INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
**Program Studi Fisika**
JalanGanesha 10 Bandung 40132, Telp. +62-22-2500834, Fax. +62-22-2506452
Homepage: http://www.fi.itb.ac.id/ Email: fisika@fi.itb.ac.id

**Ujian II FI-1101 Fisika Dasar 1A (4 SKS), Semester 1, Tahun Akademik 2014/2015**
**Sabtu, 29 November 2014, 09.00 – 11.00 WIB (2 jam)**
*Gunakan $g = 10\ m/s^2$, $R = 8{,}31$ J/mol.K, $k = 1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K, $N_A = 6{,}02\times 10^{23}$/mol, $P_0 = 1{,}01\times 10^5$ Pa*

1. Hewan dengan leher yang panjang seperti Jerapah memerlukan jantung yang kuat karena perbedaan tinggi antara katup nadi (tempat dimana pembuluh nadi keluar dari jantung) dan kepala cukup besar. Andaikan pembuluh nadi dekat katup nadi sampai ke kepala memiliki penampang lintang yang sama dengan diameter 3,0 mm dan darah merupakan fluida tak kompresibel dengan rapat massa 1,0 gram/cm$^3$.

   a) Jelaskan pengertian fluida tak kompresibel.

   b) Saat leher jerapah dalam posisi tegak, untuk mengalirkan darah dari katup nadi ke kepala jerapah diperlukan beda tekanan antara katup nadi dan kepala jerapah sebesar $2.5 \times 10^4$ Pa, tentukan perbedaan tinggi antara katup nadi dan kepala jerapah tersebut.

   c) Jika kecepatan aliran darah jerapah adalah 7.0 cm/s, tentukan debit darah yang mengalir.

SOLUSI

(a). fluida inkompresibel (fluida yang tidak dapat dimampatkan) adalah fluida dengan kerapatan (rapat massa) yang konstan setiap saat. **(Nilai: 6)**

(b) Perbedaan tinggi antara katup nadi dan kepala jerapah

$$P = P_0 + \rho g h = \rho g h$$

$$h = \frac{P}{\rho g} = \frac{2{,}5x10^4\ Pa}{(1000 kg/m^3)(10 m/s^2)} = 2{,}5 m$$

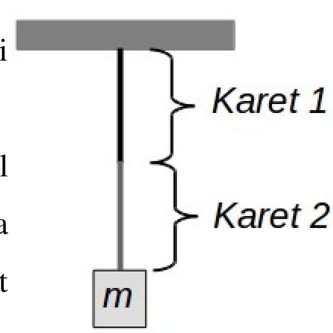
**(Nilai: 7)**

(c). Debit darah yang mengalir

$$Debit = Av = (\pi r^2)v = \left(3.14(1.5x10^{-3})^2\right)(7x10^{-2}) = 49{,}45x10^{-8}\ m^3/s$$

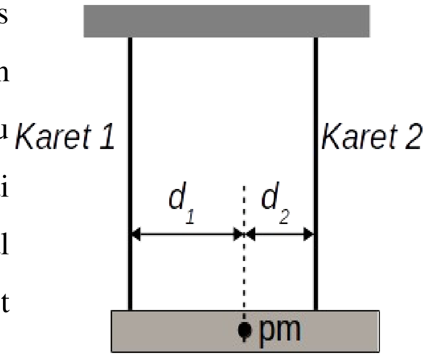
**(Nilai: 7)**

2. a) Dua utas karet dengan jenis yang berbeda masing-masing memiliki panjang 0,2 m, dan luas penampang 5 mm$^2$, serta modulus elastisitasnya $E_1 = 2\times10^6$ Pa dan $E_2 = 4\times10^6$ Pa. Kedua karet disambungkan secara serial (gambar a) hingga menyatu. Sebuah beban dengan massa 100 g diikatkan pada ujung karet. Hitung pertambahan panjang masing-masing karet tersebut (anggap massa karet dapat diabaikan).




(a)

b) Pada kasus yang lain, karet jenis pertama sepanjang 102 cm dan jenis kedua sepanjang 106 cm dengan luas penampang yang sama dengan seperti pada soal a) digunakan untuk menggantung sebatang kayu homogen bermassa 100 gram (pusat massa di tengah batang, ditandai dengan label pm) sehingga batang kayu membentuk posisi horisontal seperti pada gambar (b). Tentukanlah tegangan masing-masing karet dan nilai perbandingan $d_1/d_2$.



(b)

SOLUSI

a) Saat disusun seri, kedua karet mengalami gaya tegang yang sama besar, yaitu sebesar berat beban yang digantungkan, $mg$ = 0,1.10 = 1 N. Perubahan panjang tiap karet adalah

$\Delta L_1 = F L_1/(E_1 A) = 1.0{,}2/(2\times10^6.5\times10^{-6}) = 0{,}02$ m.

$\Delta L_l = F L_2/(E_2 A) = 1.0{,}2/(4\times10^6.5\times10^{-6}) = 0{,}01$ m.

**(Nilai 6)**

b) Anggap gaya tegang masing-masing karet adalah $F_1$ dan $F_2$, serta panjang setiap karet setelah dibebani adalah $L_1'$ dan $L_2'$. Maka, dengan memanfaatkan definisi modulus elastisitas, diperoleh

$$L_1' = L_1 + \Delta L_1 = L_1\left(1 + \frac{F_1}{E_1 A}\right)$$

$$L_2' = L_2 + \Delta L_2 = L_2\left(1 + \frac{F_2}{E_2 A}\right)$$

Batang yang digantungkan akan berada pada posisi horisontal jika $L_1'=L_2'$, sehingga diperoleh persamaan

$$L_1\left(1+\frac{F_1}{E_1 A}\right) = L_2\left(1+\frac{F_2}{E_2 A}\right) \Leftrightarrow 102\left(1+\frac{F_1}{10}\right) = 106\left(1+\frac{F_2}{20}\right) \Leftarrow 10{,}2F_1 - 5{,}3F_2 = 4.$$

Karena batang dalam keadaan setimbang, maka terjadi kesetimbangan gaya-gaya pada arah vertikal, sehingga diperoleh

$$F_1 + F_2 = mg \Leftrightarrow F_1 + F_2 = 1.$$

Dari kedua persamaan terakhir diperoleh $F_1$ = 0,6 N dan $F_2$ = 0,4 N. Jadi, tegangan masing-masing tali adalah $F_1/A = 1{,}2\times10^5$ Pa dan $F_2/A = 8\times10^4$ Pa.

**(Nilai: 7)**

Untuk mendapatkan perbandingan $d_1$ dan $d_2$ digunakan persamaan torsi. Karena sistem setimbang, maka torsi total terhadap pusat massa sistem bernilai nol, sehingga

$$\Sigma\tau = -F_1 d_1 + F_2 d_2 = 0 \Leftrightarrow \frac{d_1}{d_2} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{2}{3}.$$

**(Nilai: 7)**

3. Sebuah gelombang tali memiliki amplitudo 0,05 m menjalar dalam arah sumbu-*x* negatif dengan bilangan gelombang 2,5 $m^{-1}$ dan frekuensi sudut 125 rad/s. Pada saat $t = 0$ dan di $x = 0$ simpangan tali adalah 0,025 m dan kecepatan getarnya pada arah sumbu-*y* positif. Tentukanlah:

a) perioda, laju rambat, fasa awal dan fungsi gelombang secara lengkap dalam bentuk fungsi *cosinus*,

b) laju getar (transversal) maksimum dan percepatan (tranversal) maksimum elemen tali,

c) beda fasa pada $t = 0$ antara posisi $x = 0{,}02$ m dan $x = 0{,}01$ m.

d) Jika terdapat gelombang lain dengan fungsi gelombang $y(x,t) = 0{,}05\sin(2{,}5x+125t)$ dan bersuperposisi dengan gelombang diatas, tentukan fungsi gelombang hasil superposisi dalam bentuk fungsi *cosinus*.

SOLUSI

a) Periode: $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{125}=0{,}0503.$

Kecapatan rambat: $v_{rambat}=\frac{\omega}{k}=\frac{125}{2{,}5}=50\,m/s.$

Fasa awal diperoleh dari simpangan titik (x,t) = (0,0)

$$y(0,0) = 0{,}05\cos(0+0+\varphi_0) = 0{,}025 \;\rightarrow\; \varphi_0 = \frac{\pi}{3}\ rad,\ \varphi_0 = -\frac{\pi}{3}\ rad$$

Karena kecepatan getar pada (x,t) = (0,0) positif,

$$Vy(0,0) = A\omega\sin(\varphi_0) \Rightarrow positif$$

Maka fasa awal yang tepat adalah

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{3}\ rad$$

Fungsi gelombangnya

$$y(x,t) = 0{,}05\cos\left(2{,}5x + 125t + \frac{\pi}{3}\right)$$

**(Nilai total: 5)**

b) Laju getar (transversal) maksimum dan percepatan (tranversal) maksimum

$$v_{y,\max} = \omega A = (125)(0{,}05)$$
$$v_{y,\max} = 6{,}25\ m/s$$
$$a_{\max} = \omega^2 A = (125)^2(0{,}05)$$
$$a_{\max} = 781{,}25\ m^2/s$$

**(Nilai: 5)**

c. Beda fase

$\delta = k(x_2-x_1) = 2{,}5\ (0{,}02-0{,}01) = 2{,}5 \times 10^{-2}$ rad.

**(Nilai: 5)**

d. Superposisi 2 buah gelombang

$$y_1(x,t) = 0{,}05\cos\left(2{,}5x + 125t + \frac{\pi}{3}\right)$$
$$y_2(x,t) = 0{,}05\sin(2{,}5x + 125t)$$

Untuk memudahkan, fungsi gelombang $y_2$ diubah terlebih dahulu dalam bentuk cosinus menjadi,

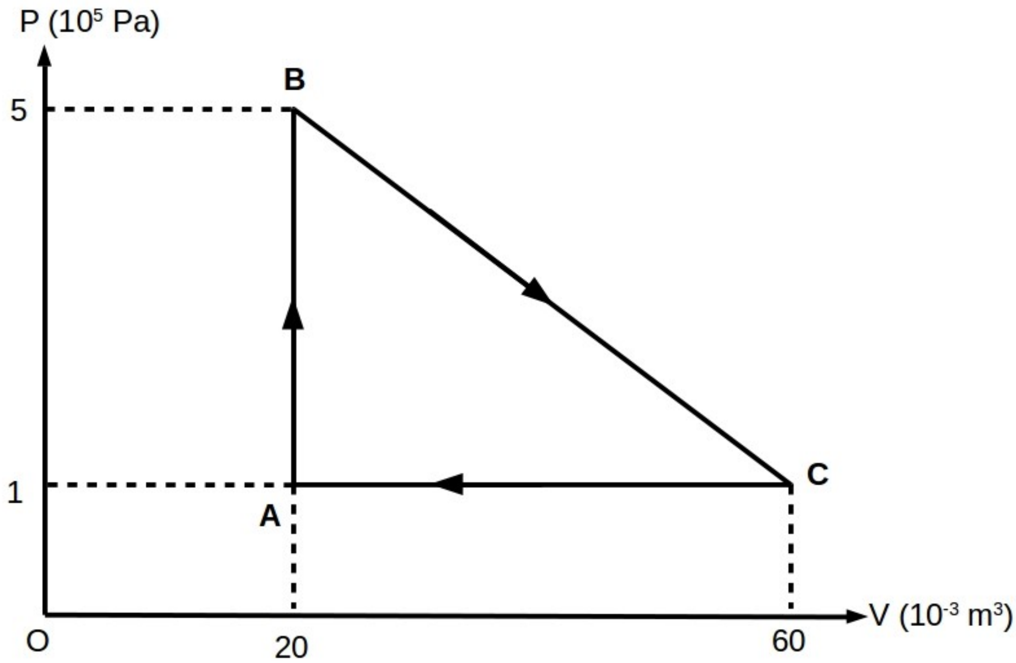
$$y_2=0{,}05\cos\left(2{,}5x+125t-\frac{\pi}{2}\right).$$

Hasil superposisi kedua gelombang adalah

$$y_R = y_1 + y_2 = 2\cos\left(\frac{5\pi}{6}\right)\cos\left(2{,}5x + 125t - \frac{\pi}{6}\right).$$

**(Nilai: 5)**

4. Dua mol gas ideal monoatomik mengalami proses siklus seperti pada gambar di bawah ini.




Tentukankanlah :

a) Temperatur pada keadaan A, B dan C.

b) Untuk masing-masing proses, hitung Q, W dan ΔU dan rangkumkan jawaban anda dalam tabel di bawah ini.

| **Proses** | **Q (J)** | **W (J)** | **ΔU (J)** |
|---|---|---|---|
| A → B | | | |
| B → C | | | |
| C → A | | | |

c) Efisiensi siklus tersebut.

SOLUSI

a) Temperatur pada keadaan A, B, C

$$T_A = \frac{P_A V_A}{nR} = \frac{2000}{2.8{,}31} = 120\,K,$$

$$T_{BA} = \frac{P_B V_B}{nR} = \frac{10000}{2.8{,}31} = 600\,K,$$

$$T_C = \frac{P_C V_C}{nR} = \frac{6000}{2.8{,}31} = 360\,K.$$

**(Nilai 6)**

b) Proses A → B, isokhorik

W= 0,

Q = ΔU = $C_V$ΔT = 3/2 nR($T_B$ – $T_A$) = 3/2 nR($P_B V_B$ – $P_A P_A$) = 12000 J.

Proses B → C

$$W = \frac{(1+5).10^5}{2}(60-20)\,10^{-3} = 12000\,J.$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T_C - T_B) = -6000\,J.$$

$$Q = \Delta U + W = 6000\,J.$$

Proses C → A, isobarik

$W = \frac{(1+5).10^5}{2}(60-20)10^{-3} = 12000\,J\,.$

$\Delta U = \frac{3}{2}nR(T_A - T_C) = -6000\,J\,.$

$Q = \Delta U + W = -10000\,J\,.$

Rangkuman

| Proses | Q (J) | W (J) | ΔU (J) |
|---|---|---|---|
| A → B | 12000 | 0 | 12000 |
| B → C | 6000 | *12000* | -6000 |
| C → A | -10000 | -4000 | -6000 |

**(Nilai 9 = @1 untuk tiap hasil benar)**

c) Efisiensi siklus

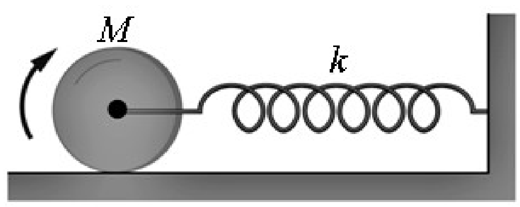
$$\eta = \frac{W_{total}}{Q_{masuk}} = \frac{(12000-4000)}{(12000+6000)} = \frac{8}{18} \approx 44{,}44\%.$$

**(Nilai 5)**

5. Sebuah silinder pejal dengan momen inersia $I$ = ½ $MR^2$ terikat pada sebuah pegas horisontal dengan konstanta pegas $k$ = 3 N/m. Silinder kemudian ditarik sejauh 0,25 m dari titik setimbangnya dan dilepaskan sehingga silinder menggelinding tanpa slip dan berosilasi di sepanjang bidang kasar horisontal (lihat gambar).

a) Hitunglah masing-masing energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi dari silinder pada saat simpangan pegas bernilai nol.

b) Tentukan perioda dari gerak osilasi sistem tersebut sebagai fungsi dari $M$ dan $k$.




SOLUSI

a) Saat simpangan pegas bernilai nol, seluruh energi mekanik sistem tersimpang dalam bentuk energi kinetik rotasi dan translasi. Besar energi mekanik pegas sama dengan energi potensial pegas saat simpangannya maksimum, sehingga

$$\frac{1}{2}k\,x_m^2 = \frac{1}{2}m\,v_{pm}^2 + \frac{1}{2}I\,\omega^2$$

Karena silinder menggelinding, maka berlaku $v_{pm} = \omega R$, sehingga persamaan di atas memberikan

$$\frac{1}{2}k\,x_m^2 = \frac{1}{2}M\,v_{pm}^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}M\,R^2\right)\left(\frac{v_{pm}}{R}\right)^2 = \frac{3}{4}M\,v_{pm}^2,$$

yang memberikan

$$M\,v_{pm}^2 = \frac{2}{3}kx_m^2 = 0{,}125\,J\,.$$

Sehingga, akhirnya diperoleh energi kinetik translasi sebesar

$$K_{translasi} = \frac{1}{2}Mv_{pm}^2 = 0{,}0625\,J\,,$$

**(Nilai 6)**

dan energi kinetik rotasi

$$K_{rotasi} = \frac{1}{2}I\,\omega^2 = \frac{1}{2}Mv_{pm}^2 = 0{,}03125\,J\,.$$

**(Nilai 6)**

b) Periode dapat diperoleh dengan terlebih dahulu mencari persamaan gerak osilasi sistem. Persamaan gerak dapat diperoleh dari turunan dari persamaan energi atau menggunakan hukum Newton.

**Melalui Persamaan Energi**

Karena energi mekanik kekal maka dE/dt = 0, sehingga

$$\frac{dE}{dt}=\frac{d}{dt}\left(\frac{3}{4}M v_{pm}^2+\frac{1}{2}k x^2\right)=0 \Leftrightarrow \frac{3}{2}M v_{pm} a_{pm}+kx v_{pm}=0 \Leftrightarrow \frac{3}{2}M a_{pm}+kx=0.$$

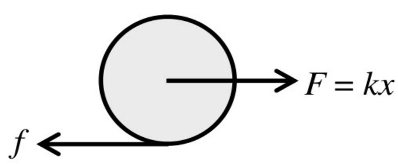
Dengan membandingkan dengan persamaan osilasi harmonik sederhana maka diperoleh $\omega=\sqrt{2k/3M}$ untuk sistem pegas-silinder. Karena $\omega = 2\pi/T$, maka diperoleh:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{3M}{2k}}.$$

**(Nilai: 8)**

**Melalui Hukum 2 Newton**

Diagram benda bebas dan persamaan gerak untuk sistem ini (anggap silinder sedang berada di sebelah kiri titik kesetimbangan dan bergerak ke kanan) adalah




$$\Sigma F=M a \Leftrightarrow -kx-f=Ma_{pm}$$

$$\Sigma \tau=I\alpha \Leftrightarrow fR=\frac{1}{2}MR^2$$

Karena silinder menggelinding, maka berlaku $a_{pm} = \alpha R$. Sehingga kedua persamaan di atas dapat tereduksi menjadi

$$\frac{3}{2}M a_{pm}=-kx,$$

dan diperoleh periode osilasi

$$T=2\pi\sqrt{\frac{3M}{2k}}.$$

**(Nilai 8)**