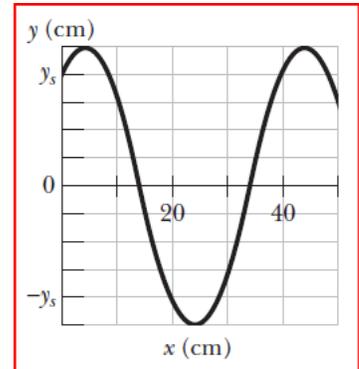




SOLUSI LEMBAR TUGAS MAHASISWA FISIKA DASAR IA (FI-1101) KE - 5
Semester 1 Tahun 2023-2024
TOPIK: GELOMBANG MEKANIK – FLUIDA

Untuk seluruh soal di bawah ini hambatan udara dapat diabaikan; gunakan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

1. Sebuah gelombang tali menjalar dalam arah sumbu x negatif. Gambar di samping menunjukkan simpangan gelombang terhadap posisi pada saat $t=0$ s. Nilai $y_s = 4.0 \text{ cm}$. Gaya beban pada tali adalah 3.6 N dan rapat massa tali adalah 25 g/m . Tentukan (a) amplitudo, (b) panjang gelombang, (c) laju rambat gelombang, (d) perioda (e) laju getar maksimum partikel tali. Jika persamaan gelombang dinyatakan dalam fungsi $y(x, t) = y_m \sin(kx \mp \omega t + \varphi)$, berapa (f) k (g) ω (h) φ (i) tanda + atau - dari ω yang sesuai?



| |
|--|
| SOLUSI |
| (a) Amplitudo, $A = 0.05 \text{ m}$ |
| (b) $\lambda = 0.4 \text{ m}$ |
| (c) $v = \sqrt{\frac{3.6}{25 \times 10^{-3}}} = 12 \text{ m/s}$ |
| (d) $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{12}{0.4} = 30 \text{ Hz}; T = \frac{1}{f} = \frac{1}{30} = 0.033 \text{ s}$ |
| (e) $u_{max} = A\omega = 2\pi(30)(0.05) = 9.4 \text{ m/s}$ |
| (f) $k = \frac{2\pi}{\lambda} = 16 \text{ m}^{-1}$ |
| (g) $\omega = 2\pi f = 1.9 \times 10^2 \text{ rad/s}$ |

2. Empat gelombang berikut dihasilkan oleh tali yang sama dan arah perjalanannya yang sama.

$$y_1(x, t) = (4 \text{ mm}) \sin(2\pi x - 400\pi t)$$

$$y_2(x, t) = (4 \text{ mm}) \sin(2\pi x - 400\pi t + 0.7\pi)$$

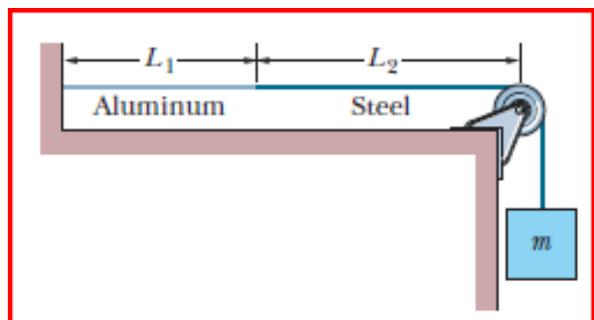
$$y_3(x, t) = (4 \text{ mm}) \sin(2\pi x - 400\pi t + \pi)$$

$$y_4(x, t) = (4 \text{ mm}) \sin(2\pi x - 400\pi t + 1.7\pi)$$

Berapa amplitudo resultan hasil superposisi keempat gelombang tersebut?

| |
|--|
| SOLUSI |
| Amplitudo resultan adalah NOL karena superposisi gelombang 1 dan 3 saling menghilangkan, karena beda fasa dari kedua gelombang tersebut adalah π . Begitu juga gelombang 3 dan 4 saling menghilangkan. |

3. Sebuah tali aluminium dengan panjang $L_1 = 60.0 \text{ cm}$, luas penampang $1.0 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$, densitas $2.60 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ disambungkan dengan sebuah tali tembaga dengan densitas $7.80 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ dan luas penampang yang sama. Gabungan dua jenis tali ini diberi beban dengan massa $m=10.0 \text{ kg}$ dan disusun sedemikian sehingga jarak L_2 sejauh 86.8 cm dari katrol. Gelombang transversal dibangkitkan pada tali oleh sebuah sumber eksternal dengan frekuensi yang dapat diubah ubah sehingga simpul terletak pada katrol. (a) Tentukan frekuensi terkecil dihasilkan pada gelombang berdiri dimana pada sambungan dua tali merupakan salah satu simpul. (b) berapa banyak simpul yang terjadi pada frekuensi tersebut?



| |
|--|
| SOLUSI |
| (a) $L_1 = n_1 \lambda_1 / 2 = n_1 v_1 / 2f \rightarrow f = \frac{n_2 v_2}{2L_2} = \frac{n_1 v_1}{2L_1}$ |
| $\frac{n_2}{n_1} = \frac{L_2 \sqrt{\rho_2}}{L_1 \sqrt{\rho_1}} = 2.5$ |
| Bilangan bulat terkecil adalah $n_1 = 2$ dan $n_2 = 5$. Frekuensi adalah |

$$f = \frac{n_1 v_1}{2L_1} = 324 \text{ Hz}$$

(b) Terdapat 8 node (simpul)

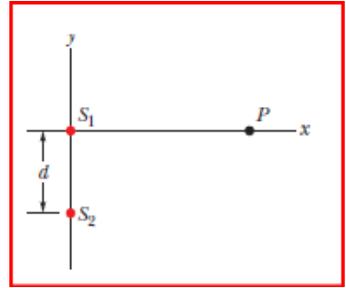
4. Sebuah gelombang menjalar pada sebuah tali yang memiliki panjang 2.70 m dan massa 260 g. Beban pada tali adalah 36.0 N. Berapa frekuensi gelombang dimana amplitudo 7.70 mm dan daya rata-rata 85.0 W ?

SOLUSI

$$P_{avg} = \frac{1}{2} \mu v y_{max}^2 \omega^2 \text{ dengan } v = \sqrt{\tau/\mu} \text{ dan } \omega = 2\pi f, \text{ maka:}$$

$$f = \frac{1}{2\pi y_{max}} \sqrt{\frac{2P_{avg}}{\mu\sqrt{\tau/\mu}}} = 198 \text{ Hz}$$

5. Gambar di samping menunjukkan 2 posisi sumber bunyi S_1 dan S_2 yang memancarkan bunyi dengan panjang gelombang $\lambda = 2.00 \text{ m}$. Kedua gelombang bunyi adalah isotropik dan mempunyai fasa awal sama (sefasa/ *in phase*) serta jarak antar sumber adalah $d = 16.0 \text{ m}$ seperti ditunjukkan pada gambar di samping. Pada titik P di sumbu x, terjadi interferensi dari kedua gelombang tersebut. Jika titik P sangat jauh, $x = \infty$, berapakah (a) beda fasa gelombang hasil superposisi di titik P oleh kedua sumber gelombang tersebut? (b) tipe interferensi yang dihasilkan (konstruktif atau destruktif) ? Jika titik P bergerak mendekati sumber S_1 , (c) Apakah beda fasa membesar atau mengecil ? Pada jarak x berapa posisi titik P dari sumber S_1 yang menghasilkan beda fasa (d) 0.5λ (e) 1.0λ (f) 1.5λ



SOLUSI

- (a) Karena posisi P jauh sekali, maka jarak dari masing masing sumber ke titik P sama sehingga tidak ada beda fasa
 (b) Karena tidak ada beda fasa, maka interferensi konstruktif
 (c) Ketika titik P bergerak mendekati sumber S_1 , beda jarak ke titik P dari masing masing sumber membesar, sehingga maka beda fasa akan mebesar

Beda jarak ke titik P dari masing masing sumber adalah

$$\Delta l = \sqrt{d^2 + x^2} - x$$

Beda fasa

$$|\Delta\phi| = \frac{\Delta l}{\lambda} = \frac{\sqrt{d^2 + x^2} - x}{\lambda}$$

Diperoleh

$$x = \frac{d^2}{\lambda} - \frac{\lambda}{4}$$

Dimana $d = 16.0 \text{ m}$ dan $\lambda = 2.00 \text{ m}$

- (d) untuk $\Delta x = 0.5 \lambda$ diperoleh $\Delta x = \left(\frac{64}{0.5} - 0.5\right) = 127.5 \text{ m}$
 (e) untuk $\Delta x = 1.00 \lambda$ diperoleh $\Delta x = \left(\frac{64}{1.00} - 1.00\right) = 63.0 \text{ m}$
 (f) untuk $\Delta x = 1.5 \lambda$ diperoleh $\Delta x = \left(\frac{64}{1.5} - 1.5\right) = 41.2 \text{ m}$

6. Sebuah sumber bunyi A dan sebuah permukaan reflektor B bergerak saling mendekat. Laju sumber bunyi A adalah 29.9 m/s, laju permukaan reflektor B adalah 65.8 m/s dan laju rambat bunyi adalah 329 m/s. Sumber A memancarkan gelombang dengan frekuensi 1200 Hz diukur terhadap kerangka acuan sumber. Berapa (a) frekuensi dan (b) panjang gelombang yang sampai di permukaan reflektor B? Berapa (c) frekuensi dan (d) panjang gelombang hasil pantulan oleh permukaan reflector B yang tiba di sumber A?

SOLUSI

Dengan $f = 1200 \text{ Hz}$ dan $v = 329 \text{ m/s}$

(a) $v_D = 65.8 \text{ m/s}$ dan $v_S = 29.9 \text{ m/s}$

$$f' = f \left(\frac{329 \text{ m/s} + 65.8 \text{ m/s}}{329 \text{ m/s} - 29.9 \text{ m/s}} \right) = 1200 \text{ Hz} \left(\frac{329 \text{ m/s} + 65.8 \text{ m/s}}{329 \text{ m/s} - 29.9 \text{ m/s}} \right) = 1.58 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$$(b) \text{ Panjang gelombang } \lambda = \frac{v}{f'} = \frac{329 \text{ m/s}}{1.58 \times 10^3 \text{ Hz}} = 0.208 \text{ m}$$

(c) Gelombang yang dihasilkan dari reflektor (bertindak sebagai sumber sehingga $v_s = 65.8 \text{ m/s}$), kembali ke detektor (sehingga $v_D = 29.9 \text{ m/s}$) sehingga frekuensi baru adalah f''

$$f'' = f' \left(\frac{329 \text{ m/s} + 29.9 \text{ m/s}}{329 \text{ m/s} - 65.8 \text{ m/s}} \right) = 1.58 \times 10^3 \text{ Hz} \left(\frac{329 \text{ m/s} + 29.9 \text{ m/s}}{329 \text{ m/s} - 65.8 \text{ m/s}} \right) = 2.16 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$$(d) \text{ Panjang gelombang } \lambda = \frac{v}{f''} = \frac{329 \text{ m/s}}{2.16 \times 10^3 \text{ Hz}} = 0.152 \text{ m}$$

7. Pada peristiwa gempa bumi dihasilkan 2 buah gelombang yaitu gelombang transversal S dan gelombang longitudinal P. Laju rambat gelombang S adalah 4.5 km/s dan gelombang P adalah 8.0 km/s. Sebuah seismograf merekam gelombang P dan S yang berasal dari suatu sumber gempa bumi. Gelombang P tiba terlebih dahulu 3.0 menit sebelum tiba gelombang S. Jika penjalaran gelombang berupa garis lurus, pada jarak berapa sumber gempa bumi dihitung dari posisi seismograf?

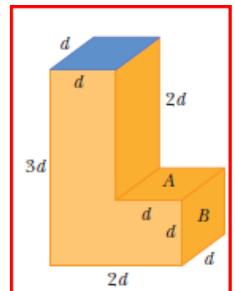
SOLUSI

Jika d adalah jarak dari lokasi gempa ke seismograf dan v_s adalah kecepatan gelombang S, maka waktu yang dibutuhkan oleh gelombang-gelombang ini untuk mencapai seismograf adalah $t_s = \frac{d}{v_s}$. Demikian pula, waktu yang dibutuhkan oleh gelombang-gelombang P untuk mencapai seismograf adalah $t_p = \frac{d}{v_p}$

$$\Delta t = \left(\frac{d}{v_s} \right) - \left(\frac{d}{v_p} \right) = d(v_p - v_s)/v_s v_p$$

$$d = \frac{v_s v_p \Delta t}{(v_p - v_s)} = \frac{(4.5 \text{ km/s})(8.0 \text{ km/s})(60 \text{ s/min})}{(8.0 \text{ km/s}) - (4.5 \text{ km/s})} = 1.9 \times 10^3 \text{ km}$$

8. Sebuah bejana berisi air berbentuk L dan bagian atas terbuka seperti ditunjukkan pada gambar berikut. Jika $d = 5.0 \text{ m}$, berapa total gaya oleh air (a) pada permukaan A dan (b) pada dinding B ?



SOLUSI

(a) Gaya pada muka A untuk luas A_A karena tekanan air adalah

$$F_A = p_A A_A = \rho_w g h_A A_A = \rho_w g (2d) d^2 = 2(1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(5.0 \text{ m})^3 = 2.5 \times 10^6 \text{ N}$$

Ditambahkan kontribusi dari tekanan atmosfer

$$F_0 = (1.0 \times 10^5 \text{ Pa})(5.0 \text{ m})^2 = 2.5 \times 10^6 \text{ N}$$

Sehingga

$$F_A' = F_0 + F_A = 2.5 \times 10^6 \text{ N} + 2.5 \times 10^6 \text{ N} = 5.0 \times 10^6 \text{ N}$$

(b) Gaya pada muka B karena tekanan air adalah

$$F_B = p_{avgB} A_B = \rho_w g \left(\frac{5d}{2} \right) d^2 = \frac{5}{2} \rho_w g d^3 = \frac{5}{2} (1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(5.0 \text{ m})^3 = 3.1 \times 10^6 \text{ N}$$

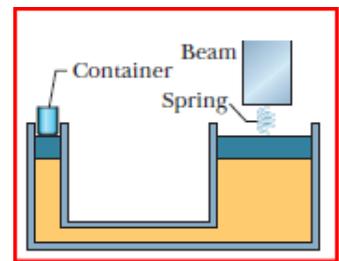
Ditambahkan kontribusi dari tekanan atmosfer

$$F_0 = (1.0 \times 10^5 \text{ Pa})(5.0 \text{ m})^2 = 2.5 \times 10^6 \text{ N}$$

Sehingga

$$F_B' = F_0 + F_B = 2.5 \times 10^6 \text{ N} + 3.1 \times 10^6 \text{ N} = 5.6 \times 10^6 \text{ N}$$

9. Sebuah pegas dengan konstanta pegas $3 \times 10^4 \frac{N}{m}$ ditempatkan diantara balok dan piston bagian output (kanan) dari sebuah sistem hidrolis. Sebuah bejana kosong dengan massa diabaikan ditempatkan pada piston bagian input (kiri) seperti ditunjukkan pada gambar. Luas penampang piston input adalah A_1 dan piston output $18.0 A_1$. Pada saat awal, pegas dalam keadaan tidak teregang. Berapa kilogram pasir yang dapat dimasukkan ke bejana untuk dapat menekan pegas sejauh 5.00 cm ?



SOLUSI

$$mg = kx \frac{A_1}{A_2}$$

Dengan $A_2 = 18A_1$, $k = 3 \times 10^4 \frac{N}{m}$, $x = 5.00 \text{ cm}$, didapatkan $m = 8.50 \text{ kg}$

10. Sebuah kayu terapung dalam air dengan $2/3$ volumenya terendam dan ketika dimasukkan ke dalam minyak, $0.9V$ terendam. Tentukan densitas (a) kayu (b) minyak

SOLUSI

V adalah volume balok. Maka, volume yang tenggelam di dalam air adalah $V_s = 2V / 3$. Karena balok mengapung, berdasarkan prinsip Archimedes, berat air yang tergantikan sama dengan berat balok, yaitu $\rho_w V_s = \rho_b V$, dengan ρ_w adalah kerapatan air, dan ρ_b adalah kerapatan balok

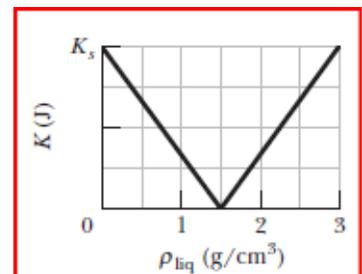
(a) Substitusi $V_s = 2V / 3$ untuk mendapatkan densitas balok

$$\rho_b = \frac{2\rho_w}{3} = \frac{2 \left(1000 \frac{kg}{m^3} \right)}{3} \approx 6.7 \times 10^2 \frac{kg}{m^3}$$

(b) Bila ρ_o adalah densitas minyak, maka berdasarkan prinsip Archimedes didapatkan $\rho_o V_s' = \rho_b V$. Dikarenakan volume yang tenggelam di minyak adalah $V_s' = 0.90V$, densitas minyak adalah

$$\rho_o = \rho_b \frac{V}{V_s'} = \left(6.7 \times 10^2 \frac{kg}{m^3} \right) \frac{V}{0.90V} \approx 7.4 \times 10^2 \frac{kg}{m^3}$$

11. Sebuah bola pejal berukuran kecil dilepaskan dari keadaan diam dimana seluruhnya terendam dalam cairan dan kemudian energi kinetiknya diukur ketika bola bergerak 4.0 cm dalam cairan. Gambar di samping adalah hasil pengukuran untuk berbagai jenis cairan : Energi kinetik terhadap densitas cairan dan nilai $K_s = 1.60 \text{ J}$. Berapa (a) densitas dan (b) volume bola ?



SOLUSI

(a) Sebuah objek dengan densitas yang sama dengan cairan sekitarnya (dalam hal ini, "objek" dapat saja berupa sekelumit dari cairan itu sendiri) tidak akan mengalami percepatan ke atas atau ke bawah (dan oleh karena itu tidak akan mendapatkan energi kinetik). Oleh karena itu, titik yang sesuai dengan nol K dalam grafik mencerminkan kasus di mana kerapatan objek sama dengan kerapatan cairan. Oleh karena itu, $\rho_{ball} = 1.5 \frac{g}{cm^3}$ (atau $1500 \frac{kg}{m^3}$).

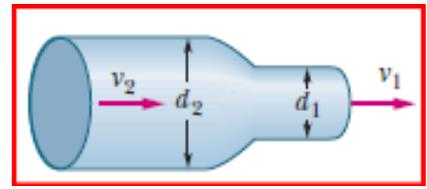
(b) Saat $\rho_{liquid} = 0$ (di mana $K_s = 1.6 \text{ J}$). Dalam kasus ini, bola jatuh melalui ruang hampa sempurna, sehingga $v^2 = 2gh$, yang berarti bahwa $K = \frac{1}{2}mv^2 = 1.6 \text{ J}$ dapat digunakan untuk mencari massa.

$$m_{ball} = \frac{K}{gh} = 4.082 \text{ kg}$$

Volume bola adalah

$$V_{ball} = \frac{m_{ball}}{\rho_{ball}} = 2.72 \times 10^{-3} m^3$$

12. Air mengalir pada sebuah pipa horizontal dan kemudian keluar dari sisi kanan dengan laju $v_1 = 15 \text{ m/s}$ seperti ditunjukkan pada gambar di samping. Diameter penampang kiri dan kanan pipa masing masing 5.0 dan 3.0 cm . (a) Berapa volume air yang keluar selama 10 menit ? Pada penampang kiri pipa, berapa (b) laju v_2 dan (c) tekanan *gauge* ?



SOLUSI

- (a) Volume air yang keluar selama 10 menit adalah:

$$V = (v_1 t) A_1 = (15 \text{ m/s})(10 \text{ min})(60 \text{ s/min}) \left(\frac{\pi}{4}\right) (0.03 \text{ m})^2 = 6.4 \text{ m}^3$$

- (b) Laju v_2

$$v_2 = v_1 \left(\frac{A_1}{A_2}\right) = v_1 \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = (15 \text{ m/s}) \left(\frac{3.0 \text{ cm}}{5.0 \text{ cm}}\right)^2 = 5.4 \text{ m/s}$$

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

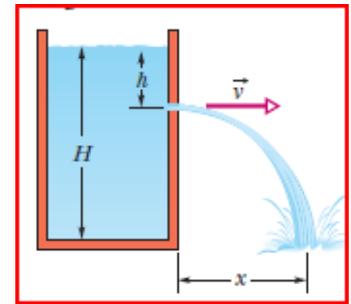
$$h_1 = h_2, p_1 = p_0 = \text{Tekanan atmosfer}$$

$$p_2 = p_0 + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} + \frac{1}{2} (1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) [(15 \text{ m/s})^2 - (5.4 \text{ m/s})^2]$$

$$= 1.99 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.97 \text{ atm}$$

$$\text{Maka Tekanan Gauge adalah } (1.97 \text{ atm} - 1.00 \text{ atm}) = 0.97 \text{ atm} = 9.8 \times 10^4 \text{ Pa}$$

13. Gambar di samping menunjukkan aliran air yang keluar melalui lubang pada kedalaman $h=10 \text{ cm}$ dari sebuah tangki dengan tinggi air $H=40 \text{ cm}$. (a) berapa jarak x saat air mencapai lantai (b) Pada kedalaman berapa lubang dibuat agar memberikan nilai x yang sama dengan hasil (a) ? (c) Pada kedalaman berapa lubang dibuat agar diperoleh nilai x maksimum?



SOLUSI

- (a) Jarak x saat air mencapai lantai:

$$t = \sqrt{\frac{-2(H-h)}{-g}} = \sqrt{\frac{2}{g}} (H-h)$$

$$x = v_0 t = \sqrt{2gh} \sqrt{\frac{2}{g}} (H-h) = 2\sqrt{h(H-h)} = 2\sqrt{(10 \text{ cm})(40 \text{ cm} - 10 \text{ cm})} = 35 \text{ cm}$$

- (b) Kedalaman:

$$h^2 - Hh + \frac{x^2}{4} = 0 \rightarrow h = \frac{H \pm \sqrt{H^2 - x^2}}{2}$$

$$h_1 + h_2 = \frac{H + \sqrt{H^2 - x^2}}{2} + \frac{H - \sqrt{H^2 - x^2}}{2} = H$$

$$\text{Secara umum } h' = H - h$$

$$h' = 40 \text{ cm} - 10 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

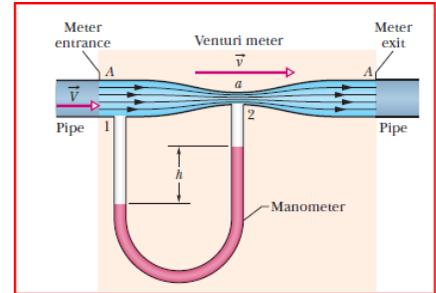
- (c) Pada kedalaman berapa nilai x maksimum:

$$f = x^2 = 4h(H-h)$$

$$\frac{df}{dh} = 4H - 8h = 0 \rightarrow h = \frac{H}{2}$$

$$h = (40 \text{ cm})/2 = 20 \text{ cm}$$

14. Sebuah venturi tanpa manometer. Diketahui $A = 5a$, tekanan P_1 di A adalah 2.0 atm. Hitung (a) laju V di A dan (b) laju v di a yang membuat tekanan P_2 di a sama dengan nol. (c) Hitung debit jika diameter di A adalah 5.0 cm.



SOLUSI

(a) $\Delta p = p_1 = 2 \text{ atm}$

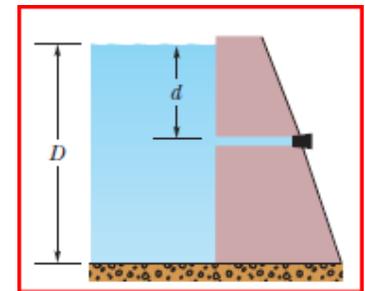
$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho((A/a)^2 - 1)}} = \sqrt{\frac{4(1.01 \times 10^5 \text{ Pa})}{(1000 \text{ kg/m}^3)[(5a/a)^2 - 1]}} = 4.1 \text{ m/s}$$

(b) $V = (A/a)v = (5a/a)v = 5v = 21 \text{ m/s}$

(c) Debit:

$$Av = \frac{\pi}{4} (5.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(4.1 \text{ m/s}) = 8.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

15. Sebuah dam dengan tinggi air $D = 15 \text{ m}$ dari dasar, terdapat lubang pipa horizontal dengan diameter 4.0 cm dan kedalaman $d = 6.0 \text{ m}$ dari permukaan air (lihat gambar di samping). Sebuah katup dipasang pada ujung pipa bagian luar untuk dapat mengeluarkan air. (a) tentukan besar gaya gesek antara katup dan dinding pipa atau gaya pada katup oleh dorongan air. (b) Tutup pipa diambil, berapa volume air yang keluar selama 3 jam?



SOLUSI

(a) Gaya gesek:

$$f = A\Delta p = \rho_{\omega}gdA = (1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(6.0 \text{ m})\left(\frac{\pi}{4}\right)(0.040 \text{ m})^2 = 74 \text{ N}$$

(b) Kecepatan air yang keluar dari lobang: $V = \sqrt{2gd}$

Volume air yang keluar dari pipa: $t = 3.0 \text{ h}$

$$V = Avt = \frac{\pi^2}{4} (0.040 \text{ m})^2 \sqrt{2(9.8 \text{ m/s}^2)(6.0 \text{ m})}(3.0 \text{ h})(3600 \text{ s/h}) = 1.5 \times 10^2 \text{ m}^3$$