 1,05 \text{ m}$$



Tidak. Beberapa alkohol dan air akan menguap. Tekanan uap alkohol dan air yang seimbang lebih tinggi daripada tekanan uap raksa.

3. Udara luar dan air di dalam keduanya memberikan tekanan atmosfer, sehingga hanya kelebihan tekanan air ρgh dihitung untuk gaya neto. Ambil elemen garis antara kedalaman h dan $h + dh$. Gayanya adalah

$$dF = P dA = \rho gh(2 dh).$$



- a. Gaya total:

$$F = \int dF = \int_1^2 2\rho gh dh$$

$$F = 2\rho g \left[\frac{h^2}{2} \right]_1^2 \\ = (1.000)(10) \frac{2}{2} (2^2 - 1^2) \\ = 30 \text{ kN ke kanan}$$

- b. Lengan pengungkit dF adalah jarak $(h - 1)$ m dari engsel ke lajur:

$$\tau = \int d\tau = \int_1^2 \rho gh(2)(h-1) dh$$

$$\tau = \rho g(2) \int_1^2 (h^2 - h) dh$$

$$\tau = \rho g(2) \left[\frac{h^3}{3} - \frac{h^2}{2} \right]_1^2$$

$$\tau = (1.000)(10)(2) \left(\frac{7}{3} - \frac{3}{2} \right)$$

$$= 16,7 \text{ kN berlawanan arah jarum jam}$$

4. $d_1 : d_2 = 1 : 50$; $F_2 = 35.000 \text{ N}$; $F_1 = ?$

$$F_1 = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 \times F_2 = \left(\frac{1}{50} \right)^2 \times 35.000 \\ = \frac{35.000}{2500} = 14 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 5. \quad F_1 &= F \\
 F_2 &= w_{\text{batu}} = (1.000)(10) = 10.000 \text{ N} \\
 A_1 : A_2 &= 1 : 250 \\
 \frac{F_1}{A_1} &= \frac{F_2}{A_2} \\
 \frac{F}{1} &= \frac{10.000}{250} \\
 F &= 40 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 6. \quad r_1 &= 2 \text{ cm} \\
 r_2 &= 18 \text{ cm} \\
 w &= mg = 810 \text{ N} \\
 F_1 &= \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \times F_2 \\
 F &= \left(\frac{2}{18} \right)^2 \times 810 \\
 &= \left(\frac{1}{9} \right)^2 \times 810 = 10 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 7. \quad D_1 : D_2 &= 1 : 25 \\
 F_2 &= 12.000 \text{ N} \\
 \frac{F_1}{F_2} &= \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \\
 F_1 &= \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \times F_2 \\
 &= \left(\frac{1}{25} \right)^2 \times 12.000 \\
 &= \frac{12.000}{625} = 19,2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

8. Tekanan titik-titik pada cairan yang berada pada garis horizontal seperti ditunjukkan gambar adalah sama.

$$\begin{aligned}
 P_{\text{raksa}} &= P_{\text{minyak}} \\
 \rho_1 g h_1 &= \rho_2 g h_2 \\
 \rho_1 h_1 &= \rho_2 h_2 \\
 (13,6)(h_1) &= (0,8)(27,2) \\
 h_1 &= \frac{(0,8)(27,2)}{(13,6)} = 1,6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

9. Tekanan hidrostatik di titik A sama dengan tekanan hidrostatik di titik B.

$$\begin{aligned}
 P_A &= P_B \\
 \rho_a h_a g &= \rho_m h_m g \\
 \rho_a h_a &= \rho_m h_m \\
 1.000 \cdot h_a &= 800 \cdot 10 \\
 h_a &= 8 \text{ cm} \\
 \Delta h &= 10 - 8 = 2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 10. \quad P_A &= P_B \\
 P_1 &= P_2 + P_3 \\
 \rho_1 g h_1 &= \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 \\
 \rho_1 h_1 &= \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3 \\
 \text{sehingga}
 \end{aligned}$$

$$\rho_1 = \frac{\rho_2 h_2 + \rho_3 h_3}{h_1}$$

$$\begin{aligned}
 11. \quad P_A &= P_B \\
 P_1 + P_4 &= P_2 + P_3 \\
 \rho_1 g h_1 + \rho_4 g h_4 &= \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 \\
 \rho_1 h_1 + \rho_4 h_4 &= \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3 \\
 \rho_1 h_1 &= \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3 - \rho_4 h_4 \\
 \text{sehingga}
 \end{aligned}$$

$$\rho_1 = \frac{\rho_2 h_2 + \rho_3 h_3 - \rho_4 h_4}{h_1}$$

12. Gaya ke atas (gaya Archimedes) tidak bergantung pada berat benda, melainkan bergantung pada berat zat cair yang dipindahkan. Berat zat cair yang dipindahkan itu bergantung pada massa jenis zat cair, volume benda yang tercelup, dan percepatan gravitasi.

13. Hal ini karena massa jenis air laut lebih besar daripada massa jenis air sungai sehingga memberikan gaya Archimedes (gaya ke atas) yang lebih besar sesuai dengan rumus gaya Archimedes.

14. Besi pejal tenggelam karena besi pejal memiliki berat yang tidak dapat diimbangi oleh gaya Archimedes yang diakibatkan oleh massa jenis besi lebih besar daripada massa jenis air. Adapun besi berongga, adanya penambahan volume oleh rongga udara menyebabkan volume yang tercelup bertambah dan ini mengakibatkan gaya ke atas (gaya Archimedes) bertambah besar sehingga mampu mengimbangi gaya berat benda.

15. Cari volume benda dengan rumus:

$$V = \frac{m - m'}{\rho_f} = \frac{400 - 325}{1} = 75 \text{ cm}^3$$

Lalu dipakai lagi rumus ini untuk cairan

$$\begin{aligned}\rho_f &= \frac{m - m'}{V} = \frac{400 - 225}{75} \\ &= \frac{175}{75} = 2,33 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

16. Pertama, cari volume bongkahan emas tersebut dengan:

$$\begin{aligned}V &= \frac{m - m'}{\rho_f} = \frac{12,8 - 11,5}{1.000} \\ &= 1,3 \times 10^{-3} \text{ m}^3\end{aligned}$$

Lalu cari massa jenis bongkahan emas

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} = \frac{12,8}{1,3 \times 10^{-3}} \\ &= 9.846 \text{ kg/m}^3 \text{ (bukan emas murni)}\end{aligned}$$

- 17.

$$\begin{aligned}F_A &= w_O + w_B \\ \rho_f V g &= m_O g + m_B g \\ 1.000 \cdot 5 \times 10^{-2} &= m_O + 2 \\ 50 &= m_O + 2 \\ m_O &= 48 \text{ kg}\end{aligned}$$

- 18.

$$\begin{aligned}F_A &= w_{\text{balon}} + w_{\text{gas}} + w_{\text{beban}} \\ \rho_f V g &= m_{\text{balon}} \cdot g + \rho_g V g + m_{\text{beban}} \cdot g \\ 1,1 \cdot 500 &= 225 + 0,1 \cdot 500 + m_{\text{beban}} \\ 550 - 50 - 225 &= m_{\text{beban}} \\ m_{\text{beban}} &= 275 \text{ kg}\end{aligned}$$

19. Gaya-gaya yang bekerja pada kotak, yaitu gaya berat yang berarah ke bawah dan gaya apung (gaya Archimedes) dengan arah ke atas. Kedua gaya dalam kondisi seimbang.

$$\begin{aligned}w_b &= F_A \\ m_b g &= \rho_f g V_f \\ \rho_b g V_b &= \rho_f g V_f \\ \rho_b V_b &= \rho_f V_f \\ \rho_b V_b &= (0,75)(0,8) V_b \\ \rho_b &= 0,6 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

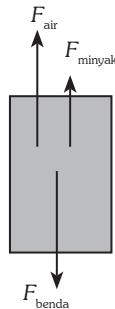
20. $m_b = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg}$

$$m_f = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg (dari gelas ukur)}$$

Berat benda dalam fluida (berat semu) adalah berat benda di udara dikurangi gaya angkat (Archimedes) yang diterima benda. Besarnya gaya angkat sama besar dengan berat fluida yang dipindahkan yaitu berat dari 200 mL air = berat dari 200 gram air (ingat massa jenis air = $1 \text{ g/cm}^3 = 1.000 \text{ kg/m}^3$).

$$\begin{aligned}w_f &= w - F_A \\ w_f &= m_b g - m_f g \\ w_f &= (0,5)(10) - (0,2)(10) = 3 \text{ N}\end{aligned}$$

21. Gaya-gaya yang bekerja pada balok:



Berat benda:

$$w = mg$$

Karena massa benda belum diketahui, masukkan $m = \rho V_B$ sehingga $w = \rho V_B g$, dengan V_B adalah volume balok.

Gaya ke atas yang bekerja pada balok oleh air:

$$F_a = \rho_a V_a g$$

dengan V_a adalah volume air yang dipindahkan atau didesak oleh balok ($50\%V = 0,5V_B$).

Gaya ke atas yang bekerja pada balok oleh minyak:

$$F_m = \rho_m V_m g$$

dengan V_m adalah volume minyak yang dipindahkan atau didesak oleh balok ($30\%V_B = 0,3V_B$).

Dengan demikian,

$$w_{\text{benda}} = F_{\text{air}} + F_{\text{minyak}}$$

$$\rho_B g V_B = \rho_a g V_a + \rho_m g V_m$$

$$\rho_B V_B = \rho_a V_a + \rho_m V_m$$

$$\rho_B = \frac{\rho_a V_a + \rho_m V_m}{V_B}$$

$$\rho_B = \frac{1 \cdot 0,5V_B + 0,8 \cdot 0,3V_B}{V_B}$$

$$\rho_B = \frac{0,74V_B}{V_B} = 0,74 \text{ g/cm}^3$$

22. Pertama, perlu diketahui besar gaya apung yang diterima mahkota tersebut.

$$F_a = w_{\text{benda}} - w_{\text{benda tercelup}} \\ = 8 \text{ N} - 7 \text{ N} = 1 \text{ N}$$

Kemudian, dapat dicari massa jenis mahkota tersebut.

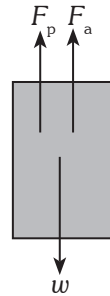
$$\frac{\rho_{\text{benda}}}{\rho_{\text{air}}} = \frac{w_{\text{benda}}}{F_a}$$

$$\rho_{\text{benda}} = \frac{w_{\text{benda}} \times \rho_{\text{air}}}{F_a}$$

$$\rho_{\text{benda}} = \frac{8 \times 1.000}{1} = 8.000 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, massa jenis mahkota raja adalah 8.000 kg/m^3 . Jika mahkota tersebut terbuat dari emas murni seharusnya memiliki massa jenis sebesar 19.300 kg/m^3 . Oleh karena itu, Archimedes seharusnya memberitahukan kepada raja bahwa mahkota tersebut tidak terbuat dari emas murni.

23. Gaya-gaya yang bekerja pada balok, yaitu gaya berat balok $w = m_b g$ (arahnya ke bawah), gaya angkat yang berasal dari air $F_a = \rho_a g V_a$ (arahnya ke atas), dan gaya pegas $F_p = k \Delta x$ (arahnya ke atas). Ketiganya dalam keadaan seimbang.



Karena seluruh balok berada di dalam air, maka volume air yang dipindahkan sama dengan volume balok. Massa jenis air $\rho_a = 1.000 \text{ kg/m}^3$ dan $g = 10 \text{ m/s}^2$ diperoleh hasil:

$$F_p + F_a = w$$

$$k \Delta x + \rho_a g V_a = m_b g$$

$$140 \Delta x + 1.000(10)(5 \times 10^{-4}) = 4(10)$$

$$140 \Delta x + 5 = 40$$

$$140 \Delta x = 35$$

$$\Delta x = \frac{35}{140}$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$= 25 \text{ cm}$$

24. Ketika balon dalam keadaan seimbang:

$$\sum F_y = B - F_{g, \text{balon}} - F_{g, \text{helium}} - F_{g, \text{kawat}} =$$

$$F_{g, \text{kawat}} = \text{berat kawat di atas tanah}$$

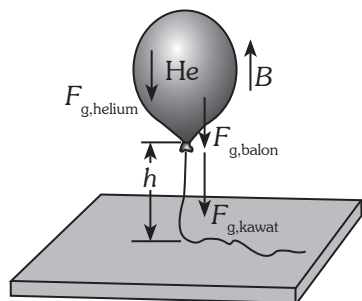
$$B = \text{gaya apung}$$

$$F_{g, \text{balon}} = m_{\text{balon}} g$$

$$F_{g, \text{helium}} = \rho_{\text{helium}} Vg$$

$$B = \rho_{\text{udara}} Vg$$

$$F_{g, \text{kawat}} = m_{\text{kawat}} \frac{h}{L} g$$



Oleh karena itu, kita mempunyai:

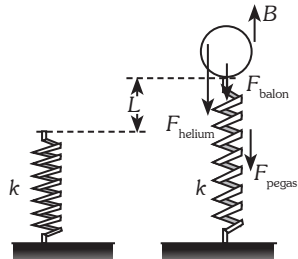
$$\rho_{\text{udara}} Vg - m_{\text{balon}}g - \rho_{\text{He}} Vg - m_{\text{kawat}} \frac{h}{L} g = 0$$

$$\text{atau } h = \frac{(\rho_{\text{udara}} - \rho_{\text{He}})V - m_{\text{balon}}}{m_{\text{kawat}}} L$$

$$h = \frac{(1,29 - 0,179) \left(\frac{4\pi(0,4 \text{ m})^3}{3} \right) - 0,25}{0,05} \quad (2)$$

$$= 1,91 \text{ m}$$

25. Pada keadaan seimbang,



$$\sum F_y = 0$$

$$B - F_{\text{pegas}} - F_{g, \text{helium}} - F_{g, \text{balon}} = 0$$

yang memberikan:

$$F_{\text{pegas}} = kL = B - (m_{\text{helium}} + m_{\text{balon}}) g$$

$B = \text{Berat udara dipindahkan} =$

$$\rho_{\text{udara}} Vg \text{ dan } m_{\text{helium}} = \rho_{\text{helium}} V$$

Oleh karena itu, kita mempunyai

$$kL = \rho_{\text{udara}} Vg - \rho_{\text{helium}} Vg - m_{\text{balon}} g$$

$$L = \frac{(\rho_{\text{udara}} - \rho_{\text{helium}})V - m_{\text{balon}}}{k} g$$

Dari data yang diberikan:

$$L = \frac{(1,29 - 0,18)5 - 2 \times 10^{-3}}{90} (9,8)$$

$$= 0,604 \text{ m}$$

26. a. Gaya angkat ke atas diimbangi oleh berat bola,

$$m_1 g = \rho Vg = \rho \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right) g$$

Dalam masalah ini,

$\rho = 0,78945 \text{ g/cm}^3$ pada suhu 20°C dan $R = 1 \text{ cm}$ maka

$$m_1 = \rho \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right)$$

$$= (0,78945) \left[\frac{4}{3} \pi (1)^3 \right]$$

$$= 3,305 \text{ g}$$

- b. Mengikuti cara yang sama dengan bagian a, dengan $\rho' = 0,78097 \text{ g/cm}^3$ pada suhu 30°C , maka

$$m_2 = \rho' \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right)$$

$$= (0,78097) \left[\frac{4}{3} \pi (1)^3 \right]$$

$$= 3,270 \text{ g}$$

- c. Ketika bola pertama diam di dasar tabung $N + B = F_{g1} = m_1 g$, dengan N adalah gaya yang normal.

$$\text{Karena } B = \rho' V g$$

$$N = m_1 g - \rho' V g$$

$$= \left[3,307 \text{ g} - (0,78097 \text{ g/cm}^3)(1 \text{ cm})^3 \right] 980 \text{ cm/s}^2$$

$$N = 2,475 \text{ g cm/s}^2 = 2,48 \times 10^{-2} \text{ N}$$

27. Kondisi seimbang ketika berat asli benda yang diukur sama dengan berat asli anak timbangan.

$$F_g - B = F'_g - B'$$

dengan B' dan B adalah gaya apung pada benda dan anak timbangan. Gaya apung yang dialami oleh objek volume V di udara sama.

$$\text{Gaya apung} = V \rho_{\text{udara}} g$$

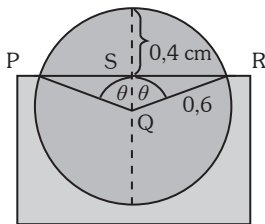
Jadi, kita memiliki:

$$B = V \rho_{\text{udara}} g \text{ dan } B' = \rho_{\text{udara}} g \left(\frac{F'_g}{\rho g} \right)$$

Oleh karena itu,

$$F_g = F'_g + \left(V - \frac{F'_g}{\rho g} \right) \rho_{\text{udara}} g$$

28. Luas penampang di atas permukaan air.



$$SQ = 0,6 - 0,4 = 0,2 \text{ cm}$$

$$\cos \theta = \frac{SQ}{PQ} = \frac{0,2}{0,6} = \frac{1}{3}$$

$$\theta = 70,5^\circ$$

$$2\theta = 141^\circ$$

$$PS = QR \sin \theta = 0,6(0,94) = 0,56$$

Dengan demikian,

$$A_{\text{atas}} = A_{\text{juring}} - A_{\text{PQR}}$$

$$= \frac{141^\circ}{360^\circ} \pi (0,6)^2 - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot 0,56 \cdot 0,2 \right)$$

$$= 0,44 - 0,11 = 0,33 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{seluruhnya}} = \pi (0,6)^2 = 1,13 \text{ cm}^2$$

Syarat terapung, $F_A = w$

$$\rho_{\text{air}} g A_{\text{bawah}} = \rho_{\text{kayu}} A_{\text{seluruhnya}} g$$

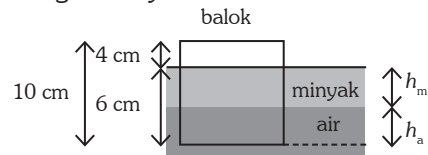
$$\rho_{\text{kayu}} = \frac{1,13 - 0,33}{1,13} = 0,708 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 708 \text{ kg/m}^3$$

29. Nyamuk yang hinggap di permukaan air tidak tenggelam. Nyamuk dapat menahan tekanan yang diberikan oleh air atau nyamuk menekan kaki-kaki panjang yang tipis di atas sejenis kulit kenyal pada permukaan air. Ketika kaki-kaki nyamuk menekan air, lubang kecil terbentuk di permukaan air. Dengan cara ini, nyamuk membagi bobot tubuhnya di atas wilayah yang sangat luas.

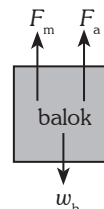
$$30. \rho_b = 0,5 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_m = 0,8 \text{ g/cm}^3$$

Kubus dalam air setelah dituang dengan minyak:



Gaya-gaya yang bekerja pada balok, yaitu berat balok (w_b), gaya angkat oleh air (F_a), dan gaya angkat oleh minyak (F_m) dalam keadaan seimbang.



Jika A adalah luas penampang bawah balok, dan ketebalan minyak dimisalkan x , maka

$$F_a + F_m = w_b$$

$$\rho_a V_a + \rho_m V_m = \rho_b V_b$$

$$\rho_a A h_a + \rho_m A h_m = \rho_b A h_b$$

$$(1)(A)(6-x) + (0,8)(A)(x) = 0,5(A)10$$

$$6-x+0,8x=5$$

$$1=0,2x$$

$$10=2x$$

$$x=5$$

Tebal minyak 5 cm, dan tebal air 1 cm sehingga

$$P = P_0 + P_m + P_a$$

$$P = P_0 + \rho_m g h_m + \rho_a g h_a$$

$$P = (1,013 \times 10^5) + 800(10) \left(\frac{5}{100} \right)$$

$$+ 1.000(10) \left(\frac{1}{100} \right)$$

$$P = (1,013 \times 10^5) + 500 = (101,3 + 0,5)10^3$$

$$P = 101,8 \times 10^3 \text{ Pa} = 101,8 \text{ kPa}$$

$$31. \rho = 0,8 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ kg/m}^3;$$

$$r = 1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m};$$

$$h = 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m};$$

$$\theta = 60^\circ$$

$$\gamma = \frac{\rho g h r}{2 \cos \theta}$$

$$= \frac{800 \cdot 10 \cdot 0,04 \cdot 0,001}{2 \cos 60^\circ}$$

$$= 0,32 \text{ N/m}$$

$$32. d = 0,5 \text{ mm}$$

$$\rightarrow r = 0,25 \text{ mm} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\gamma = 0,25 \text{ N/m}$$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\rho = 0,8 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r} = \frac{2 \cdot 0,25 \cdot \cos 0^\circ}{800 \cdot 10 \cdot 2,5 \times 10^{-4}}$$

$$= \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

$$33. r = 0,8 \text{ mm} = 0,8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\cos \theta = 0,55$$

$$\gamma = 0,072 \text{ N/m}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_{\text{air}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

Rumus kenaikan zat cair pada suatu pipa kapiler:

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

$$h = \frac{2 \times 0,072 \times 0,55}{1.000 \times 10 \times 0,8 \times 10^{-3}}$$

$$= \frac{0,0792}{8}$$

$$= 0,0099 \text{ m} = 9,9 \text{ mm}$$

$$34. r = 0,5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\eta = 110 \times 10^{-3} \text{ N s/m}^2$$

$$v = 5 \text{ m/s}$$

Benda yang bergerak dalam fluida akan mengalami gesekan. Besar gesekan yang terjadi jika benda bentuknya bola dirumuskan:

$$F_f = 6\pi r \eta v$$

sehingga besarnya gesekan

$$F_f = 6\pi (5 \times 10^{-3}) (110 \times 10^{-3}) (5)$$

$$= 16.500\pi \times 10^{-6} = 1,65\pi \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$35. \text{Mimis kecil berbentuk bola.}$$

$$r = 5,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\rho_b = 2.700 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_f = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 110 \times 10^{-3} \text{ N s/m}^2$$

$$v_T = \dots?$$

Kecepatan terbesar yang dicapai mimis kecil dalam fluida adalah

$$v_T = \frac{2r^2 g}{9\eta} (\rho_b - \rho_f)$$

sehingga:

$$v_T = \frac{2(5,5 \times 10^{-3})^2 (10)}{9 \times 110 \times 10^{-3}} (2.700 - 800)$$

$$= \frac{2 \times 30,25 \times 10^{-5}}{990 \times 10^{-3}} (1.900)$$

$$= 116,2 \times 10^{-2} = 1,16 \text{ m/s}$$

36. $\rho_{\text{kelereng}} = 0,9 \text{ g/cm}^3 = 900 \text{ kg/m}^3$

$r = 1,5 \text{ cm} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ m}$

$\rho_{\text{oli}} = 0,8 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ kg/m}^3$

$\eta = 0,03 \text{ Pa s}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

$$v = \frac{2r^2 g}{9\eta} (\rho_{\text{kelereng}} - \rho_{\text{oli}})$$

$$= \frac{2(1,5 \times 10^{-2})^2 10}{9(0,03)} (900 - 800)$$

$$= 1,67 \text{ m/s}$$

37. $v = 0,8 \text{ cm/s} = 8 \times 10^{-3} \text{ m/s};$

$r = 0,3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-3} \text{ m};$

$\rho_f = 4 \text{ g/cm}^3 = 4.000 \text{ kg/m}^3;$

$\rho_b = 9 \text{ g/cm}^3 = 9.000 \text{ kg/m}^3;$

$$\eta = \frac{2(\rho_b - \rho_f)r^2 g}{9v}$$

$$= \frac{2(9.000 - 4.000)9 \times 10^{-6} \cdot 10}{9 \cdot 8 \times 10^{-3}}$$

$$= 12,5 \text{ N s/m}^2$$

38. $m \Rightarrow \text{kg}$

$d \Rightarrow \text{m}$

$v \Rightarrow \text{m/s}$

$$\eta \Rightarrow \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{s} = \frac{\text{kg m/s}^2}{\text{m}^2} \cdot \text{s} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

Gunakan analisis dimensi

$$\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} = \frac{\text{kg m/s}}{\text{m}^2}$$

Jadi, $\eta = \frac{mv}{d^2}$

39. $\rho \Rightarrow \text{kg/m}^3; v \Rightarrow \text{m/s}; w \Rightarrow \text{m}$

Wingspan (ϕ) atau gaya angkat per satuan panjang sayap memiliki satuan

$$\frac{\text{gaya}}{\text{panjang}} \Rightarrow \frac{\text{N}}{\text{m}} = \frac{\text{kg m/s}^2}{\text{m}} = \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{s}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \text{ m}$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

$$\phi = \rho \quad v^2 \quad w$$

Jadi, $\phi = \rho v^2 w$

PEMBAHASAN

PENILAIAN TENGAH SEMESTER

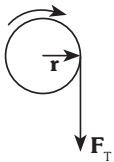
1

A. Pilihan Ganda

1. Torsi yang dihasilkan adalah
 $\tau = rF = (0,2)(20) = 4 \text{ N m}$

Jawaban: D

2. Gaya tarik F_T bersinggungan dengan katrol dan tegak lurus terhadap vektor jari-jari r pada titik kontak.



Jadi, torsi yang dihasilkan oleh gaya tarik ini adalah

$$\tau = rF_T = (0,05)(40) = 2 \text{ N m}$$

Jawaban: D

3. Berat kotak menarik tali ke bawah sehingga menghasilkan tegangan yang menciptakan torsi pada katrol.

$$\begin{aligned}\tau &= rF = rm g \\ &= 0,5(5)(10) = 25 \text{ N m}\end{aligned}$$

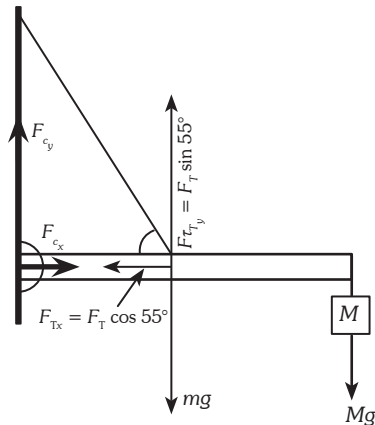
Jawaban: B

4. Torsi F_1 berlawanan arah jarum jam, dan torsi F_2 searah jarum jam. Gunakan perjanjian tanda, yaitu torsi yang berlawanan arah jarum jam bertanda positif, sementara torsi searah jarum jam bertanda negatif.
 $\tau_1 = +r_1F_1 = +(0,12)(100) = +12 \text{ N m}$
 $\tau_2 = -r_2F_2 = -(0,08)(80) = -6,4 \text{ N m}$
 Torsi total adalah jumlah dari semua torsi. Jadi,

$$\begin{aligned}\tau_{\text{total}} &= \Sigma \tau = \tau_1 + \tau_2 \\ &= 12 + (-6,4) = +5,6 \text{ N m}\end{aligned}$$

Jawaban: E

5. Perhatikan diagram gaya berikut.



F_C adalah gaya (kontak) yang diberikan oleh dinding pada batang. Perhatikan, Anda dapat menulis F_C dalam komponen horizontal, F_{Cx} , dan komponen vertikal, F_{Cy} . Juga, jika F_T adalah tegangan dalam kawat, maka $F_{Tx} = F_T \cos 55^\circ$ dan $F_{Ty} = F_T \sin 55^\circ$ adalah komponen-komponennya.

Jumlah gaya pada sumbu-X:

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow F_{Cx} - F_T \cos 55^\circ = 0 \dots (1)$$

Jumlah gaya pada sumbu-Y:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{Cy} + F_T \sin 55^\circ - mg - Mg = 0 \dots (2)$$

Ambil torsi berlawanan arah jarum jam positif dan torsi searah jarum jam negatif.

$$\Sigma \tau = 0$$

$$\frac{L}{2} F_{Ty} - \frac{L}{2} mg - LMg = 0 \dots (3)$$

$$F_{Ty} = mg + 2Mg = (m + 2M)g$$

Karena $F_{Ty} = F_T \sin 55^\circ$, didapatkan
 $F_T \sin 55^\circ = (m + 2M)g$

$$F_T = \frac{(m + 2M)g}{\sin 55^\circ}$$

Substitusi hasil ini ke persamaan (1) sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} F_{Cx} &= F_T \cos 55^\circ \\ &= \frac{(m + 2M)g}{\sin 55^\circ} \cos 55^\circ \\ &= (m + 2M)g \cot 55^\circ \\ &= (8 + 2 \times 12)10 \cot 55^\circ \\ &= 224 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari persamaan (2) didapatkan

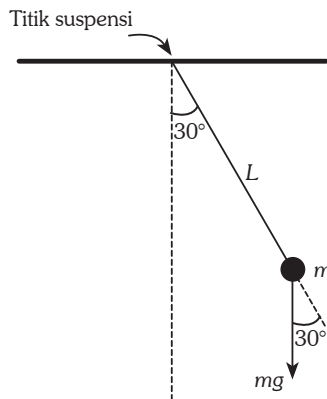
$$\begin{aligned} F_{Cy} &= mg + Mg - F_T \sin 55^\circ \\ F_{Cy} &= mg + Mg - \frac{(m + 2M)g}{\sin 55^\circ} \sin 55^\circ \\ &= mg + Mg - mg - 2Mg \\ &= -Mg = 12(10) = 120 \text{ N} \end{aligned}$$

Besar gaya total yang diberikan oleh dinding pada batang adalah

$$\begin{aligned} F_C &= \sqrt{F_{Cx}^2 + F_{Cy}^2} \\ &= \sqrt{224^2 + 120^2} \\ &= 254 \text{ N} \end{aligned}$$

Jawaban: B

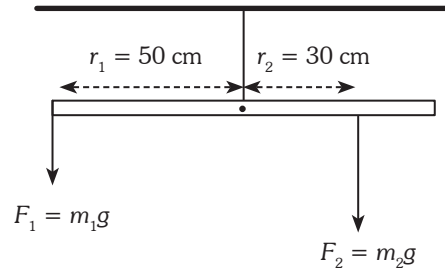
6. Diagram gaya:



$$\begin{aligned} \tau &= rF \sin \theta = Lmg \sin \theta \\ &= (0,8)(0,5)(10)(\sin 30^\circ) = 2 \text{ N m} \end{aligned}$$

Jawaban: E

7. Tongkat akan tetap diam dalam posisi horizontal jika torsi pada titik suspensi seimbang.

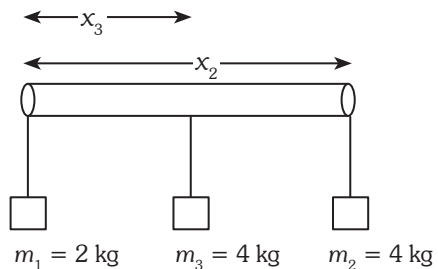


Secara singkat untuk dua gaya,
 Torsi berlawanan arah jarum jam =
 torsi searah jarum jam

$$\begin{aligned} \tau_1 &= \tau_2 \\ r_1 F_1 &= r_2 F_2 \\ r_1 m_1 g &= r_2 m_2 g \\ m_2 &= \frac{r_1}{r_2} \times m_1 \\ &= \frac{50}{30} \times 3 = 5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jawaban: B

8. Supaya seimbang, tali dapat dipasangkan pada pusat massa sistem.

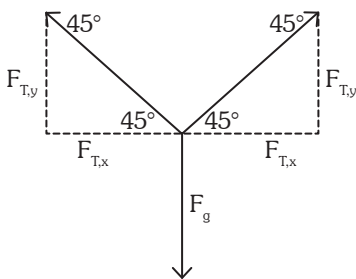


Pusat massa sistem dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pusat massa dengan sisi paling kiri sebagai acuan.

$$\begin{aligned}
 x_0 &= \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + x_3 m_3}{m_1 + m_2 + m_3} \\
 &= \frac{(0 \cdot 2) + (1,5 \cdot 4) + (0,75 \cdot 4)}{2 + 4 + 4} \\
 &= \frac{9}{10} = 0,9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jawaban: C

9. Jika sistem berada dalam keseimbangan, maka gaya total yang bekerja pada massa sama dengan nol. Dalam arah vertikal, gaya yang bekerja pada massa adalah gaya berat dan komponen vertikal dari dua gaya tarik.



$$\begin{aligned}
 \Sigma F_y &= 0 \\
 2F_{T,y} - F_g &= 0 \\
 2F_T \sin 45^\circ &= mg \\
 F_T &= \frac{mg}{2 \sin 45^\circ} \\
 &= \frac{(10)(10)}{2 \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \right)} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 70,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jawaban: B

10. Mulailah dengan menghitung pusat massa untuk sistem dengan dua massa.

$$\begin{aligned}
 x_{0,\text{awal}} &= \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2}{m_1 + m_2} \\
 &= \frac{(0 \cdot 3) + (1 \cdot 5)}{3 + 5} = \frac{5}{8} = 0,625 \text{ m}
 \end{aligned}$$

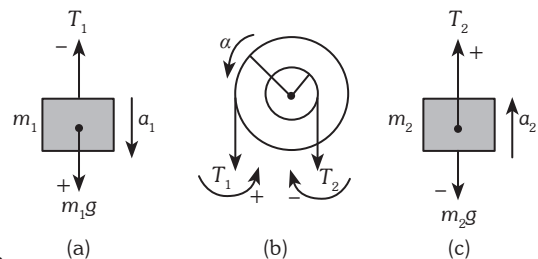
Selanjutnya, hitung pusat massa sistem yang baru dengan penambahan massa ketiga.

$$\begin{aligned}
 x_{0,\text{akhir}} &= \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + x_3 m_3}{m_1 + m_2 + m_3} \\
 &= \frac{(0 \cdot 3) + (1 \cdot 5) + (0,5 \cdot 2)}{3 + 5 + 2} \\
 &= \frac{6}{10} = 0,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi, pusat massa sistem bergeser ke kiri sebesar $0,625 - 0,6 = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$.

Jawaban: B

11. Perhatikan gambar. Sistem katrol bergerak berlawanan arah jarum jam. Artinya, benda bermassa m_1 akan bergerak ke bawah dan benda bermassa m_2 akan bergerak ke atas. Oleh karena itu, untuk benda m_1 kita tetapkan arah ke bawah sebagai positif, dan untuk benda m_2 kita tetapkan arah ke atas sebagai positif. Tinjau diagram gaya pada benda m_1 pada Gambar (a) dan benda m_2 pada Gambar (c).



Hukum II Newton untuk gerak translasi m_1 dan m_2 memberikan:

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= m_1 a_1 \\
 +m_1 g - T_1 &= m_1 a_1 \\
 T_1 &= m_1 g - m_1 a_1 \quad \dots (*) \\
 \Sigma F &= m_2 a_2 \\
 +T_2 - m_2 g &= m_2 a_2 \\
 T_2 &= m_2 a_2 + m_2 g \quad \dots (**)
 \end{aligned}$$

Tinjau diagram gaya pada katrol dalam Gambar (b). Tetapkan arah berlawanan arah jarum jam, sesuai arah gerakan katrol adalah positif maka gaya T_1 menghasilkan momen $+T_1 r_1$ (berlawanan arah jarum jam) dan gaya T_2 menghasilkan momen $-T_2 r_2$ (searah jarum jam). Hukum II Newton untuk gerak rotasi memberikan:

$$\sum \tau = I\alpha$$

$$+T_1 r_1 - T_2 r_2 = I\alpha \dots (***)$$

Kedua katrol terletak pada satu pusat yang sama, artinya kedua katrol memiliki kecepatan sudut (ω) dan percepatan sudut (α) yang sama. Karena jari-jari kedua katrol tidak sama, $r_1 \neq r_2$, maka percepatan linier benda m_1 tidak sama dengan percepatan linier benda m_2 , $a_1 \neq a_2$ sehingga

$$a_1 = a_2 = \alpha, \text{ dengan } a_1 = ar_1 \text{ dan}$$

$$a_2 = ar_2.$$

Substitusikan persamaan (*) dan (**) ke persamaan (***) sehingga

$$+T_1 r_1 - T_2 r_2 = I\alpha$$

$$(m_1 g - m_1 a_1) r_1 - (m_2 a_2 + m_2 g) r_2 = I\alpha$$

$$(m_1 g - m_1 \alpha r_1) r_1 - (m_2 \alpha r_2 + m_2 g) r_2 = I\alpha$$

$$m_1 g r_1 - m_1 \alpha r_1^2 - m_2 \alpha r_2^2 - m_2 g r_2 = I\alpha$$

$$m_1 g r_1 - m_2 g r_2 = I\alpha + m_1 \alpha r_1^2 + m_2 \alpha r_2^2$$

$$g(m_1 r_1 - m_2 r_2) = \alpha (I + m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2)$$

$$\alpha = \frac{(m_1 r_1 - m_2 r_2)}{(I + m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2)} g$$

Dengan demikian,

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{(4 \cdot 0,5) - (2,5 \cdot 0,2)}{1,9 + (4 \cdot 0,25) + (2,5 \cdot 0,04)} \times 10 \\ &= \frac{(2 - 0,5)10}{1,9 + 1 + 0,1} = \frac{15}{3} = 5 \text{ rad/s}^2 \end{aligned}$$

Untuk mencari tegangan tali T_1 dan T_2 , tentukan nilai a_1 dan a_2 terlebih dahulu.

$$a_1 = ar_1 = 5(0,5) = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$a_2 = ar_2 = 5(0,2) = 1,0 \text{ m/s}^2$$

Jadi,

$$\begin{aligned} T_1 &= m_1 g - m_1 a_1 \\ &= 4(10) - 4(2,5) = 30 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= m_2 a_2 + m_2 g \\ &= 2,5(1) + 2,5(10) = 27,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Jawaban: C

12. Karena massa bola berongga didistribusikan lebih jauh dari sumbu yang berputar, bola berongga memiliki inersia rotasi yang lebih besar daripada bola padat. Akibat inersia rotasi yang lebih kecil, bola padat mengalami percepatan sudut yang lebih besar dan mencapai bagian bawah bidang miring terlebih dahulu.

Jawaban: D

13. $F = w$
 $k\Delta x = mg$
 $k(0,1) = 45(10)$
 $k = 4.500 \text{ N/m}$

Jawaban: E

14. Gaya elastik (gaya pegas):
 $F = k\Delta x \Rightarrow k = \frac{F}{\Delta x}$
 Analisis tiap pilihan jawaban.

- A. $k = \frac{50}{10} = 5 \text{ N/m}$
 B. $k = \frac{50}{0,1} = 500 \text{ N/m}$
 C. $k = \frac{5}{0,1} = 50 \text{ N/m}$
 D. $k = \frac{500}{0,1} = 5.000 \text{ N/m}$
 E. $k = \frac{500}{10} = 50 \text{ N/m}$

Konstanta elastisitas terbesar dimiliki oleh pegas pada pilihan jawaban D.

Jawaban: D

15. Pegas yang digunakan sama sehingga konstanta pegasnya juga sama. Dengan demikian, berlaku:

$$\frac{F_1}{\Delta x_1} = \frac{F_2}{\Delta x_2}$$

$$\frac{100}{5} = \frac{25}{\Delta x_2}$$

$$\Delta x_2 = \frac{25(5)}{100} = 1,25 \text{ m}$$

Jawaban: D

16. $\Delta x = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$
 $W = 0,16 \text{ J}$
 Usaha pegas adalah selisih energi potensial pegas, dari $\Delta x = 0$ menjadi $\Delta x = 0,04 \text{ m}$.

$$W = \Delta EP$$

$$W = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$$

$$0,16 = \frac{1}{2}k(0,04 - 0)^2$$

$$k = 200 \text{ N/m}$$

Gaya pegas dengan pertambahan panjang 2 cm adalah $\Delta x = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$

$$F = k\Delta x$$

$$F = 200(0,02) = 4 \text{ N}$$

Jawaban: E

17. Kawat logam mengalami pertambahan panjang akibat suatu gaya. Gaya tersebut dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$E = \frac{F\ell}{A\Delta\ell}$$

$$F = \frac{EA\Delta\ell}{\ell}$$

$$= \frac{7 \times 10^{10} (10^{-6}) (0,1 \times 10^{-2})}{1} = 70 \text{ N}$$

Jawaban: E

18. Modulus elastisitas didefinisikan sebagai tegangan (σ) per regangan (e).

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{FL}{A\Delta L}$$

Kawat mengangkat elevator dan beban sekaligus sehingga gaya yang ditahannya adalah $F = (m_e + m_b)g$.

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{(m_e + m_b)gL}{A\Delta L} \\
 &= \frac{(50 + 150)(10)(6)}{15 \times 10^{-6} (4 \times 10^{-3})} \\
 &= \frac{200}{10^{-9}} = 200 \times 10^9 \\
 &= 2,0 \times 10^{11} \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

Jawaban: D

19. Kecepatan air yang keluar sebanding dengan tekanan air pada lubang, yang sebanding dengan kedalaman air: $P = P_0 + \rho gh$.
 $h_C > h_A = h_B = h_D$
 Jadi, $v_C > v_A = v_B = v_D$.

Jawaban: D

20. Tekanan di bagian bawah wadah bergantung pada tekanan udara luar, massa jenis cairan, dan kedalaman. Keempat wadah memiliki tinggi yang sama dan diisi oleh zat cair dengan jenis yang sama pula sehingga tekanan pada dasar wadahnya juga sama, yaitu $P_A = P_B = P_C = P_D$.

Jawaban: A

21. Tekanan hidrostatik di bagian bawah setiap wadah adalah sama.

$$\text{Luas dasar permukaan } A = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

$$\text{dan gaya tekan } F = PA = P\pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

sehingga dapat dituliskan $F \propto d_2$.

$$\frac{F_A}{F_B} = \left(\frac{d_A}{d_B} \right)^2 \Rightarrow \frac{F_A}{F_B} = \left(\frac{4x}{x} \right)^2$$

$$\frac{F_A}{F_B} = \frac{16}{1} \Rightarrow F_B = \frac{F_A}{16} = \frac{F}{16}$$

Jawaban: E

22. Tekanan kedua piston harus sama.

$$\left(\frac{F}{A} \right)_{\text{kiri}} = \left(\frac{F}{A} \right)_{\text{kanan}}$$

$$\left(\frac{mg}{\frac{1}{4}\pi d^2} \right)_{\text{kiri}} = \left(\frac{mg}{\frac{1}{4}\pi d^2} \right)_{\text{kanan}}$$

$$\frac{m_{\text{kanan}}}{m_{\text{kiri}}} = \left(\frac{d_{\text{kanan}}}{d_{\text{kiri}}} \right)^2 = \left(\frac{4d}{d} \right)^2$$

$$m_{\text{kanan}} = 16m_{\text{kiri}}$$

Jawaban: A

23. Kedua balok mengapung dalam keseimbangan. Oleh karena itu, gaya total tiap-tiap balok adalah nol.

Jawaban: A

24. Balok A melayang sehingga

$$w = F_A$$

$$\rho_A gV = \rho_{\text{air}} gV$$

$$\rho_A = \rho_{\text{air}}$$

Balok B tenggelam sehingga

$$w = F_A + N$$

$$\rho_B gV = \rho_{\text{air}} gV + N$$

$$\rho_B > \rho_{\text{air}}$$

Balok C terapung dengan sebagian balok timbul di permukaan air sehingga

$$w = F_A$$

$$\rho_C gV_{\text{ca}} = \rho_{\text{air}} gV \quad (V > V_{\text{ca}}) \text{ sehingga}$$

$$\rho_C < \rho_{\text{air}}$$

Balok D melayang sehingga

$$w = F_A$$

$$\rho_A gV = \rho_{\text{air}} gV$$

$$\rho_D = \rho_{\text{air}}$$

$$\text{Jadi, } \rho_B > \rho_A = \rho_D > \rho_C$$

Jawaban: C

25. $\rho_b = 0,8 \text{ g/cm}^3$, $\rho_f = 1 \text{ g/cm}^3$, $V_b = 20 \text{ cm}^3$. Perhatikan, $\rho_{\text{benda}} < \rho_{\text{air}}$ sehingga benda terapung.

$$w_b = \rho_f g V_t$$

dengan V_t adalah benda yang tercelup. Dengan demikian,

$$\rho_b g V_b = \rho_f g V_t$$

$$V_t = \frac{\rho_b}{\rho_f} \times V_b \\ = \frac{0,8}{1} \times 20 = 16 \text{ cm}^3$$

Jadi, volume benda yang tercelup dalam air adalah 16 cm^3 , sedangkan volume benda yang muncul di permukaan air adalah 4 cm^3 .

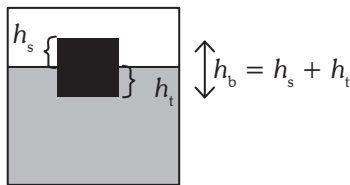
Jawaban: E

26. $\rho_b = 0,6 \text{ g/cm}^3$, $\rho_m = 0,8 \text{ g/cm}^3$, $h_s = 4 \text{ cm}$

h_s adalah tinggi benda yang terapung (bagian benda yang tidak tercelup)

h_t adalah tinggi benda yang tercelup

h_b adalah tinggi benda total



$$w_b = \rho_f g V_t$$

$$\rho_b g V_b = \rho_f g V_t$$

Perhatikan, $V = Ah$ maka

$$\rho_b g h_b = \rho_f g h_t$$

$$h_b = \frac{\rho_m}{\rho_b} (h_b - h_s) \\ = \frac{0,8}{0,6} (h_b - 4) = \frac{4}{3} h_b - \frac{16}{3}$$

$$\frac{1}{3} h_b = \frac{16}{3} \Rightarrow h_b = 16 \text{ cm}^3$$

Jawaban: E

27. $V = 150 \text{ cm}^3 = 150 \times 10^{-6} \text{ m}^3$;

$$\rho_{\text{alkohol}} = 0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Gaya angkat fluida atau gaya angkat yang diberikan alkohol pada batu:

$$F_A = \rho_f g V_t \\ = (800)(9,8)(150 \times 10^{-6}) \\ = 1,176 \text{ N}$$

Jawaban: A

28. $m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$; $\rho_m = 0,8 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ g/cm}^3$; $F_A = 0,09 \text{ N}$; $g = 10 \text{ N/kg}$

Gaya angkat pada tembaga tersebut adalah

$$F_A = \rho_f g V_t$$

$$\text{Ingat bahwa } \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

Karena tembaga itu dicelupkan seluruhnya, maka $V_t = V$ sehingga

$$F_A = \rho_f g V_t$$

$$F_A = \rho_f g \left(\frac{m_b}{\rho_b} \right) \Leftrightarrow \rho_b = \frac{\rho_f g m_b}{F_A}$$

$$\rho_b = \frac{(800)(9,8)(0,1)}{(0,09)} \\ = 8.711,11 \text{ kg/m}^3 = 8,71 \text{ g/cm}^3$$

Jawaban: E

29. Massa jenis bensin $\rho_b = 0,7 \text{ g/cm}^3$

Massa jenis terpentin $\rho_t = 0,87 \text{ g/cm}^3$

Percepatan gravitasi $g = 10 \text{ N/kg}$

Massa perak $m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$

Berat perak dalam bensin $w_b = 0,65 \text{ N}$

Bensin

$$w_b = w - F_A$$

$$F_A = w - w_b$$

$$\rho_b g V = mg - w_b$$

$$V = \frac{mg - w_b}{\rho_b g} \dots (1)$$

V menyatakan volume batu yang tercelup dalam bensin.

Terpentin

$$w_t = w - F_A$$

$$F_A = w - w_t$$

$$\rho_t g V = mg - w_t$$

$$w_t = mg - \rho_t g V$$

Baik di dalam terpentin maupun di dalam bensin, batu tercelup seluruhnya sehingga V dapat disubstitusi oleh persamaan (1).

$$\begin{aligned} w_t &= mg - \rho_t g \left(\frac{mg - w_b}{\rho_b g} \right) \\ &= mg \left(1 - \frac{\rho_t}{\rho_b} \right) + \frac{\rho_t}{\rho_b} w_b \\ &= 0,1(9,8) \left(1 - \frac{0,87}{0,7} \right) + \frac{0,87}{0,7} (0,65) \\ &= 0,57 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi, berat perak di dalam minyak terpentin adalah 0,57 N.

Jawaban: C

$$30. \quad w_t = 0,8795 \text{ N}; w = 0,98 \text{ N}; \rho_t = 0,8 \text{ g/cm}^3$$

$$w_t = w - F_A \Rightarrow F_A = w - w_t$$

$$\frac{F_A}{w} = \frac{w - w_t}{w} \Rightarrow \frac{F_A}{w} = \frac{w}{w - w_t}$$

$$\frac{\rho_b V g}{\rho_t V g} = \frac{w}{w - w_t}$$

$$\rho_b = \left(\frac{w}{w - w_t} \right) \rho_t$$

$$= \left(\frac{0,98}{0,98 - 0,8795} \right) 0,8$$

$$= 7,8 \text{ g/cm}^3$$

Jadi, massa jenis besi tersebut adalah $7,8 \text{ g/cm}^3$.

Jawaban: E

$$31. \quad V_t = \frac{2}{3} V, \rho_b = 0,6 \text{ g/cm}^3$$

Benda terapung sehingga berlaku

$$w = F_A$$

$$\rho_b g V_b = \rho_t g V_t$$

$$\rho_t = \frac{V_b}{V_t} \rho_b$$

$$= \frac{V}{\frac{2}{3} V} \times 0,6 = \frac{3}{2} \times 0,6$$

$$= 0,9 \text{ g/cm}^3 = 900 \text{ g/cm}^3$$

Jadi, massa jenis zat cair tersebut adalah 900 kg/m^3 .

Jawaban: A

$$32. \quad F_A = \rho V g = x^2 \rho g (h_2 - h_1)$$

dengan $x^2(h_2 - h_1)$ adalah volume benda tercelup. Selain itu, karena balok dalam keadaan seimbang, maka berlaku Hukum I Newton:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_A + F_T = mg \Rightarrow F_A = mg - F_T$$

Jadi, pilihan B dan D benar.

Jawaban: E

33. Bagian kedua balok yang tercelup dalam air adalah sama sehingga massa jenis kedua balok sama. Berat balok diimbangi oleh gaya apung. Karena balok setengah terendam, massa jenisnya setengah dari air.

$$F_g = F_A$$

$$\rho_b V g = \rho_a g V_t$$

$$\rho_b V = \rho_a \frac{1}{2} V$$

$$\rho_b = \frac{1}{2} \rho_a = \frac{1}{2} (1.000) = 500 \text{ kg/m}^3$$

Jawaban: B

34. Setiap balok mendapatkan gaya apung sebesar gaya beratnya.

$$F_{\text{apung}} = w_1 + w_2$$

$$F_{\text{apung,A}} = 20g + 10g = 30g$$

$$F_{\text{apung,B}} = 10g + 20g = 30g$$

$$F_{\text{apung,C}} = 10g + 10g = 20g$$

Jadi, gaya apung pada ketiga balok adalah

$$A = B > C.$$

Jawaban: B

B. Esai

1. a. Agar bola dapat menggelinding turun, harus ada gaya yang memberikan torsi pada bola tersebut. Berikut diagram benda bebas pada bola.

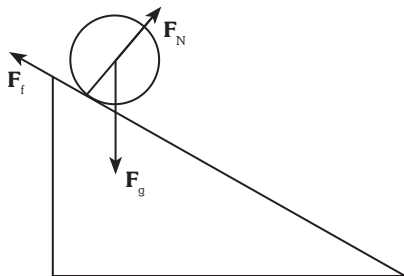


Diagram benda bebas menunjukkan bahwa ada tiga gaya yang bekerja pada bola, yaitu berat bola, gaya normal, dan gaya gesek. Torsi diberikan oleh persamaan $\tau = rF \sin \theta$. Karena gaya normal memiliki $\theta = 0^\circ$ dan berat bola memiliki nilai $r = 0$, maka torsi dihasilkan oleh gaya gesek.

- b. Karena kedua benda memiliki massa yang sama, kedua benda mengalami gaya normal dan gaya gesek yang sama. Ini berarti kedua benda mengalami torsi yang sama. Torsi dapat

35. Ketika balok logam diangkat keluar dari air, gaya apung antara balok dan air menghilang. Hal ini membuat pembacaan skala pegas naik 50 g (menunjukkan massa sesungguhnya) dan pembacaan timbangan turun 70 g. Jadi, hasil pengukuran

$$\text{Timbangan} = 1.260 - 70 = 1.190 \text{ g}$$

$$\text{Neraca pegas} = 70 + 50 = 120 \text{ g}$$

Jawaban: C

ditentukan melalui persamaan $\tau = I\alpha$, dengan I adalah inersia rotasi dan α adalah percepatan sudut. Karena massa bola berongga didistribusikan lebih jauh dari sumbu yang berputar, kulit bola memiliki inersia rotasi yang lebih besar daripada bola pejal. Akibat inersia rotasi yang lebih kecil, bola pejal mengalami percepatan sudut yang lebih besar sehingga mencapai dasar bidang miring terlebih dahulu.

- c. Karena kedua benda memiliki massa yang sama dan mulai bergerak dari ketinggian yang sama (di atas bidang miring), keduanya memiliki energi potensial mula-mula yang sama. Karena kedua benda juga mulai dari keadaan diam, keduanya memiliki energi kinetik awal sebesar nol. Ketika benda mencapai bagian bawah bidang miring, energi potensial dari kedua benda diubah menjadi energi kinetik. Berdasarkan hukum konservasi energi, kedua

benda memiliki energi kinetik yang sama di bagian bawah bidang miring.

2. Gaya-gaya yang bekerja pada benda M saat keadaan 2 adalah gaya pegas dengan arah ke atas dan gaya berat dengan arah ke bawah. Benda dalam kondisi seimbang.

a. $F_p = w \Rightarrow k\Delta x = mg$

$$k(0,05) = (0,5)(10)$$

$$k = 100 \text{ N/m}$$

- b. Energi potensial pegas pada keadaan 2

$$EP = \frac{1}{2} k(\Delta x)^2$$

$$EP = \frac{1}{2} (100)(0,05)^2 = 0,125 \text{ J}$$

- c. Energi potensial pegas pada keadaan 3 (benda M ditarik sehingga bertambah panjang 7 cm)

$$EP = \frac{1}{2} k(\Delta x)^2$$

$$EP = \frac{1}{2} (100)(0,12)^2 = 0,72 \text{ J}$$

- d. Energi potensial sistem pegas pada keadaan 3

$$EP = \frac{1}{2} k(\Delta x)^2$$

$$EP = \frac{1}{2} (100)(0,07)^2 = 0,245 \text{ J}$$

3. a. Pegas mematuhi hukum konservasi energi mekanik.

$$EP_{\text{grav}} = EP_{\text{pegas}}$$

$$mgh = \frac{1}{2} kx^2$$

$$h = \frac{kx^2}{2mg}$$

- b. 1) konstanta pegas (k) adalah besaran yang hendak ditentukan sehingga persamaan harus direkayasa sedemikian sehingga

variabel k berlaku sebagai gradien (kemiringan garis) atau m .

$$h = \frac{kx^2}{g} \cdot \frac{1}{m}$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

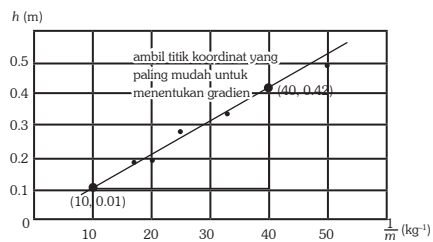
$$y = m x$$

Jadi, sebaiknya besaran h dijadikan sebagai sumbu-Y, sementara $1/m$ dijadikan sebagai sumbu-X.

2)

No.	m (kg)	h (m)	$1/m$ (kg^{-1})
1.	0,02	0,49	50
2.	0,03	0,34	33
3.	0,04	0,28	25
4.	0,05	0,19	20
5.	0,06	0,18	17

c.



- d. Untuk menghitung kemiringan (gradien), pilih dua titik pada garis paling cocok. Berikut ini satu contoh:

$$\begin{aligned} \text{Gradien} &= \frac{(0,42 - 0,10)}{(40 - 10)} \\ &= \frac{0,32}{30} = 1,07 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

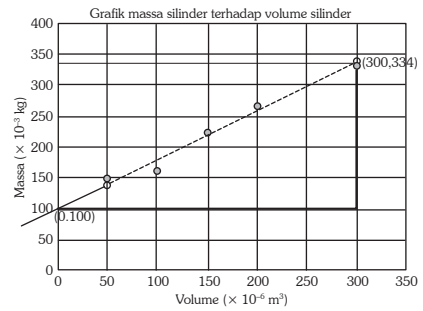
Dari jawaban b diperoleh bahwa konstanta pegas k dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$\begin{aligned}\text{Gradien} &= \frac{kx^2}{2g} \\ k &= \frac{2g(\text{gradien})}{x^2} \\ &= \frac{2(9,8)(1,07 \times 10^{-2})}{0,02^2} \\ &= 524,3 \text{ N/m}\end{aligned}$$

Catatan: Nilai antara 450 N/m dan 550 N/m dapat diterima.

4. a.

Volume ($\times 10^{-6} \text{ m}^3$)	Massa ($\times 10^{-3} \text{ kg}$)
50	145
100	161
150	223
200	266
300	334



b. Massa jenis fluida sama dengan kemiringan garis data. Kemiringannya sekitar 780 kg/m^3 .

5. Gaya angkat ke atas sama dengan berat kayu karena batang kayu tersebut terapung. Mengingat bahwa $m = \rho V$, Anda dapat memperoleh hubungan sebagai berikut.

$$F_g = F_A$$

$$m_k g = \rho_a g V_t$$

$$\rho_k V_k g = \rho_a g V_t$$

$$\rho_k V_k = \rho_a V_t$$

$$\rho_k V_k = \rho_a \left(\frac{1}{3} V_k \right)$$

$$\rho_k = \frac{1}{3} \rho_a$$

A. Pilihan Ganda

1. Tinggi air $h = 8$ m; daya keluaran $P = 120$ kW, efisiensi $\eta = 15\%$.

Karena hanya 15% energi air yang diubah menjadi energi listrik, maka

$$P = \eta \times P_{\text{air}} = \eta (\rho Qgh)$$

$$Q = \frac{P}{\eta \rho gh} = \frac{120 \times 10^3}{(15\%)(1.000)(8)(10)} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jadi, debit air yang mengalir adalah $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Jawaban: E

2. Kedalaman air $h = 9$ m; daya pompa $P = 100$ W, volume bak $V = 0,5 \text{ m}^3$; waktu pengaliran hingga bak penuh $t = 15$ menit = 900 s.

Karena $\frac{V}{t} = Q$, maka debit air yang mengalir adalah

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{0,5}{900} = \frac{5}{9} \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Energi yang dihasilkan oleh air:

$$\begin{aligned} P_{\text{air}} &= \rho Qgh \\ &= (1.000) \left(\frac{5}{9} \times 10^{-3} \right) (10)(9) \\ &= 50 \text{ W} \end{aligned}$$

Maka efisiensi pompa adalah

$$\eta = \frac{P_{\text{air}}}{P_{\text{pompa}}} = \frac{50}{100} = 0,5 = 50\%$$

Jawaban: B

3. $\eta = 80\% = 0,8$

$$P_G = 10 \text{ kW} = 10.000 \text{ W}$$

$$h = 10 \text{ m}$$

$$P_G = \eta \times P_{\text{air}}$$

$$P_G = \eta PQgh$$

$$Q = \frac{P_G}{\eta Pgh}$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{10.000}{(0,8)(1.000)(10)(10)} \\ &= 0,125 \text{ m}^3/\text{s} = 125 \text{ L/s} \end{aligned}$$

Jawaban: D

4. Luas penampang bagian 1 adalah $A_1 = 150 \text{ cm}^2$

Luas penampang bagian 2 adalah $A_2 = 100 \text{ cm}^2$

Luas penampang bagian 3 adalah $A_3 = 50 \text{ cm}^2$

Kecepatan aliran air bagian 1 adalah $v_1 = 8,0 \text{ m/s}$

Kecepatan aliran air bagian 4 adalah $v_4 = 4,8 \text{ m/s}$

Debit air pada setiap penampang memiliki nilai yang sama (konstan), dengan besar

$$\begin{aligned} Q_1 &= A_1 v_1 \\ &= (150 \times 10^{-4})(8,0) \\ &= 0,12 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Jawaban: A

5. Luas penampang pada bagian 4 (A_4) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$Q_4 = Q_1 = A_4 v_4$$

$$A_4 = \frac{Q_1}{v_4} = \frac{0,12}{4,8} = 0,025 \text{ m}^2$$

Jawaban: D

6. Kecepatan aliran pada bagian 2 dan bagian 3 dicari dengan persamaan kontinuitas.

$$A_2 v_2 = A_1 v_1$$

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} \times v_1 = \frac{150}{100} \times 8,0 = 12 \text{ m/s}$$

$$A_3 v_3 = A_1 v_1$$

$$v_3 = \frac{A_1}{A_3} \times v_1 = \frac{150}{50} \times 8,0 = 24 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan alir pada bagian 2 dan 3 adalah $v_2 = 12 \text{ m/s}$ dan $v_3 = 24 \text{ m/s}$.

Jawaban: A

7. Diameter penampang 1 adalah

$$D_1 = 15 \text{ cm}$$

Diameter penampang 2 adalah

$$D_2 = 10 \text{ cm}$$

Kecepatan alir pada penampang 1 adalah $v_1 = 9,0 \text{ m/s}$, kecepatan alir pada penampang yang besar, v_2 dihitung dengan rumus perbandingan kecepatan terhadap perbandingan diameter.

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2$$

$$v_2 = \left(\frac{15}{10} \right)^2 \times 9,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 20,25 \text{ m/s}$$

Jawaban: E

8. $d_1 = 4d_2$

$$v_1 = 5,0 \text{ m s}^{-1}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 = \left(\frac{d_2}{4d_2} \right)^2 = \frac{1}{16}$$

$$v_2 = 16v_1 = 16(5) = 80 \text{ m s}^{-1}$$

Jawaban: E

9. Pada pipa, $A_1 > A_2 < A_3$

Berdasarkan asas kontinuitas, $A \propto \frac{1}{v}$ sehingga $v_1 < v_2 > v_3$

Gunakan asas Bernouli:

$$v \propto \frac{1}{P} \text{ sehingga } P_1 > P_2 < P_3$$

Jawaban: A

$$10. \frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 = \left(\frac{2}{6} \right)^2 = \frac{1}{9} \Leftrightarrow v_2 = 9v_1 = 9 \times 2 = 18 \text{ m/s}$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + gh_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + gh_2$$

$$h_1 = h_2 = 0$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2} (v_1^2 - v_2^2)$$

$$P_2 = 180 \times 10^3 + \frac{1}{2} (1.000) (2^2 - 18^2)$$

$$P_2 = 20.000 \text{ Pa} = 20 \text{ kPa}$$

Jawaban: B

11. $r_1 = 12 \text{ cm}$; $r_2 = 6 \text{ cm}$;

$$P_1 = 87,5 \text{ kPa}; h_1 - h_2 = 2 \text{ m};$$

$$\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{14,4 \times 10^{-3}}{\pi (12 \times 10^{-2})^2} = 1 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{14,4 \times 10^{-3}}{\pi (6 \times 10^{-2})^2} = 4 \text{ m/s}$$

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

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

$$P_2 = 87,5 \times 10^3 + \frac{1}{2} (1.000) (1^2 - 4^2) + (1.000) (10) (2)$$

$$P_2 = 100 \times 10^3 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$$

Jawaban: E

12. $v_1 = 3,0 \text{ m/s}$

$$Q = 15 \text{ L/s} = 15 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_2 - h_1 = 1,5 \text{ m}; h_1 = 0$$

$$A_2 = 25 \text{ cm}^2 = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Kecepatan air pada pipa 2 adalah

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

$$Q = v_2 A_2 \Rightarrow v_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{15 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-4}} = 6 \text{ m s}^{-1}$$

Gunakan persamaan Bernoulli.

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$\begin{aligned} P_1 - P_2 &= \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (h_2 - h_1) \\ &= \frac{1}{2} (1.000) (6^2 - 3^2) + (1.000) (10) (1,5) \\ &= 13.500 + 15.000 = 28.500 \text{ Pa} \\ &= 28,5 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Jadi, beda tekanan pada kedua ujung pipa adalah 28,5 kPa.

Jawaban: D

13. Luas penampang pipa 1, $A_1 = 10 \text{ cm}^2 = 10^{-3} \text{ m}^2$

Luas penampang pipa 2, $A_2 = 50 \text{ cm}^2 = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

Kelajuan air pada pipa 1, $V_1 = 6,0 \text{ m/s}$

Tekanan air di pipa 1, $P_1 = 200 \text{ kPa}$

Kelajuan air pada pipa besar dihitung persamaan kontinuitas:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{10}{50} \times 60 = 1,2 \text{ m/s}$$

Jawaban: B

14. Tekanan air pada pipa besar dihitung dengan Hukum Bernoulli.

$$\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3 \text{ dan } g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 = P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1$$

$$P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + 0 = P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + 0$$

$$\begin{aligned} P_2 &= P_1 + \frac{1}{2} (\rho v_1^2 - \rho v_2^2) \\ &= 200 \times 10^3 + \frac{1}{2} (1.000) (6^2 - 1,2^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 200 \times 10^3 + 17.280 \\ &= 217,28 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Jawaban: C

15. Debit air dapat dihitung dengan persamaan debit sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q &= A_2 v_2 = (5 \times 10^{-3}) (1,2) \\ &= 6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Jawaban: E

16. Air yang mengalir melalui pipa besar dalam waktu $t = 1 \text{ menit} = 60 \text{ s}$

$$\begin{aligned} \frac{V}{t} &= Q \Rightarrow V = Qt \\ &= 6 \times 10^{-3} \times 60 \\ &= 0,36 \text{ m}^3 = 360 \text{ L} \end{aligned}$$

Jawaban: A

17. Pada pipa 1,

$$D_1 = 2,80 \text{ cm} = 0,028 \text{ m}$$

$$V_1 = 0,015 \text{ m/s}; P_1 = 1,8 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Diameter pipa 2,

$$D_2 = 0,7 \text{ cm} = 7 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$h_2 = 3 \text{ m}$$

Kelajuan air pada pipa 2 dapat dihitung dengan persamaan kontinuitas.

$$\begin{aligned} v_2 &= \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \times v_1 \\ &= \left(\frac{2,8}{0,7} \right)^2 \times 0,150 = 2,4 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Jawaban: C

18. Tekanan pada pipa dihitung dengan persamaan Bernoulli.

$$P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 = P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1$$

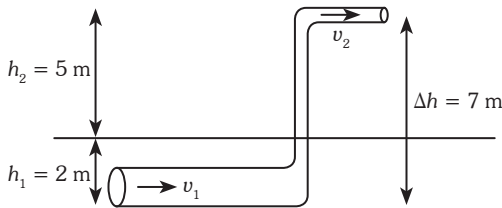
$$P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 = P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + 0$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 1,8 \times 10^5 + \frac{1}{2}(1.000)(0,15^2 - 2,4^2) \\
 &\quad - 1.000(10)(3) \\
 &= 1,8 \times 10^5 - 2.868,75 - 30.000 \\
 &= 147.131,25 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

Jawaban: A

19. Permasalahan pada soal dapat digambarkan sebagai berikut.



Terapkan Hukum Bernoulli:

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{konstan}$$

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$P_1 - P_2 = \rho gh_2 - \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2$$

$$= \rho g \Delta h + \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

$$= 1.000 \times 9,8 \times 7 + \frac{1}{2} \times 1.000(7^2 - 2^2)$$

$$= 68.600 + 22.500$$

$$= 91.100 = 9,1 \times 10^4 \text{ Pa}$$

Karena $P_1 - P_2$ hasilnya positif, maka sudah pasti $P_1 > P_2$.

Jadi, perbedaan tekanan antara pipa utama dan pipa di lantai dua adalah $9,1 \times 10^4 \text{ Pa}$ dengan tekanan lebih tinggi di pipa utama.

Jawaban: E

20. $Q = 6 \text{ m}^3/\text{menit} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$

$$d_1 = 0,2 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,4 \text{ m}$$

$$h = 20 \text{ m}$$

Pipa mendatar terhubung dengan udara luar sehingga

$$P_2 = P_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Debit air

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$Q = \frac{\pi d_1^2}{4} v_1 = \frac{\pi d_2^2}{4} v_2$$

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{4 \times 0,1}{3,14(0,4)^2} = 0,80 \text{ m/s}$$

Jadi, air meninggalkan pipa dengan laju 0,8 m/s.

$$\begin{aligned}
 v_1 &= \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 \times v_2 \\
 &= \left(\frac{0,4}{0,2} \right)^2 \times 0,8 \\
 &= 3,2 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan Bernoulli, dapat diperoleh

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gh_2$$

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

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{1}{2}(1.000)(0,8^2 - 3,2^2) \\
 &\quad + (1.000)(9,8)(20) + 10^5 \\
 &= -4.800 + 196.000 + 10^5
 \end{aligned}$$

$$P_1 = 291.200 \text{ Pa}$$

Jadi, tekanan di dekat pompa adalah 291.200 Pa

Jawaban: B

21. Tekanan pada titik A: $P_A = P_0 + \rho gh$

Kecepatan v dihitung dengan persamaan Bernoulli.

$$v_A \text{ diabaikan sehingga } v_A = 0$$

$$h_A = d; P_C = P_0; h_C = h; v_C = v$$

$$P_A + \rho gh_A + \frac{1}{2} v_A^2 = P_C + \rho gh_C + \frac{1}{2} \rho v_C^2$$

$$P_0 + \rho g d + 0 + 0 = P_0 - \rho g h + \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$v^2 = 2g(h + d)$$

Jadi, kecepatan aliran air yang keluar di titik C,

$$v = \sqrt{2g(h + d)}$$

Tekanan di titik B dapat dihitung dengan persamaan Bernoulli.

$$P_A + \rho g h_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B + \rho g h_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$$

Kecepatan alir di B sama dengan kecepatan alir di C sehingga

$$P_0 + \rho g d + 0 + 0 =$$

$$P_B - \rho g(H + d) + \frac{1}{2} \rho(2g(h + d))$$

$$P_0 + \rho g d = P_B - \rho g(H + d) + \rho g(h + d)$$

$$P_B = P_0 + \rho g d + \rho g(H + d) - \rho g(h + d)$$

$$P_B = P_0 + \rho g(d + H + d - h - d)$$

$$P_B = P_0 + \rho g(d + H - h)$$

Agar air dapat naik ke titik B maka tekanan di B,

$$P_B = P_0 - \rho g H$$

Jadi,

$$P_0 - \rho g H = P_0 + \rho g(d + H - h)$$

$$\rho g H + \rho g H - \rho g d = \rho g h$$

$$2\rho g H = \rho g(h - d)$$

$$H = \frac{1}{2}(h - d)$$

Jawaban: D

22. Dari persamaan Bernoulli,

$$P_0 + \rho g h + \frac{1}{2} \rho v_k^2 = P_0 + \rho g H + \frac{1}{2} v^2$$

$v_k = 0$; karena luas penampang kolam lebih besar dari luas penampang pipa, sehingga kecepatan aliran di kolam diabaikan. Persamaan di atas dapat ditulis sebagai

$$gh = -gH + \frac{1}{2} v^2$$

$$v = \sqrt{2g(h + H)}$$

$$v = \sqrt{2(10)(2 + 20)}$$

$$= 20,98 \approx 21 \text{ m s}^{-1}$$

Volume air di kolam adalah

$$V_d = Ah = (50)(2) = 100 \text{ m}^3$$

$$Q = av = \frac{V}{t}$$

Maka dari itu, waktu yang diperlukan untuk mengosongkan kolam adalah

$$t = \frac{V}{av} = \frac{100}{(5 \times 10^{-4})(21)}$$

$$= 9.523,8 \text{ s} = 2,65 \text{ jam}$$

Jawaban: D

23. Diameter mulut $D_1 = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$

Ketinggian pancaran air $h_1 = 16 \text{ m}$

Jarak pipa ke pompa $h_2 = 10 \text{ m}$

Tekanan di mulut pipa

$$P_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Diameter pipa $D = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$

Laju pancaran air dari permukaan/mulut pipa adalah

$$v_1 = \sqrt{2gh_2} = \sqrt{2(10)(16)} = \sqrt{320}$$

$$v_1 = 17,9 \text{ m s}^{-1} \approx 18 \text{ m s}^{-1}$$

Dari persamaan kontinuitas, laju aliran air di dalam pipa adalah

$$A_1 v_1 = Av$$

$$v = \frac{A_1}{A} \times v_1 = \left(\frac{D_1}{D} \right)^2 \times v_1$$

$$v = \left(\frac{D_1}{D} \right)^2 \times v_1$$

$$= \left(\frac{1}{4} \right)^2 \times 18$$

$$= 1,25 \text{ m/s}$$

Dari persamaan Bernoulli:

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = P_0 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_1^2$$

P = tekanan di dalam pipa

P_0 = tekanan di mulut pipa

$$= P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$$

sehingga

$$P = P_0 + \rho g(h_2 - h) + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v^2)$$

$$P = 10^5 + (1.000)(10)(10 - 0)$$

$$+ \frac{1}{2} (1.000) \left(320 - \frac{320}{256} \right)$$

$$P = 10^5 + 100.00 + 159.375$$

$$= 359.375 \text{ Pa} \approx 3,59 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Jawaban: C

24. $h_1 = 10 \text{ m}$

$$h_2 = h_3 = 2 \text{ m}$$

$$A_2 = 0,03 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 0,015 \text{ m}^2$$

$$P_1 = P_0 = P_3$$

Persamaan Bernoulli.

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_3 + \frac{1}{2} \rho v_3^2 + \rho gh_3$$

$$0 + \rho gh_1 = \frac{1}{2} \rho v_3^2 + \rho gh_3$$

$$\rho v_3^2 = 2(\rho gh_1 - \rho gh_3) = 2\rho g(h_1 - h_3)$$

$$v_3^2 = 2g(h_1 - h_3)$$

Debit air,

$$Q = A_3 v_3 = A_3 \sqrt{2g(h_1 - h_3)}$$

$$= (0,015) \sqrt{2(10)(10 - 2)}$$

$$= 0,015 \times 12,6$$

$$Q = 189 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 189 \text{ L}$$

Debit air di titik 2 = debit air di titik 3

$$A_2 v_2 = A_3 v_3$$

sehingga kecepatan air di titik 2

adalah

$$v_2 = \frac{A_3}{A_2} \times v_3 = \frac{0,015}{0,03} \times 12,6$$

$$v_2 = 6,3 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-1}$$

Beda tekanan di dalam tangki (titik 2 dan titik 3) adalah

$$P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 = P_3 + \rho gh_3 + \frac{1}{2} \rho v_3^2$$

Karena titik 2 dan titik 3 berada pada ketinggian yang sama, maka

$$P_2 - P_0 = \frac{1}{2} \rho (v_3^2 - v_2^2)$$

$$= \frac{1}{2} (1.000) (12,6^2 - 0,0063^2)$$

$$P_2 - P_0 = 79.380 \text{ Pa}$$

Perhatikan, jika dikatakan tekanan pada suatu kedalaman tertentu,

maka maksudnya adalah tekanan

mutlak. Jika tidak diketahui dalam

soal, tekanan udara luar $P_0 = 1 \text{ atm}$

$$= 76 \text{ cmHg} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Jadi, } P_2 = P_0 + 79.380 \text{ Pa}$$

$$= 101.000 \text{ Pa} + 79.380 \text{ Pa}$$

$$= 180.380 \text{ Pa}$$

Jawaban: D

25. $h_A = 10 \text{ m}$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$P_A = P_B = P_{\text{atm}}$$

Tinggi titik B dari acuan ketinggian:

$$\sin \theta = \frac{h_B}{L} \Leftrightarrow h_B = L \sin \theta$$

$$= 2 \sin 30^\circ = 1 \text{ m}$$

$$P_A + \rho gh_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B + \rho gh_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$$

Karena $A_A \gg A_B$, maka v_A diabaikan sehingga:

$$g(h_A - h_B) = \frac{1}{2} v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{2g(h_A - h_B)}$$

$$= \sqrt{2(10)(10 - 1)} = \sqrt{180}$$

$$v_B = 13,4 \text{ m s}^{-1}$$

Kecepatan pada arah vertikal

$$v_{0y} = v_B \sin \theta = 13,4 \sin 30^\circ = 6,7 \text{ m s}^{-1}$$

$v_{ty}^2 = v_{0y}^2 - 2gy$, dengan $y = y_{\text{maks}}$ dan $v_{ty} = 0$ (di titik tertinggi kecepatan partikel air berhenti sejenak).

$$0^2 = (6,7)^2 - 2(10) y$$

$$y = 2,2445 \text{ m} = 2,24 \text{ meter}$$

Jawaban: E

26. Energi untuk sistem fluida-Bumi adalah

$$(EK + EP)_{\text{awal}} + \Delta EM = (EK + EP)_{\text{akhir}}$$

$$0 + \frac{mgL}{2} + 0 = \frac{1}{2}mv^2 + 0$$

$$v = \sqrt{gL} = \sqrt{(9,8)(2)}$$

$$= 4,43 \text{ m/s}$$

Jawaban: C

27. $P_1 = 13,4 \times 10^5 \text{ Pa}$; $P_0 = 1,01 \times 10^5$

$$\text{Pa}; g = 10 \text{ m/s}^2;$$

$$x = 2,5 \text{ m} - 1 \text{ m} = 1,5 \text{ m}$$

Berdasarkan persamaan Bernoulli,

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gH = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g(H - x)$$

$$v_1 = 0, P_2 = P_0, v_2 = v$$

$$P_1 + \rho gH = P_0 + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g(H - x)$$

$$P_1 - P_0 + \rho g(H - H + x) = \frac{1}{2}\rho v^2$$

$$v^2 = \frac{2(P_1 - P_0 + \rho gx)}{\rho}$$

Jadi, kelajuan semburan air pertama kali keluar dari mulut lubang dihitung dengan persamaan

$$v_2^2 = 2 \frac{P_1 - P_0}{\rho} + 2gx$$

$$v_2^2 = \frac{2(1,34 \times 10^5 - 1,01 \times 10^5)}{1.000}$$

$$+ 2(10)(1,5)$$

$$v_2^2 = 66 + 30 = 96$$

$$v_2 = 9,8 \text{ m/s}$$

Jawaban: B

28. Jika segel terbuka dan permukaan air bersentuhan dengan atmosfer, maka persamaan Torriceli, berlaku:

$$v = \sqrt{2gx} = \sqrt{2(10)(1,5)} = 5,5 \text{ m/s}$$

Jawaban: E

29. Jarak pancar maksimum diukur dari P adalah $x = 5 \text{ m}$

$$\text{dengan } h = 1,25 \text{ m}$$

Tinggi y dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$x = 2\sqrt{h(H - h)}, \text{ dengan } H - h = y$$

maka:

$$\left(\frac{x}{2}\right)^2 = hy \Leftrightarrow y = \frac{x^2}{4h}$$

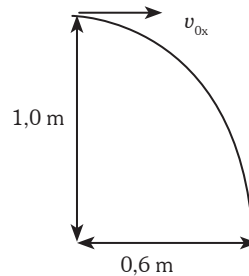
$$= \frac{5^2}{4(1,25)} = 5 \text{ m}$$

Jawaban: A

30. Diameter lubang

$$d = 3,50 \text{ mm} = 3,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$y = 0$$



Gunakan persamaan GLBB untuk menghitung waktu air sampai ke tanah ($a_y = 10 \text{ m/s}^2$).

$$y = v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

$$1,0 = 0 + \frac{1}{2}(10)(t^2)$$

$$t^2 = \frac{2}{10} \Rightarrow t = \sqrt{0,2} \text{ s}$$

Gerak pada sumbu-X adalah GLB sehingga berlaku $x = v_{0x} t$

$$v_{0x} = \frac{x}{t} = \frac{0,6}{\sqrt{0,2}} = 1,34 \text{ m/s}$$

dengan $v_{0x} = \sqrt{2gh} \Rightarrow v_{0x}^2 = 2gh$
sehingga

$$h = \frac{v_{0x}^2}{2g} = \frac{\left(\frac{0,6}{\sqrt{0,2}}\right)^2}{2(10)}$$

$$h = 0,09 \text{ m}$$

Jadi, jarak lubang dari permukaan adalah $h = 0,09 \text{ m}$.

Jawaban: E

31. Debit air yang memancar keluar dari lubang, Q , dengan luas permukaan lubang

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{22}{7} \times \frac{(3,5 \times 10^{-3})^2}{4}$$

$$= 9,625 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Debit air,

$$Q = Av = 9,625 \times 10^{-6} \times 1,34$$

$$= 1,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Jawaban: B

32. $P_1 - P_2 = 450 \text{ kPa}$
Sesuai dengan persamaan

$$(P_1 - P_2) = \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

maka

$$v_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(450 \times 10^3)}{1.000}} = 30 \text{ m s}^{-1}$$

Jawaban: C

33. $H = 3,05 \text{ m}$; $h = 1,8 \text{ m}$

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(10)(1,8)} = 6 \text{ m s}^{-1}$$

Jarak mendatar pancaran x adalah

$$x = 2\sqrt{h(H-h)}$$

$$= 2\sqrt{1,8(3,05-1,8)} = 3 \text{ m}$$

Jawaban: C

34. $x = 1 \text{ m}$; $\theta = 15^\circ$; $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{20h}$

$$x = \frac{v^2 \sin 15^\circ}{g} \Rightarrow 1 = \frac{(20h) \sin 15^\circ}{10}$$

$$1 = 0,52h \Rightarrow h = 1,92 \approx 2 \text{ m}$$

Jawaban: C

35. Diameter pipa besar $= D_1$; diameter pipa kecil D_2 , dengan $D_1 = 2D_2$
Beda ketinggian air dalam tabung 1 dan 2 adalah $h = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} = \sqrt{\frac{2(9,8)(0,3)}{\left(\frac{2A_2}{A_2}\right)^2 - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{49}{25}} = 1,4 \text{ m/s}$$

Jawaban: E

36. Gunakan asas kontinuitas.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$2A_2 (1,4) = A_2 v_2$$

$$v_2 = 2,8 \text{ m/s}$$

Jawaban: C

37. $v_1^2 = \frac{2gA_2^2 h}{A_1^2 - A_2^2}$

$$v_1^2 = \frac{2(10)(3 \times 10^{-4})^2 (20 \times 10^{-2})}{(5 \times 10^{-4})^2 - (3 \times 10^{-4})^2}$$

$$v_1^2 = \frac{3,6 \times 10^{-7}}{1,6 \times 10^{-7}} = 2,25$$

$$v_1 = 1,5 \text{ ms}^{-1}$$

Jawaban: A

38. Debit air

$$Q = 3.000 \text{ cm}^3/\text{s} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Luas pipa utama

$$A_1 = 40 \text{ cm}^2 = 40 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Luas pipa menyempit

$$A_2 = 20 \text{ cm}^2 = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\rho_{\text{raksa}} = 13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3; g = 10 \text{ m/s}^2$$

Dari persamaan $A_1 v_1 = A_2 v_2$,

$$v_1 = \frac{A_2}{A_1} \times v_2 = \frac{20}{40} \times v_2 = \frac{1}{2} v_2$$

Kelajuan air pada pipa 2

$$Q = A_2 v_2 \rightarrow v_2 = \frac{Q}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{3.000 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}}{20 \text{ cm}^2} = 150 \text{ cm/s}$$

Kelajuan air pada pipa utama adalah

$$v_1 = 75 \text{ cm/s}$$

Jawaban: A

39. Dari persamaan Bernoulli didapat

$$\begin{aligned} P_1 - P_2 &= \rho(v_2^2 - v_1^2) \\ &= 10^3 \times (1,5^2 - 0,75^2) \\ &= 1.687,5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Jawaban: B

40. Beda ketinggian raksa,

$$\begin{aligned} P_1 - P_2 &= \rho gh \\ 1.687,5 &= 13,6 \times 10^3 \times 10 \times h \\ h &= 12,4 \times 10^{-3} \text{ m} = 12,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jawaban: A

41. $\rho = 0,0068 \text{ g/cm}^3 = 6,8 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned} P_2 - P_1 &= \rho' gh \\ P_2 - P_1 &= (13,6 \times 10^3)(9,8)(4,5 \times 10^{-2}) \\ &= 5.997,6 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Jawaban: C

42.
$$v^2 = \frac{2\rho' gh}{\rho} = \frac{2 \times 5.997,6}{6,8}$$

$$= 1.764 \Rightarrow v = 42 \text{ m/s}$$

Jawaban: C

43. Agar pesawat terbang dapat terangkat, tekanan bagian bawah sayap harus lebih besar daripada tekanan bagian atas sayap ($P_1 < P_2$). Berdasarkan asas Bernoulli, tekanan berbanding terbalik terhadap kecepatan aliran fluida. Oleh sebab itu, $v_1 > v_2$

Jawaban: B

- 44.

$$v_1 = 100 \text{ m/s}$$

$$F_1 - F_2 = 1.300 \text{ N/m}^2$$

$$F_1 - F_2 = (P_1 - P_2)A$$

$$= \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2)$$

$$(v_2^2 - v_1^2) = \frac{F_1 - F_2}{\frac{1}{2} \rho A} = \frac{2(1.300)}{1,3}$$

$$= 2.000$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2.000$$

$$= (100)^2 + 2.000$$

$$= 12.000$$

$$v_2 = 20\sqrt{30} = 109,5 \text{ m/s}$$

Jawaban: E

45. Anggap pesawat terbang horizontal dengan kelajuan tetap pada ketinggian yang massa jenis udaranya adalah 1 kg/m^3 .

$$A = 25 \text{ m}^2; v_1 = 50 \text{ m/s};$$

$$v_2 = 70 \text{ m/s}; \rho = 1 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} F_1 - F_2 &= \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2) \\ &= \frac{1}{2} (1)(25)(70^2 - 50^2) \\ &= 30.000 \end{aligned}$$

Perhatikan! Berat pesawat = gaya angkat total kedua sayap

$$\begin{aligned} w &= 2(F_2 - F_1) \\ &= 2 \times 30.000 = 60.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Jawaban: D

46. Lintasan garis alir atas = $m \times$ bagian bawah maka $v_{\text{atas}} = m \times v_{\text{bawah}}$
 Gaya angkat pesawat:

$$\begin{aligned} \frac{F_1 - F_2}{A} &= \frac{1}{2} \rho [(mv_{\text{bawah}})^2 - v_{\text{bawah}}^2] \\ &= \frac{1}{2} \rho (m^2 v^2 - v^2) \end{aligned}$$

$$\frac{F_1 - F_2}{A} = \frac{1}{2} \rho v^2 (m^2 - 1)$$

Jawaban: A

47. $m_p = 500 \text{ kg}$

$A = 30 \text{ m}^2$

$m = 1,1$

$g = 9,8 \text{ m s}^{-1}$

$\rho = 1 \text{ kg/m}^2$

Gaya angkat = Gaya berat

$$2(F_1 - F_2) = m_p g$$

$$F_1 - F_2 = \frac{(500)(9,8)}{2}$$

$$F_1 - F_2 = 2.450 \text{ N}$$

dengan gaya angkat,

$$F_1 - F_2 = \frac{1}{2} \rho v^2 (m^2 - 1) A$$

$$v^2 = \frac{2(F_1 - F_2)}{\rho(m^2 - 1)A}$$

$$v^2 = \frac{2(2.450)}{((1)(1,1)^2 - 1)30} = \frac{4.900}{6,3}$$

$$v^2 = 777,8$$

$$v = 27,88 \approx 28 \text{ m s}^{-1}$$

Jawaban: A

48. Semprotan nyamuk merupakan salah satu penerapan dari Hukum Bernoulli.

$$P_1 + \rho gH + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gH_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Misalkan indeks (1) mewakili fluida dalam pipa horizontal (udara) dan indeks (2) mewakili fluida dalam pipa vertikal (cairan antinyamuk).

Tekanan P_1 dan P_2 adalah tekanan udara luar sehingga keduanya besarnya sama. Sementara itu, v_2 adalah kecepatan aliran cairan antinyamuk (masih dalam tandon, $v_2 = 0$). Dengan demikian,

$$\rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 = \rho g h_2$$

$$g h_1 + \frac{1}{2} v_1^2 = g h_2$$

$$\frac{1}{2} v_1^2 = g h_2 - g h_1 = g(h_2 - h_1)$$

$h_2 - h_1$ merupakan selisih ketinggian fluida pada pipa horizontal dan vertikal. Selisih ketinggian ini juga merupakan tinggi pipa vertikal (l) sehingga:

$$\frac{1}{2} v_1^2 = g l$$

$$v_1^2 = 2 g l$$

$$v_1 = \sqrt{2 g l}$$

Kecepatan v_1 ini merupakan kecepatan minimum aliran udara dalam pipa horizontal agar cairan antinyamuk dalam pipa vertikal naik setinggi l . Berdasarkan keterangan di atas, kecepatan minimum aliran udara dalam pipa horizontal sama sekali tidak dipengaruhi oleh diameter pipa.

Jadi, diameter pipa horizontal pada semprotan antinyamuk tersebut adalah $a' = a$.

Jawaban: E

B. Esai

1. Terapkan Hukum Bernoulli.

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = C$$

Sebelum memasukkan data satuan besaran kecepatan harus dikonversi terlebih dahulu.

$$v_1 = 36 \text{ km/jam} = 10 \text{ m/s}$$

$$P_1 = 9,1 \times 10^5 \text{ Pa} = 9,1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$P_2 = 2 \times 10^5 \text{ Pa} = 2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$\Leftrightarrow 9,1 \times 10^5 + \frac{1}{2}(10^3)(10^2) + 10^3(10)(5)$$

$$= 2 \times 10^5 + \frac{1}{2}(10^3)v_2^2 + 10^3(10)(1)$$

$$\Leftrightarrow 9,1 \times 10^5 + 5 \times 10^4 + 5 \times 10^4$$

$$= 2 \times 10^5 + (5 \times 10^2)v_2^2 + 10^4$$

Jika setiap suku dibagi 10^4 , diperoleh:

$$91 + 5 + 5 = 20 + (5 \times 10^{-2})v_2^2 + 1$$

$$101 = 21 + 0,05v_2^2$$

$$80 = 0,05v_2^2$$

$$v_2^2 = 1.600$$

$$v_2 = 40$$

Jadi, kecepatan air pada pipa kecil adalah 40 m/s.

2. Pertama, tentukan kecepatan aliran air yang melalui penampang kecil dengan menggunakan rumus debit aliran.

$$A_1v_1 = A_2v_2$$

$$10 \times 2 = 5 \times v_2$$

$$v_2 = 4 \text{ m/s}$$

Gunakan Hukum Bernoulli.

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$4 \times 10^4 + 10^3(10)(0) + \frac{1}{2}(10^3)(2^2) =$$

$$P_2 + 10^3(10)(0,6) + \frac{1}{2}(10^3)(4^2)$$

$$40.000 + 2.000 = P_2 + 6.000 + 8.000$$

$$42.000 = P_2 + 14.000$$

$$P_2 = 28.000 \text{ Pa} = 28 \text{ kPa}$$

Jadi, tekanan pada pipa yang berpenampang kecil adalah 28 kPa.

3. Tingkat aliran fluida adalah

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{125 \text{ cm}^3}{16,3 \text{ s}} = Av_1 = \pi \left(\frac{0,96 \text{ cm}}{2} \right)^2 v_1$$

Kecepatan aliran di bagian mulut keran adalah

$$v_1 = \frac{7,67 \text{ cm}^3/\text{s}}{0,724 \text{ cm}^2} = 10,6 \text{ cm/s}$$

Ambil titik 1 pada mulut keran dan titik 2 pada 13 cm di bawah mulut keran.

$$P_1 + \rho gy_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho gy_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$P_0 + (1.000)(9,8)(0,13) + \frac{1}{2}$$

$$(1.000)(0,16) = P_0 + 0 + \frac{1}{2}$$

$$(1.000)v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{2(9,8)0,13 + (0,106)}$$

$$= 1,60 \text{ m/s}$$

Laju aliran air konstan sehingga

$$7,67 \text{ cm}^3/\text{s} = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 160 \text{ cm/s}$$

$$d = 0,247 \text{ cm}$$

4. Pada tabung suntikan, tekanan gauge adalah

$$\Delta P = \frac{F}{A} = \frac{2}{2,50 \times 10^{-5}} = 8 \times 10^4 \text{ Pa}$$

Persamaan kontinuitas:

$$A_1v_1 = A_2v_2$$

$$(2,5 \times 10^{-5}) v_1 = (1 \times 10^{-8}) v_2$$

$$v_1 = 4 \times 10^{-4} v_2$$

Nilai v_1 jauh lebih kecil dibandingkan dengan v_2 sehingga, v_1^2 dapat diabaikan dibandingkan dengan v_2^2 .

Kemudian, dari persamaan Bernoulli

$$(P_1 - P_2) + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gy_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gy_2$$

$$8 \times 10^4 + 0 + 0 = \frac{1}{2}(1.000)v_2^2 + 0$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2(8 \times 10^4)}{1.000}} = 4\sqrt{10} = 12,6 \text{ m/s}$$

5. Misalkan tekanan di dalam selang adalah P_1 , kecepatannya adalah v_1 dan ketinggiannya adalah h_1 . Sementara itu, tekanan, kecepatan, dan ketinggian mulut pipa diberi indeks 2.

Debit air

$$Q = 1.000 \frac{\text{liter}}{\text{menit}} = 1.000 \frac{\text{dm}^3}{60 \text{ s}} = \frac{1}{60} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Kecepatan air di selang

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q}{\pi r_1^2} = \frac{\frac{1}{60}}{\frac{22}{7} \left(\frac{3}{100} \right)^2} = 5,89 \approx 6 \text{ m/s}$$

Persamaan Bernoulli:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Anggap perbedaan tinggi antara selang dan mulut pipa hanya sedikit sehingga nilainya dapat diabaikan dan diperoleh

$$\begin{aligned} P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 &= P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \\ P_1 - P_2 &= \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 \\ &= \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \end{aligned}$$

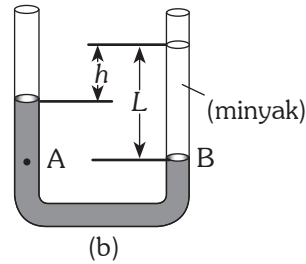
Kecepatan air keluar di mulut pipa, harus mampu mencapai ketinggian 30 m. Oleh karena itu, kecepatan air keluar adalah

$$\begin{aligned} v_2 &= \sqrt{2gh} = \sqrt{2(10)(30)} \\ &= \sqrt{600} \Rightarrow v_2^2 = 600 \end{aligned}$$

Jadi, tekanan gaugunya adalah

$$\begin{aligned} P_1 - P_2 &= \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \\ &= \frac{1}{2} (1.000) (600 - 36) \\ &= 282 \text{ kPa} \end{aligned}$$

6. a. Perhatikan tekanan di titik A dan di titik B pada gambar (b).



Pada tabung kiri:

$$P_A = P_{\text{atm}} + \rho_u g h + \rho_a g (L - h)$$

Suku kedua ruas kanan muncul karena variasi tekanan udara dengan ketinggian.

Pada tabung kanan:

$$P_B = P_{\text{atm}} + \rho_m g h$$

Hukum Pascal: $P_B = P_A$

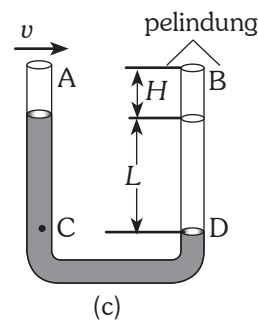
Oleh karena itu,

$$P_{\text{atm}} + \rho_m g L = P_{\text{atm}} + \rho_u g h + \rho_a g (L - h)$$

$$\text{atau} \quad (\rho_a - \rho_u) h = (\rho_a - \rho_m) L,$$

$$\begin{aligned} h &= \left(\frac{\rho_a - \rho_m}{\rho_a - \rho_u} \right) L \\ &= \left(\frac{1.000 - 750}{1.000 - 1.29} \right) 5 \text{ cm} \\ &= 1,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

- b. Perhatikan gambar (c) menunjukkan jika aliran udara di atas tabung kiri menyetarakan fluida dalam dua tabung.



Pertama, terapkan persamaan Bernoulli untuk titik A dan titik B.

$$(y_A = y_B, v_A = v, \text{ dan } v_B = 0)$$

Hal ini memberikan:

$$P_A + \frac{1}{2} \rho_u v^2 + \rho_u g y_A = P_B + \frac{1}{2} \rho_u (0)^2 + \rho_u g y_B$$

dan karena $y_A = y_B$, maka:

$$P_B - P_A = \frac{1}{2} \rho_u v^2 \dots (1)$$

Sekarang perhatikan titik C dan titik D, keduanya sejajar bidang batas minyak-air dalam tabung kanan.

$$P_C = P_A + \rho_u g H + \rho_a g L$$

dan

$$P_D = P_B + \rho_u g H + \rho_m g L$$

Hukum Pascal: $P_C = P_D$

$$P_B + \rho_u g H + \rho_m g L = P_A + \rho_u g H + \rho_a g L$$

$$\text{atau } P_B - P_A = (\rho_a - \rho_m) g L \dots (2)$$

Substitusikan persamaan (1) ke persamaan (2) sehingga diperoleh

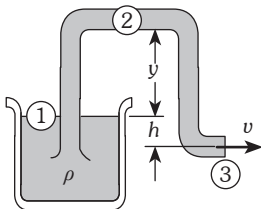
$$\frac{1}{2} \rho_u v^2 = (\rho_a - \rho_m) g L$$

$$v = \sqrt{\frac{2gL(\rho_a - \rho_m)}{\rho_u}}$$

$$= \sqrt{2(9,8)(0,05\text{m})\left(\frac{1.000 - 750}{1,29}\right)}$$

$$v = 13,8 \text{ m/s}$$

7.



$$\text{a. } P_0 + \rho g h + 0 = P_0 + 0 + \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$\text{diperoleh } v = \sqrt{2gh}$$

Diketahui $h = 1 \text{ m}$ sehingga

$$v = \sqrt{2(9,8)(1)} = 4,43 \text{ m/s}$$

$$\text{b. } P + \rho g y + \frac{1}{2} \rho v_2^2 = P_0 + 0 + \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$\text{Karena } v_2 = v_3, \quad P = P_0 - \rho g y$$

Karena $P \geq 0$, maka

$$y \leq \frac{P_0}{\rho g} = \frac{1,013 \times 10^5}{(10^3)(9,8)}$$

$$= 10,3 \text{ m}$$

8. Anggaplah $v_{\text{dalam}} \approx 0$. Dengan menggunakan persamaan Bernoulli,

$$P + 0 + 0 = 1 \text{ atm} + \frac{1}{2} (1.000)(30)^2$$

$$+ 1.000(9,80)(0,5)$$

$$P - 1 \text{ atm} = 4,5 \times 10^5 + 4,9 \times 10^3$$

$$P_{\text{gauge}} = P - 1 \text{ atm}$$

$$= 4,5 \times 10^5 + 4,9 \times 10^3$$

$$= 455 \text{ kPa}$$

9. a. Ambil titik 1 pada permukaan air dalam akuarium dan titik 2 di bagian bawah selang.

$$P_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$P_0 + \rho g d + 0 = P_0 + 0 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{2gd} \dots (1)$$

Debit air adalah

$$\frac{V}{t} = \frac{Ah}{t} = v_2 A'$$

$$v_2 = \frac{Ah}{tA'} \dots (2)$$

substitusikan (2) ke (1)

$$\frac{Ah}{tA'} = \sqrt{2gd}$$

$$t = \frac{Ah}{A' \sqrt{2gd}}$$

- b. Waktu untuk menguras air adalah

$$t = \frac{(0,5)^2 0,5}{2 \times 10^{-4} \sqrt{2(9,8)10}} = 44,6 \text{ s}$$

10. a. Untuk garis aliran divergen yang lewat tepat di atas (indeks a) dan tepat di bawah (indeks b) hidrofoil,

$$P_a + \rho g y_a + \frac{1}{2} \rho v_a^2 = P_b + \rho g y_b + \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

Gaya apung diabaikan, berarti

$$y_a \approx y_b$$

$$P_a + \frac{1}{2} \rho (nv_b)^2 = P_b + \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

$$P_b - P_a = \frac{1}{2} \rho v_b^2 (n^2 - 1)$$

Gaya angkat

$$(P_b - P_a) A = \frac{1}{2} \rho v_b^2 (n^2 - 1) A$$

$$F = \frac{1}{2} (n^2 - 1) \rho v_b^2 A$$

- b. Untuk lepas landas,

$$F_a = w$$

$$\frac{1}{2} \rho v_b^2 (n^2 - 1) A = Mg$$

$$v_b = \left(\frac{2Mg}{\rho (n^2 - 1) A} \right)^{1/2}$$

Kelajuan relatif kapal terhadap pantai hampir sama dengan kelajuan air di bawah hidrofoil relatif terhadap perahu.

$$c. v^2 (n^2 - 1) A \rho = 2Mg$$

$$A = \frac{2Mg}{v^2 (n^2 - 1) \rho}$$

$$A = \frac{2(800)9,8}{(9,5)^2 (1,05^2 - 1) 1.000} = 1,7 \text{ m}^2$$

11. Kecepatan aliran air yang keluar dari lubang sama dengan kecepatan gerak jatuh bebas.

$$v = \sqrt{2gh}, \text{ dengan } h \text{ adalah}$$

kedalaman lubang yang diukur dari permukaan air.

$$h = 85 \text{ cm} - 40 \text{ cm} = 45 \text{ cm} = 0,45 \text{ m}$$

Dengan demikian, diperoleh:

$$v = \sqrt{2(10)(0,45)} = \sqrt{9} = 3$$

Jadi, kecepatan semburan air dari kran adalah 3 m/s.

12. Misalkan h adalah ketinggian dari permukaan air ke lubang keran dan H adalah ketinggian dari lubang keran ke permukaan tanah.

$$h = 0,2 \text{ m}$$

$$H = 5 \text{ m}$$

Jarak jatuhnya air diukur dari kaki bak (R) dirumuskan sebagai:

$$R = 2\sqrt{hH} = 2\sqrt{0,2 \times (5)} = 2\sqrt{1} = 2$$

Jadi, jarak mendatar jatuhnya air adalah 2 meter.

$$13. \rho_{\text{udara}} \frac{v^2}{2} = \Delta P = \rho_{\text{Hg}} g \Delta h$$

$$v = \sqrt{\frac{2\rho_{\text{Hg}} g \Delta h}{\rho_{\text{udara}}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(13.600)(9,8)(5 \times 10^{-2})}{1,25}} = 103 \text{ m/s}$$

14. Sayap pesawat terbang mempunyai daya angkat maksimal apabila tekanan udara di bawah sayap lebih besar daripada tekanan udara di atasnya $P_A < P_B$. Sesuai dengan asas Bernoulli, tekanan udara berbanding terbalik dengan kecepatan aliran udara sehingga $v_A > v_B$.
15. Salah satu tujuan dibuatnya lekukan sayap adalah untuk mengurangi gaya hambat akibat pusaran udara di ujung sayap. Di ujung sayap (bidang batas antara benda padat dengan fluida) terjadi pusaran udara (*vortices*) yang arah alirannya mendorong sayap ke arah bawah.

Hal ini mengakibatkan gaya angkat pada pesawat sedikit terhambat. Pusaran udara di ujung sayap dapat diperkecil dengan membuat lekukan di ujung sayap (membuat *wingtip*). Pengurangan gaya hambat tersebut berakibat terhadap efisiensi penggunaan bahan bakar. *Wingtip* juga memberi tambahan stabilitas vertikal pada sayap. Umumnya stabilitas vertikal hanya berasal dari bagian tegak di ekor pesawat. Karena posisi *wingtip* pada dua sayap hampir vertikal maka *wingtip* juga memberi tambahan stabilitas vertikal pada pesawat.

A. Pilihan Ganda

1. $T_C = 25^\circ\text{C}$

$$T_K = t_C + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$(T_F - 32) : t_C = 9 : 5$$

$$(T_F - 32) = \frac{9}{5} T_C = \frac{9}{5} (25) = 45$$

$$T_F = 45 + 32 = 77^\circ\text{C}$$

Jawaban: A

2. $t_F = T = x^\circ$

Hubungan antara skala Fahrenheit dan skala Kelvin:

$$T_K = \frac{5}{9}(t_F - 32) + 273$$

$$x = \frac{5}{9}(x - 32) + 273$$

$$9(x - 273) = 5(x - 32)$$

$$9x - 2.457 = 5x - 160$$

$$4x = 2.297 \Rightarrow x = 574,25^\circ$$

Jadi, pada suhu $574,25^\circ$, pembacaan pada skala Kelvin akan sama seperti pembacaan pada skala Fahrenheit.

Jawaban: E

	A	B
125°	-----	100°
100°	-----	75°
50°	-----	t°

Pada skala A: $125^\circ - 50^\circ = 75^\circ$

Pada skala B: $100^\circ - t^\circ = 100 - t$

Rumus perbandingan

$$\Delta A : \Delta B = 75 : (100 - t)$$

ΔA pada skala A:

$$\Delta A = 100^\circ - 50^\circ = 50^\circ$$

ΔB pada skala B : $\Delta B = 75 - t$

$$\Delta A : \Delta B = 75 : (100 - t)$$

$$\frac{50}{75 - t} = \frac{75}{100 - t}$$

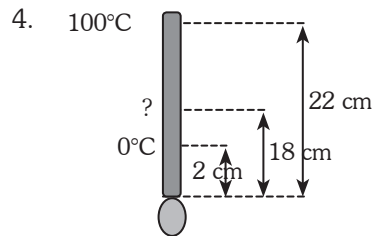
$$50(100 - t) = 75(75 - t)$$

$$5.000 - 50t = 5.625 - 75t$$

$$25t = 625$$

$$t = 25^\circ$$

Jawaban: C



Pada skala celcius: $100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}$

Pada skala X: $22 \text{ cm} - 2 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$

Rumus perbandingan dengan skala =

$$\Delta C : \Delta X = 100 : 20 = 10 : 2$$

Pada skala X:

$$\Delta X = 18 - 2 = 16 \text{ cm}$$

Nilai ΔC pada skala celcius

$$\Delta C : \Delta X = 10 : 2$$

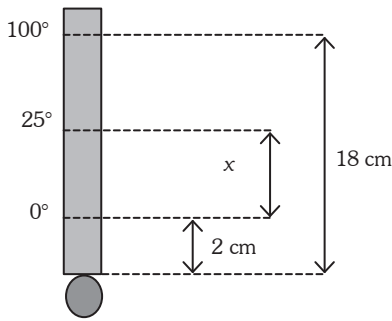
$$\Delta C : 16 = 10 : 2 \Rightarrow \Delta C = \frac{16 \times 10}{2} = 80^\circ\text{C}$$

Jawaban: D

5. Panjang kolom raksa saat es melebur
= 2 cm

Panjang kolom raksa saat air mendidih = 18 cm

Panjang kolom raksa saat suhu 25°C



Pada skala Celcius: $100^\circ - 0^\circ$

$$\Delta C = 100^\circ$$

Pada skala y

$$\Delta y = 18 - 2 = 16 \text{ cm}$$

Berdasarkan perbandingan,

$$\Delta C : \Delta y = T_c : x$$

$$\text{maka } 100 : 16 = 25 : x$$

$$x = \frac{25 \times 16}{100} = 4 \text{ cm}$$

Pada 25°C skala panjang kolom raksa adalah $x + 2 = 4 + 2 = 6 \text{ cm}$

Jawaban: C

6. Panjang pipa kuningan pada suhu

$$T_1 = 25^\circ\text{C} \text{ adalah } \ell_0 = 100 \text{ cm}$$

Koefisien muai panjang kuningan,

$$\alpha = 19 \times 10^{-6} (\text{C}^\circ)^{-1}$$

Pertambahan panjang pipa pada suhu $T_2 = 75^\circ\text{C}$ adalah

$$\begin{aligned} \Delta \ell &= \alpha \ell_0 \Delta T = \alpha \ell_0 (T_2 - T_1) \\ &= (19 \times 10^{-6}) (100) (75 - 25) \\ &= 0,095 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi, panjang pipa pada suhu 75°C ,

$$\begin{aligned} \Delta \ell &= \ell - \ell_0 \rightarrow \ell = \Delta \ell + \ell_0 \\ &= 0,095 \text{ cm} + 100 \text{ cm} \\ &= 100,095 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jawaban: B

7. Panjang batang perunggu mula-mula

$$\ell_0 = 160 \text{ mm}$$

$$\text{Suhu awal } T_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$\text{Panjang akhir } \ell = 160,36 \text{ mm}$$

$$\alpha_{\text{perunggu}} = 19 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Suhu batang pada akhir pemanasan dihitung dengan persamaan

$$\Delta \ell = \ell_0 \alpha \Delta T, \text{ dengan } \Delta \ell = \ell - \ell_0 \text{ sehingga}$$

$$\ell - \ell_0 = \ell_0 \alpha \Delta T$$

$$160,36 - 160 = (160)(19 \times 10^{-6}) \Delta T$$

$$0,36 = 3,04 \times 10^{-3} \Delta T$$

$$\Delta T = 118,42^\circ\text{C}$$

Suhu akhir pemanasan T

$$\Delta T = T - T_1$$

$$118,42 = T - 10$$

$$T = 118,42 + 10 = 128,42^\circ\text{C}$$

Jawaban: A

8. Luas penampang pipa kapiler

$$A = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$$

Volume raksa dalam tandon

$$v_0 = 1 \text{ mm}^3$$

Kenaikan suhu $\Delta T = 60^\circ\text{C}$

$$\gamma_{\text{raksa}} = 1,82 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Pertambahan volume raksa dengan kenaikan suhu sebesar 60°C , ΔV

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_0 \gamma \Delta T \\ &= (1)(1,82 \times 10^{-3})(60) \\ &= 0,109 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Ketinggian raksa mula-mula, t_0

$$V_0 = \text{luas alas} \times \text{tinggi} = A \times t_0$$

$$t_0 = \frac{V_0}{A} = \frac{(1)}{(1 \times 10^{-3})} = 1.000 \text{ mm}$$

Pertambahan tinggi raksa, Δt

$$\Delta V = A \times \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{A} = \frac{0,109}{1 \times 10^{-3}} = 109 \text{ mm}$$

Jadi, ketinggian raksa pada

perubahan suhu 60°C adalah

$$t = \Delta t + t_0 = 109 + 1.000 = 1.109 \text{ mm}$$

Jawaban: E

9. Panjang jembatan $\ell = 500$ m
 Suhu minimum $T_c = 10^\circ\text{C}$
 Suhu maksimum $T_m = 40^\circ\text{C}$
 Anggap bahwa panjang jembatan mula-mula adalah $\ell_0 = 500$ m pada suhu $T_c = 10^\circ\text{C}$. Jembatan akan mengalami kenaikan suhu dari $T_c = 10^\circ\text{C}$ hingga $T_m = 40^\circ\text{C}$ dan pertambahan panjang $\Delta\ell = \alpha\ell_0 \Delta T$. Lebar celah minimum yang harus disediakan pada salah satu ujungnya adalah $d = \Delta\ell$, koefisien muai baja $\alpha = 11 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, kenaikan suhu maksimum $\Delta T = T_m - T_c = 40 - 10 = 30^\circ\text{C}$
 Pertambahan panjang ujung jembatan,

$$\Delta\ell = \alpha\ell_0 \Delta t = (11 \times 10^{-6})(500)(30)$$

$$= 0,165 \text{ m}$$

 Maka dari itu, lebar celah minimum yang harus disediakan adalah 0,165 m atau 16,5 cm.

Jawaban: D

10. Panjang batang mula-mula $\ell_0 = 4$ m
 Pertambahan panjang

$$\Delta\ell = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

 Kenaikan suhu $\Delta T = 40^\circ\text{C}$
 Untuk jenis batang yang sama dan luas yang sama berlaku hubungan:

$$\Delta\ell \propto \ell_0 \Delta T$$

$$\frac{\Delta\ell_2}{\Delta\ell_1} = \frac{\ell_{02} \Delta T_2}{\ell_{01} \Delta T_1}$$

$$\frac{\Delta\ell_2}{2} = \frac{2(20)}{4(40)}$$

$$\Delta\ell_2 = \frac{1}{4} \times 2 = 0,5 \text{ mm}$$

Jawaban: A

11. Rel sebelah kiri memanjang ke kanan sebesar $\Delta\ell$ dan rel sebelah kanan memanjang ke kiri sebesar $\Delta\ell$,

maka lebar celah yang diperlukan (d) adalah sama dengan dua kali $\Delta\ell$ sehingga

$$d = 2\Delta\ell$$

$$= 2\ell_0 \times \alpha \times \Delta T$$

$$= 2(10)(12 \times 10^{-6})(10)$$

$$= 24 \times 10^{-4}$$

$$= 2,4 \times 10^{-3} \text{ m} = 2,4 \text{ mm}$$

Jawaban: B

12. Volume bejana baja $V_0 = 2$ L pada suhu $T_1 = 10^\circ\text{C}$.

Volume alkohol yang diisi ke dalam bejana

$$V_{\text{alk}} = 96\% \times 2 = 1,92 \text{ L}$$

Suhu akhir pemanasan $T_2 = 60^\circ\text{C}$

Perubahan suhu

$$\Delta T = 60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{\text{baja}} = 11 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\gamma_{\text{alkohol}} = 1,12 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Kenaikan volume bejana (V_{baja}) dan volume alkohol dapat dihitung dengan persamaan

$$\Delta V_{\text{baja}} = \gamma_{\text{baja}} V_0 \Delta T = 3\alpha_{\text{baja}} V_0 \Delta T$$

$$V_{\text{baja}} = 3(11 \times 10^{-6})(2)(50)$$

$$= 3,3 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$\Delta V_{\text{alk}} = \gamma_{\text{alk}} V_{0,\text{alk}} \Delta T$$

$$= (1,12 \times 10^{-3})(1,92)(50)$$

$$= 0,108 \text{ L}$$

Volume bejana dan alkohol pada suhu $T = 60^\circ\text{C}$ adalah

$$V_{\text{baja}} = V_0 + \Delta V_{\text{baja}} = 2 \text{ L} + 3,3 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$= 2,003 \text{ L}$$

$$V_{\text{alk}} = V_{0,\text{alk}} + \Delta V_{\text{alk}} = 1,92 \text{ L} + 0,108 \text{ L}$$

$$= 2,028 \text{ L}$$

Jadi, volume alkohol yang tumpah adalah

$$\Delta V = V_{\text{alk}} - V_{\text{baja}} = 2,028 - 2,003 \\ = 0,025 \text{ L} = 25 \text{ mL}$$

Jawaban: D

13. Wadah

$$V_0 = 100\% = 1,0 \text{ satuan volume,} \\ \text{suhu awal } T_0 = 0^\circ\text{C,} \\ \text{suhu akhir } T = 100^\circ\text{C,} \\ \gamma_w = 80 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Cairan

$$V_{0c} = 95\% = 0,95 \text{ satuan volume,} \\ \text{suhu awal } T_0 = 0^\circ\text{C,} \\ \text{suhu akhir } Y = 100^\circ\text{C}$$

Kenaikan volume wadah (V_w) dan volum cairan (V_c) untuk $\Delta T = 100^\circ\text{C}$ adalah

$$\Delta V_w = \gamma_w V_0 \Delta T \\ = (80 \times 10^{-6})(1,0)(100) \\ = 8 \times 10^{-3} \text{ satuan volume}$$

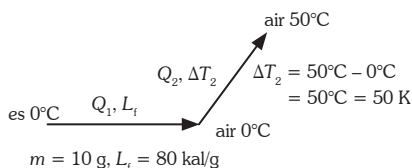
$$\Delta V_c = \gamma_c V_{0c} \Delta T = \gamma_c (0,95)(100) \\ = 95\gamma_c \text{ satuan volume}$$

Pada suhu 100°C cairan mulai tumpah. Artinya, pada suhu ini volume cairan sama dengan volume wadah sehingga

$$V_c = V_w \\ \Delta V_c + V_{0c} = \Delta V_w + V_{0w} \\ 95\gamma_c + 0,95 = 8 \times 10^{-3} + 1,0 \\ 95\gamma_c = 0,058 \\ \gamma_c = 6,1 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Jawaban: D

14.



Kalor yang diperlukan es 0°C untuk melebur semua menjadi air 0°C

$$Q_1 = mL_f = (10)(80) \\ = 800 \text{ kal}$$

Kalor yang diperlukan air 0°C untuk menjadi air 50°C

$$Q_2 = mc_{\text{air}} \Delta T \\ = (10)(1)(50) \\ = 500 \text{ kalori}$$

Jadi, total kalor yang diperlukan untuk mengubah 10 g es 0°C menjadi air 50°C adalah

$$Q = Q_1 + Q_2 = 800 + 500 \\ = 1.300 \text{ kal}$$

Jawaban: B

15. $m = 50 \text{ gram}$

$$c_{\text{es}} = 0,5 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$$

$$L_f = 80 \text{ kal/g}$$

Kalor yang diperlukan es 0°C untuk melebur seluruhnya menjadi air 0°C

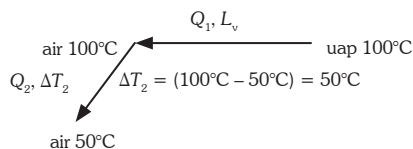
$$Q = mL_f = (50)(80) \\ = 4.000 \text{ kal}$$

$$Q_2 = Q + 1.000 \\ = 4.000 + 1.000 \\ = 5.000 \text{ kal}$$

Jawaban: E

16. Banyaknya kalor yang dilepaskan ketika 20 g uap pada 100°C mengembun dan mendingin menjadi air pada 50°C .

Skema perubahan wujud



$$L_v = 2.256 \times 10^3 \text{ J/kg; } c_a = 4.200 \text{ J/kg K}$$

Banyaknya kalor yang dilepaskan uap 100°C untuk menjadi air 100°C

$$Q_1 = mL_v$$

$$= (20 \times 10^{-3})(2.256 \times 10^3)$$

$$= 45.120 \text{ J}$$

Banyaknya kalor yang dilepaskan air 100°C untuk menjadi air 50°C.

$$Q_2 = mc_a \Delta T_a$$

$$= (20 \times 10^{-3})(4.200)(50)$$

$$= 4.200 \text{ J}$$

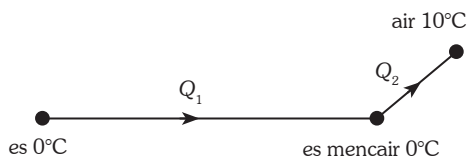
Jadi, total kalor yang dilepaskan uap air 100°C untuk menjadi air 50°C adalah

$$Q = Q_1 + Q_2 = 45.120 + 4.200$$

$$= 49.320 \text{ J}$$

Jawaban: A

17. $L = 340 \text{ kJ/kg} = 340.000 \text{ J/kg}$
Berikut ini grafik penyerapan kalor pada soal di atas.



Kalor Q yang diserap oleh es digunakan untuk mengubah wujud menjadi air (Q_1) dan menaikkan suhu sampai 10°C (Q_2).

$$Q = Q_1 + Q_2 = mL + mc\Delta T$$

$$1.000 = m(340.000) + m(4.200)(10)$$

$$1.000 = 340.000m + 42.000m$$

$$1.000 = 382.000m$$

$$m = \frac{1}{382} \text{ kg} = \frac{1.000}{382} \text{ g} = 2,61 \text{ g}$$

Jawaban: A

18. Massa air $m = 4,0 \text{ kg}$

Waktu pembakaran
 $t = 4 \text{ menit} = 240 \text{ s}$

Kenaikan suhu air $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ atau 10 K

Jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda sebesar 4°C adalah

$$Q = mc\Delta T$$

$$= (4,0)(4.200)(10)$$

$$= 168.000 \text{ J}$$

Kalor untuk menaikkan suhu air sebesar 10°C dikonversi dari energi yang berasal dari pembakar Bunsen, maka daya pembakar Bunsen, P adalah

$$Q_{\text{Bunsen}} = Q_{\text{air}}$$

$$Pt = mc\Delta T$$

$$240P = 168.000 \text{ J}$$

$$P = 700 \text{ W}$$

Jawaban: C

19. Massa air $m = 0,8 \text{ kg}$

Suhu air mula-mula $T_1 = 20^\circ\text{C}$

Suhu akhir air $T_2 = 100^\circ\text{C}$

Perubahan suhu

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 100 - 20$$

$$= 80^\circ\text{C} \text{ atau } 80 \text{ K}$$

Daya pemanas listrik

$$P = 1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$$

Dalam kasus ini terjadi konversi energi listrik menjadi energi kalor untuk menaikkan suhu air sebesar 80°C

$$E_{\text{listrik}} = Q_{\text{air}}$$

$$Pt = mc\Delta T$$

$$t = \frac{mc\Delta T}{P}$$

$$t = \frac{(0,8)(4.200)(80)}{1.000}$$

$$= 268,8 \text{ s} = 4,48 \text{ menit}$$

Jadi, waktu yang diperlukan untuk memanaskan air hingga 100°C adalah 4,48 menit.

Jawaban: E

20. Daya pemanas $P = 60 \text{ W}$
 Massa es $m = 100 \text{ g}$ pada $T = 0^\circ\text{C}$
 Terjadi konversi energi listrik menjadi energi kalor untuk meleburkan 100 g es.

$$W_{\text{listrik}} = Q$$

$$Pt = mL_f$$

$$t = \frac{mL_f}{P}$$

$$t = \frac{(100 \times 10^{-3})(334 \times 10^3)}{60}$$

$$= 556,6 \text{ sekon} = 9,3 \text{ menit}$$

Jawaban: A

21. Daya listrik
 $P = 2,5 \text{ kW} = 2,5 \times 10^3 \text{ W}$
 Waktu $t = 100 \text{ s}$
 $L_v = 2,26 \times 10^6 \text{ J/kg}$

$$W_{\text{list}} = r$$

$$Pt = mL_v$$

$$m = \frac{Pt}{L_v} = \frac{(2,5 \times 10^3)(100)}{2,26 \times 10^6}$$

$$= 0,1106 \text{ kg} = 110,6 \text{ g}$$

Jawaban: A

22. $P = 100 \text{ watt}$
 $m = 300 \text{ gram} = 0,3 \text{ kg}$
 $t = 1 \text{ menit} = 60 \text{ detik}$
 $T_1 = 25^\circ\text{C}$
 $c = 4.200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$
 $\eta = 90\%$
 Efisiensinya (η) adalah 90% . Artinya, hanya 90% energi listrik (W) yang diubah menjadi panas (Q).

$$Q = \eta W$$

$$mc\Delta T = 90\% (Pt)$$

$$0,3(4.200)\Delta T = \frac{90}{100} (100)(60)$$

$$\Delta T = 4,29^\circ\text{C}$$

Kenaikan suhunya sebesar $4,29^\circ\text{C}$

sehingga suhu akhirnya adalah

$$T_2 = 25^\circ\text{C} + 4,29^\circ\text{C} = 29,29^\circ\text{C}$$

Jawaban: A

23. Energi kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada ketinggian tertentu diberikan oleh energi potensial.

$$EP = Q$$

$$mgh = mc_a\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{mgh}{mc_a} = \frac{gh}{c_a}$$

Jadi, suhu air terjun bergantung pada ketinggian air terjun (h), percepatan gravitasi (g), dan suhu awal air terjun (T_0).

Jawaban: A

24. Tinggi air terjun $h = 42 \text{ m}$
 Kalor jenis air $c = 4.200 \text{ J/kg K}$
 $g = 10 \text{ m s}^{-2}$

$$EP = Q$$

$$mgh = mc\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{gh}{c} = \frac{(10)(42)}{4.200} = 0,1 \text{ K}$$

Perubahan suhu air di dasar air terjun $\Delta T = 0,1 \text{ K}$ atau $0,1^\circ\text{C}$.

Jawaban: E

25. Energi yang dikeluarkan Zahid adalah $1,128 \times 10^6 \text{ J}$ selama 45 menit.

Asumsi: energi yang dikeluarkan digunakan untuk menguapkan air dari kulit

Energi yang dikeluarkan Vieza setiap detik adalah

$$\frac{Q}{t} = \frac{1,128 \times 10^6 \text{ J}}{45 \text{ menit}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}}$$

$$= 417,8 \text{ J/s}$$

Kalor uap $L_v = 334 \times 10^3 \text{ J/kg}$

Jumlah air yang diuapkan:

$$\frac{Q}{t} = \frac{mL_v}{t} \Rightarrow \frac{m}{t} = \frac{Q}{t L_v}$$

$$\frac{m}{t} = (417,8) \frac{1}{334 \times 10^3}$$

Jadi, jumlah keringat yang keluar setiap detiknya adalah

$$1,25 \times 10^{-3} \text{ kg atau } 1,25 \text{ g.}$$

Jawaban: A

26. Massa pemain hoki $m_1 = 66 \text{ kg}$

Kelajuan awal $v_0 = 8 \text{ m/s}$

Kelajuan akhir $v = 0$ (berhenti)

$$L_f = 3,3 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

Asumsi: hanya 60% energi gesekan yang digunakan untuk meleburkan es.

Pada saat itu terjadi perubahan energi kinetik yang dihasilkan pemain hoki ketika bergerak menjadi kalor untuk meleburkan es. Karena hanya 60% energi yang dipakai, maka

$$60\% EK = Q$$

$$60\% \left(\frac{1}{2} m_1 v^2 \right) = m_{\text{es}} L_f$$

$$\frac{1}{2} (0,6) (66) (8,0)^2 = m_{\text{es}} (3,3 \times 10^5)$$

$$m_{\text{es}} = \frac{1.267,2}{3,3 \times 10^5} = 3,84 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$= 3,84 \text{ g}$$

Jadi, massa es yang melebur akibat gesekan adalah 3,84 g.

Jawaban: C

27. Massa mobil $m_1 = 1.000 \text{ kg}$

Kelajuan mobil $v = 30 \text{ m/s}$

Massa rem cakram $m_2 = 5,0 \text{ kg}$

Kalor jenis besi $c_b = 450 \text{ J kg}^{-1}(\text{°C})^{-1}$

Pada soal ini seluruh energi kinetik mobil yang dihasilkan dikonversi seluruhnya menjadi energi kalor dalam rem cakram, maka energi kinetik sama dengan energi kalor pada rem cakram. Karena ada 4 rem cakram, sehingga energi kinetik adalah 4Q.

$$\frac{1}{2} m_1 v^2 = 4 (m_2 c_b \Delta T)$$

$$\Delta T = \frac{m_1 v^2}{8 m_2 c_b} = \frac{(1.000)(30)^2}{8(5)(450)}$$

$$= 50 \text{ K atau } 50^\circ\text{C}$$

Jawaban: D

28. Massa timah hitam $m_1 = 1 \text{ kg}$

Kenaikan suhu timah

$$\Delta T = 2^\circ\text{C atau } 2 \text{ K}$$

$$c_t = 132 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

Sebelum menumbuk tanah, timbel (timah hitam) bergerak dengan kelajuan v dan memiliki energi kinetik

sebesar $\frac{1}{2} m v^2$. Energi kinetik ini

dikonversi menjadi energi kalor untuk menaikkan suhu timbel sebesar 2°C .

$$EK = Q$$

$$\frac{1}{2} m_1 v^2 = m_1 c_t \Delta T$$

$$v^2 = 2 c_t \Delta T = 2 (132) (2) = 528$$

$$v = 22,9 \text{ m s}^{-1} \approx 23 \text{ m s}^{-1}$$

Jawaban: A

29. Massa bola $m_1 = 0,1 \text{ kg}$

Ketinggian jatuh $h_1 = 10 \text{ m}$

Ketinggian pantul $h_2 = 7,5 \text{ m}$

Kalor jenis bola $c = 450 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

Terjadi konversi energi disipasi menjadi energi kalor untuk menaikkan suhu bola.

Kecepatan bola saat tiba di permukaan bumi,

$$v_1 = \sqrt{2gh_1} \Rightarrow v_1^2 = 2gh_1$$

Kecepatan pantulan,

$$v_2 = \sqrt{2gh_2} \Rightarrow v_2^2 = 2gh_2$$

energi disipasi = kalor untuk menaikkan suhu

$$EK_{\text{awal}} - EK_{\text{akhir}} = mc\Delta T$$

$$\frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2) = mc\Delta T$$

$$\begin{aligned}\Delta T &= \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2c} = \frac{(2gh_1 - 2gh_2)}{2c} \\ &= \frac{2(10)(10 - 7,5)}{2(450)} = \frac{50}{900} \\ &= 0,055 \text{ K atau } 0,055^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Jadi, kenaikan suhu karena gesekan adalah $0,055^\circ\text{C}$.

Jawaban: D

30. Timah hitam (indeks 1)

- $m_1 = 0,500 \text{ kg}$
- $T_1 = 100^\circ\text{C}$
- $c_1 = \dots ?$

Air (indeks 2)

- $m_2 = 0,200 \text{ kg}$
- $T_2 = 20^\circ\text{C}$
- $c_2 = 4.200 \text{ J/kg K}$

Aluminium (indeks 3)

- $m_3 = 0,4 \text{ kg}$
- $T_3 = 20^\circ\text{C}$
- $c_3 = 900 \text{ J/kg K}$

Suhu akhir campuran

- $T = 24^\circ\text{C}$ atau 24 K

Perhatikan, benda yang melepas kalor adalah timah hitam dan yang menerima kalor adalah air dan kalorimeter aluminium. Suhu timah hitam turun.

$$\begin{aligned}\Delta T_1 &= T_1 - T = 100 - 24 \\ &= 76^\circ\text{C} \text{ atau } 76 \text{ K}\end{aligned}$$

Timah hitam melepas kalor.

$$\begin{aligned}Q_1 &= m_1 c_1 \Delta T = (0,500)(c)(76) \\ &= 38c\end{aligned}$$

Suhu air naik.

$$\Delta T_2 = T - T_2$$

$$\Delta T_2 = 24 - 20 = 4^\circ\text{C} \text{ atau } 4 \text{ K}$$

Air menerima kalor.

$$\begin{aligned}Q_2 &= m_2 c_2 \Delta T_2 = (0,2)(4.200)(4) \\ &= 3.360 \text{ J}\end{aligned}$$

Suhu bejana aluminium naik.

$$\Delta T_3 = T - T_3 = 24 - 20 = 4^\circ\text{C} \text{ atau } 4 \text{ K}$$

Aluminium menerima kalor.

$$\begin{aligned}Q_3 &= m_3 c_3 \Delta T_3 = (0,4)(900)(4) \\ &= 1.440 \text{ J}\end{aligned}$$

Sesuai dengan hukum kekekalan energi:

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$38c = 3.360 + 1.440$$

$$c = \frac{3.360 + 1.440}{38} = 126,32 \text{ J/kg K}$$

Jadi, jenis kalor timah hitam adalah $126,32 \text{ J/kg K}$.

Jawaban: B

31. Es: Massa $m_1 = 500 \text{ g}$

Suhu $T_1 = 0^\circ\text{C}$

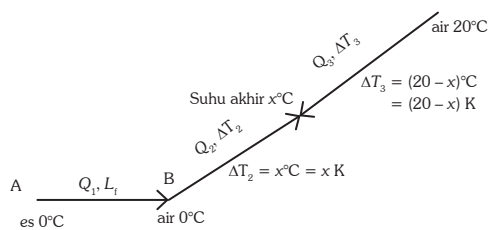
$$L_f = 3,3 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

Air: Massa $m_2 = 500 \text{ g}$

Suhu $T_2 = 20^\circ\text{C}$

$$c_a = 4.200 \text{ J/kg K}$$

Misalkan suhu akhir campuran adalah $x^\circ\text{C}$ ($0 < x < 20$), maka grafik suhu-kalornya adalah sebagai berikut:



Arah anak panah ke kanan atau ke atas menyatakan menerima kalor.

- Kalor yang diterima es 0°C untuk melebur semua menjadi 0°C adalah

$$\begin{aligned}Q_1 &= m_1 L_f \\ &= (500 \times 10^{-3}) (3,3 \times 10^5) \\ &= 165.000 \text{ J}\end{aligned}$$

- Kalor yang diterima air 0°C untuk menjadi air $x^{\circ}\text{C}$ adalah

$$\begin{aligned} Q_2 &= m_1 C_a \Delta T_2 \\ &= (500 \times 10^{-3})(4.200)(x) \\ &= 2.100x \text{ J} \end{aligned}$$

Arah anak panah ke bawah menyatakan melepas kalor.

- Kalor yang dilepas air 20°C untuk menjadi air $x^{\circ}\text{C}$ adalah

$$\begin{aligned} Q_3 &= m_2 C_a \Delta T_3 \\ &= (500 \times 10^{-3})(4.200)(20 - x) \\ &= 2.100 (20 - x) \text{ J} \end{aligned}$$

Asas Black:

$$Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$$

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

$$165.000 + 2.100x = 2.100(20 - x)$$

$$4.200x = -123.000 \Rightarrow x = -29,3^{\circ}\text{C}$$

Awalnya dimisalkan $x > 0$, tetapi hasil penghitungan menunjukkan bahwa $x < 0$. Artinya, tidak seluruh es melebur menjadi air 0°C dan suhu akhir campuran adalah 0°C .

Misalkan massa es yang melebur ialah m kg, maka kalor yang diperlukan es untuk melebur,

$$Q_1 = mL_f = m(3,3 \times 10^5) \text{ J}$$

Air 20°C turun suhunya menjadi 0°C .

Hal ini berarti kalor yang dilepas,

$$\begin{aligned} Q_3 &= m_2 C_a \Delta T_3 \\ &= (500 \times 10^{-3})(4.200)(20 - 0) \\ &= 4.200 \text{ J} \end{aligned}$$

Asas Black:

$$Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$$

$$Q_1 = Q_3$$

$$m(3,3 \times 10^5) = 42.000$$

$$m = 0,127 \text{ kg}$$

Jadi, massa es yang melebur adalah $0,127 \text{ kg}$

Jawaban: B

32. Misalkan suhu akhir campuran adalah T_a . Artinya, suhu air dingin naik dari 20°C menjadi T_a dan suhu besi panas turun dari 120°C menjadi T_a . Jadi, besi panas memberikan (melepas) kalor ke air sebesar

$$\begin{aligned} Q_{\text{lepas}} &= m_{\text{besi}} c_{\text{besi}} \Delta T_{\text{besi}} \\ &= 0,5 \times 450 (T_{\text{besi}} - T_a) \\ &= 225 (120 - T_a) \end{aligned}$$

Sementara itu, air menerima kalor yang berasal dari besi panas sebesar

$$\begin{aligned} Q_{\text{terima}} &= m_{\text{air}} c_{\text{air}} \Delta T_{\text{air}} \\ &= 2 \times 4.190 (T_a - T_{\text{air}}) \\ &= 8.380 (T_a - 20) \end{aligned}$$

Massa air dapat dihitung dengan rumus

$$\begin{aligned} m_{\text{air}} &= \rho_{\text{air}} V = (1 \text{ kg/liter})(2 \text{ liter}) \\ &= 2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan Asas Black,

$$\begin{aligned} Q_{\text{lepas}} &= Q_{\text{terima}} \\ 225(120 - T_a) &= 8.380(T_a - 20) \\ 27.000 - 225 T_a &= 8.380 T_a - 167.600 \\ 194.600 &= 8.605 T_a \rightarrow T_a = 22,6^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Jawaban: D

33. Air:

$$\text{Suhu air } T_1 = 25^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{air}} = 1 \text{ kal g}^{-1} (^{\circ}\text{C})^{-1}$$

Es:

$$\text{Massa } m_2 = 10 \text{ g}$$

$$\text{Suhu awal } T_2 = -5^{\circ}\text{C}$$

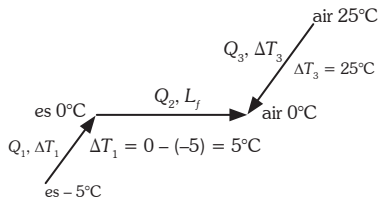
$$L_{\text{es}} = 80 \text{ kal g}^{-1}$$

$$c_{\text{es}} = 0,5 \text{ kal g}^{-1} (^{\circ}\text{C})^{-1}$$

$$\text{Massa es sisa } m_3 = 5 \text{ g}$$

Masa es yang mencair,

$$m = m_2 - m_3 = 10 - 5 = 5 \text{ g}$$



- Kalor yang diterima es -5°C untuk menjadi es 0°C ,

$$Q_1 = m_2 c_{\text{es}} \Delta T_1$$

$$= (10)(0,5)(5) = 25 \text{ kal}$$
- Kalor yang diterima 5 g es 0°C untuk melebur menjadi air 0°C ,

$$Q_2 = mL_f$$

$$= (5)(80) = 400 \text{ kal}$$

Jumlah kalor yang dilepas air sama dengan jumlah kalor yang diserap es

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{serap}}$$

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

$$= 25 + 400 = 425 \text{ kal}$$

Jumlah air yang dicampurkan dengan es dapat dihitung dengan persamaan

$$Q_3 = m_1 c_{\text{air}} \Delta T_3$$

$$m_1 = \frac{Q_3}{c_{\text{air}} \Delta T_3} = \frac{425}{(1)(25)} = 17 \text{ gram}$$

Jawaban: E

34. Kalorimeter:

$$\Delta T_{\text{kal}} = 30 - 20 = 10^{\circ}\text{C}$$

$$C_{\text{kal}} = \dots$$

Air:

$$m_{\text{air}} = 0,2 \text{ kg}$$

$$\Delta T_{\text{air}} = 34 - 30 = 4^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{air}} = 4.200 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{kal}} = Q_{\text{air}}$$

$$C_{\text{kal}} \Delta T_{\text{kal}} = m_{\text{air}} c_{\text{air}} \Delta T_{\text{air}}$$

$$C_{\text{kal}} (30 - 20) = 0,2(4.200)(34 - 30)$$

$$10 C_{\text{kal}} = 0,2(4.200)4$$

$$C_{\text{kal}} = \frac{0,2(4.200)4}{10} = 336 \text{ J}^{\circ}\text{C}$$

Jawaban: B

35. Es:

massa $m_1 = 200 \text{ g}$

suhu awal $T_1 = -10^{\circ}\text{C}$

$$c_{\text{es}} = 0,5 \text{ kal}^{-1}\text{g}^{-1} (^{\circ}\text{C})^{-1}$$

$$L_f = 80 \text{ kal g}^{-1}$$

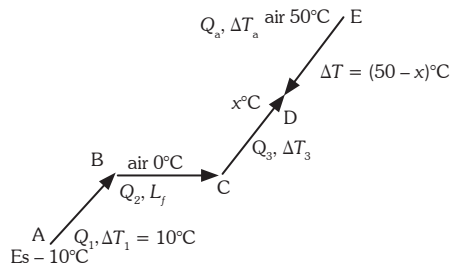
Air:

massa $m_2 = 200 \text{ g}$

suhu awal $T_2 = 50^{\circ}\text{C}$

$$c_{\text{air}} = 1 \text{ kal g}^{-1} (^{\circ}\text{C})^{-1}$$

Untuk mengetahui jumlah air setelah tercapai keseimbangan, terlebih dahulu kita hitung suhu kesetimbangan agar diketahui apakah seluruh es melebur menjadi air atau tidak. Misalkan suhu kesetimbangan adalah $x^{\circ}\text{C}$ ($0 < x < 50$). Diagram suhu es yang menerima kalor adalah AB, BC, dan CD.



Kalor yang diterima es -10°C untuk menjadi es 0°C ,

$$Q_1 = m_1 c_{\text{es}} \Delta T_1$$

$$= (200)(0,5)(10)$$

$$= 1.000 \text{ kal}$$

Kalor yang diterima es 0°C untuk melebur seluruhnya menjadi air 0°C ,

$$Q_2 = m_1 L_f = (200)(80)$$

$$= 16.000 \text{ kal}$$

Kalor yang diterima air 0°C untuk menjadi air pada $x^{\circ}\text{C}$,

$$Q_3 = m_1 c_{\text{air}} \Delta T_3$$

$$= (200)(1)(x)$$

$$= 200x \text{ kal}$$

Kalor yang dilepas air 50°C untuk menjadi air x°C,

$$\begin{aligned} Q_4 &= m_2 c_{\text{air}} \Delta T_4 \\ &= (200)(1)(50 - x) \\ &= 200(50 - x) \text{ kal} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

$$\begin{aligned} Q_4 &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ 200(50 - x) &= 1.000 + 16.000 + 200x \\ -7.000 &= 400x \Rightarrow x = -17,5^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Karena suhu akhir hasil perhitungan $x < 0$, ini menunjukkan bahwa suhu akhir campuran adalah 0°C dan tidak seluruh es melebur menjadi air.

Misalkan massa es yang melebur adalah y kg maka kalor yang diperlukan es untuk melebur adalah

$$Q_2 = yL_f = y(80) \text{ kal}$$

Air 50°C turun suhunya menjadi 0°C, ini berarti kalor yang dilepas

$$\begin{aligned} Q_4 &= m_2 c_{\text{es}} \Delta T_4 \\ &= (200)(1)(50 - 0) \\ &= 10.000 \text{ kal} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$$

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_2 &= Q_4 \\ 1.000 + 80y &= 10.000 \\ y &= 112,5 \text{ g} \end{aligned}$$

Jadi, massa air sesudah kesetimbangan adalah

$$\begin{aligned} m &= m_2 + y = 200 + 112,5 \\ &= 312,5 \text{ g} \end{aligned}$$

Jawaban: C

36. Tembaga

$$\begin{aligned} \text{Massa } m_i &= 100 \text{ g} \\ c_i &= 0,400 \text{ J g}^{-1}\text{K}^{-1} \\ \Delta T &= 5 - (-5) = 10^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Parafin

$$\begin{aligned} \text{Massa } m_p &= 180 \text{ g} \\ \Delta T &= 5 - (-5) = 10^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Arus listrik pada kumparan $I = 2,50 \text{ A}$

Waktu pemanasan $t = 100 \text{ s}$

Perubahan suhu

$$\Delta T = 5 - (-5) = 10^\circ\text{C}$$

atau 10 K

Kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu parafin berasal dari energi listrik

Energi listrik = kalor untuk menaikkan suhu parafin dan tembaga

$$VIt = Q_{\text{tembaga}} + Q_{\text{parafin}}$$

$$V(2,5)(100) = m_i c_i \Delta T + m_p c_p \Delta T$$

$$250V = \Delta T (m_i c_i + m_p c_p)$$

$$250V = (10)[(100)(0,4) + (180)(2,0)]$$

$$250V = 10(40 + 360)$$

$$V = 16 \text{ volt}$$

Jawaban: C

37. Panjang $\rightarrow L$; massa $\rightarrow M$;

waktu $\rightarrow T$; suhu $\rightarrow \theta$

Konduktivitas termal, k .

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{d} \Rightarrow k = \frac{Qd}{A\Delta Tt}$$

$$\text{Dimensi } Q \rightarrow [M][L]^2[T]^{-2}$$

$$\text{Dimensi } d \rightarrow [L]$$

$$\text{Dimensi } \Delta T \rightarrow [\theta]$$

$$\text{Dimensi } A \rightarrow [L]^2$$

$$\text{Dimensi } t \rightarrow [T]$$

$$\begin{aligned} \text{Dimensi } k &\rightarrow \frac{(\text{ML}^2\text{T}^{-2})(\text{L})}{\text{L}^2\theta\text{T}} \\ &= \text{M L T}^{-3}\theta^{-1} \end{aligned}$$

Jawaban: B

38. $k_p : k_q = 2,5 : 1$

Luas dan panjangnya sama.

Suhu sambungan $x = \dots?$

Perpindahan kalor secara konduksi,

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{L}$$

Misalkan suhu sambungan adalah x , dengan luas (A) dan panjang (L) yang sama dan

$$\Delta T_p = x - 10$$

$$\Delta T_q = 115 - x$$

diperoleh suhu sambungan:

$$k_p \Delta T_p = k_q \Delta T_q$$

$$2,5(x - 10) = 1(115 - x)$$

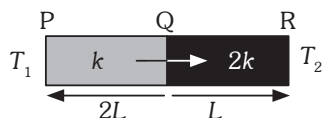
$$2,5x - 25 = 115 - x$$

$$3,5x = 140$$

$$x = \frac{140}{3,5} = 40^\circ\text{C}$$

Jawaban: C

39.



$$T_1 = 100^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 0^\circ\text{C}$$

Suhu di $Q = T$

Suhu sambungan di titik Q dapat dihitung dengan menggunakan konsep bahwa laju aliran kalor dalam kedua batang adalah sama.

$$\frac{Q_{PQ}}{t} = \frac{Q_{QR}}{t}$$

$$\frac{k_{PQ} A \Delta T_{PQ}}{L_{PQ}} = \frac{k_{QR} A \Delta T_{QR}}{L_{QR}}$$

$$\frac{k(100 - T)}{2L} = \frac{2k(T - 0)}{L}$$

$$100 - T = 4T - 0$$

$$5T = 100 \Rightarrow T = 20^\circ\text{C}$$

Jadi, suhu sambungan di titik Q adalah 20°C .

Jawaban: A

40. Dimensi pendingin:

$$30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$$

Tebal tiap dinding

$$d = 4,0 \text{ cm} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Konduktivitas termal

$$k = 0,033 \text{ W/m K}$$

$$\text{Suhu di luar kotak } T_L = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Kalor lebur es } L_f = 3,3 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Beda suhu } \Delta T &= T_L - T_d \\ &= 25^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C} \text{ atau } 25 \text{ K} \end{aligned}$$

Luas permukaan kubus (6 dinding kotak)

$$\begin{aligned} A &= 6(30 \times 10^{-2})(30 \times 10^{-2}) \\ &= 0,54 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Laju konduksi kalor

$$\begin{aligned} \frac{Q}{t} &= \frac{kA\Delta T}{d} \\ &= \frac{(0,033)(0,54)(25)}{4 \times 10^{-2}} \\ &= 11,14 \text{ W atau } 11,14 \text{ J/s} \end{aligned}$$

Jumlah kalor yang diperlukan es untuk melebur tiap jamnya,

$$\frac{Q}{t} = 11,14 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ jam}} = 40.104 \text{ J/jam}$$

dengan $Q = mL_f$

$$\frac{mL_f}{t} = 40.104$$

$$\frac{m}{t} = \frac{40.104}{3,3 \times 10^5} = 0,122 \text{ kg/jam}$$

Jadi, banyaknya es yang melebur tiap jam adalah 0,122 kg.

Jawaban: D

41. Pada siang hari, tanah pada daratan lebih cepat panas daripada air laut sehingga udara di atas daratan lebih panas daripada udara di atas

laut. Oleh karena itu, udara di atas daratan naik dan tempatnya digantikan oleh udara di atas laut.

Jawaban: D

42. $T_1 = 227^\circ\text{C} = 227 + 273 = 500\text{ K}$
 $T_2 = 727^\circ\text{C} = 727 + 273 = 1.000\text{ K}$
 Kalor yang diradiasikan oleh suatu permukaan benda berbanding lurus dengan pangkat empat suhu mutlaknya. Dengan demikian,

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4$$

$$\frac{P_2}{E} = \left(\frac{1.000}{500}\right)^4$$

$$\frac{P_2}{E} = 2^4 \Rightarrow P_2 = 16E$$

Jawaban: C

43. $r = 2\text{ cm} = 2 \times 10^{-2}\text{ m}$

$$A = 4\pi r^2 = 4\pi (2 \times 10^{-2})^2$$

$$= 1,6\pi \times 10\text{ m}^2$$

$$e = 0,8; \sigma = 5,67 \times 10^{-8}\text{ W m}^{-2}\text{K}^{-4}$$

Energi kalor yang diserap setiap detik

$$\frac{Q}{t} = e\sigma\Delta T^4$$

Dengan demikian,

$$T^4 = \left(\frac{Q}{t}\right) \frac{1}{e\sigma A}$$

$$T^4 = \frac{4,536\pi}{1(0,8)(5,67 \times 10^{-8})(1,6\pi \times 10^{-3})}$$

$$= 6,25 \times 10^{10}$$

$$T = 500\text{ K}$$

Jawaban: C

44. $T_1 = 127 + 273 = 400\text{ K}$

$$T_2 = 527 + 273 = 800\text{ K}$$

Energi radiasi yang dipancarkan:

$$\frac{Q}{t} = \sigma eAT^4$$

Untuk benda yang sama, energi radiasi sebanding dengan pangkat empat dari suhu

$$\frac{Q}{t} \propto T^4$$

Oleh karena itu, kenaikan energi radiasi yang dipancarkan saat suhu benda dinaikkan

$$\left(\frac{Q}{t}\right)_2 = \frac{T_2^4}{T_1^4} = \left(\frac{800}{400}\right)^4 = 2^4 = 16$$

Jadi, energi radiasi pada suhu mutlak 800 K adalah 16 kali energi radiasi pada suhu mutlak 400 K.

Jawaban: D

B. Esai

1. Sifat termometrik zat adalah sifat fisis zat yang berubah jika zat tersebut mengalami perubahan suhu, misalnya volume zat cair, panjang logam, hambatan listrik, tekanan gas pada volume tetap, dan warna nyala zat (warna pijar kawat filamen lampu).
2. Suhu nol mutlak adalah suhu pada saat energi kinetik partikel sama dengan nol, yaitu ketika gerak partikel terhenti atau molekul-molekul dalam suatu bahan tidak bergerak.

3. Pada skala Celcius:

$$BA = 100^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}$$

Pada skala X:

$$BA = 90^{\circ}\text{x} - (-30^{\circ}\text{x}) = 120^{\circ}\text{x}$$

Pada skala X:

$$PA = T_p - T_A = 60^{\circ}\text{x} - (-30^{\circ}\text{x}) = 90^{\circ}\text{x}$$

ΔP pada skala Celcius diperoleh dari rumus perbandingan:

$$AP : 90 = 100 : 120$$

$$AP = \frac{100 \times 90}{120} = 75^{\circ}\text{C}$$

4. Panjang kolom raksa saat es melebur
 $x_1 = 2$ cm, saat mendidih $x_2 = 17$ cm

Pada skala Celcius

$$\Delta C = 100^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Pada skala x} \rightarrow \Delta x = 17 \text{ cm} - 2 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

Dengan rumus perbandingan

$$\Delta C : \Delta x = T_c : x$$

Suhu yang ditunjukkan oleh kolom raksa dengan panjang

$$x = (11 \text{ cm} - 2 \text{ cm}) = 9 \text{ cm} \text{ adalah}$$

$$100 : 15 = T_c : 9$$

$$T_c = \frac{100}{15} \times 9 = 60^{\circ}\text{C}$$

5. Sifat termometrik gas, yaitu perubahan tekanan gas sebanding dengan perubahan suhu jika volume gas dibiarkan tetap.

$$\Delta P = 945 \text{ mmHg} - 700 \text{ mmHg} = 245 \text{ mmHg}$$

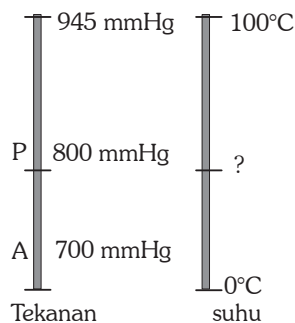
$$\Delta T = 100^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = k$$

k = tetapan

- a. tekanan $P = 800$ mmHg

$$AP = 800 - 700 = 100 \text{ mmHg}$$



dari persamaan perbandingan

$$\Delta P = k \Delta T \text{ maka suhu saat}$$

$$P = 800 \text{ mmHg} \text{ adalah}$$

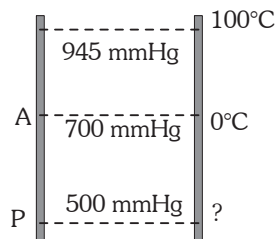
$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{(AP)_P}{(AP)_C} \Rightarrow (AP)_C = \frac{(AP)_P \Delta T}{\Delta P}$$

$$(AP)_C = \frac{100 \times 100}{245} = 40,8^{\circ}\text{C}$$

Jadi, saat tekanan gas

800 mmHg, suhu pada skala Celcius adalah $40,8^{\circ}\text{C}$.

- b. tekanan $P = 500$ mmHg,
 $AP = 700 - 500 = 200$ mmHg



Suhu saat $P = 500$ mmHg adalah

$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{(AP)_P}{(AP)_C} \Rightarrow (AP)_C = \frac{(AP)_P \Delta T}{\Delta P}$$

$$(AP)_C = \frac{200 \times 100}{245} = 81,6^{\circ}\text{C}$$

Jadi, saat tekanan gas

800 mmHg maka suhunya $81,6^{\circ}\text{C}$.

6. Karena pemanasan, diameter silinder perunggu serta diameter luar dan dalam silinder besi memuai sehingga

lebih besar dibandingkan dengan sebelumnya.

Koefisien muai panjang perunggu lebih besar daripada koefisien muai besi sehingga pemuaian perunggu lebih besar daripada besi. Akibatnya, celah antara kedua silinder menjadi makin sempit (opsi e saja).

7. Suhu awal $T_0 = 22^\circ\text{C}$

Lebar celah $d = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$

Suhu saat celah tertutup x

$$\alpha_{\text{perunggu}} = \alpha_p = 9 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\alpha_{\text{aluminium}} = \alpha_A = 24 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Celah udara akan tertutup jika kedua batang memuai dengan

$$d = \Delta \ell_p + \Delta \ell_A = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Hitung $\Delta \ell$ dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \Delta \ell_A &= \ell_{0,A} \alpha_A \Delta T \\ &= (1)(24 \times 10^{-6}) \Delta T \\ &= 24 \times 10^{-6} \Delta T \quad \dots(1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \ell_p &= \ell_{0,p} \alpha_p \Delta T \\ &= (2)(19 \times 10^{-6}) \Delta T \\ &= 38 \times 10^{-6} \Delta T \quad \dots(2) \end{aligned}$$

Dari (1) dan (2)

$$\begin{aligned} \Delta \ell_A + \Delta \ell_p &= 24 \times 10^{-6} \Delta T + 38 \times 10^{-6} \Delta T \\ 1 \times 10^{-3} &= 6,2 \times 10^{-5} \Delta T \\ \Delta T &= 16,13^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Jadi, suhu saat celah tertutup adalah

$$T = T_0 + \Delta T = 22 + 16,13 = 38,13^\circ\text{C}$$

8. Diameter luar tabung baja

$$d_1 = 3,000 \text{ cm}$$

Diameter dalam tabung perunggu

$$d_2 = 2,997 \text{ cm}$$

Suhu awal $T_1 = 20^\circ\text{C}$

$$\alpha_{\text{baja}} = \alpha_1 = 11 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\alpha_{\text{perunggu}} = \alpha_2 = 19 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Agar tabung baja bisa tepat masuk ke dalam tabung perunggu saat dipanaskan, maka diameter dalam tabung perunggu setelah pemanasan harus sama dengan diameter luar tabung baja setelah pemanasan, yaitu

$$d_1 + \Delta d_1 = d_2 + \Delta d_2$$

$$d_1 - d_2 = \Delta d_2 - \Delta d_1 = \Delta T (\alpha_2 d_2 - \alpha_1 d_1)$$

$$3 - 2,997 = \Delta T [(19 \times 10^{-6})(2,997) - (11 \times 10^{-6})(3)]$$

$$3 \times 10^{-3} = \Delta T [5,69 \times 10^{-5} - 3,3 \times 10^{-5}]$$

$$3 \times 10^{-3} = 2,39 \times 10^{-5} \Delta T$$

$$\Delta T = 125,5^\circ\text{C}$$

Jadi, suhu akhir pemanasan adalah

$$\begin{aligned} T &= \Delta T + T_1 \\ &= 125,5 + 20 = 145,5^\circ\text{C} \end{aligned}$$

9. $\Delta A = \beta A_0 \Delta T$

$$A_0 = 4\pi r^2$$

$$A_0 = 4\pi (1^2)$$

$$A_0 = 4\pi$$

$$\Delta A = (2\alpha) A_0 (T - T_0)$$

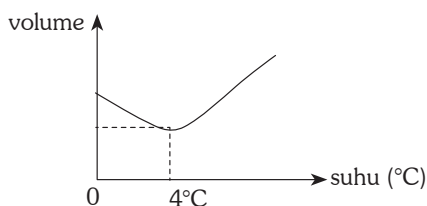
$$\Delta A = (2 \times 18 \times 10^{-6})(4\pi)(80 - 0)$$

$$\Delta A = (36 \times 10^{-6})(4\pi)(80)$$

$$\Delta A = 0,1152\pi \text{ m}^2$$

10. Anggap air dalam bejana berada pada suhu ruangan sehingga ketika dimasukkan ke bak yang suhunya 4°C , suhunya menurun.

Di antara suhu 0°C dan 4°C , air menyusut dan mencapai volume minimum pada suhu 4°C .



Berdasarkan grafik di atas, maka ketinggian air dalam tabung adalah turun kemudian naik.

11. Bejana kaca:

$$V_{0,\text{kaca}} = 150 \text{ cm}^3$$

$$\alpha_{\text{kaca}} = 9 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1},$$

$$\text{suhu awal } T_0 = 0^\circ\text{C},$$

$$\text{suhu akhir } T = 40^\circ\text{C}.$$

Raksa:

$$V_{0,\text{raksa}} = 150 \text{ cm}^3$$

$$\gamma_{\text{raksa}} = 1,8 \times 10^{-4} (\text{°C})^{-1},$$

$$\text{suhu awal } T_0 = 0^\circ\text{C},$$

$$\text{suhu akhir } T = 40^\circ\text{C}.$$

Kenaikan suhu

$$\Delta T = T - T_0 = 40^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C}$$

Kenaikan volume bejana (V_{kaca}) dan volum raksa (V_{raksa}) untuk $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{kaca}} &= \gamma_{\text{kaca}} V_{0,\text{kaca}} \Delta T \\ &= 3\alpha_{\text{kaca}} V_{0,\text{kaca}} \Delta T \\ &= 3(9 \times 10^{-6})(150)(40) \\ &= 0,162 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{raksa}} &= \gamma_{\text{raksa}} V_{0,\text{raksa}} \Delta T \\ &= (1,8 \times 10^{-4})(150)(40) \\ &= 1,08 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Volume air raksa yang tumpah adalah selisih perubahan volume air raksa dengan perubahan volume bejana kaca akibat pemanasan.

$$\begin{aligned} \Delta V &= \Delta V_{\text{raksa}} - \Delta V_{\text{kaca}} \\ \Delta V &= 1,08 - 0,162 \\ \Delta V &= 0,918 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

12. Volume botol = volume air

$$V_0 = 250 \text{ cm}^3$$

$$\text{Suhu awal } T = 50^\circ\text{C}$$

Perubahan suhu

$$\Delta T = 60^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}$$

a. Jika pemuaian botol diabaikan

$$\gamma_{\text{air}} = 2,1 \times 10^{-4} \text{ °C}^{-1}$$

Kenaikan volume air untuk $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ dapat dihitung dengan persamaan

$$\begin{aligned} \Delta V_a &= \gamma_a V_0 \Delta T \\ &= (2,1 \times 10^{-4})(250)(10) \\ &= 0,525 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Volume air pada suhu $T = 60^\circ\text{C}$ adalah

$$\begin{aligned} V_a &= V_0 + \Delta V_a \\ &= 250 + 0,525 \\ &= 250,525 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Jadi, jika pemuaian botol diabaikan, volume air yang tumpah adalah

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_0 - V_a \\ &= 250 - 250,525 \\ &= 0,525 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

b. Pemuaian botol diperhitungkan

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{kaca}} &= 9 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1} \\ \gamma_{\text{kaca}} &= 3\alpha = 2,7 \times 10^{-5} \text{ °C}^{-1} \end{aligned}$$

Kenaikan volume botol untuk $\Delta T = 60^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{botol}} &= \gamma_{\text{kaca}} V_0 \Delta T \\ &= (2,7 \times 10^{-5})(250)(10) \\ &= 0,0675 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Volume botol pada suhu $T = 60^\circ\text{C}$ adalah

$$\begin{aligned} V_{\text{botol}} &= V_0 + \Delta V_{\text{botol}} \\ &= 250 + 0,0675 \\ &= 250,0675 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Jadi, jika pemuaian botol tidak diabaikan, maka volume air yang tumpah adalah

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_a - V_{\text{botol}} \\ &= 250,525 - 250,0675 \\ &= 0,4575 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

13. Massa $m = 0,10 \text{ kg}$

Laju kalor konstan, $\frac{Q}{t} = 50 \text{ J s}^{-1}$

Konversi $1 \text{ J} = 1 \text{ W/s}$

a. Energi listrik = kalor untuk menaikkan suhu

$$Pt = Q$$

$$P = \frac{Q}{t} = 50 \text{ J s}^{-1} = 50 \text{ watt}$$

Daya keluaran pembakar Bunsen adalah 50 watt.

b. Selama selang OA, bubuk sampel (fase padat) dipanaskan (diberi kalor). Suhu naik (dari O ke A) sampai titik lebur bubuk sampel tercapai, yaitu 80°C . Kemudian, ketika kalor terus ditambahkan (dari A ke B), suhu tetap sampai semua bubuk sampel melebur.

c. Waktu AB lebih besar daripada OA, artinya kalor yang dibutuhkan bubuk sampel untuk melebur lebih besar daripada kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu zat dari O ke A (titik leburnya)

d. Asumsi: kalor yang disuplai pembakar Bunsen diberikan seluruhnya kepada bubuk sampel.

Daya pembakar Bunsen
 $P = 50 \text{ watt}$

Energi listrik = kalor untuk menaikkan suhu dari 20°C hingga 80°C , $\Delta T = 60^\circ\text{C}$ atau 60 K (garis OA)

$$Pt = mc\Delta T \Rightarrow c = \frac{Pt}{m\Delta T}$$

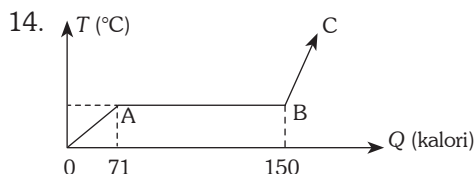
$$c = \frac{(50)150}{(0,1)(60)} = \frac{7.500}{6}$$

$$c = 1.250 \text{ J/kg K}$$

Energi listrik = kalor untuk meleburkan bubuk (garis AB) selama selang waktu $t = 300 \text{ s}$

$$Pt = mL_f \Rightarrow L_f = \frac{Pt}{m}$$

$$L_f = \frac{(50)300}{0,1} = 150.000 \text{ J/kg} = 15 \times 10^4 \text{ J/kg}$$



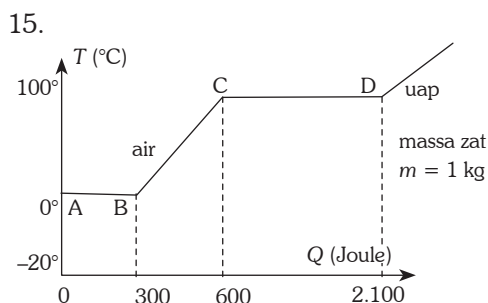
Bagian grafik yang menampilkan kalor lebur adalah AB.

Kalor yang dipakai untuk melebur
 $Q = 150 - 71 = 79 \text{ kal}$

Massa zat $m = 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$

Kalor lebur zat (L_f):

$$L_f = \frac{Q}{m} = \frac{79}{1} = 79 \text{ kal/g}$$



Grafik yang menunjukkan peristiwa penguapan adalah garis CD.

Kalor untuk menguap

$$Q = 2.100 - 600 = 1.500 \text{ J}$$

Kalor uap (L_v) dapat dihitung dengan persamaan:

$$L_v = \frac{Q}{m} = \frac{1.500}{1} = 1.500 \text{ J/kg}$$

16. Massa balok aluminium $m_{Al} = 1 \text{ kg}$
Waktu $t = 2 \text{ menit} = 120 \text{ s}$
Pertambahan suhu $\Delta T = 10^\circ\text{C} = 10 \text{ K}$
Kalor jenis aluminium $c_{Al} = 840 \text{ J/kg K}$
Energi listrik yang dihasilkan pemanas akan diubah menjadi kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu sebesar 10°C

Energi listrik = kalor yang dibutuhkan

$$Pt = m_{Al}c_{Al}\Delta T$$

$$P = \frac{m_{Al}c_{Al}\Delta T}{t}$$

$$P = \frac{(1)(840)(10)}{120} \\ = 70 \text{ W}$$

17. Laju alir air $\frac{V}{t} = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Perubahan suhu

$$\Delta T = 30 - 25 = 5^\circ\text{C} = 5 \text{ K}$$

$$\rho_{air} = 1.000 \text{ kg m}^{-3}$$

Terjadi perubahan energi listrik yang dihasilkan elemen pemanas menjadi kalor untuk menaikkan suhu air dari 25°C sampai 30°C .

Energi listrik = kalor untuk menaikkan suhu

$$W_{listrik} = mc_a\Delta T$$

$$Pt = (\rho V)c_a\Delta T$$

$$P = \rho c_a\Delta T\left(\frac{V}{t}\right)$$

$$P = (1.000)(4.200)(5)(1,5 \times 10^{-4}) \\ = 3.150 \text{ W}$$

18. Laju penguapan $\frac{m_1}{t_1} = 1,0 \text{ g/s}$

Daya listrik yang diberikan $P_1 = P$

Saat daya listrik $P_2 = 2P$

$$\text{Laju penguapan } \frac{m_2}{t_2} = 2,1 \text{ g/s}$$

Kalor yang dibutuhkan zat untuk mendidih dihasilkan dari energi listrik.

Energi listrik = kalor untuk mendidih

$$Pt = mL_v$$

$$P = \frac{m}{t}L_v$$

$$P_1 = \left(\frac{m_1}{t_1}\right)L_v$$

$$P_2 = \left(\frac{m_2}{t_2}\right)L_v$$

$$P_1 - P_2 = L_v\left(\frac{m_1}{t_1} - \frac{m_2}{t_2}\right)$$

$$P - 2P = L_v(1 - 2,1)$$

$$L_v = \frac{1}{1,1} = \frac{10}{11} \text{ J/g}$$

19. Selama bergerak dari kedudukan awal A ke kedudukan akhir B (jarak tempuh $x = 21 \text{ m}$), terjadi gesekan antara balok es dan papan. Jika koefisien gesekan μ , maka besar usaha yang dilakukan oleh gaya gesek f adalah
 $W = fx = (\mu mg)x$. Usaha oleh gaya gesek ini dikonversi menjadi kalor yang diterima balok es sehingga sebagian massa balok, yaitu $m_2 = 25 \text{ gram}$ mencair dengan kalor sebesar $Q = m_2L_{es}$.

Jadi, berlaku $W = Q$.

$$(\mu mg)x = m_2L_{es} \Rightarrow \mu = \frac{m_2L_{es}}{mgx}$$

$$\mu = \frac{(25)(80)(4,2)}{(50)(10)(21)} = 0,8$$

20. Kenaikan suhu air

$$\Delta T = 20^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C} = 4^\circ\text{C} \text{ atau } 4 \text{ K}$$

Laju aliran massa air

$$\begin{aligned} \frac{m_1}{t_1} &= 100 \frac{\text{g}}{\text{menit}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}} \\ &= \frac{1}{6} \times 10^{-2} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Beda potensial $V_1 = 20 \text{ V}$

Kuat arus $I_1 = 1,5 \text{ A}$

Beda potensial $V_2 = 13 \text{ V}$

Kuat arus $I_2 = 1,2 \text{ A}$

Laju aliran massa cairan

$$\begin{aligned} \frac{m_2}{t_2} &= 120 \frac{\text{g}}{\text{menit}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}} \\ &= 2 \times 10^{-3} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Kenaikan suhu (ΔT) pada air dan cairan adalah sama sehingga berlaku hubungan berikut.

$$\begin{aligned} \frac{V_1 I_1}{\frac{m_1}{t_1} c_{\text{air}}} &= \frac{V_2 I_2}{\frac{m_2}{t_2} c} \\ c &= \frac{V_2 I_2}{V_1 I_1} \left(\frac{\frac{m_1}{t_1}}{\frac{m_2}{t_2}} \right) c_{\text{air}} \\ &= \frac{13(1,2)}{20(1,5)} \left(\frac{\frac{1}{6} \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-3}} \right) (4,2 \times 10^3) \\ &= 1.820 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

21. Logam X : Massa $m_x = m$

Suhu $T_x = 0^\circ\text{C}$

Cairan Y : Massa $m_y = 2m$

Suhu $T_y = 100^\circ\text{C}$

Perbandingan kalor jenis X dan kalor jenis Y:

$$\frac{c_x}{c_y} = 8 \Rightarrow c_x = 8c_y$$

Sesuai, dengan hukum keseimbangan termal

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{serap}}$$

$$Q_y = Q_x$$

$$m_y c_y \Delta T_y = m_x c_x \Delta T_x$$

$$(2m)(c_y)(\Delta T_y) = (m)(8c_y)(\Delta T_x)$$

$$\Delta T_y = 4\Delta T_x$$

$$(100 - T) = 4(T - 0)$$

$$100 = 5T \Rightarrow T = 20^\circ\text{C}$$

Jadi, suhu akhir campuran adalah 20°C .

22. Es:

Massa $m_e = 125 \text{ g} = 0,125 \text{ kg}$

Kalor lebur es $L_f = 80 \text{ kal/g}$

Suhu es $T_1 = 0^\circ\text{C}$

Air:

Massa $m_a = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg}$

Kalor jenis air $c_a = 1 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$

Suhu air $T_2 = 20^\circ\text{C}$

Kalor yang diterima es 0°C untuk melebur menjadi air 0°C

$$\begin{aligned} Q_1 &= m_e L_f = (125)(80) \\ &= 10.000 \text{ kal} \end{aligned}$$

Kalor yang diterima air 0°C untuk menjadi air pada suhu seimbang T

$$\begin{aligned} Q_2 &= m_e c_e \Delta T_2 \\ &= (125)(0,5)(T) \\ &= 62,5T \text{ kal} \end{aligned}$$

Kalor yang dilepas air 20°C untuk menjadi air pada suhu T

$$\begin{aligned} Q_3 &= m_a c_a \Delta T_3 \\ &= (500\text{g})(1)(20 - T) \\ &= (10.000 - 500T) \text{ kal} \end{aligned}$$

Asas black:

$$Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$$

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

$$\begin{aligned} 10.000 + 62,5T &= 10.000 - 500T \\ T &= 0^\circ\text{C} \end{aligned}$$

23. Massa air $m_1 = 10 \text{ kg}$

Lama pemanasan $t_1 = 1 \text{ jam}$
 $= 3.600 \text{ s}$

Kenaikan suhu

$\Delta T = 80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 60^\circ\text{C}$ atau 60 K

Suhu uap yang dilewatkan

$T_u = 150^\circ\text{C}$

Pada 90°C uap berwujud air

$c_u = 2.010 \text{ J/kg K}$

Pada soal ini, uap 150°C melepaskan kalor dan kalor tersebut diserap oleh air untuk menaikkan suhunya sebesar 60°C .

$$\begin{aligned} Q_1 &= m_1 c_1 \Delta T \\ &= 10(4.200)(60) \\ &= 2.520.000 \text{ J} \end{aligned}$$

Kalor yang dilepas uap 150°C untuk menjadi uap 100°C

$\Delta T = 50^\circ\text{C}$ atau 50 K

$$\begin{aligned} Q_2 &= m_2 c_u \Delta T \\ &= m_2 (2.010)(50) \\ &= 100.500 m_2 \text{ J} \end{aligned}$$

Kalor yang dilepas uap 100°C untuk menjadi air 100°C

$$\begin{aligned} Q_3 &= m_2 L \\ &= m_2 (2.256 \times 10^3) \\ &= 2.256 \times 10^3 m_2 \text{ J} \end{aligned}$$

Kalor yang dilepas air 100°C untuk menjadi air 90°C ($\Delta T = 10^\circ\text{C}$ atau 10 K)

$$\begin{aligned} Q_4 &= m_2 c_a \Delta T \\ &= m_2 (4.200)(10) \\ &= 42.000 m_2 \text{ J} \end{aligned}$$

Asas Black:

$$Q_{\text{serap}} = Q_{\text{lepas}}$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$2.520.000 = 100.500 m_2 + 2.256 \times 10^3 m_2 + 42.000 m_2$$

$$2.520.000 = 2.398.500 m_2$$

$$m_2 = 1,05 \text{ kg}$$

24. a. Besi yang dibakar salah satu ujungnya, beberapa saat kemudian ujung yang lain terasa panas $\rightarrow$ konduksi
- b. Terjadi angin darat dan angin laut $\rightarrow$ konveksi
- c. Sinar matahari sampai ke Bumi $\rightarrow$ radiasi
- d. Api unggun pada jarak 3 meter terasa panas $\rightarrow$ radiasi
- e. Asap sisa pembakaran bergerak melalui cerobong dapur $\rightarrow$ konveksi
- f. Air yang direbus, bagian bawahnya mengalir ke atas $\rightarrow$ konveksi
- g. Gelas kaca diisi air panas, bagian luar gelas ikut terasa panas $\rightarrow$ konduksi
- h. Pakaian yang lembap disetrika menjadi kering $\rightarrow$ konduksi

25. Besi:

Tebal $d_1 = 3 \text{ mm}$

$$k_1 = 50 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Perunggu:

Tebal $d_2 = 9 \text{ mm}$

$$k_2 = 108 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Banyaknya kalor yang mengalir

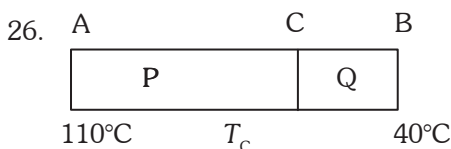
$$\text{selama selang waktu } t : \frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{d}$$

Perbandingan laju kalor sesudah dan sebelum pintu diganti

$$\frac{\left(\frac{Q_1}{t_1}\right)}{\left(\frac{Q_2}{t_2}\right)} = \frac{\frac{k_1 A \Delta T}{d_1}}{\frac{k_2 A \Delta T}{d_2}} = \frac{\frac{k_1}{d_1}}{\frac{k_2}{d_2}} = \frac{k_1 d_2}{k_2 d_1}$$

$$\frac{\left(\frac{Q_1}{t_1}\right)}{\left(\frac{Q_2}{t_2}\right)} = \frac{(50)(9 \times 10^{-3})}{(108)(3 \times 10^{-3})} = \frac{450}{324}$$

$$= 1,38$$



$$K_P = \frac{1}{2} K_Q$$

$$AC = 2CB$$

Suhu titik sambungan T_C diperoleh dengan menggunakan konsep bahwa laju aliran kalor dalam kedua batang adalah sama.

$$\frac{Q_P}{t} = \frac{Q_Q}{t}$$

$$\frac{k_P A \Delta T_A}{AC} = \frac{k_Q A \Delta T_B}{CB}$$

$$\frac{k_P (T_A - T_C)}{AC} = \frac{k_Q (T_C - T_B)}{CB}$$

$$\frac{\frac{1}{2} k_Q (110 - T_C)}{2CB} = \frac{k_Q (T_C - 40)}{CB}$$

$$110 - T_C = 4(T_C - 40)$$

$$110 - T_C = 4T_C - 160$$

$$270 = 5T_C$$

$$T_C = 54^\circ\text{C}$$

27. Laju aliran kalor dalam kedua batang adalah sama.

$$\frac{Q_A}{t} = \frac{Q_B}{t}$$

$$\frac{k_A A \Delta T_A}{L_A} = \frac{k_B A \Delta T_B}{L_B}$$

$$\frac{2k_B (210 - T)}{L} = \frac{k_B (T - 30)}{L}$$

$$420 - 2T = T - 30$$

$$450 = 3T \Rightarrow T = 150^\circ\text{C}$$

28. Tebal alas ketel $d = 2 \text{ mm}$
 $= 2 \times 10^{-3} \text{ m}$

Luas permukaan $A = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

a. Massa air $m = 1,000 \text{ kg}$

Laju kenaikan suhu

$$\frac{\Delta T}{t} = 0,19 \text{ K s}^{-1}$$

$$k = 3,8 \times 10^2 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Asumsi: tidak ada kehilangan kalor

Laju aliran kalor karena konduksi dihitung dengan persamaan:

$$\frac{Q}{t} = \frac{k A \Delta T}{d}$$

$$\frac{mc \Delta T}{t} = \frac{k A \Delta T_1}{d}$$

$$(1)(4.200)(0,19) = \frac{(3,8 \times 10^2)(3,0 \times 10^{-2}) \Delta T_1}{2 \times 10^{-3}}$$

$$798 = 5.700 \Delta T_1$$

$$\Delta T_1 = 0,14^\circ\text{C}$$

Jadi, beda suhu antara permukaan dalam dan luar ketel yang harus dipertahankan adalah $0,14^\circ\text{C}$.

b. Suhu air $T_2 = 100^\circ\text{C}$

Selang waktu mendidih $t = 120 \text{ s}$

Massa air yang tersisa

$$m_2 = 0,958 \text{ kg}$$

Karena ada sisa air, berarti tidak semua air menjadi uap. Jumlah air yang menjadi uap

$$\begin{aligned} m_u &= m - m_2 \\ &= 1,000 - 0,958 \\ &= 0,042 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari jawaban a, didapat laju aliran konduksi sebesar 798 J/s

$$\frac{Q}{t} = 798 \text{ J s}^{-1} \Rightarrow Q = 798t \text{ J/s}$$

Kalor yang diperlukan untuk menguapkan 0,042 kg air selama 120 s adalah

$$Q = m_u L_v$$

Sehingga

$$Q = 798t \rightarrow m_u L_v = 798t$$

$$\begin{aligned} L_v &= \frac{798t}{m_u} = \frac{798(120)}{0,042} \\ &= 228 \times 10^4 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

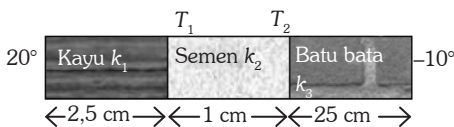
29. $k_1 = 0,125 \text{ Wm}^{-1} (\text{°C})^{-1}$,

$$k_3 = 1 \text{ Wm}^{-1} (\text{°C})^{-1},$$

$$k_2 = 1,5 \text{ Wm}^{-1} (\text{°C}^{-1}), A = 137 \text{ m}^2$$

Laju konduksi kalor dalam ketiga

bahan adalah sama $\frac{Q_1}{t} = \frac{Q_2}{t} = \frac{Q_3}{t}$



Pada kayu-semen:

$$\begin{aligned} \frac{k_1 A \Delta T_1}{L_1} &= \frac{k_2 A \Delta T_2}{L_2} \\ \frac{0,125(20 - T_1)}{2,5 \times 10^{-2}} &= \frac{1,5(T_1 - T_2)}{10^{-2}} \\ 0,05(20 - T_1) &= 1,5(T_1 - T_2) \\ 1 - 0,05T_1 &= 1,5T_1 - 1,5T_2 \\ 1 + 1,5T_2 &= 1,55T_1 \\ T_1 &= \frac{1 + 1,5T_2}{1,55} \dots (*) \end{aligned}$$

Pada semen-batu bata:

$$\begin{aligned} \frac{k_2 A \Delta T}{L_2} &= \frac{k_3 A \Delta T_3}{L_3} \\ \frac{1,5(T_1 - T_2)}{10^{-2}} &= \frac{1(T_2 - (-10))}{25 \times 10^{-2}} \\ 1,5(T_1 - T_2) &= 0,04(T_2 + 10) \\ 1,5T_1 - 1,5T_2 &= 0,04T_2 + 0,4 \\ 1,5T_1 &= 1,54T_2 + 0,4 \dots (**) \end{aligned}$$

Substitusikan (*) ke (**)

$$\begin{aligned} 1,5 \left(\frac{1 + 1,5T_2}{1,55} \right) &= 1,54T_2 + 0,4 \\ 1,5(1 + 1,5T_2) &= 2,387T_2 + 0,62 \\ 1,5 + 2,25T_2 &= 2,387T_2 + 0,62 \\ 0,137T_2 &= 0,88 \\ T_2 &= 6,42\text{°C} \end{aligned}$$

Jadi, daya pemanas listrik adalah

$$\begin{aligned} P &= \frac{Q}{t} = \frac{k_3 A (T_2 + 10)}{L_2} \\ &= \frac{1(137)(6,42 + 10)}{25 \times 10^{-2}} \\ &= 8.998,16 \text{ W} \end{aligned}$$

30. Benda A

$$A_1 = 1 \text{ cm}^2$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

Benda B

$$A_2 = 3 \text{ cm}^2$$

$$T_2 = 300 \text{ K}$$

Perbandingan energi yang diradiasikan oleh A dan B ($e_1 = e_2$ karena bahannya sama)

$$\begin{aligned} \left(\frac{Q}{t} \right)_A &= \frac{e\sigma A_1 T_1^4}{e\sigma A_2 T_2^4} \\ \left(\frac{Q}{t} \right)_B &= \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{3} \end{aligned}$$

31. Bintang A

$$\text{Jari-jari } R_A = 2R_B$$

$$T_A = 2T_B$$

$$e_A = 1$$

Bintang B

$$\text{Jari-jari } R_B = R_B$$

$$T_B = T_B$$

$$e_B = 1$$

Perbandingan daya keluaran bintang A terhadap bintang B

$$\begin{aligned} \left(\frac{Q}{t}\right)_A &= \frac{e_A \sigma A_A T_A^4}{e_B \sigma A_B T_B^4} = \frac{A_A T_A^4}{A_B T_B^4} \\ &= \frac{4\pi R_A^2 T_A^4}{4\pi R_B^2 T_B^4} = \frac{R_A^2 T_A^4}{R_B^2 T_B^4} = \left(\frac{R_A}{R_B}\right)^2 \left(\frac{T_A}{T_B}\right)^4 \\ &= \left(\frac{2R_B}{R_B}\right)^2 \left(\frac{2T_B}{T_B}\right)^4 = \frac{4(16)}{1} = 64 \end{aligned}$$

32. Suhu kawat pijar $T_1 = 1.749^\circ\text{C}$

$$I_1 = 3 \text{ A}; V_1 = 12 \text{ V}$$

Kawat pijar dianggap sebagai benda hitam sempurna maka emitivitas

$$e = 1 \text{ dan}$$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

Suhu mutlak awal

$$T_1 = 1.749 + 273 = 2.022 \text{ K}$$

$$\text{Kalor radiasi kawat } \frac{Q_1}{t} = e\sigma AT^4$$

dengan $Q = Pt$ sehingga

$$P = e\sigma AT^4$$

$$VI = e\sigma AT^4$$

Perbandingan daya setelah pengurangan intensitas

$$\frac{V_2 I_2}{V_1 I_1} = \frac{e\sigma AT_2^4}{e\sigma AT_1^4} = \frac{T_2^4}{T_1^4}$$

$$\frac{(2)(12,5)}{(3)(12)} = \frac{T_2^4}{(2.022)^4}$$

$$T_2^4 = 1,167 \times 10^{13}$$

$$T_2 = 1.845,5 \text{ K}$$

A. Pilihan Ganda

1. $M = Ar_C + 4Ar_H = 12 + 4 = 16 \text{ g/mol}$

Massa satu molekul metana

$$m_0 = \frac{M}{N_A} = \frac{16}{6,02 \times 10^{23}} \\ = 2,66 \times 10^{-23} \text{ kg}$$

Jawaban: E

2. $m_0 = 4,98 \times 10^{-23} \text{ g}$

Massa molekul relatif gas

$$M = m_0 N_A \\ = (4,98 \times 10^{-23})(6,02 \times 10^{23}) \\ M = 29,97 \text{ g/mol} \approx 30 \text{ g/mol}$$

Jawaban: C

3. $V = 6,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

$$M = 18 \text{ g/mol}$$

$$m = \rho V = (1.000)(6,0 \times 10^{-4})$$

$$m = 0,6 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = \frac{m N_A}{M} \\ N = \frac{(0,6)(6,02 \times 10^{23})}{18} \\ = 2,01 \times 10^{22} \text{ molekul}$$

Jawaban: D

4. $r = 0,4 \text{ mm} = 0,4 \times 10^{-3} \text{ m}$

$$M = 202 \text{ kg/mol}$$

$$\rho = 13.600 \text{ kg/m}^3$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} (3,14) (0,4 \times 10^{-3})^3$$

$$V = 2,68 \times 10^{-10} \text{ m}^3$$

$$m = \rho V = (13.600)(2,68 \times 10^{-10}) \\ = 3,65 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

$$N = \frac{m N_A}{M} \\ = \frac{(3,65 \times 10^{-6})(6,02 \times 10^{26})}{202}$$

$$N = 1,09 \times 10^{19} \text{ molekul}$$

Jawaban: E

5. $R = 8,314 \text{ J/mol K}$

$$T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{16}{32} = 0,5 \text{ mol}$$

$$P = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$PV = nRT$$

$$10^5 V = (0,5)(8,314)(300)$$

$$V = \frac{(0,5)(8,314)(300)}{10^5}$$

$$V = 0,0125 \text{ m}^3$$

Jawaban: C

6. $T_A = 127^\circ\text{C} = 400 \text{ K}$

$$N_A : N_B = 3 : 1$$

$$V_A : V_B = 4 : 1$$

$$PV = NkT$$

$$P = \frac{NkT}{V}$$

$$P_A = P_B$$

$$\frac{N_A k T_A}{V_A} = \frac{N_B k T_B}{V_B}$$

$$\frac{(3)(400)}{4} = \frac{(1)T_B}{1}$$

$$T_B = \frac{(3)(400)}{(4)} = 300 \text{ K} = 27^\circ\text{C}$$

Jawaban: D

$$7. \quad T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ liter}$$

$$T_2 = 327^\circ\text{C} = 600 \text{ K}$$

$$P_2 = 2 \text{ atm}$$

$$V_2 = \dots?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{(1)(0,5)}{300} = \frac{(2)V_2}{600}$$

$$V_2 = \frac{0,5(600)}{300} = 1 \text{ liter}$$

Jawaban: A

$$8. \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_2 \cdot \frac{3}{4} V}{\frac{5}{4} T}$$

$$P_2 = \frac{5}{3} P$$

Jawaban: D

$$9. \quad P_1 = P$$

$$T_1 = T$$

Isobarik artinya tekanannya sama

$$P_1 = P_2$$

Volumenya menjadi 1/2 kali volume mula-mula, artinya:

$$V_2 = \frac{1}{2} V_1 \Rightarrow V_1 = 2V_2$$

$$T_1 : T_2 = \dots?$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$\frac{PV_1}{T_2} = \frac{P \cdot 2V_2}{T_1}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{2}{1}$$

$$T_1 : T_2 = 2 : 1$$

Jawaban: D

$$10. \quad P_1 = P, V_1 = V, T_1 = T$$

$$P_2 = \frac{4}{3} P, T_2 = \frac{3}{2} T, V_2 = \dots?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{PV}{T} = \frac{\frac{4}{3} PV_2}{\frac{3}{2} T}$$

$$\frac{V_2}{V} = \frac{3}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{8}$$

$$V_2 = \frac{9}{8} V$$

Jawaban: E

$$11. \quad V_1 = 1 \text{ liter}$$

$$V_2 = 1,2 \text{ liter}$$

$$m_2 = 1,5m_1$$

Persamaan umum gas ideal adalah

$$PV = nRT = \left(\frac{m}{M}\right)RT$$

Karena terjadi pada suhu tetap dan jenis gas yang digunakan sama (M sama), maka berlaku hubungan kesetaraan:

$$PV \propto m$$

$$\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{m_2}{m_1}$$

$$\frac{P_2 \times 1,2}{P_1 \times 1} = \frac{1,5m_1}{m_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1,5}{1,2}$$

$$= \frac{5}{4}$$

Perbandingan pertambahan tekanan terhadap tekanan awalnya adalah

$$\frac{\Delta P}{P_1} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} = \frac{P_2}{P_1} - 1$$

$$= \frac{5}{4} - 1 = \frac{1}{4}$$

$$= 0,25$$

Jadi, perbandingan pertambahan tekanan terhadap tekanan awalnya adalah 0,25.

Jawaban: A

$$\begin{aligned}
 12. \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \\
 \frac{10 \cdot V_1}{300} &= \frac{P_2 \cdot 2V_1}{400} \\
 \frac{1}{30} &= \frac{2P_2}{400} \\
 60P_2 &= 400 \\
 P_2 &= \frac{400}{60} = 6,67 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

Jawaban: B

$$\begin{aligned}
 13. \quad pV &= \frac{m}{M} RT \\
 6 \times 410 &= \frac{m}{32} \times 0,082 \times 300 \\
 2.640 &= 0,76875m \\
 m &= \frac{2.640}{0,76875} \\
 m &= 3.434 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Jawaban: B

$$\begin{aligned}
 14. \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \\
 \frac{(\rho gh) V_1}{T} &= \frac{(\rho g \cdot 10) 3V_1}{T} \\
 h &= 30 \\
 \text{Kedalaman penyelam adalah } 30 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Jawaban: C

$$\begin{aligned}
 15. \quad T_1 &= 305 \text{ K} \\
 V_1 &= V \\
 V_2 &= \frac{1}{16} V \\
 P_2 &= 550P_1 \\
 \text{Gunakan persamaan gas ideal.} \\
 \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \\
 \frac{P_1 V}{305} &= \frac{(550P_1) \left(\frac{1}{16} V\right)}{T_2} \\
 T_2 &= \frac{550 \times 305}{16} = 10.484,4 \text{ K}
 \end{aligned}$$

Jawaban: C

$$\begin{aligned}
 16. \quad V_1 &= 20 \text{ L} = 20 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\
 P_1 &= 25 \times 10^5 \text{ Pa} \\
 P_2 &= 20 \times 10^5 \text{ Pa} \\
 \text{Volume pada saat keran dibuka} \\
 P_1 V_1 &= P_2 V_2 \\
 V_2 &= \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{(25 \times 10^5)(20)}{20 \times 10^5} \\
 V_2 &= 25 \text{ L (volume gas bertambah)} \\
 \text{Volume udara yang dibebaskan pada} \\
 \text{tekanan } 10^5 \text{ Pa adalah} \\
 V_2 - V_1 &= 25 - 20 = 5 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Jawaban: D

$$\begin{aligned}
 17. \quad \rho_1 &= 13 \text{ g/cm}^3 \\
 P_2 &= 2P \\
 T_2 &= 0,5T \\
 PV &= nRT \\
 PV &= \frac{m}{M} RT \\
 P &= \frac{m}{V} \frac{RT}{M} = \rho \frac{RT}{M} \\
 P &\propto \rho T \\
 \text{Dengan demikian,} \\
 \frac{P_1}{\rho_1 T_1} &= \frac{P_2}{\rho_2 T_2} \Rightarrow \frac{P}{\rho_1 T} = \frac{2P}{\rho_2 (0,5T)} \\
 \rho_2 &= 4\rho_1 = 4(13) \\
 \rho_2 &= 52 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

Jawaban: B

$$\begin{aligned}
 18. \quad V &= 0,01 \text{ m}^3 \\
 m &= 2,0 \text{ g} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ kg} \\
 T &= 78^\circ\text{C} = 351 \text{ K} \\
 M &= 18 \text{ g/mol} \\
 \text{Jumlah mol air yang menguap} \\
 n &= \frac{m}{M} = \frac{2,0}{18} = \frac{1}{9} \text{ mol} \\
 \text{Tekanan wadah,} \\
 P &= \frac{nRT}{V} = \frac{\left(\frac{1}{9}\right)(8,31)(351)}{0,01} \\
 P &= 32.409 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

Jawaban: D

19. $T = 4 \times 10^2 \text{ K}$

$M = 4 \text{ kg/mol}$

$$PV = nRT = \frac{m}{M} RT$$

$$P = \frac{m}{V} \frac{RT}{M} = \rho \frac{RT}{M}$$

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{(5 \times 10^5)(4)}{(8.314)(400)} = 0,6 \text{ kg/m}^3$$

Jawaban: A

20. Pada keadaan standar:

$T = 273 \text{ K}; R = 8.314 \text{ J/kmol K}$

$P = 1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$

$M_{\text{O}_2} = 32 \text{ kg/mol}; M_{\text{N}_2} = 28 \text{ kg/mol}$

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

$$\rho_{\text{O}_2} = \frac{1,013 \times 10^5 \cdot 32}{8.314 \cdot 273} = 1,4282 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{N}_2} = \frac{1,013 \times 10^5 \cdot 28}{8.314 \cdot 273} = 1,2497 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{total}} = 3,4(4,5)(8) = 122,4 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{80}{100} \times V_{\text{total}} = \frac{80}{100} \times 122,4 = 97,92 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{20}{100} \times V_{\text{total}} = \frac{20}{100} \times 122,4 = 24,48 \text{ m}^3$$

$$m = \rho V$$

$$m_{\text{O}_2} = \rho_{\text{O}_2} V_{\text{O}_2} = 1,4282 \cdot 24,48 = 34,9623 \text{ kg}$$

$$m_{\text{N}_2} = \rho_{\text{N}_2} V_{\text{N}_2} = 1,2497 \cdot 97,92 = 122,3706 \text{ kg}$$

Jadi, massa total udara dalam ruang tunggu $34,9623 + 122,3706 = 157,332 \text{ g}$

Jawaban: A

21. Di dasar danau:

$D_1 = 3,6 \text{ mm}$

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} (3,14) \left(\frac{D}{2} \right)^3 = \frac{4}{3} (3,14) \left(\frac{3,6 \times 10^{-3}}{2} \right)^3$$

$V_1 = 2,44 \times 10^{-8} \text{ m}^3$

Di permukaan danau:

$D_2 = 4 \text{ mm}$

$$V_2 = \frac{4}{3} (3,14) \left(\frac{4 \times 10^{-3}}{2} \right)^3 = 3,35 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

$h = 244,8 \text{ cm}$

$T_2 = 38,6^\circ\text{C} = 311,6 \text{ K}$

$P_0 = 76 \text{ cmHg}$

$\rho = 13,6 \text{ g/m}^3$

$$P_h = 244,8 \text{ cm air} \times \frac{1 \text{ cmHg}}{13,6 \text{ cm air}} = 18 \text{ cmHg}$$

$P_1 = P_0 + P_h = 76 + 18 = 94 \text{ cmHg}$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} T_2; P_2 = P_0$$

$$T_1 = \frac{(94)(2,44 \times 10^{-8})}{(76)(3,35 \times 10^{-8})} \times 311,6 = 280,7 \text{ K}$$

$T_1 = 7,7^\circ\text{C}$

Jawaban: E

22. Volume konstan

$P_1 = 2,81 \times 10^5 \text{ Pa}$

$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$

$P_2 = 3,01 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{P_2}{P_1} \times T_1$$

$$T_2 = \frac{3,01 \times 10^5}{2,81 \times 10^5} \times 300 = 321,4 \text{ K} = 48,4^\circ\text{C}$$

Jawaban: A

23. Suhu konstan

$$V = 1,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_K = 9 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$P_2 = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_1 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Ban mula-mula sama sekali tidak terisi udara. Ketika ban dipompa untuk pertama kalinya, volume ban bertambah, sementara tekanan tetap. Agar volume ban mencapai maksimum, pompa harus ditekan sebanyak n kali.

$$\begin{aligned} n &= \frac{V}{V_K} \\ &= \frac{1,2 \times 10^{-3}}{9 \times 10^{-5}} \\ &= 13,3 \text{ kali} \end{aligned}$$

Setelah volume ban mencapai maksimum, tekanan masih sama seperti sebelumnya. Untuk menambah tekanan ban, pompa masih perlu ditekan lagi sebanyak n' kali.

$$\begin{aligned} P_2 V &= P_1 V + (n' P_1 V_K) \\ 3 \times 10^5 (1,2 \times 10^{-3}) &= 10^5 (1,2 \times 10^{-3}) + n' (10^5) (9 \times 10^{-5}) \\ 360 &= 120 + 9n' \\ n' &= \frac{240}{9} = 26,7 \text{ kali} \end{aligned}$$

Jadi, pompa harus ditekan sebanyak $n + n' = 13,3 + 26,7 = 40$ kali.

Jawaban: E

24. $V = 5,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

Kandungan oksigen pada udara 20%.

$$P = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$T = 28^\circ\text{C} = 301 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{O}_2} &= 0,2 \times V = 0,2 \times 5,0 \times 10^{-4} \\ &= 1 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ (yang terhirup)} \end{aligned}$$

Banyak mol gas oksigen

$$PV = nkT$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{PV}{kT} \\ &= \frac{10^5 (10^{-4})}{1,38 \times 10^{-23} (301)} \\ &= 2,4 \times 10^{21} \text{ molekul} \end{aligned}$$

Jawaban: B

$$25. \frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{1}{3} m_0 \overline{v_2^2} \left(\frac{N}{V} \right)}{\frac{1}{3} m_0 \overline{v_1^2} \left(\frac{N}{V} \right)}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\overline{v_2^2}}{\overline{v_1^2}}$$

$$\frac{0,81 P_1}{P_1} = \frac{\overline{v_2^2}}{\overline{v_1^2}}$$

$$0,81 = \frac{\overline{v_2^2}}{\overline{v_1^2}}$$

$$0,81 \overline{v_1^2} = \overline{v_2^2}$$

$$\sqrt{\overline{v_2^2}} = \sqrt{0,81 \overline{v_1^2}}$$

$$v_2 = 0,9 v_1$$

Kelajuan molekul gas turun menjadi 90% dari semula.

Jawaban: C

$$26. P = \frac{2}{3} EK \left(\frac{n N_A}{V} \right)$$

$$P = \frac{2}{3} (1,01 \times 10^{-20}) \left(\frac{1 \times 6,02 \times 10^{23}}{2 \times 10^{-2}} \right)$$

$$P = 2,027 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Tekanan gas dalam tangki adalah $2,027 \times 10^5 \text{ Pa}$.

Jawaban: D

27. Rata-rata kuadrat kelajuan

$$\overline{v^2} = \frac{(300)^2 + 2(400)^2 + (500)^2 + 2(600)^2 + (700)^2 + (900)^2}{8}$$

$$\overline{v^2} = \frac{9 \times 10^4 + 32 \times 10^4 + 25 \times 10^4 + 72 \times 10^4 + 49 \times 10^4 + 81 \times 10^4}{8}$$

$$\overline{v^2} = 33,5 \times 10^4 \text{ m/s}$$

Kelajuan efektif

$$v_{RMS} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{33,5 \times 10^4} = 578,79 \text{ m s}^{-1}$$

Jawaban: B

28. $v_{RMS1} = v$

$$v_{RMS2} = 2v_{RMS1} = 2v$$

$$\frac{v_{RMS2}}{v_{RMS1}} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Rightarrow \left(\frac{2v}{v}\right)^2 = \frac{T_2}{300}$$

$$T_2 = (300)4 = 1.200 \text{ K}$$

Jawaban: C

29. $T_1 = 127^\circ\text{C} = 400 \text{ K}$

$$V_{RMS1} = 600 \text{ m/s}$$

$$T_2 = 1.127^\circ\text{C} = 1.400 \text{ K}$$

$$\frac{V_{RMS2}}{V_{RMS1}} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{\frac{1.400}{400}} = 1,87$$

$$V_{RMS2} = (1,87)600 = 1.122 \text{ m/s}$$

Jawaban: B

30. $T_1 = T$

$$T_2 = 2T$$

$$v_1 = v$$

$$v_2 = \dots?$$

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{\frac{3kT_2}{m_0}}}{\sqrt{\frac{3kT_1}{m_0}}} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \times v_1 = \sqrt{\frac{2T}{T}} \times v = \sqrt{2}v$$

Jawaban: D

31. $T_1 = 27^\circ\text{C} = 27 + 273 = 300 \text{ K}$

$$EK_2 = 5EK_1$$

$$T_2 = \dots?$$

$$EK = \frac{3}{2}kT$$

$$\frac{EK_2}{EK_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$T_2 = \frac{EK_2}{EK_1} \times T_1 = \frac{5EK_1}{EK_1} \times 300$$

$$= 1.500 \text{ K}$$

Satuan temperatur dalam celcius adalah $1.500 - 273 = 1.227^\circ\text{C}$

Jawaban: D

32. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{\frac{2}{3} \frac{EK_2}{k}}{\frac{2}{3} \frac{EK_1}{k}} = \frac{EK_2}{EK_1}$

$$\frac{280}{T_1} = \frac{E_0}{3E_0} = \frac{1}{3}$$

$$T_1 = 280 \times 3 = 840 \text{ K}$$

Suhu gas mula-mula adalah 840 K.

Jawaban: C

33. $v_{rms} = \sqrt{\frac{3kTN_A}{M}}$

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 273 \times 6,02 \times 10^{26}}{40}}$$

$$v_{rms} = \sqrt{170.098} = 412,4 \text{ m/s}$$

Kelajuan efektif gas argon pada suhu 0°C adalah 412,4 m/s

Jawaban: B

$$34. m_O = 534 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

$$v_{RMS} = 11,1 \times 10^3 \text{ m/s}$$

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{3kT}{m_O}} \Rightarrow T = \frac{v_{RMS}^2 m_O}{3k}$$

$$T = \frac{(11,1 \times 10^3)^2 (5,34 \times 10^{-26})}{3(1,38 \times 10^{-23})}$$

$$T = 1,59 \times 10^5 \text{ K}$$

Jawaban: A

$$35. V = 0,01 \text{ m}^3$$

$$P = 6,2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Daya mesin } P_L = 200 \text{ W}$$

Energi listrik = energi dalam gas

$$W = U$$

$$P_L t = \frac{3}{2} N k T = \frac{3}{2} P V$$

$$t = \frac{3 P V}{2 P_L} = \frac{3(6,2 \times 10^5)(0,01)}{2(200)}$$

$$t = 46,5 \text{ s}$$

Jawaban: A

B. Esai

1. Tekanan tetap

$$T_2 = 2T_1, V_2 = nV_1$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{V_1}{nV_1} = \frac{T_1}{2T_1} \Rightarrow n = 2$$

2. $T_1 = 42^\circ\text{C} = 315 \text{ K}$

$$P_1 = 8 \text{ atm} = 8 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_1 = 8 \text{ L} = 8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} + 8 \text{ atm}$$

$$= 9 \text{ atm} = 9 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_2 = 87^\circ\text{C} = 360 \text{ K}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1} \times V_1$$

$$V_2 = \frac{8 \times 360}{9 \times 315} \times 8$$

$$V_2 = 8,12 \text{ L}$$

$$36. T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$M = 40 \text{ g/mol}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$N = 1 \text{ atom}$$

Energi kinetik rata-rata per molekul:

$$\overline{EK} = \frac{3}{2} k T$$

Energi kinetik = energi potensial

$$\frac{3}{2} k T = m_0 g h$$

$$\frac{3}{2} \frac{m}{M} R T = m_0 g h$$

Oleh karena itu, ketinggian yang dicapai atom argon adalah

$$h = \frac{3RT}{2Mg} = \frac{3(8,314)(300)}{2(40)(10)}$$

$$h = 9,35 \times 10^3 \text{ m}$$

Jawaban: E

$$3. P_1 = 50 \text{ atm}; T_1 = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$V_2 = 15V_1; P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} \times T_1 = T_2 = \frac{(1)(15V_1)}{(50)(V_1)} \times 298 = 89,4 \text{ K}$$

4. Persamaan gas ideal

$$PV = nRT, n = \frac{m}{M}$$

$$PV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow P = \frac{m}{V} \frac{RT}{M} = \rho T \frac{R}{M}$$

$$P \propto \rho T$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\rho_1 T_1}{\rho_2 T_2} \Rightarrow \frac{P}{1,5P} = \frac{\rho T}{\rho_2 (0,3T)}$$

$$\rho_2 = \frac{1,5\rho}{0,3} = 5\rho$$

$$5. \quad P_1 = P_0 = \rho gh$$

$$= (1.000)(10)(10) = 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_2 = P_0 + \rho gh$$

$$= 10^5 + (1.000)(10)(30)$$

$$= 4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_3 = P_0 + \rho gh$$

$$= 10^5 + (1.000)(10)(15)$$

$$= 2,5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$(10^5)(V_1) = (4 \times 10^5) V$$

$$V_1 = 4V$$

$$P_1 V_1 = P_3 V_3$$

$$10^5 (4V) = (2,5 \times 10^5) V_3$$

$$V_3 = \frac{4 \times 10^5}{2,5 \times 10^5} V$$

$$V_3 = \frac{8}{5} V$$

6. Suhu konstan

$$V_1 = 0,040 \text{ m}^3$$

$$P_1 = 2,0 \text{ MPa} = 2 \times 10^6 \text{ Pa}$$

a. $P_2 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{(2 \times 10^6)(0,04)}{1,0 \times 10^5}$$

$$V_2 = 0,8 \text{ m}^3$$

b. Banyaknya volume udara yang keluar

$$V_2 - V_1 = 0,8 - 0,04 = 0,76 \text{ m}^3$$

7. $m_0 = 3,3 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$$v = 1,6 \text{ km s}^{-1}$$

$$\theta = \frac{\pi}{3} \text{ rad} = 60^\circ$$

Jumlah molekul per detik adalah

$$2 \times 10^{20} \text{ molekul}; A = 1,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Massa total molekul

$$m = 2 \times 10^{20} \times 3,3 \times 10^{-27} = 6,6 \times 10^{-7} \text{ kg}$$

a. Gaya rata-rata yang dikerjakan pada dinding (pada arah normal)

$$\bar{F} = \frac{mv_y}{t}$$

$$= (6,6 \times 10^{-7})(1,6 \times 10^3) \cos 60^\circ$$

$$\bar{F} = 1,056 \times 10^{-3} \cos 60^\circ$$

$$= 5,28 \times 10^{-4} \text{ N}$$

b. Jika semua berkas dipantulkan sempurna maka

$$\Delta v = 2v \cos \theta$$

$$\bar{F} = 2(6,6 \times 10^{-7})(1,6 \times 10^3)(\cos 60^\circ)$$

$$\bar{F} = 1,056 \times 10^{-3} \text{ N}$$

c. Jika semua molekul diserap,

$$P = \frac{\bar{F}}{A}$$

$$P = \frac{5,28 \times 10^{-3}}{1,2 \times 10^{-4}} = 4,4 \text{ N/m}^2$$

Jika semua molekul dipantulkan sempurna,

$$P = \frac{1,056 \times 10^{-3}}{1,2 \times 10^{-4}} = 8,8 \text{ N/m}^2$$

8. $M_{\text{O}_2} = 32 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$

$$M_{\text{H}_2} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$

$$\text{O}_2 \rightarrow m_0 = \frac{32}{6,02 \times 10^{26}}$$

$$= 5,32 \times 10^{-26} \frac{\text{kg}}{\text{molekul}}$$

$$\text{H}_2 \rightarrow m_0 = \frac{2}{6,02 \times 10^{26}}$$

$$= 3,32 \times 10^{-27} \frac{\text{kg}}{\text{molekul}}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } \frac{v_{RMS \text{ H}_2}}{v_{RMS \text{ O}_2}} &= \sqrt{\frac{1}{M_{\text{H}_2}}} \\ &= \sqrt{\frac{M_{\text{O}_2}}{M_{\text{H}_2}}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{\overline{EK}_{\text{H}_2}}{\overline{EK}_{\text{O}_2}} &= \frac{(m_0 v_{RMS}^2)_{\text{H}_2}}{(m_0 v_{RMS}^2)_{\text{O}_2}} \\ &= \frac{M_{\text{H}_2}}{M_{\text{O}_2}} \cdot \frac{M_{\text{O}_2}}{M_{\text{H}_2}} = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 9. \quad \rho &= 1,25 \text{ kg m}^{-3}; \\ P &= 1 \text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } v_{RMS} &= \sqrt{\frac{3P}{\rho}} \\ &= \sqrt{\frac{3(10^5)}{1,25}} = 489,90 \text{ m s}^{-1} \\ v_{RMS} &= 490 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \overline{EK} &= \frac{1}{2} m_0 v_{RMS}^2 \\ &= \frac{1}{2} \frac{M}{N_A} v_{RMS}^2 \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{28}{6,02 \times 10^{26}} (490)^2 \\ \overline{EK} &= 5,59 \times 10^{-21} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 10. \quad EK &= \frac{3}{2} kT \\ EK &\propto T \\ \frac{EK_2}{EK_1} &= \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{2EK_1}{EK_1} = \frac{T_2}{T_1} \\ T_2 &= 2T_1 = 2(273 + 10) \\ &= 566 \text{ K} = 293^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11. \quad EK &= \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T \\ EK &= \frac{3}{2} \times \frac{8,31}{6,02 \times 10^{23}} (6.000) \\ &= 1,24 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 12. \quad M_{\text{He}} &= 4 \times 10^{-3} \text{ kg/mol} = 4 \text{ g/mol} \\ M_{\text{H}_2\text{O}} &= 18 \times 10^{-3} \text{ kg/mol} = 18 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$\frac{v_{\text{He}}}{v_{\text{H}_2\text{O}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{He}}}} = \sqrt{\frac{18}{4}} = \frac{3\sqrt{2}}{2}$$

$$\begin{aligned} 13. \quad EK &= \frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} m_0 \overline{v^2} \\ \overline{v^2} &\propto T \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\overline{v_2^2}}{\overline{v_1^2}} &= \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{2\overline{v_1}}{\overline{v_1}} \right)^2 = 4 \\ T_2 &= 4T_1 = 4(100) = 400 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 14. \quad M_{\text{O}} &= 16 M_{\text{H}} \\ T_{\text{H}} &= 127^\circ\text{C} = 400 \text{ K} \\ T_{\text{O}} &= 1.327^\circ\text{C} = 1.600 \text{ K} \end{aligned}$$

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$v_{RMS} \propto \sqrt{\frac{T}{M}}$$

$$\frac{v_{RMS,O}}{v_{RMS,H}} = \sqrt{\frac{T_O M_H}{T_H M_O}}$$

$$v_{RMS,O} = \sqrt{\frac{1.600 M_H}{400 (16 M_H)}} v = \frac{1}{2} v$$

$$15. \quad p = mv \Rightarrow p \propto v$$

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \Rightarrow v \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$$

Berdasarkan kedua hubungan kesebandingan di atas dapat dituliskan

$$p \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$$

Jadi,

$$\frac{P_A}{P_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

$$16. \quad V = 3 \text{ L} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$m = 400 \text{ mg} = 4 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

$$P = 10^5 \text{ Pa}$$

$$P = \frac{1}{3} m_0 \overline{v^2} \left(\frac{N}{V} \right) = \frac{1}{3} \frac{m \overline{v^2}}{V}$$

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{3PV}{m}}$$

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{3 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-4}}} = 1.500 \text{ m s}^{-1}$$

$$17. \quad EK = \frac{3}{2} kT$$

$$\frac{3}{2} k = \text{kemiringan garis}$$

$$\frac{3}{2} k = \tan \theta = \frac{a}{b}$$

$$k = \frac{2a}{3b}$$

A. Pilihan Ganda

1. Adiabatik: proses tidak ada kalor masuk atau keluar. Ciri grafiknya melengkung curam, seperti garis 2–3. Isokhorik: proses pada volume tetap. Grafik tegak lurus sumbu V . Pada soal ditunjukkan oleh segmen 5–1, dan 3–4. Jadi, pilihan yang sesuai dengan adiabatik dan isokhorik adalah 2 – 3 dan 3 – 4.

Jawaban: D

2. $V_1 = 2 \text{ m}^3$
 $P = 4 \text{ atm} = 4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 $V_2 = \frac{1}{3} V_1$
 $W = P \Delta V = P(V_2 - V_1)$
 $= P\left(\frac{1}{3} V_1 - V_1\right) = -\frac{2}{3} P V_1$
 $W = -\frac{2}{3} (4 \times 10^5) (2)$
 $= -5,33 \times 10^5 \text{ J}$

Jawaban: E

3. $n = 3 \text{ mol}$
 $T = 273 \text{ K}$
 $V_2 = 4 V_1$
 $W = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$
 $W = (3)(8,31)(273) \ln\left(\frac{4V_1}{V_1}\right)$
 $= (6.805,89)(1,39)$
 $W = 9.434,96 \text{ J} \approx 9.435 \text{ J}$

Jawaban: E

4. $V_2 = 4,5 \text{ m}^3$
 $V_1 = 2 \text{ m}^3$
 $P = 2 \text{ atm} = 2,02 \times 10^5 \text{ Pa}$
 Isobaris $\rightarrow$ Tekanan Tetap

$$W = P(\Delta V)$$

$$W = P(V_2 - V_1)$$

$$W = 2,02 \times 10^5 (4,5 - 2)$$

$$= 5,05 \times 10^5 \text{ joule}$$

Jawaban: E

5. $T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$
 $T_2 = 87 + 273 = 360 \text{ K}$
 Tekanan tetap: $P_1 = P_2 = P$
 $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$
 $\frac{P V_1}{T_1} = \frac{P V_2}{T_2}$
 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1}{T_1} \times T_2$
 $V_2 = \frac{1,5}{300} \times 360 = 1,8 \text{ m}^3$
 $W = P \Delta V = 2 \times 10^5 (1,8 - 1,5)$
 $= 60 \text{ kJ}$

Jawaban: D

6. Proses pada grafik di soal yang menunjukkan volume gas berkurang adalah proses CD. Hal ini karena volume gas pada titik C (V_2) lebih besar daripada titik D (V_1).

Jawaban: C

7. $\gamma = \frac{5}{3}$
 Volume berkurang dengan faktor pengali dua, artinya
 $V_1 = 2 V_2$

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2^{5/3}}{1} = 2^{5/3}$$

Jawaban: D

$$\begin{aligned}
 8. \quad n &= 2,4 \text{ mol} \\
 T_1 &= 47^\circ\text{C} = 320 \text{ K} \\
 T_2 &= 3T_1 \\
 W &= \frac{5}{2}nR(T_1 - T_2) \\
 &= \frac{5}{2}(2,4)(8,3)(T_1 - 3T_1) \\
 &= 49,8(-2T_1) = -99,6(320) \\
 W &= -31.872 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Jawaban: C

$$\begin{aligned}
 9. \quad m &= 5 \text{ kg} = 5 \times 10^3 \text{ g} \\
 T_1 &= 10^\circ\text{C} = 283 \text{ K} \\
 T_2 &= 130^\circ\text{C} = 403 \text{ K} \\
 \Delta T &= 120 \text{ K atau } 120^\circ\text{C} \\
 c_v &= 0,177 \text{ kal/g}^\circ\text{C} \\
 c_p &= 0,248 \text{ kal/g}^\circ\text{C} \\
 C_p &= c_p m \\
 C_v &= c_v m \\
 C_p - C_v &= c_p m - c_v m \\
 &= m(c_p - c_v) \\
 \Delta U &= \frac{3}{2}nR\Delta T \\
 &= \frac{3}{2}(C_p - C_v)\Delta T \\
 \Delta U &= \frac{3}{2}m(c_p - c_v)\Delta T \\
 &= \frac{3}{2}(5 \times 10^3)(0,248 - 0,177)(120) \\
 &= (7500)(0,071)(120) \\
 \Delta U &= 63.900 \text{ kal} \\
 W &= (C_p - C_v)\Delta T \\
 &= m(c_p - c_v)\Delta T \\
 &= (5 \times 10^3)(0,071)(120) \\
 &= 42.600 \text{ kal}
 \end{aligned}$$

Jawaban: D

$$\begin{aligned}
 10. \quad c_v &= 0,177 \text{ kal g}^{-1}\text{K}^{-1} \\
 M &= 28 \text{ kg/kmol} \\
 R &= 8.314 \text{ J kmol}^{-1}\text{K}^{-1} \\
 &= 1.979,5 \text{ kal kmol}^{-1}\text{K}^{-1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_p - c_v &= \frac{R}{M} \\
 c_p &= c_v + \frac{R}{M} \\
 c_p &= 0,177 \frac{\text{kal}}{\text{g K}} + \frac{1.979,5 \text{ kal/kmol K}}{28 \times 10^3 \text{ g/kmol}} \\
 &= 0,177 + 0,071 = 0,248 \text{ kal/g K}
 \end{aligned}$$

Jawaban: B

$$\begin{aligned}
 11. \quad n &= \frac{2.000}{693} \text{ mol} \\
 V_2 &= 5 \text{ L} \\
 V_1 &= 2,5 \text{ L} \\
 T &= 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K} \\
 \text{Usaha yang dilakukan gas:} \\
 W &= nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \\
 W &= \left(\frac{2.000}{693}\right)(8,314)(300) \ln\left(\frac{5}{2,5}\right) \\
 W &= \left(\frac{2.000}{693}\right)(8,314)(300)(0,693) \\
 &= 4.988,4 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

Jawaban: A

$$\begin{aligned}
 12. \quad T_1 V_1^{\gamma-1} &= T_2 V_2^{\gamma-1} \\
 T_2 &= T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 290 \left(\frac{1}{4}\right)^{1,4-1} \\
 &= (290)(0,25)^{0,4} = 166,6 \text{ K}
 \end{aligned}$$

Jawaban: B

$$\begin{aligned}
 13. \quad \text{Dari persamaan: } C_{p,m} - C_{v,m} &= R, \\
 \text{dengan } C_{v,m} &= \frac{5R}{2} \text{ dan } P_2 = 2P_1.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{p,m} &= R + C_{v,m} = R + \frac{5R}{2} = \frac{7R}{2} \\
 \gamma &= \frac{C_{p,m}}{C_{v,m}} = \frac{\left(\frac{7}{2}\right)R}{\frac{5R}{2}} = \frac{7}{5} = 1,4
 \end{aligned}$$

Proses adiabatik:

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma = \frac{P_1}{P_2} = \frac{P_1}{2P_1} = 0,5$$

$$\frac{V_2}{V_1} = (0,5)^{\frac{1}{\gamma}} = (0,5)^{\frac{5}{7}} = 0,61$$

Jawaban: C

$$14. C_p - C_v = nR \Rightarrow C_v = C_p - nR$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_p}{C_p - nR}$$

$$\gamma C_p - \gamma nR = C_p$$

$$C_p (\gamma - 1) = \gamma nR$$

$$C_p = \frac{\gamma}{\gamma - 1} nR$$

$$C_v = C_p - nR = \frac{\gamma}{\gamma - 1} nR - nR$$

$$C_v = \left(\frac{\gamma}{\gamma - 1} - 1\right) nR = nR \left(\frac{\gamma - \gamma + 1}{\gamma - 1}\right) = \frac{nR}{\gamma - 1}$$

Jawaban: B

$$15. C_{p,m} = \frac{5R}{2}$$

$$C_{v,m} = \frac{3R}{2} = \frac{(3,83)}{2} = 12,45 \text{ J/g}$$

$$V = 0,0083 \text{ m}^3$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$P_1 = 1,8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$Q_v = 2,45 \times 10^4 \text{ J}$$

Jumlah mol, n adalah

$$PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{(1,8 \times 10^5)(0,0083)}{(8,3)(300)} = 0,6 \text{ mol}$$

$$Q_v = nC_{v,m}\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q_v}{nC_{v,m}} = \frac{2,45 \times 10^4}{(0,6)(12,45)} = 3.279,7 \approx 3.280 \text{ K}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$3.280 = T_2 - 300$$

Suhu akhir gas,

$$T_2 = 3.280 + 300 = 3.580 \text{ K}$$

Tekanan akhir gas,

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = \frac{(1,8 \times 10^5)(3.580)}{300} = 21,48 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Jawaban: D

$$16. W = \text{luas ABC} = \frac{1}{2}(AB)(BC) = \frac{1}{2}(0,025 - 0,0125)(2 \times 10^5 - 10^5) = 625 \text{ J}$$

Jawaban: E

$$17. \text{Usaha 5 siklus} = 5(625) \text{ J}, t = 2 \text{ s}$$

$$\text{Daya keluaran} = \frac{\text{usaha}}{\text{waktu}} = \frac{5(625)}{2} = 1.562,5 \text{ Watt}$$

Jawaban: D

$$18. W_{\text{siklus}} = \text{Luas bidang abcd} \\ W = ab \times bc \\ W = 2(2 \times 10^5) = 400 \text{ kilojoule}$$

Jawaban: B

$$19. W_{AC} = W_{AB} + W_{BC} \\ W_{AC} = 0 + (2 \times 10^5)(3,5 - 1,5) = 4 \times 10^5 = 400 \text{ kJ}$$

Jawaban: B

$$20. W = \text{luas daerah di bawah grafik } P - V \\ W = [(3 - 1) \times 10^5](5 - 3) = 4 \times 10^5 \text{ J}$$

Jawaban: A

$$21. \text{Proses I: } P = 15 \text{ N/m}^2, V_1 = 15 \text{ m}^3, V_2 = 35 \text{ m}^3$$

Proses II: $P = 10 \text{ N/m}^2$, $V_1 = 5 \text{ m}^3$,
 $V_2 = 45 \text{ m}^3$

Perbandingan usaha proses I dan
 proses II adalah

$$W_1 = P(V_2 - V_1) = 15(35 - 15) \\ = 15(20) = 300 \text{ J}$$

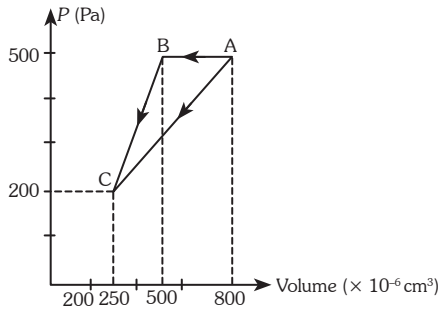
$$W_2 = P(V_2 - V_1) = 10(45 - 5) \\ = 10(40) = 400 \text{ J}$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{300}{400} = \frac{3}{4}$$

Jawaban: C

$$22. W_{AB} = 500 \times 300 \times 10^{-6} = 0,15 \text{ kJ}$$

$$W_{BC} = \frac{1}{2}(500 + 200)(250 \times 10^{-6}) \\ = 0,09 \text{ kJ}$$



$$W_{ABC} = \text{luas daerah di bawah kurva ABC} \\ = W_{AB} + W_{BC}$$

Karena dari A ke B terjadi penurunan volume, maka usaha bertanda negatif dan karena dari B ke C terjadi penurunan volume, maka usahanya juga negatif.

$$W_{ABC} = -W_{AB} - W_{BC} = -0,15 - 0,09 \\ = -0,24 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}(P_C V_C - P_A V_A) \\ = \frac{3}{2}[(200 \times 250 \times 10^{-6}) - (500 \times 800 \times 10^{-6})]$$

$$\Delta U = -5,25 \times 10^{-1} \approx -0,53 \text{ J}$$

Jawaban: C

23. Proses isothermik:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{10^5 V}{\frac{1}{3} V} = 3 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$T_2 = T_1 = 7^\circ\text{C} = 280 \text{ K}$$

Proses adiabatik:

$$P_2 V_2^\gamma = P_3 V_3^\gamma$$

$$P_3 = P_2 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^\gamma = (3 \times 10^5) \left(\frac{\frac{1}{3} V}{V} \right)^{1,4}$$

$$= (3 \times 10^5) \left(\frac{1}{3} \right)^{1,4}$$

$$= 64,44 \text{ kPa}$$

$$= 64.439 \text{ Pa}$$

$$T_2 V_2^{\gamma-1} = T_3 V_3^{\gamma-1}$$

$$T_3 = T_2 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} = 280 \left(\frac{\frac{1}{3} V}{V} \right)^{0,4}$$

$$= (280) \left(\frac{1}{3} \right)^{0,4} = 180,43 \text{ K}$$

Jawaban: D

$$24. P_A = P_B = 3 \times 10^5 \text{ Pa},$$

$$P_C = 1 \times 10^5 \text{ Pa},$$

$$V_A = 2 \text{ L dan } V_B = V_C = 6 \text{ L}$$

Proses A ke B adalah proses isobarik.

Usaha dari A ke B dapat dihitung dengan persamaan

$$W_{AB} = P(V_B - V_A)$$

$$W_{AB} = 3 \times 10^5 (6 - 2) \times 10^{-3} \\ = 1.200 \text{ J}$$

Jawaban: A

$$25. Q = +1.500 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q - W = +1.500 - (+2.200)$$

$$\Delta U = -700 \text{ J}$$

Karena ΔU negatif, maka $T_2 < T_1$

Jawaban: A

$$26. W = +2,5 \times 10^5 \text{ J}$$

$$\Delta U = -6,8 \cdot 10^5$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = \Delta U + W$$

$$= -6,8 \times 10^5 + 2,5 \times 10^5$$

$$= -4,3 \times 10^5$$

Sistem mengeluarkan kalor.

Jawaban: D

27. Pada lintasan s terjadi pemuain gas secara isobarik sehingga $W_s \neq 0$ (1) salah. Kalor diserap sehingga gas memuai $\rightarrow$ (2) benar. Energi internal ΔU termasuk fungsi keadaan. Jadi, ΔU tidak tergantung lintasan yang ditempuh gas, tetapi hanya bergantung pada keadaan awal dan akhir. Karena keadaan awal dan akhir sistem adalah sama, maka energi internal ΔU pada kedua lintasan adalah sama $\rightarrow$ (3) benar.

Jawaban: D

$$28. P = 0,4 \text{ atm} = 0,4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_1 = 9 \text{ L} = 9 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 4 \text{ L} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$Q = -400 \text{ J}$$

$$W = P\Delta V = P(V_2 - V_1)$$

$$= 0,4 \times 10^5 (4 \times 10^{-3} - 9 \times 10^{-3})$$

$$W = -200 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q - W = -400 - (-200)$$

$$= -200 \text{ J}$$

Jawaban: C

$$29. \eta = 25\%$$

$$Q_2 = 2.700 \text{ J}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \eta \Rightarrow Q_1 = \frac{Q_2}{1 - \eta}$$

$$Q_1 = \frac{2.700}{1 - 0,25} = \frac{2.700}{0,75} = 3.600 \text{ J}$$

Jawaban: A

$$30. T_1 = 550^\circ\text{C} = 823 \text{ K}$$

$$T_2 = 35^\circ\text{C} = 308 \text{ K}$$

Efisiensi maksimum

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) 100\% = \left(1 - \frac{308}{823}\right) 100\%$$

$$\eta = 62,58\%$$

Jawaban: C

$$31. T_1 = 487^\circ\text{C} = 760 \text{ K}$$

$$T_2 = 107^\circ\text{C} = 380 \text{ K}$$

Kalor yang diserap $Q_1 = 800 \text{ J}$

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) 100\% = \left(1 - \frac{380}{760}\right) 100\%$$

$$\eta = 50\%$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \times 100\% \Rightarrow \frac{\eta Q_1}{100}$$

$$W = \frac{50 Q_1}{100} = \frac{50 \times 800}{100} = 400 \text{ J}$$

Jawaban: B

$$32. T_1 = 100 + 273 = 273 \text{ K}$$

$$T_2 = 24 + 273 = 297 \text{ K}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{297}{273} = \frac{373 - 297}{273}$$

$$= \frac{76}{273} = 0,2784 = 27,84\%$$

Jawaban: E

$$33. \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{580} = 0,48 = 48\%$$

$$\eta = \frac{W}{Q}$$

$$W = \eta Q = (0,48)(350)$$

$$= 168 \text{ J}$$

Jawaban: D

$$34. \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{270}{500} = 0,46$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \Rightarrow Q_1 = \frac{W}{\eta} = \frac{368}{0,46} = 800 \text{ J}$$

Kalor yang dibuang mesin adalah

$$W = Q_1 - Q_2$$

$$Q_2 = Q_1 - W$$

$$= 800 - 368 = 432 \text{ J}$$

Jawaban: D

$$35. \quad \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \left(1 - \frac{400}{800}\right)$$

$$= \left(1 - \frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2}$$

$$W = \eta \times Q_1 = \frac{1}{2} \times 10.000 = 5.000 \text{ J}$$

Jawaban: D

$$36. \quad T_1 = 227^\circ\text{C} + 273 = 500 \text{ K}$$

$$T_2 = 27^\circ\text{C} + 273 = 300 \text{ K}$$

$$\frac{W}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\frac{W}{Q_1} = \frac{500 - 300}{500}$$

$$W = \frac{2}{5} Q_1$$

Jawaban: B

$$37. \quad T_1 = 800 \text{ K}$$

$$\eta = 40\% = 0,4$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$0,4 = 1 - \frac{T_2}{800}$$

$$T_2 = 800(1 - 0,4)$$

$$T_2 = 480 \text{ K}$$

$$\eta' = 50\% = 0,5$$

$$\eta' = 1 - \frac{T_2}{T_1'}$$

$$T_1' = \frac{T_2}{1 - 0,5} = \frac{480}{0,5} \Rightarrow T_1' = 960 \text{ K}$$

Jawaban: C

38. Data pertama:

$$\eta = 40\% = \frac{4}{10}$$

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

Cari suhu rendah (T_2).

$$\eta = 1 - \left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$\frac{4}{10} = 1 - \left(\frac{T_2}{400}\right)$$

$$\frac{T_2}{400} = \frac{6}{10}$$

$$T_2 = 6 \times 40 = 240 \text{ K}$$

Data kedua:

$$T_1 = 640 \text{ K}$$

$T_2 = 240 \text{ K}$ (dari hasil perhitungan pertama)

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$\eta = 1 - \frac{240}{600} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{5}{8} \times 100\% = 62,5\%$$

Jawaban: D

$$39. \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$= 1 - \frac{500}{1.000} = 1 - 0,5 = 50\%$$

Efisiensi pada $T_1 = 1.000 \text{ K}$ dan $T_2 = 500 \text{ K}$ adalah efisiensi pada $T_1' = x \text{ K}$ dan $T_2' = 1.000 \text{ K}$ sehingga

$$\eta = 1 - \frac{T_2'}{x} \Rightarrow x = \frac{T_2'}{1 - \eta}$$

$$x = \frac{1.000}{1 - 0,5} = 2.000 \text{ K}$$

Jawaban: A

$$40. \quad T_1 = 800 \text{ K}, \eta_1 = 40\%, \eta_2 = 50\%$$

Efisiensi mesin semula

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$40\% = 1 - \frac{T_2}{800}$$

$$\frac{T_2}{800} = 0,6 \Rightarrow T_2 = 480 \text{ K}$$

Agar efisiensi menjadi $\eta_2 = 50\%$
untuk $T_2 = 480 \text{ K}$,

$$\eta_2 = 1 - \frac{T_2}{T_1'}$$

$$50\% = 1 - \frac{480}{T_1'}$$

$$\frac{480}{T_1} = 0,5 \Rightarrow T_1' = 960 \text{ K}$$

Jawaban: B

41. $T_2 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$
 $T_1 = 227 + 273 = 500 \text{ K}$
Efisiensi mesin Carnot,

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{500} = 0,4$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \Rightarrow W = \eta Q_1$$

Energi listrik W :

$$W = Pt$$

$$\eta Q_1 = VIt$$

$$I = \frac{\eta Q_1}{Vt}$$

$$I = \frac{0,4}{220} \times 5.500 = 10 \text{ A}$$

Jawaban: C

42. Banyaknya kalor yang diserap tiap
harinya adalah

$$\eta = \frac{Pt}{Q} \Rightarrow Q = \frac{Pt}{\eta}$$

$$Q = \frac{1(1)}{0,4}$$

$$= 2,5 \text{ MJ}$$

Kalor pembakaran $L = 45 \text{ MJ/kg}$.

Jumlah bahan bakar yang digunakan

$$Q = mL$$

$$m = \frac{Q}{L} = \frac{2,5 \text{ MJ}}{45 \text{ MJ/kg}}$$

$$= 0,055 \text{ kg} = 55 \text{ g}$$

Jawaban: D

43. $CP = 4,5$

$$Q_2 = 3.600 \text{ J}$$

$$CP = \frac{Q_2}{W} \Rightarrow W = \frac{Q_2}{CP}$$

$$W = \frac{3.600}{4,5} \Rightarrow W = 800 \text{ J}$$

Jawaban: A

44. $T_1 = 27^\circ\text{C} = 27 + 273 = 300 \text{ K}$

$$CP = 6,5$$

$$T_2 = \dots?$$

Dari rumus koefisien performansi
mesin pendingin carnot:

$$CP = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$6,5 = \frac{T_2}{300 - T_2}$$

$$6,5(300 - T_2) = T_2$$

$$1.950 - 6,5T_2 = T_2$$

$$1.950 = 7,5T_2$$

$$T_2 = \frac{1.950}{7,5} = 260 \text{ K} = -13^\circ\text{C}$$

Jawaban: E

45. $T_2 = -15^\circ\text{C} = -15 + 273 = 258 \text{ K}$

$$T_1 - T_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$CP = \dots?$$

$$CP = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$CP = \frac{258}{40} = 6,45$$

Jawaban: A

46. Data mesin pendingin

$$T_2 = -13^\circ\text{C} = -13 + 273 = 260 \text{ K}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$Q_2 = 1.300 \text{ J}$$

$$W = \dots?$$

$$\frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{Q_2}{W}$$

$$\frac{260}{300 - 260} = \frac{1.300}{W}$$

$$\frac{260}{40} = \frac{1.300}{W}$$

$$W = \frac{1.300 \times 40}{260} = 200 \text{ J}$$

Jawaban: B

47. $CP = 20\%$ CP ideal

$$CP \text{ ideal} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$CP \text{ ideal} = \frac{273}{288 - 273} = \frac{273}{15}$$

$$= 18,2$$

$$CP = 20\% \text{ } CP \text{ ideal}$$

$$= (0,2)(18,2) = 3,64$$

Kalor yang dipindahkan dari air,

$$Q_2 = mL_v = (1)(3,4 \times 10^5)$$

$$= 3,4 \times 10^5 \text{ J}$$

Jadi, usaha yang harus dilakukan mesin,

$$CP = \frac{Q_2}{W}$$

$$W = \frac{Q_2}{CP} = \frac{3,4 \times 10^5}{3,64}$$

$$= 93.406,6 \text{ J}$$

Jawaban: A

48. $W = \frac{Q_2}{CP}$

$$Pt = \frac{Q_2}{CP}$$

$$t = \frac{Q_2}{PCP} = \frac{3,4 \times 10^5}{50 \times 3,64}$$

$$= 1.868,13 \text{ s} = 31,14 \text{ menit}$$

Jawaban: B

49. $m = 0,5 \text{ kg}$

$$T = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$$

$$L_v = 2,2 \times 10^6 \text{ J/kg}$$

$$Q = mL_v = 0,5(2,2 \times 10^6)$$

$$Q = 1,1 \times 10^6 \text{ J}$$

Kenaikan entropi sistem,

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{1,1 \times 10^6}{373} = 2.949 \text{ J/K}$$

Jawaban: C

50. $\Delta S = dQ = \frac{Q}{T} = \frac{mL_f}{T}$

$$\Delta S = \frac{(27,3 \times 10^{-3})(3,3 \times 10^5)}{273}$$

$$= 33 \text{ J/K}$$

Jawaban: C

51. Usaha pada proses isotermal adalah

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Karena $T_2 = T_1$, maka $\Delta U = 0$

$$\Delta U = Q - W$$

$$0 = Q - W \Rightarrow Q = W$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{nRT}{T} \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= \frac{mR}{M} \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= \frac{(9 \times 10^{-3})(8,3)}{4 \times 10^{-3}} \ln \frac{3,75V_1}{V_1}$$

$$\Delta S = (18,675)(1,322) = 24,68 \text{ J/K}$$

Jawaban: C

B. Esai

1. Entropi: $\Delta S = \frac{Q}{T} \rightarrow \text{J/K} = \text{J K}^{-1}$

Tetapan Boltzmann:

$$k = \frac{R}{N_A} \rightarrow \frac{\text{J kmol}^{-1} \text{K}^{-1}}{\text{molekul/kmol}} = \text{J K}^{-1}$$

Kapasitas kalor: $C = \frac{Q}{\Delta T} \rightarrow \frac{\text{J}}{\text{K}} = \text{J K}^{-1}$

2. $V_1 = 1,5 \text{ m}^3$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 87^\circ\text{C} = 360 \text{ K}$$

$$P = 2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{T_1} \times V_1$$

$$V_2 = \frac{360}{300} \times 1,5$$

$$= 1,8 \text{ m}^3$$

$$W = P\Delta V = P(V_2 - V_1)$$

$$= 2 \times 10^5 (1,8 - 1,5)$$

$$= 60.000 \text{ J} = 60 \text{ kJ}$$

3. Pada proses adiabatik,

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \rightarrow T \propto \frac{1}{V^{\gamma-1}}$$

Suhu berbanding terbalik terhadap volume ^{$\gamma-1$} sehingga jika gas memuai atau mengalami pertambahan volume, maka suhu gas akan turun (berkurang).

4. Usaha $W = \int_{V_1}^{V_2} P dV$

Pada proses adiabatik,

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma = C$$

$$P = \frac{C}{V^\gamma}$$

sehingga

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = C \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V^\gamma} dV$$

$$= \frac{C V^{(1-\gamma)}}{1-\gamma} \Bigg|_{V_1}^{V_2}$$

$$W = \frac{1}{1-\gamma} (C V_2^{1-\gamma} - C V_1^{1-\gamma})$$

Pada suku pertama, misalkan

$C = P_2 V_2^\gamma$ dan pada suku kedua

$C = P_1 V_1^\gamma$ sehingga, didapatkan

$$W = \frac{1}{1-\gamma} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

5. $C_{P,m} - C_{V,m} = R$

$$C_{V,m} = C_{P,m} - R$$

$$\gamma = \frac{C_{P,m}}{C_{V,m}} = \frac{C_{P,m}}{C_{P,m} - R}$$

$$\gamma C_{P,m} - \gamma R = C_{P,m}$$

$$\gamma C_{P,m} - C_{P,m} = \gamma R$$

$$C_{P,m} (\gamma - 1) = \gamma R$$

$$C_{P,m} = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}$$

6. $M = 40 \text{ g/mol}$

$$C_{V,m} = 12,5 \text{ J/mol K}$$

$$C_{P,m} - C_{V,m} = R$$

$$C_{P,m} = R + C_{V,m} = 8,31 + 12,5$$

$$= 20,81 \text{ J/mol K}$$

a. $\frac{C_P}{C_V} = \frac{C_{P,m}}{C_{V,m}} = \frac{20,81}{12,5} = 1,66$

b. $n = \frac{m}{M} = \frac{1.000}{40} = 25 \text{ mol}$

$$\Delta T = 80 \text{ K}$$

$$Q_V = n C_{V,m} \Delta T = (25)(12,5)(80)$$

$$= 25.000 \text{ J}$$

c. $c_{V,m} = c_V \times M$

$$c_V = \frac{c_{V,m}}{M}$$

$$c_V = \frac{12,5}{40 \times 10^{-3}}$$

$$= 312,5 \text{ J/kg K}$$

7. a. Massa air yang diuapkan.

$$m = \rho V$$

$$= (1.000)(50 \times 10^{-6})$$

$$= 0,05 \text{ kg}$$

- b. Kalor yang diberikan pada air.
 $Q = mL_v$
 $= (0,05)(2,26 \times 10^6)$
 $= 113 \times 10^3 \text{ J}$
- c. Usaha yang dilakukan oleh sistem pada lingkungan.
 $W = P(V_1 - V_0)$
 $= (10^5)(83 \times 10^{-3} - 50 \times 10^{-6})$
 $= 8.295 \text{ J}$
- d. Kenaikan energi internal.
 $\Delta U = Q - W$
 $= 113 \times 10^3 - 8.295$
 $= 104.705 \text{ J}$
8. a. $T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K}$
 $T_2 = 30 + 273 = 303 \text{ K}$
 $Q_V = C_V \Delta T = C_V (T_2 - T_1)$
 $= C_V (303 - 293) = 10C_V$
 $400 = 10C_V$
 $C_V = \frac{400}{10} = 40 \text{ J/K}$
 $C_P - C_V = nR = 2 \times 8,31 = 16,62$
 $C_P = C_V + 16,62$
 $= 40 + 16,62 = 56,62 \text{ J/K}$
 $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{56,62}{40} = 1,4155 \approx 1,4$
 Nilai $\gamma = 1,4$ menunjukkan bahwa gas termasuk diatomik
- b. $Q_P = C_P \Delta T$
 $\Delta T = \frac{Q_P}{C_P} = \frac{400}{56,62} = 7,06 \text{ K}$
9. Proses isothermal
 $n = 3 \text{ mol}$
 $T = 373 \text{ K}$
 $V_2 = 4V_1$
 $R = 8,31 \text{ J/mol K}$
 $W = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$
 $= 3(8,31)(373) \ln \left(\frac{4V_1}{V_1} \right)$
 $= 9.298,89 \ln(4) = 12.891 \text{ J}$
10. a. $f = 7$
 $\Delta U = f \left(\frac{1}{2} nR \Delta T \right)$
 $= 7 \left(\frac{1}{2} nR \Delta T \right) = \frac{7}{2} nR \Delta T$
 dengan $Q_V = \Delta U$
 $C_V \Delta T = \frac{7}{2} nR \Delta T$
 $C_V = \frac{7}{2} nR$
 $nC_{V,m} = \frac{7}{2} nR \Rightarrow C_{V,m} = \frac{7}{2} R$
 $C_{P,m} - C_{V,m} = R \Rightarrow C_{P,m} = C_{V,m} + R$
 $C_{P,m} = \frac{7}{2} R + R = \frac{9}{2} R$
 b. $\gamma = \frac{C_{P,m}}{C_{V,m}} = \frac{\frac{9}{2} R}{\frac{7}{2} R} = \frac{9}{7} R \approx 1,3$
11. Gas nitrogen dengan
 $R = 8.314 \text{ J/kmol K}$ dan
 $C_P = 29.092 \text{ J/K}$
 Massa gas $m = 0,8 \text{ kg}$
 Tekanan awal (P_1) = 100 kPa
 Temperatur awal (T_1) = $27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$
 Proses mengikuti proses politropis, yaitu $pV^{1,3} = C$
 Volume awal dua kali volume akhir atau $V_1 = 2V_2$
- a. Anggap nitrogen sebagai gas ideal.
 $P_1 V_1 = \frac{m}{M} RT_1$
 $100 \times 10^3 \cdot V_1 = \frac{0,8}{28} (8.314)(300)$
 $V_1 = \frac{0,8 \times 8.314 \times 300}{28(100 \times 10^3)}$
 $= 0,7126 \text{ m}^3$
 $V_2 = 0,5 \times 0,7128 \text{ m}^3$
 $= 0,3563 \text{ m}^3$

Proses politropik mengikuti persamaan,

$$P_1 V_1^{1,3} = P_2 V_2^{1,3}$$

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{1,3} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\left(\frac{V_1}{0,5 V_1}\right)^{1,3} = \frac{P_2}{100}$$

$$P_2 = 2,462 \times 100$$

$$= 246,2 \text{ kPa}$$

Gas mengalami proses kompresi dengan $V_1 > V_2$ sehingga usaha dikenakan ke sistem (negatif):

$$W_{12} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - n}$$

$$W_{12} = \frac{(246,2 \times 0,3563) - (100 \times 0,7126)}{1 - 1,3}$$

$$W_{12} = -54,870 \text{ kJ}$$

b. Kalor yang ditransfer selama proses ini.

$$Q_{12} = W_{12} + \Delta U_{12}$$

$$Q_{12} = W_{12} + m C_V \Delta T$$

Panas jenis pada volume konstan dapat dihitung dengan

$$c_V = c_P - R$$

$$c_V = 29,092 - 8,314$$

$$= 20,788 \text{ J/K}$$

$$= 20,788 \text{ kJ/K}$$

Temperatur akhir:

$$P_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2$$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2 M}{m R}$$

$$T_2 = \frac{(246,2 \times 10^3)(0,3563)(28)}{0,8 \times 8,314}$$

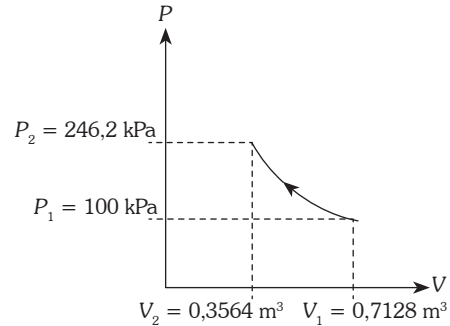
$$= 369 \text{ K}$$

Jadi, perubahan kalor,

$$Q_{12} = -54,870 + (20,778 \times (369 - 300))$$

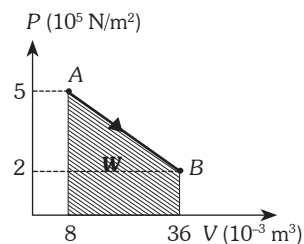
$$Q_{12} = 1.378,81 \text{ kJ}$$

c. Sketsa diagram P-V.



12. $V_1 = 8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 $P_2 = 2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 $V_2 = 36 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 $P_1 = 5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

a. Usaha yang dilakukan gas adalah luas daerah di bawah grafik.



b. $W = \text{luas trapesium}$
 $= \text{luas sisi sejajar} \times \frac{1}{2} \text{ tinggi}$
 $= (P_1 + P_2) \times \frac{1}{2} (V_2 - V_1)$
 $= (2 + 5) \times 10^5 \times \frac{1}{2} (36 - 8) \times 10^{-3}$
 $= (7 \times 10^5) (14 \times 10^{-3})$
 $= 98 \times 10^2 \text{ J}$

Besarnya usaha yang dilakukan sistem adalah 9.800 J.

13. $M = 0,03 \text{ kg}$

$P_3 = 1 \text{ bar}$

$V_1 = 0,002 \text{ m}^3 = 2 \text{ L}$

$V_2 = V_3 = 0,02 \text{ m}^3 = 20 \text{ L}$

$R = 0,08314 \text{ L bar/mol K}$

$C_{V,m} = 2,5 R, \quad C_{P,m} = 3,5 R$

$M = 28,84 \text{ g/mol}$

Titik 3

$P_3 V_3 = n R T_3$

$$\begin{aligned} T_3 &= \frac{P_3 V_3}{n R} \\ &= \frac{(1)(20)}{(1,04)(0,08314)} \\ &= 231,3 \text{ K} \end{aligned}$$

Proses 3-1 (adiabatik)

$\gamma = \frac{C_{P,m}}{C_{V,m}} = \frac{3,5 R}{2,5 R} = 1,4$

$P_1 V_1^\gamma = P_3 V_3^\gamma$

$$\begin{aligned} P_1 &= P_3 \left(\frac{V_3}{V_1} \right)^\gamma = (1) \left(\frac{20}{2} \right)^{1,4} \\ &= 25,12 \text{ bar} \end{aligned}$$

Titik 1

$P_1 V_1 = n R T_1$

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{P_1 V_1}{n R} \\ &= \frac{(25,12)(2)}{(1,04)(0,08314)} \\ &= 581 \text{ K} \end{aligned}$$

Titik 2

$T_2 = T_1 = 581 \text{ K}$

Usaha yang dihasilkan

$$\begin{aligned} W_{1 \rightarrow 2} &= n R T \ln \frac{V_2}{V_1} \\ &= (1,04)(0,083141)(581) \ln \frac{20}{2} \\ &= 115,7 \text{ L bar} \\ W_{2 \rightarrow 3} &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{3 \rightarrow 1} &= -\Delta U_{3 \rightarrow 1} = -C_V (T_1 - T_3) \\ &= n C_{V,m} (T_1 - T_3) \\ &= -1,04(2,5)(0,083141)(581 - 231,1) \\ &= -75,6 \text{ L bar} \\ W_{\text{total}} &= W_{1 \rightarrow 2} + W_{2 \rightarrow 3} + W_{3 \rightarrow 1} \\ &= 115,7 + 0 - 75,6 \\ &= 40,1 \text{ L bar} \end{aligned}$$

14. a. Usaha dari A ke B sama dengan luas ABDE dan bertanda positif karena arah proses ke kanan ($V_B > V_A$).

$$\begin{aligned} W_{AB} &= \text{luas ABDE} \\ &= AB \times BD \\ &= (100 - 25)(300 \text{ kPa}) \\ &= (75 \times 10^{-3} \text{ m}^3)(300 \times 10^3 \text{ Pa}) \\ &= 22.500 \text{ J} \end{aligned}$$

- b. Usaha dari B ke C sama dengan negatif luas BCED karena arah proses ke kiri ($V_C < V_B$).

$$\begin{aligned} W_{BC} &= -\text{luas BCED} \\ &= -\frac{1}{2}(CE + BD)ED \\ &= -\frac{1}{2}(100 + 300) \text{ kPa} \times (100 - 25) \text{ L} \\ &= -\frac{1}{2}(400 \times 10^3 \text{ Pa})(75 \times 10^{-3} \text{ L}) \\ &= -15.000 \text{ J} \end{aligned}$$

- c. Usaha dari C ke A sama dengan nol karena garis CA tidak membentuk bidang terhadap sumbu V (luasnya = 0).

- d. Usaha keseluruhan proses (ABCA) sama dengan usaha proses AB + usaha proses BC + usaha CA.

Jadi, $W_{ABCA} = 22.500 - 15.000 + 0 = 7.500 \text{ J}$

15. $n = 2 \text{ mol}$

$V = 4 \text{ L} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

$Q = +100 \text{ J}$

Karena volume tetap (proses isokhorik), maka tidak ada kerja yang dilakukan pada sistem ($W = 0$).

$$\Delta U = Q - W = Q - 0$$

$$\Delta U = +100 \text{ J}$$

16. Pada grafik soal terlihat bahwa energi internal awal (E_i) sama dengan energi internal akhir (E_f) sehingga tidak terjadi perubahan energi internal atau perubahan energi internalnya sama dengan nol.

$$E_i = 3 \text{ satuan energi}$$

$$E_f = 3 \text{ satuan energi}$$

$$\Delta U = E_f - E_i = 3 - 3 = 0$$

Sekarang, perhatikan persamaan perubahan energi internal.

$$\Delta U = \frac{3}{2} Nk\Delta T$$

Tampak bahwa perubahan energi internal (ΔU) sebanding dengan perubahan suhu (ΔT). Artinya, jika $\Delta U = 0$, maka otomatis $\Delta T = 0$.

$$\Delta T = 0$$

$$T_f - T_i = 0$$

$$T_f = T_i$$

Tidak adanya perubahan suhu berarti suhu konstan. Proses suhu konstan dikenal dengan istilah isotermik. Jadi, kesimpulannya, proses tersebut adalah isotermik.

17. Kalor isokhorik : $Q_v = 20nR$
 Kalor isobarik : $Q_p = 30nR$
 Suhu akhir : $T_2 = 310 \text{ K}$
 Persamaan umum hukum I Termodinamika adalah $Q = W + \Delta U$.
 Pada peristiwa isokhorik (volume tetap), tidak ada usaha yang dihasilkan ($W = 0$) sehingga perumusan hukum I Termodinamika menjadi

$$Q = W + \Delta U$$

$$Q_v = 0 + \Delta U$$

$$20nR = \Delta U$$

Pada peristiwa isobarik (tekanan tetap) usaha yang dihasilkan adalah $W = P\Delta V = nR\Delta T$

sehingga perumusan hukum I Termodinamika pada peristiwa isobarik adalah

$$Q = W + \Delta U$$

$$Q_p = nR\Delta T + \Delta U$$

$$30nR = nR\Delta T + 20nR$$

$$10nR = nR\Delta T$$

$$\Delta T = 10$$

$$T_2 - T_1 = 10$$

$$310 - T_1 = 10$$

$$T_1 = 310 - 10 = 300$$

Jadi, suhu awal gas ideal tersebut adalah 300 K.

18. a. Efisiensi mesin Carnot.

$$T_1 = 227^\circ\text{C} = 500 \text{ K}$$

$$T_2 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\eta = \left(1 - \frac{300}{500}\right) \times 100\% = 40\%$$

- b. Usaha mesin Carnot.

$$\eta = \frac{W}{Q_1}$$

$$\frac{4}{10} = \frac{W}{1.200}$$

$$W = 480 \text{ joule}$$

- c. Perbandingan kalor yang dibuang di suhu rendah dengan usaha yang dilakukan mesin Carnot.

$$Q_2 = Q_1 - W$$

$$= 1.200 - 480 = 720 \text{ joule}$$

$$\frac{Q_2}{W} = \frac{720}{480} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2}$$

- d. Jenis proses ab, bc, cd dan da.
 ab → pemuaian isotermik
 (volume gas bertambah, suhu gas tetap)
 bc → pemuaian adiabatik
 (volume gas bertambah, suhu gas turun)
 cd → pemampatan isotermik
 (volume gas berkurang, suhu gas tetap)
 da → pemampatan adiabatik
 (volume gas berkurang, suhu gas naik)

19. $\eta_m = 80\%$ efisiensi ideal
 $T_1 = 327^\circ\text{C} = (327 + 273) \text{ K} = 600 \text{ K}$
 $P = 3.000 \text{ watt} = 3.000 \text{ J/s}$ (dalam setiap sekon dihasilkan usaha)
 $W = 3.000 \text{ J}$
 $Q_2 = 4.500 \text{ J}$
 Usaha yang dihasilkan suatu mesin merupakan selisih antara kalor yang diterima dan kalor dilepas.
 $W = Q_1 - Q_2 \Rightarrow Q_1 = W + Q_2$
 Sementara itu, efisiensi suatu mesin merupakan perbandingan antara usaha yang dihasilkan terhadap kalor yang diterima.

$$\eta_m = \frac{W}{Q_1} = \frac{W}{W + Q_2} = \frac{3.000}{3.000 + 4.500}$$

$$= 0,4 = 40\%$$

Berdasarkan soal, efisiensi mesin uap tersebut adalah 80% efisiensi idealnya. Sementara itu, efisiensi mesin ideal atau mesin Carnot adalah

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

sehingga

$$\eta_m = 80\% \times \eta$$

$$40\% = 80\% \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$$

$$0,5 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 1 - 0,5$$

$$T_2 = 0,5T_1 = 0,5(600) = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 300 - 273 = 27^\circ\text{C}$$

Jadi, suhu pada T_2 adalah 27°C .

20. $\eta = 75\% \eta_c = 0,75\eta_c$

$$\frac{W}{t} = 100 \text{ W} \Rightarrow 100 \text{ J/s} \Rightarrow W = 100 \text{ J}$$

$$T_2 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$\frac{Q_2}{t} = 300 \text{ J/s} \Rightarrow Q_2 = 300 \text{ J}$$

$$Q_1 = W + Q_2 = 100 + 300 = 400 \text{ J}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{100}{400} = 0,25$$

$$\eta = 0,75\eta_c$$

$$\eta_c = \frac{\eta}{0,75} = \frac{0,25}{0,75} = 0,33$$

$$\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow 0,33 = 1 - \frac{300}{T_1}$$

$$T_1 = \frac{300}{1 - 0,33} = 447,76 \text{ K}$$

$$T_1 = 447,76 - 273 = 174,76^\circ\text{C}$$

21. $CP = 2,0$

$$P = 500 \text{ W}$$

$$T_2 = -20^\circ\text{C} = 253 \text{ K}$$

$$T_1 = 40^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$$

$$W = Pt, \text{ dengan } t = 1 \text{ jam} = 3.600 \text{ s}$$

$$W = 500(3.600) = 18 \times 10^5 \text{ J}$$

- a. Pada kulkas ideal

$$CP = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{253}{313 - 253} = 4,2$$

- b. $CP = \frac{Q_2}{W} \Rightarrow Q_2 = CP \cdot W$

$$Q_2 = 2,0(18 \times 10^5) = 36 \times 10^5 \text{ J}$$

22. Hukum kedua termodinamika

$$T_2 = 200 \text{ K};$$

$$T_1 = 100 \text{ K};$$

$$W = 75 \text{ J}; Q_1 = 100; Q_2 = 25 \text{ J}$$

$$\Delta S = \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1} = \frac{25}{100} - \frac{100}{200} = -0,25 \text{ J}$$

Entropi jagad raya mengalami penurunan. Oleh sebab itu, mesin ini melanggar hukum kedua termodinamika. Hukum pertama termodinamika,

$$\Delta U = Q - W$$

$$0 = (Q_1 - Q_2) - W$$

$$W = Q_1 - Q_2$$

$$75 = 100 - 25$$

Jadi, mesin kalor memenuhi hukum pertama, tetapi melanggar hukum kedua.

23. Untuk semua proses yang terjadi secara alami, entropi selalu bertambah. Artinya, $\Delta S > 0$. Perubahan entropi bernilai nol jika proses berlangsung secara ideal (reversibel). Jadi, tidak satu pun dari keempat proses yang disebutkan memiliki $\Delta S = 0 \rightarrow$ pernyataan (5) benar.

$$24. m = 1 \text{ kg}$$

$$L_v = 3,34 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

$$Q = mL_v = (1)(3,34 \times 10^5)$$

$$Q = 3,34 \times 10^5 \text{ J}$$

$$T = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

$$S_{\text{air}} - S_{\text{es}} = \frac{3,34 \times 10^5}{273} = 1.223,4 \text{ J/K}$$

$$25. dU = dQ - P dV$$

$$0 = dQ - P dV$$

$$dQ = P dV$$

$$dS = \frac{dQ}{dT} = \frac{P dV}{T}$$

$$dS = nR \frac{dV}{V}$$

$$S_{L_2} - S_{L_1} = nR \int \frac{dV}{V}$$

$$S_{L_2} - S_{L_1} = nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$S_{L_2} - S_{L_1} = nR \ln \frac{4V_1}{V_1} \\ = nR \ln 4 = R \ln 4$$

A. Pilihan Ganda

1. Gaya yang dapat menyebabkan kunci berotasi dengan poros O hanyalah $F \cos 53^\circ$ sehingga

$$\begin{aligned}\Sigma \tau &= F \cos 53^\circ (L) \\ &= 80 \left(\frac{3}{5} \right) (0,5) \\ &= 24 \text{ N m}\end{aligned}$$

Jawaban: C

2. $m_1 = m_2 = 2 \text{ g}$ dan $m_3 = m_4 = 4 \text{ g}$ dihubungkan oleh rangka persegi dengan sisi $s = 20 \text{ cm}$. Sistem diputar pada poros sumbu-X.

$$\begin{aligned}I_{\text{sistem}} &= I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \\ &= m_1 R_1^2 + m_2 R_2^2 + m_3 R_3^2 + m_4 R_4^2 \\ &= 2(10^2) + 2(10^2) + 4(10^2) + 4(10^2) \\ &= 200 + 200 + 400 + 400 \\ &= 1.200 \text{ g cm}^2\end{aligned}$$

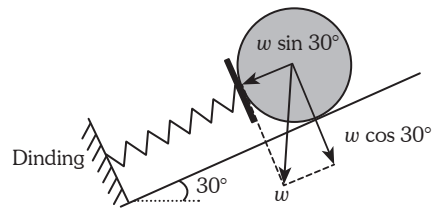
Jawaban: D

3. Laba-laba dengan massa $m = 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$ bergantung pada benang yang dihasilkannya. Benang memiliki $r = 3,57 \mu\text{m}$, $\ell = 12 \text{ cm}$, dan $E = 200 \text{ MPa}$.

$$\begin{aligned}E &= \frac{\sigma}{e} = \frac{F}{Ae} \\ e &= \frac{F}{AE} = \frac{mg}{\pi r^2 E} \\ &= \frac{10^{-3} (10)}{3,14 (3,57 \times 10^{-6})^2 (200 \times 10^6)} \\ &= 1,25\end{aligned}$$

Jawaban: E

4. Diagram gaya



$$F_p = w \sin 30^\circ$$

$$kx = mg \sin 30^\circ$$

$$\begin{aligned}x &= \frac{mg \sin 30^\circ}{k} \\ &= \frac{3(9,8)(0,5)}{500} \\ &= 0,0294 \text{ m} = 29,4 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jawaban: B

5. Berdasarkan hukum utama hidrostatika,

$$P_{\text{minyak}} = P_{\text{air}}$$

$$\rho_m g h_m = \rho_a g h_a$$

$$\frac{\rho_m}{\rho_a} = \frac{h_a}{h_m}$$

Pada kasus di soal, massa jenis minyak dan massa jenis air selalu tetap, baik sebelum penuangan minyak maupun sesudahnya sehingga dapat digunakan persamaan berikut.

$$\frac{h_a'}{h_m'} = \frac{h_a}{h_m}$$

$$\frac{h_a'}{150} = \frac{100}{125}$$

$$h_a' = \frac{4}{5} \times 150 = 120 \text{ mm}$$

Jadi, perbedaan ketinggian minyak dan air adalah
 $150 - 120 = 30 \text{ mm}$

Jawaban: C

6. Saat dimasukkan ke dalam air, balok mengalami gaya Archimedes.

$$F_A = \rho_f V_{bf} g$$

$$= 1.000(1,5 \times 10^{-3})(10) = 15 \text{ N}$$

Karena mengalami gaya Archimedes, balok menjadi lebih ringan apabila ditimbang di dalam air.

$$w_f = w_u - F_A = 40 - 15 = 25 \text{ N}$$

Jawaban: D

7. Persamaan kontinuitas,

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Lubang keluaran ada 20 buah sehingga

$$\left(\frac{1}{4}\right) \pi d_1^2 v_1 = 20 \left(\frac{1}{4}\right) \pi d_2^2 v_2$$

$$v_2 = \frac{1}{20} \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1$$

$$= \frac{1}{20} \left(\frac{1}{10^{-1}}\right)^2 v$$

$$= \frac{10^2}{20} v = 5v$$

Jawaban: C

8. Pada titik mana pun, laju aliran (Q) sama dengan luas penampang pipa dikalikan dengan kecepatan aliran.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$\pi r_1^2 v_1 = \pi r_2^2 v_2$$

$$v_2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 v_1$$

$$= \left(\frac{2}{1}\right)^2 \times 6 = 24 \text{ m/s}$$

Jawaban: D

9. Diameter pada Y 3 kali diameter pada X sehingga luas penampang pada Y adalah 9 kali lebih besar daripada luas penampang X ($A \propto r^2$). Berdasarkan persamaan kontinuitas, kecepatan aliran (v) berbanding terbalik terhadap luas penampang (A).

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} \times v_1$$

$$= \frac{1}{9} \times 6 = \frac{2}{3} \text{ m/s}$$

Jawaban: A

10. Setiap sisi persegi panjang di bagian bawah saluran adalah $1/4$ panjang sisi yang sesuai di bagian atas. Oleh karena itu, luas penampang di bagian bawah adalah $(1/4)^2 = 1/16$ luas penampang di atas. Berdasarkan persamaan kontinuitas, kecepatan aliran, v , berbanding terbalik dengan luas penampang, A . Jadi, jika A di bagian bawah adalah $1/16$ nilai A di bagian atas, maka kecepatan aliran di bagian bawah adalah 16 kali kecepatan aliran di bagian atas.

Jawaban: D

11. Anda dapat menerapkan persamaan Bernoulli ke titik di pompa (titik 1) dan di mulut pipa (titik keluar, titik 2). Anda dapat memilih titik 1 sebagai acuan horizontal sehingga $y_1 = 0$ dan $y_2 = 1 \text{ m}$. Diameter selang pompa 10 kali diameter mulut pipa sehingga $A_1 = (10^2)A_2 = 100A_2$. Demikian kecepatan aliran harus meningkat dengan faktor 100, yaitu $v_2 = 100v_1 = 100(0,4) = 40 \text{ m/s}$. Oleh karena itu, persamaan Bernoulli dapat dituliskan sebagai berikut.

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \frac{1}{2} \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \frac{1}{2} \rho g h_2$$

$$\begin{aligned} P_1 - P_2 &= \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \frac{1}{2} \rho g (h_2 - h_1) \\ &= \frac{1}{2} (10^3) (40^2 - 0,4^2) + \frac{1}{2} (10^3) (1) \\ &= 799.920 + 500 \\ &= 80.0420 \text{ Pa} \approx 80 \text{ kPa} \end{aligned}$$

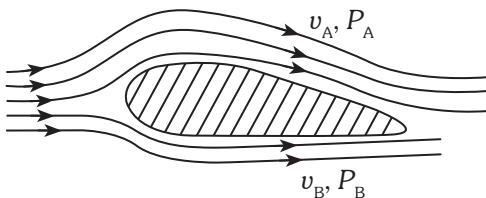
Jawaban: D

12. Lubang berada 1 m di atas permukaan tanah maka posisi $h = 2,5 - 1 = 1,5$ m di bawah permukaan air (karena kolam memiliki kedalaman 2,5 m). Oleh karena itu, kecepatan aliran air yang menyembur melalui lubang tersebut adalah

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{2gh} \\ &= \sqrt{2(10)(1,5)} \\ &= \sqrt{30} = 5,48 \approx 5,5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Jawaban: E

13. Prinsip kerja sayap pesawat merupakan aplikasi dari asas Bernoulli. Secara kualitatif, asas Bernoulli menyatakan bahwa pada ketinggian yang sama, apabila kecepatan aliran fluida besar maka tekanannya kecil, begitu pun sebaliknya. Sayap pesawat terbang dirancang sedemikian rupa sehingga kecepatan fluida di bagian atasnya lebih besar daripada di bawahnya ($v_A > v_B$).



Akibatnya, tekanan pada sayap bagian bawah lebih besar daripada bagian atas ($p_A < p_B$). Akibat perbedaan tekanan ini, pesawat dapat terangkat ke atas dan terbang.

Jawaban: A

14. $\gamma_{\text{bensin}} = 950 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{baja}} &= 3\alpha_{\text{baja}} = 3(12 \times 10^{-6}) \\ &= 36 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{tumpah}} &= V_0 (\gamma_{\text{bensin}} - \gamma_{\text{baja}}) \Delta T \\ &= 0,05 [(950 - 36) \times 10^{-6}] (50 - 20) \\ &= 1,371 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jawaban: C

15. Kalor yang dilepaskan air digunakan oleh es untuk mengubah wujudnya menjadi air dan sisanya digunakan untuk menaikkan suhu es yang sudah mencair.

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

$$m_a c_a \Delta T_a = m_{\text{es}} L_{\text{es}} + m_{\text{es}} c_a \Delta T_{\text{es}}$$

$$200(1)(50 - T) =$$

$$100(80) + 100(1)(T - 0)$$

$$100 - 2T = 80 - T$$

$$3T = 20 \Rightarrow T = 6,67^\circ\text{C}$$

Jawaban: B

16. $\Delta T_{\text{kal}} = 30 - 20 = 10^\circ\text{C}$

$$m_{\text{air}} = 0,2 \text{ kg}$$

$$\Delta T_{\text{air}} = 34 - 30 = 4^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{air}} = 4.200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{terima (kalorimeter)}} = Q_{\text{lepas (air)}}$$

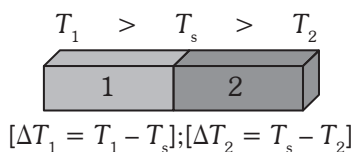
$$C_{\text{kal}} \Delta T_{\text{kal}} = m_{\text{air}} c_{\text{air}} \Delta T_{\text{air}}$$

$$10 C_{\text{kal}} = 0,2 (4.200) (4)$$

$$C_{\text{kal}} = \frac{3.360}{10} = 336 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

Jawaban: D

17. Gambarkan perpindahan kalor pada dua logam penghantar tersebut.



$$L_1 = L_2 \text{ (panjang sama)}$$

$$A_1 = A_2 \text{ (luas sama)}$$

$$k_1 = 2k_2$$

$$T_1 = 80^\circ\text{C}, T_2 = 20^\circ\text{C}$$

Karena suhu $T_1 > T_s$, maka T_1 suhunya lebih tinggi dari pada T_s sehingga

$$\Delta T_1 = T_1 - T_s$$

Suhu $T_s > T_2$ artinya T_s suhunya lebih tinggi daripada T_2 , maka

$$\Delta T_2 = T_s - T_2$$

$$H_1 = H_2$$

$$\frac{k_1 A_1 \Delta T_1}{L_1} = \frac{k_2 A_2 \Delta T_2}{L_2}$$

$$k_1 (T_1 - T_s) = k_2 (T_s - T_2)$$

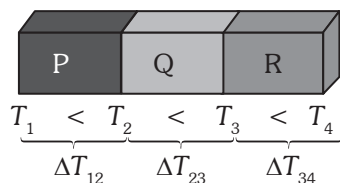
$$2k_2 (80 - T_s) = k_2 (T_s - 20)$$

$$160 - 2T_s = T_s - 20$$

$$3T_s = 180 \Rightarrow T_s = 60^\circ\text{C}$$

Jawaban: E

18. Gambarkan sistem perpindahan kalor pada dua logam penghantar. Ingat, kalor berpindah dari suhu tinggi ke suhu rendah.



$$L_P = L_Q = L_R \text{ (panjang sama)}$$

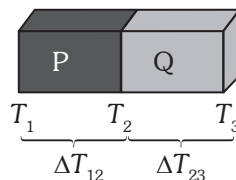
$$A_P = A_Q = A_R \text{ (luas sama)}$$

$$k_P = 2k_Q = 3k_R$$

$$2k_Q = 3k_R \text{ maka } k_Q = \frac{3}{2} k_R = 1,5k_R$$

$$T_1 = 30^\circ\text{C}, T_4 = 120^\circ\text{C}$$

Konduktor P dan Q



$$H_P = H_Q$$

$$\frac{k_P A_P \Delta T_{12}}{L_P} = \frac{k_Q A_Q \Delta T_{23}}{L_Q}$$

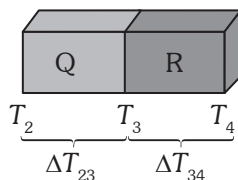
$$k_P (T_2 - T_1) = k_Q (T_3 - T_2)$$

$$2k_Q (T_2 - 30) = k_Q (T_3 - T_2)$$

$$2T_2 - 60 = T_3 - T_2$$

$$3T_2 - T_3 = 60 \dots (1)$$

Konduktor Q dan R



$$H_Q = H_R$$

$$\frac{k_Q A_Q \Delta T_{23}}{L_Q} = \frac{k_R A_R \Delta T_{34}}{L_R}$$

$$k_Q (T_3 - T_2) = k_R (T_4 - T_3)$$

$$1,5k_R (T_3 - T_2) = k_R (120 - T_3)$$

$$1,5T_3 - 1,5T_2 = 120 - T_3$$

$$3T_2 - 5T_3 = -240 \dots (2)$$

Eliminasi persamaan (1) dengan persamaan (2) sehingga diperoleh nilai T_2 .

$$3T_2 - T_3 = 60$$

$$3T_2 - 5T_3 = -240$$

$$4T_2 = 300$$

$$T_2 = \frac{300}{4} = 75^\circ\text{C}$$

Untuk menentukan T_3 , substitusi nilai T_2 ke persamaan (1).

$$3(75) - T_3 = 60$$

$$T_3 = 225 - 60 = 165^\circ\text{C}$$

Jadi, diperoleh suhu sambungan $T_2 = 75^\circ\text{C}$ dan $T_3 = 165^\circ\text{C}$. Terlihat bahwa $T_2 < T_3$. Hal ini sesuai dengan sifat kalor yang mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah.

Jawaban: E

$$\begin{aligned} 19. \quad A &= 200 \text{ cm}^2 = 0,02 \text{ m}^2 \\ \Delta T &= 90 - 80 = 10^\circ\text{C} \\ h &= 4 \text{ W/m}^2 \text{ K} = 4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\ H &= \frac{Q}{t} = hA\Delta T \\ H &= 4(0,02)(10) \\ &= 0,8 \text{ J/s} \end{aligned}$$

Jawaban: E

$$\begin{aligned} 20. \quad T_1 &= 227^\circ\text{C} = 227 + 273 = 500 \text{ K} \\ T_2 &= 727^\circ\text{C} = 727 + 273 = 1.000 \text{ K} \\ \text{Kalor yang diradiasikan oleh suatu permukaan benda berbanding lurus dengan pangkat empat suhu mutlaknya. Dengan demikian,} \\ \frac{P_2}{P_1} &= \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 \\ \frac{P_2}{E} &= \left(\frac{1.000}{500}\right)^2 \\ P_2 &= 16E \end{aligned}$$

Jawaban: C

21. Pintu yang menghubungkan kedua kamar yang identik terbuka sehingga volume dan tekanan kedua kamar sama. Berdasarkan persamaan keadaan gas ideal $PV = nRT$, diperoleh hubungan $n \propto \frac{1}{T}$. Karena itu, kamar yang lebih dingin akan memiliki lebih banyak molekul gas. Secara praktis, molekul yang berada pada kamar yang lebih dingin

bergerak lebih lambat, yang secara individual akan menempati lebih sedikit ruang sehingga udara dingin memiliki kerapatan yang lebih besar.

Jawaban: B

22. Jumlah mol gas dalam botol tetap. Dari persamaan keadaan gas ideal $V = \frac{nRT}{P}$, Anda dapat melihat bahwa volume sebanding dengan suhu dan berbanding terbalik dengan tekanan. Tekanan pada daerah pegunungan lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan udara di daerah pegunungan. Akibatnya, volume gas dalam botol akan berkurang. Selain itu, suhu udara juga bertambah sehingga akan berpengaruh terhadap pertambahan volume. Namun, perubahan tekanan lebih besar daripada perubahan suhu sehingga dampak pemuaian dapat diabaikan. Konsentrasi oksigen tidak berpengaruh pada perilaku gas ideal dalam botol.

Jawaban: B

23. Berdasarkan persamaan keadaan gas ideal, dapat diperoleh kesebandingan suhu dengan tekanan dan volume sebagai berikut.

$$T \propto PV$$

$$T_A \propto (5P)(V) = 5PV$$

$$T_B \propto (4P)(2V) = 8PV$$

$$T_C \propto (3P)(3V) = 9PV$$

$$T_D \propto (2P)(4V) = 8PV$$

Jadi, dapat dituliskan hubungan

$$T_A > T_B = T_D > T_C.$$

Jawaban: C

24. Data pada tabel menunjukkan bahwa tekanan dan volume gas berbanding terbalik $P \propto \frac{1}{V}$. Hal ini terlihat juga dalam persamaan gas ideal $P = \frac{nRT}{V}$. Data yang diperoleh dari percobaan adalah P dan V sehingga kedua besaran itulah yang dijadikan sumbu vertikal dan horizontal. Apabila dinyatakan dalam persamaan garis $y = mx$, sumbu vertikal (y) dapat diwakili oleh P , sumbu horizontal (x) dapat diwakili oleh $1/V$ sehingga jumlah mol dapat ditentukan dari kemiringan grafik (m) yang nilainya nRT .

Jawaban: E

25. $T = 32 + 273 = 305 \text{ K}$
 $M = 4,003 \text{ g/mol} = 4,003 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$
 $R = 8,31 \text{ J/mol K}$

$$\begin{aligned} v_{RMS} &= \sqrt{\frac{3RT}{M}} \\ &= \sqrt{\frac{3(8,31)(305)}{4,003 \times 10^{-3}}} \\ &= 1,38 \times 10^3 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Jawaban: A

26. $EK = \frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}mv^2$
 $v_{He} = \frac{1}{2}v_H$ dan $m_{He} = 4m_H$, maka

$$\begin{aligned} EK_{He} &= \frac{1}{2}m_{He}v_{He}^2 \\ &= \frac{1}{2}(4m_H)\left(\frac{1}{2}v_H\right)^2 \\ &= \frac{1}{2}m_Hv_H^2 = EK_H \end{aligned}$$

Benda dengan suhu yang sama berada dalam kesetimbangan termal sehingga tidak mentransfer energi termal bersih di antara keduanya.

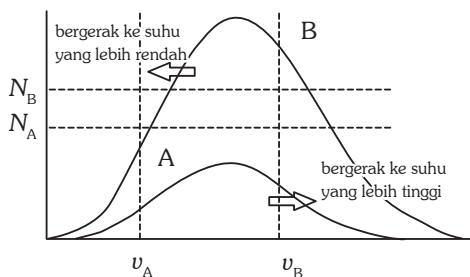
Jawaban: E

27. Massa argon lebih besar dibandingkan dengan massa hidrogen. Jadi, pada suhu yang sama, dibandingkan dengan hidrogen, argon memiliki energi kinetik yang sama, tetapi kecepatan rata-ratanya lebih lambat. Hal ini menyebabkan kurva bergeser ke kiri. Karena jumlah molnya sama, puncak grafik argon harus lebih tinggi untuk mengakomodasi jumlah atom yang sama.

Jawaban: C

28. Pada keseimbangan termal, kedua gas akan memiliki suhu dan energi kinetik molekul rata-rata yang sama. Kedua wadah diisi gas yang sama, yaitu nitrogen. Oleh karena itu, saat mencapai keseimbangan, massa molekul adalah sama dan kecepatan molekul rata-rata juga harus sama.

Wadah B memiliki lebih banyak molekul dibandingkan dengan wadah A sehingga puncaknya harus lebih tinggi dari A. Jumlah molekul masing-masing gas tetap sama. Oleh karena itu, luas di bawah grafik harus tetap sama. Jadi, tinggi kurva A harus turun saat bergerak ke suhu yang lebih tinggi. Kurva B harus bertambah tinggi saat bergerak ke suhu yang lebih rendah. Peristiwa ini terlukis pada grafik pilihan A.



Jawaban: A

29. Usaha yang dilakukan oleh gas bernilai negatif karena perubahan volume keadaan akhir lebih kecil daripada volume awal ($V_2 < V_1$). Ini berarti gas dikenai usaha sehingga mengalami kompresi. Berdasarkan persamaan keadaan gas ideal,

$$PV = nRT \text{ atau } \Delta PV = nR\Delta T$$

Sementara itu, dari grafik terlihat bahwa $P_2V_2 < P_1V_1$ sehingga dapat diketahui nilai ΔT adalah negatif.

Jawaban: D

30. Proses 2 dan 3 berakhir pada nilai PV yang sama ketika dimulai. Jadi, perubahan suhu dan energi internalnya sama sebab

$$\Delta U = nR\Delta T.$$

Jawaban: E

31. Pada proses 1, usaha adalah nol dan energi internal gas berkurang. Oleh karena itu, gas melepas kalor.

Pada proses 2 dan 3, energi internal gas konstan dan gas melakukan usaha. Oleh karena itu, gas menerima kalor.

Pada proses 4, gas melakukan usaha dan energi internal gas meningkat sehingga gas menerima kalor.

Jawaban: A

32. Pada proses 1, tidak ada kalor yang keluar atau masuk sistem (gas).

Pada proses 2, suhu dan energi internal gas nol dan gas dikenai usaha sehingga gas melepas kalor.

Pada proses 3, usaha yang dilakukan adalah nol, sementara suhu dan energi internal gas meningkat. Oleh karena itu, gas menyerap kalor.

Pada proses 4, gas dikenai usaha, sementara perubahan suhu dan energi internal gas berkurang sehingga gas melepas kalor.

Jawaban: C

33. Kedua proses dimulai dan berakhir pada titik yang sama. Oleh karena itu, suhu awal dan akhir adalah sama, sama halnya dengan energi internal awal dan akhir ($\Delta U_1 = \Delta U_2$). Proses 1 memiliki tekanan rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses untuk perubahan volume yang sama. Cara lain adalah membandingkan luas di bawah kurva. Luas di bawah kurva 1 lebih besar dibandingkan dengan luas di bawah kurva 2 sehingga $W_1 > W_2$.

Jawaban: B

34. Mesin merupakan mesin Carnot sehingga dapat digunakan hubungan berikut.

$$\frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{W}{1.000} = 1 - \frac{450}{900}$$

$$W = \frac{1}{2} \times 1.000 = 500 \text{ J}$$

Jawaban: D

35. $T_2 = -3 + 273 = 270 \text{ K}$

$$T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

Mesin merupakan mesin pendingin Carnot sehingga dapat diterapkan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} CP &= \frac{T_2}{T_1 - T_2} \\ &= \frac{270}{300 - 270} = 9 \end{aligned}$$

Jawaban: E

B. Esai

1. a. Tidak, gelas kimia tidak akan terisi lebih cepat. Berdasarkan asas kontinuitas, laju aliran massa (atau laju aliran volume) akan tetap sama meskipun mulut pipa dilepas.

- b. Gunakan persamaan kontinuitas berikut.

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \frac{v_2}{0,4} = \left(\frac{1}{0,5}\right)^2$$

$$v_2 = 4(0,4) = 1,6 \text{ m/s}$$

- c. Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi gelas kimia dengan minyak hingga penuh dapat ditentukan dengan persamaan debit.

$$\frac{V}{t} = \pi r_1^2 v_1 \Rightarrow t = \frac{V}{\pi r_1^2 v_1}$$

$$t = \frac{10^{-3}}{3,14(10^{-2})^2(0,4)} = 7,96 \text{ s}$$

- d. Persamaan Bernoulli menunjukkan bahwa penjumlahan suku $\rho g \Delta y$ dan

$$\text{suku } \frac{1}{2} \rho v^2 \text{ pada titik A lebih}$$

kecil karena posisinya lebih rendah dan memiliki kecepatan minyak yang lebih lambat dibandingkan dengan titik pada mulut pipa tempat keluarnya minyak.

$$\left(P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2\right)_A = \left(P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2\right)_{\text{mulut pipa}}$$

Oleh karena itu, tekanan di titik A harus lebih besar daripada di mulut pipa.

2. a. Berdasarkan persamaan Bernoulli pada titik di permukaan air dalam tangki (titik 1) dan titik di lubang (titik 2) dengan asumsi bahwa $v_1 \approx 0$ maka didapatkan $v = \sqrt{2gh}$.

- b. Saat keluar dari lubang, air terpancar secara horizontal sehingga hanya ada kecepatan horizontal. Karena kecepatan vertikal awal bernilai nol, waktu t yang diperlukan untuk menempuh jarak y ke tanah dapat ditentukan sebagai berikut.

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

$$D - h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2(D - h)}{g}}$$

Jadi, jarak horizontal yang ditempuh oleh air adalah

$$x = v_x t$$

$$= \sqrt{2gh} \cdot \sqrt{\frac{2(D - h)}{g}}$$

$$= 2\sqrt{h(D - h)}$$

- c. Lubang kedua berada pada kedalaman $h/2$ di bawah permukaan air sehingga jarak horizontalnya —dari tepi tangki ke titik menyentuh tanah— diberikan oleh formula yang sama dengan yang ditemukan di bagian (b) kecuali $h = \frac{1}{2} h$ maka

$$x_2 = 2\sqrt{\frac{1}{2} h \left(D - \frac{1}{2} h\right)}$$

Jika kedua aliran air mendarat pada titik yang sama, maka nilai x dari bagian (b) sama dengan x_2 .

$$2\sqrt{h(D-h)} = 2\sqrt{\frac{1}{2}h\left(D - \frac{1}{2}h\right)}$$

$$h(D-h) = \frac{1}{2}h\left(D - \frac{1}{2}h\right)$$

$$2D - 2h = D - \frac{1}{2}h$$

$$\frac{3}{2}h = D \Rightarrow h = \frac{2}{3}D$$

- d. Terapkan persamaan Bernoulli pada titik di permukaan air di dalam tangki (titik 1) dan pada titik di lubang (titik 2). Anda dapat memilih permukaan tanah sebagai acuan sehingga

$$y_1 = D \text{ dan } y_2 = D - h.$$

Jika v_1 adalah kecepatan aliran dari titik 1, yaitu kecepatan turunnya air dalam tangki dan v_2 adalah kecepatan pancaran air dari lubang, maka v_1 dapat ditentukan dengan persamaan kontinuitas, $A_1 v_1 = A_2 v_2$, dengan A_1 dan A_2 adalah luas penampang di titik 1 dan titik 2.

$$\text{Oleh karena itu, } v_1 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)v_2.$$

Persamaan Bernoulli

$$P_1 + \rho g D + \frac{1}{2}\rho v_1^2 =$$

$$P_2 + \rho g(D-h) + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Karena $P_1 = P_2 = P_{\text{atm}}$ dan

$$v_1 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)v_2, \text{ didapatkan}$$

$$\rho g D + \frac{1}{2}\rho \left(\frac{A_2}{A_1}v_2\right)^2 = \rho g D - \rho g h + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$\frac{1}{2}\rho v_2 \left\{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right\} = \rho g h$$

$$v_2 = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$$

Karena $A_1 = \pi R^2$ dan $A_2 = \pi r^2$, persamaan dapat ditulis sebagai berikut.

$$v_2 = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 - \left(\frac{r}{R}\right)^4}}$$

Perhatikan, jika $r \ll R$, maka

$$\left(\frac{r}{R}\right)^4 \approx 0 \text{ sehingga persamaan}$$

di atas akan menjadi $v_2 = \sqrt{2gh}$, sama seperti pada bagian (a).

3. Bahan P dan Q sama sehingga

$$k_P = k_Q = k$$

Luasnya dianggap sama

$$L_P = 2L_Q$$

$$\Delta T_P = 120 - T$$

$$\Delta T_Q = T - 20$$

Perpindahan kalor secara konduksi pada batang Q dan P adalah sama sehingga

$$\frac{k_P A_P \Delta T_P}{L_P} = \frac{k_Q A_Q \Delta T_Q}{L_Q}$$

$$\frac{120 - T}{2L_Q} = \frac{T - 20}{L_Q}$$

$$120 - T = 2T - 40$$

$$160 = 3T \Rightarrow T = 53,33^\circ\text{C}$$

$$4. \quad P_2 = 3P_1$$

$$PV = nRT$$

$$V \propto \frac{1}{P}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow V_2 = \frac{P_1}{P_2} \times V_1$$

$$V_2 = \frac{P}{3P} \times V = \frac{1}{3} V$$

Volume menjadi sepertiga kalinya volume semula.

5. Proses isokhorik diilustrasikan oleh garis vertikal dalam diagram P - V . Karena tidak ada perubahan volume, maka $W = 0$. Berdasarkan hukum pertama termodinamika, $\Delta U = Q + W$. Karena $W = 0$, maka $\Delta U = Q$. Oleh karena itu, perubahan energi internal gas tersebut sama dengan panas yang ditransfer. Jika panas ditransfer ke sistem (Q positif), maka ΔU juga positif. Sebaliknya, jika panas ditransfer keluar dari sistem (Q negatif), maka ΔU juga negatif.

A. Pilihan Ganda

1. Gelombang longitudinal merupakan gelombang yang arah getarnya searah dengan arah rambatan gelombangnya. Pada pilihan jawaban, yang sesuai dengan pernyataan di atas adalah pilihan jawaban C, sementara gelombang yang lain berupa gelombang transversal.

Jawaban: C

2. Amplitudo gelombang adalah

$$A = \frac{1}{2} AB' = \frac{1}{2}(5) \\ = 2\frac{1}{2} \text{ mm}$$

Jawaban: C

3. Berdasarkan gambar pada soal, periode yang dibutuhkan untuk menempuh dua puncak gelombang atau dua dasar gelombang berurutan adalah $T = 20 \mu\text{s} = 20 \times 10^{-6} \text{ s}$ sehingga frekuensi gelombang

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \times 10^{-6}} \\ = \frac{10^6}{20} = 50.000 = 50 \text{ kHz}$$

Jawaban: D

4. Gambar yang diberikan pada pertanyaan menunjukkan dua bukit dan satu lembah yang memiliki panjang total 0,6 m sehingga masing-masing memiliki panjang 0,2 m. Karena satu bukit merupakan setengah panjang gelombang, panjang satu gelombang penuh adalah 0,4 m.

Jawaban: D

$$5. \quad T = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{v} = \frac{0,4 \text{ m}}{\frac{1}{2} \text{ m/s}} = 0,8 \text{ s}$$

Jawaban: B

6. Dari X ke Y, titik melewati $n = 2,5$ gelombang.

$$T = \frac{t}{n} = \frac{0,02}{42,5} = 0,008 \text{ s}$$

Jawaban: D

7. Amplitudo merupakan simpangan terbesar yang dapat dicapai partikel suatu gelombang. Pada gambar, simpangan terbesar adalah 5, maka amplitudo gelombang $A = 5 \text{ cm}$.

Jawaban: A

8. Periode adalah waktu antara dua puncak atau dua lembah, yaitu 12 s

Jawaban: D

$$9. \quad \text{Frekuensi, } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{12} \text{ Hz}$$

Jawaban: A

10. Panjang gelombang adalah panjang satu gelombang, yaitu satu bukit dan satu lembah.
 $\lambda = 10 \text{ m}$

Jawaban: C

11. Periode gelombang adalah waktu yang dibutuhkan satu gelombang untuk merambat.

$$T = 0,2 \text{ s}$$

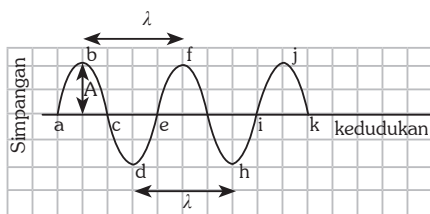
Jawaban: D

12. Cepat rambat gelombang

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{10}{0,2} = 50 \text{ m/s}$$

Jawaban: E

13.



Grafik simpangan - kedudukan

Jarak antara puncak dan dasar gelombang yang berdekatan adalah

$$\frac{1}{2}\lambda. \text{ Jadi, } \frac{1}{2}\lambda = 8 \Rightarrow \lambda = 16 \text{ m.}$$

Jawaban: C

14. Periode $T = \frac{\lambda}{v} = \frac{16}{40} = 0,4 \text{ s}$

Jawaban: A

15. Frekuensi $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ Hz}$

Jawaban: B

16. Dalam waktu 2 s gelombang menempuh 3 pusat rapatan sehingga

$$3T = 2 \Rightarrow T = \frac{2}{3} \text{ s}$$

Frekuensi gelombang

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{2}{3}} = 1,5 \text{ Hz}$$

Jawaban: B

17. Periode $T = \frac{t}{n} = \frac{80}{2,5} = 32 \text{ s}$

Panjang gelombang $\lambda = 40 \text{ m}$

Cepat rambat gelombang

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{40}{32} = 1,25 \text{ m/s}$$

Jawaban: A

18. Cepat rambat $v = 3 \text{ m s}^{-1}$

Gelombang menempuh 3 puncak gelombang dalam

waktu 1 sekon maka periode

gelombangnya $T = \frac{1}{3} \text{ s.}$

Panjang gelombangnya adalah

$$\lambda = vT = 3 \times \frac{1}{3} = 1 \text{ m}$$

Jawaban: A

19. Panjang gelombangnya adalah

$$\lambda = \frac{10}{0,5} = 20 \text{ cm}$$

Frekuensi $f = 50 \text{ Hz}$

Cepat rambatnya adalah

$$v = \lambda f = 20 \times 50 = 1.000 \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$$

Jawaban: A

20. Jarak $PQ = L = 50 \text{ cm}$

Pegas digetarkan 2 kali dalam waktu

1 detik sehingga frekuensi $f = 2 \text{ Hz}$.

Dari gambar dapat dilihat, ada

4 pusat rapatan yang berdekatan

sehingga panjang gelombang

$$4\lambda = L = 50$$

$$\lambda = \frac{50}{4} = 12,5 \text{ cm}$$

Cepat rambat gelombang

$$v = \lambda f = (12,5)(2) = 25 \text{ cm s}^{-1}$$

Jawaban: A

21. Pada tali dihasilkan 20 gelombang per 5 sekon, maka

$$20T = 5 \Rightarrow T = \frac{5}{20} = \frac{1}{4}$$

$$T = 0,25 \text{ s}$$

$$v = 5 \text{ m s}^{-1}$$

$$\lambda = vT = 5 \times 0,25 = 1,25 \text{ m}$$

Jawaban: A

22. Jarak antara pusat rapatan dan pusat rengangan yang berdekatan ialah setengah panjang gelombang

$$\text{sehingga } \frac{1}{2}\lambda = 40 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 80 \text{ cm}$$

Setiap 0,2 s terjadi 10 gelombang

$$\text{maka } 10T = 0,2 \text{ s} \Rightarrow T = 0,02 \text{ s}$$

Cepat rambat gelombang

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{80}{0,02} = 4.000 \text{ cm/s} = 40 \text{ m s}^{-1}$$

Jawaban: E

23. Panjang gelombang

$$\frac{3}{2}\lambda = 30 \Rightarrow \lambda = 20 \text{ cm}$$

Cepat rambat gelombang

$$v = 80 \text{ cm/s}$$

Frekuensi gelombang

$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{80}{20} = 4 \text{ Hz}$$

Jawaban: A

24. Jarak antara puncak dan dasar gelombang berdekatan ialah setengah panjang gelombang

$$\frac{1}{2}\lambda = 1,5 \Rightarrow \lambda = 3 \text{ m}$$

Cepat rambat gelombang

$$v = \lambda f = 3(10) = 30 \text{ m s}^{-1}$$

Jawaban: A

25. Jarak $AB = 2\lambda + \frac{1}{2}\lambda = \frac{5\lambda}{2}$ sehingga

$$\frac{5\lambda}{2} = 100 \Rightarrow \lambda = \frac{200}{5} = 40 \text{ cm}$$

Cepat rambat gelombang,

$$v = \lambda f = (40)(4) = 160 \text{ cm/s}$$

Jawaban: E

26. Periode adalah selang waktu yang diperlukan untuk menempuh dua muka gelombang maka,

$$6T = 2$$

$$T = \frac{1}{3} \text{ sekon}$$

sedangkan frekuensi adalah kebalikan periode, yaitu

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{1}{3}} = 3 \text{ Hz}$$

Jawaban: B

27. Interval waktu yang dibutuhkan titik untuk bergerak dari simpangan maksimum di atas $y = 0$ (ekuilibrium) ke perpindahan maksimum di bawah ekuilibrium adalah setengah periode

$$\text{gelombang } v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow T = \frac{\lambda}{v} = \frac{8}{2} = 4 \text{ s.}$$

Pada kasus ini, waktu yang dibutuhkan adalah setengah periode

$$\text{sehingga } \frac{1}{2}(4) = 2 \text{ s.}$$

Jawaban: D

28. Pada saat gelombang melewati titik A, gelombang akan dipantulkan dan diteruskan. Gelombang yang dipantulkan akan memiliki fase yang berlawanan dengan gelombang datang (disebabkan gelombang datang dari medium renggang ke rapat). Sementara itu, gelombang yang diteruskan atau ditransmisikan akan memiliki fase yang sama dengan gelombang datang.

Jawaban: C

29. Garis lingkaran putus-putus menunjukkan muka gelombang pantul.

Jawaban: A

30. Gelombang datang dan gelombang pantul sebanyak $n = 5$ dihasilkan dalam waktu $t = 0,5 \text{ s}$.

Frekuensi gelombang

$$f = \frac{n}{t} = \frac{5}{0,5} = 10 \text{ Hz}$$

Jawaban: C

31. Cepat rambat gelombang

$$v = \frac{2s_{PB}}{t} = \frac{2(0,02)}{0,5} = 0,08 \text{ m/s}$$

Jawaban: C

$$32. \quad v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{0,08}{10} = \frac{8}{1.000}$$

$$= \frac{1}{125} \text{ m}$$

Jawaban: D

33. Setelah menumbuk perintang dan mengalami pemantulan, cepat rambat gelombang dalam air tetap sehingga frekuensi gelombang dan panjang gelombangnya juga tetap.

Jawaban: A

34. Gelombang datang dari daerah yang dalam ke daerah yang dangkal, $\lambda_1 > \lambda_2$ sehingga $v_1 > v_2$, dan f tetap.

Jawaban: C

35. Karena jarak antara dua muka gelombang di Q (10 mm) lebih kecil daripada di P (16 mm) maka $\lambda_Q < \lambda_P$. Jadi, P lebih dalam dari Q.

Jawaban: A

36. Cepat rambat $v = 0,2 \text{ m s}^{-1}$

Panjang gelombang $\lambda_1 = 5 \text{ mm}$ (datang)

Panjang gelombang $\lambda_2 = 3 \text{ mm}$ (bias)

Karena $\lambda_2 < \lambda_1$, maka gelombang datang dari tempat dalam ke tempat dangkal.

Cepat rambat gelombang di medium 2

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Rightarrow v_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \times v_1 = \frac{3}{5} \times 0,2$$

$$= 0,12 \text{ m s}^{-1}$$

Jawaban: B

37. Sudut datang, $i = 45^\circ$

Cepat rambat, $v_1 = 6 \text{ m/s}$

Sudut bias, $r = 30^\circ$

Cepat rambat pada medium 2,

$$v_2 = \frac{\sin r}{\sin i} v_1 = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 45^\circ} \times 6$$

$$v_2 = \frac{1}{\frac{1}{2}\sqrt{2}} \times 6 = \frac{6}{\sqrt{2}} = 3\sqrt{2} \text{ m s}^{-1}$$

Jawaban: B

38. Indeks bias medium 2 relatif terhadap medium 1 adalah

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$= \frac{\sin 40^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{1}{2}\sqrt{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$$

Jawaban: E

39. Kedua pulsa memiliki fase yang berlawanan sehingga resultan gangguan sama dengan nol.

Jawaban: A

40. Kedua pulsa memiliki amplitudo sama besar dan memiliki fase yang sama, hasil superposisinya adalah penjumlahan kedua gelombang tersebut.

Jawaban: B

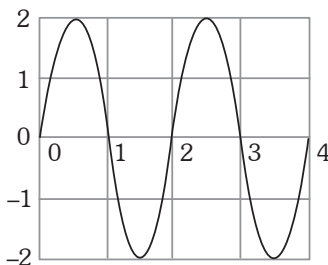
B. Esai

1. **Gelombang transversal:**
gelombang yang arah getarnya tegak lurus terhadap arah rambatnya.

Gelombang longitudinal:

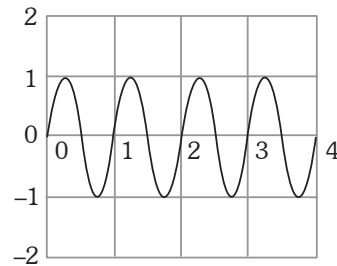
gelombang yang arah getarnya sejajar terhadap arah rambatnya. Jadi, kedua gelombang hanya berbeda pada arah getaran.

2. Gelombang A dan gelombang D memiliki panjang gelombang sama, tetapi amplitudonya berbeda, terlihat dari bentuk gelombang A yang lebih tinggi dari bentuk gelombang D.
3. Gelombang A memiliki panjang gelombang yang lebih besar sebesar 1 satuan dibandingkan dengan gelombang C. Adapun amplitudo kedua gelombang ini sama.
4. Gelombang D memiliki frekuensi yang sama dengan gelombang A karena keduanya menghasilkan gelombang yang sama, yaitu sebanyak 1,5 gelombang.
5. Gelombang B dan gelombang C memiliki frekuensi yang besar karena menghasilkan 3λ .
6. a. Amplitudo menjadi dua kali semula sehingga dapat digambarkan $A = 2$ satuan

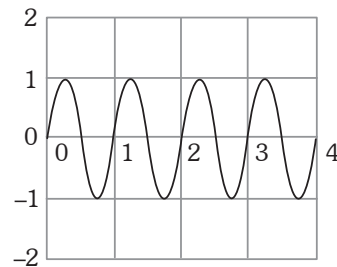


$$b. \quad v = \lambda f \Rightarrow \lambda \propto \frac{1}{f}$$

Jika frekuensi dijadikan dua kali semula, maka panjang gelombang menjadi setengah kali semula, digambarkan 1 satuan.

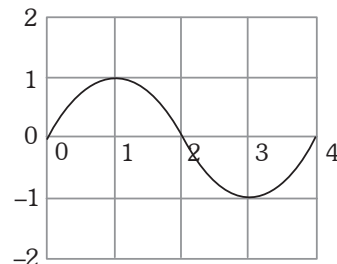


- c. Panjang gelombang setengah kali semula maka dapat digambarkan 1 satuan.



$$d. \quad v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \lambda \propto T$$

Jika periode menjadi dua kali, maka panjang gelombang menjadi dua kali sehingga dapat digambarkan 4 satuan.



7. Pada gambar soal ditampilkan gambar setengah panjang gelombang dengan panjang $\frac{1}{2}$ meter sehingga

$$\text{dapat ditulis } \frac{1}{2} \lambda = \frac{1}{2} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 1 \text{ m}$$

8. $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{256} = 3,9 \times 10^{-3} \text{ s}$

9. Periode $T = 4 \text{ s}$

Jarak antara dua titik berurutan yang sama fasenya, $\lambda = 8 \text{ cm}$.

$$\text{Cepat rambat } v = \frac{\lambda}{T} = \frac{8}{4} = 2 \text{ cm s}^{-1}$$

10. Di antara titik A dan B terdapat tiga pusat rapatan yang berdekatan sehingga $3\lambda = 60 \Rightarrow \lambda = 20 \text{ cm}$.

Frekuensi gelombang digandakan, maka

$$\lambda_1 f_1 = \lambda_2 f_2$$

$$20f = \lambda_2 (2f)$$

$$\lambda_2 = \frac{20}{2} = 10 \text{ cm}$$

$$n_2 = \frac{\ell_{AB}}{\lambda_2} = \frac{60}{10} = 6$$

Jadi, dari A ke B terdapat 6 gelombang.

11. a. Panjang gelombang air adalah $\lambda = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$ dengan $f = 3,75$ gelombang setiap detik atau $3,75 \text{ Hz}$ sehingga kecepatannya $v = \lambda f = 0,1(3,75) = 0,375 \text{ m/s}$
- b. periodenya adalah $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{3,75} = 0,27 \text{ sekon}$

12. Frekuensi $f_1 = 30 \text{ Hz}$

Panjang gelombang adalah jarak antara dua muka gelombang yang berdekatan sehingga $\lambda_1 = 2 \text{ cm}$ dan

$\lambda_2 = 4 \text{ cm}$. Karena cepat rambat gelombang tetap, maka $\lambda_1 f_1 = \lambda_2 f_2$

$$f_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \times f_1 = \frac{2}{4} \times 30 = 15 \text{ Hz}$$

13. a. Jenis gelombangnya adalah transversal
- b. Butuh waktu 6 s untuk $\lambda = 15 \text{ m}$ sehingga $T = 6 \text{ s}$
- c. Cepat rambat gelombang $v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow v = \frac{15}{6} = 2,5 \text{ m/s}$
- d. Waktu yang dibutuhkan ombak untuk mencapai pantai adalah $t = \frac{s}{v} = \frac{175}{2,5} = 70 \text{ s}$
14. a. Terdapat 3 gelombang.
- b. BD, BF, DF, CE, CG, EG, AH
- c. Amplitudo gelombang adalah setengah dari tinggi gelombang, yaitu $\frac{1}{2} (1,5) = 0,75 \text{ m}$
- d. 8 gelombang dalam 5 sekon berarti 1 gelombang = $\frac{5}{8}$ sekon = $0,625 \text{ sekon}$
- e. Frekuensi gelombang adalah $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,625} = 1,6 \text{ Hz}$
- f. Kecepatan gelombang $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{9}{0,625} = 14,4 \text{ m/s}$

15. Frekuensi $f = 2 \text{ Hz}$

Jarak antara gabus $l = 60 \text{ cm}$

Di antara kedua gabus terdapat satu bukit gelombang, maka

$$\frac{3}{2} \lambda = 60 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm}$$

Cepat rambat gelombang

$$v = \lambda f \Rightarrow v = (40)(2) = 80 \text{ cm/s}$$

16. a. Setiap persegi mewakili 1 m, berarti amplitudo gelombang A adalah 1 m, sedangkan amplitudo gelombang B adalah 2 m. Panjang gelombang A adalah 8 meter, dan panjang gelombang B juga 8 meter.
- b. Untuk menentukan frekuensi gelombang B, tentukan kecepatan gelombang A terlebih dulu, yaitu
- $$v = \lambda f \Rightarrow v = (8)(3) = 24 \text{ m/s}$$
- Karena kecepatan ombak sama, maka kecepatan gelombang B juga sama yaitu 24 m/s sehingga frekuensi gelombang B adalah

$$f_B = \frac{v_B}{\lambda_B} = \frac{24}{8} = 3 \text{ Hz}$$

17. a. Amplitudo gelombang garis penuh = 3m, amplitudo gelombang garis putus-putus = 2 m; $\lambda = 4 \text{ m}$ (gelombang berupa garis penuh), $\lambda = 12 \text{ m}$ (gelombang berupa garis putus-putus)
- b. Gelombang garis penuh memiliki frekuensi yang lebih besar, diketahui dari jumlah gelombang yang terbentuk yaitu sebanyak $3\frac{1}{4}$, sedangkan gelombang berupa garis putus-putus memiliki frekuensi yang lebih kecil, diketahui dari jumlah gelombang yang terbentuk yaitu sebanyak 1 gelombang.
- c. Periode adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk membentuk satu

gelombang. Pada gambar soal, gelombang berupa garis penuh terdiri atas 3 gelombang sehingga periode untuk gelombang ini adalah

$$T = \frac{20}{3} = 6,67 \text{ s. Sementara itu,}$$

untuk gelombang berupa garis putus-putus terdapat 1 gelombang sehingga periode untuk gelombang ini adalah $T = 20 \text{ detik}$.

d.
$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Gelombang garis penuh

$$v = \frac{4}{\frac{20}{3}} = \frac{4 \cdot 3}{20} = 0,6 \text{ m/s}$$

Gelombang garis putus-putus

$$v = \frac{12}{20} = 0,6 \text{ m/s}$$

18. a. Pada gambar terdapat 6 gelombang, berarti terdapat enam periode lengkap. Ingat, definisi periode adalah waktu yang dibutuhkan satu gelombang untuk merambat.
- b. Grafik ini direkam selama 10 milisekon (hitung jumlah kotak pada gambar soal)
- c. Selama 10 ms terdapat 6 periode lengkap sehingga besar satu periode adalah
- $$6T = 10 \Rightarrow T = \frac{10}{6} = \frac{5}{3} \text{ s}$$
- d. Besar frekuensi bunyi adalah
- $$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{5}{3}} = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ Hz}$$

19. Pada gelombang longitudinal, jarak antara pusat regangan dan rapatan adalah $\frac{1}{2}\lambda$, sedangkan jarak antarregangan atau antarrapatan adalah λ .

Pada gelombang (a) terdapat $1\frac{1}{2}\lambda$ atau $\frac{3}{2}\lambda$. Karena panjangnya 75 cm, maka $\frac{3}{2}\lambda = 75 \Rightarrow \lambda = 50$ cm.

Pada gelombang (b) terdapat 2λ . Karena panjangnya 85 cm, maka $2\lambda = 85 \Rightarrow \lambda = 42,5$ cm.

20. Pada pembiasan gelombang, frekuensi gelombang sama sehingga panjang gelombang dan cepat rambat gelombang berubah. Perubahan panjang gelombang menyebabkan pembelokan gelombang.

Pernyataan (1),(2), dan (3) benar.

21. Gelombang datang dari daerah yang dalam ke daerah yang dangkal mengalami pembiasan. Akibatnya, panjang gelombangnya berkurang $\lambda_1 > \lambda_2$ sehingga cepat rambatnya juga berkurang ($v_1 > v_2$), sedangkan frekuensinya tetap.

22. Cepat rambat medium 2 kurang dari cepat rambat medium 1 ($v_2 < v_1$) sehingga dapat diasumsikan gelombang datang dari tempat yang dalam ke tempat yang dangkal. Perbandingan sinus sudut datang dan sudut biasnya adalah

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} > 1$$

$$\sin i > \sin r \Rightarrow r < i$$

$$\frac{i}{r} > 1$$

Jadi, perbandingan antara sudut datang dan sudut bias lebih besar daripada 1.

23. Dari gambar pada soal dapat dilihat bahwa $\lambda_p > \lambda_Q > \lambda_R$

Makin kecil panjang gelombang yang terbentuk, maka makin dangkal kedalaman air. Jadi, urutan daerah mulai dari yang paling dalam adalah P, Q, dan R.

24. Gelombang air mengalami pembiasan. Panjang gelombang mengecil saat melewati daerah Q, sehingga dapat diasumsikan bahwa gelombang datang dari tempat yang dalam ke tempat yang lebih dangkal. Jadi, daerah X lebih dalam dibandingkan dengan daerah Y

25. a. Indeks bias relatif medium Q terhadap P adalah

$$n_{QP} = \frac{n_Q}{n_P} = \frac{v_P}{v_Q} = \frac{\lambda_P}{\lambda_Q} = \frac{16}{10} = 1,6$$

- b. Sudut datang (θ_p)

$$n_p \sin \theta_p = n_Q \sin \theta_Q$$

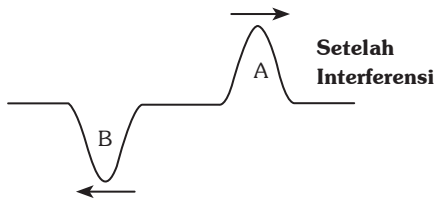
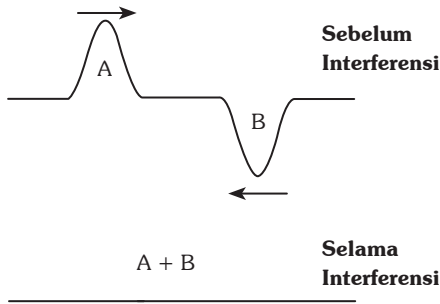
$$\sin \theta_p = \frac{n_Q}{n_p} \times \sin \theta_Q = 1,6 \sin 30^\circ$$

$$\theta_p = 53,13^\circ$$

26. **Interferensi destruktif**

Interferensi destruktif terjadi ketika bukit gelombang bertemu dengan lembah gelombang. Ketika gelombang melewati satu sama lain, bukit dan lembah saling meniadakan sehingga menghasilkan gelombang dengan amplitudo nol.

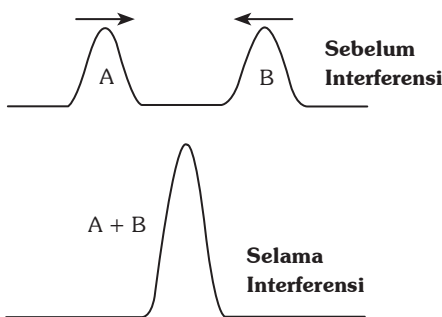
Interferensi Destruktif



Interferensi konstruktif

Interferensi konstruktif terjadi ketika bukit gelombang atau titik tertinggi dari satu gelombang tumpang tindih dengan bukit gelombang lainnya. Ketika ombak melewati satu sama lain, bukit gelombang bergabung untuk menghasilkan gelombang dengan amplitudo yang lebih besar.

Interferensi Konstruktif



27. Interferensi konstruktif terjadi jika kedua gelombang yang berpadu memiliki fase yang sama sehingga

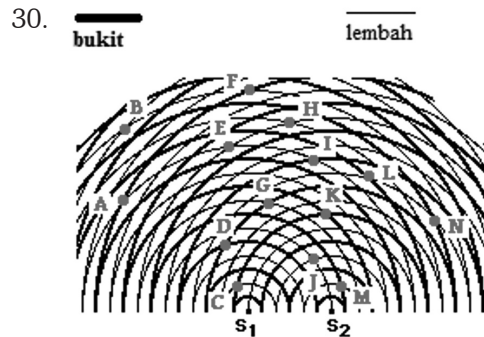
beda fase keduanya adalah

$$\Delta\varphi = 2n\pi$$

28. Interferensi destruktif terjadi bila kedua gelombang berlawanan fase sehingga beda fase keduanya adalah

$$\Delta\varphi = \left(n + \frac{1}{2}\right)2\pi$$

29. a. Titik garis nodal terbentuk dari interferensi bukit dengan lembah, yaitu, garis tebal dan garis tipis.
Titik nodal: **A, B, D, G**
b. Titik antinodal terbentuk dari interferensi bukit dengan bukit atau lembah dengan lembah yaitu, garis tebal dengan garis tebal atau garis tipis dengan garis tipis.
Titik Antinodal: **C, E, F, H, I, J**



- a. Garis antinodal pusat ($m = 0$): **H**
b. Garis antinodal pertama ($m = 1$): **E, J, K**
c. Garis antinodal kedua ($m = 2$): **B, D**
d. Garis nodal pertama ($m = 0,5$): **F, G, I**
e. Garis nodal kedua ($m = 1,5$): **L**
f. Garis nodal ketiga ($m = 2,5$): **A, C, M, N**

A. Pilihan Ganda

1. Persamaan gelombang

$$y = 2 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$y = 2 \sin 2\pi \left(\frac{t}{0,01} - \frac{x}{30} \right)$$

Panjang gelombang $\lambda = 30$ cm

Periode $T = 0,01$ sekon

Cepat rambat gelombang

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{30}{0,01} = 3.000 \text{ cm/s}$$

Jawaban: E

2. Frekuensi $f = 2,5$ Hz

Cepat rambat $v = 20$ m s⁻¹

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{20}{2,5} = 8 \text{ m}$$

Jarak dua titik $\Delta x = 2$ m

$$\text{Beda fase } \Delta\phi = \frac{-\Delta x}{\lambda} = \frac{-2}{8} = -\frac{1}{4}$$

Dalam radian

$$\Delta\phi = \frac{1}{4}(2\pi) = \frac{1}{2}\pi$$

Jawaban: B

3. Cepat rambat $v = 24$ m s⁻¹

Frekuensi $f = 12$ Hz

Amplitudo $A = 10$ cm = 0,1 m

Saat $t = 0$ s, $y = 0$ m

Jarak OA adalah $x = 3$ m

Selang waktu $t = \frac{1}{2}$ sekon

Panjang gelombang

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{24}{12} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Periode gelombang } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{12} \text{ s}$$

Persamaan umum gelombang

$$y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$y = 0,1 \sin 2\pi \left(\frac{t}{\frac{1}{12}} - \frac{x}{2} \right)$$

$$y = 0,1 \sin 2\pi \left(12t - \frac{x}{2} \right)$$

Simpangan di A saat $t = \frac{1}{2}$ sekon adalah

$$\begin{aligned} y_A &= 0,1 \sin 2\pi \left(12 \left(\frac{1}{2} \right) - \frac{3}{2} \right) \\ &= 0,1 \sin 2\pi \left(\frac{9}{2} \right) = 0,1 \sin 9\pi \\ &= 0,1 \cdot \sin \pi = 0,1(0) \\ y_A &= 0 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jawaban: A

4. $A = 0,04$ m (ke kanan)

$v = 12$ m/s

$f = 1$ Hz

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{12}{1} = 12 \text{ m}$$

$$\text{Periode } T = \frac{1}{f} = 1 \text{ s}$$

Persamaan umum gelombang:

$$y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$y = 0,04 \sin 2\pi \left(t - \frac{x}{12} \right)$$

Simpangan di titik A yang berjarak $x = 1$ m, pada saat S telah bergetar selama $t = 1$ sekon adalah

$$\begin{aligned} y_A &= 0,04 \sin 2\pi \left(1 - \frac{1}{12} \right) \\ &= 0,04 \sin \frac{11}{6} \pi \\ y_A &= 0,04 \cdot \sin(330^\circ) \\ &= 0,04 \left(-\frac{1}{2} \right) = -0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

Tanda negatif menyatakan bahwa simpangan minimum (arah getaran ke bawah).

Jawaban: C

5. Persamaan gelombang:

$$\begin{aligned} y &= 2 \sin \pi \left(50t - \frac{x}{3} \right) \\ \text{kecepatan adalah turunan simpangan} \\ &(\text{y}) \text{ terhadap waktu } (t). \\ v &= \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt} \left[2 \sin \pi \left(50t - \frac{x}{3} \right) \right] \\ v &= 100\pi \cos \pi \left(50t - \frac{x}{3} \right) \end{aligned}$$

Kecepatan saat $t = 0,2$ s di titik $x = 2$ m = 200 cm adalah

$$\begin{aligned} v &= 100\pi \cos \pi \left(50(0,2) - \frac{200}{3} \right) \\ v &= 100\pi \cos \frac{-170\pi}{3} = 100\pi \left(-\frac{1}{2} \right) \\ v &= -50\pi \text{ cm/s} \end{aligned}$$

Jawaban: C

6. Gelombang stasioner pada tali dapat dihasilkan dari superposisi gelombang pantul dengan gelombang datang.

Jawaban: A

7. Kecepatan rambat gelombang stasioner $v = \frac{\omega}{k}$.

v menyatakan arah rambat dua komponen gelombang yang superposisinya menghasilkan gelombang stasioner

Jawaban: C

8. Jarak antara simpul dan perut yang berdekatan adalah $\frac{1}{4}$ panjang gelombang,

$$\begin{aligned} \frac{1}{4} \lambda &= 8 \\ \lambda &= 8 \times 4 = 32 \text{ cm} = 0,32 \text{ m} \end{aligned}$$

Frekuensi gelombang jika cepat rambat gelombang $v = 320$ m/s,

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{320}{0,32} = 1.000 \text{ Hz}$$

Jawaban: A

9. Jarak antara dua perut yang berdekatan merupakan $\frac{1}{2}$ panjang gelombang. $\frac{1}{2} \lambda = 20 \Rightarrow \lambda = 40$ cm
Frekuensi $f = 1.000$ Hz
 $v = \lambda f = 40(100) = 4.000 \text{ cm s}^{-1} = 400 \text{ m/s}$

Jawaban: C

10. $\frac{\lambda}{2} + \frac{1}{2} \frac{\lambda}{2} = \frac{3}{4} \lambda = \frac{120}{2} \text{ cm}$
Panjang gelombang stasioner
 $\lambda = \frac{60 \times 4}{3} = 80 \text{ cm} = 80 \times 10^{-2} \text{ m}$

Frekuensi gelombang $f = 9 \times 10^3$ Hz

Jadi, cepat rambat gelombang

$$\begin{aligned} v &= \lambda f = 80 \times 10^{-2} (9 \times 10^3) \\ &= 7.200 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Jawaban: E

11. Panjang gelombang $\lambda_2 = \frac{1}{2} \lambda_1$
Cepat rambat $v_1 = v_2$

Perbandingan frekuensi:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\frac{v_1}{\lambda_1}}{\frac{v_2}{\lambda_2}} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\frac{1}{2}\lambda_1}{\lambda_1} = \frac{1}{2}$$

Jadi, frekuensi gelombang akan meningkat menjadi dua kali semula

$$f_2 = 2f_1$$

Jawaban: D

12. $y_1 = A \sin(kx - \omega t)$

Misalkan y_2 memperoleh tambahan fase sebesar $\Delta\phi$ sehingga

$$y_2 = A \sin(kx + \omega t + \Delta\phi)$$

Dengan demikian, hasil superposisi kedua gelombang,

$$y = y_1 + y_2 = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx + \omega t + \Delta\phi)$$

$$\sin A + \sin B = 2 \sin \frac{1}{2}(A + B)$$

$$\cos \frac{1}{2}(A - B), \text{ maka}$$

$$y = 2A \sin \frac{1}{2}((kx - \omega t) + (kx + \omega t + \Delta\phi))$$

$$\cos \frac{1}{2}((kx - \omega t) - (kx + \omega t + \Delta\phi))$$

$$y = 2A \sin \frac{1}{2}(2kx + \Delta\phi) \cos \frac{1}{2}(2\omega t + \Delta\phi)$$

$$y = 2A \sin\left(kx + \frac{1}{2}\Delta\phi\right) \cos\left(\omega t + \frac{1}{2}\Delta\phi\right)$$

Frekuensi gelombang tetap

Amplitudo gelombang stasioner tetap seperti sebelum ada penambahan fase. Karena panjang gelombang tetap, maka jarak antar simpul juga tetap.

Jawaban: E

13. Persamaan gelombang:

$$y = \frac{1}{5} \left(\cos \frac{5\pi}{4} x \right) \sin(10\pi t),$$

Panjang gelombang, λ

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{\frac{5\pi}{4}} = \frac{8}{5} \text{ m} = 1,6 \text{ m}$$

Jarak simpul dan perut yang berdekatan

$$\frac{1}{4}\lambda = \frac{1}{4} \left(\frac{8}{5} \right) = \left(\frac{2}{5} \right) = 0,4 \text{ m}$$

Jawaban: C

14. Persamaan simpangan:

$$y_p = 4 \cos(5\pi x) (\sin 20\pi t)$$

Cepat rambat gelombang:

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{20\pi}{5\pi} = 4 \text{ m/s}$$

Jawaban: C

15. Letak simpul ke 10 ($n + 1 = 10$ atau $n = 9$) dari ujung bebas $x_{10} = 1,52 \text{ cm}$

Frekuensi $f = 50 \text{ Hz}$

Pada ujung bebas berlaku letak simpul

$$x_{n+1} = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}$$

$$x_{10} = (2(9) + 1) \frac{\lambda}{4}$$

$$1,52 = \frac{19\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = 0,32 \text{ cm}$$

Cepat rambat

$$v = \lambda f = (0,32)(50) = 16 \text{ cm/s}$$

Jawaban: A

16. Persamaan gelombang:

$$y = \frac{1}{2} \sin \frac{\pi x}{3} \cos 40\pi t$$

Sesuai dengan persamaan umum gelombang stasioner dengan ujung tetap.

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{3}} = 6 \text{ cm}$$

Letak perut ke-3 dari ujung terikat dengan $n + 1 = 3 \Rightarrow n = 2$

$$x_{n+1} = (2n+1)\frac{\lambda}{4} \Rightarrow x_3 = (2(2)+1)\frac{6}{4}$$

$$x_3 = 7,5 \text{ cm}$$

Jawaban: B

17. Persamaan gelombang stasioner pada ujung bebas

$$y = 2A \cos kx \sin \omega t$$

Panjang gelombang

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{180}{30} = 6 \text{ cm}$$

Bilangan gelombang

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{6} = \frac{\pi}{3} \text{ cm}^{-1}$$

Kecepatan sudut gelombang

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(30) = 60\pi \text{ rad/s}$$

Jadi, persamaan gelombangnya

$$y = 2(8) \cos \frac{\pi x}{3} \sin 60\pi t$$

Kecepatan partikel adalah turunan pertama dari simpangan terhadap waktu

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt} \left(16 \cos \frac{\pi x}{3} \sin 60\pi t \right)$$

$$v = 16(60\pi) \cos \frac{\pi x}{3} \cos 60\pi t$$

Jika $x = 2 \text{ cm}$ dan $t = 1 \text{ s}$, maka kecepatan partikel adalah

$$v = 960\pi \cos \frac{\pi}{3}(2) \cos 60\pi$$

$$= 960\pi [\cos 120^\circ \cos 60\pi]$$

$$= 960\pi (-0,5)(1)$$

$$= -480\pi \text{ cm/s}$$

Jawaban: A

18. Superposisi gelombang

$$y = y_1 + y_2$$

$$y = 2 \sin (kx - \omega t) + 2 \sin (kx + \omega t)$$

$$= 2[2 \sin \frac{1}{2}(kx - \omega t + kx + \omega t)$$

$$\cos \frac{1}{2}(kx - \omega t - (kx + \omega t))]$$

$$y = 4 \sin kx \cos \omega t$$

Amplitudo gelombang superposisi

$$A_s = 4 \sin kx = 4 \sin \pi x$$

Jawaban: C

19. $y_1 = A \sin (k_1 x - \omega_1 t)$ dan $y_2 = A \sin (k_2 x - \omega_2 t)$

Persamaan gelombang superposisi

$$y = y_1 + y_2$$

$$y = A [\sin (k_1 x - \omega_1 t)] + \sin (k_2 x - \omega_2 t)$$

$$\sin A + \sin B = 2 \sin \frac{1}{2}(A + B) \cos \frac{1}{2}(A - B) \text{ maka}$$

$$y = 2A \sin \left(\frac{k_1 x - \omega_1 t + k_2 x - \omega_2 t}{2} \right) \cos \left(\frac{k_1 x - \omega_1 t - k_2 x + \omega_2 t}{2} \right)$$

$$= 2A \cos \left[\frac{1}{2}(k_1 - k_2)x - (\omega_1 - \omega_2)t \right] \sin \left[\frac{1}{2}(k_1 + k_2)x - (\omega_1 + \omega_2)t \right]$$

dapat disederhanakan menjadi,

$$y = 2A \cos \left[\frac{1}{2}(\Delta k x - \Delta \omega t) \right] \times \sin \left[\frac{1}{2}(k' x - \omega' t) \right] \text{ dengan } \Delta k = k_1 - k_2$$

dan $\Delta \omega = \omega_1 - \omega_2$ serta $k' = k_1 + k_2$ dan $\omega' = \omega_1 + \omega_2$

Jawaban: B

$$20. \frac{\omega'}{k'} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{k_1 + k_2} = \frac{\omega_1}{k_1 + k_2} + \frac{\omega_2}{k_1 + k_2}$$

$$\frac{\omega'}{k'} = \frac{2\pi f_1}{\frac{2\pi}{\lambda_1} + \frac{2\pi}{\lambda_2}} + \frac{2\pi f_2}{\frac{2\pi}{\lambda_1} + \frac{2\pi}{\lambda_2}}$$

$$\frac{\omega'}{k'} = \frac{f_1}{\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_1 \lambda_2}} + \frac{f_2}{\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_1 \lambda_2}}$$

$$\frac{\omega'}{k'} = \frac{f_1 (\lambda_1 \lambda_2)}{\lambda_1 + \lambda_2} + \frac{f_2 (\lambda_1 \lambda_2)}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

$$\frac{\omega'}{k'} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} v_1 + \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} v_2$$

Jawaban: C

B. Esai

1. Bentuk persamaan umum gelombang:

$y = A \sin(\omega t - kx)$, dengan $A =$ amplitudo gelombang, $\omega = 2\pi f$ dan

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ sehingga dari persamaan gelombang pada soal dapat diperoleh,

a. $A = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ m}$

b. $\omega = 10\pi \text{ rad/s}$
 $\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{\omega}{2\pi}$
 $T = \frac{10\pi}{2\pi} = 5 \text{ s}$

c. $k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k}$
 $\lambda = \frac{2\pi}{2\pi} = 1 \text{ m}$

d. $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ m/s}$

e. ke arah sumbu-X positif

f. $y = \frac{1}{50} \sin(10\pi - 2\pi)$
 $= \frac{1}{50} \sin(8\pi) = 0 \text{ m}$

g. $v = \omega A \cos(\omega t - kx)$
 $= 10\pi \left(\frac{1}{50} \right) \cos(10\pi t - 2\pi x)$
 $= \frac{\pi}{5} \cos(10\pi t - 2\pi x)$

h. $v_{\text{maks}} = \omega A = 10\pi \left(\frac{1}{50} \right) \text{ m/s}$
 $= \frac{\pi}{5} \text{ m/s}$

i. $a = -\omega^2 y$
 $= -(10\pi)^2 \left(\frac{1}{50} \right) \sin(10\pi t - 2\pi x)$
 $= -2\pi^2 \sin(10\pi t - 2\pi x)$

j. $a_{\text{maks}} = |-\omega^2 A|$
 $= \left| -(10\pi)^2 \left(\frac{1}{50} \right) \right|$
 $= 2\pi^2 \text{ m/s}^2$

k. sudut fase, $t = 0,1 \text{ s}, x = \frac{1}{3} \text{ m}$
 $\theta = 10\pi t - 2\pi x$
 $\theta = 10(\pi)(0,1) - 2\pi \left(\frac{1}{3} \right)$
 $= \frac{1}{3} \pi = 60^\circ$

l. fase $\varphi = \frac{60^\circ}{360^\circ} = \frac{1}{6}$

2. Persamaan gelombang

$$y_p = \frac{6}{100} \sin 20\pi \left(t_A + \frac{x}{10} \right)$$

- a. tanda positif pada bilangan gelombang $\rightarrow$ gelombang merambat ke kiri.

- b. Persamaan umum gelombang

$$y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$$

Bandingkan dengan

$$y_p = 0,06 \sin 2\pi (10t + x)$$

Jadi, periode gelombang

$$\frac{1}{T} = 10 \Rightarrow T = 0,1 \text{ s}$$

- c. Panjang gelombang

$$\frac{1}{\lambda} = 1 \Rightarrow \lambda = 1 \text{ m}$$

- d. Cepat rambat gelombang

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ m/s}$$

3. Tentukan besar panjang gelombang dengan

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{350}{500} = \frac{7}{10} \text{ m}$$

Beda fase gelombang antara dua titik adalah

$$\Delta\phi = \frac{x}{\lambda}$$

$$x = \lambda \Delta\phi = \frac{7}{10} \times \frac{60^\circ}{360^\circ} = 0,117 \text{ m}$$

4. Bentuk umum persamaan gelombang adalah

Pola I $\rightarrow y = \pm A \sin(\omega t \pm kx)$ atau

Pola II $\rightarrow y = \pm A \sin \left(2\pi f t \pm \frac{2\pi}{\lambda} x \right)$
atau

Pola III $\rightarrow y = \pm A \sin 2\pi \left(f t \pm \frac{x}{\lambda} \right)$

dengan perjanjian tanda sebagai berikut.

Tanda Amplitudo (+) jika gerakan pertama ke arah atas.

Tanda Amplitudo (-) jika gerakan pertama ke arah bawah.

Tanda positif (+) pada bilangan gelombang jika gelombang merambat ke arah sumbu-X negatif (ke kiri).

Tanda negatif (-) pada bilangan gelombang jika gelombang merambat ke arah sumbu-X positif (ke kanan).

Berdasarkan data pada soal, amplitudo $A = 6 \text{ cm} = 0,06 \text{ m}$, panjang gelombang $\lambda = 2 \text{ meter}$, dan periode $T = \frac{5}{2} \text{ sekon}$ atau

frekuensi $f = \frac{2}{5} \text{ Hz}$. Masukkan data misalnya ke pola kedua:

$$y = -0,06 \sin \left(2\pi \cdot \frac{2}{5} t + \frac{2\pi x}{2} \right)$$

$$y = -0,06 \sin(0,8\pi t + \pi x)$$

5. $f = 0,25 \text{ Hz}$

Jarak dua titik yang berurutan dan sefase merupakan panjang gelombang.

$$\lambda = 0,125 \text{ m}$$

$$v = \lambda f$$

$$v = (0,125)(0,25)$$

$$= 0,03125 \text{ m/s} = 3,125 \text{ cm/s}$$

6. $f = 0,25 \text{ Hz}$

Jarak dua titik yang berurutan dan berlawanan fase merupakan panjang setengah gelombang.

$$\frac{1}{2} \lambda = 0,125 \text{ m}$$

$$\lambda = 2 \times 0,125$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$v = \lambda f$$

$$v = (0,25)(0,25)$$

$$= 0,0625 \text{ m/s} = 6,25 \text{ cm/s}$$

7. $y = \frac{1}{20} \cos(10t + 2x)$

a. $v = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt} (0,05 \cos(10t + 2x))$

$$v = -(10)(0,05) \sin(10t + 2x)$$

$$v = -0,5 \sin(10t + 2x)$$

$$\begin{aligned} \text{b. } a &= \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,5 \sin(10t + 2x)) \\ a &= -(10)(0,5) \cos(10t + 2x) \\ a &= -5 \cos(10t + 2x) \end{aligned}$$

8. Menentukan cepat rambat gelombang dapat dilakukan dengan beberapa cara, di antaranya:

- mencari frekuensi dan panjang gelombang dahulu, kemudian menggunakan rumus $v = \lambda f$;
 - menggunakan nilai ω dan k dari persamaan gelombang, kemudian memakai rumus $v = \frac{\omega}{k}$
 - menggunakan nilai koefisien t dan koefisien x , kemudian menggunakan $v = \frac{\text{koefisien } t}{\text{koefisien } x}$
- $$v = \frac{\text{koefisien } t}{\text{koefisien } x} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ m/s}$$

9. $v = \frac{\text{koefisien } t}{\text{koefisien } x} = \frac{60}{2} = 30 \text{ m/s}$

10. $2\lambda = 50 \text{ cm}$

Jadi, panjang satu gelombangnya

$$\lambda = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm}$$

$$v = \frac{50}{0,5} = 100 \text{ cm/s}$$

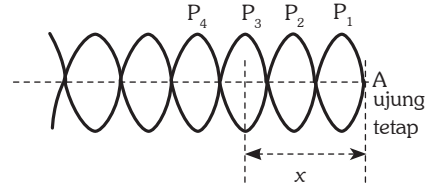
11. Persamaan pada soal merupakan persamaan simpangan untuk gelombang stasioner ujung tetap atau ujung terikat. Untuk mencari jarak perut atau simpul dari ujung ikatnya, tentukan nilai panjang gelombang terlebih dahulu.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\frac{\pi}{3} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\lambda = 6 \text{ cm}$$

Setelah mendapat nilai panjang gelombang, masukkan rumus untuk mencari perut ketiga. Jika lupa rumus ujung tetap, Anda dapat menggunakan gambar berikut.

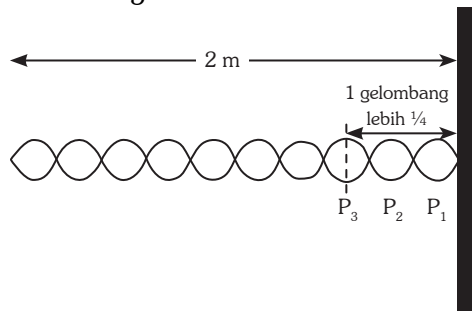


Posisi perut ketiga P_3 dari ujung tetap A adalah satu seperempat panjang gelombang atau $1\frac{1}{4}\lambda$ (Satu gelombang = satu bukit-satu lembah) sehingga nilai x adalah

$$x = \frac{5}{4}\lambda = \frac{5}{4} \times 6 \text{ cm} = 7,5 \text{ cm}$$

12. Pada gambar terlihat bahwa dalam 2 meter (200 cm) ada 5 gelombang. Jadi, untuk 1 gelombang panjangnya adalah

$$\lambda = \frac{200}{5} = 40 \text{ cm}$$



Perut ketiga, jika dihitung dari ujung ikatnya berjarak 1 gelombang lebih $\frac{1}{4}$, atau $\frac{5}{4}$ gelombang. Jadi jaraknya adalah

$$x = \frac{5}{4}\lambda$$

$$x = \frac{5}{4} \times 40 = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m.}$$

13. Pola dari gelombang stasioner pada soal adalah

$$y = A \sin(kx) \cos(\omega t - kL)$$

$$y = 8 \sin(0,1\pi)x \cos\pi(100t - 12)$$

- a. Panjang gelombang

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \rightarrow 0,1\pi = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{0,1\pi} = 20 \text{ cm}$$

- b. Frekuensi gelombang

$$\omega = 2\pi f \rightarrow 100\pi = 2\pi f$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

- c. Panjang tali

$$kL = 12\pi \rightarrow 0,1\pi L = 12\pi$$

$$L = \frac{12\pi}{0,1\pi} = 120 \text{ cm}$$

14. (1) Buat data untuk waktu (t), amplitudo (A) dan frekuensi (f) gelombang berjalan.
- (2) Isi sel A2 dengan angka 1 dan sel A3 dengan formula = A2+1 kemudian *copy paste* sehingga nilai data untuk t adalah 1 sampai dengan 20.
- (3) Isilah sel D1 dengan angka 4 untuk data amplitudo (A) dan sel D2 dengan angka 1 untuk data frekuensi (f).
- (4) Ketiklah formula = \$D\$1*SIN ((2*PI()/20)*\$D\$2*A2) pada sel B2 dan *copy paste* sampai dengan sel B21.
- (5) Klik sel B2 sampai dengan sel B21 kemudian klik Insert > Chart dan pilih model Chart Line.

A. Pilihan Ganda

1. Kecepatan gelombang berjalan transversal pada tali yang diregangkan diberikan oleh persamaan

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}} = \sqrt{\frac{80}{\left(\frac{1}{5}\right)}} \\ = \sqrt{400} = 20 \text{ m/s}$$

Jawaban: C

2. Secara umum, bunyi bergerak lebih cepat melalui zat padat daripada melalui zat gas. Oleh karena itu, saat gelombang memasuki udara dari batang logam, kecepatannya akan menurun. Sementara itu, untuk frekuensi, nilainya tetap atau tidak berubah. Karena $v = \lambda f$ harus selalu dipenuhi, penurunan v menyebabkan penurunan λ .

Jawaban: A

3. Kecepatan kicauan itu adalah $v = \lambda f = (8,75 \times 10^{-3})(40 \times 10^3) = 350 \text{ m/s}$
Jika jarak dari kelelawar ke pohon adalah d , maka gelombang menempuh jarak total $d + d = 2d$ (jarak pulang-pergi atau *round-trip*). Jika T adalah waktu untuk perjalanan pulang-pergi, maka

$$2d = vT \Rightarrow d = \frac{vT}{2} \\ = \frac{(350)(0,4)}{2} \\ = 70 \text{ m}$$

Jawaban: B

4. Selang waktu $t = 0,8 \text{ s}$
Cepat rambat bunyi $v = 1.500 \text{ m/s}$
Jarak yang ditempuh pulsa $s = vt = 1.500(0,8) = 1.200 \text{ m}$
Kedalaman laut $h = \frac{s}{2} = \frac{1.200}{2} = 600 \text{ m}$

Jawaban: B

5. Kedalaman Laut $h = 2.100 \text{ m}$
Waktu perjalanan pulsa $t = 3 \text{ s}$
Jarak yang ditempuh pulsa $s = 2h = 2 \times 2.100 = 4.200 \text{ m}$
Cepat rambat bunyi di dalam air adalah $v = \frac{s}{t} = \frac{4.200}{3} = 1.400 \text{ m/s}$

Jawaban: D

6. Cepat rambat bunyi di udara $v = 340 \text{ m/s}$
Cepat rambat bunyi di air $v_a = 1.500 \text{ m/s}$
 $s_1 = 1,7 \text{ m}$ dan $s_2 = 4,5 \text{ m}$
Waktu yang diperlukan pulsa untuk sampai di permukaan kolam $s_1 = vt_1$
 $t_1 = \frac{s_1}{v} = \frac{1,7}{340} = 5 \times 10^{-3} \text{ s}$
Waktu yang diperlukan pulsa dari permukaan air untuk sampai di lumba-lumba lain $s_2 = v_a t_2$
 $t_2 = \frac{s_2}{v_a} = \frac{4,5}{1.500} = 3 \times 10^{-3} \text{ s}$

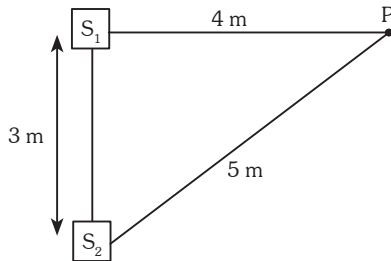
Waktu total

$$t = t_1 + t_2$$

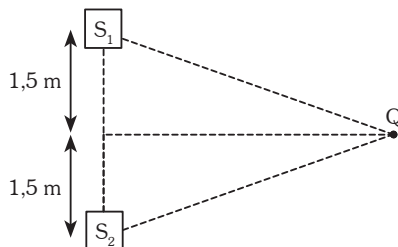
$$t = 5 \times 10^{-3} + 3 \times 10^{-3} \\ = 8 \times 10^{-3} \text{ s} = 8 \text{ ms}$$

Jawaban: C

7. Jarak dari S_2 ke P adalah 5 m (ini adalah sisi miring dari segitiga 3-4-5), dan jarak dari S_1 ke P adalah 4 m.



Perbedaan panjang jalur yang ditempuh oleh sumber bunyi S_1 dan S_2 ke titik P adalah 1 m, yaitu setengah panjang gelombang. Oleh karena itu, gelombang bunyi selalu tepat di luar fase saat mencapai titik P dari dua *speaker*. Hal ini menyebabkan interferensi destruktif. Sementara itu, pada titik Q dapat digambarkan sebagai berikut.



Jarak yang ditempuh sumber bunyi S_1 dan S_2 ke titik Q sama besar. Jadi, pada titik Q terjadi interferensi konstruktif. Karena interferensi destruktif terjadi di titik P dan interferensi konstruktif di titik Q, amplitudo di titik P akan kurang dari amplitudo di titik Q atau $A_P < A_Q$.

Jawaban: A

$$8. L_1 - L_2 = (2n - 1) \frac{1}{2} \lambda$$

$$0,2 = (2(1) - 1) \frac{1}{2} \lambda$$

$$\lambda = 2(0,2) = 0,4 \text{ m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0,4} = 850 \text{ Hz}$$

Jawaban: B

9. Pada soal sumber bunyi adalah sirene mobil patroli yang bergerak mendekati pendengar (pengendara sepeda motor). Sementara itu, pendengar menjauhi sumber bunyi. Berdasarkan persamaan efek Doppler, frekuensi bunyi yang didengar oleh pengendara motor adalah

$$f_1 = \frac{v - v_1}{v - v_2}$$

Jawaban: D

10. Karena mobil bergerak menjauh dari pendengar yang diam $v_p = 0$, frekuensi yang terdengar oleh pengamat akan lebih rendah daripada frekuensi sumber.

$$f_p = \frac{v}{v + v_s} f_s \\ = \frac{340}{(340 + 20)} (600) \\ = \frac{34}{36} (600) \text{ Hz}$$

Jawaban: A

$$11. v_A = 20 \text{ m/s}$$

$$v_B = 46 \text{ m/s}$$

$$v = 350 \text{ m/s}$$

$$f_A = 200 \text{ Hz}$$

Arah (+) adalah arah dari A ke B sehingga

$$v_A = +20 \text{ m/s}$$

$$v_B = -46 \text{ m/s}$$

Frekuensi yang didengar masinis di kereta B

$$f_B = \frac{v - v_p}{v - v_s} \times f_A$$

$$f_B = \frac{350 - (-46)}{350 - 20} \times 200$$

$$f_B = 240 \text{ Hz}$$

Jawaban: C

12. Frekuensi sumber, $f_s = 200 \text{ Hz}$

Panjang tali, $r = 2 \text{ m}$

Kelajuan sudut,

$$\omega = 120 \text{ rad/menit} = 2 \text{ rad/s}$$

kecepatan linier sumber,

$$v_s = \omega r = 2 \times 2 = 4 \text{ m/s}$$

Cepat rambat bunyi, $v = 340 \text{ m/s}$

Frekuensi yang didengar oleh pendengar yang diam ($v_p = 0$)

$$f_p = \frac{v - v_p}{v - v_s} \times f_s = \frac{v - 0}{v - v_s} \times f_s$$

Frekuensi maksimum terjadi pada saat sumber mendekati pengamat.

Kecepatan sumber,

$v_s = +4 \text{ m/s} \rightarrow$ searah dengan arah sumber (S) ke pendengar (P)

$$f_p = \frac{340}{340 - 4} \times 200$$

$$= 202,38 \text{ Hz} \approx 202 \text{ Hz}$$

Jawaban: D

13. Jarak antara simpul berturut-turut

adalah $\frac{1}{2} \lambda$. Jika gelombang pada

tali yang tetap pada kedua ujungnya memiliki total 4 simpul, tali memiliki

panjang $L = 3\left(\frac{1}{2} \lambda\right)$.

$$L = \frac{3}{2} \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{2L}{3}$$

$$\lambda = \frac{2(6)}{3} = 4 \text{ m}$$

Karena $v = 40 \text{ m/s}$, frekuensi gelombang berdiri ini seharusnya

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{40}{4} = 10 \text{ Hz}$$

Jawaban: B

14. Kolom udara (seperti pipa organa) dengan satu ujung tertutup beresonansi pada frekuensi yang

diberikan oleh persamaan $f_n = \frac{nv}{4L}$

untuk n bilangan bulat ganjil.

Frekuensi dasar menurut definisi, saat $n = 1$. Oleh karena itu,

$$f_1 = \frac{v}{4L} = \frac{340}{4 \times 0,17} = 500 \text{ Hz}$$

Jawaban: B

15. Panjang pipa $L = 2,5 \text{ m}$,

$$v = 350 \text{ m/s}$$

Pipa terbuka kedua ujungnya

Frekuensi nada dasar (harmonik pertama)

$$f_1 = \frac{v}{2L} = \frac{350}{2 \times 2,5} = 70 \text{ Hz}$$

Frekuensi nada atas pertama (harmonik kedua)

$$f_2 = 2f_1 = 2 \times 70 = 140 \text{ Hz}$$

Frekuensi nada atas kedua (harmonik ketiga)

$$f_3 = 3f_1 = 3 \times 70 = 210 \text{ Hz}$$

Jawaban: B

16. Pipa organa tertutup

Frekuensi nada dasar (harmonik pertama)

$$f_1 = \frac{v}{4L} = \frac{350}{4 \times 2,5} = 35 \text{ Hz}$$

Frekuensi harmonik ketiga

$$f_3 = 3f_1 = 3 \times 35 = 105 \text{ Hz}$$

Frekuensi harmonik kelima

$$f_5 = 5f_1 = 5 \times 35 = 175 \text{ Hz}$$

Jawaban: D

17. $f = 660 \text{ Hz}$; $v = 330 \text{ Hz}$ dan $n = 1$

$$f = \frac{2n-1}{4L} \cdot v$$

$$660 = \frac{2 \cdot 1 - 1}{4L} \cdot 330$$

$$L = 0,125 \text{ m}$$

Jawaban: A

18. Sarang lebah bisa dianggap sebagai pipa organa tertutup. Getaran mekanis yang dihasilkan lebah ketika menari akan menghasilkan gelombang bunyi yang dipancarkan setelah beresonansi dengan rongga sarang lebah.

Jawaban: C

19. Frekuensi alami pipa organa tertutup:

$$f_n = n f_1 = \frac{nv}{4L}; n = 1, 3, 5 \dots$$

Karena diafragma A dan B diatur bergetar dengan frekuensi sama,

$$\text{maka : } f_{AC} = f_{BC}$$

$$\frac{n_{AC} v_{H_2}}{4L_{AC}} = \frac{n_{BC} v_{O_2}}{4L_{BC}}$$

Karena $L_{AC} = L_{BC}$, maka:

$$\frac{n_{AC}}{n_{BC}} = \frac{v_{O_2}}{v_{H_2}} = \frac{300}{1.100} = \frac{3}{11}$$

Diafragma A bergetar pada harmonik ke-3 dan diafragma B bergetar pada harmonik ke-11 dengan frekuensi

$$f_{AC} = f_{BC} = \frac{11 \times 300}{4 \times 0,5} = 1.650 \text{ Hz}$$

Jawaban: A

20. $I \propto \frac{1}{r_2}$

$$\frac{I_A}{I_B} = \left(\frac{r_B}{r_A} \right)^2$$

$$= \left(\frac{8}{4} \right)^2 = \left(\frac{2}{1} \right)^2 = \frac{4}{1}$$

Jawaban: B

21. Intensitas bunyi $I = 2\pi^2 f^2 A^2 \rho v$
Amplitudo tetap maka

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{100}{10.000} \right)^2 = \frac{1}{10.000}$$

$$I_2 = 10.000 I_1$$

Jawaban: E

22. Intensitas (daya per satuan luas)

sebanding dengan $\frac{1}{r^2}$, dengan r

adalah jarak antara sumber dan detektor. Jika r meningkat dengan faktor 10, intensitasnya menurun dengan faktor 100. Karena skala desibel adalah logaritmik, jika intensitasnya berkurang dengan faktor 100 = 10^2 , tingkat desibel menurun sebesar $10 \log (10^2)$ = 20 dB .

Jawaban: E

23. $r_1 = 2 \text{ m}$, $TI_1 = 60 \text{ dB}$, $r_2 = 4 \text{ m}$.

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

$$= 60 + 10 \log \left(\frac{2}{4} \right)^2$$

$$= 60 + 20 \log \frac{1}{2}$$

$$= 60 + 20(-\log 2)$$

$$= 60 - 6 = 54 \text{ dB}$$

Jawaban: B

24. $n_1 = 1.000$, $TI_1 = 60 \text{ dB}$

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

$$= 60 + 10 \log \left(\frac{10}{1.000} \right)$$

$$= 60 - 20 = 40 \text{ dB}$$

Jawaban: A

25. $TI_1 = 70 \text{ dB}$, $TI_2 = 100 \text{ dB}$

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

$$100 = 70 + 10 \log \left(\frac{n_2}{1} \right)$$

$$30 = 10 \log n_2$$

$$3 = \log n_2 \Rightarrow n_2 = 1.000$$

Jawaban: D

26. $n = 100$, $TI = 40 \text{ dB}$

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log n$$

$$10 \log \frac{I}{10^{-12}} = 40 + 10 \log 100$$

$$10 \log \frac{I}{10^{-12}} = 40 + 20$$

$$10 \log \frac{I}{10^{-12}} = 10 \log 10^6$$

$$I = 10^6 (10^{-12}) = 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$$

Jawaban: C

27. Lebar celah $d = 0,12 \text{ mm}$

Jarak sumber dari layar $L = 2 \text{ m}$

Jarak antara pita gelap ke-2 dan pita terang pusat $y = 15 \text{ mm}$ ($m = 2$)

$$\sin \theta \cong \tan \theta = \frac{y}{L} = \frac{15 \text{ mm}}{2.000 \text{ mm}}$$

$$\sin \theta = 7,5 \times 10^{-3}$$

Dari persamaan $d \sin \theta = n \lambda$

$$\lambda = \frac{d \sin \theta}{n} = \frac{0,12 \times 7,5 \times 10^{-3}}{2}$$

$$\lambda = 4,5 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

Jawaban: B

28. $\lambda = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$

$$\theta = 30^\circ, \sin 30^\circ = 0,5$$

$$m = 1$$

Rumus yang berlaku untuk difraksi celah tunggal adalah

$$d \sin \theta = n \lambda$$

$$d(0,5) = 1(5 \times 10^{-7})$$

$$d = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-3} \text{ mm} = 0,001 \text{ mm}$$

Jadi, lebar celah tunggal tersebut adalah $0,001 \text{ mm}$.

Jawaban: A

29. $\lambda = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$

$$\theta = 30^\circ$$

$$n = 1$$

Persamaan peristiwa difraksi pada kisi (celah banyak) adalah $d \sin \theta = n \lambda$

$$d \sin 30^\circ = 1(5 \times 10^{-7})$$

$$d \times 0,5 = 5 \times 10^{-7}$$

$$d = 1 \times 10^{-6}$$

Jadi, lebar celah kisi yang digunakan pada peristiwa difraksi tersebut adalah $1 \times 10^{-6} \text{ m}$.

Jawaban: C

30. $N = 6.000 \text{ garis/cm}$

Sudut deviasi orde ke-2

$$(n = 2), \theta = 30^\circ$$

$$d \sin \theta = m \lambda \rightarrow d = \frac{1}{N}$$

Panjang gelombang sinar biru adalah

$$\lambda = \frac{d \sin \theta}{m} = \frac{\sin \theta}{Nm}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{\sin 30^\circ}{6.000 \times 2} \\ &= 4,17 \times 10^{-5} \text{ cm} = 4,17 \text{ nm} \end{aligned}$$

Jawaban: D

31. $\lambda = 500 \text{ nm} = 500 \times 10^{-7} \text{ cm}$

$$N = 400 \text{ garis/cm}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$d \sin \theta = m \lambda \Rightarrow m = \frac{\sin \theta}{N \lambda}$$

$$m = \frac{\sin 30^\circ}{400(500 \times 10^{-7})} = 25$$

Banyaknya garis terang

$$= 2m + 1$$

$$= 2(25) + 1 = 51$$

Jawaban: E

32. Konstanta kisi 500 garis/cm berarti dalam 1 cm terdapat 500 garis sehingga lebar setiap garis adalah

$$d = \frac{1}{500} \text{ cm} = 2 \times 10^{-3} \text{ cm} \\ = 2 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Data-data lain yang dapat diperoleh dari soal adalah

$$L = 1 \text{ m}$$

$$n = 1$$

$$y = 2,4 \text{ cm} = 2,4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Pada peristiwa difraksi kisi berlaku hubungan $d \sin \theta = n\lambda$

Karena diketahui jarak celah ke

layar (L), maka berlaku $\sin \theta = \frac{y}{L}$ sehingga diperoleh

$$\frac{yd}{L} = m\lambda$$

$$\frac{2,4 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-5}}{1} = 1 \times \lambda$$

$$\lambda = 4,8 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$= 4,8 \times 10^{-7} \times 10^9 \text{ nm}$$

$$= 4,8 \times 10^2 \text{ nm} = 480 \text{ nm}$$

Jadi, panjang gelombang cahaya yang digunakan adalah 480 nm.

Jawaban: C

33. Data yang diketahui pada soal harus dikonversi untuk menyesuaikan dengan pilihan jawaban dan mempermudah perhitungan.

$$\lambda = 500 \text{ nm} = 5 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

$$m = 4$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$\sin \theta = 0,5 = 5 \times 10^{-1}$$

Difraksi pada kisi atau celah banyak dirumuskan sebagai $d \sin \theta = m\lambda$

Untuk kisi, $d = 1/N$, dengan N adalah banyaknya celah atau garis tiap cm pada kisi.

$$N = \frac{\sin \theta}{m\lambda}$$

$$N = \frac{5 \times 10^{-1}}{4 \times 5 \times 10^{-5}} = \frac{10.000}{4} = 2.500$$

Jadi, banyaknya garis per cm pada kisi tersebut adalah 2.500.

Jawaban: B

34. Rumus umum difraksi adalah

$$d \sin \theta = m\lambda$$

Kisi difraksi mempunyai N celah (garis) dengan lebar masing-masing celah adalah d . Hubungan antara

d dan N adalah $d = \frac{1}{N}$ sehingga diperoleh

$$\left(\frac{1}{N} \right) \sin \theta = m\lambda$$

$$\frac{1}{N} \times 0,5 = 1 \times 5 \times 10^{-7}$$

$$\frac{1}{N} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$\frac{1}{N} = 10^{-3} \text{ mm}$$

$$N = 10^3 \text{ garis/mm}$$

Jadi, nilai N pada kisi tersebut adalah 1.000 garis/mm.

Jawaban: A

35. $N_1 = 200 \text{ celah cm}^{-1}$
 $= 2.000 \text{ celah mm}^{-1}$

$$m_1 = 2$$

$$y_1 = 6 \text{ mm}$$

$$N_2 = 500 \text{ celah cm}^{-1}$$

$$= 5.000 \text{ celah mm}^{-1}$$

$$m_2 = 6$$

Pada peristiwa difraksi pada kisi atau celah banyak dapat digunakan persamaan: $d \sin \theta = n\lambda$

Sesuai dengan data yang diketahui, perumusan di atas harus dilakukan penyesuaian sebagai berikut.

$$d = \frac{1}{N}$$

$$\sin \theta = \frac{y}{L}$$

$$\frac{y}{NL} = m\lambda$$

$$y = mN\lambda L$$

Pada peristiwa di atas, hanya dilakukan pengubahan jumlah celah (N) dan orde interferensi (m), sedangkan panjang gelombang (λ) dan jarak celah ke layar (L) nilainya tetap (konstan) sehingga diperoleh hubungan

$$p \propto mN$$

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{m_1 N_1}{m_2 N_2}$$

$$\frac{6}{y_2} = \frac{2 \cdot 2.000}{6 \cdot 5.000}$$

$$\frac{6}{y_2} = \frac{2}{15}$$

$$2y_2 = 90$$

$$y_2 = 45$$

Jadi, jarak garis pita terang ke-6 pada kisi 500 celah cm^{-1} adalah 45 mm.

Jawaban: E

36. Diameter bukaan lensa

$$D = 4 \text{ mm} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{mata}} = 3,76 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Jarak sumber titik ke lensa

$$L = 50 \text{ cm} = 50 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$d_m = \frac{1,22\lambda L}{D}$$

$$= \frac{1,22 \times 3,76 \times 10^{-7} \times 50 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-3}}$$

$$d_m = 5,734 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Jawaban: A

37. Diameter pupil

$$D = 3 \text{ mm} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Panjang gelombang

$$\lambda = 500 \text{ nm} = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Jarak dua sumber

$$d = 122 \text{ cm} = 1,22 \text{ m}$$

Jarak sumber ke lensa

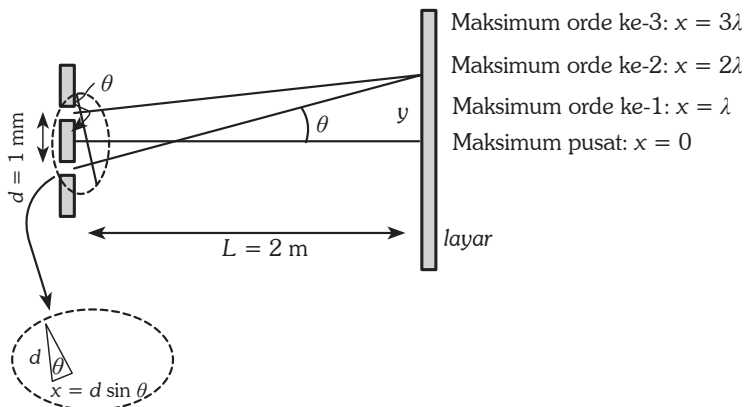
$$L = \frac{dD}{1,22\lambda} = \frac{1,22(3 \times 10^{-3})}{1,22(5 \times 10^{-7})}$$

$$L = 6.000 \text{ m}$$

Jawaban: C

38. Maksimum orde kedua dipenuhi oleh $x = 2\lambda$ atau $d \sin \theta = 2\lambda$.

Untuk sudut θ yang sangat kecil, $\sin \theta \approx \tan \theta$ sehingga berdasarkan gambar berikut:



$$\tan \theta = \frac{y}{L}$$

$$\text{Jadi, } d\left(\frac{y}{L}\right) = 2\lambda \text{ atau}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{2\lambda L}{d} = \frac{2(100 \times 10^{-9})2}{0,001} \\ &= 0,0004 \text{ m} = 4 \times 10^{-2} \text{ cm} \\ &= 0,04 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jawaban: D

39. Pada interferensi celah ganda, jarak antara dua pita berdekatan selalu sama. Jarak antara dua pita terang berdekatan sama dengan jarak terang pusat dengan terang pertama.

Terang pusat berada pada $y = 0$ dan terang pertama terjadi ketika terpenuhi $x = \lambda$ atau $d \sin \theta = \lambda$.

Karena untuk sudut sangat kecil

$\sin \theta = \frac{y}{L}$, maka posisi terang pertama memenuhi $d\left(\frac{y}{L}\right) = \lambda$ atau $y = \frac{\lambda L}{d}$ sehingga jarak dua terang berdekatan:

$$\begin{aligned} y - 0 &= \frac{\lambda L}{d} \rightarrow \\ y &= \frac{250 \times 10^{-9} (3)}{0,5 \times 10^{-3}} \\ &= 0,0015 \text{ m} = 1,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jawaban: A

40. Jarak antara kedua celah $d = 1 \text{ mm}$
Jarak celah ke layar $L = 1 \text{ m} = 10^3 \text{ mm}$
Panjang gelombang cahaya
 $\lambda = 6.500 \text{ \AA} = 6.500 \times 10^{-7} \text{ mm}$
Jarak antara pita gelap ke-5 dan pita terang pusat ($n = 5$):

$$y = \frac{L}{d} \left(n + \frac{1}{2} \right) \lambda$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{1 \times 10^3 \text{ mm}}{1 \text{ mm}} \left(5 + \frac{1}{2} \right) \times 6.500 \times 10^{-7} \\ &= 3,575 \text{ mm} \end{aligned}$$

$n_1 = 1$ (udara) dan

$$n_2 = \frac{3}{2} \text{ (medium tempat dilakukan)}$$

percobaan)

$$y_1 n_1 = y_2 n_2$$

$$y_2 = \frac{n_1}{n_2} \times y_1 = \frac{1}{\frac{3}{2}} \times 3,575$$

$$y = 2,383 \text{ mm}$$

Jawaban: D

41. Jarak antara pita terang yang berdekatan $\Delta y = 4 \text{ mm}$

Jarak antara layar dan celah

$$L = 35 \text{ cm} = 0,35 \text{ m}$$

Panjang gelombang

$$\lambda = 0,6 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Jarak antara pita terang yang berdekatan:

$$2\Delta y = 4 \text{ mm} \Rightarrow \Delta y = 2 \text{ mm}$$

Lebar celah d adalah

$$\begin{aligned} d &= \frac{L\lambda}{2\Delta y} = \frac{(0,35)(0,6 \times 10^{-6})}{2 \times 2 \times 10^{-3}} \\ &= 5,25 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,0525 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhatikan,

- (a) Jarak antara dua garis (pita) terang yang berdekatan atau dua garis (pita) gelap yang berdekatan diberi simbol $2\Delta y$.
(b) Jarak antara garis (pita) terang dan garis (pita) gelap yang berdekatan diberi simbol Δy .

Jawaban: C

42. Jarak antarcelah $d = 0,1 \text{ mm}$

Jarak antara celah dan layar

$$L = 100 \text{ cm} = 1.000 \text{ mm}$$

Jarak pita gelap pertama dengan pita terang pertama $\Delta y = 2,95 \text{ mm}$

Panjang gelombang cahaya yang digunakan

$$\lambda = \frac{2d\Delta y}{L}$$

$$\lambda = \frac{2(0,1)(2,95)}{1000} = 5,9 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

$$\lambda = 5.900 \text{ \AA}$$

Jawaban: E

43. Persamaan interferensi pada celah ganda (dua celah sempit) adalah

$$\frac{yd}{L} = m\lambda$$

dengan y adalah jarak antarpola interferensi atau jarak antarpita dan L adalah jarak antara celah dan layar.

Hubungan antara y dan L adalah

$$yd = n\lambda L$$

$$y \propto L$$

Jadi, hubungan antara y dan L adalah berbanding lurus. Artinya, makin dekat jarak celah ke layar, makin dekat jarak antarpita.

Demikian pula makin jauh jarak celah ke layar, makin jauh jarak antarpita (pernyataan 1 salah, pernyataan 2 benar).

Terang pusat adalah pola interferensi yang paling kuat dengan intensitas paling tinggi. Makin jauh dari terang pusat, intensitasnya makin kecil (pernyataan 3 benar, pernyataan 4 salah).

Jadi, pernyataan yang benar adalah pernyataan nomor (2) dan (3).

Jawaban: C

44. $\lambda = 600 \text{ nm} = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$

$$d = 0,2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$m = 1$$

Pada interferensi celah ganda (percobaan Young) berlaku

$$\frac{yd}{L} = m\lambda$$

$$\frac{y \times 2 \times 10^{-4}}{1} = 1 \times 6 \times 10^{-7}$$

$$y = 3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$= 0,3 \text{ cm}$$

Jadi, jarak pita terang pertama dari terang pusat adalah 0,3 cm.

Jawaban: A

45. Jarak celah-layar $L = 1 \text{ m}$

$$\text{Jarak antarcelah } d = 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Orde interferensi } m = 2$$

$$\text{Jarak pola } P_2 = 10^{-3} \text{ m}$$

Pada percobaan Young berlaku:

$$\frac{yd}{L} = m\lambda$$

Sesuai dengan data yang ada, rumus di atas kita sesuaikan menjadi

$$\frac{P_2 d}{L} = m\lambda$$

$$\frac{10^{-3} \times 10^{-3}}{1} = 2\lambda$$

$$2\lambda = 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = 0,5 \times 10^{-6} \text{ m} = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$= 5 \times 10^{-7} \times 10^{10} \text{ \AA} = 5.000 \text{ \AA}$$

Jadi, panjang gelombang yang digunakan pada percobaan Young tersebut adalah 5.000 \AA.

Jawaban: C

46. $L = 1 \text{ m}$

$$\lambda = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$m = 3$$

$$y = 7,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Rumus yang berlaku pada percobaan interferensi celah ganda atau percobaan Young adalah

$$\frac{yd}{L} = m\lambda$$

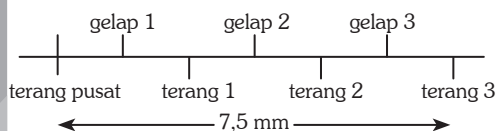
$$d = \frac{m\lambda L}{p}$$

$$= \frac{3(5 \times 10^{-7})1}{7,5 \times 10^{-3}}$$

$$= 0,2 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,2 \text{ mm}$$

[pernyataan 2 benar]

Berikut sketsa pola interferensi yang terjadi pada percobaan.



Jarak terang ke-3 dari terang pusat adalah 7,5 mm, berarti:

jarak terang ke terang berdekatan = $7,5 \text{ mm} : 3 = 2,5 \text{ mm}$ [pernyataan 4 salah]

jarak terang ke gelap berdekatan = $7,5 \text{ mm} : 6 = 1,25 \text{ mm}$ [pernyataan 3 benar]

Jadi, pernyataan yang benar adalah pernyataan nomor 2 dan 3.

Jawaban: D

47. Indeks bias intan $n_i = \frac{5}{2}$

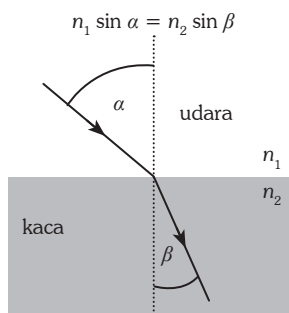
Indeks bias kaca $n_k = \frac{3}{2}$

Indeks bias kaca kerona relatif terhadap kaca (n_{ki})

$$n_{ki} = \frac{n_k}{n_i} = \frac{\left(\frac{3}{2}\right)}{\left(\frac{5}{2}\right)} = \frac{3}{5}$$

Jawaban: B

48.



Kaca lebih rapat dibandingkan dengan udara sehingga $n_2 > n_1$.

Hukum Snellius: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$

Karena $n_2 > n_1$, maka $\sin \alpha > \sin \beta$, atau $\alpha > \beta$.

Jawaban: A

49. Sinar datang dari udara ke air dengan sudut datang $\theta_1 = 30^\circ$

Cepat rambat cahaya di udara

$$v_1 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Cepat rambat cahaya di air

$$v_2 = 2,25 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Indeks bias udara relatif terhadap air (n_{12})

$$v_1 n_1 = v_2 n_2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{2,25 \times 10^8}{3 \times 10^8}$$

$$n_{12} = 0,75$$

Gunakan persamaan Snellius untuk menghitung sudut bias di dalam air (θ_2)

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \times \sin \theta_1$$

$$\sin \theta_2 = (0,75) \sin 30^\circ = 0,375$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}(0,375) = 22,02^\circ$$

Jawaban: B

50. Sudut bias AO, dengan sudut datang $\theta_1 = 30^\circ$. Sinar datang dari kaca ke udara sehingga

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$1,5 \sin 30^\circ = 1 \sin \theta_2 \Rightarrow \sin \theta_2 = 0,75$$

$$\theta_2 = 48,59^\circ$$

Jawaban: E

51. Sudut kritis garam dapur $i_k = 45^\circ$
Sinar datang dari garam dapur ke udara. Indeks bias garam dapur dihitung dengan:

$$\sin i_k = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 = \frac{n_2}{\sin i_k}$$

$$= \frac{1}{\sin 45^\circ} = \frac{2}{\sqrt{2}}$$

$$= \sqrt{2}$$

Jadi, indeks bias garam dapur adalah $\sqrt{2}$

Jawaban: B

52. Indeks bias intan $n_i = \frac{5}{2}$

Indeks bias kaca keron $n_k = \frac{3}{2}$

Sudut kritis antara intan dan kaca keron

$$\sin i_k = \frac{n_k}{n_i} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{5}{2}} = \frac{3}{5} \Rightarrow i_k = 36,86^\circ$$

Jawaban: E

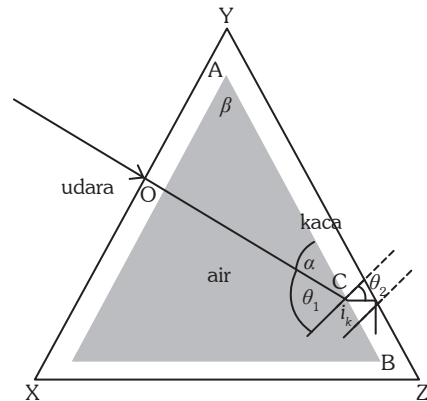
53. Indeks bias udara $n_1 = 1$

Indeks bias air $n_a = \frac{4}{3}$

Indeks bias kaca $n_k = \frac{3}{2}$

Pertama, sinar datang dari udara dengan sudut datang berimpit dengan garis normal ($\theta = 0^\circ$)

sehingga sinar tidak dibiaskan atau dipantulkan, melainkan diteruskan tanpa membelok hingga sampai di sisi AB.



Saat sinar sampai di sisi AB dengan sudut datang θ_1 , sinar dibiaskan ke kaca dengan sudut bias θ_2 . Pada bidang batas kaca-udara (bidang YZ), sinar mengalami pemantulan sempurna jika sudut datang pada bidang ini lebih besar daripada sudut kritis i_k .

Besar sudut kritis pada bidang YZ adalah

$$\sin i_k = \frac{n_u}{n_k}$$

$$\sin i_k = \frac{1}{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3}$$

Dari gambar dapat dilihat bahwa $\theta_2 = i_k$ sehingga dari persamaan Snellius

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_1 = \frac{n_k}{n_a} \sin i_k = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} \times \frac{2}{3} = \frac{3}{4}$$

Besar sudut α adalah $\alpha = 90^\circ - \theta_1$
Perhatikan segitiga AOC, nilai sinus β akan sama dengan nilai kosinus α sehingga

$$\sin \beta = \frac{OC}{AC} \text{ dan } \cos \alpha = \frac{OC}{AC}$$

$$\cos \alpha = \cos(90^\circ - \theta_1) \\ = \cos 90^\circ \cos \theta_1 + \sin 90^\circ \sin \theta_1$$

$$\cos \alpha = \sin \theta_1$$

Maka dari itu didapat nilai $\sin \beta$

$$\sin \beta = \cos \alpha = \sin \theta_1 = \frac{3}{4}$$

Jadi, agar terjadi pemantulan

sempurna, $\sin \beta$ harus bernilai $\frac{3}{4}$.

Perhatikan bahwa besar sudut β adalah sudut kritis agar terjadi pemantulan sempurna jika sinar datang dari air menuju udara.

Jawaban: D

B. Esai

1. Jarak sumber $x = 120$ m

Tinggi langit-langit $h = 25$

Jarak mendatar Ardhi ke langit-langit (sumbu- x):

$$y = \frac{1}{2}x = \frac{1}{2}(120) = 60 \text{ m}$$

Jarak yang ditempuh oleh gelombang yang dipantulkan oleh langit-langit

$$\frac{1}{2}R = \sqrt{y^2 + h^2} = \sqrt{(60)^2 + (25)^2} = 65 \text{ m}$$

$$R = 2(65) = 130 \text{ m}$$

Beda lintasan kedua gelombang bunyi bertemu di Ardhi:

$$\Delta s = R - x = 130 - 120 = 10 \text{ m}$$

- a. Bunyi paling kuat terjadi jika:

$$\Delta s = n\lambda$$

Pilih $n = 1$ sehingga panjang gelombang saat terjadi bunyi kuat adalah $\Delta s = \lambda \Rightarrow \lambda = 10 \text{ m}$

54. Jika kolam diisi setengahnya dengan air, maka kedalaman kolam hanya

$$h = \frac{1}{2} \times 2 = 1 \text{ m}$$

dan kedalaman semu kolam adalah

$$\frac{h'}{h} = \frac{1}{n_a} \Rightarrow h' = \frac{h}{n_a}$$

$$h' = \frac{1}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ m}$$

Jadi, kedalaman kolam dari lantai satu adalah $1 \text{ m} + 0,75 \text{ m} = 1,75 \text{ m}$

Jawaban: E

- b. Syarat bunyi lemah:

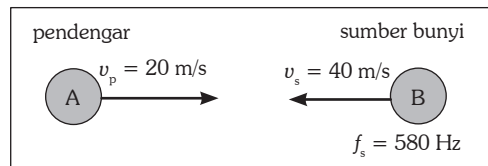
$$\Delta s = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

Untuk $n = 0$

$$10 = \frac{1}{2}\lambda$$

$$\lambda = 10(2) = 20 \text{ m}$$

2. Berikut sketsa yang sesuai dengan permasalahan pada soal.



Berdasarkan ilustrasi di atas, v_p bernilai positif dan v_s bernilai negatif sehingga perumusan efek Doppler menjadi

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s$$

$$f_p = \frac{330 + 20}{330 - 40} \cdot 580 = 700 \text{ Hz}$$

Jadi, frekuensi yang didengar oleh sopir yang berada di mobil A sebelum berpapasan adalah 700 Hz.

3. a. Untuk besar sudut $\theta = 60^\circ$, persamaan yang diberikan menjadi

$$\begin{aligned} f' &= \frac{v}{v - v_k \cos \theta} \cdot f \\ &= \frac{345}{345 - (50) \cos 60^\circ} (500) \\ &= 539 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Perhatikan, frekuensi yang terdengar lebih tinggi daripada frekuensi sumber saat kereta melaju menuju pengamat.

- b. Untuk besar sudut $\theta = 120^\circ$, persamaan yang diberikan menjadi

$$\begin{aligned} f' &= \frac{v}{v - v_k \cos \theta} \cdot f \\ &= \frac{345}{345 - (50) \cos 120^\circ} (500) \\ &= 466 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Perhatikan, frekuensi yang terdengar lebih rendah dari frekuensi sumber saat kereta melaju menjauhi siswa.

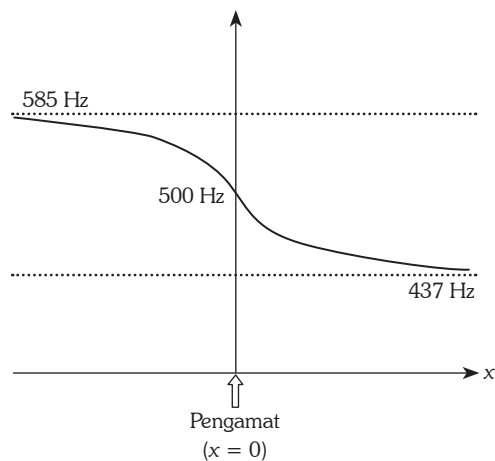
- c. Saat kereta berada jauh di sebelah kiri pengamat, θ sangat kecil (mendekati 0°). Oleh karena itu, untuk x negatif besar, frekuensi yang terdengar mendekati

$$\begin{aligned} f' &= \frac{v}{v - v_k \cos \theta} \cdot f \\ &= \frac{345}{345 - (50) \cos 0^\circ} (500) \\ &= 585 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Saat kereta berada jauh di sebelah kanan pengamat, θ mendekati 180° . Oleh karena itu, untuk x positif yang besar, frekuensi yang terdengar mendekati

$$\begin{aligned} f' &= \frac{v}{v - v_k \cos \theta} \cdot f \\ &= \frac{345}{345 - (50) \cos 180^\circ} (500) \\ &= 437 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Saat kereta berada di depan pengamat, yaitu, ketika $x = 0$ ($\theta = 90^\circ$), persamaan yang diberikan adalah $f' = 500 \text{ Hz}$. Grafik $f' - x$ harus memiliki bentuk sebagai berikut:



4. $f_1 = 296 \text{ Hz}$

$$L_2 = \frac{1}{2} L_1 \text{ dan } f_2 = \frac{1}{4}.$$

Frekuensi nada dasar

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Karena dawai tidak diganti (μ tetap),
maka perbandingan antara f_1 dan f_2

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} \times \frac{L_2}{L_1} = \frac{\frac{1}{2}L_1}{L_1} \sqrt{\frac{F_1}{\frac{1}{4}F_1}}$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{2} \sqrt{4} = 1$$

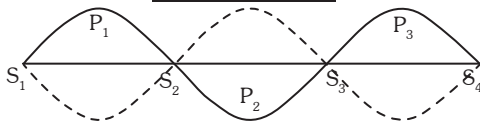
Jadi, frekuensi dawai menjadi
 $f_2 = f_1 = 296 \text{ Hz}$ (tetap).

5. Tegangan tali = berat beban
 $W = mg = 2 \times 10 = 20 \text{ N}$
Massa kawat per satuan panjang
 $\mu = \frac{m}{L} = \frac{0,3}{6} = 0,05 \text{ kg/m}$
Cepat rambat gelombang sepanjang kawat

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{20}{0,05}} = 20 \text{ m/s}$$

6. Nada atas kedua dari dawai dapat digambarkan sebagai berikut:

Nada Atas ke 2 DAWAI



Dari gambar di atas diperoleh 3 perut dan 4 simpul.

7. Mula-mula: frekuensi f , panjang dawai L

Perubahan: frekuensi f' , panjang dawai L'

Nada dasar dawai $\rightarrow \lambda = 2L$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2L}$$

$$\frac{f}{f'} = \frac{\frac{v}{2L}}{\frac{v}{2L'}} = \frac{L'}{L}$$

$$\frac{120}{f'} = \frac{\frac{1}{4}L}{L} = \frac{1}{4}$$

$$f' = 4 \times 120 = 480 \text{ Hz}$$

8. Ingat, perbandingan frekuensi pada dawai yaitu sebagai berikut:

$$2 = f_0 : f_1 : f_2 = 1 : 2 : 3$$

Dengan demikian,

$$f_2 = 3f = 3 \times 200 = 600 \text{ Hz}$$

9. $L = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$
 $m = 10 \text{ g} = 10^{-2} \text{ kg}$
 $F = 200 \text{ N}$

Frekuensi nada atas ke-3

Untuk menentukan frekuensi maka sebelumnya harus diketahui cepat rambat bunyi.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{200 \times 0,5}{0,01}}$$

$$v = \sqrt{10.000}$$

$$v = 100 \text{ m/s}$$

Frekuensi nada atas ke-3

$$f = \frac{4v}{2L} = \frac{2v}{L}$$

$$f = \frac{2 \times 100}{0,5}$$

$$f = 400 \text{ Hz}$$

Jadi, frekuensi nada atas ke-3 pada dawai tersebut adalah 400 Hz.

10. $L = 150 \text{ cm} = 1,5 \text{ m}$

$f_0 = 120 \text{ Hz}$

Nada dasar dawai

$$L = \frac{1}{2} \lambda$$

$$\lambda = 2L = 2 \times 1,5 = 3 \text{ m}$$

$$v = \lambda f = 3 \times 120 = 360 \text{ m/s}$$

Jadi, cepat rambat gelombang bunyi tersebut adalah 360 m/s.

11. Gelombang bunyi menghasilkan 4 simpul. Artinya, nada atas kedua

$$(\lambda = \frac{2}{3} L \text{ atau } L = \frac{3}{2} \lambda)$$

$$f = 150 \text{ Hz}$$

$$v = 240 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{240}{150} = \frac{8}{5} \text{ m}$$

$$L = \frac{3}{2} \lambda = \frac{3}{2} \times \frac{8}{5} = 2,4 \text{ m}$$

Jadi, panjang dawai tersebut adalah 2,4 m.

12. Diketahui frekuensi resonansi yang berurutan 375 Hz dan 450 Hz. Misalkan resonansi pertama adalah resonansi ke- n maka resonansi kedua adalah $n + 1$.

Perbandingan resonansi pada dawai

$$f_n : f_{n+1} = n : n + 1$$

$$\frac{f_n}{f_n + 1} = \frac{n}{n + 1}$$

$$\frac{375}{450} = \frac{n}{n + 1}$$

$$\frac{5}{6} = \frac{n}{n + 1} \Rightarrow n = 5$$

Artinya, resonansi ke-5 menghasilkan frekuensi 375 Hz. Oleh karena itu, frekuensi nada dasar atau resonansi ke-1 (f_1)

$$\frac{f_1}{f_5} = \frac{1}{5}$$

$$f_1 = \frac{f_5}{5}$$

$$f_1 = \frac{375}{5} \Rightarrow f_1 = 75 \text{ Hz}$$

Jadi, frekuensi nada dasar dawai adalah 75 Hz.

13. a. Kecepatan gelombang pada tali yang diregangkan diberikan oleh

$$\text{persamaan } v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \text{ sehingga}$$

kita dapatkan

$$v^2 = \frac{F}{\mu} \Rightarrow F = \mu v^2$$

$$F = (0,4)(12)^2 \\ = 57,6 \text{ N}$$

- b. Gunakan persamaan $\lambda f = v$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{12}{2} = 6 \text{ Hz}$$

- c. Karena bilangan harmonik yang lebih tinggi sesuai dengan panjang gelombang yang lebih pendek, bilangan harmonik gelombang berdiri 3,2 m harus lebih tinggi daripada gelombang berdiri 4 m. Kita diberi tahu bahwa bilangan harmonik ini adalah bilangan bulat berturut-turut, sehingga jika n adalah bilangan harmonik gelombang berdiri 4 m, maka $n + 1$ adalah bilangan harmonik gelombang 3,2 m. Oleh karena itu,

$$\frac{2L}{n} = 4 \dots (1)$$

dan

$$\frac{2L}{n + 1} = 3,2 \dots (2)$$

Persamaan pertama adalah $2L = 4n$ dan persamaan kedua adalah $2L = 3,2(n + 1)$.

Oleh karena itu,

$$4n = \frac{32}{10}(n+1)$$

$$n = 0,8n + 0,8$$

$$0,2n = 0,8 \Rightarrow n = 4$$

Substitusikan pada persamaan pertama.

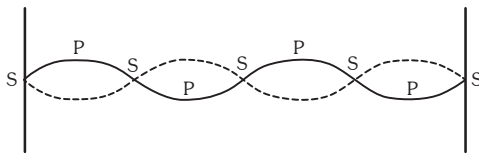
$$2L = 4(4)$$

$$L = \frac{16}{2} = 8 \text{ m}$$

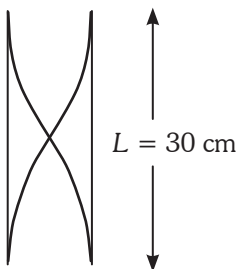
Karena $\mu = 0,4 \text{ kg/m}$, massa tali adalah

$$m = \mu L = (0,4)(8) = 3,2 \text{ kg.}$$

- d. Gelombang berdiri 4 meter memiliki bilangan harmonik $n = 4$.
- e. Sketsa gelombang berdiri 4 m lengkap dengan simpul (S) dan perut (P)



14. Perhatikan ilustrasi resonansi pertama pipa organa terbuka.



- a. Saat $L = 30 \text{ cm}$ kolom udara tersebut terjadi setengah gelombang.

$$L = \frac{1}{2}\lambda$$

$$\lambda = 2L = 2 \times 30 = 60 \text{ cm}$$

Jadi, panjang gelombang bunyi saat resonansi pertama adalah 60 cm.

- b. Resonansi kedua dan seterusnya, tinggi kolom udara bertambah $\frac{1}{2}\lambda$.

$$L = \frac{1}{2}\lambda + \frac{1}{2}\lambda = \lambda = 60 \text{ cm}$$

Jadi, resonansi kedua terdengar pada ketinggian kolom udara 60 cm.

$$\begin{aligned} 15. \quad I &= \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi R^2} \\ &= \frac{10\pi}{4\pi \times 10^2} = \frac{10\pi}{4\pi \times 100} \\ &= \frac{10}{400} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ watt/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 16. \quad \frac{I_N}{I_D} &= \left(\frac{R_D}{R_N} \right)^2 \\ \frac{9 \times 10^{-7}}{I_D} &= \left(\frac{6}{2} \right)^2 \\ 9 \times 10^{-7} \times 4 &= 36 \times I_D \\ I_D &= 10^{-7} \text{ watt/m}^2 \end{aligned}$$

17. Intensitas bunyi terhadap jarak tertentu terhadap sumber bunyi dirumuskan sebagai

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Berdasarkan rumus di atas, intensitas bunyi berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak sumber bunyi.

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

Hubungan I dan r dapat dituliskan:

$$I_A : I_B : I_C = \frac{1}{r_A^2} : \frac{1}{r_B^2} : \frac{1}{r_C^2}$$

Sekarang kita masukkan data-datanya.

$$I_A : I_B : I_C = \frac{1}{20^2} : \frac{1}{40^2} : \frac{1}{50^2}$$

$$= \frac{1}{400} : \frac{1}{1.600} : \frac{1}{2.500}$$

Kalikan masing-masing dengan 100 agar lebih sederhana.

$$I_A : I_B : I_C = \frac{1}{4} : \frac{1}{16} : \frac{1}{25}$$

Sekarang kalikan masing-masing dengan 400.

$$I_A : I_B : I_C = 100 : 25 : 16$$

Jadi, perbandingan intensitas bunyi di titik A, B, dan C berturut-turut adalah 100 : 25 : 16.

18. Diketahui:

$$P = 36\pi \text{ watt}$$

$$TI = 80 \text{ dB}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ watt m}^{-2}$$

Hubungan antara taraf intensitas dan intensitas dirumuskan sebagai

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$80 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$\log \frac{I}{10^{-12}} = 8 \quad [^a \log x = y \rightarrow x = a^y]$$

$$\frac{I}{10^{-12}} = 10^8$$

$$I = 10^{-4}$$

Hubungan intensitas dengan jarak sumber bunyi dirumuskan sebagai

$$I = \frac{P}{4\pi R^2}$$

$$R^2 = \frac{P}{4\pi I}$$

$$x^2 = \frac{36\pi}{4\pi \times 10^{-4}}$$

$$= 9 \times 10^4$$

$$x = \sqrt{9 \times 10^4}$$

$$= 300$$

Jadi, jarak sumber bunyi (x) adalah 300 m.

19. Taraf intensitas dengan sejumlah sumber bunyi berlaku ketentuan sebagai berikut.

Jika taraf intensitas bertambah $10k$, maka jumlah sumber bunyi akan naik 10^k kali.

Diketahui:

$$TI_1 = 80 \text{ dB}$$

$$TI_2 = 90 \text{ dB}$$

$$n_1 = 100$$

Kenaikan taraf intensitas:

$$\Delta TI = 90 - 80 = 10$$

$$10k = 10$$

$$k = 1$$

Jumlah sumber bunyi naik menjadi

$$n_2 = 10^k \times n_1 = 10^1 \times 100 = 1.000$$

Jadi, jumlah mesin yang digunakan adalah 1.000 mesin.

20. Lebar celah $d = 0,2 \text{ mm}$

$$\text{Panjang } \lambda = 6.000 \text{ \AA} = 6 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

Jarak celah ke layar

$$L = 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Orde } m = 4$$

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{d} = \frac{4(6 \times 10^{-4})}{0,2} = 0,012$$

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{y}{L}$$

$$y = L \sin \theta = 400 \times 0,012$$

$$y = 4,8 \text{ mm}$$

21. $\lambda = 700 \text{ nm} = 700 \times 10^{-6} \text{ mm}$

$L = 1 \text{ m} = 1.000 \text{ mm}$

$2y = 1,4 \text{ mm} \Rightarrow y = 0,7 \text{ mm}$

$d \sin \theta = m\lambda; m = 1,$

$\sin \theta = \frac{y}{L}$

$$d = \frac{m\lambda L}{y} = \frac{(1)(700 \times 10^{-6})(1.000)}{0,7}$$

 $= 1 \text{ mm}$

22. Lebar pita terang pusat $\rightarrow 2y = 450d$

Jarak celah ke layar $\rightarrow L = 18.000d$

$y = \frac{450}{2}d = 225d$

$\sin \theta \approx \tan \theta \approx \frac{y}{L}$

Dari persamaan: $d \sin \theta = m\lambda$

$\frac{d}{\lambda} = \frac{m}{\sin \theta} = m; n = 1$

$\frac{d}{\lambda} = \frac{(1)(18.000d)}{225d} = 80$

Perbandingan λ dan d adalah

$\frac{\lambda}{d} = \frac{1}{80}$

23. Diketahui $N = 5.000 \text{ garis/cm}$

$\theta = 30^\circ$

$m = 2$

Panjang gelombang cahaya

$d \sin \theta = m\lambda \rightarrow d = \frac{1}{N}$

$\lambda = \frac{\sin \theta}{mN} = \frac{\sin 30^\circ}{2(5.000)}$

$\lambda = 5 \times 10^{-5} \text{ cm} = 5.000 \text{ \AA}$

24. Diketahui

$\lambda = 5.400 \text{ \AA} = 5.400 \times 10^{-8} \text{ cm}$

$N = 2.000 \text{ garis/cm}$

Nilai maksimum fungsi sinus adalah

1 sehingga orde maksimum yang

mungkin terlihat

$\frac{1}{N} \sin \theta = m\lambda \Rightarrow m = \frac{\sin \theta}{N\lambda} = \frac{1}{N\lambda}$

$$m = \frac{1}{2.000 \times 5.400 \times 10^{-8}}$$

 $= \frac{10^8}{2 \times 54 \times 10^5} = 9,25 \approx 9$

25. Diketahui

$\theta = 37^\circ$ atau $\sin 37^\circ = 0,60$

Panjang gelombang cahaya yang digunakan:

$d \sin \theta = m\lambda$

$\sin \theta \approx \lambda \quad (m = 1)$

Indeks bias air $n = \frac{4}{3}$

Perbandingan panjang gelombang cahaya di udara (λ_1) dan di air (λ_2) adalah

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{4}{3}}{1} = \frac{4}{3}$$

sehingga

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{4}{3}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{3}{4} \sin \theta_1$$

 $= \frac{3}{4} \times \sin 37^\circ$
 $= \frac{3}{4} \times 0,6 = 0,45$

26. Garis ke-4 dari cahaya A (y_A) tepat menindih garis ke-3 cahaya B (y_B)

$y_A = y_B$

$m_A = 4 \quad \text{dan} \quad m_B = 3$

Kisi difraksi yang digunakan sama maka

$d_A = d_B \quad \text{dan} \quad L_A = L_B$

Dengan demikian,

$$d \sin \theta = m\lambda \rightarrow \sin \theta = \frac{y}{L}$$

$$\frac{d_A y_A}{d_B y_B} = \frac{m_A \lambda_A}{m_B \lambda_B} \Rightarrow \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{m_B}{m_A} = \frac{3}{4}$$

27. $\lambda = 460 \text{ nm}$

$N = 5.000 \text{ garis/cm}$

Sudut deviasi bayangan orde ke-3
($m = 3$)

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{d} = \frac{m\lambda}{\frac{1}{N}}$$

$$= Nm\lambda = (5.000)(3)(4,6 \times 10^{-5})$$

$\sin \theta = 0,69 \rightarrow \theta = 43,6^\circ$

28. Orde maksimum yang dapat dilihat:

$$d \sin \theta_m = m\lambda$$

$$m = \frac{d \sin \theta_m}{\lambda} = \frac{\sin \theta_m}{N\lambda}$$

Nilai maksimum fungsi sinus adalah 1
sehingga orde maksimum m adalah

$$m = \frac{1}{(5.000)(4,6 \times 10^{-5})} = 4,35 \approx 4$$

29. Bayangan-bayangan yang dihasilkan oleh lensa-lensa objektif dari teleskop memiliki diameter sudut tertentu karena difraksi dalam lensa objektif.

30. Titik dekat mata

$s_n = 25 \text{ cm} = 250 \text{ mm}$

Diameter pupil $D = 2 \text{ mm}$

Panjang gelombang

$\lambda = 550 \times 10^{-6} \text{ mm}$

Daya urai mata:

$$d_m = \frac{1,22\lambda s_n}{D}$$

$$= \frac{(1,22)(550 \times 10^{-6})(250)}{2}$$

$$= 0,08 \text{ mm}$$

31. Jarak dua lampu $d_m = 1,5 \text{ m}$

Diameter pupil $D = 1,22 \text{ mm}$

$= 1,22 \times 10^{-3} \text{ m}$

Panjang gelombang

$\lambda = 4.500 \text{ \AA} = 4.500 \times 10^{-10} \text{ m}$

Jarak lampu ke pengamat

$$L = \frac{d_m D}{1,22\lambda} = \frac{1,5(1,22 \times 10^{-3})}{(1,22)(4.500 \times 10^{-10})}$$

$L = 3,3 \times 10^3 \text{ m}$

32. Jarak pisah $d_2 = \frac{1}{2}d_1$

Jarak celah ke layar $L_2 = 2L_1$

Jarak antara 2 pita terang yang berdekatan adalah $2\Delta y$, dengan

$\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$ sehingga:

$$\frac{2\Delta y_2}{2\Delta y_1} = \frac{2L_2 \lambda/d_2}{2L_1 \lambda/d_1} = \frac{L_2 d_1}{L_1 d_2}$$

$$\frac{2\Delta y_2}{2\Delta y_1} = \frac{(2L_1)(2d_2)}{L_1 d_2} = 4$$

$\Delta y_2 = 4\Delta y_1$

33. Jarak terang ke-1 dan terang pusat
($m = 1$)

$y_1 = 0,024 \text{ m}$

Panjang gelombang

$\lambda_1 = 4.800 \text{ \AA}$

$\lambda_2 = 6.100 \text{ \AA}$

Dari persamaan

$$\frac{\lambda}{y} = \frac{d}{mL}, \text{ maka } \frac{\lambda_1}{y_1} = \frac{\lambda_2}{y_2}$$

$$y_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} y_1$$

$$y_2 = \frac{6.100}{4.800} (0,024) = 0,0305 \text{ m}$$

$$y_2 = 3,05 \text{ cm}$$

34. Diketahui

$$\lambda_1 = 5.200 \text{ \AA} = 5.200 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 6.500 \text{ \AA} = 6.500 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$d = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$L = 120 \text{ cm} = 120 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Pita terang berimpit sehingga $y_2 = y_1$.

$$\frac{\frac{y_2 d}{L}}{\frac{y_1 d}{L}} = \frac{m_2 \lambda_2}{m_1 \lambda_1} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{5.200}{6.500} = \frac{4}{5}$$

Jarak dari terang pusat

$$\begin{aligned} y_2 &= \frac{m_2 \lambda_2 L}{d} \\ &= \frac{4 (6.500 \times 10^{-10}) (120 \times 10^{-2})}{2 \times 10^{-3}} \\ &= 1,56 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

35. $L = 80 \text{ cm} = 8 \times 10^{-1} \text{ m}$

$$d = 0,06 \text{ mm} = 6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\lambda = 6.000 \text{ \AA} = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

a. Dua garis terang yang berurutan bisa T_1 ke T_2 , T_2 ke T_3 atau T_0 ke T_1 . Ambil jarak antara T_0 ke T_1 sehingga $m = 1$.

$$\begin{aligned} \Delta y &= y_{T_1} = \frac{m \lambda L}{d} = \frac{\lambda L}{d} \\ &= \frac{(6 \times 10^{-7}) (8 \times 10^{-1})}{6 \times 10^{-5}} \\ &= 8 \times 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

b. Jarak dua garis gelap yang berurutan akan sama dengan jarak 2 garis terang yang berurutan, yaitu $8 \times 10^{-3} \text{ m}$.

c. Ambil jarak antara terang pusat ke gelap pertama sehingga

$$\begin{aligned} \Delta y &= y_{G_1} = \frac{\left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda L}{d} = \frac{1}{2} \frac{\lambda L}{d} \\ &= \frac{(6 \times 10^{-7}) (8 \times 10^{-1})}{2 (6 \times 10^{-5})} \\ &= 4 \times 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

d. Jumlah garis terang yang tampak pada layar
 $2m + 1 = 2(100) + 1 = 201$ garis

$$\begin{aligned} d \sin \theta &= m \lambda \\ (6 \times 10^{-5}) (1) &= m (6 \times 10^{-7}) \\ m &= \frac{6 \times 10^{-5}}{6 \times 10^{-7}} = 100 \end{aligned}$$

36. Jarak celah $= d$

Konstanta planck $= h$

Laju rambat cahaya $= c$

Jarak celah dengan layar $= L$

Energi foton $= E$

Jarak antara garis-garis terang

$$2\Delta y = 2 \frac{L\lambda}{d}, \text{ dengan panjang}$$

$$\text{gelombang: } \lambda = \frac{hc}{E}$$

$$\Delta y = \frac{Lhc}{Ed}$$

37. Pada mulanya $I_2 = 0$ (tidak ada cahaya yang diteruskan) sehingga saat lembaran polaroid ketiga disisipkan di antara keduanya, intensitas cahaya yang diteruskan oleh polarisator 1 dan 3

$$I_{13} = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta = \frac{1}{2} I_0 \left[\frac{1}{2} \sqrt{2} \right]^2 = \frac{1}{4} I_0$$

Cahaya tak terpolarisasi ini kemudian masuk ke polarisator ke-2, sudut yang dibentuk 45° terhadap polarisator ke-3 maka intensitas cahaya yang keluar

$$\begin{aligned} I_{23} &= \frac{1}{2} I_{13} \cos^2 \theta \\ &= \frac{1}{2} \frac{1}{4} I_0 \cos^2 45^\circ \\ &= \frac{1}{8} \times \frac{2}{4} I_0 = \frac{1}{16} I_0 \end{aligned}$$

38. Sudut antara kedua transmisi $\theta = 45^\circ$

Jika intensitas cahaya yang datang ke polaroid pertama adalah I_0 dan intensitas cahaya yang keluar dari polaroid kedua adalah I_2 , maka sesuai dengan persamaan

$$\begin{aligned} I_2 &= I_1 \cos^2 \theta \\ I_2 &= \frac{1}{2} I_0 (\cos 45^\circ)^2 = \frac{1}{2} I_0 \left(\frac{1}{2} \sqrt{2} \right)^2 \\ I_2 &= \frac{1}{2} I_0 \left(\frac{2}{4} \right) = \frac{1}{4} I_0 \end{aligned}$$

39. Intensitas cahaya yang tiba di fotosel (I_2) 32% dari intensitas cahaya tak terpolarisasi sehingga

$$I_2 = 32\% I_0 = 0,32 I_0$$

$$\begin{aligned} I_2 &= I_1 \cos^2 \theta \\ 0,32 I_0 &= \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta \end{aligned}$$

$$\cos^2 \theta = 2 \times 0,32 = 0,64$$

$$\cos \theta = 0,8 \Rightarrow \theta = 36,9^\circ$$

40. Diketahui

$$n_{\text{kaca}} = 1,5$$

$$n_{\text{alkohol}} = 1,4$$

Sudut polarisasi θ_B dapat dihitung melalui

$$\tan \theta_B = \frac{n_{\text{alkohol}}}{n_{\text{kaca}}} = \frac{1,4}{1,5} = 0,93$$

$$\theta_B = \arctan 0,93 = 43^\circ$$

41. Sinar datar dari air ke udara

sehingga $n_1 = n_a = \frac{4}{3}$ dan

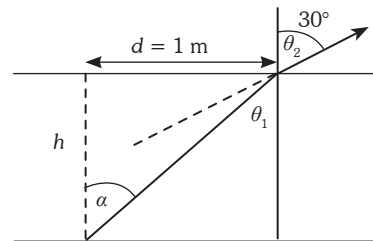
$$n_2 = n_u = 1$$

Sudut bias dalam udara adalah

$\theta_2 = 30^\circ$ dengan persamaan Snellius,

sudut datang θ_1 adalah

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$



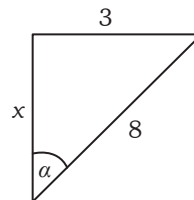
$$\sin \theta_1 = \frac{n_2}{n_1} \sin \theta_2 = \frac{1}{\frac{4}{3}} \sin 30^\circ$$

$$\sin \theta_1 = \frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$$

Besar sudut α adalah

$$\alpha = 180^\circ - (90^\circ + (90^\circ - \theta_1)) = \theta_1$$

Karena $\alpha = \theta_1$ maka $\sin \alpha = \sin \theta_1$



Berdasarkan segitiga di atas didapatkan

$$\sqrt{8^2 - 3^2} = \sqrt{55}$$

Jadi, tinggi h adalah

$$\tan \alpha = \frac{d}{h}$$

$$\frac{3}{\sqrt{55}} = \frac{1}{h}$$

$$h = \frac{\sqrt{55}}{3} = 2,47 \text{ m}$$

Kedalaman kolam renang adalah 2,47 m

42. Indeks bias minyak $n_m = 1,45$

Indeks bias air $n_a = 1,33$

Sinar datang pada lapisan minyak

dengan sudut datang $\theta_1 = 30^\circ$

sehingga $n_1 = n_u = 1$ dan

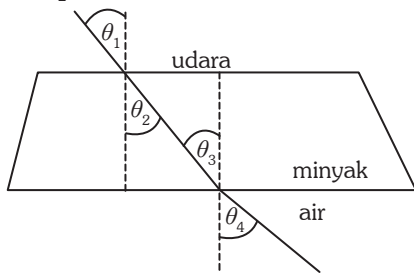
$n_2 = n_m = 1,45$.

Sudut bias dalam minyak adalah

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin 30^\circ = 1,45 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_2 = 0,345$$



Kemudian sinar menuju air dengan

sudut datang θ_3 , dengan $\theta_3 = \theta_2$

sehingga $\sin \theta_3 = \sin \theta_2$.

Karena sinar datang dari minyak,

maka $n_1 = n_m = 1,45$ menuju air,

$n_2 = n_a = 1,33$, dengan θ = sudut

bias dalam air.

Persamaan Snellius

$$n_1 \sin \theta_3 = n_2 \sin \theta_4$$

$$1,45 (0,345) = 1,33 \sin \theta$$

$$\sin \theta = 0,376$$

43. Panjang gelombang lampu sodium

$\lambda_s = 588 \text{ nm}$, indeks bias air $n_a = 4/3$.

Tetapkan indeks 1 untuk udara dan

indeks 2 untuk air.

Cepat rambat cahaya di udara

$$v_1 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Indeks bias udara $n_1 = 1$ dan

$$\text{Indeks bias air } n_2 = \frac{4}{3}$$

a. Cepat rambat cahaya cahaya dalam air, v_2

$$v_1 n_1 = v_2 n_2$$

$$v_2 = \frac{n_1}{n_2} v_1 = \frac{1}{\frac{4}{3}} (3 \times 10^8)$$

$$= 2,25 \times 10^8 \text{ m/s}$$

b. Panjang gelombang cahaya dalam air, λ_2

$$\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$$

$$\lambda_2 = \frac{\lambda_1 n_1}{n_2}$$

$$= \frac{588 \times 1}{\frac{4}{3}} = 441 \text{ nm}$$

c. Frekuensi cahaya dalam air

$$f = \frac{v_2}{\lambda_2} = \frac{2,25 \times 10^8}{441 \times 10^{-9}}$$

$$= 5,1 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

44. Indeks bias gelas $n_g = 1,5$

Indeks bias air $n_a = 1,33$

Sudut kritis untuk bidang batas air-gelas

$$\sin i_k = \frac{n_a}{n_g} = \frac{1,33}{1,50} \Rightarrow i_k = 62,5^\circ$$

PEMBAHASAN

PENILAIAN TENGAH SEMESTER

2

A. Pilihan Ganda

1. Berdasarkan persamaan $v = \lambda f$,

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{10}{5} = 2 \text{ m}$$

Jawaban: C

2. Jarak dari satu puncak ke puncak lainnya adalah panjang gelombang. Berdasarkan gambar pada soal,

$$\lambda = 6 \text{ m.}$$

$$v = \lambda f \text{ sehingga}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{600}{6} = 100 \text{ Hz}$$

Jawaban: B

3. Kedua pulsa mengalami interferensi destruktif sehingga meniadakan satu sama lain.

Jawaban: B

4. Amplitudo minimum terjadi ketika gelombang memiliki fase yang berlawanan. Amplitudo gelombang gabungan menjadi

$$8 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 5 \text{ cm.}$$

Amplitudo maksimum terjadi ketika gelombang memiliki fase yang sama. Amplitudo gelombang gabungan menjadi

$$8 \text{ cm} + 3 \text{ cm} = 11 \text{ cm.}$$

Jawaban: E

5. Gelombang memasuki medium baru yang berbeda kerapatannya sehingga kecepatannya berubah. Tali 2 memiliki kerapatan massa linier yang lebih besar daripada tali 1, dan

karena v berbanding terbalik dengan akar kuadrat dari kerapatan massa linier, maka kecepatan gelombang pada tali 2 akan lebih kecil daripada kecepatan gelombang pada tali 1.

Selain itu, persamaan $v = \lambda f$ harus selalu dipenuhi sehingga f tetap.

Fakta bahwa v berubah berarti λ juga harus berubah. Dengan kata lain, karena v berkurang saat memasuki tali 2, maka λ juga akan berkurang.

Jawaban: D

6. Interval waktu yang dibutuhkan suatu titik untuk berpindah dari $+A$ ke $-A$ sama dengan setengah dari periode gelombang. Pada kasus ini,

$$T = \frac{\lambda}{v} = \frac{8}{2} = 4 \text{ s}$$

Jadi, waktu yang dibutuhkan adalah

$$\frac{1}{2}(4) = 2 \text{ s.}$$

Jawaban: C

7. $f = 400 \text{ Hz}$, $v = 320 \text{ m/s}$, $\Delta x = 0,2 \text{ m}$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{320}{400} = 0,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \Delta \phi &= \frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{0,2}{0,8} = \frac{1}{4} \\ &= \frac{1}{4}(2\pi) \text{ rad} = \frac{1}{2}\pi \text{ rad} \end{aligned}$$

Jawaban: B

8. Bentuk umum persamaan gelombang berjalan transversal:

$$y = A \sin(\omega t \pm kx)$$

Pada soal, $y = 6 \sin\left(10\pi t - \frac{1}{2}\pi x\right)$

sehingga diketahui $\omega = 10\pi$ rad/s

$$\text{dan } k = \frac{1}{2}\pi$$

Sementara itu, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ sehingga

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{2}} = 4 \text{ cm}$$

Jawaban: E

9. Frekuensi

$$f_A = \frac{1}{T_A} = \frac{1}{0,10} = 10 \text{ Hz}$$

$$f_B = \frac{1}{T_B} = \frac{1}{0,08} = 12,5 \text{ Hz}$$

Jadi, gelombang A memiliki frekuensi yang lebih rendah daripada gelombang B.

Amplitudo

$$A_A = 15 \text{ cm}$$

$$A_B = 30 \text{ cm}$$

Jadi, amplitudo gelombang A lebih kecil dibandingkan dengan amplitudo gelombang B.

Periode

$$T_A = 0,10 \text{ s}$$

$$T_B = 0,08 \text{ s}$$

Jadi, gelombang A memiliki periode yang lebih besar dibandingkan gelombang B.

Fase awal

$$\varphi_A = \frac{\pi}{2}$$

$$\varphi_B = 0$$

Jadi, fase awal gelombang A dan B berbeda.

Frekuensi sudut

$$\omega_A = \frac{2\pi}{T_A} = \frac{2\pi}{0,10} = 20\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega_B = \frac{2\pi}{T_B} = \frac{2\pi}{0,08} = 25\pi \text{ rad/s}$$

Jadi, frekuensi sudut gelombang A lebih kecil dibandingkan dengan gelombang B.

Jawaban: E

10. $f = 5 \text{ Hz}$, $A = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$, $v = 20 \text{ m/s}$, gelombang merambat ke kanan.

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{20}{5} = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} y &= A \sin 2\pi \left(ft - \frac{x}{\lambda} \right) \\ &= 0,12 \sin 2\pi \left(5t - \frac{x}{4} \right) \\ &= 0,12 \sin 2\pi (5t - 0,25x) \text{ m} \end{aligned}$$

Jawaban: A

11. Berdasarkan gambar pada soal, diperoleh data $A = 4 \text{ cm}$, $x = 2 \text{ cm}$, $t = 0,4 \text{ s}$, $n = 2$.

$$\lambda = \frac{x}{n} = \frac{2}{2} = 1 \text{ cm}$$

$$T = \frac{t}{n} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} y &= A \sin \pi \left(\frac{2}{T}t - \frac{2}{\lambda}x \right) \\ &= 4 \sin \pi \left(\frac{2}{0,2}t - \frac{2}{1}x \right) \\ &= 4 \sin \pi (10t - 2x) \text{ cm} \end{aligned}$$

Jawaban: C

12. Jarak antarsimpul berturut-turut selalu sama dengan $\frac{1}{2}\lambda$. Jika gelombang berdiri pada tali yang

diikat di kedua ujung ini memiliki total 4 simpul, maka berlaku

$$L = 3 \left(\frac{1}{2} \lambda \right)$$

$$\lambda = \frac{2L}{3} = \frac{2(6)}{3} = 4 \text{ m}$$

Jawaban: D

13. Karena jarak antara dua simpul yang berurutan (atau bukit yang berurutan) sama dengan $\frac{1}{2} \lambda$, maka jarak antara simpul dan bukit terdekat adalah setengahnya, yaitu $\frac{1}{4} \lambda$. Dengan demikian,

$$\frac{1}{4} \lambda = 1 \Rightarrow \lambda = 4(1) = 4 \text{ m}$$

Panjang gelombang harmonik

$$\lambda = \frac{2L}{n} \Rightarrow n = \frac{2L}{\lambda} = \frac{2(10)}{4} = 5$$

Frekuensi harmonik kelima adalah

$$f_5 = \frac{5v}{2L} = \frac{5}{2L} \sqrt{\frac{F}{m/L}}$$

$$= \frac{5}{2(10)} \sqrt{\frac{40}{0,3/10}} = 9,1 \text{ Hz}$$

Jawaban: E

14. Persamaan gelombang stasioner:

$$y = 25 \sin 60t \cos 0,02x$$

Dari persamaan diperoleh data:

$$\omega = 60 \text{ s}^{-1} \text{ dan } k = 0,02 \text{ m}^{-1}$$

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{60}{0,02} = 3.000 \text{ m/s}$$

Jawaban: D

15. Pada senar terbentuk gelombang stasioner ujung tetap, $L = 2 \text{ m}$, terbentuk 5 simpul. Artinya, terdapat 2 gelombang sehingga

$$\lambda = \frac{2}{2} = 1 \text{ m}$$

Letak perut kedua, $n = 1$

$$x_{n+1} = (2n+1) \frac{\lambda}{4}$$

$$x_{1+1} = (2 \cdot 1 + 1) \frac{1}{4} = \frac{3}{4} \text{ m}$$

Jawaban: B

16. Kecepatan gelombang pada tali yang dapat ditentukan melalui persamaan

$$v = \sqrt{\frac{F}{m/L}} \text{ . Oleh karena itu,}$$

$$v = \sqrt{\frac{80}{1/5}} = \sqrt{400} = 20 \text{ m/s}$$

Jawaban: C

17. $s = 1 \text{ km}$, $\rho = 8.000 \text{ kg/m}^3$,
 $E = 2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^{11}}{8 \times 10^3}}$$

$$= \sqrt{25 \times 10^6} = 5 \times 10^3 \text{ m/s}$$

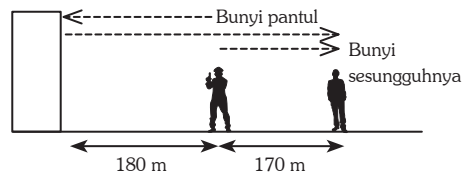
$$t = \frac{s}{v}$$

$$= \frac{10^3}{5 \times 10^3} = 0,2 \text{ s}$$

Jawaban: D

18. $s_{pg} = 180 \text{ m}$, $s_{po} = 170 \text{ m}$, $\Delta t = 1 \text{ s}$

Untuk mempermudah, berikut sketsanya.



Waktu perambatan bunyi sesungguhnya

$$t_1 = \frac{s_{po}}{v} = \frac{170}{v}$$

Waktu perambatan bunyi pantul

$$t_2 = \frac{2s_{pg} + s_{po}}{v} = \frac{2(180) + 170}{v} = \frac{530}{v}$$

Selang waktu keduanya dapat digunakan untuk menentukan nilai v .

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$1 = \frac{530}{v} - \frac{170}{v} = \frac{360}{v}$$

$$v = 360 \text{ m/s}$$

Jawaban: D

19. Secara umum, bunyi bergerak lebih cepat melalui benda padat daripada melalui gas. Oleh karena itu, ketika gelombang memasuki udara, kecepatannya akan berkurang. Namun, frekuensinya tidak akan berubah. Karena $v = \lambda f$ harus selalu dipenuhi, penurunan v menyebabkan berkurangnya λ .

Jawaban: A

20. Interferensi destruktif terjadi saat

$$\Delta s_1 = 20 \text{ cm}, \Delta s_2 = 60 \text{ cm},$$

$$\Delta s_3 = 100 \text{ cm},$$

$$v = 340 \text{ m/s}$$

$$\Delta s = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$\Delta s_1 = \left(0 + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$20 = \frac{1}{2}\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{2(20)}{1} = 40 \text{ cm}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0,4} = 850 \text{ Hz}$$

Jawaban: D

21. Intensitas gelombang sebanding dengan $\frac{1}{r^2}$ sehingga intensitas bunyi yang terdengar akan bertambah ketika ambulans mendekat. Sementara itu, perubahan nada dapat ditentukan melalui efek Doppler. Nada bunyi ditentukan

oleh frekuensinya. Berdasarkan efek Doppler, apabila sumber bunyi dan pendengar makin dekat, maka frekuensi atau nada yang didengar oleh pengamat makin tinggi.

Jawaban: A

22. Untuk menentukan jumlah layangan yang terjadi tiap detiknya, tentukan frekuensi kedua gelombang terlebih dahulu.

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{396}{1} = 396 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{396}{0,9} = 440 \text{ Hz}$$

Jadi, jumlah layangan tiap detik atau frekuensi pelayangan adalah

$$f_p = f_2 - f_1 = 440 - 396 = 44 \text{ Hz}$$

Jawaban: D

23. Dawai yang kedua ujungnya terikat apabila dipetik akan menghasilkan

$$\text{frekuensi dasar } f = \frac{v}{2L} \text{ . Jadi,}$$

frekuensi dasar berbanding terbalik dengan panjang dawai, sehingga

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{L_2}{L_1} = \frac{L}{2L} = \frac{1}{2}$$

Jawaban: E

24. Sistem dengan satu ujung tertutup dan satu ujung terbuka akan menghasilkan simpul di satu ujung dan perut di ujung lainnya. Dari gambar, Anda dapat melihat bahwa diagram menunjukkan gelombang dengan panjang gelombang terbesar yang mungkin dalam sistem ini. Jika itu adalah panjang gelombang terbesar, maka frekuensi yang dihasilkan adalah frekuensi frekuensi dasar atau harmonik pertama.

$$f_n = \frac{(2n+1)v}{4L}$$

$$f_0 = \frac{v}{4L} = f$$

Jadi, harmonik berikutnya adalah

$$f_1 = \frac{(2+1)v}{4L} = \frac{3v}{4L} = 3f$$

Jawaban: C

25. $r_B = 1 \text{ m}, r_C = 2 \text{ m}, r_E = 4 \text{ m}$

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

$$\begin{aligned} I_B : I_C : I_E &= \frac{1}{r_B^2} : \frac{1}{r_C^2} : \frac{1}{r_E^2} \\ &= \frac{1}{1^2} : \frac{1}{2^2} : \frac{1}{4^2} \\ &= 1 : \frac{1}{4} : \frac{1}{16} = 16 : 4 : 1 \end{aligned}$$

Jawaban: D

26. $n_1 = 100, TI_1 = 80 \text{ dB}, TI_2 = 90 \text{ dB}$

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log \frac{n_2}{n_1}$$

$$90 = 80 + 10 \log \left(\frac{n_2}{100} \right)$$

$$10 = 10 \log \left(\frac{n_2}{100} \right)$$

$$10 = \frac{n_2}{100} \Rightarrow n_2 = 1.000$$

Jawaban: A

27. Pola terang-gelap yang tersebar lebih jauh artinya y lebih besar. Berdasarkan persamaan interferensi celah ganda,

$$\frac{dy}{L} = m\lambda$$

diperoleh hubungan

$$y \propto \frac{\lambda L}{d}$$

Bila y besar, kemungkinan:

- Jarak antarcelah kecil. Pada percobaan ini, jarak antarcelah sama dengan diameter atau ketebalan rambut. Jadi, kemungkinan kelompok kedua menggunakan rambut yang lebih tipis.
- Panjang gelombang sinar yang digunakan besar. Pada percobaan, kelompok pertama menggunakan laser hijau yang panjang gelombangnya lebih kecil dibandingkan dengan laser warna merah. Jadi, kemungkinan kelompok kedua menggunakan laser merah yang panjang gelombangnya lebih besar.
- Jarak antara celah dan layar besar. Pada percobaan, ini adalah jarak antara rambut dan layar.

Jawaban: E

28. $\lambda = 5 \times 10^{-7} \text{ m},$
 $N_1 = 10.000 \text{ garis/cm},$
 $m_1 = 1, \theta = 30^\circ,$
 $N_2 = 5.000, m_2 = ?$

$$d \propto m \Rightarrow \frac{1}{N} \propto m$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\begin{aligned} m_2 &= \frac{N_1}{N_2} \times m_1 \\ &= \frac{10.000}{5.000} (1) = 2 \end{aligned}$$

Jadi, yang teramati adalah garis terang orde kedua.

Jawaban: B

29. Pada percobaan ini, variabel bebasnya adalah panjang gelombang dan variabel terikatnya adalah sudut. Berdasarkan persamaan pola interferensi,

$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$\sin \theta = m\lambda/d,$$

dengan $m = 1$ karena siswa mengukur sudut ke maksimum orde pertama. Jadi, untuk menemukan jarak *track*, dapat digunakan kebalikan dari kemiringan grafik 2.

Jawaban: D

30. $\lambda = 500 \times 10^{-9} \text{ m}$,
 $d = 0,2 \text{ mm} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ m}$,
 $L = 60 \text{ cm}$,
 $m = 2$,
 $y = ?$

$$\frac{dy}{L} = m\lambda \Rightarrow y = \frac{m\lambda L}{d}$$

$$y = \frac{2(500 \times 10^{-9})(60 \times 10^{-2})}{0,2 \times 10^{-3}} \\ = 3 \times 10^{-3} \text{ m} = 3 \text{ mm}$$

Jawaban: A

31. Karena dihasilkan pita terang, berarti kedua gelombangnya berinterferensi secara konstruktif. Artinya, beda lintasan haruslah bilangan bulat dikalikan panjang gelombang. Lintasan kedua gelombang cahaya yang berinterferensi pada pita terang pusat bernilai sama sehingga $\Delta s = 0$. Sementara itu, pada pita terang pertama (orde 1), $\Delta s = 1\lambda$. Jadi, selisih keduanya adalah λ .

Jawaban: D

32. Berdasarkan persamaan

$$\frac{dy}{L} = m\lambda \Rightarrow y = \frac{m\lambda L}{d}, \text{ nilai } y$$

dapat diperbesar dengan cara: (1) meningkatkan λ , (2) memperbesar jarak celah terhadap layar, dan (3) mengurangi jarak antarcelah. Memindahkan sumber cahaya lebih jauh dari celah tidak akan mengubah apa pun.

Jawaban: D

$$33. n_i = \frac{5}{2}, n_k = \frac{3}{2}$$

$$n_{ik} = n_{ik} = \frac{n_i}{n_k} \\ = \frac{5/2}{3/2} = \frac{5}{3}$$

Jawaban: A

34. Fenomena yang dapat diamati pada gelombang cahaya namun tidak terjadi pada gelombang bunyi adalah polarisasi. Hal ini karena polarisasi hanya bisa terjadi pada gelombang transversal, sementara bunyi adalah gelombang longitudinal.

Jawaban: A

35. Makin besar panjang gelombang, makin besar pelenturan gelombang di sekitar sudut. Hal ini dapat dilihat dalam persamaan untuk difraksi,

$$\text{yaitu } \sin \theta = \frac{m\lambda}{d}. \text{ Jika panjang}$$

gelombang kecil, sudut lentur difraksi juga kecil. Cahaya tampak memiliki panjang gelombang yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan panjang gelombang bunyi. Bunyi dapat melentur dengan sudut yang lebih besar dibandingkan dengan cahaya sehingga bunyi masih bisa terdengar oleh pengamat di sudut ruangan, sementara cahaya tidak.

Jawaban: D

B. Esai

1. a. Karena $f_{\text{layangan}} = 3 \text{ Hz}$, garpu tala dan dawai piano memiliki selisih sebesar 3 Hz. Karena garpu menghasilkan nada 440 Hz, senar piano menghasilkan nada dengan frekuensi

$$f = 440 + 3 = 443 \text{ Hz}$$

atau

$$f = 440 - 3 = 437 \text{ Hz}$$

- b. Jika frekuensi yang dihasilkan oleh senar piano terlalu tinggi, yaitu 443 Hz, perlu ditemukan cara untuk menurunkan frekuensi. Ingat bahwa frekuensi resonansi untuk tali terentang yang terikat di kedua ujungnya diberikan

$$\text{oleh persamaan } f = \frac{nv}{2L},$$

$$\text{dengan } v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}. \text{ Karena } f$$

terlalu tinggi, maka v juga terlalu tinggi. Untuk menurunkan v , nilai F atau tegangan senar harus diturunkan. Penala piano harus melonggarkan senar dan mendengarkan layangan lagi, kemudian menyesuaikan tegangan senar sampai layangan menghilang.

2. a. Untuk tabung ujung tertutup, frekuensi harmonik memenuhi

$$\text{persamaan } f = \frac{nv}{4L}.$$

Untuk $n = 1$,

$$f = \frac{v}{4L} \Rightarrow L = \frac{v}{4f}$$

$$L = \frac{343}{4(440)} = 0,195 \text{ m} = 19,5 \text{ cm}$$

- b. Karena tabung ujung tertutup hanya mendukung harmonik ganjil, frekuensi harmonik berikutnya yang lebih tinggi (nada pertama) adalah harmonik ketiga.

$$f_3 = 3f_1 = 3(440 \text{ Hz}) = 1.320 \text{ Hz}$$

3. a. Karena detektor bergerak ke arah sumber, gunakan tanda + di pembilang rumus efek Doppler, dan karena sumber bergerak ke arah detektor, gunakan tanda – di penyebut sehingga

$$f_D = \frac{v + v_D}{v - v_S} \cdot f_S$$

$$= \frac{v + \frac{1}{9}v}{v - \frac{1}{9}v} \cdot f_S$$

$$= \frac{5}{4} f_S = \frac{5}{4}(4) = 5 \text{ kHz}$$

- b. Karena frekuensi bergeser ke atas dengan faktor 5/4, panjang gelombang akan bergeser ke bawah oleh faktor yang sama.

$$\lambda_D = \frac{\lambda_S}{\frac{5}{4}} = \frac{4}{5} \lambda_S$$

4. Pak Syams adalah sumber bunyi (berteriak), sedangkan dinding adalah detektor atau pendengar sehingga

$$f_{\text{dinding}} = \frac{v}{v - v_{\text{Pak Syams}}} \cdot f$$

Kemudian, ketika gelombang bunyi memantul dari dinding (tanpa perubahan frekuensi saat memantul), dinding bertindak sebagai sumber bunyi dan Pak Syams berperan sebagai detektor.

$$f' = \frac{v + v_{\text{Pak Syams}}}{v} \cdot f_{\text{dinding}}$$

Substitusikan persamaan f_{dinding} ke persamaan di atas sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} f' &= \frac{v + v_{\text{Pak Syams}}}{v - v_{\text{Pak Syams}}} \cdot f \\ &= \frac{343 + 5}{343 - 5} (200) = 206 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Jadi, frekuensi layangan adalah

$$f_{\text{layangan}} = f' - f = 206 - 200 = 6 \text{ Hz}$$

5. a. Pita terang pertama, artinya $m = 1$

$$\begin{aligned} y &= \frac{m\lambda L}{d} \\ &= \frac{1(589 \times 10^{-9})(6)}{1,5 \times 10^{-3}} \\ &= 2,4 \times 10^{-3} \text{ m} = 2,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

- b. Pita gelap pertama terjadi ketika beda lintasan sinar adalah $0,5\lambda$, pita gelap kedua terjadi ketika beda lintasan adalah $1,5\lambda$, dan pinggiran gelap ketiga terjadi ketika beda lintasan adalah $2,5\lambda$. Oleh karena itu,

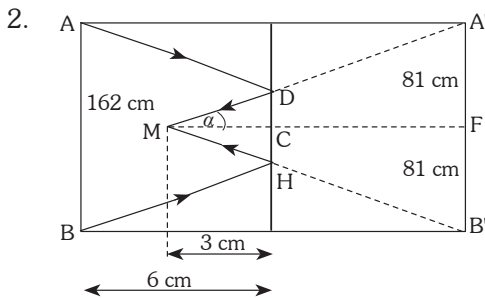
$$\begin{aligned} y &= \frac{\left(2 + \frac{1}{2}\right)\lambda L}{d} \\ &= \frac{\frac{5}{2}(589 \times 10^{-9})(6)}{1,5 \times 10^{-3}} \\ &= 5,9 \times 10^{-3} \text{ m} = 5,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

- c. Karena $y = \frac{m\lambda L}{d}$, penurunan d menyebabkan peningkatan y . Artinya, pola interferensi akan lebih tersebar.

A. Pilihan Ganda

1. Abu Ali Muhammad al-Hasan ibnu al-Haitham atau dikenal sebagai Alhazen merupakan ilmuwan yang pertama kali menjelaskan cara kerja mata manusia dalam membentuk bayangan secara detail. Beliau menulis kitab al-Manazir atau Buku Optik yang diakui sebagai rujukan ilmu optik sehingga beliau dijuluki sebagai Bapak Optik.

Jawaban: A



Misalkan AB adalah Usrok dengan tinggi 162 cm dan $A'B'$ adalah bayangannya. DH adalah tinggi minimum cermin agar bayangan $A'B'$ dapat terlihat. Tinggi DH didapat dengan membandingkan segitiga MCD dan segitiga MFA' .

$$\Delta MCD \rightarrow \tan \alpha = \frac{DC}{MC} = \frac{DC}{3}$$

$$\Delta MFA' \rightarrow \tan \alpha = \frac{A'F}{MF} = \frac{81}{6+3} = \frac{81}{9}$$

Dapat dilihat bahwa besar $\tan \alpha$ pada kedua segitiga adalah sama sehingga

$$\frac{DC}{MC} = \frac{A'F}{MF}$$

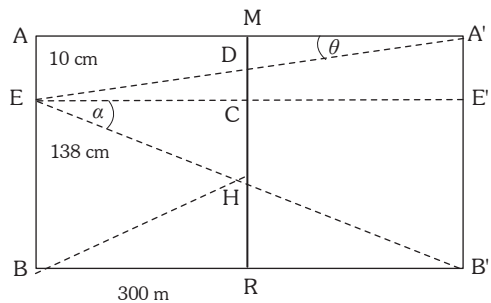
$$\frac{DC}{3} = \frac{81}{9} \Rightarrow DC = 27 \text{ cm}$$

Tinggi minimum cermin adalah:

$$DH = 2DC = 2(27) = 54 \text{ cm}$$

Jawaban: C

3. Misalkan AB adalah tinggi Rasyid, mata Rasyid ada di E maka $A'B'$ adalah bayangan AB oleh cermin MR , sedangkan DH adalah ukuran cermin terkecil agar mata dapat melihat bayangan $A'B'$.



Perhatikan segitiga $AA'E$ dan segitiga $MA'D$

$$\begin{aligned} \Delta AA'E \rightarrow \tan \theta &= \frac{AE}{AA'} = \frac{AE}{AM + MA'} \\ &= \frac{10}{300 + 300} = \frac{10}{600} = \frac{1}{60} \end{aligned}$$

$$\Delta MA'D \rightarrow \tan \theta = \frac{MD}{MA'} = \frac{MD}{300}$$

Besar $\tan \theta$ pada kedua segitiga adalah sama sehingga

$$\frac{AE}{AA'} = \frac{MD}{MA'} \Rightarrow \frac{1}{60} = \frac{MD}{300}$$

$$MD = \frac{300}{60} = 5 \text{ cm}$$

Tinggi DC adalah

$$AE - MD = 10 - 5 = 5 \text{ cm}$$

Perhatikan segitiga ECH dan segitiga $EE'B'$

Besar sudut α pada kedua segitiga adalah sama sehingga nilai $\tan \alpha$ akan memiliki nilai yang sama.

$$\Delta ECH \rightarrow \tan \alpha = \frac{CH}{EC} = \frac{CH}{300}$$

$$\Delta EE'B' \rightarrow \tan \alpha = \frac{E'B'}{EE'} = \frac{138}{EC + E'C}$$

$$= \frac{138}{300 + 300} = \frac{138}{600}$$

$$\frac{CH}{EC} = \frac{E'B'}{EE'} \Rightarrow \frac{CH}{300} = \frac{138}{600}$$

$$CH = 69 \text{ cm}$$

Dengan demikian, ukuran vertikal cermin adalah

$$DH = DC + CH = 5 + 69 = 74 \text{ cm}$$

Ketinggian titik terendah cermin terhadap lantai

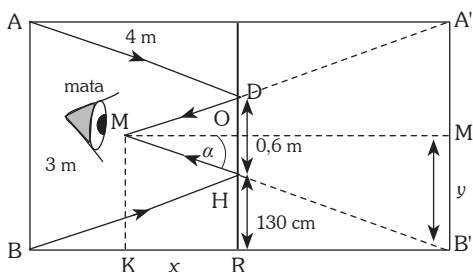
$$HR = MR - MD - DH$$

$$= 148 - 5 - 74$$

$$= 69 \text{ cm}$$

Jawaban: E

4. Tinggi mata anak dari lantai adalah $M'B'$



Berdasarkan perbandingan segitiga MOH dan $MM'B'$ diperoleh

$$\frac{OH}{MO} = \frac{M'B'}{MO + OM'} \Rightarrow \frac{0,3}{x} = \frac{y}{x + 4}$$

$$0,3(4 + x) = xy$$

$$1,2 + 0,3x = xy \quad \dots(1)$$

Berdasarkan perbandingan segitiga MKB' dan HRB' diperoleh

$$\frac{MK}{KB'} = \frac{HR}{RB'} \rightarrow \frac{y}{x + 4} = \frac{1,3}{4}$$

$$4y = 1,3(x + 4) \Rightarrow 4y = 1,3x + 5,2$$

$$y = \frac{1,3}{4}x + \frac{5,2}{4} \quad \dots(2)$$

Substitusikan persamaan (2) ke persamaan (1).

$$1,2 + 0,3x = x \left(\frac{1,3}{4}x + \frac{5,2}{4} \right)$$

$$4(1,2 + 0,3x) = 1,3x^2 + 5,2x$$

$$4,8 + 1,2x = 1,3x^2 + 5,2x$$

$$1,3x^2 + 4x - 4,8 = 0$$

$$x_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x_{12} = \frac{-4 \pm \sqrt{4^2 - 4(1,3)(-4,8)}}{2(1,3)}$$

$$= \frac{-4 \pm \sqrt{40,96}}{2,6} = \frac{-4 \pm 6,4}{2,6}$$

$$x_1 = \frac{-4 + 6,4}{2,6} = 0,92 \text{ (memenuhi)}$$

$$x_2 = \frac{-4 - 6,4}{2,6} = -4 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Ambil nilai x yang positif. Jarak mata dari cermin adalah $0,92 \text{ m} = 92 \text{ cm}$.

Substitusikan nilai x ke persamaan (2).

$$y = \frac{1,3}{4}(0,92) + \frac{5,2}{4} = 0,3 + 1,3$$

$$= 1,6 \text{ m}$$

Jadi, jarak mata dari lantai adalah $1,6 \text{ m} = 160 \text{ cm}$.

Jawaban: E

5. Jari-jari cermin $R = 36 \text{ cm}$

Bayangan tegak dan berukuran 3 kali ukuran bendanya, artinya $M = +3$ (bayangan maya)

$$M = \frac{-s'}{s} \Rightarrow 3 = \frac{-s'}{s} \Rightarrow s' = -3s$$

Jarak benda

$$\begin{aligned}\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} &= \frac{2}{R} \\ \frac{1}{s} + \frac{1}{-3s} &= \frac{2}{R} \\ \frac{3-1}{3s} &= \frac{2}{R} \Leftrightarrow \frac{2}{3s} = \frac{2}{R} \\ 3s &= R \\ s &= \frac{R}{3} = \frac{36}{3} = 12 \text{ cm}\end{aligned}$$

Jadi, benda harus diletakkan 12 cm di depan cermin untuk mendapatkan bayangan tegak diperbesar 3 kali.

Jawaban: A

6. Jarak benda $s = 15$ cm
Tinggi benda $h = 8$ cm
Jari-jari kelengkungan cermin
 $R = -45$ cm
Jarak bayangan

$$\begin{aligned}\frac{1}{s'} &= \frac{2}{R} - \frac{1}{s} \\ &= \frac{2}{-45} - \frac{1}{15} = \frac{-2-3}{45} = -\frac{5}{45} \\ s' &= -\frac{45}{5} = -9 \text{ cm}\end{aligned}$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa bayangan adalah tegak dan maya.

Jadi, sifat bayangan yang terbentuk adalah tegak, maya, diperkecil ($M = 0,5 < 1$) dan terletak di belakang cermin.

Jawaban: D

7. Jari-jari lengkung $R = -40$ cm
(cembung) jarak benda $s = 10$ cm
Letak bayangan

$$\begin{aligned}\frac{1}{s'} &= \frac{2}{R} - \frac{1}{s} = \frac{2}{-40} - \frac{1}{10} \\ &= -\frac{1}{20} - \frac{1}{10} = \frac{-1-2}{20} \\ &= -\frac{3}{20} \Rightarrow s' = -\frac{20}{3} \text{ cm}\end{aligned}$$

Bayangan terletak pada jarak $\frac{-10}{3}$ cm di belakang cermin

(s' bertanda negatif)

Perbesaran bayangan M

$$\begin{aligned}M &= \frac{-s'}{s} \\ &= \frac{-\left(-\frac{20}{3}\right)}{10} = \frac{20}{30} = \frac{2}{3} \text{ kali}\end{aligned}$$

Tanda positif menunjukkan bahwa bayangan adalah nyata, tegak, dan diperkecil.

Jawaban: D

8. Jarak paku dari cermin A adalah $s_A = 30$ cm
Jarak kedua cermin $d = 15$ cm
Pada cermin cermin A, jarak bayangan paku sama dengan jarak paku sehingga $s'_A = s_A = 30$ cm (di belakang cermin)
Bayangan yang dibentuk cermin A merupakan benda bagi cermin B.
Jarak benda pada cermin B

$$\begin{aligned}d &= s'_A + s_B \\ 15 &= 30 + s_B \Rightarrow s_B = -15 \text{ cm.}\end{aligned}$$

Pada cermin B, paku (benda) berjarak 15 cm di belakang cermin.

Bayangan maya yang dibentuk cermin A dan cermin B saling berimpit sehingga $s'_B = s'_A = 15$ cm, maka jari-jari kelengkungan cermin B.

$$\begin{aligned}\frac{2}{R_B} &= \frac{1}{s'_B} + \frac{1}{s_B} = \frac{1}{-15} + \frac{1}{-15} = -\frac{2}{15} \\ \frac{R_B}{2} &= -\frac{15}{2} \text{ cm} \\ &= -15 \text{ cm}\end{aligned}$$

Jawaban: A

9. Untuk cermin 1 (cermin cekung) jarak fokus, $f = +8$ cm, jarak benda $s = 12$ cm sehingga jarak bayangan adalah

$$s' = \frac{1}{f} - \frac{1}{s} = \frac{s - f}{sf}$$

$$s' = \frac{sf}{(s - f)}$$

$$s' = \frac{(12)(8)}{(12 - 8)} = 24 \text{ cm}$$

Jadi, bayangan pertama cermin 1, B_1 berada 24 cm di depan cermin 1.

Untuk cermin 2 (cermin cembung) Jari-jari $R = 12$ cm sehingga jarak

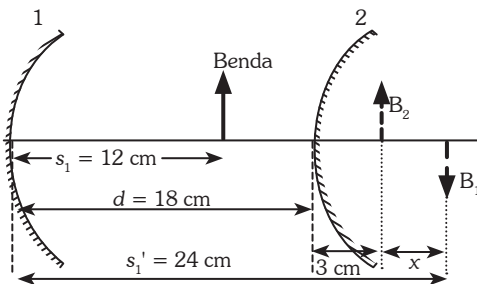
fokus $f = -\frac{R}{2} = -6$ cm. Dari gambar

berikut, jarak benda ke cermin B, $s = 18 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 6$ cm, maka jarak bayangan,

$$s' = \frac{sf}{(s - f)}$$

$$s' = \frac{(6)(-6)}{(6) - (-6)} = -3 \text{ cm}$$

Jadi, bayangan pertama cermin 2, B_2 berada 3 cm di belakang cermin 2.



Dari gambar di atas, diketahui jarak antara bayangan cermin 1 dan cermin 2 adalah $24 - 18 - 3 = 3$ cm.

Jawaban: A

10. Cermin 1 adalah cermin cembung yang pertama memantulkan benda dan cermin 2 adalah cermin cekung (lihat gambar).

Jari-jari $R_1 = R_2 = 60$ cm

Fokus cermin 1, $f_1 = \frac{R_1}{2} = \frac{-60}{2}$

$= -30$ cm (cermin cembung)

Fokus cermin 2, $f_2 = -\frac{R_2}{2} = \frac{60}{2}$

$= +30$ cm (cermin cekung)

Bayangan yang dihasilkan cermin 1 adalah

$$s_1' = \frac{s_1 f}{s_1 - f}$$

$$s_1' = \frac{(50)(-30)}{50 - (-30)} = -\frac{75}{4} \text{ cm (maya)}$$

Bayangan cermin 1 merupakan benda bagi cermin 2 sehingga berlaku

$$d = s_1' + s_2 \Rightarrow s_2 = d - s_1'$$

$$s_2 = 100 - \left(-\frac{75}{4}\right) = \frac{475}{4} \text{ cm}$$

Bayangan yang dihasilkan cermin 2 adalah

$$s_2' = \frac{s_2 f}{(s_2 - f)}$$

$$\left(\frac{475}{4}\right)(30)$$

$$s_2' = \frac{\left(\frac{475}{4} - 30\right)}{\left(\frac{475}{4} - 30\right)} = \frac{2.850}{71} \text{ cm (nyata)}$$

Tinggi bayangan akhir kita peroleh dengan menerapkan

$$M = M_1 \times M_2$$

$$M = \left(-\frac{s_1'}{s_1}\right) \left(-\frac{s_2'}{s_2}\right)$$

$$= \left[\frac{\left(-\frac{75}{4}\right)}{50}\right] \left[\frac{\frac{2.850}{71}}{\frac{475}{4}}\right]$$

$$M = \frac{-9}{71}$$

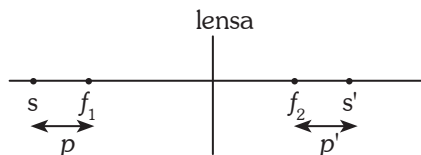
sehingga tinggi bayangan akhir adalah

$$h' = Mh = \left(\frac{-9}{71}\right)(8) = -1 \text{ cm}$$

Jadi, bayangan akhir memiliki ukuran tinggi 1,0 cm. Tanda negatif pada h_2 menyatakan bahwa bayangan akhir adalah terbalik terhadap bendanya semula.

Jawaban: E

11.



p' = jarak bayangan dari fokus 2

p = jarak benda dari fokus 1

Dari gambar, jarak benda dari lensa,

$$s = p + f$$

jarak bayangan dari lensa

$$s' = p' + f.$$

Gunakan persamaan umum lensa tipis.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} \Leftrightarrow f = \frac{s's}{s'+s}$$

Substitusikan nilai s dan s' didapat

$$f = \frac{(p'+f)(p+f)}{(p'+f)+(p+f)}$$

$$f = \frac{p'p + p'f + pf + f^2}{p' + p + 2f}$$

$$p'f + pf + 2f^2 = p'p + p'f + pf + f^2$$

$$f^2 = p'p$$

Jawaban: A

12. Jarak benda ke layar $d = 40$ cm.

Jarak fokus lensa $f = 7,5$ cm

Jika jarak benda ke lensa adalah s , maka jarak lensa ke layar adalah

$$s' = d - s = 40 - s$$

Dari persamaan umum lensa tipis,

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \Leftrightarrow f = \frac{ss'}{s'+s}$$

$$7,5 = \frac{s(40-s)}{(40-s)+s} = \frac{40s-s^2}{40}$$

$$300 = 40s - s^2$$

$$s^2 - 40s + 300 = 0$$

Nilai s didapat dengan mencari akar-akar persamaan di atas.

$$\begin{aligned} s &= \frac{-(-40) \pm \sqrt{(40)^2 - 4(1)(300)}}{2(1)} \\ &= \frac{40 \pm \sqrt{1.600 - 1.200}}{2} = \frac{40 \pm \sqrt{400}}{2} \\ &= \frac{40 \pm 20}{2} \end{aligned}$$

Jadi, jarak benda ke lensa yang mungkin adalah

$$s_1 = \frac{40 + 20}{2} = 30 \text{ cm}$$

dan

$$s_2 = \frac{40 - 20}{2} = 10 \text{ cm}$$

Jawaban: C

13. Dari persamaan umum lensa tipis

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = \frac{1}{S} + \frac{1}{D-S}$$

$$f = \frac{(D-S)S}{(D-S)+S} = \frac{DS-S^2}{D}$$

$$fD = DS - S^2 \Leftrightarrow S^2 - DS + fD = 0$$

Nilai S dapat dicari dengan menghitung akar-akar dari persamaan kuadrat dengan rumus abc .

$$S = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4(a)(c)}}{2a}$$

dengan $a = 1$, $b = -D$ dan $c = fD$.

Dengan demikian,

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{-(-D) \pm \sqrt{(-D)^2 - 4(a)(c)}}{2(1)} \\
 &= \frac{D \pm \sqrt{D^2 - 4fD}}{2} \\
 S &= \frac{D \pm \sqrt{D^2 \left(1 - \frac{4f}{D}\right)}}{2} \\
 &= \frac{D \pm D\sqrt{1 - \frac{4f}{D}}}{2} \\
 S &= \frac{D}{2} \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{4f}{D}} \right]
 \end{aligned}$$

Jawaban: A

14. $R_1 = 8 \text{ cm}$ dan $R_2 = 12 \text{ cm}$
 Jarak benda $s = 21 \text{ cm}$
 Jarak bayangan $s' = 42 \text{ cm}$
 Jarak fokus dihitung dengan persamaan umum lensa tipis.

$$f = \frac{ss'}{s' + s} = \frac{(21)(42)}{21 + 42} = \frac{882}{63} = \frac{42}{3} \text{ cm}$$

 $f = 14 \text{ cm}$
 Jadi, jarak fokus lensa adalah 14 cm .
 Indeks bias dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pembuat lensa.

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{f} &= \left(\frac{n_L}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \\
 n_m &= n_{\text{udara}} = 1 \\
 \frac{1}{f} &= \left(\frac{n_L}{1} - 1 \right) \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{12} \right) \\
 \frac{1}{14} &= (n_L - 1) \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{12} \right) \\
 \frac{1}{14} &= (n_L - 1) \times \frac{5}{24} \\
 (n_L - 1) &= \frac{24}{14 \times 5} \\
 n_L &= \frac{12}{35} + 1 \\
 n_L &= \frac{12}{35} + \frac{35}{35} = \frac{47}{35} = 1,34
 \end{aligned}$$

Jadi, lensa tersebut dari bahan (gelas) dengan indeks bias $1,34$.

Jawaban: D

15. Lensa dengan $n_2 = 1,5$, $R_1 = 20 \text{ cm}$

Jarak benda $s = 36 \text{ cm}$

Bagian belakang lensa diasah sehingga nilai R_2 berubah.

Jarak bayangan $s' = 72 \text{ cm}$ (nyata)

Jarak fokus

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{f} &= \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{72} + \frac{1}{36} = \frac{1+2}{72} = \frac{3}{72} \\
 f &= 24 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jari-jari lengkung permukaan dapat dicari dengan menggunakan persamaan pembuat lensa. Lensa berada di udara sehingga $n_m = 1$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{f} &= \left(\frac{n_L}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \\
 \frac{1}{24} &= \left(\frac{1,5}{1} - 1 \right) \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{R_2} \right) \\
 &= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{R_2} \right) \\
 \frac{2}{24} &= \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{R_2} \right) \\
 \frac{1}{R_2} &= \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{20} \right) = \frac{20-12}{240} = \frac{8}{240} \\
 R_2 &= 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, jari-jari lengkung permukaan belakang lensa adalah 30 cm .

Jawaban: B

16. Jarak fokus lensa 1 $f_1 = 15 \text{ cm}$

Jarak fokus lensa 2 $f_2 = -f$

Jarak benda pada lensa 1 $s_1 = 20 \text{ cm}$

Bayangan akhir $s'_2 = 60 \text{ cm}$ (nyata)

Jarak kedua lensa $d = 40 \text{ cm}$

Pertama, hitung letak bayangan s_1 terhadap lensa 1

$$\frac{1}{s_1} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{s'_1} = \frac{1}{15} - \frac{1}{20}$$

$$= \frac{20-15}{300} = \frac{5}{300}$$

$$s'_1 = 60 \text{ cm (di belakang lensa)}$$

Kedua, hitung letak benda terhadap lensa 2, s_2

$$d = s'_1 + s_2$$

$$40 = 60 + s_2$$

$$s_2 = 40 - 60 = -20 \text{ cm}$$

Ketiga, hitung jarak fokus lensa 2, f_2

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_2} + \frac{1}{s'_2} = \frac{1}{-20} + \frac{1}{60} = \frac{-3+1}{60} = \frac{-2}{60}$$

$$f = \frac{60}{-2} = -30 \text{ cm}$$

Jadi, jarak fokus lensa 2 adalah 30 cm.

Jawaban: C

17. Kuat lensa di udara $P_u = 5$ dioptri

Jarak fokus lensa di udara

$$f_u = \frac{100}{p_u} = \frac{100}{5} = 20 \text{ cm}$$

Lensa diletakkan di udara, sehingga

$$n_m = n_u = 1 \text{ dan } n_2 = \frac{3}{2}.$$

Dari persamaan pembuat lensa,

$$\frac{1}{f_u} = \left(\frac{n_l}{n_u} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{1}{20} = \left(\frac{\frac{3}{2}}{1} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \dots (1)$$

Lensa diletakkan di air sehingga

$$n_m = n_u = \frac{4}{3}, \text{ dan } n_2 = \frac{3}{2}.$$

Dari persamaan pembuat lensa,

$$\frac{1}{f_a} = \left(\frac{n_l}{n_a} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{1}{f_a} = \left(\frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \dots (2)$$

Bagi persamaan (1) dengan (2) sehingga diperoleh

$$\frac{f_a}{20} = 4 \Rightarrow f_a = 20 \times 4 = 80 \text{ cm}$$

Kuat lensa di air, P_a

$$P_a = \frac{100}{f_a} = \frac{100}{80} = \frac{5}{4} \text{ dioptri}$$

Jawaban: D

18. Titik jauh 250 cm

Agar dapat melihat benda-benda jauh pada jarak tak berhingga ($s = \infty$), Ali harus menggunakan lensa yang menghasilkan bayangan tepat di depan titik jauhnya sehingga $s' = -250 \text{ cm}$ dan $s = \infty$

Gunakan persamaan lensa tipis untuk menghitung f .

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{-250} = \frac{1}{f}$$

$$0 + \frac{1}{-250} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = -250 \text{ cm}$$

Kuat lensa, P

$$P = \frac{100}{f}, f \text{ dalam cm}$$

$$P = \frac{100}{-250} = -0,4 \text{ dioptri}$$

Jadi, Ali harus menggunakan lensa dengan fokus - 250 cm dan kuat lensa -0,4 dioptri.

Jawaban: A

19. Titik dekat mata 75 cm

Jarak fokus lensa yang harus digunakan agar dapat membaca pada jarak $s = 30$ cm, penderita rabun dekat harus menggunakan lensaacamata yang menghasilkan bayangan dengan jarak yang sama dengan titik dekat penderita sehingga

$$s' = -75 \text{ cm} \quad \text{dan} \quad s = 30 \text{ cm}$$

Gunakan persamaan lensa tipis untuk menghitung jarak fokus, f

$$\begin{aligned} \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} &= \frac{1}{f} \\ \frac{1}{30} + \frac{1}{-75} &= \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1,5}{75} = \frac{1}{f} \\ f &= \frac{75}{1,5} = 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kuat lensa, P

$$P = \frac{100}{50} = 2 \text{ dioptri}$$

Jadi, lensa yang digunakan harus memiliki jarak fokus 50 cm dan kuat lensa 2 dioptri.

Jawaban: C

20. Kuat lensa mula-mula $P_1 = 0,8$ dioptri

Kuat lensa kemudian $P_2 = 1,1$ dioptri

Jarak fokus pertama:

$$f_1 = \frac{100}{P_1} = \frac{100}{0,8} = 125 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'_1} = \frac{1}{f_1}$$

$$s_n = 25 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{25} + \frac{1}{s'_1} = \frac{1}{125}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{s'_1} &= \frac{1}{125} - \frac{1}{25} = \frac{1-5}{125} = \frac{-4}{125} \\ s'_1 &= -31,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jarak fokus kedua:

$$f_2 = \frac{100}{P_2} = \frac{100}{1,10} \text{ cm}$$

Dari persamaan lensa tipis,

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'_2} = \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{1}{25} + \frac{1}{s'_2} = \frac{1}{\frac{100}{1,1}}$$

$$\frac{1}{s'_2} = \frac{1,1}{100} - \frac{1}{25} = \frac{1,1-4}{100}$$

$$\frac{1}{s'_2} = \frac{-2,9}{100} \Rightarrow s'_2 = -34,48 \text{ cm}$$

Titik dekat mula-mula adalah 31,25 cm, lalu titik dekat mata menjadi 34,48 cm. Pergeseran yang terjadi adalah

$$x = 34,48 - 31,25 = 3,23 \text{ cm atau}$$

$$x = \frac{3,23}{31,25} \times 100\% = 10,3\%$$

Jadi, titik dekat mata Sari bergeser 10,3% ke depan dari titik dekat awalnya.

Jawaban: A

21. Kuat lensa $P = 3$ dioptri

Jarak fokus lensa adalah

$$f = \frac{100}{P} = \frac{100}{3} \text{ cm}$$

Jarak baca dengan kacamata,

$$s = 25 \text{ cm}$$

Jarak bayangan yang dibentuk, s'

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{25} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{\frac{100}{3}} \Rightarrow \frac{1}{s'} = \frac{3}{100} - \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{3-4}{100} = -\frac{1}{100} \Rightarrow s' = -100 \text{ cm}$$

Penderita rabun dekat menggunakan kacamata berlensa positif agar dapat menghasilkan bayangan di depan lensa pada jarak yang sama dengan titik dekatnya. Jadi, $s' = -$ titik dekat penderita rabun dekat sehingga titik dekat penderita adalah 100 cm. Jadi, Zulkifli dapat membaca pada jarak 100 cm tanpa kacamata.

Jawaban: A

22. Titik jauh = 4,00 m

Tinggi pohon $h = 3,16$ m

Jarak pohon $s = 12$ m

Agar dapat melihat benda-benda pada jarak tak berhingga ($s = \infty$), penderita rabun jauh harus menggunakan lensa kacamata yang menghasilkan bayangan di depan lensa pada jarak yang sama dengan titik jauh penderita.

Dengan demikian,

$s' = -$ titik jauh (negatif karena bayangan terletak di depan lensa)

$s' = -4$ m dan $s = \infty$

Jarak fokus f

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-4}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-4} \Rightarrow f = -4 \text{ m}$$

Tanda $(-)$ menunjukkan bahwa lensa yang digunakan adalah lensa cekung.

Jarak bayangan dari benda sejauh 12 m.

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{12} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{-4}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{-4} - \frac{1}{12} = \frac{-3-1}{12} = -\frac{4}{12}$$

$$s' = -3 \text{ m}$$

Bayangan terletak 3 m di depan lensa.

Tinggi bayangan h'

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s} \Rightarrow h' = \frac{-s'}{s} \times h$$

$$h' = \frac{-(-3)}{12} \times 3,16 = 0,79 \text{ m}$$

Bayangan yang dibentuk adalah tegak dan diperkecil.

Jawaban: C

23. Titik dekat $s_n = 80$ cm

Agar dapat melihat benda dekat dengan normal ($s = 25$ cm) penderita rabun dekat harus menggunakan lensa kacamata yang menghasilkan bayangan di depan lensa, pada jarak yang sama dengan titik dekat penderita.

Jadi, $s' = -$ titik dekat = -80 cm dan $s = 25$ cm

Jarak fokus, f

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{-80} + \frac{1}{25} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{-80} + \frac{3,2}{80} = \frac{1}{f} \Leftrightarrow \frac{1}{f} = \frac{2,2}{80}$$

$$f = \frac{80}{2,2} = 36,4 \text{ cm}$$

Bayangan dibentuk pada jarak $s' = -220$ cm, jarak benda dapat dihitung dengan persamaan

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s'} = \frac{1}{\frac{80}{2,2}} - \frac{1}{-220}$$

$$= \frac{2,2}{80} + \frac{1}{220}$$

$$\frac{1}{s} = \frac{6,05 + 1}{220} = \frac{7,05}{220}$$

$$s = \frac{220}{7,05} = 31,2 \text{ cm}$$

Jadi, jarak benda sebenarnya adalah 31,2 cm di depan lensa.

Tinggi bayangan h' jika tinggi benda $h = 0,468$ m

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s} \Rightarrow h' = \frac{-s'}{s} \times h$$

$$h' = \frac{-(-220)}{31,2} \times 0,468 = 3,3 \text{ m}$$

Bayangan bersifat tegak.

Jawaban: D

24. Titik dekat Syams $s_{nS} = 125$ cm

Titik dekat Hafizah $s_{nH} = 75$ cm

Syams

Jarak bayangan s' berada di titik dekat mata di depan lensa sehingga

$$s_s' = -s_{nS} = -125 \text{ cm}$$

$$s = 25 \text{ cm}$$

Jarak fokus lensa f_s yang digunakan:

$$\begin{aligned} \frac{1}{f_s} &= \frac{1}{s} + \frac{1}{s_s'} = \frac{1}{25} - \frac{1}{125} \\ &= \frac{5-1}{125} = \frac{4}{125} \\ f_s &= \frac{125}{4} = 31,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syams seharusnya menggunakan kacamata dengan jarak fokus 31,25 cm.

Hafizah

Jarak bayangan = - titik dekat penderita rabun dekat

$$s_H' = -s_{nH} = -75 \text{ cm}$$

$$s = 25 \text{ cm}$$

Jarak fokus lensa f_H yang digunakan:

$$\begin{aligned} \frac{1}{f_H} &= \frac{1}{s} + \frac{1}{s_H'} = \frac{1}{25} + \frac{1}{-75} = \frac{3-1}{75} \\ \frac{1}{f_H} &= \frac{2}{75} \Rightarrow f_H = \frac{75}{2} = 37,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Hafizah seharusnya menggunakan kacamata dengan jarak fokus 37,5 cm

Jika Hafizah memakai kacamata Syams,

$$\begin{aligned} \frac{1}{s} &= \frac{1}{f_s} - \frac{1}{s_H'} \\ &= \frac{4}{125} - \frac{1}{-75} = \frac{300+125}{9.375} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{s} = \frac{425}{9.375} \Rightarrow s = \frac{9.375}{425} = 22,05 \text{ cm}$$

Jadi, Hafizah mampu melihat pada jarak paling dekat 22,05 cm jika memakai kacamata Syams.

Jika Syams memakai kaca mata Hafizah,

$$\begin{aligned} \frac{1}{s} &= \frac{1}{f_H} - \frac{1}{s_s'} = \frac{2}{75} - \frac{1}{-125} \\ &= \frac{250+75}{9.375} = \frac{325}{9.375} \\ s &= \frac{9.375}{325} = 28,85 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi, Syams mampu melihat pada jarak paling dekat 28,85 cm jika memakai kacamata Hafizah.

Jawaban: A

25. Jarak fokus lensa $f = 5$ cm

Ketika kamera digunakan untuk memotret benda pada jarak 1 m ($s_1 = 1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$), sesuai dengan rumus lensa tipis diperoleh jarak bayangan s'_1 .

$$\begin{aligned} \frac{1}{s'_1} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{s_1} = \frac{1}{5} - \frac{1}{100} = \frac{20-1}{100} = \frac{19}{100} \\ s'_1 &= \frac{100}{19} = 5,26 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ketika kamera digunakan memotret benda jauh (jarak benda $s_2 = \infty$), sesuai persamaan lensa tipis di peroleh jarak bayangan, s'_2 .

$$\begin{aligned} \frac{1}{s'_2} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{s_2} \\ &= \frac{1}{5} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{5} - 0 \Rightarrow s'_2 = 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Pada kamera, posisi lensa dapat diubah-ubah, tetapi posisi film selalu tetap. Jadi, pergeseran lensa adalah $5,26 \text{ cm} - 5 \text{ cm} = 0,26 \text{ cm}$ ke arah film.

Jawaban: A

26. Ukuran negatif film $4 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$

Diameter objek $0,5 \text{ m}$

Jarak fokus lensa $f = 60 \text{ mm}$

Jika diameter objek ditetapkan sebagai tinggi benda,

$h = 0,5 \text{ m} = 50 \text{ cm}$, maka diameter bayangan yang dihasilkan adalah $h' = -6 \text{ cm}$.

Persamaan perbesaran lensa:

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s} \Rightarrow -\frac{s'}{s} = \frac{-6}{50} = 0,12$$

$$s' = 0,12s$$

Gunakan persamaan lensa tipis sehingga diperoleh nilai jarak benda.

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{0,12s} = \frac{1}{60} \Rightarrow \frac{1,12}{0,12s} = \frac{1}{60}$$

$$s = \frac{60 \times 1,12}{0,12} = 560 \text{ mm} = 0,56 \text{ m}$$

Jadi, fotografer harus berada pada jarak $0,56 \text{ m}$ dari objek.

Jawaban: E

27. Jarak fokus $f = 500 \text{ mm}$

Jarak badak $s = 16 \text{ m} = 16.000 \text{ mm}$

Jarak bayangan yang dihasilkan

$$\begin{aligned} \frac{1}{s'} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{s} = \frac{1}{500} - \frac{1}{16.000} \\ &= \frac{32 - 1}{16.000} = \frac{31}{16.000} \end{aligned}$$

$$s' = \frac{16.000}{31} = 516,13 \text{ mm}$$

Perbesaran bayangan yang dihasilkan

$$M = \frac{-s'}{s} = \frac{-\frac{16.000}{31}}{16.000} = -\frac{1}{31}$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa bayangan bersifat terbalik.

Jika fokus lensa diganti $f = 50 \text{ mm}$, sedangkan perbesaran yang diinginkan tetap, maka,

$$M = \frac{-s'}{s} = -\frac{1}{31} \rightarrow s' = \frac{1}{31}s$$

Jarak benda s adalah

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{\frac{1}{31}s} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{32}{s} = \frac{1}{f} \Rightarrow s = 32f$$

$$s = 32 \times 50$$

$$= 1.600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

Jadi, jarak fotografer ke badak harus diatur sejauh $1,6 \text{ m}$ untuk menghasilkan bayangan dengan perbesaran yang sama dengan yang dihasilkan lensa dengan fokus 500 mm pada jarak 16 m .

Jawaban: D

28. Jarak fokus pertama $f_1 = 0,1 \text{ m}$

Jarak fokus kedua $f_2 = 0,16 \text{ m}$

Jika digunakan masing-masing:

Kuat lensa pertama P_1

$$P_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ dioptri}$$

Kuat lensa kedua P_2

$$P_2 = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{0,16} = 6,25 \text{ dioptri}$$

Jika digunakan bersama-sama, kuat lensa gabungan

$$P_{\text{gab}} = P_1 + P_2 \\ = 10 + 6,25 = 16,25 \text{ dioptri.}$$

Jawaban: E

29. Jarak benda $s = 5 \text{ cm}$

Jarak bayangan $s' = 20 \text{ cm}$

Jarak fokus lensa cembung:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{20} + \frac{1}{5} = \frac{1+4}{20} = \frac{5}{20}$$

$$f = \frac{20}{5} = 4 \text{ cm}$$

Lensa digunakan sebagai lup dengan

$s_n = 25 \text{ cm}$.

Untuk mata berakomodasi

maksimum, perbesaran lup adalah

$$M_a = \frac{s_n}{f} + 1 = \frac{25}{4} + 1 = 7,25 \text{ kali}$$

Jawaban: A

30. Bayangan prangko terletak 45 cm dari mata, artinya lup digunakan oleh mata berakomodasi pada jarak $x = 45 \text{ cm}$. perbesaran anguler adalah

$$M_a = \frac{s_n}{f} + \frac{s_n}{x} = \frac{25}{5} + \frac{25}{45} \\ = 5 + 0,56 = 5,56 \text{ kali}$$

Jawaban: C

31. Jarak fokus kacamata $f = 45 \text{ cm}$

Perbesaran lup $M = 7,5 \text{ kali}$

Titik dekat mata $s_n = 25 \text{ cm}$

Jarak bayangan yang dibentuk pada jarak baca normal ($s = 25 \text{ cm}$) adalah

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s} = \frac{1}{45} - \frac{1}{25} \\ = \frac{1-1,8}{45} = \frac{0,8}{45}$$

$$s' = -56,25 \text{ cm}$$

dengan jarak bayangan = - titik dekat penderita

Jadi, titik dekat Sjamsidar adalah $56,25 \text{ cm}$.

Perbesaran sudut lup untuk orang normal adalah

$$M = \frac{s_n}{f_{\text{lup}}} + 1 \Rightarrow 7,5 = \frac{25}{f_{\text{lup}}} + 1$$

$$f_{\text{lup}} = \frac{25}{7,5-1} = \frac{25}{6,5} = 3,85 \text{ cm}$$

Jarak fokus lup adalah $3,85 \text{ cm}$.

Bayangan yang dibentuk lup akan jatuh pada titik dekat penderita rabun dekat. Dengan demikian, pebesaran lup menjadi

$$M = \frac{56,26}{f_{\text{lup}}} + 1 = \frac{56,26}{3,85} + 1$$

$$M = 15,6 \text{ kali}$$

Jawaban: C

32. Perbesaran maksimum $M = 12 \text{ kali}$

Titik dekat mata $s_n = 25 \text{ cm}$

Perbesaran mikroskop $M = -525 \text{ kali}$

Jarak pisah okuler dan objektif

$d = 23 \text{ cm}$

Jarak fokus lup f adalah

$$M = \frac{s_n}{f} + 1 \Leftrightarrow f = \frac{s_n}{M-1} \\ = \frac{25}{12-1} = \frac{25}{11} \text{ cm}$$

Bayangan pada lensa okuler mikroskop terletak pada titik dekat mata, $s_{\text{ok}}' = -25 \text{ cm}$.

Perhatikan, fokus okuler = fokus lup,

$$f_{\text{ok}} = f = \frac{25}{11} \text{ cm}$$

$$\frac{1}{s_{\text{ok}}} = \frac{1}{f_{\text{ok}}} - \frac{1}{s_{\text{ok}}'} = \frac{11}{25} - \frac{1}{-25} \\ = \frac{12}{25} \Rightarrow s_{\text{ok}} = \frac{25}{12} \text{ cm}$$

Jarak bayangan objektif

$$d = s_{ob}' + s_{ok}$$

$$23 = s_{ob}' + \frac{25}{12}$$

$$s_{ob}' = \frac{276}{12} - \frac{25}{12} = \frac{251}{12} \text{ cm}$$

Jarak benda dari lensa objektif

$$M = M_{ob} \times M_{ok}$$

$$= \frac{-s_{ob}'}{s_{ob}} \times \left(\frac{s_n}{f_{ok}} + 1 \right)$$

$$-525 = \frac{-251}{12 s_{ob}} \times \left(\frac{25 \times 11}{25} + 1 \right)$$

$$= -\frac{251}{12 s_{ob}} \times 12$$

$$s_{ob} = \frac{251}{525} \text{ cm}$$

Jadi, jarak fokus lensa objektif,

f_{ob} adalah

$$\frac{1}{f_{ob}} = \frac{1}{s_{ob}'} + \frac{1}{s_{ob}} = \frac{12}{251} + \frac{525}{251} = \frac{537}{251}$$

$$f_{ob} = \frac{251}{537} = 0,47 \text{ cm}$$

Jawaban: B

33. $f_{ob} = 0,62 \text{ cm}$

$$f_{ok} = 4,4 \text{ cm}$$

Jarak kedua lensa $d = 23 \text{ cm}$

Sudut oleh mata $\theta_{\text{mata}} = 2,4 \times 10^{-5}$

rad

Titik dekat mata $s_n = 25 \text{ cm}$

Untuk mengetahui sudut yang dibentuk oleh sel darah ketika dipandang melalui mikroskop, pertama hitung perbesaran mikroskop.

Bayangan terletak pada titik dekat mata sehingga $s_{ok}' = -25 \text{ cm}$.

Persamaan lensa tipis untuk menghitung jarak benda okuler:

$$\frac{1}{s_{ok}} + \frac{1}{s_{ok}'} = \frac{1}{f_{ok}}$$

$$\frac{1}{s_{ok}} + \frac{1}{-25} = \frac{1}{4,4}$$

$$\frac{1}{s_{ok}} = \frac{1}{4,4} + \frac{1}{25} = \frac{25 + 4,4}{110} = \frac{29,4}{110}$$

$$s_{ok} = \frac{110}{29,4} = \frac{1.100}{294} \text{ cm}$$

Jarak bayangan objektif s_{ob}' dihitung dengan rumus panjang mikroskop.

$$d = s_{ob}' + s_{ok}$$

$$23 = s_{ob}' + \frac{1.100}{294}$$

$$s_{ob}' = 23 - \frac{1.100}{294} = \frac{6.762 - 1.100}{294}$$

$$s_{ob}' = \frac{5.662}{294} \text{ cm} = \frac{2.831}{147} \text{ cm}$$

Gunakan rumus lensa tipis pada lensa objektif sehingga diperoleh jarak benda objektif s_{ob} .

$$\frac{1}{s_{ob}} + \frac{1}{s_{ob}'} = \frac{1}{f_{ob}}$$

$$\frac{1}{s_{ob}} + \frac{1}{\frac{2.831}{147}} = \frac{1}{0,62}$$

$$\frac{1}{s_{ob}} = \frac{1}{0,62} - \frac{147}{2.831}$$

$$= \frac{2.831 - 91,14}{1.755,22}$$

$$= \frac{2.739,86}{1.755,22}$$

$$s_{ob} = \frac{1.755,22}{2.739,86} \text{ cm}$$

Perbesaran objektif:

$$M_{ob} = \frac{-s_{ob}'}{s_{ob}}$$

$$= \frac{-2.831}{147} \times \frac{2.739,86}{1.755,22} = -30,06$$

Perbesaran okuler

$$M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} + 1 = \frac{25}{4,4} + 1 = 6,68$$

Perbesaran total mikroskop

$$M = M_{ob} \times M_{ok} \\ = -30,08 \times 6,68 = -200,8$$

Besar sudut yang dibentuk sel darah

$$M_{mikroskop} = \frac{\theta_{mikroskop}}{\theta_{mata}} \\ \theta_{mikroskop} = M \times \theta_{mata} \\ = 200,8 \times 2,40 \times 10^{-5} \\ = 4,80 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

Jawaban: A

34. $f_{ob} = 0,90 \text{ cm}; f_{ok} = 5 \text{ cm}$

Jarak kedua lensa $d = 13 \text{ cm}$

panjang objek $h = 0,04 \text{ cm}$

Jarak benda pada lensa objektif adalah $s_{ob}' = 1 \text{ cm}$ sehingga letak bayangan pada lensa objektif s_{ob}' adalah

$$\frac{1}{s_{ob}} + \frac{1}{s_{ob}'} = \frac{1}{f_{ob}} \\ \frac{1}{1,0} + \frac{1}{s_{ob}'} = \frac{1}{0,9} \\ \frac{1}{s_{ob}'} = \frac{1}{0,9} - \frac{0,9}{0,9} = \frac{0,1}{0,9} \Rightarrow s_{ob}' = 9 \text{ cm}$$

Letak benda pada lensa okuler s_{ok} adalah

$$d = s_{ob}' + s_{ok} \\ 13 = 9 + s_{ok} \Rightarrow s_{ok} = 13 - 9 = 4 \text{ cm}$$

Letak bayangan pada lensa okuler

$$\frac{1}{s_{ok}} + \frac{1}{s_{ok}'} = \frac{1}{f_{ok}} \\ \frac{1}{4} + \frac{1}{s_{ok}'} = \frac{1}{5} \\ \frac{1}{s_{ok}'} = \frac{1}{5} - \frac{1}{4} = \frac{4-5}{20} = -\frac{1}{20} \\ s_{ok}' = -20 \text{ cm}$$

Benda terletak pada jarak 20 cm di depan lensa okuler (sifat bayangan maya)

Perbesaran pada lensa objektif

$$M_{ob} = \frac{-s_{ob}'}{s_{ob}} = \frac{-9}{1} = -9$$

Perbesaran pada lensa okuler

$$M_{ok} = \frac{-s_{ok}}{s_{ok}'} = \frac{-(-20)}{4} = 5$$

Perbesaran total mikroskop adalah

$$M = M_{ob} \times M_{ok} = -9 \times 5 = -45$$

Tinggi bayangan h' adalah

$$M = \frac{h'}{h} \Leftrightarrow h' = M \times h$$

$$h' = -45 \times 0,04 = 1,8 \text{ cm}$$

Tanda negatif menyatakan bayangan terbalik.

Jawaban: C

35. $s_{ob} = 1 \text{ cm}; f_{ok} = 5 \text{ cm}$

Perbesaran bayangan $M = 60$ kali Mikroskop digunakan oleh mata berakomodasi maksimum sehingga

$$M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} + 1 = \frac{25}{5} + 1 = 6$$

dengan $s_n = 25 \text{ cm}$

Perbesaran total mikroskop adalah 60 kali maka

$$M = M_{ob} \times M_{ok} = -60 \text{ (terbalik)}$$

$$M_{ob} \times 6 = -60$$

$$M_{ob} = \frac{-60}{6} = -10$$

$$M_{ob} = \frac{-s_{ob}'}{s_{ob}} \Leftrightarrow s_{ob}' = -M_{ob} \times s_{ob}$$

$$s_{ob}' = -(-10) \times 1 = 10 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_{ob}} = \frac{1}{s_{ob}} + \frac{1}{s_{ob}'} = \frac{1}{1} + \frac{1}{10} = \frac{10+1}{10}$$

$$f_{ob} = \frac{10}{11} = 0,91$$

Jawaban: E

36. $\theta_{\text{mata}} = 9 \times 10^{-3} \text{ rad}$
 $f_{\text{ob}} = 1,8 \text{ m}$ dan $f_{\text{ok}} = 0,42 \text{ m}$
 Perbesaran teropong adalah

$$M_a = \frac{\theta_{\text{teropong}}}{\theta_{\text{mata}}} = \frac{f_{\text{ob}}}{f_{\text{ok}}}$$

$$\theta_{\text{teropong}} = \frac{f_{\text{ob}}}{f_{\text{ok}}} \times \theta_{\text{mata}}$$

$$= \frac{1,8}{0,42} (9 \times 10^{-3})$$

$$= 38,57 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

Jawaban: A

37. Panjang teropong pada penggunaan normal adalah $d = 560 \text{ mm}$
 Perbesaran teropong $M_a = 13$ kali
 Pada penggunaan normal (akomodasi minimum), perbesaran teropong adalah

$$M_a = \frac{f_{\text{ob}}}{f_{\text{ok}}}$$

$$M_a = 13 \text{ kali}$$

sehingga

$$\frac{f_{\text{ob}}}{f_{\text{ok}}} = 13 \Rightarrow f_{\text{ob}} = 13f_{\text{ok}} \dots (1)$$

$$d = f_{\text{ob}} + f_{\text{ok}} \dots (2)$$

$$560 = 13f_{\text{ok}} + f_{\text{ok}} = 14f_{\text{ok}}$$

$$f_{\text{ok}} = 40 \text{ mm}$$

Substitusikan nilai f_{ok} ke (1) sehingga didapat

$$f_{\text{ok}} = 13f_{\text{ok}} = 13(40) = 520 \text{ mm}$$

Jadi, jarak fokus objektif (f_{ob}) adalah 520 mm dan jarak fokus okuler adalah 40 mm.

Jawaban: C

38. Jarak fokus lensa objektif adalah $f_{\text{ob}} = 50 \text{ cm}$. Perbesaran teropong tanpa akomodasi adalah 10 kali sehingga jarak fokus lensa okuler adalah

$$M = \frac{f_{\text{ob}}}{f_{\text{ok}}} \Leftrightarrow f_{\text{ok}} = \frac{f_{\text{ob}}}{M} = \frac{50}{10} = 5 \text{ cm}$$

Pada teropong, bayangan yang di bentuk lensa objektif berada di fokus objektif, sedangkan benda pada lensa okuler berimpitan dengan fokus okuler sehingga jarak benda dari lensa okuler adalah $s_{\text{ok}} = f_{\text{ok}} = 5 \text{ cm}$. Jika diletakkan layar di belakang lensa okuler sejauh 30 cm ($s'_{\text{ok}} = 30$), maka agar bayangan terlihat jelas, letak benda di depan okuler adalah

$$\frac{1}{s_{\text{ok}}} = \frac{1}{f_{\text{ok}}} - \frac{1}{s'_{\text{ok}}}$$

$$= \frac{1}{5} - \frac{1}{30} = \frac{6-1}{30} = \frac{5}{30}$$

$$s_{\text{ok}} = \frac{30}{5} = 6 \text{ cm}$$

Jadi, lensa okuler harus digeser sejauh $6 - 5 = 1 \text{ cm}$ arah pergeseran adalah menjauhi lensa objektif.

Jawaban: A

39. Perbesaran angular teropong jika dilihat melalui ujung yang salah:

$$M_1 = \frac{f_{\text{ok}}}{f_{\text{ob}}}$$

Jika dilihat dari ujung yang benar:

$$M_2 = \frac{f_{\text{ob}}}{f_{\text{ok}}}$$

M_2 lebih besar 32.400 kali daripada M_1 , atau $M_2 = 32.400M_1$

$$\frac{f_{\text{ob}}}{f_{\text{ok}}} = 32.400 \frac{f_{\text{ok}}}{f_{\text{ob}}}$$

$$\frac{f_{\text{ob}}^2}{f_{\text{ok}}^2} = 32.400$$

$$\frac{f_{\text{ob}}}{f_{\text{ok}}} = \sqrt{32.400} = 180$$

Jadi, perbesaran teropong tersebut adalah 180 kali

Jawaban: B

40. Saat digunakan dengan mata berakomodasi minimum,

$$d_1 = f_{ob} + f_{ok}$$

$$10 = 15 + f_{ok}$$

$$f_{ok} = 10 - 15 = -5 \text{ cm}$$

Jika digunakan dengan mata

berakomodasi maksimum, dengan titik dekat pengamat $s_n = 30 \text{ cm}$.

Bayangan oleh lensa okuler akan jatuh pada titik dekat mata di depan lensa sehingga $s_{ok}' = -30 \text{ cm}$. Jarak benda di depan okuler adalah

$$\begin{aligned} \frac{1}{s_{ok}} &= \frac{1}{f_{ok}} - \frac{1}{s_{ok}'} = \frac{1}{-5} - \frac{1}{-30} \\ &= \frac{-6+1}{30} = -\frac{5}{30} \end{aligned}$$

$$s_{ok} = -\frac{30}{5} = -6 \text{ cm}$$

Pajang teropong menjadi

$$d_2 = f_{ob} + s_{ok} = 15 + (-6) = 9 \text{ cm}.$$

Jadi, lensa okuler harus digeser 1 cm mendekati lensa objektif.

Jawaban: E

41. Jarak fokus $f = 25 \text{ cm}$

Ukuran slide $3 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$

Jarak layar (jarak bayangan)

$$s' = 7,75 \text{ m} = 775 \text{ cm}$$

Jarak slide dari lensa

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s'} = \frac{1}{25} - \frac{1}{775} = \frac{30}{775}$$

$$s = \frac{775}{30} \text{ cm}$$

Tinggi bayangan yang dihasilkan

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s} \Rightarrow h' = \frac{-s' \times h}{s}$$

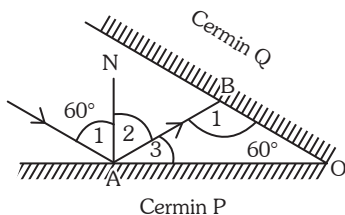
$$h' = \frac{-(775)(3)}{775} = -90 \text{ cm}$$

Tanda negatif menyatakan bahwa bayangan terbalik.

Jawaban: D

B. Esai

1. Di titik A, sudut datang yaitu $\angle A_1 = 60^\circ$



Sudut pantul yaitu $\angle A_2$ maka sesuai hukum pemantulan $\angle A_2 = \angle A_1 \Rightarrow \angle A_2 = 60^\circ$

Garis normal adalah garis yang tegak lurus terhadap cermin P sehingga

$$\angle A_2 + \angle A_3 = 90^\circ$$

$$60^\circ + \angle A_3 = 90^\circ$$

$$\angle A_3 = 30^\circ$$

Perhatikan segitiga AOB. Jumlahan ketiga sudutnya adalah 180° .

Dengan demikian,

$$\angle A_3 + \angle O + \angle B_1 = 180^\circ$$

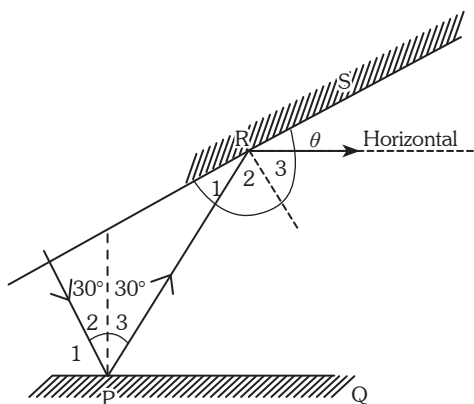
$$30^\circ + 60^\circ + \angle B_1 = 180^\circ$$

$$\angle B_1 = 90^\circ$$

Sudut datang diukur dari garis normal. Sinar yang datang ke cermin Q berimpit dengan garis normal cermin Q sehingga sudut datangnya adalah 0° .

Karena, sudut datang pada cermin Q adalah 0° , maka sudut pantulnya adalah 0° .

2. Berikut ini jalannya sinar pada cermin PQ dan RS



Di titik P

Sudut datang: $\angle P_2$

Sudut pantul: $\angle P_3$

Sesuai dengan hukum pemantulan,

$$\angle P_3 = \angle P_2$$

$$\angle P_3 = 30^\circ$$

Garis horizontal sejajar dengan cermin PQ sehingga dapat dikatakan $\angle P_1 + \angle P_2 + \angle P_3$ dan $\angle R_2 + \angle R_3$ adalah pasangan sudut dalam berseberangan.

Jadi, berlaku persamaan berikut.

$$\angle P_1 + \angle P_2 + \angle P_3 = \angle R_2 + \angle R_3$$

$$(90^\circ - 30^\circ) + 30^\circ + 30^\circ = \angle R_2 + \angle R_3$$

$$120^\circ = \angle R_2 + \angle R_3$$

$\angle R_2$ merupakan sudut datang

sinar ke cermin RS, sedangkan

$\angle R_3$ merupakan sudut pantul.

Berdasarkan hukum pemantulan, kedua sudut tersebut sama besar. Bila diumpamakan kedua sudut tersebut sebagai α , maka:

$$\alpha + \alpha = 120^\circ$$

$$2\alpha = 120^\circ \Rightarrow \alpha = \frac{120^\circ}{2} = 60^\circ$$

Pada cermin RS,

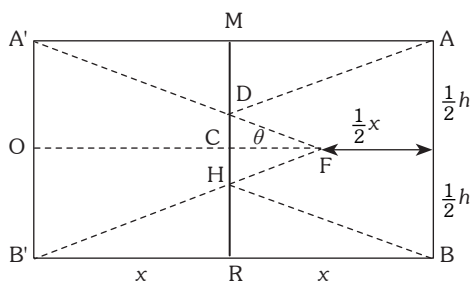
$$\angle R_1 + \angle R_2 + \angle R_3 + \theta = 180^\circ$$

Karena garis normal tegak lurus terhadap cermin dan $\angle R_2$ dan $\angle R_3$ sama, maka $\angle R_1 = \theta$.

$$\theta + 60^\circ + 60^\circ + \theta = 180^\circ$$

$$2\theta = 180^\circ - 120^\circ \Rightarrow \theta = \frac{60^\circ}{2} = 30^\circ$$

3. Berikut sketsa permasalahan pada soal.



Misalkan AB adalah tinggi dinding dan A'B' adalah bayangan AB oleh cermin MR, sedangkan DH adalah ukuran cermin terkecil. Agar mata dapat melihat bayangan A'B', terapkan perbandingan $\tan \theta$ dalam segitiga siku-siku FCD dan FOA' untuk mendapatkan nilai CD.

Segitiga FCD:

$$\tan \theta = \frac{CD}{CF} = \frac{CD}{\frac{1}{2}x} = \frac{2CD}{x}$$

Segitiga FOA':

$$\tan \theta = \frac{A'O}{FO} = \frac{\frac{1}{2}h}{x + \frac{1}{2}x} = \frac{h}{3x}$$

Karena ruas kiri dari kedua persamaan sama, maka

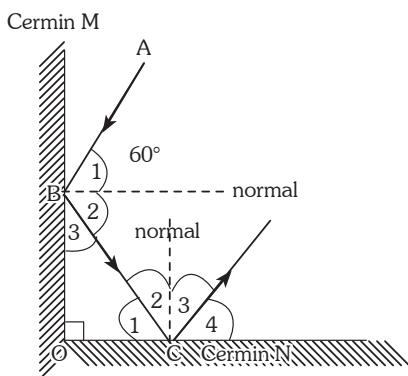
$$\frac{2CD}{x} = \frac{h}{3x} \Rightarrow CD = \frac{h}{6}$$

Segitiga FCD dan segitiga FCH sama dan sebangun, maka $CD = CH = \frac{h}{6}$.

Jadi, tinggi cermin adalah

$$DH = CD + CH = \frac{h}{6} + \frac{h}{6} = \frac{2}{6}h = \frac{h}{3}$$

4. Berikut ini jalannya sinar yang dipantulkan oleh cermin M dan N.



Pada titik B,

sudut datang = $\angle B_1$ dan

sudut pantul = $\angle B_2$

Sesuai dengan persamaan $i = r$

$$\angle B_1 = \angle B_2$$

$$\angle B_2 = 60^\circ$$

Garis normal adalah garis yang tegak lurus permukaan cermin M, maka:

$$\angle B_2 + \angle B_3 = 90^\circ \Rightarrow 60^\circ + \angle B_3 = 90^\circ$$

$$\angle B_3 = 30^\circ$$

Perhatikan segitiga BOC. Jumlah ketiga sudut $\triangle BOC$ sama dengan 180° sehingga

$$\angle B_3 + \angle O + \angle C_1 = 180^\circ$$

$$30^\circ + 90^\circ + \angle C_1 = 180^\circ$$

$$120^\circ + \angle C_1 = 180^\circ$$

$$\angle C_1 = 60^\circ$$

Pada titik C, garis normal adalah garis yang tegak lurus di permukaan cermin N.

$$\angle C_1 + \angle C_2 = 90^\circ$$

$$\angle C_2 = 90^\circ - 60^\circ$$

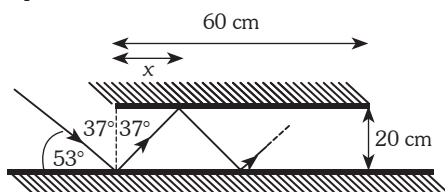
$$\angle C_2 = 30^\circ$$

Sudut datang pada cermin N adalah $\angle C_2$ dan sudut pantulnya adalah $\angle C_3$. Sesuai dengan persamaan

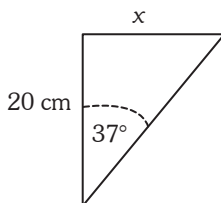
$i = r$, $\angle C_3 = \angle C_2$ atau $\angle C_3 = 30^\circ$

Jadi, arah sudut pantul dari cermin N adalah 30° .

5. Berikut ini jalannya sinar akibat pemantulan kedua cermin.



Segitiga berikut ini dapat digunakan untuk menentukan panjang x .



Panjang x dan banyak pantulan adalah

$$\frac{x}{20} = \tan 37^\circ$$

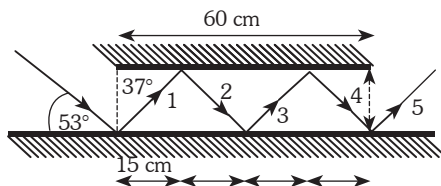
$$\frac{x}{20} = \frac{3}{4}$$

$$x = \frac{3}{4}(20) = 15 \text{ cm}$$

$$n = \frac{d}{x} + 1 = \frac{60}{15} + 1 = 5 \text{ kali}$$

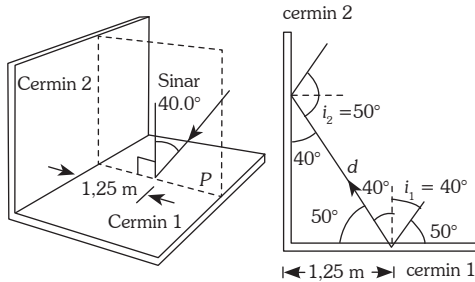
Mengapa ditambahkan angka satu?

Perhatikan gambar berikut.



Jika yang ditanyakan adalah banyak pantulan “sebelum” sinar keluar, maka hilangkan angka satu pada rumus tersebut.

6.



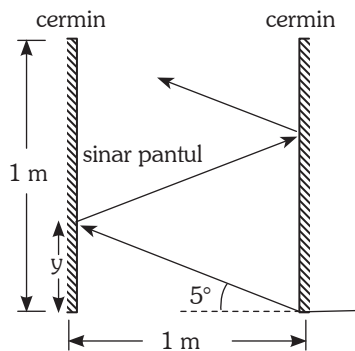
a. Dari trigonometri diperoleh

$$\sin \theta = \frac{y}{r} \Rightarrow \sin 40^\circ = \frac{1,25}{d}$$

$$d = \frac{1,25}{\sin 40^\circ} = 1,94 \text{ m}$$

b. Arah sinar merambat 50° di atas horizontal atau sejajar dengan sinar datang

7.



Sinar datang mencapai cermin kiri pada jarak:

$$\tan \theta = \frac{y}{x} \rightarrow \tan 5^\circ = \frac{y}{1}$$

$$y = 0,0875 \text{ m}$$

Sinar yang dipantulkan pertama mencapai cermin di kanan pada ketinggian = $2(0,0875) = 0,175 \text{ m}$.

$$\text{Karena } \frac{1}{0,175} = 5,71 \text{ Berarti sinar}$$

memantul sebanyak 5 kali dari cermin kanan dan 6 kali dari cermin kiri

8. a. Pada cermin datar berlaku: jarak benda sama dengan jarak bayangan sehingga jarak bayangan adalah 200 cm dari cermin datar.
- b. Jarak benda dengan bayangan = $200 \text{ cm} + 200 \text{ cm} = 400 \text{ cm}$.
- c. Perbesaran bayangan adalah 1 kali (besar bayangan sama dengan besar bendanya).
- d. Bayangan yang terbentuk bersifat maya, tegak, dan sama besar.

9. $\alpha = 60^\circ$

Persamaan untuk menentukan jumlah bayangan yang dibentuk dua cermin datar dengan sudut α adalah

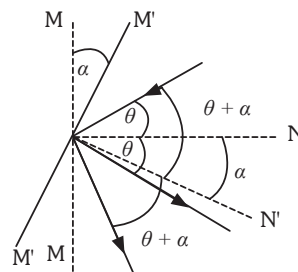
$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

sehingga

$$n = \frac{360^\circ}{60^\circ} - 1 = 6 - 1 = 5$$

Jadi, terbentuk 5 bayangan oleh cermin datar yang membentuk sudut 60° .

10. Misalkan pada mulanya sinar datang dengan sudut θ terhadap garis normal. Karena sudut datang sama dengan sudut pantul, maka sudut pantul yang terbentuk adalah θ (lihat gambar).



Cermin diputar sejauh α' sehingga kedudukan M'M'. Garis normal cermin pun ikut berputar sejauh α sehingga sinar datang dengan sudut $\theta + \alpha$. Dengan demikian beda sudut antara sinar terpantul sebelum dan sesudah cermin diputar adalah $(\theta + \alpha) - \theta = \alpha$.

11. Kecepatan cermin $v = 2,5 \text{ m/s}$ mendekati Nur'ain.

Jarak antara Nur'ain dan bayangan pada t sekon adalah $L = 4 \text{ m}$.

Karena kecepatan cermin $v = 2,5 \text{ m/s}$, maka kecepatan bayangan adalah $v' = 2v = 2(2,5) = 5 \text{ m/s}$

Arah kecepatan v' searah dengan arah v , yaitu mendekati Nur'ain.

Dalam waktu $t = 2 \text{ s}$, jarak yang telah ditempuh bayangan adalah $x' = v't = (5)(2) = 10 \text{ m}$

Karena jarak bayangan mula-mula terhadap Nur'ain yang diam adalah 4 m , maka jarak Nur'ain dari bayangan adalah $10 \text{ m} - 4 \text{ m} = 6 \text{ m}$

12. Jari-jari kelengkungan cermin $R = 12 \text{ cm}$. Bayangan 2 kali lebih besar. Terdapat dua kemungkinan sifat bayangan, yaitu bayangan nyata dan maya.

- a. Jika sifat bayangan adalah nyata, maka

$$M = -2$$

$$M = -\frac{s'}{s} = -2 \Rightarrow s' = 2s$$

Jarak benda s

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{2s} = \frac{2}{12} \Rightarrow \frac{2+1}{2s} = \frac{2}{12}$$

$$4s = 12 \times 3 = 36$$

$$s = 4 \text{ cm}$$

- b. Jika sifat bayangan adalah maya, maka

$$M = +2$$

$$M = -\frac{s'}{s} = +2 \Rightarrow s' = -2s$$

Jarak benda s

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{s} - \frac{1}{2s} = \frac{2}{12} \Rightarrow \frac{2-1}{2s} = \frac{2}{12}$$

$$4s = 12 \Rightarrow s = 3 \text{ cm}$$

Jadi, bayangan 2 kali lebih besar jika benda diletakkan 4 cm di depan cermin cekung untuk mendapatkan bayangan nyata atau diletakkan 3 cm di depan cermin cekung untuk mendapatkan bayangan maya.

13. Jari-jari kelengkungan cermin $R = 20 \text{ cm}$

Jarak benda $s = 15 \text{ cm}$

Dari persamaan cermin cekung diketahui hubungan antara jarak fokus dan jari-jari lengkung cermin.

$$f = \frac{1}{2}R = \frac{1}{2}(20) = 10 \text{ cm}$$

Jarak fokus pada cermin adalah 10 cm .

- a. Untuk melukis bayangan pada cermin cekung, tentukan terlebih dahulu skala yang akan digunakan. Dengan menggunakan mistar diperoleh jarak bayangan $s' = 6 \text{ cm}$.

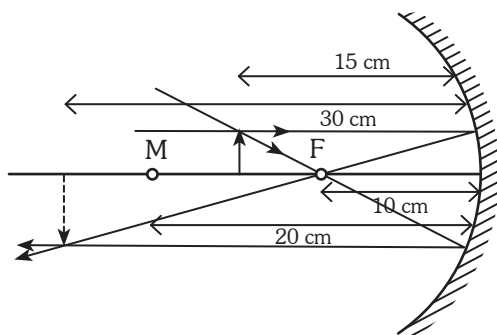
Jarak bayangan sebenarnya adalah

$$s' = 6 \text{ cm} \times 5 = 30 \text{ cm}$$

Anda juga dapat menggunakan *software* Ms Word

2003/2007/2010/2013 untuk membuat lukisan jalan sinar-sinar istimewa pada cermin

cekung. Caranya, klik tab View, lalu beri tanda centang pada Gridlines pada menu Show, maka Ms Word menampilkan kotak-kotak pada halaman editing Ms Word. Jika Anda berhasil melakukannya, maka akan dihasilkan seperti pada gambar di bawah ini. Silahkan mencoba.



- b. Untuk jarak benda $s = 15$ cm, jarak bayangan adalah

$$\begin{aligned}\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} &= \frac{1}{f} \\ \frac{1}{s'} + \frac{1}{15} &= \frac{1}{10} \Leftrightarrow \frac{1}{s'} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15} \\ \frac{1}{s'} &= \frac{3-2}{30} = \frac{1}{30} \\ s &= 30 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dapat dilihat bahwa hasil a dan b sama.

14. Jarak benda $s = 0,1$ m

Jarak cermin dari dinding $s' = 3$ m

Panjang lampu $h = 5$ cm

- a. Karena bayangan lampu listrik ingin dilihat pada dinding, maka jarak bayangan dari cermin adalah $s' = 3$ m di depan cermin (bayangan nyata). Jari-jari kelengkungan cermin dicari dengan persamaan

$$\begin{aligned}\frac{2}{R} &= \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} \\ \frac{2}{R} &= \frac{1}{3} + \frac{1}{0,1} = \frac{0,1+3}{0,3} = \frac{3,1}{0,3} \\ R &= \frac{2(0,3)}{3,1} = 0,19 \text{ m}\end{aligned}$$

Karena nilai R positif, maka cermin yang digunakan adalah cermin cekung dengan jari-jari kelengkungan 0,19 m.

- b. Ukuran bayangan

$$\begin{aligned}M &= \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s} \\ h' &= \frac{-s'}{s} \times h \\ &= \frac{-3}{0,1} \times 5 = -150 \text{ cm}\end{aligned}$$

15. a. Informasi dari gambar (a): jarak fokus cermin cembung $f = -6$ cm, radius cermin cekung $R = +12$ cm, dan jarak benda $s = 9$ cm.

Gunakan persamaan:

$$\begin{aligned}\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} &= \frac{1}{f} \Rightarrow s' = \frac{sf}{s-f} \\ &= \frac{9(-6)}{9-(-6)} = \frac{-54}{15} \\ &= -3,6 \text{ cm}\end{aligned}$$

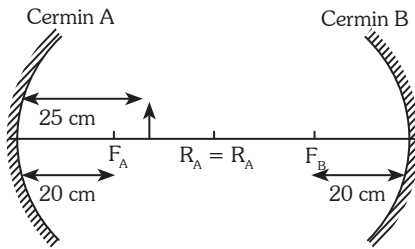
- b. Informasi dari gambar (b): jarak fokus cermin cembung $f = -10$ cm, radius cermin cekung $R = -20$ cm, dan jarak benda $s = 15$ cm.

Gunakan persamaan:

$$\begin{aligned}\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} &= \frac{1}{f} \Rightarrow s' = \frac{sf}{s-f} \\ &= \frac{15(-10)}{15-10} = \frac{-150}{5} \\ &= -30 \text{ cm}\end{aligned}$$

16. $R_A = 40 \text{ cm} = R_B = 40 \text{ cm}$
 Jarak antara dua cermin cekung
 $d = R_A + R_B = 80 \text{ cm}$
 $s_A = 25 \text{ cm}$

Perhatikan gambar di bawah ini.



- a. Jarak bayangan yang dibentuk oleh cermin A (s'_A)

$$f_A = f_B = \frac{1}{2} R_A = \frac{1}{2} \times 40 = 20 \text{ cm}$$

dengan $s_A = 25 \text{ cm}$

Berarti kelinci di ruang dua cermin A dan bayangannya pasti di ruang tiga atau sebelah kanan R_A , yaitu:

$$\frac{1}{f_A} = \frac{1}{s_A} + \frac{1}{s'_A} \Rightarrow \frac{1}{20} = \frac{1}{25} + \frac{1}{s'_A}$$

$$\frac{1}{s'_A} = \frac{1}{20} - \frac{1}{25} = \frac{5}{100} - \frac{4}{100} = \frac{1}{100}$$

$$s'_A = 100 \text{ cm}$$

Jadi, jarak bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung A adalah 100 cm di depan cermin A dengan sifat bayangan *nyata, terbalik, diperbesar*.

Jarak bayangan ini lebih besar daripada jarak antara kedua cermin cekung itu yang hanya 80 cm. Dengan kata lain, bayangan benda berada 20 cm di belakang cermin B. Selanjutnya bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung A ini menjadi benda maya bagi cermin cekung B. Dengan kata

lain, terdapat benda maya di ruang 4 cermin cekung B sejauh 20 cm di belakang cermin tersebut.

- b. Jarak bayangan yang dibentuk oleh cermin B

Berdasarkan jawaban a diketahui data untuk cermin cekung B, yaitu:

$$f_B = 20 \text{ cm}$$

$$s_B = 80 - 100 = -20 \text{ cm}$$

Tanda minus pada s_B karena benda maya (di belakang cermin cekung B). Jarak bayangan benda maya ini dapat ditentukan, yaitu:

$$\frac{1}{f_B} = \frac{1}{s_B} + \frac{1}{s'_B} \Rightarrow \frac{1}{20} = \frac{1}{-20} + \frac{1}{s'_B}$$

$$\frac{1}{s'_B} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{1}{10}$$

didapat $s'_B = 10 \text{ cm}$.

Artinya, cermin cekung B membentuk bayangan nyata dari benda maya (s_B) pada jarak $s'_B = 10 \text{ cm}$ (s'_B bertanda positif) di depan cermin tersebut.

- c. Perbesaran bayangan total maksudnya adalah perbesaran bayangan yang dihasilkan oleh kedua cermin cekung A dan B, yaitu

$$M_T = \left| \frac{s'_A}{s_A} \right| \times \left| \frac{s'_B}{s_B} \right|$$

$$= \left| \frac{100}{25} \right| \times \left| \frac{10}{-20} \right| = 2 \text{ kali}$$

Jadi, bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung A dan B 2 kali lebih besar dari bendanya.

17. Bayangan tegak dan diperbesar 4 kali, berarti nilai perbesarannya positif 4.

$$M = 4$$

$$\frac{-s'}{s} = 4$$

$$s' = -4s$$

Letak bayangan benda:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{24} = \frac{1}{s} + \frac{1}{-4s}$$

$$\frac{1}{24} = \frac{4}{4s} - \frac{1}{4s}$$

$$\frac{1}{24} = \frac{3}{4s}$$

$$4s = 72$$

$$s = 18$$

Jadi, letak benda tersebut adalah 18 cm di depan lensa.

18. Panjang benda $L = 30$ cm

Ujung benda terdekat pada lensa

jaraknya $s_1 = 20$ cm

Panjang bayangan $d = 7,5$ cm

Jarak ujung bayangan terjauh

$$s_2 = 20 + 30 = 50 \text{ cm}$$

Panjang bayangan $d = s_1' - s_2'$

$$7,5 = s_1' - s_2' \Rightarrow s_1' = s_2' + 7,5 \quad \dots(*)$$

Persamaan lensa tipis

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_1'} + \frac{1}{s_1} \quad \dots(1)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_2'} + \frac{1}{s_2} \quad \dots(2)$$

Karena ruas kiri pada (1) dan (2) sama maka

$$\frac{1}{s_1'} + \frac{1}{s_1} = \frac{1}{s_2'} + \frac{1}{s_2}$$

$$\frac{1}{s_1'} - \frac{1}{s_2'} = \frac{1}{s_2} - \frac{1}{s_1}$$

$$\frac{s_2' - s_1'}{s_2's_1'} = \frac{1}{50} - \frac{1}{20} = \frac{2-5}{100}$$

$$= -\frac{3}{100} \quad \dots(**)$$

Substitusikan (*) ke (**) sehingga didapat

$$\frac{s_2' - s_2' - 7,5}{7,5 s_2' + (s_2')^2} = -\frac{3}{100}$$

$$750 = 22,5s_2' + 3(s_2')^2$$

$$3(s_2')^2 + 22,5s_2' - 750 = 0$$

$$s_2' = \frac{-22,5 \pm \sqrt{(22,5)^2 - 4(-750)(3)}}{2(3)}$$

$$= \frac{-22,5 \pm \sqrt{9.506,25}}{6}$$

$$= \frac{-22,5 \pm 97,5}{6}$$

Pilih nilai s_2' yang positif karena bayangan yang terbentuk adalah nyata sehingga didapat nilai

$$s_2' = \frac{-22,5 + 97,5}{6} = 12,5 \text{ cm}$$

Jarak fokus f adalah

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_2'} + \frac{1}{s_2} = \frac{1}{12,5} + \frac{1}{50}$$

$$= \frac{4+1}{50} = \frac{5}{50}$$

$$f = 10 \text{ cm}$$

19. a. Bayangan nyata dan sepertiga benda, artinya

$$M = -\frac{1}{3}$$

$$\frac{-s'}{s} = -\frac{1}{3} \Rightarrow s' = \frac{1}{3}s$$

dengan $s = 9$ cm

Jarak fokus

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{\frac{1}{3}s} + \frac{1}{s}$$

$$= \frac{3+1}{s}$$

$$f = \frac{s}{4} = \frac{9}{4} = 2,25 \text{ cm}$$

Fokus lensa adalah +2,25 cm sehingga lensa yang digunakan adalah lensa cembung.

- b. Bayangan maya dan sepertiga benda, artinya

$$M = +\frac{1}{3}$$

$$\frac{-s'}{s} = \frac{1}{3} \text{ atau } s' = -\frac{1}{3}s$$

dengan $s = 9$ cm

Jarak fokus

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{-\frac{1}{3}s} + \frac{1}{s} \\ &= \frac{-3+1}{s} \end{aligned}$$

$$f = \frac{s}{-2} = \frac{9}{-2} = -4,5 \text{ cm}$$

Fokus lensa adalah -4,5 cm sehingga lensa yang digunakan adalah lensa cekung.

20. Indeks bias lensa $n_L = 1,5$ dan indeks bias udara $n_m = 1$.

Jari-jari cembung $R_1 = 10$ cm dan jari-jari cekung $R_2 = -30$ cm

- a. Fokus lensa f di udara dengan $n_m = 1$ adalah

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \left(\frac{n_L}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \\ &= \left(\frac{1,5}{1} - 1 \right) \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{-30} \right) \\ &= 0,5 \left(\frac{3}{30} - \frac{1}{30} \right) \\ &= 0,5 \left(\frac{2}{30} \right) = \frac{1}{30} \Rightarrow f = 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena f bertanda positif maka lensa itu adalah lensa cembung.

- b. Jarak fokus lensa di udara adalah 30 cm dari solusi (a).

Jarak fokus di dalam air,

$$n_{\text{air}} = n_m = 1,33$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{f_a} &= \left(\frac{n_L}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \\ &= \left(\frac{1,5}{1,33} - 1 \right) \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{-30} \right) \\ &= \frac{0,17}{1,33} \left(\frac{2}{30} \right) \\ f_a &= \frac{39,9}{0,34} \text{ cm} = 117,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

- c. Jarak benda $s = 25$ cm

Letak bayangan s' adalah

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \\ \frac{1}{s'} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{s} \\ \frac{1}{s'} &= \frac{1}{30} - \frac{1}{25} = \frac{1-1,2}{30} \\ &= -\frac{0,2}{30} \\ s' &= -150 \text{ cm} \end{aligned}$$

Bayangan terletak 150 cm di depan lensa.

Tinggi bayangan h' jika tinggi benda $h = 1$ cm

$$\begin{aligned} M &= \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s} \\ h' &= \frac{-s'}{s} \times h = \frac{-(-150)}{25} \times 1 \\ &= 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tanda positif menyatakan bayangan adalah tegak dan maya.

Sifat bayangan adalah maya, tegak, diperbesar, dan berada di depan lensa.

- d. Benda digeser 4 cm mendekati lensa.

Jadi, jarak benda dari lensa menjadi $s = 25 - 4 = 21$ cm

Letak bayangan

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s} = \frac{1}{30} - \frac{1}{21}$$

$$= \frac{21 - 30}{630} = -\frac{9}{630}$$

$s' = -70$ cm (di depan lensa)

Jadi, bayangannya bergeser sejauh

$$d = -150 - (-70) = -80 \text{ cm}$$

Arah pergeseran bayangan adalah mendekati lensa.

21. Kuat lensa untuk

a. Jarak fokus $f = 20$ cm

$$P = \frac{100}{f}$$

$$P = \frac{100}{20} = 5 \text{ dioptri}$$

b. $s' = 40$ cm dan $s = 5$ cm.

Dari persamaan umum lensa tipis

$$f = \frac{s's}{s' + s} = \frac{(40)(5)}{40 + 5}$$

$$= \frac{200}{45} = \frac{40}{9} \text{ cm}$$

sehingga kuat lensa P adalah

$$P = \frac{100}{f} = \frac{100}{\frac{40}{9}}$$

$$= \frac{900}{40} = 2,25 \text{ dioptri}$$

c. $s' = -30$ cm, dan $s = 6$ cm

$$f = \frac{ss'}{s' + s} = \frac{(-30)(6)}{-30 + 6}$$

$$= \frac{-180}{-24} = \frac{30}{4} \text{ cm}$$

$$P = \frac{100}{f} = \frac{100}{\frac{30}{4}} = \frac{400}{30}$$

$$= \frac{40}{3} \text{ dioptri}$$

22. $s' = -50$ cm

$s = 25$ cm

Gunakan lensa tipis untuk menghitung f lensa kacamatanya.

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{25} + \frac{1}{-50} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{2}{50} + \frac{1}{-50} = \frac{1}{f} \Leftrightarrow \frac{1}{50} = \frac{1}{f}$$

$$f = 50 \text{ cm}$$

Fokus lensa bernilai positif sehingga orang tersebut harus menggunakan kacamata berlensa cembung.

Kuat lensa kacamata:

$$P = \frac{100}{f} = \frac{100}{50} = 2 \text{ dioptri}$$

23. Titik jauh mata 2 m

Jarak fokus lup $f = 12,5$ cm

Mata tidak berakomodasi

a. Letak bayangan harus terletak di depan lensa pada jarak titik jauh pengamat. Jadi $s' = -$ titik jauh pengamat $= -2$ m $= -200$ cm.

b. Hitung letak benda s

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s'} = \frac{1}{12,5} - \frac{1}{-200}$$

$$= \frac{16 + 1}{200} = \frac{17}{200}$$

$$s = \frac{200}{17} = 11,76 \text{ cm (didepan lensa)}$$

Perbesaran lensa:

$$M = \frac{s_n}{s} = \frac{25}{11,76} = 2,13 \text{ kali}$$

24. Jarak fokus okuler $f_{ok} = 2,5$ cm

Jarak fokus objektif $f_{ob} = 0,9$ cm

Titik dekat mata $s_n = 25$ cm

Benda diletakkan di depan lensa objektif pada jarak $s_{ob} = 1$ cm

- a. Dengan menggunakan rumus lensa tipis pada lensa objektif diperoleh

$$\begin{aligned}\frac{1}{s_{ob}} + \frac{1}{s'_{ob}} &= \frac{1}{f_{ob}} \\ \frac{1}{1} + \frac{1}{s'_{ob}} &= \frac{1}{0,9} \\ \frac{1}{s'_{ob}} &= \frac{1 - 0,9}{0,9} = \frac{0,1}{0,9} \\ s'_{ob} &= 9 \text{ cm}\end{aligned}$$

Untuk mata tidak berakomodasi, benda lensa okuler terletak tepat di titik fokus lensa okuler.

$$\text{Jadi, } s_{ok} = f_{ok} = 2,5 \text{ cm}$$

Panjang mikroskop dihitung dengan persamaan

$$d = s'_{ob} + s_{ok} = 9 + 2,5 = 11,5 \text{ cm}$$

- b. Perbesaran objektif

$$M_{ob} = -\frac{s'_{ob}}{s_{ob}} = -\frac{-9}{1} = -9 \text{ kali}$$

Perbesaran okuler untuk mata tidak berakomodasi

$$M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} = \frac{25}{2,5} = 10 \text{ kali}$$

Perbesaran total mikroskop

$$\begin{aligned}M &= M_{ob} \times M_{ok} \\ &= (-9) \times 10 = -90 \text{ kali}\end{aligned}$$

25. a. Perbesaran angular

$$M_a = 50 \text{ kali (penggunaan normal)}$$

Jarak fokus lensa okuler

$$f_{ok} = 50 \text{ mm}$$

Pada penggunaan normal, jarak fokus objektif

$$\begin{aligned}f_{ob} &= M \times f_{ok} \\ f_{ob} &= 50 \times 50 = 2.500 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi, panjang teropong d adalah

$$\begin{aligned}d &= f_{ob} + f_{ok} \\ &= 2.500 + 50 = 2.550 \text{ mm} \\ &= 255 \text{ cm}\end{aligned}$$

- b. Untuk mata berakomodasi maksimum, jarak titik dekat mata $s_n = 25 \text{ cm}$

Jarak bayangan okuler s'_{ok} adalah

$$s'_{ok} = -s_n = -25 \text{ cm} = -250 \text{ mm}$$

Gunakan persamaan lensa tipis.

$$\begin{aligned}\frac{1}{s_{ok}} &= \frac{1}{f_{ok}} - \frac{1}{s'_{ok}} \\ &= \frac{1}{50} - \frac{1}{-250} \\ &= \frac{5+1}{250} = \frac{6}{250} \\ s_{ok} &= \frac{250}{6} = \frac{125}{3}\end{aligned}$$

Jarak fokus objektif

$$M = \frac{f_{ob}}{s_{ok}} \Rightarrow f_{ob} = M \times s_{ok}$$

$$f_{ob} = 50 \times \frac{125}{3} = \frac{6.250}{3} \text{ mm}$$

Jadi, panjang teropong d adalah

$$\begin{aligned}d &= f_{ob} + s_{ok} \\ &= \frac{6.250}{3} + \frac{125}{3} = \frac{6.375}{3} \\ &= 2.125 \text{ mm} = 212,5 \text{ cm}\end{aligned}$$

A. Pilihan Ganda

1. Pemanasan global adalah peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi yang meliputi atmosfer, laut, dan daratan.

Jawaban: A

2. Gejala terjadinya pemanasan global, yaitu:

- meningkatnya kasus alergi (opsi A benar),
- satelit bergerak lebih cepat (opsi B salah),
- mekarnya tumbuhan di Kutub Utara (opsi E salah)

Penebangan liar dan bertambahnya konsentrasi gas rumah kaca bukanlah gejala pemanasan global, melainkan penyebab terjadinya pemanasan global (opsi C dan D salah).

Jawaban: A

3. Pemanasan global dapat disebabkan oleh:

- Aktivitas peternakan, terutama hasil sisa pencernaan hewan, terutama sapi yang menghasilkan gas metana → pernyataan (1) benar.
- Pembakaran hutan dan penggundulan hutan. Karena pohon yang menyerap CO_2 jumlahnya menjadi berkurang → pernyataan (2) dan (4) benar.

Penghematan listrik merupakan upaya menanggulangi pemanasan global.

Jawaban: D

4. Penyebab pemanasan global di antaranya adalah efek rumah kaca. Efek rumah kaca menyebabkan radiasi matahari yang seharusnya dipantulkan ke ruang angkasa kembali lagi ke permukaan bumi sehingga suhunya menjadi lebih tinggi daripada seharusnya.

Jawaban: A

5. Penyebab pemanasan global di antaranya emisi karbon akibat kendaraan bermotor yang memperparah efek rumah kaca, efek umpan balik penguapan air, dan variasi matahari. Sementara itu, kenaikan permukaan air laut merupakan dampak pemanasan global.

Jawaban: E

6. Efek rumah kaca yang normal diperlukan bagi kehidupan di Bumi karena menjaga suhu bumi supaya hangat sehingga dapat mendukung kehidupan. Apabila efek rumah kaca sama sekali tidak ada, suhu bumi akan sangat dingin sehingga makhluk hidup tidak mampu bertahan hidup.

Jawaban: D

7. Kalor yang terperangkap di permukaan bumi akibat efek rumah kaca menyebabkan suhu rata-rata permukaan bumi meningkat.

Jawaban: A

8. Gas rumah kaca terdiri atas:

- karbon dioksida (CO_2) → pernyataan (1) benar.
- dinitrogen oksida (N_2O) → pernyataan (2) benar.
- metana (CH_4) → pernyataan (4) benar.
- gas terfluorisasi seperti hidrofluorokarbon (HFCs), klorofluorokarbon (CFC), perfluorokarbon (PFCs), dan sulfur heksafluorida (SF_6).

Jawaban: B

9. Gas rumah kaca yang terdapat di atmosfer memiliki komposisi yang berbeda, di antaranya karbon dioksida (76%), metana (16%), oksida nitrogen (6%), dan gas terfluorisasi (2%). Jadi, dua gas yang berperan besar terhadap terjadinya efek rumah kaca adalah karbon dioksida (CO_2) dan metana (CH_4).

Jawaban: D

10. Berikut ini aktivitas yang dapat menghasilkan gas rumah kaca.

- Penggunaan kendaraan bermotor karena gas buangnya mengandung karbon dioksida.
- Aktivitas industri pada pabrik karena menghasilkan limbah hasil pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung karbon dioksida.
- Penggunaan pendingin ruangan karena mengemisikan gas CFC.
- Aktivitas pertanian akibat penggunaan pupuk berbahan kimia yang menghasilkan dinitrogen oksida.

- Aktivitas peternakan, terutama hasil sisa pencernaan hewan, terutama sapi yang menghasilkan gas metana.

Aktivitas kelautan dan perikanan tidak menghasilkan gas rumah kaca secara signifikan.

Jawaban: D

11. Penggunaan kendaraan bermotor dapat mengakibatkan peningkatan suhu permukaan bumi karena emisi gas buang yang dihasilkan dalam pengoperasiannya. Hal ini terjadi karena sebagian besar kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar minyak yang mengemisikan gas rumah kaca, yaitu CO_2 .

Jawaban: C

12. Aktivitas industri yang dapat mengakibatkan peningkatan suhu permukaan bumi karena emisi gas buang yang dihasilkan dalam pengoperasiannya. Hal ini terjadi karena sebagian besar proses industri masih menggunakan bahan bakar fosil yang mengemisikan gas rumah kaca, yaitu CO_2 .

Jawaban: C

13. Pemanasan global merupakan peristiwa naiknya suhu rata-rata permukaan bumi. Karena suhu lingkungan naik, daratan yang berupa es di kutub mencair → pernyataan (1). Perubahan suhu berpengaruh pula pada cuaca yang pada akhirnya dapat memengaruhi iklim → pernyataan (2). Bertambah panasnya bumi juga berpengaruh terhadap jumlah flora dan fauna

karena pada perubahan suhu yang ekstrem hanya yang dapat beradaptasi dengan baik yang mampu bertahan hidup → pernyataan (4).

Jawaban: B

14. Salah satu dampak dari pemanasan global adalah pencairan es yang berada di kutub. Hal ini menyebabkan naiknya volume air laut. Akibatnya permukaan air laut naik sehingga menimbulkan terjadinya banjir rob di pesisir pantai.

Jawaban: E

15. Kerusakan hutan terjadi karena penebangan liar (*illegal logging*) dan kebakaran hutan. Penebangan liar dapat ditangani dengan membuat perda dan UU yang melarang aktivitas tersebut. Sementara itu, pembakaran liar dapat ditangani dengan memberi hukuman yang berat terhadap pelakunya untuk menimbulkan efek jera. Dalam usaha memulihkan kembali hutan yang gundul dapat dilakukan reboisasi.

Jawaban: E

16. Seandainya jumlah CO_2 berkurang, organisme yang pertama kali terkena dampaknya adalah tumbuhan yang berperan sebagai produsen. Hal ini terjadi karena tumbuhan membutuhkan CO_2 untuk berfotosintesis dan menghasilkan energi.

Jawaban: B

17. Akibat pemanasan global, hanya individu atau bahkan spesies tertentu saja yang mampu beradaptasi saja yang sanggup bertahan. Jika hal ini terjadi tentunya akan memutus rantai makanan, terganggunya

pola interaksi antarmakhluk hidup, dan keseimbangan ekosistem akan terganggu. Selain itu, pemanasan global dapat mengganggu habitat spesies tertentu.

Jawaban: C

18. Dengan menganggap Bumi sebagai benda hitam dan dengan menggunakan persamaan pergeseran Wien, diperoleh Bumi memancarkan energi dengan intensitas terbesar pada panjang gelombang 9,8 μm . Panjang gelombang dengan nilai tersebut termasuk spektrum inframerah-C.

Jawaban: D

19. Upaya yang dilakukan oleh manusia untuk menanggulangi pemanasan global di antaranya penghematan energi, daur ulang sampah, pemanfaatan energi alternatif, dan reboisasi hutan. Penambahan jumlah kendaraan bermotor hanya akan menambah emisi gas rumah kaca. Sebaliknya, kita harus mengurangi penggunaan kendaraan bermotor, di antaranya dengan berjalan kaki dan menggunakan kendaraan umum.

Jawaban: E

20. Efek rumah kaca dapat ditanggulangi dengan cara penghijauan. Penghijauan dapat menanggulangi efek rumah kaca karena tumbuhan dapat menyerap karbon dioksida dan menghasilkan oksigen.

Jawaban: D

21. Pengolahan sampah dapat dilakukan dengan 3R, yaitu *reduce* (kurangi), *reuse* (gunakan kembali), dan *recycle* (daur ulang).

Jawaban: C

22. Ifti membuat kerajinan dari kertas bekas. Sampah kertas didaur ulang oleh Ifti sehingga menghasilkan produk baru. Jadi, Ifti menerapkan prinsip *recycle*.

Jawaban: C

23. Ardhi menggunakan kembali kertas bekas untuk menulis rancangan tugas. Sampah kertas tersebut digunakan kembali oleh Ardhi. Jadi, Ardhi menerapkan prinsip *reuse*.

Jawaban: A

24. Di daerah perkotaan, sebagian besar lahan digunakan sebagai permukiman, kawasan kantor atau industri, dan jalan raya. Jalan raya banyak dilewati oleh kendaraan sehingga banyak asap dan debu. Oleh sebab itu, di daerah perkotaan perlu dilakukan penghijauan karena pepohonan yang ditanam dapat menyerap CO_2 dan menghasilkan O_2 sehingga lingkungan menjadi lebih asri.

Jawaban: C

25. Berikut ini upaya yang dapat dilakukan oleh siswa untuk mengurangi pemanasan global.
- Hemat dalam pemakaian kertas → pernyataan (1) benar.
 - Menanam pohon di rumah dan di sekolah → pernyataan (2) benar.
 - Memakai sepeda ke sekolah → pernyataan (3) benar.

Jawaban: B

26. Berikut ini merupakan upaya dalam rangka mengurangi efek rumah kaca.

- Mengurangi penggunaan bahan bakar minyak bumi karena menghasilkan emisi CO_2 → pernyataan (1) benar.
- Melestarikan hutan dengan penebangan berencana → pernyataan (2) benar.
- Pencarian dan penggunaan energi alternatif yang ramah lingkungan → pernyataan (3) benar.

Penggunaan CFC pada pendingin ruangan bukan merupakan upaya untuk mengurangi efek rumah kaca karena CFC termasuk gas rumah kaca.

Jawaban: A

27. Panel surya memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik. Energi surya merupakan salah satu energi terbarukan yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti energi dari fosil (BBM dan batu bara). Oleh sebab itu, penggunaan panel surya merupakan pemanfaatan energi alternatif yang dapat mengurangi pemanasan global.

Jawaban: B

28. Salah satu upaya pemerintah dalam menanggulangi pemanasan global yaitu program penanaman sejuta pohon. Bahkan dalam Kepres nomor 24 ditetapkan tanggal 28 November sebagai Hari menanam Pohon Indonesia.

Jawaban: C

B. Esai

1. Pemanasan global merupakan peristiwa meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi yang diakibatkan oleh meningkatnya kandungan gas rumah kaca di atmosfer.
2. Suhu di dalam ruangan rumah kaca lebih tinggi daripada suhu di luar rumah kaca karena sinar matahari yang menembus kaca dipantulkan kembali oleh tanaman atau tanah dalam ruangan rumah kaca sebagai radiasi inframerah yang berupa panas. Sinar tersebut dipantulkan kembali oleh kaca sehingga tidak dapat keluar dari rumah kaca. Akibatnya, suhu di dalam rumah kaca menjadi lebih hangat dibandingkan dengan suhu di luarnya.
3. Proses terjadinya efek rumah kaca, yaitu pancaran sinar matahari yang sampai ke Bumi (setelah melalui penyerapan oleh berbagai gas di atmosfer), sebagian dipantulkan dan sebagian lain diserap oleh Bumi. Bagian yang diserap akan dipancarkan oleh Bumi sebagai radiasi inframerah yang panas. Radiasi inframerah tersebut seharusnya diteruskan ke ruang angkasa, namun tertahan oleh gas-gas rumah kaca sehingga tidak bisa terlepas ke luar angkasa dan menyebabkan panas bumi terperangkap. Hal ini mengakibatkan peningkatan suhu lapisan troposfer dan permukaan bumi. Sehingga terjadilah efek rumah kaca.
4. Faktor-faktor yang menyebabkan peningkatan gas rumah kaca antara lain sebagai berikut.
 - a. Konsumsi bahan bakar fosil (minyak tanah, gas, dan batubara) pada bidang industri, transportasi, pembangkit tenaga listrik, dan penggunaan rumah tangga dan perkantoran.
 - b. Kebakaran dan penggundulan hutan.
 - c. Kegiatan pertanian dan peternakan yang mengeluarkan emisi karbon dioksida (CO_2), dinitrogen oksida (N_2O), dan metana (CH_4).
 - d. Makin banyaknya jumlah sampah.
5. Peningkatan jumlah sampah dapat meningkatkan gas rumah kaca karena makin besar volume sampah, makin besar gas metana yang dilepas ke atmosfer. Metana termasuk gas rumah kaca sehingga dapat memperparah terjadinya efek rumah kaca.
6. Gas rumah kaca adalah gas-gas yang menyebabkan terjadinya efek rumah kaca. Gas yang termasuk gas rumah kaca adalah karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), dan gas terflourisasi seperti hidrofluorokarbon (HFCs), klorofluorokarbon (CFC), perfluorokarbon (PFCs), sulfur heksafluorida (SF_6).
7. Peningkatan jumlah karbon dioksida di atmosfer disebabkan oleh meningkatnya hasil pembakaran dari kendaraan bermotor dan pembakaran yang dilakukan oleh pabrik dan rumah tangga, serta terjadinya kebakaran dan penggundulan hutan.

8. Metana merupakan gas rumah kaca yang terdapat secara alami yang dihasilkan oleh jenis-jenis mikroorganisme tertentu yang menguraikan bahan organik pada kondisi tanpa udara (*anaerob*). Selain itu, gas metana dihasilkan dari pencernaan hewan ternak.
9. Dinitrogen oksida dihasilkan oleh mikroorganisme dalam tanah ketika menguraikan nitrogen dari dalam tanah dan kotoran ternak. Emisi gas ini meningkat saat ketersediaan nitrogen dalam tanah melebihi kebutuhan nitrogen yang dibutuhkan tanaman. Hal ini terjadi saat petani menggunakan pupuk buatan yang kaya akan nitrogen.
10. CFC atau chlorofluorocarbon atau biasa disebut freon digunakan sebagai pendingin pada lemari es dan AC. Selain itu, CFC terkandung pada pemakaian *spray* seperti parfum dan pengharum ruangan.
11. Bukti jika peningkatan gas-gas rumah kaca dalam atmosfer sebenarnya sudah berlangsung lama adalah mencairnya es di kutub sejak tahun 1960 dan terjadinya pergeseran musim yang sudah terjadi di beberapa belahan bumi.
12. Dampak dari pemanasan global, yaitu ketidakstabilan cuaca, peningkatan permukaan air laut akibat pencairan es di kutub, dan terjadinya gangguan ekologis yang juga melibatkan kelestarian hewan dan tumbuhan.
13. Contoh dampak sosial dari pemanasan global adalah perubahan mata pencaharian penduduk, terutama di daerah pertanian akibat perubahan iklim yang menyebabkan kurangnya masa panen. Hal ini menyebabkan para petani mencari mata pencaharian lain yang tidak tergantung pada iklim sehingga terjadi urbanisasi besar-besaran.
14. Pemanasan global dapat memengaruhi kesehatan masyarakat karena perubahan iklim dan suhu memengaruhi transmisi beberapa penyakit menular. Parasit dan vektor penyakit sangat peka terhadap faktor-faktor iklim, khususnya suhu dan kelembapan udara. Misalnya, vektor penyakit malaria, demam berdarah, dan kaki gajah meningkat. Di Indonesia, penyakit-penyakit tersebut semula terjadi di dataran rendah, mungkin pada waktu yang akan datang akan menyebar di daerah pegunungan yang berhawa dingin, karena pemanasan global menyebabkan suhu permukaan bumi meningkat.
15. Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalkan dampak pemanasan global antara lain sebagai berikut.
 - a. Melakukan konservasi (pemeliharaan dan perlindungan) dan efisiensi (penghematan) energi.
 - b. Mengeliminasi atau menghilangkan CFC (klorofluorokarbon).
 - c. Menggunakan dan mengembangkan teknologi bersumberkan energi yang ramah lingkungan.
 - d. Melakukan reboisasi atau penghijauan hutan.

PEMBAHASAN

PENILAIAN AKHIR SEMESTER

2

A. Pilihan Ganda

- Kedua gaya F_1 dan F_2 memberikan torsi yang berlawanan arah jarum jam terhadap sistem tersebut. Hal ini mengakibatkan kecepatan sudut mengalami perubahan. Namun pertambahan gaya bukan berarti akan selalu terjadi peningkatan kecepatan sudut. Jika sistem pada awalnya berputar berlawanan arah jarum jam (searah dengan gaya F_1 dan F_2) maka kecepatan sudut akan meningkat. Namun, jika awalnya sistem berputar searah jarum jam, maka torsi yang diberikan gaya F_1 dan F_2 akan memperlambat rotasi atau mengurangi kecepatan sudut.

Jawaban: C

- Pegas pada Gambar (a) disusun paralel

$$k_{\text{tot}} = 200 + 200 + 200 + 200 \\ = 800 \text{ N/m}$$

Pegas pada Gambar (b) disusun seri

$$\frac{1}{k_{s_1}} = \frac{1}{200} + \frac{1}{200} = \frac{2}{200}$$

$$k_{s_1} = \frac{200}{2} = 100 \text{ N/m}$$

$$\frac{1}{k_{s_2}} = \frac{1}{200} + \frac{1}{200} = \frac{2}{200}$$

$$k_{s_2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ N/m}$$

$$k_{\text{tot}} = k_{s_1} + k_{s_2} = 100 + 100 = 200 \text{ N/m}$$

Jawaban: D

- Bagian atas kotak berada pada kedalaman $D - z$ di bawah permukaan cairan sehingga tekanan pada bagian atas kotak adalah

$$P = P_{\text{atm}} + \rho gh = P_{\text{atm}} + \rho g(D - z)$$

Luas bagian atas kotak adalah $A = xy$,

Jadi, gaya di bagian atas kotak adalah

$$F = PA = [P_{\text{atm}} + \rho g(D - z)]xy$$

Jawaban: C

- Pertama, gunakan persamaan Bernoulli. Titik B adalah udara yang diam dan titik A adalah udara yang melaju.

$$P_A + \frac{1}{2} \rho_u v_A^2 + \rho_u g y_A =$$

$$P_B + \frac{1}{2} \rho_u v_B^2 + \rho_u g y_B$$

$v_B = 0$ dan $y_A = y_B$ sehingga persamaan menjadi

$$P_A + \frac{1}{2} \rho_u v^2 = P_B$$

$$P_B - P_A = \frac{1}{2} \rho_u v^2$$

Perbedaan tekanan dapat diperoleh dari tekanan hidrostatik air pada manometer.

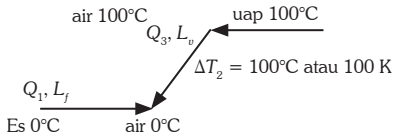
$$\rho_a gh = \frac{1}{2} \rho_u v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_a gh}{\rho_u}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2(1.000)(9,8)(1)}{1,2}} = 128 \text{ m/s}$$

Jawaban: D

5. Skema suhu-kalor



Massa es $m_1 = 0,02 \text{ kg}$

Massa air $m_2 = 0,10 \text{ kg}$

Suhu air dan es $T = 0^\circ\text{C}$

Suhu uap $T = 100^\circ\text{C}$

$L_v = 2,3 \times 10^6 \text{ J K}^{-1}$

$L_f = 3,4 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

$c_a = 4,2 \times 10^3 \text{ J/kg K}$

Uap akan melepas kalor yang akan diserap oleh air dan es. Karena semua es tepat melebur, maka suhu akhir campuran adalah 0°C .

Pertama, hitung massa uap 100°C yang diberikan dengan menggunakan kekekalan energi. Kalor yang diserap es 0°C digunakan untuk melebur menjadi air 0°C .

$$\begin{aligned} Q_1 &= m_1 L_f \\ &= (0,02)(3,4 \times 10^5) \\ &= 6.800 \text{ J} \end{aligned}$$

Kalor yang dilepas uap 100°C untuk menjadi air 100°C ,

$$Q_1 = mL_v = m(2,3 \times 10^6)$$

Kalor yang dilepas air 100°C untuk menjadi air 0°C ,

$$\begin{aligned} Q_2 &= mc_a \Delta T_2 \\ &= m(4,2 \times 10^3)(100) \\ &= m(0,42 \times 10^6) \text{ J} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{serap}}$$

$$Q_2 + Q_3 = Q_1$$

$$m(0,42 \times 10^6) + m(2,3 \times 10^6) = 6.800$$

$$m(2,72 \times 10^6) = 6,8 \times 10^2$$

$$m = 2,5 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

Jadi, massa air sekarang adalah

$$\begin{aligned} m &= 0,02 + 0,10 + 2,5 \times 10^{-4} \\ &= 0,12025 \text{ kg} = 120,25 \text{ g} \end{aligned}$$

Jawaban: C

$$6. \quad V = 2,4 \text{ m}^3$$

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$P = 1,3 \text{ atm} = 1,3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$v_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3PV}{m}}$$

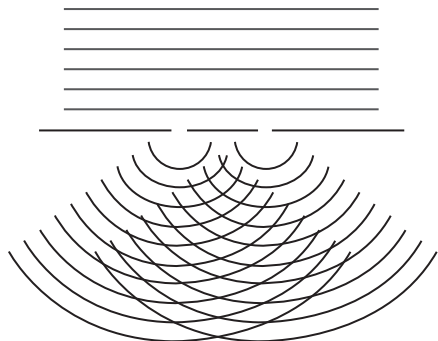
$$\begin{aligned} v_{\text{RMS}} &= \sqrt{\frac{3(1,3 \times 10^5)(2,4)}{2}} \\ &= 684,11 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Jawaban: B

7. Usaha yang dilakukan pada gas selama proses termodinamika sama dengan luas wilayah dalam diagram P - V di bawah jalur yang diambil sistem dari kondisi awal ke kondisi akhir. Karena luas di bawah jalur 1 adalah yang terbesar, usaha yang dilakukan pada gas selama transformasi sepanjang jalur 1 adalah yang terbesar.

Jawaban: A

8. Model sumber titik menyatakan bahwa gelombang yang melewati dua celah sempit akan menghasilkan dua bagian muka gelombang melengkung yang terpisah melewati celah. Dua muka gelombang baru ini akan saling mengganggu sehingga menciptakan pola interferensi yang konstruktif dan destruktif.



Jawaban: E

9. Persamaan umum gelombang:

$$y = A \sin 2\pi \left(ft - \frac{x}{\lambda} \right)$$

Pada soal diketahui

$$f = 6 \text{ Hz}, \lambda = 0,2 \text{ m}, A = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m} \text{ sehingga}$$

$$y = 0,08 \sin 2\pi \left(6t - \frac{x}{0,2} \right)$$

$$y = 0,08 \sin 2\pi (6t - 5x)$$

dengan x dan y dinyatakan dalam meter dan t dalam detik. Perhatikan bahwa, pada $(x, t) = (0, 0)$, nilai y adalah nol. Jika $y \neq 0$ pada $(0, 0)$, maka Anda harus memasukkan fase awal dalam persamaan.

Jawaban: D

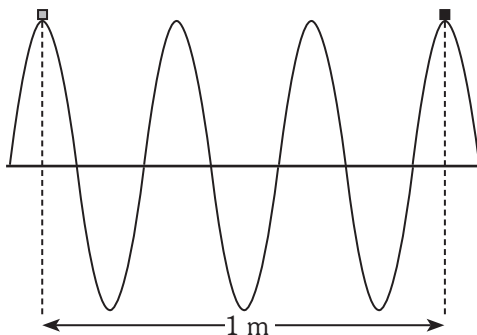
10. $y = 0,02 \sin \pi(8t - x)$

Jika $x = 8 \text{ cm}$ dan $t = 1 \text{ s}$, maka

$$\begin{aligned} y &= 0,02 \sin \pi(8t - x) \\ &= 0,02 \sin \pi(8 \cdot 1 - 8) \\ &= 0,02 \sin 0 = 0 \end{aligned}$$

Jawaban: E

11. Berikut ini sketsa posisi gabus yang ada di permukaan air sesuai keadaan pada soal.



$$3\lambda = 1$$

$$\lambda = \frac{1}{3} = 0,333 \text{ m} = 3,33 \text{ cm}$$

Jawaban: C

12. Jarak perut ketiga adalah

$$x = 1 \frac{1}{4} \lambda = \frac{5}{4} \lambda$$

Panjang gelombang dapat diperoleh dengan membagi panjang tali dengan jumlah gelombang, yaitu

$$\lambda = \frac{\ell}{n} = \frac{2}{5} \text{ m}$$

Jadi, jarak perut ketiga

$$x = \frac{5}{4} \lambda = \frac{5}{4} \left(\frac{2}{5} \right) = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ m}$$

Jawaban: C

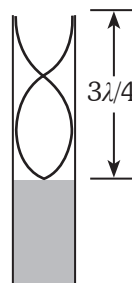
13. Berikut ciri-ciri gelombang bunyi.

- Dapat mengalami difraksi atau pelenturan $\rightarrow$ pernyataan (1),
- Dapat mengalami refleksi atau pemantulan $\rightarrow$ pernyataan (2).
- Hanya dapat merambat melalui medium sehingga tidak dapat merambat dalam ruang hampa $\rightarrow$ pernyataan (3).

Gelombang bunyi tidak mengalami polarisasi karena merupakan gelombang longitudinal. Sementara itu, ketika melewati medium yang berbeda gelombang bunyi mengalami pembelokan.

Jawaban: A

14. Berikut sketsa gelombang berdiri yang terbentuk pada kolom udara saat resonansi bunyi ke-2.



$$h = \frac{3}{4} \lambda = \frac{3v}{4f} = \frac{3(340)}{4(680)}$$

$$= \frac{3}{8} = 0,375 \text{ m} = 37,5 \text{ cm}$$

Jawaban: C

15. Saat keping logam masih menempel pada tabung maka terbentuk gelombang bunyi pada pipa organa tertutup sehingga diketahui $f_{0t} = 280$ Hz. Saat keping logam diambil maka tabung kaca menjadi pipa organa terbuka.

$$v_b = v_t$$

$$2\ell f_{0b} = 4\ell f_{0t}$$

$$2f_{0b} = 4(280)$$

$$f_{0b} = 560 \text{ Hz}$$

Jawaban: E

16. Shinta berdiri di samping mobil polisi yang membunyikan sirene dengan $f_{\text{pol}} = 520$ Hz. Sumber bunyi, yaitu ambulans mendekat dengan $f_s = 480$ Hz, $v_s = 20$ m/s. Shinta sebagai pendengar diam sehingga $v_p = 0$. Kecepatan bunyi di udara $v = 340$ m/s. Pelayangan terjadi antara frekuensi sumber bunyi ambulans yang didengar Shinta dan frekuensi sirene mobil polisi yang ada di dekatnya. Kita cari frekuensi mobil ambulans yang berubah akibat adanya efek Doppler.

$$f_p = \frac{v - v_p}{v - v_s} f_s$$

$$= \frac{340 - 0}{340 - 20} \times 480$$

$$= \frac{340}{320} \times 480$$

$$= 34 \times 15 = 510 \text{ Hz}$$

Frekuensi pelayangan yang didengar Shinta adalah

$$f_L = |f_p - f_{\text{pol}}|$$

$$= |510 - 520|$$

$$= 10 \text{ Hz}$$

Jawaban: B

17. $r_A = 200$ m, $r_B = 2.000$ m,
 $I_A = 10^{-8} \text{ W/m}^2$

$$I_A : I_B = \frac{1}{r_A^2} : \frac{1}{r_B^2} = \left(\frac{r_B}{r_A} \right)^2$$

$$\frac{10^{-8}}{I_B} = \left(\frac{2.000}{200} \right)^2 = 10^2$$

$$I_B = \frac{10^{-8}}{10^2} = 10^{-10} \text{ W/m}^2$$

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$\frac{TI_A}{TI_B} = 10 \log \frac{I_A}{I_0} : 10 \log \frac{I_B}{I_0}$$

$$= \log \frac{10^{-8}}{10^{-12}} : \log \frac{10^{-10}}{10^{-12}}$$

$$= \log 10^4 : \log 10^2$$

$$= 4 : 2 = 2 : 1$$

Jawaban: B

18. Perbedaan antara tingkat desibel adalah $60 - 30 = 30$ dB. Setiap perubahan sebesar 10 pada tingkat desibel sesuai dengan faktor intensitas 10. Karena 30 dB mewakili 3 perubahan 10, intensitas percakapan normal harus 3 faktor 10, atau $10^3 = 1.000$ kali, lebih besar dari yang ada di perpustakaan.

Jawaban: E

19. Berdasarkan soal, diperoleh data:

$$\lambda = 5.890 \text{ \AA}, \theta = 30^\circ,$$

terjadi pola terang maksimum

pertama sehingga $m = 0$ dan berlaku persamaan berikut.

$$d \sin \theta = m \lambda$$

$$\begin{aligned} d &= \frac{\left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda}{\sin \theta} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{2}\right)(5.890)}{\sin 30^\circ} = 5.890 \text{ \AA} \end{aligned}$$

Jawaban: A

20. Cahaya dilewatkan pada kisi difraksi sehingga berlaku persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \frac{\sin \theta}{N} &= m \lambda \\ \lambda &= \frac{\sin \theta}{mN} \\ &= \frac{\sin 30^\circ}{2(5.000)} = \frac{0,5}{10^4} \\ &= 5 \times 10^{-5} \text{ cm} = 5.000 \text{ \AA} \end{aligned}$$

Jawaban: C

21. Berdasarkan soal, diperoleh data:

$$\begin{aligned} L &= 80 \text{ cm} = 8 \times 10^2 \text{ mm}, \\ \lambda &= 6.000 \text{ \AA} = 6 \times 10^{-4} \text{ mm}, \\ d &= 0,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ditanyakan jarak pola gelap pertama terhadap terang pusat sehingga $m = 0$ dan berlaku persamaan berikut.

$$\begin{aligned} y &= \frac{\left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda L}{d} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{2}\right)(6 \times 10^{-4})(8 \times 10^2)}{0,6} \\ &= 0,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jawaban: B

22. Cahaya yang masuk polarisator memiliki intensitas I_0 . Cahaya tersebut dilewatkan pada polarisator

bersumbu transmisi vertikal sehingga hanya komponen vertikal saja yang dapat lewat sehingga

intensitasnya tinggal $\frac{1}{2} I_0$. Cahaya

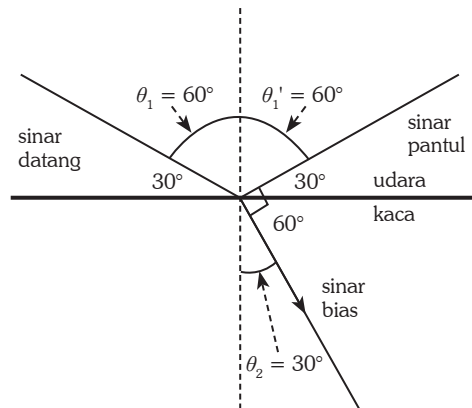
dengan intensitas $\frac{1}{2} I_0$ ini kemudian

melewati analisator dengan arah sumbu transmisi 30° terhadap sumbu transmisi polarisator sehingga intensitasnya menjadi

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} I_0 \cos^2 30^\circ = \frac{1}{2} I_0 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{3}{4}\right) I_0 = \frac{3}{8} I_0 \\ \frac{I}{I_0} &= \frac{3}{8} = 3 : 8 \end{aligned}$$

Jawaban: B

23. Berikut sketsa jalannya sinar.



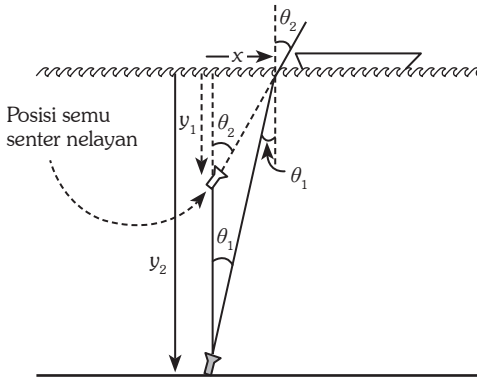
Karena sinar yang dipantulkan dan dibiaskan saling tegak lurus, maka $\theta_2 = 30^\circ$. Hukum Snell menjadi

$$\begin{aligned} n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ 1 \cdot \sin 60^\circ &= n_2 \sin 30^\circ \end{aligned}$$

$$n_2 = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{3}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$$

Jawaban: B

24. Perhatikan gambar di bawah ini.



Karena udara memiliki indeks yang lebih rendah daripada air, berkas cahaya akan membelok menjauhi garis normal ketika keluar dari air. Akibatnya, nelayan menyangka bahwa senter berada pada kedalaman y_1 , padahal kedalaman sebenarnya adalah $y_2 = 10$ m. Untuk menentukan nilai y_1 , dapat digunakan trigonometri sederhana.

$$\tan \theta_1 = \frac{x}{y_2} \quad \text{dan} \quad \tan \theta_2 = \frac{x}{y_1}$$

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{\tan \theta_2}{\tan \theta_1}$$

Berdasarkan Hukum Snellius,

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Karena $n_2 = n_{\text{udara}} = 1$, maka

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{1}{n_1}$$

Gunakan pendekatan $\sin \theta \approx \tan \theta$ sehingga

$$\frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2} \approx \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

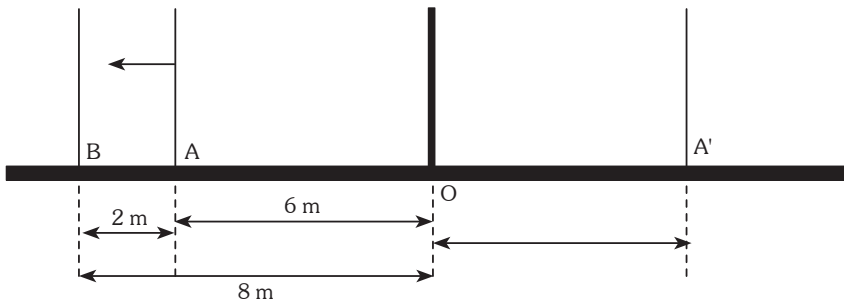
$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{n_1}$$

Karena $y_2 = 10$ m dan $n_1 = n_{\text{air}} = 1,33$, maka

$$y_1 = \frac{y_2}{n_1} = \frac{10}{1,33} = 7,5 \text{ m}$$

Jawaban: B

25.



Jarak awal Suneo $OA = 6$ m

Jarak pergeseran Suneo $AB = 2$ m

Jarak Suneo dari cermin sekarang $OB = 8$ m

Misalkan posisi awal Suneo di titik A, dengan jarak awal Suneo $OA = 6$ m.

Kemudian, Suneo bergeser sejauh $AB = 2$ m sehingga jarak Suneo dengan cermin setelah pergeseran adalah

$$OB = AB + OA \rightarrow OB = 2 + 6 = 8 \text{ m}$$

Sesuai dengan sifat cermin datar, yaitu jarak benda ke cermin sama dengan jarak bayangan dari cermin, maka jarak bayangan akhir $= OB = 8$ m.

Jawaban: D

26. Pemantulan pertama oleh cermin cekung sehingga cermin 1 adalah cermin cekung dan cermin 2 adalah cermin cembung.

Cermin 1 (cekung)

$$R_1 = 60 \text{ cm}$$

$$f_1 = \frac{R_1}{2} = 30 \text{ cm}$$

Cermin 2 (cembung)

$$R_2 = -60 \text{ cm}$$

$$f_2 = \frac{R_2}{2} = -30 \text{ cm}$$

Jarak pisah kedua cermin adalah $d = 45 \text{ cm}$. Benda terletak tepat di tengah-tengah antara kedua cermin sehingga $s_1 = 22,5 \text{ cm}$

Jarak bayangan cermin 1 (s_1')

$$\begin{aligned} \frac{1}{s_1'} &= \frac{1}{f_1} - \frac{1}{s_1} \\ &= \frac{1}{30} - \frac{1}{22,5} = \frac{15 - 20}{450} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{s_1'} = -\frac{5}{450} \Rightarrow s_1' = -90 \text{ cm}$$

Jarak benda untuk cermin 2 (s_2)

$$d = s_1' + s_2$$

$$45 = -90 + s_2 \Rightarrow s_2 = 135 \text{ cm}$$

Jarak bayangan akhir dihitung dengan persamaan

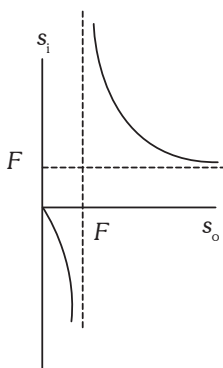
$$\begin{aligned} \frac{1}{s_2'} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{s_2} \\ &= -\frac{1}{30} - \frac{1}{135} \\ &= \frac{-135 - 30}{4.050} \\ &= -\frac{165}{4.050} \Rightarrow s_2' = -24,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Perhatikan, tanda negatif berarti bayangan akhir adalah tegak terhadap bendanya semula, berada 24,5 cm di belakang cermin 2

(cermin cembung) atau $24,5 + 45 = 69,5$ di depan cermin 1 (cermin cekung).

Jawaban: A

27. Lensa cembung menghasilkan bayangan nyata (positif s_i) ketika jarak benda lebih besar dibandingkan dengan jarak fokus dan bayangan virtual (negatif s_i) ketika jarak benda lebih kecil dibandingkan dengan panjang fokus. Jadi, bentuk grafik yang benar adalah sebagai berikut:



Jawaban: A

28. Untuk mata tidak berakomodasi, tetapi titik jauh pengamat adalah 2 m, bayangan lensa haruslah terletak di depan lensa pada titik jauh pengamat.

Jadi, $s' = -$ titik jauh

$$= -2 \text{ m} = -200 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{s} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{s'} \\ &= \frac{1}{4} - \frac{1}{-200} \\ &= \frac{50 + 1}{200} = \frac{51}{200} \end{aligned}$$

$s = 3,92 \text{ cm}$ di depan lensa.

Perbesaran lup dihitung dengan persamaan umum perbesaran lensa yang dinyatakan oleh persamaan

$$M_a = \frac{s_n}{s} = \frac{25}{3,92} = 6,37 \text{ kali}$$

Jawaban: B

29. Diketahui $f_{ob} = 2 \text{ cm}$, $f_{ok} = 5 \text{ cm}$,
 $s_{ob} = 2,2 \text{ cm}$, $h' = 0,6 \text{ mm}$, $d = 27 \text{ cm}$.

$$\frac{1}{f_{ob}} = \frac{1}{s_{ob}} + \frac{1}{s_{ob}'} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{1}{2,2} + \frac{1}{s_{ob}'}$$

$$\frac{1}{s_{ob}'} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2,2} = \frac{11-10}{22} = \frac{1}{22}$$

$$s_{ob}' = 22 \text{ cm}$$

Pengamatan akomodasi maksimum sehingga

$$d = s_{ob}' + s_{ok}$$

$$s_{ok} = d - s_{ob}' = 27 - 22 = 5 \text{ cm}$$

Perbesaran objektif

$$M_{ob} = \frac{s_{ob}'}{s_{ob}} = \frac{22}{2,2} = 10 \text{ kali}$$

Perbesaran okuler

$$M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} + 1 = \frac{25}{5} + 1 = 6 \text{ kali}$$

$$M_{total} = M_{ob} \times M_{ok} \\ = 10 \times 6 = 60 \text{ kali}$$

Perbesaran total 60 kali sehingga

$$M_{total} = \frac{h'}{h} \Rightarrow h = \frac{h'}{M_{total}}$$

$$h = \frac{0,6}{60} = \frac{6}{600} \text{ mm} \times 10^3 = 10 \text{ } \mu\text{m}$$

Jawaban: D

30. $M = 7 \text{ kali}$ dan $d = 32 \text{ cm}$

Pada pengamatan normal atau tanpa akomodasi,

$$d = f_{ob} + f_{ok}$$

$$32 = f_{ob} + f_{ok} \Rightarrow f_{ok} = 32 - f_{ob}$$

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \Rightarrow 7 = \frac{f_{ob}}{32 - f_{ob}}$$

$$f_{ob} = 224 - 7f_{ob}$$

$$8f_{ob} = 224 \Rightarrow f_{ob} = 28 \text{ cm}$$

$$f_{ok} = 32 - f_{ob} = 32 - 28 = 4 \text{ cm}$$

Jawaban: A

31. Tiga hal penyebab terjadinya pemanasan global:

- Emisi gas karbon dioksida yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, dan hutan.
- Emisi gas metana dari kotoran hewan dan lahan pertanian.
- Penggunaan pupuk kimia dalam pertanian yang makin meningkat

Jawaban: D

32. Metana, karbon dioksida, CFC dan nitrogen oksida adalah gas yang tergolong gas rumah kaca

Jawaban: C

33. Pemanasan global menyebabkan suhu rata-rata bumi meningkat (pernyataan (3)) sehingga es di kutub mencair (pernyataan (1)).

Jawaban: B

34. Berikut ini dampak dari pemanasan global.

- Badai lebih sering akibat perbedaan suhu yang tinggi (ekstrem) $\rightarrow$ Pernyataan (1) salah.
- Timbulnya cuaca ekstrem dibandingkan abad sebelumnya $\rightarrow$ Pernyataan (2) benar.
- Naiknya permukaan air lain akibat pencairan es abadi di kutub $\rightarrow$ Pernyataan (3) benar.

- Meningkatnya keasaman air laut → Pernyataan (4) salah.
- Meningkatnya migrasi hewan ke kutub utara → Pernyataan (5) benar.

Jawaban: C

35. Berikut usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi terjadinya pemanasan global.

- Menggunakan energi terbarukan dan mengurangi penggunaan batu bara, dan BBM.
- Meningkatkan efisiensi bahan bakar kendaraan.
- Mengurangi *deforestation*.
- Mendukung dan turut serta kegiatan penghijauan.

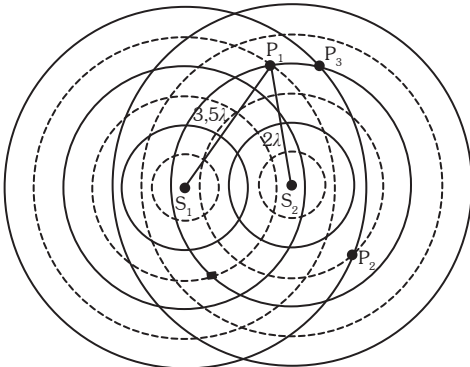
Jawaban: E

B. Esai

1. a. Perbedaan lintasan

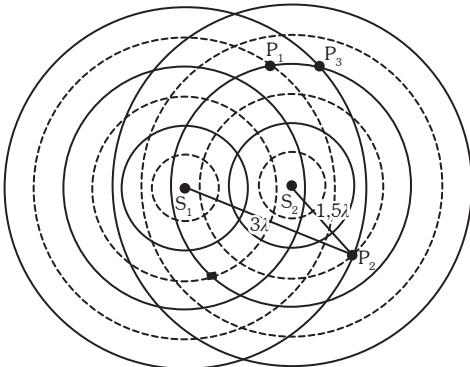
$$\Delta s = |S_1P_1 - S_2P_1|$$

$$= |2,5\lambda - 2\lambda| = \frac{1}{2}\lambda$$



b. $\Delta s = |S_1P_2 - S_2P_2|$

$$= |3\lambda - 1,5\lambda| = 1\frac{1}{2}\lambda$$



- c. Pada titik-titik yang merupakan perpaduan antara garis tebal dan garis putus-putus terjadi interferensi destruktif, yaitu titik P_1 dan P_2 . Sementara itu, P_3 merupakan perpaduan antara dua garis tebal sehingga terjadi interferensi konstruktif.

- d. Jarak antara P_3 dan S_1 adalah $S_1P_3 = 3\lambda$.
 Karena $\lambda = 5 \text{ cm}$ maka $S_1P_3 = 3\lambda = 3(5) = 15 \text{ cm}$

2. $TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$

$$50 = \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$\frac{50}{10} = \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$5 = \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$10^5 = \frac{I}{10^{-12}}$$

$$I = 10^5 \times 10^{-12} = 10^{-7} \text{ W/m}^2$$

3. Panjang gelombang
 $\lambda = 500 \text{ nm} = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$
 Diameter pupil
 $D = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$
 Indeks bias $n = 1,33$

Panjang gelombang cahaya ketika memasuki mata

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{mata}} &= \frac{\lambda_u}{n} \\ &= \frac{5 \times 10^{-7}}{1,33} \\ &= 3,76 \times 10^{-7} \text{ m}\end{aligned}$$

Sudut resolusi minimum

$$\begin{aligned}\theta_m &= 1,22 \frac{\lambda_{\text{mata}}}{D} \\ &= 1,22 \times \frac{3,75 \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-3}} \\ &= 2,3 \times 10^{-4} \text{ rad}\end{aligned}$$

4. Berikut jawaban yang lengkap.

Jenis Perangkat Optik	Letak Benda	Panjang Fokus (+ atau -)	Letak Bayangan (+ atau -)	Nyata atau Maya	Terbalik atau Tegak	Perbesaran Bayangan
lensa divergen	antara F dan 2F	-	- sisi lensa yang sama	maya	tegak	lebih kecil
lensa cembung	di luar F	+	+ antara F dan 2F	nyata	terbalik	lebih kecil
lensa konvergen	antara F dan 2F	+	+ di luar F	nyata	terbalik	lebih besar
lensa cembung	antara F dan lensa	+	- sisi lensa yang sama	maya	tegak	lebih besar
cermin konvergen	di luar F	+	+ antara F dan 2F	nyata	terbalik	lebih kecil
cermin cekung	antara F dan 2F	+	+ di luar F	nyata	terbalik	lebih besar
cermin konvergen	antara F dan cermin	+	- di belakang cermin	maya	tegak	lebih besar
cermin cembung	antara F dan cermin	-	- di belakang cermin	maya	tegak	lebih kecil

5. Pemanasan global menyebabkan kenaikan suhu rata-rata permukaan bumi. Hal ini berdampak buruk pada siklus air, kelembapan udara, dan pertumbuhan tumbuhan. Jika pertumbuhan tumbuhan terhambat, maka laju produktivitas produsen juga akan terhambat. Kondisi ini memberikan pengaruh terhadap keseimbangan ekosistem dan kehidupan konsumen.