

- amplitudo, frekuensi, dan panjang gelombang.
- cepat rambat gelombang,
- beda fase antara titik x dan y yang terpisah sejauh 0,2 m.

Jawab

Diketahui : $y = 0,5 \sin 2\pi (60t - 0,5x)$

- Ditanyakan* : a. $A, f,$ dan $\lambda = ?$
 b. $v = ?$
 c. $\Delta\phi = ?$

Penyelesaian:

Analisis posisi besaran dalam persamaan gelombang mempermudah kita menyelesaikan masalah.

- Amplitudo, $A = 0,5$ m
 Frekuensi, $f = 60$ Hz
 Panjang gelombang, $\lambda = \frac{1}{0,5} = 2$ m
- Cepat rambat $v = \lambda f = 2 \text{ m} \times 60 \text{ s}^{-1} = 120 \text{ m/s}$.
- Berapa beda fase jika $\Delta x = 0,2$ m? Kita nyatakan dulu fase dari titik masing-masing.

$$\phi_x = ft - \frac{x_1}{\lambda} \text{ dan } \phi_y = ft - \frac{x_2}{\lambda}$$

Maka beda fasenya adalah

$$\Delta\phi = \phi_x - \phi_y = \frac{x_1 - x_2}{\lambda} = \frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{0,2}{2} = 0,1$$

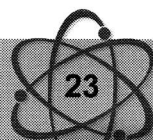


Uji Kemampuan Diri

- Sebuah gelombang merambat pada tali memenuhi persamaan $y = 0,5 \sin (100\pi t - 0,5\pi x)$, semua besaran dinyatakan dalam SI. Tentukan:
 - amplitudo, frekuensi, dan panjang gelombang,
 - cepat rambat gelombang,
 - beda fase antara titik x dan y yang terpisah sejauh 0,12 m.
- Sebuah gelombang merambat pada tali memenuhi persamaan $y = 0,3 \sin (20\pi t + 0,4\pi x)$, semua besaran dinyatakan dalam SI. Hitunglah:
 - amplitudo, frekuensi, dan panjang gelombang,
 - cepat rambat gelombang,
 - beda fase antara titik x dan y yang terpisah sejauh 0,15 m.

4. Gelombang Stasioner

Salah satu bahasan dalam gelombang adalah gelombang pada tali. Gelombang ini merupakan salah satu bentuk gelombang mekanik. Seperti yang telah dibahas sebelumnya gelombang dapat mengalami refleksi atau pantulan. Dawai yang ujungnya terikat pada suatu tiang statis apabila pada ujung bebas kita beri getaran, gelombang akan merambat di sepanjang dawai. Ketika gelombang sampai pada ujung dawai yang terikat pada tiang statis, gelombang



Gelombang stasioner atau gelombang diam, dibentuk dari pemantulan suatu gelombang serta dihasilkan dari superposisi dua gelombang berjalan yang amplitudo dan frekuensinya sama tetapi arahnya berlawanan.

akan dipantulkan kembali pada arah yang berlawanan menuju sumber getaran. Pertemuan dua gelombang antara gelombang datang dan gelombang pantul ini dapat saling meniadakan. Peristiwa pertemuan dua gelombang ini dikenal dengan peristiwa interferensi. Hal yang serupa juga terjadi pada dawai dengan ujung bebas pada tiang. Bagaimanakah frekuensi pada dawai ujung terikat dan ujung bebas? Bagaimana pula kelajuan gelombang pada tali? Perhatikan pembahasan berikut.

a. Kecepatan gelombang pada tali

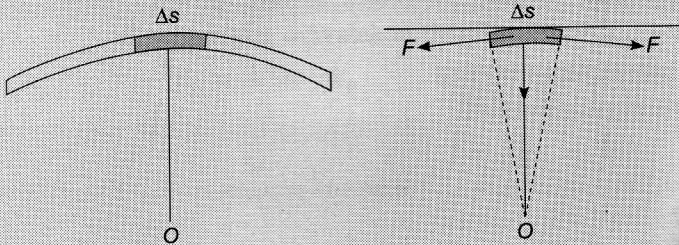
Kecepatan gelombang pada tali yang bermassa m kg, panjang ℓ m, dan bekerja gaya tegangan sebesar F N adalah:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (1.29)$$

dengan $\mu = \frac{m}{\ell}$ (rapat massa tali kg/m)

Tahu Lebih Jauh

Untuk mendapatkan persamaan $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, analisis sebuah segmen kecil pada tali. Perhatikan gambar berikut.



Segmen sepanjang Δs ini bergerak dengan kecepatan v (yang merupakan kecepatan gelombang) terhadap titik acuan O . Dengan demikian, segmen tersebut dikatakan mengalami percepatan sentripetal a_s , sebesar

$$a_s = \frac{v^2}{R}$$

Besarnya panjang segmen Δs adalah:

$$\Delta s = R\theta$$

Misalkan rapat massa tali adalah μ , massa segmen tali adalah:

$$m = \mu\Delta s = \mu R\theta$$

Penyebab terjadinya gelombang pada dawai adalah adanya gaya usikan pada dawai tersebut, yaitu gaya F . Gaya usikan ini bekerja pada kedua ujung segmen massa. Komponen vertikal dalam arah gaya ini adalah F_R , yaitu gaya yang bertanggung jawab terhadap munculnya percepatan sentripetal. Besar,

$$F_R = m \frac{v^2}{R} = 2F \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Oleh karena sudut kecil, berlaku $\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \approx \frac{\theta}{2}$. Sehingga persamaan di atas dapat dituliskan:

$$m \frac{v^2}{R} = 2F \frac{\theta}{2} \Leftrightarrow \mu R \theta \frac{v^2}{R} = F\theta \Leftrightarrow \mu v^2 = F \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

b. Percobaan Melde

Lakukan percobaan Melde dengan langkah-langkah sebagai berikut.



Eksperimen

A. Tujuan

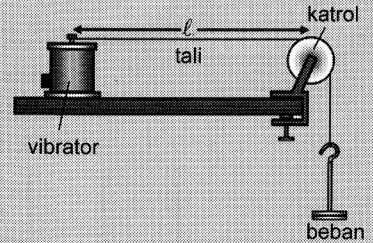
Mencari hubungan antara kecepatan gelombang, gaya tegangan, dan rapat massa.

B. Alat dan bahan

Perangkat percobaan Melde (tali sepanjang 2 m, beban 20 g, 40 g, 60 g, 80 g, dan 100 g)

C. Langkah-langkah percobaan

1. Susunlah perangkat percobaan Melde seperti terlihat pada gambar di samping.
2. Berikan beban bermassa 20 g. Atur jarak antara vibrator dan katrol mula-mula 100 cm.
3. Ubah posisi vibrator mendekati katrol sehingga jarak dari vibrator 75 cm, 50 cm, dan 25 cm. Amatilah gelombang yang terbentuk, jumlah simpul, dan jumlah perut. Amati pula pengaruh perubahan panjang tali pada gelombang yang terbentuk. Isi dalam tabel berikut.



Panjang tali (cm)	Σ Simpul	Σ Perut	Panjang gelombang (λ)
100			
75			
50			
25			

4. Tetapkan jarak vibrator dan katrol sejauh 1 m. Ganti beban menjadi 40 g, 60 g, 80 g, dan 100 g. Amatilah gelombang yang terbentuk, jumlah simpul, dan jumlah perut. Amati pula pengaruh perubahan massa beban pada gelombang yang terbentuk. Isi dalam tabel berikut.

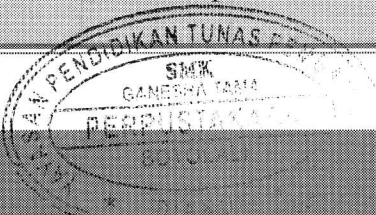
Massa beban (g)	Σ Simpul	Σ Perut	Panjang gelombang (λ)
20			
40			
60			
80			
100			

D. Pertanyaan:

1. Bagaimana cara Anda menghitung panjang gelombang dari data-data pada eksperimen ini? Jelaskan.
2. Apakah panjang tali memengaruhi panjang gelombang yang terbentuk? Jelaskan.
3. Apakah massa beban memengaruhi panjang gelombang yang terbentuk? Jelaskan.

E. Kesimpulan:

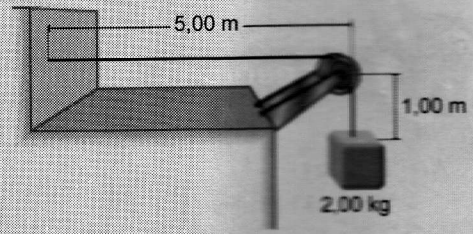
Berdasarkan hasil percobaan, buatlah kesimpulan lalu kumpulkan hasilnya ke gurumu.





Uji Kemampuan Diri

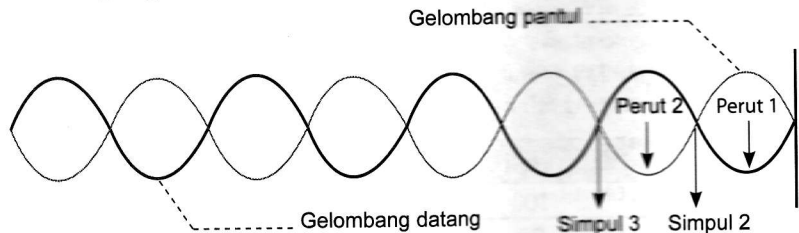
1. Sebuah tali mempunyai massa 30 gram dan panjang 6 meter. Tali digunakan untuk menggantung beban yang massanya 2 kg. Hitunglah:
 - a. cepat rambat gelombang yang merambat pada tali,
 - b. lama waktu yang dibutuhkan gelombang untuk merambat dari katrol ke dinding.



c. Gelombang stasioner pada ujung terikat

1) Simpul gelombang

Sebuah dawai yang panjangnya ℓ dengan kedua ujung dibuat statis, pada kedua ujung dawai akan terjadi titik simpul gelombang. Selain itu, ketika terjadi pemantulan gelombang, akan muncul beberapa titik simpul pada dawai tersebut. Perhatikan Gambar 1.20.



Gambar 1.20 Analisis simpul dan perut pada gelombang tali terikat.

Titik simpul pertama terbentuk di ujung tali yang terikat. Posisi titik ini adalah $x_1 = 0$. Selanjutnya, titik simpul ke-2 (x_2) terletak pada $\frac{1}{2}$ panjang gelombang ($x_2 = \frac{1}{2}\lambda$). Titik simpul ke-3 (x_3) terletak pada 1 panjang gelombang ($x_3 = \lambda$). Titik simpul ke-4 (x_4) terletak pada $\frac{3}{2}\lambda$, dan seterusnya. Dengan demikian, dapat kita tuliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}x_1 &= 0 \\x_2 &= \frac{1}{2}\lambda \\x_3 &= x = \frac{2}{2}\lambda \\x_4 &= \frac{3}{2}\lambda\end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan data-data yang terambil, dapat kita rumuskan posisi titik simpul pada

$$x_{sn} = (n - 1) \frac{1}{2} \lambda ; n = 1, 2, 3, \dots \quad (1.30)$$

2) Perut gelombang

Dengan menggunakan analisis yang sama berdasarkan Gambar 1.20, posisi perut adalah sebagai berikut.

Info FISIKA

Gelombang stasioner memiliki ciri yaitu terdiri atas simpul dan perut. Simpul yaitu tempat kedudukan atau titik yang memiliki amplitudo minimal (0). Perut yaitu titik-titik yang bergetar dan memiliki amplitudo yang berbeda.



$$x_1 = \frac{1}{4}\lambda$$

$$x_2 = \frac{3}{4}\lambda$$

$$x_3 = \frac{5}{4}\lambda$$

$$x_4 = \frac{7}{4}\lambda$$

Berdasarkan data-data di atas, dapat dirumuskan posisi titik-titik perut secara umum, yaitu:

$$x_{pn} = (2n - 1)\frac{1}{4}\lambda; \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (1.31)$$

Persamaan umum untuk gelombang stasioner ujung terikat adalah

$$\begin{aligned} y &= 2A \sin kx \cos \omega t \\ &= A_p \sin kx \end{aligned} \quad (1.32)$$

$$A_p = 2A \sin kx \quad (1.33)$$

dengan A = amplitudo gelombang stasioner,

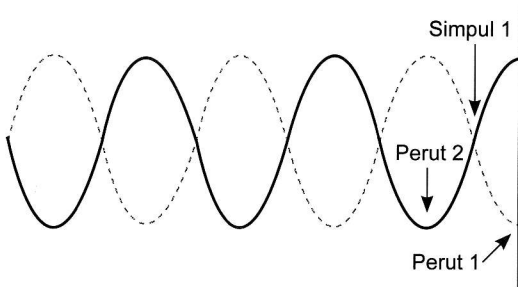
$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \text{bilangan gelombang,}$$

$$\lambda = \text{panjang gelombang (m).}$$

d. Gelombang stasioner ujung bebas

1) Simpul gelombang

Pada ujung tali yang bebas, akan terbentuk perut pertama. Perhatikan gambar berikut ini.



Gambar 1.21 Gelombang stasioner pada tali ujung bebas.

Titik-titik simpul terletak pada

$$x_1 = \frac{1}{4}\lambda$$

$$x_2 = \frac{3}{4}\lambda$$

$$x_3 = \frac{5}{4}\lambda$$

$$x_4 = \frac{7}{4}\lambda$$

Jadi, letak titik simpul secara umum adalah

$$x_{sn} = (2n - 1)\frac{1}{4}\lambda \quad (1.34)$$

2) Perut gelombang

Perhatikan kembali Gambar 1.21. Letak perut pertama, x_1 , terletak di ujung tali sehingga $x_1 = 0$. Berturut-turut kita tuliskan

$$\begin{aligned}x_1 &= 0 \\x_2 &= \frac{1}{2}\lambda \\x_3 &= \frac{2}{2}\lambda = \lambda \\x_4 &= \frac{3}{2}\lambda\end{aligned}$$

Jadi, letak titik simpul secara umum adalah

$$x_{sn} = (n - 1) \frac{1}{2}\lambda \quad (1.35)$$

Persamaan umum untuk gelombang stasioner pada ujung bebas adalah

$$y = 2A \cos kx \sin \omega t \quad (1.36)$$

dengan A = amplitudo gelombang datang

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \text{bilangan gelombang}$$

$$\omega = \text{frekuensi sudut} = 2\pi f$$

$$t = \text{waktu getar (s)}$$

Nilai $2A \cos kx$ adalah nilai amplitudo gelombang stasioner (bedakan dengan nilai A). Kita simbolkan amplitudo gelombang stasioner sebagai A_p . Jadi,

$$y = A_p \sin \omega t$$

Jadi, amplitudo gelombang stasioner pada ujung bebas bergantung pada posisi gelombang.

Contoh

1. Sebuah tali salah satu ujungnya digetarkan terus-menerus dan ujung lainnya terikat kuat. Jika amplitudo yang diberikan adalah 10 cm, frekuensi 4 Hz, dan cepat rambat gelombang pada tali 4 m/s, hitunglah:
 - a. amplitudo sebuah titik yang berjarak 1 m dari titik ikat setelah terjadi gelombang stasioner,
 - b. jarak simpul ke-3 dari ujung terikat,
 - c. jarak perut ke-2 dari ujung terikat.

Jawab

Diketahui : $A = 10 \text{ cm}$, $f = 4 \text{ Hz}$, $v = 4 \text{ m/s}$

Ditanyakan : a. A_p (ketika $x = 1$), b. jarak simpul x_{s3} , dan c. jarak perut x_{p2} ?

Penyelesaian :

Hitung panjang gelombang terlebih dulu

$$v = \lambda f \Leftrightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{4}{4} = 1 \text{ m}$$

Hitunglah bilangan gelombang k

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{1} = 2\pi \text{ m}^{-1}$$

a. Amplitudo suatu titik pada jarak 1 m adalah

$$A_p = 2A \cos kx = 2 \times 10 \text{ cm} \times \cos (2\pi \times 1) = 20 \text{ cm}$$

b. Simpul ke-3

$$x_{s3} = \frac{5}{4} \lambda = \frac{5}{4} \times 1 \text{ m} = 1,25 \text{ m}$$

c. Perut ke-2

$$x_{p2} = \frac{1}{2} \lambda = \frac{1}{2} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

2. Seutas tali, salah satu ujungnya digetarkan terus-menerus dan ujung lainnya terikat. Jika amplitudo tali adalah 15 cm, periode 0,2 s, dan cepat rambat gelombang pada tali 4 m/s, hitunglah:

- amplitudo sebuah titik yang berjarak 1 m dari titik ikat setelah terjadi gelombang stasioner,
- jarak simpul ke-4 dari ujung terikat,
- jarak perut ke-3 dari ujung terikat.

Jawab

Diketahui : $A = 10 \text{ cm}$, $T = 0,2 \text{ s}$, $v = 4 \text{ m/s}$

Ditanyakan : A_p ($x = 1$), x_{s4} , dan x_{p3} .

Penyelesaian :

Hitung panjang gelombang terlebih dulu

$$\lambda = vT = 4 \text{ m/s} \times 0,2 \text{ s} = 0,8 \text{ m}$$

Hitunglah bilangan gelombang k

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0,8} = \frac{5}{2}\pi$$

a. Amplitudo suatu titik pada jarak 1 m adalah

$$A_p = 2A \sin kx = 2 \times 10 \text{ cm} \times \sin \frac{5}{2}\pi = 20 \times 1 = 20 \text{ cm}$$

b. Simpul ke-4

$$x_{s4} = \frac{7}{4} \lambda = \frac{7}{4} \times 0,8 \text{ m} = 1,4 \text{ m}$$

c. Perut ke-3

$$x_{p3} = \frac{3}{2} \lambda = \frac{3}{2} \times 0,8 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$$



Uji Kemampuan Diri

- Seutas tali digetarkan dengan amplitudo 20 cm dan periode 3 s. Ujung tali yang lain terikat kuat dan cepat rambat gelombang pada tali 4 m/s. Gelombang pantul menghasilkan interferensi dan menimbulkan gelombang stasioner. Tentukan:
 - persamaan gelombang,
 - jarak antara perut ke-2 dan perut ke-5,
 - jarak antara simpul ke-4 dan simpul ke-7,
 - jarak antara simpul dan perut terdekat.

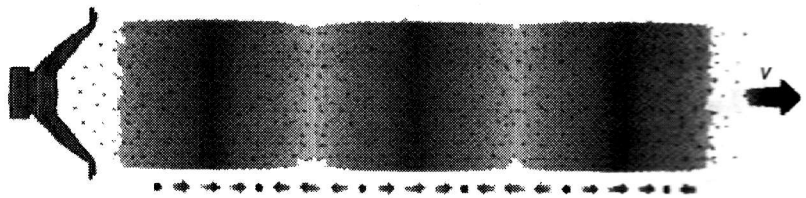
2. Diketahui jarak simpul ke-3 dari ujung bebas sebuah tali yang digetarkan adalah 50 cm, hitunglah:
 - a. jarak simpul ke-3,
 - b. jarak perut ke-6,
 - c. jarak antara perut ke-5 dan perut ke-7, dan
 - d. jarak antara perut ke-3 dan simpul ke-7.
3. Sebuah tali digetarkan dengan amplitudo 15 cm dan frekuensi 10 Hz. Ujung tali yang lain bebas dan gelombang merambat pada tali 4 m/s. Gelombang pantul menghasilkan interferensi dan menimbulkan gelombang stasioner. Tentukan:
 - a. persamaan gelombang,
 - b. jarak antara perut ke-3 dan perut ke-7,
 - c. jarak antara simpul ke-5 dan simpul ke-9,
 - d. Hitunglah jarak antara simpul dan perut terdekat.

C Bunyi

Info FISIKA

- Gelombang ultrasonik $f > 20.000 \text{ Hz}$
- Gelombang audiosonik $20 \text{ Hz} \leq f \leq 20.000 \text{ Hz}$
- Gelombang infrasonik $f < 20 \text{ Hz}$

Gelombang bunyi merupakan salah satu contoh dari gelombang longitudinal yang merambat pada berbagai medium. Gelombang yang merambat pada medium tersebut membentuk *rapatan* dan *regangan* pada molekul-molekul medium. Hal ini terjadi karena bunyi memberikan tekanan pada partikel udara seperti yang terlihat pada gambar berikut.

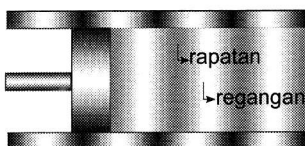


Gambar 1.22 Terdapat rapatan dan regangan pada molekul udara pada gelombang bunyi.

Gelombang bunyi dapat merambat melalui medium padat, cair, dan gas. Gelombang bunyi yang mampu didengar atau diterima oleh telinga secara normal berkisar antara 20 Hz hingga 20.000 Hz, gelombang ini disebut *gelombang audiosonik*. Gelombang bunyi yang berfrekuensi kurang dari 20 Hz disebut *gelombang infrasonik*, sedangkan gelombang bunyi yang berfrekuensi di atas 20.000 Hz disebut *gelombang ultrasonik*.

1. Cepat Rambat Gelombang Bunyi

Seperti yang kita ketahui bahwa gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yang merambat menyebar ke segala arah. Untuk mempermudah pembahasan, marilah kita tinjau perambatan gelombang bunyi dalam tabung pipa yang cukup panjang sehingga pada titik tengah dapat mengalami kompresi (*rapatan*). Perambatan gelombang bunyi di dalam tabung dapat digambarkan berupa irisan-irisan, seperti yang terlihat pada gambar 1.23.



Gambar 1.23 Rapatan dan regangan udara dalam pipa berisi udara.

Gerakan piston bolak-balik menyebabkan terjadinya perubahan tekanan pada partikel udara. Akibatnya, timbul rapatan (kompresi) dan regangan berganti-gantian yang merambatkan energi gelombang (bukan merambatkan partikel udara).

Besarnya cepat rambat gelombang bunyi adalah

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (1.37)$$

dengan: v = cepat rambat (m/s),

B = modulus Bulk medium,

γ = tetapan Laplace = $\frac{c_p}{c_v}$,

R = tetapan umum gas = 8,317 J/mol K,

T = temperatur (K),

m = massa per mol (kg/mol),

P_0 = tekanan udara (N/m²).



Tahu Lebih Jauh

Tekanan diberikan oleh gelombang bunyi sebesar P dan cepat rambatnya sebesar v . Pada saat terjadi kompresi, dihasilkan tekanan yang lebih tinggi, yaitu $P + \Delta P$. Dalam kondisi ini, gelombang bunyi mengalami pertambahan kecepatan menjadi $v + \Delta v$. Setelah melintasi daerah kompresi, gelombang bunyi mendapat perlambatan dan kembali pada kecepatan semula. Dengan demikian, besar resultan gaya tekan yang terjadi adalah

$$\Sigma F = F_{\text{rapatan}} + F_{\text{regangan}} = (P + \Delta P) A - PA = \Delta P A$$

Dengan panjang elemen perambatan gelombang $v \Delta t$, besar massa elemen m adalah:

$$m = \rho v = \rho \lambda t$$

$$m = \rho v \Delta t A$$

Adapun percepatan perambatan gelombang bunyi adalah:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Dengan menggunakan Hukum II Newton, diperoleh:

$$F = ma$$

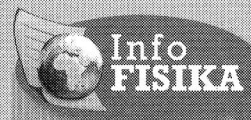
$$= \rho v \Delta t A \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Delta P A = \rho v \Delta t A \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Delta P = \rho v \Delta v$$

$$v = \frac{\Delta P}{\rho \Delta v}$$

$$\Delta v = \frac{\Delta P}{\rho v}$$

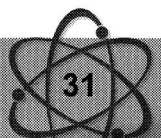


Massa (m) adalah:

$$m = \rho v$$

$$= \rho \lambda t$$

$$= \rho (v \Delta t) A$$



Besar volume setiap elemen sebelum dan sesudah melintasi daerah kompresi adalah

$$\Delta V = \Delta v \Delta t A$$

Sehingga

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta v \Delta t A}{v \Delta t A} = \frac{\Delta v}{v}$$

Maka

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta P}{\rho v^2} \Leftrightarrow v^2 = \frac{\Delta P}{\rho \frac{\Delta v}{v}}$$

Telah diketahui bahwa perbandingan antara perubahan tekanan ΔP terhadap regangan volume $\frac{\Delta V}{V}$ adalah modulus lenting elastisitas atau modulus Bulk yang dilambangkan dengan B , atau

$$B = \frac{\Delta P}{\frac{\Delta V}{V}}$$

Dengan demikian, cepat rambat gelombang bunyi dapat kita tulis

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

Jika sebagai medium rambat adalah gas seperti udara maka $B = \gamma P_0$, diperoleh

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

atau

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$



Contoh

1. Berapakah besar cepat rambat gelombang cahaya dalam suatu logam yang memiliki modulus Young $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ dan bermassa jenis $4,5 \text{ g/cm}^3$?

Jawab

Diketahui : $E = 2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$; $\rho = 4,5 \text{ g/cm}^3 = 4,5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

Ditanyakan : $v = ?$

Penyelesaian :

Gunakan persamaan $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = 6,67 \times 10^3 \text{ m/s}$$

2. Berapakah besar cepat rambat bunyi di udara pada tekanan 1 atm jika diketahui $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$ dan $1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$?

Jawab

Diketahui : $P_0 = 1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} = 1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

$$\gamma = 1,4$$

$$\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$$

Ditanyakan : $v?$

Penyelesaian:

Gunakan persamaan $v = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho}}$

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho}} \\ &= \sqrt{\frac{1,4 \times 1,01 \times 10^5}{1,29}} \\ &= \sqrt{1,096 \times 10^5} \\ &= \sqrt{10,96 \times 10^4} \\ &= 3,31 \times 10^2 = 331,5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

2. Sumber Bunyi pada Dawai

Dawai yang terikat pada kedua ujungnya jika digetarkan dapat menghasilkan bunyi. Hal ini dapat kita lihat pada dawai atau senar. Berapa besar frekuensi bunyi yang kita dengar? Untuk menjawab hal ini, perhatikan dahulu kondisi-kondisi yang mungkin terjadi pada dawai.

a. Nada dasar

Kondisi ini adalah kondisi yang paling sederhana yang mungkin muncul pada dawai yang bergetar. Perhatikan gambar berikut.

Pada gambar 1.25, dawai membentuk setengah panjang gelombang, atau dituliskan

$$\ell = \frac{1}{2} \lambda \rightarrow \lambda = 2\ell$$

Hubungan antara kecepatan, panjang gelombang, dan frekuensi nada dasar adalah

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

$$f_0 = \frac{v}{2\ell} = \frac{1}{2\ell} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (1.38)$$

b. Nada atas pertama

Perhatikan gambar 1.26. Pada gambar tersebut, dawai membentuk satu panjang gelombang, atau dituliskan:

$$\ell = \lambda$$

Hubungan antara kecepatan, panjang gelombang, dan frekuensi adalah

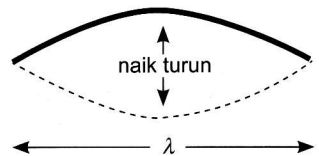
$$f\lambda = v$$

$$f_1 = \frac{v}{\ell} = \frac{1}{\ell} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (1.39)$$



Sumber: wikimedia.com

Gambar 1.24 Gitar menghasilkan suara petikan dawai dipetik.



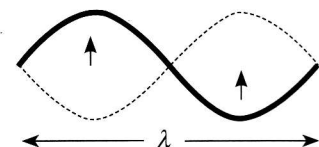
Gambar 1.25 Nada dasar pada dawai.

Info FISIKA

Panjang dawai pada nada dasar (n_D), nada atas pertama (n_{A1}), nada atas kedua (n_{A2}), nada atas ketiga (n_{A3}) adalah sebagai berikut.

$$\ell = \frac{1}{2}\lambda, \frac{2}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{4}{2}\lambda$$

$n_D \quad n_{A1} \quad n_{A2} \quad n_{A3}$



Gambar 1.26 Nada atas pertama pada dawai.



Physicsnet

Bunyi merupakan gelombang longitudinal. Bagaimanakah energi gelombang ini merambat? Silahkan kunjungi situs berikut ini.

<http://www.tryscience.org/experiments/japan.swf>

Berdasarkan analisis di atas, didapatkan beberapa persamaan berikut.

$$\ell_n = \frac{1}{2}(n+1)\lambda \quad f_n = (n+1)\frac{1}{2}\frac{v}{\ell} = (n+1)\frac{1}{2\ell}\sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (1.40)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

Hubungan antara frekuensi nada-nada dawai adalah

$$f_0 : f_1 : f_2 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots \quad (1.41)$$

dengan: f = frekuensi (Hz),

ℓ = panjang dawai (m),

F = gaya tegangan pada dawai (N),

μ = rapat massa dawai (kg/m).



Contoh

Sebuah dawai dengan rapat massa 50 g/m dan panjang 1 m ditarik dengan gaya 1.000 N pada kedua ujungnya. Hitunglah besar frekuensi dan panjang gelombang harmonik.

Jawab

Diketahui : $\mu = 50 \text{ g/m} = 5 \times 10^{-2} \text{ kg/m}$

$\ell = 1 \text{ m}$

$F = 10^3 \text{ N}$

Ditanyakan : f dan λ ?

Penyelesaian :

Hitunglah frekuensi dari Persamaan (1.40):

$$f = \frac{1}{2\ell} \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \frac{1}{2 \times 1} \sqrt{\frac{1.000}{0,05}} = 70,7 \text{ Hz}$$

Pada harmoni pertama, panjang tali ℓ sama dengan $\frac{1}{2}$ panjang gelombang, jadi $\lambda = 2\ell = 2 \times 1 = 2 \text{ m}$.



Uji Kemampuan Diri

1. Seutas dawai yang panjangnya 2 m dan bermassa 200 g diberi tegangan 500 N. Dawai tersebut dipetik sehingga menghasilkan pola 3 gelombang. Hitunglah frekuensi gelombang stasioner pada tali.
2. Sebuah kawat yang panjangnya 1,8 m diikat kuat kedua ujungnya. Kawat dipetik sehingga dihasilkan nada atas kedua dengan cepat rambat gelombang 330 m/s. Hitunglah frekuensi gelombang yang dihasilkan.

3. Sumber Bunyi Pipa Organa

Gelombang bunyi, seperti yang telah kita ketahui, merambat pada zat padat, misalnya tali, dan juga pada zat gas, misalnya udara. Salah satu perambatan gelombang bunyi terjadi di dalam pipa organa. Adapun yang termasuk dalam pipa organa, misalnya seruling, terompet, saksofon, dan alat musik tiup lainnya. Berikut kita bahas perambatan bunyi dalam pipa organa.

a. Pipa organa terbuka

Pipa ini kedua ujungnya terbuka, sehingga selalu terbentuk perut pada kedua ujung tadi. Untuk menganalisis terbentuknya simpul dan perut gelombang, amatilah Gambar 1.28.

1) Nada dasar

Pada nada dasar, berlaku $\ell = \frac{1}{2}\lambda$, atau $\lambda = 2\ell$. Sehingga, frekuensi pada nada dasar adalah

$$f_0 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2\ell} \quad (1.42)$$

2) Nada atas pertama

Pada nada atas pertama, berlaku $\ell = \lambda$. Sehingga, frekuensi pada nada atas pertama adalah

$$f_1 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\ell} \quad (1.43)$$

3) Nada atas kedua

Pada nada atas pertama, berlaku $\ell = \frac{3}{2}\lambda$ atau $\lambda = \frac{2}{3}L$. Sehingga, frekuensi pada nada atas kedua adalah

$$f_2 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\frac{2}{3}\ell} = \frac{3v}{2\ell} \quad (1.44)$$

Dari persamaan-persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa perbandingan frekuensi $f_0 : f_1 : f_2$ dan seterusnya adalah

$$f_0 : f_1 : f_2 = 1 : 2 : 3$$

Secara umum, frekuensi pada pipa organa terbuka dinyatakan sebagai berikut.

$$f_n = \frac{(n+1)v}{2\ell} \quad (1.45)$$

b. Pipa organa tertutup

Pipa ini salah satu ujungnya tertutup, sehingga selalu terbentuk perut di ujung yang terbuka dan simpul di ujung yang tertutup. Untuk menganalisis terbentuknya simpul dan perut gelombang, amati Gambar 1.30.

1) Nada dasar

Pada nada dasar, berlaku $\ell = \frac{1}{4}\lambda$ atau $\lambda = 4\ell$. Sehingga, frekuensi pada nada dasar adalah

$$f_0 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4\ell} \quad (1.46)$$

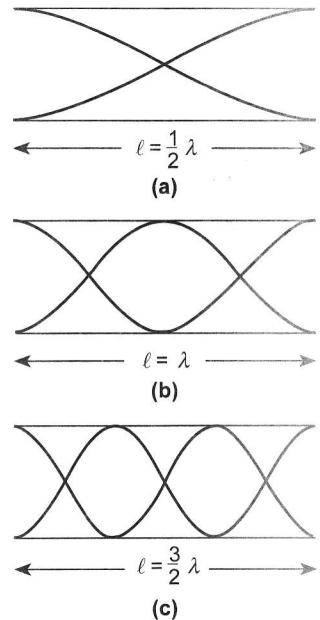
2) Nada atas pertama

Pada nada atas pertama, berlaku $\ell = \frac{3}{4}\lambda$ atau $\lambda = \frac{4}{3}\ell$. Sehingga, frekuensi pada nada atas pertama adalah



Sumber: wikimedia.com

Gambar 1.27 Flute merupakan contoh pipa organa terbuka.



Gambar 1.28 (a) Nada dasar, (b) nada atas pertama, dan (c) nada atas kedua pada pipa organa terbuka.



Sumber: clipart.com

Gambar 1.29 Bongo merupakan contoh pipa organa tertutup.