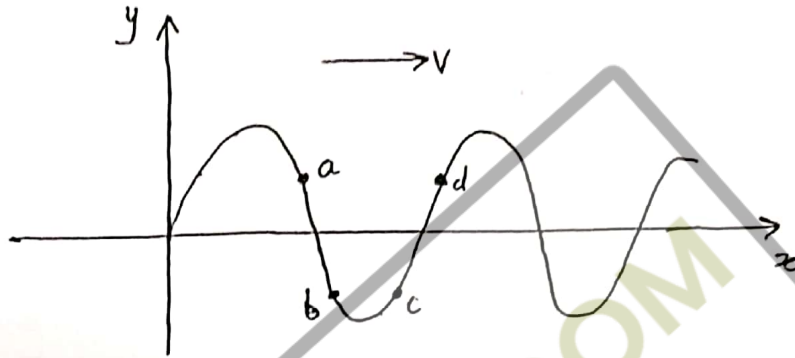


A. PERTANYAAN

① untuk a, b, c, d foto gelombang dalam satu waktu



a)

*) Pada titik a partikel (elemen tali) sedang bergerak ke atas,

Penjelasan nya : Kecepatan elemen tali arah Vertikal V_y dapat kita tentukan dari beberapa hubungan sebagai berikut.

fungsi gelombang tali :

$$y(x,t) = A \sin(kx - \omega t)$$

$$\text{maka } V_y = \frac{\partial y}{\partial t} = -\omega A \cos(kx - \omega t) \quad \text{----- 1)}$$

dari grafik $y-x$ pada foto gelombang, kita akan dapatkan garis singgung nya,

$$\frac{\partial y}{\partial x} = k A \cos(kx - \omega t) \quad \text{----- 2)}$$

Bagi persamaan (1) dan (2), maka diperoleh :

$$\frac{\frac{\partial y}{\partial t}}{\frac{\partial y}{\partial x}} = \frac{-\omega A \cos(kx - \omega t)}{k A \cos(kx - \omega t)}$$

①

$$\frac{\frac{\partial y}{\partial t}}{\frac{\partial y}{\partial x}} = -\frac{\omega}{k}$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{\omega}{k} \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)$$

\downarrow \downarrow \rightarrow kemiringan grafik $y-x$
 V_y konstanta
 \downarrow
 $V_{gelombang} = \frac{\omega}{k}$

Sehingga kita peroleh hubungan :

$$V_y = -V \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)$$

pada titik a, $V_y = -V$ (kemiringan negatif) = positif

Sehingga $V_y > 0$ artinya elemen tali sedang bergerak ke atas.

b)
 •) Pada titik b, elemen tali sedang bergerak ke atas,

Penjelasan : $V_y = -V \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)$

$V_y = -V$ (kemiringan negatif) = positif

Sehingga : $V_y > 0$, artinya elemen tali sedang bergerak ke atas.

c)

•) Pada titik c, elemen tali sedang bergerak ke bawah.

Penjelasan : $V_y = -v \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)$

$$= -v (\text{kemiringan positif})$$

$V_y = \text{negatif}$, atau $V_y < 0$, artinya partikel sedang bergerak ke bawah.

d)

•) Pada titik d, elemen tali sedang bergerak ke bawah,

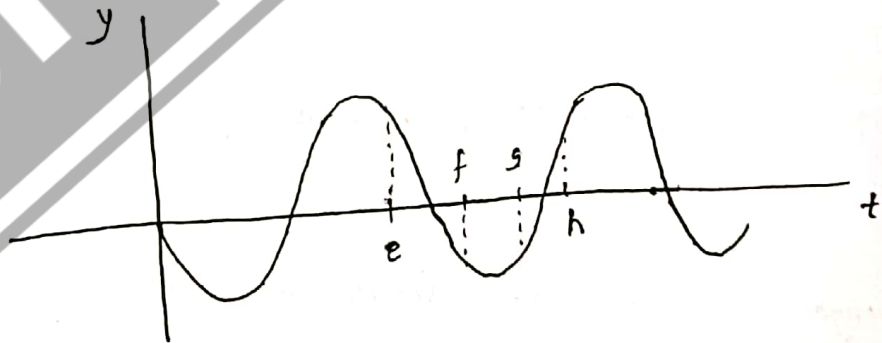
Penjelasan :

$$V_y = -v \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)$$

$$= -v (\text{kemiringan positif})$$

$V_y = \text{negatif}$, artinya elemen tali sedang bergerak ke bawah.

• Untuk e, f, g, h grafik pada $x=0$, adalah :



e) •) Pada titik e, partikel / elemen tali sedang bergerak ke bawah.

$$V_y = \frac{\partial y}{\partial t} = \text{kemiringan grafik } (y-t).$$

untuk titik e kemiringan kurva negatif, sehingga $V_y < 0$ artinya elemen tali sedang bergerak ke bawah.

- f) pada titik f elemen tali sedang bergerak kebawah,

$$v_y = \frac{\partial y}{\partial t} = \text{kemiringan grafik negatif, } v_y < 0$$

- g) pada titik g, elemen tali sedang bergerak keatas, $\frac{\partial y}{\partial t} = v_y > 0$
- h) pada titik h, elemen tali sedang bergerak keatas, $\frac{\partial y}{\partial t} = v_y > 0$

$$(2) \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

- a) Saat bergerak keatas, tegangan tali harus mensupport berat dari bandul, percepatan keatas dan juga menjaga gaya pemulih, hanya jika elevator berada pada keadaan diam pada medan gravitasi $(g+a) \text{ m/s}^2$.

$$\text{sehingga } g_{\text{ef}} = g + a$$

$$T \sim \frac{1}{\sqrt{g_{\text{ef}}}}$$

$g_{\text{ef}} \rightarrow \text{bertambah}$

maka $T \rightarrow \text{menurun}$

- b) Dengan Cara yang Sama Seperti (a), maka

$$g_{\text{ef}} = g - a \rightarrow \text{berkurang}$$

maka $T \Rightarrow \text{naik}$

- c) Saat kecepatan konstan, $g_{\text{ef}} = g$ maka $T \rightarrow \text{tidak berubah}$

③ Jawab : A

Penjelasan : Resonansi terjadi ketika frekuensi dari gaya eksternal sama dengan frekuensi osilasi dari objek pada pegas.

frekuensi sudut pada sebuah sistem diberikan oleh :

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

karena frekuensi dijadikan dua kali, maka

$$2\omega = 2\sqrt{\frac{k}{m}}$$

frekuensi sistem A :

$$\omega = \sqrt{\frac{8k}{2m}} = 2\sqrt{\frac{k}{m}}$$

④ Jumlah maksimum frekuensi pelayangan dari 3 buah : $\frac{3!}{2!1!} = \frac{3 \times 2 \times 1}{2 \times 1} = 3$

$$f_1 = 500 \text{ Hz}$$

f_2 dan f_3 beresonansi maka kemungkinan

(1) 501, 503, 508

$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
 $f_2 \quad f_3 \quad f_4$

(2) 505, 507, 508

$\downarrow \quad \downarrow \quad \rightarrow$
 $f_2 \quad f_3 \quad f_4$

Pelayangan: $|f_1 - f_2|$

maka pelayangan yang kemungkinan terjadi, ada 2, yakni :

$$(i) \quad |f_1 - f_2| = 1 \rightarrow f_2 = 501 \text{ Hz}$$

$$|f_1 - f_3| = 3 \rightarrow f_3 = 503 \text{ Hz}$$

$$|f_1 - f_4| = 8 \rightarrow f_4 = 508 \text{ Hz}$$

④ (ii) $|f_1 - f_2| = 5 \longrightarrow f_2 = 505 \text{ Hz}$

$$|f_1 - f_3| = 7 \longrightarrow f_3 = 507 \text{ Hz}$$

$$|f_1 - f_4| = 8 \longrightarrow f_4 = 508 \text{ Hz}$$

⑤ a) Pipa A panjang L dengan satu ujung terbuka,

$$f_A = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{4L}, \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

- pipa B panjang $2L$, dengan dua ujung terbuka,

$$f_B = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{2L}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Resonansi terjadi saat $f_A = f_B$

maka hal ini terjadi, saat semuanya n adalah ganjil

_____ 11 _____

B. SoAL

- ① Asumsikan F_A dan F_B merupakan gaya tarik dari kawat terhadap kayu, dan m merupakan massa dari kayu. Karena kayu dalam keadaan setimbang, maka berlaku:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_A + F_B - mg = 0$$

- ② a) jika kawat A mula-mula memiliki panjang L_A dan teregang sejauh ΔL_A maka

$$\Delta L_A = \frac{F_A L_A}{AE}, \text{ dimana } A \text{ merupakan luas penampang kawat.}$$

dan E modulus Young baja. ($200 \times 10^9 \text{ N/m}^2$)

- b) Begitupun dengan kawat B, kawat B teregang sejauh:

$$\Delta L_B = \frac{F_B L_B}{AE}$$

- l merupakan sejumlah perbedaan B lebih panjang dari A, kemudian kawat A dan B memiliki panjang yang sama setelah kayu teregang.

$$\Delta L_A = \Delta L_B + l$$

maka:

$$\frac{F_A L_A}{AE} = \frac{F_B L_B}{AE} + l$$

$$F_B = \frac{F_A L_A}{L_B} - \frac{AE}{L_B} l$$

kita substitusi ke persamaan:

$$F_A + F_B - mg = 0$$

dan kita peroleh:

$$F_A = \frac{mgL_B + AE\ell}{L_A + L_B}$$

dengan $A = \pi r^2 = (3,14) (1,20 \times 10^{-3})^2$

$$A = 4,52 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F_A = \frac{(103)(9,8) + 4,52 \times 10^{-6} (200 \times 10^9) (2 \times 10^{-3})}{2,50 + 2,50}$$

$$F_A = 866 \text{ N}$$

b) Dari kondisi $F_A + F_B - mg = 0$, maka kita dapatkan:

$$F_B = mg - F_A$$

$$= 103(9,8) - 866$$

$$F_B = 143 \text{ N}$$

c) Karena sistem dalam keadaan setimbang, maka berlaku:

$$\sum \tau = 0$$

$$F_A d_A - F_B d_B = 0$$

$$\frac{d_A}{d_B} = \frac{F_B}{F_A} = \frac{143 \text{ N}}{866 \text{ N}} = 0,165$$

② a) Simpangannya adalah :

$$x = 6 \cos \left(3\pi(2) + \frac{\pi}{3} \right) = 3 \text{ m}$$

b) Kecepatannya,

$$V = \frac{dx}{dt} = -3\pi(6) \sin \left(3\pi(2) + \frac{\pi}{3} \right) = -49 \text{ m/s}$$

c) percepatannya,

$$a = \frac{dV}{dt} = -(3\pi)^2(6) \cos \left(3\pi(2) + \frac{\pi}{3} \right) = -2,7 \times 10^2 \text{ m/s}^2$$

d) fase dan gerakannya adalah :

$$3\pi(2) + \frac{\pi}{3} \approx 20 \text{ rad}$$

e) $\omega = 3\pi \text{ rad/s}$, sehingga $f = \frac{\omega}{2\pi} = 1,5 \text{ Hz}$

f) Periodenya adalah :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1,5} = 0,67 \text{ s}$$

③ a) $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{8}{0,5}} = 4 \text{ rad/s}$

posisinya adalah : $x = 10 \sin(4t) \text{ cm}$

$$V = \frac{dx}{dt} = 4 \cos(4t) \text{ cm/s}, V_{\max} = 40 \text{ cm/s}$$

3) a) percepatan

$$a = \frac{dv}{dt} = -160 \sin(4t) \text{ cm/s}^2$$

$$a_{\max} = 160 \text{ cm/s}^2$$

b) $t = \left(\frac{1}{4}\right) \sin^{-1}\left(\frac{x}{10}\right)$ dan ketika $x = 6 \text{ cm}$,

$$t = 0,161$$

$$v = 40 \cos(4(0,161)) = 32 \text{ cm/s}$$

$$a = -160 \sin(4(0,161)) = -96 \text{ cm/s}^2$$

c) dengan menggunakan $t = \left(\frac{1}{4}\right) \sin^{-1}\left(\frac{x}{10}\right)$

Saat $x=0$, $t=0$ dan ketika $x=8 \text{ cm}$ $t=0,232 \text{ s}$

Sehingga

$$\Delta t = 0,232 \text{ s}$$

d) Energi total dari sistem

$$E_{\text{tot}} = \frac{1}{2} k A^2$$

$$= \frac{1}{2} (8) (10 \times 10^{-2})^2$$

$$= 4 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$E_{\text{tot}} = 0,04 \text{ J}$$

e dan f)

3

f) Energi potensial ketika simpangan 3 cm

$$U = \frac{1}{2} k x^2$$
$$= \frac{1}{2} (8) (3 \times 10^{-2})^2$$

$$= 4 \times 9 \times 10^{-4}$$

$$U = 36 \times 10^{-4} \text{ J}$$

e) Energi kinetik saat simpangan 3 cm

$$E_{Mi} = E_{Mf}$$

$$\frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$$

$$0,04 = E_k + 36 \times 10^{-4}$$

$$E_k = 0,0364 \text{ J}$$

4) a) momen inersi dan batang seragam yang diputar melalui poros di ujung batang,

adalah:

$$I = \frac{1}{12} M L^2 + m x^2$$

$$I = m \left(\frac{L^2}{12} + x^2 \right)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{L^2}{12} + x^2}{gx}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(L^2 + 12x^2)}{12gx}}$$

④ a) jika x diketahui, maka L dapat dihitung

b) Dengan kekalnya energi,

$$E_{\text{bawah dari ayunan}} = E_{\text{akhir dari ayunan}}$$

$$K_m = U_m$$

dengan $U = Mgl(1 - \cos \theta)$, dengan l jarak dari sumbu rotasi ke pusat massa

jika digunakan aproksimasi sudut kecil, maka

$$\cos \theta \approx 1 - \frac{1}{2} \theta^2$$

maka
$$U_m = (0,15 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2) \left(\frac{L}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \theta_m^2 \right)$$

dengan $\theta_m = 0,17 \text{ rad}$

maka $K_m = U_m = \dots$

Nilai ini dapat kita peroleh, jika L ada nilainya.

⑤ a) panjang dalam cm dan waktu dalam sekon

maka
$$V = \frac{dy}{dt} = -60\pi \cos\left(\frac{\pi x}{8} - 4\pi t\right)$$

saat $x = 6 \text{ cm}$ dan $t = \frac{1}{4} \text{ s}$, maka :

$$V = -60\pi \cos\left(\frac{-\pi}{4}\right) = \frac{-60\pi}{\sqrt{2}} = -133 \text{ cm/s}$$

maka lajunya adalah $|V| = 1,33 \text{ m/s}$

5) b) $V_{\max} = -60\pi$, sehingga

$$V_{\max} = -188 \text{ cm/s}$$

maka $|V_{\max}| = 1,88 \text{ m/s}$

c) $a = \frac{dv}{dt} = -240\pi^2 \sin\left(\frac{\pi x}{8} - 4\pi t\right)$

Saat $x = 6 \text{ cm}$, $t = \frac{1}{4} \text{ s}$ maka :

$$a = -240\pi^2 \sin\left(-\frac{\pi}{4}\right) \text{ m/s}^2$$

$$a = 16,7 \text{ m/s}^2$$

d) $a_{\max} = -240\pi^2 \text{ m/s}^2$

Jadi, percepatan maksimumnya adalah $23,7 \text{ m/s}^2$

- 6) a) Dari grafik kita dapatkan Amplitudanya adalah 5 cm
- b) Kita lihat grafik kurva yang melalui $y=0$ dan $x=15 \text{ cm}$ sama dengan kemiringan kurva saat $x=55 \text{ cm}$,
- Jadi, $\lambda = 55 \text{ cm} - 15 \text{ cm} = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$

c) Laju gelombang, $V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

$$V = \sqrt{\frac{3,6 \text{ N}}{25 \times 10^{-3} \text{ N}}} = 12 \text{ m/s}$$

6) d)

frekuensi adalah $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{12 \text{ m/s}}{0,40 \text{ m}} = 30 \text{ Hz}$

dan periodenya adalah:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{30} = 0,033 \text{ s}$$

e) Laju maksimum tali:

$$\begin{aligned} V_M &= \omega y_m = 2\pi f y_m \\ &= 2(3,14)(30 \text{ Hz})(5 \text{ cm}) \\ &= 940 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

$$V_M = 9,4 \text{ m/s}$$

f) Bilangan gelombang

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0,40} = 16 \text{ m}^{-1}$$

g) frekuensi sudut:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(30) = 1,9 \times 10^2 \text{ rad/s}$$

h) Berdasarkan grafik, perpindahan saat $x=0$ dan $t=0$ adalah $4 \times 10^{-2} \text{ m}$.

formula untuk perpindahan,

$$y(0,0) = y_m \sin \phi$$

$$5 \times 10^{-2} \sin \phi = 4 \times 10^{-2}$$

6) h) $\phi = 0,93 \text{ rad}$ atau $\phi = 2,21 \text{ rad}$

kasus pertama fungsi memiliki kemiringan positif pada $x=0$ dan cocok dengan grafik. kasus kedua memiliki kemiringan negatif dan tidak cocok dengan grafik.

Jadi, kita pilih $\phi = 0,93 \text{ rad}$.

i) perpindahan tali memiliki bentuk

$$y(x,t) = y_m \sin(kx + \omega t + \phi)$$

tanda (+) dalam fungsi sinus menunjukkan bahwa gelombang sedang bergerak dalam arah negatif.

Sehingga

$$y(x,t) = (5 \times 10^{-2} \text{ m}) \sin(16x + 190t + 0,93)$$

7) Perhatikan dua gelombang sinusoidal (gelombang suara) dengan amplitudo yang sama yang merambat melalui sebuah medium dengan frekuensi sedikit berbeda yakni f_1 dan f_2 . kita dapat tuliskan :

$$y_1 = A \cos \omega_1 t = A \cos(2\pi f_1 t)$$

$$y_2 = A \cos \omega_2 t = A \cos(2\pi f_2 t)$$

Dengan menggunakan prinsip superposisi kita dapatkan fungsi gelombang resultan pada titik ini,

$$y = y_1 + y_2 = A \cos(2\pi f_1 t) + A \cos(2\pi f_2 t)$$

identitas trigonometri, $\cos a + \cos b = 2 \cos\left(\frac{a+b}{2}\right) \cos\left(\frac{a-b}{2}\right)$

⑦ sehingga fungsi gelombangnya menjadi,

$$y = \left[2A \cos 2\pi \left(\frac{f_1 - f_2}{2} \right) t \right] \cos \left(\frac{f_1 + f_2}{2} t \right)$$

Dari faktor persamaan diatas, kita lihat bahwa Suara yang dihasilkan untuk seorang pendengar yang berdiri pada titik manapun memiliki frekuensi efektif yang sama dengan frekuensi rata-rata, $\frac{(f_1 + f_2)}{2}$ dan amplitudo yang besarnya dinyatakan dalam tanda kurung siku.

$$A_{\text{resultan}} = 2A \cos 2\pi \left[\frac{f_1 - f_2}{2} \right] t$$

Beda fase dua gelombang ini $\phi = 2\pi (f_1 - f_2) t$

$$\text{maka } A_{\text{resultan}} = 2A \cos \left(\frac{\phi}{2} \right)$$

diketahui di soal, bahwa :

$$2A_0 \cos \left(\frac{\phi}{2} \right) = A_0, \text{ maka } \frac{\phi}{2} = \cos^{-1} \left(\frac{A_0}{2A_0} \right) = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$$

Jadi beda fase adalah

$$\phi = \frac{2\pi}{3} = 120^\circ$$

Hasil perbedaan fase ini, jika waktu delay (minimum) adalah:

$$t = \frac{1}{3} \text{ dari periodenya} = \frac{T}{3}$$

$$t = \frac{T}{3} = \frac{1}{3f} \text{ dimana } T = \frac{1}{f} \rightarrow v = f\lambda$$

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

$$t = \frac{1}{3 \left(\frac{v}{\lambda} \right)}$$

7

$$t = \frac{\lambda}{3v}$$

$$t = \frac{3m}{3(2m/s)} = 0,5 \text{ detik}$$

8

$$y_1(x,t) = 3 \text{ cm} \sin \pi(x + 0,6t)$$

$$y_2(x,t) = 3 \text{ cm} \sin \pi(x - 0,6t)$$

$$y_R = y_1 + y_2 = 3 \text{ cm} \sin \pi(x + 0,6t) + 3 \text{ cm} \sin \pi(x - 0,6t)$$

$$y = 2A \sin kx \cos \omega t \text{ atau}$$

$$y(x,t) = 2(3 \text{ cm}) \sin \pi x \cos(0,6t)$$

$$y(x,t) = 6 \text{ cm} \sin \pi x \cos(0,6t)$$

a)

$$y = 2A \sin kx \cos \omega t$$

$$y(x,t) = [6 \text{ cm} \sin \pi x] \cos(0,6t)$$

*) Untuk mendapatkan amplitudo dari gerak harmonik sederhana dari elemen pada posisi $x = 0,25 \text{ cm}$ adalah

$$\bullet) \text{ saat } x = 1,5 \text{ cm}$$

$$y = 6 \text{ cm} (\sin \pi(1,5))$$

$$y(1,5) = -6 \text{ cm}$$

$$y = 6 \text{ cm} (\sin \pi(0,25)) \Big|_{x=0,25}$$

$$y(0,25) = 4,2 \text{ cm}$$

8) b) Dengan $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \pi \text{ rad/cm}$

maka panjang gelombangnya:

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

Simpul terjadi saat Amplitudo gelombang = 0

$$6 \text{ cm} \sin \pi x = 0$$

maka $\sin \pi x = 0$ atau

$$\frac{2\pi x}{\lambda} = \pi, 2\pi, 3\pi, \dots$$

$$x = \frac{\lambda}{2}, \lambda, \frac{3}{2}\lambda, \dots$$

maka letak simpul terdapat pada

$$x_n = \frac{n\lambda}{2} = \frac{n}{2}(2 \text{ cm}) = n \text{ cm}, \text{ dengan } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

c) untuk perut terjadi saat amplitudo maksimum,

$$A_R = 2A \sin kx$$

terjadi saat kondisi $\sin kx = \pm 1$ yakni

$$kx = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots$$

sehingga posisi perut:

$$x = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, \dots \dots \left(\frac{2n+1}{4}\right)\lambda \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

8) b) maka letak posisi perutnya adalah :

$$x = \frac{(2n+1)}{2} \lambda$$

$$x = \frac{(2n+1)}{2} \text{ cm} \quad \text{dengan } n=0,1,2,\dots$$

c) posisi maksimum perut dari suatu elemen adalah sama dengan amplitudo gelombang berdirinya yakni dua kelipatan amplitudo gelombang masing-masing.

$$y_{\max} = 2A (\sin kx)_{\max} = 2(3\text{cm}) = \underline{\underline{6\text{cm}}}$$

9) kita misalkan r_1 dan r_2 adalah jarak dari speaker (pengeras suara) ke pengamat yang mendengar 60 dB dan 80 dB secara berurutan.

$$\beta_2 = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_0} \right) \quad \text{dan} \quad \beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

kita ketahui bahwa $I_2 = \frac{P}{4\pi r_2^2}$ dan $I_1 = \frac{P}{4\pi r_1^2}$

$$\text{maka:} \quad \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

$$\text{Sehingga:} \quad \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 20 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)$$

$$80 - 60 = 20 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)$$

9) $\log\left(\frac{r_1}{r_2}\right) = 1 \rightarrow \text{jadi } r_1 = 10 r_2$

$r_1 + r_2 = 110 \text{ m}$ maka $10r_2 + r_2 = 110 \text{ m}$

$r_2 = 10 \text{ m}$ dan $r_1 = 100 \text{ m}$

10) $f = 500 \text{ Hz}$ dan $v = 343 \text{ m/s}$

kita pilih tanda untuk menghasilkan $f' > f$

a) frekuensi yang terdengar dan masih di udara

$$f' = 500 \text{ Hz} \left(\frac{343 \text{ m/s} + 30,5 \text{ m/s}}{343 \text{ m/s} - 30,5 \text{ m/s}} \right) = 598 \text{ Hz}$$

b) Dalam sebuah kerangka referensi dimana udara masih kelihatan, kecepatan detektor adalah $30,5 - 30,5 = 0$ dan ^{kecepatan} sumber adalah $2(30,5)$, sehingga:

$$f' = 500 \text{ Hz} \left(\frac{343 \text{ m/s} + 0}{343 \text{ m/s} - 2(30,5) \text{ m/s}} \right) = 608 \text{ Hz}$$

c) Kita kembali ambil sebuah kerangka referensi dimana udara masih terlihat. Sekarang ^{kecepatan} sumber adalah: $30,5 - 30,5 = 0$, dan kecepatan detektor $2(30,5)$

Sehingga: $f' = (500 \text{ Hz}) \left(\frac{343 \text{ m/s} + 2(30,5 \text{ m/s})}{343 \text{ m/s} - 0} \right)$

$f' = 589 \text{ Hz}$