

**Gambar 1.30** (a) nada dasar, (b) nada atas pertama, dan (c) nada atas kedua pada pipa organa tertutup.

$$f_1 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\frac{4}{3}\ell} = \frac{3v}{4\ell} \quad (1.47)$$

### 3) Nada atas kedua

Pada nada atas pertama, berlaku  $\ell = \frac{5}{4}\lambda$  atau  $\lambda = \frac{4}{5}\ell$ . Sehingga, frekuensi pada nada atas pertama adalah

$$f_2 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\frac{4}{5}\ell} = \frac{5v}{4\ell} \quad (1.48)$$

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

$$f_0 : f_1 : f_2 = 1 : 3 : 5$$

Secara umum, frekuensi pada pipa organa tertutup dinyatakan sebagai

$$f_n = \frac{(2n+1)v}{4\ell} \quad (1.49)$$



### Contoh

Sebuah pipa organa tertutup (panjang 9 cm) bergetar pada nada atas pertama, sedangkan pipa organa terbuka bergetar pada nada atas ke-4. Tentukan panjang pipa organa terbuka agar keduanya beresonansi. Resonansi adalah peristiwa bergetar benda yang lain karena frekuensi yang sama.

#### Jawab

Diketahui :  $\ell_{\text{tertutup}} = 9 \text{ cm}$ ,  $n_b = 4$ ,  $n_t = 1$

Ditanyakan :  $\ell_b = ?$

Penyelesaian :

$$f_{1t} = f_{4b}$$

$$\bullet \quad f_{1t} = \left(\frac{2n+1}{4}\right)\frac{v}{\ell} = \left(\frac{2(1)+1}{4}\right)\frac{v}{\ell_t} = \frac{3}{4}\frac{v}{\ell_t}$$

$$\bullet \quad f_{4b} = \left(\frac{n+1}{2}\right)\frac{v}{\ell} = \left(\frac{4+1}{2}\right)\frac{v}{\ell_b} = \frac{5}{2}\frac{v}{\ell_b}$$

Sehingga diperoleh:

$$f_{1t} = f_{4b}$$

$$\frac{3}{4}\frac{v}{\ell_t} = \frac{5}{2}\frac{v}{\ell_b}$$

$$\frac{3v}{4 \times 9} = \frac{5}{2\ell_b}$$

$$\ell_b = \frac{60}{2} = 30 \text{ cm}$$

Jadi, panjang pipa organa terbuka adalah 30 cm.



### Uji Kemampuan Diri

1. Terdapat sebuah kawat sepanjang 180 cm yang diikat kuat dan digetarkan sehingga cepat rambat gelombang mencapai 330 m/s. Petikan kawat menghasilkan nada atas ke-3 dan beresonansi dengan pipa organa tertutup pada nada atas ke-4. Hitunglah panjang pipa. Asumsikan cepat rambat gelombang pada kedua sistem sama.
2. Nada atas ke-5 pipa organa tepat sama dengan nada atas ke-3 dari pipa organa tertutup. Tentukan perbandingan panjang kedua pipa.

#### 4. Intensitas Bunyi $I$

Intensitas bunyi dapat didefinisikan sebagai laju aliran energi perubahan gelombang bunyi per satuan luas bidang tegak lurus arah rambatan atau dengan kata lain intensitas bunyi adalah besar daya pancar rata-rata per satuan luas. Jika daya gelombang bunyi  $P$  dan luas bidang tegak lurus arah rambatan  $A = 4\pi r^2$ , intensitas bunyi ( $I$ ) dapat kita tulis dalam persamaan:

$$I = \frac{P}{A} \text{ atau } I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (1.50)$$

Intensitas bunyi juga dapat dihitung dengan persamaan lain, yaitu:

$$I = \frac{vP^2}{2B} = \frac{P^2}{\rho v} \quad (1.51)$$

dengan:  $I$  = intensitas bunyi ( $\text{W/m}^2$ ),  
 $P$  = tekanan ( $\text{N/m}^2$  atau Pa),  
 $\rho$  = kerapatan ( $\text{kg/m}^3$ ),  
 $v$  = kecepatan (m/s),  
 $B$  = modulus Bulk ( $\text{N/m}^2$ ).



#### Contoh

Berapakan besar intensitas bunyi yang merambat dengan kecepatan 340 m/s di udara pada suhu  $23^\circ\text{C}$ ? Diketahui kerapatan udara  $1,29 \text{ kg/m}^3$  dan tekanan  $1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

#### Jawab

Diketahui :  $v = 340 \text{ m/s}$   
 $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$   
 $P = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$

Ditanyakan :  $I = ?$

Penyelesaian :

$$I = \frac{P^2}{\rho v} = \frac{(1,01 \times 10^5)^2}{1,29 \times 340}$$
$$= 2,325 \times 10^{-3} \times 10^{10}$$
$$I = 2,325 \times 10^7 \text{ W/m}^2$$



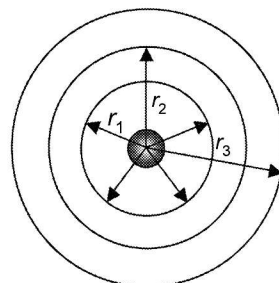
#### Prinsip pola gelombang:

- Pada dawai ujung terikat atau pada pipa tertutup selalu terbentuk simpul.
- Pada dawai ujung bebas atau pada pipa organa.
- Setiap naik satu nada, pada gelombang bertambah setengah gelombang.

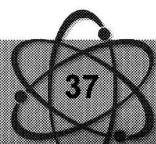
#### a. Perubahan intensitas karena perubahan jarak

Seperti yang terungkap dalam Persamaan (1.50), besar intensitas bunyi di sekitar sumber ternyata berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak dari sumber tersebut. Semakin jauh dari sumber bunyi, semakin kecil pula intensitas bunyi yang terdengar. Berapakah besar intensitas bunyi pada dua titik yang berbeda? Untuk menjawab pertanyaan ini, perhatikan gambar 1.31.

Kita asumsikan terdapat sebuah sumber bunyi yang memancarkan bunyi ke segala arah. Oleh karena merambat ke segala arah, gelombang tersebut dapat kita gambarkan secara sferis. Daya



Gambar 1.31 Intensitas sumber bunyi bergantung pada posisi pendengar terhadap sumber bunyi.



bunyi pada tiap titik adalah sama karena bersumber dari sumber bunyi yang sama. Berarti, yang berubah hanyalah intensitas bunyi yang kita dengar. Sehingga:

$$P_1 = P_2$$

$$I_1 4\pi r_1^2 = I_2 4\pi r_2^2$$

atau

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \quad (1.52)$$

### b. Taraf intensitas bunyi

Taraf intensitas bunyi adalah logaritma dari hasil perbandingan antara intensitas dari sumber bunyi terhadap intensitas batas ambang yang dapat diterima oleh telinga, yaitu sebesar  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ . Nilai ini hampir setara dengan batas ambang pendengaran manusia, yaitu 1.000 Hz.

$$TI = 10 \log \left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (1.53)$$

dengan:  $TI$  = taraf intensitas bunyi (dB)

$I$  = intensitas bunyi ( $\text{W/m}^2$ )

$I_0$  = intensitas ambang =  $10^{-12} \text{ W/m}^2$

### Contoh

Sebuah sirine yang berdaya maksimum 6.000 W. Berapakah besar taraf intensitas bunyi pada jarak 2 km dari sirine jika angin dalam keadaan tenang?

#### Jawab

Diketahui :  $P = 6.000 \text{ W}$   
 $r = 2 \text{ km} = 2 \times 10^3 \text{ m}$

Ditanyakan :  $TI$  ?

Penyelesaian :

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{6 \times 10^3}{4 \times 3,14 \times 4 \times 10^6} = 1,1943 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

Maka:

$$TI = 10 \log \left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$= 10 \log \left(\frac{1,1943 \times 10^{-4}}{10^{-12}}\right)$$

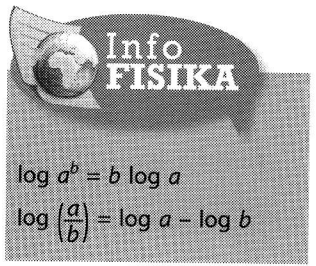
$$= 10 \log (1,1943 \times 10^8)$$

$$= 10 (\log 1,1943 + \log 10^8) \quad (\log 1,1943 = 0,0771)$$

$$= 10 (0,0771 + 8)$$

$$= 80,771 \text{ dB}$$

Jadi, taraf intensitas bunyi pada jarak 2 km dari sirine jika angin dalam keadaan tenang adalah 80,771 dB.



**Info FISIKA**

$\log a^b = b \log a$   
 $\log \left(\frac{a}{b}\right) = \log a - \log b$

**c. Taraf intensitas bunyi pada dua jarak yang berbeda**

Jika kita misalkan taraf intensitas bunyi adalah  $TI_1$  pada posisi sumber bunyi  $r_1$ , sedangkan pada posisi  $r_2$  taraf intensitas bunyi adalah  $TI_2$ , diperoleh

$$TI_1 = 10 \log \left(\frac{I_1}{I_0}\right), \text{ dan} \quad (1.54)$$

$$TI_2 = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_0}\right) \quad (1.55)$$

Berdasarkan Persamaan (1.52), didapatkan hubungan antara intensitas bunyi pada suatu titik yang berjarak  $r_1$  dan  $r_2$  yaitu:

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

Selisih antara Persamaan (1.54) dengan Persamaan (1.55) adalah

$$TI_2 - TI_1 = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_0}\right) - 10 \log \left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 10 \log \left(\frac{\frac{I_2}{I_0}}{\frac{I_1}{I_0}}\right) = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_1}\right) \quad (1.56)$$

Dengan menggunakan Persamaan (1.52) dan sifat-sifat logaritma, didapatkan

$$TI_2 = TI_1 + 20 \log \left(\frac{r_1}{r_2}\right) \quad (1.57)$$



**Contoh**

Taraf intensitas bunyi sebuah mesin pada jarak 10 m dari seorang pendengar adalah 100 dB. Berapakah taraf intensitas bunyi mesin ini jika pendengar menjauhi mesin sehingga jaraknya dengan mesin adalah 100 m?

**Jawab**

Diketahui :  $r_1 = 10$ ;  $r_2 = 100$  m,  $TI_1 = 100$  dB

Ditanyakan :  $TI_2$ ?

Penyelesaian :

Gunakan Persamaan (1.57) secara langsung

$$TI_2 = TI_1 + 20 \log \left(\frac{r_1}{r_2}\right) = 100 + 20 \log \left(\frac{10}{100}\right) = 80 \text{ dB}$$

Jadi, taraf intensitas bunyi mesin jika pendengar menjauhi mesin adalah 80 dB.

**d. Taraf intensitas untuk  $n$  sumber bunyi**

Jika sebuah sumber bunyi memiliki intensitas sebesar  $I$ , berapakah besarnya taraf intensitas bunyi yang terdengar jika jumlah sumber bunyi ditambah? Secara kualitatif, intensitas yang terdengar jelas akan semakin meningkat. Jika kita misalkan intensitas mula-mula sumber bunyi adalah  $I_1$  dan intensitas sumber bunyi yang diperbanyak kuantitasnya adalah  $I_2$ , berlaku hubungan berikut.

$$I_2 = nI_1$$



Dengan  $n$  adalah banyak jumlah sumber bunyi yang digunakan. Jika taraf intensitas bunyi dari satu sumber dimisalkan sebagai  $TI_1$  dan taraf intensitas baru jika sumber bunyi ditambah adalah  $TI_2$ , maka

$$TI_1 = 10 \log \left( \frac{I_1}{I_0} \right), \text{ dan} \quad (1.58)$$

$$TI_2 = 10 \log \left( \frac{I_2}{I_0} \right) = 10 \log \left( \frac{n_1}{n_0} \right) \quad (1.59)$$

Selisih antara kedua persamaan di atas adalah

$$\begin{aligned} TI_2 - TI_1 &= 10 \log \left( \frac{I_2}{I_0} \right) - 10 \log \left( \frac{I_1}{I_0} \right) \\ &= 10 \log \left( \frac{n_1}{n_0} \right) - 10 \log \left( \frac{I_1}{I_0} \right) = 10 \log n \end{aligned} \quad (1.60)$$

Dengan demikian, besarnya taraf intensitas jika jumlah sumber bunyi diperbanyak adalah sebagai berikut.

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log n \quad (1.61)$$



### Contoh

Sebuah sumber bunyi menghasilkan taraf intensitas sebesar 10 dB. Berapa taraf intensitas yang dihasilkan oleh 10 sumber bunyi yang sama?

#### Jawab

Diketahui :  $n = 10$ ;  $TI_1 = 10$  dB

Ditanyakan :  $TI_2$ ?

Penyelesaian :

Gunakan Persamaan (1.61),

$$\begin{aligned} TI_2 &= TI_1 + 10 \log n \\ &= 10 + 10 \log 10 \quad (\log 10 = 1) \\ &= 10 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = 20 \text{ dB} \end{aligned}$$

Jadi, 10 sumber bunyi sejenis dapat menghasilkan 20 dB.



### Uji Kemampuan Diri

1. Sebuah sumber bunyi menghasilkan taraf intensitas sebesar 60 dB pada suatu titik yang berjarak 10 m dari sumber tersebut. Hitunglah taraf intensitas sumber bunyi pada suatu tempat berjarak 100 m.
2. Sebuah sumber bunyi menghasilkan intensitas bunyi sebesar  $100 \text{ W/m}^2$  pada jarak 10 m terhadap seorang pendengar. Hitung besarnya taraf intensitas 100 sumber bunyi sejenis pada jarak 100 m terhadap pendengar yang sama.
3. Taraf intensitas sebuah mesin cetak adalah 70 dB. Hitunglah taraf intensitas yang dihasilkan 100 mesin cetak pada jarak yang sama.

4. Sebuah sumber bunyi terdengar pada jarak 3 meter oleh seorang pengamat yang sedang berdiri dengan taraf intensitas 50 dB. Hitunglah taraf intensitas bunyi yang didengar pengamat pada jarak 20 m.
5. Intensitas bunyi yang dihasilkan oleh sebuah sumber adalah 40 dB. Hitunglah taraf intensitas bunyi pada jarak 5 m dari pengamat.

## 5. Efek Doppler

Pernahkah Anda mendengar suara sirine dari kejauhan? Apa yang terjadi ketika sirine tersebut mendekat? Tentu saja, makin dekat jarak sumber suara, suara yang kita dengar makin besar pula. Sebaliknya, ketika sumber suara (sirine) tersebut menjauh, perlahan tapi pasti suara akan mengecil dan menghilang. Secara umum dikatakan, apabila seorang pendengar bergerak mendekati sumber bunyi yang stasioner atau sumber bunyi yang bergerak mendekati seorang pendengar, nada bunyi yang diterima pendengar akan lebih tinggi. Sebaliknya, apabila seorang pendengar bergerak menjauhi sumber bunyi atau sumber bunyi bergerak menjauhi pendengar, nada bunyi yang diterima oleh pendengar akan lebih rendah dari sumber. Peristiwa alamiah ini pertama kali dirumuskan secara matematis oleh **Christian Johan Doppler** pada tahun 1842.

Efek Doppler dinyatakan dalam persamaan

$$\frac{f_p}{f_s} = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \quad (1.62)$$

dengan  $f_p$  = frekuensi yang diterima pendengar (Hz),

$f_s$  = frekuensi yang dipancarkan oleh sumber (Hz),

$v$  = cepat rambat bunyi di udara (m/s),

$v_p$  = laju relatif pendengar (m/s),

- bernilai (+) jika mendekati sumber,
- bernilai (-) jika menjauhi sumber,

$v_s$  = laju relatif sumber (m/s),

- bernilai (-) jika mendekati pendengar,
- bernilai (+) jika menjauhi pendengar.

Pada kecepatan  $v_s$  dan  $v_p$  tanda positif dan negatif ditetapkan berdasarkan arah sumber menjauhi pendengar yang ditetapkan positif.



### Contoh

Sebuah mobil melaju dengan kecepatan 20 m/s sambil membunyikan klakson yang berfrekuensi 200 Hz. Di belakang mobil, seorang anak yang mengendarai sepeda motor dengan kecepatan 25 m/s hendak mendahului mobil tersebut. Jika kecepatan gelombang bunyi adalah 332 m/s, hitunglah besar frekuensi yang diterima si anak tersebut ketika:

- a. berada di belakang mobil,
- b. setelah melintasi mobil.

## Jawab

Diketahui :  $v_s = 20$  m/s,  $v_p = 25$  m/s,  $f_s = 200$  Hz,  $v = 332$  m/s

Ditanyakan :  $f_p$  saat mendekati mobil dan menjauhi mobil?

Penyelesaian :

- a. Ketika anak tersebut mendekati mobil, berarti  $v_p$  bernilai positif ( $+v_p$ ). Sementara itu, mobil sendiri bergerak menjauhi si anak, berarti  $v_s$  bernilai positif ( $+v_s$ )

$$f_p = f_s \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} = f_s \frac{v + v_p}{v + v_s} = 200 \times \left( \frac{332 + 25}{332 + 20} \right) = 200 \times 1,01 = 202 \text{ Hz}$$

- b. Nah, sekarang bagaimana kalau anak tersebut telah melintasi mobil? Setelah melintas, anak tersebut berada dalam posisi menjauhi mobil, sehingga  $v_p$  bernilai negatif ( $-v_p$ ). Sedangkan mobil berada dalam posisi mendekati si anak, maka  $v_s$  bernilai negatif ( $-v_s$ ). Sehingga

$$f_p = f_s \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} = f_s \frac{v - v_p}{v - v_s} = 200 \times \left( \frac{332 - 25}{332 - 20} \right) = 200 \times 0,98 = 196 \text{ Hz}$$



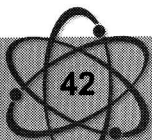
## Uji Kemampuan Diri

- Sebuah kereta bergerak dari kota Tegal menuju Jakarta. Seseorang berdiri di stasiun Cirebon dan melihat kereta tersebut datang. Frekuensi bunyi yang dihasilkan kereta 250 Hz dan kereta bergerak dengan kecepatan 144 km/jam dan cepat rambat bunyi 340 m/s. Hitunglah:
  - frekuensi yang didengar orang tersebut ketika kereta mendekat,
  - frekuensi yang didengar orang tersebut ketika kereta menjauhi stasiun.
- Seorang anak mengendarai sepeda motor ke arah utara dengan laju 36 km/jam. Dari arah selatan, sebuah ambulans dengan kecepatan 72 km/jam mendekati anak tersebut dan membunyikan sirine dengan 900 Hz. Jika cepat rambat bunyi 340 m/s, hitunglah:
  - frekuensi yang didengar si anak ketika ambulans berada di belakangnya,
  - frekuensi yang didengar si anak ketika ambulans telah mendahuluiya.
- Seorang pilot pesawat terbang bergerak mendekati bandara. Pilot mendengar sirine yang dipancarkan menara pengawas bandara dengan frekuensi sirine 2.500 Hz. Besar frekuensi sumber yang dihasilkan adalah 2.000 Hz. Jika cepat rambat bunyi 340 m/s, hitunglah kecepatan pesawat tersebut.

## D Konsep Gelombang dalam Kehidupan Sehari-hari dan Teknologi

### 1. Gelombang Sonar

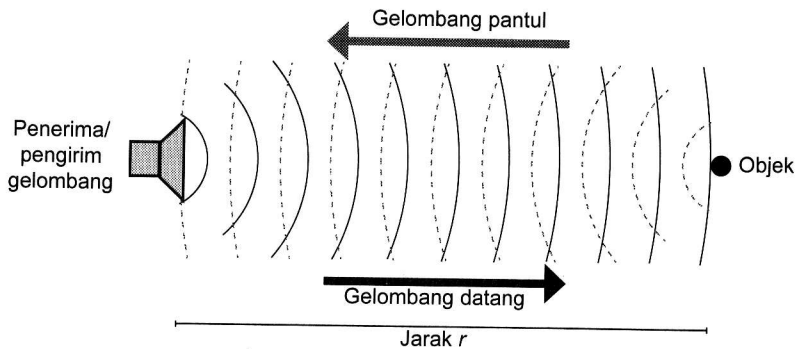
Gelombang sonar adalah gelombang yang dapat mendeteksi atau menemukan benda-benda di bawah laut. Ada dua jenis sonar, yaitu sonar aktif dan sonar pasif. Sonar aktif ialah sonar yang mengirimkan suara/sinyal dan menerima kembali gema suara



tersebut. Sedangkan sonar pasif ialah sonar yang menerima gema suara, namun tidak mentransmisikan kembali gema suara tersebut.

Sonar memiliki banyak kegunaan, di antaranya digunakan kapal selam untuk mendeteksi kapal lainnya, mendeteksi kedalaman laut, penangkapan ikan, keselamatan penyelaman, dan komunikasi di laut. Pada dasarnya sonar memiliki dua bagian alat yang memancarkan gelombang ultrasonik yang disebut transmiter (*emiter*) dan alat yang dapat mendeteksi datangnya gelombang pantul (gema) yang disebut sensor. Gelombang ultrasonik dipancarkan oleh *transmitter* (pemancar) yang diarahkan ke sasaran, kemudian akan dipantulkan kembali dan ditangkap oleh pesawat penerima (*receiver*).

Cara kerja perlengkapan sonar adalah dengan mengirim gelombang suara bawah permukaan dan kemudian menunggu gelombang pantulan (*echo*).



Gambar 1.32 Skema pancaran sonar.

## 2. Supersonik dan *Sonic Boom*

Gelombang bunyi tidak seperti gelombang elektromagnetik yang dapat merambat di ruang hampa. Oleh karena itu, para astronot tidak dapat menggunakan bunyi untuk berkomunikasi di bulan. Di bulan tidak ada udara sehingga tidak ada bunyi di sana. Perambatan gelombang menjadi sarana dari binatang-binatang untuk berkomunikasi. Kelelawar misalnya menggunakan bunyi ultrasonik untuk mengetahui letak mangsa yang mau ditangkapnya.

Gelombang bunyi tidak hanya merambat di udara tetapi dapat juga merambat di zat cair maupun zat padat. Lumba-lumba dan paus misalnya, dapat berkomunikasi dengan sesamanya melalui bunyi yang dirambatkan di air. Bunyi yang dihasilkan lumba-lumba berkisar dari 250 Hz sampai 150.000 Hz. Bunyi merambat lebih cepat di air dibandingkan di udara. Beberapa pesawat jet dapat bergerak dengan kecepatan yang lebih tinggi, yaitu dua atau tiga kali lebih cepat dibandingkan kecepatan rambat bunyi. Kecepatan yang lebih tinggi dari kecepatan bunyi ini dinamakan supersonik. Kerugian dari pesawat supersonik adalah *sonic boom* yang dihasilkannya. *Sonic boom* itu sedemikian kerasnya hingga dapat merobohkan bangunan. Oleh karena itu, pesawat supersonik tidak diperkenankan terbang di atas daerah yang banyak penduduknya.

### 3. Ultrasonik dan Infrasonik

Berdasarkan frekuensi getar sumbernya bunyi dikelompokkan menjadi tiga, yaitu

- Ultrasonik, bunyi yang frekuensinya lebih dari 20.000 Hz,
- Audiosonik, bunyi yang frekuensinya antara 20 Hz sampai dengan 20.000 Hz,
- Infrasonik, bunyi yang frekuensinya kurang dari 20 Hz.

Pemanfaatan gelombang ultrasonik diantaranya adalah:

- Penggunaan dalam bidang kedokteran  
Sifat gelombang ultrasonik yang dapat dipantulkan sehingga gelombang ultrasonik dapat dimanfaatkan dalam bidang kedokteran. Pemeriksaan dengan gelombang ultrasonik dinamakan pemeriksaan USG (ultrasonografi).
- Penggunaan dalam bidang metalurgi  
Mendeteksi kebocoran pipa atau kerusakan logam pipa di bawah tanah dan mengukur kedalaman laut.

### 4. Gelombang Radio

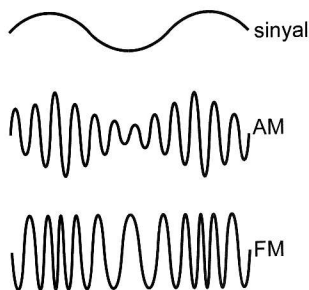
Gelombang radio memiliki daerah frekuensi antara 104 Hz hingga 107 Hz. Gelombang ini memiliki sifat mudah dipantulkan oleh lapisan ionosfer bumi sehingga dapat menjangkau tempat-tempat yang jauh di permukaan bumi. Dengan sifat ini gelombang radio dapat digunakan untuk membawa informasi ke tempat-tempat terjauh di permukaan bumi.

Informasi berupa perubahan suara dibawa oleh gelombang radio sebagai perubahan amplitudo yang disebut modulasi amplitudo (radio AM) maupun sebagai perubahan frekuensi yang disebut modulasi frekuensi (radio FM).

Informasi yang dibawa oleh gelombang FM akan terdengar lebih jernih dibandingkan informasi yang dibawa gelombang AM. Hal tersebut disebabkan karena berbagai peristiwa kelistrikan di udara dapat mengganggu amplitudo gelombang. Namun, gelombang FM juga memiliki kekurangan dibandingkan gelombang AM yakni karena gelombang FM tidak dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer sehingga gelombang tersebut memiliki jangkauan yang terbatas dibandingkan gelombang AM.

### 5. Gelombang Televisi

Gelombang televisi mempunyai frekuensi sedikit lebih tinggi dibandingkan gelombang radio. Gelombang televisi merambat lurus, tidak dapat dipantulkan oleh lapisan atmosfer sehingga digunakan satelit di angkasa untuk memancarkan gelombang televisi dari stasiun pemancar ke para pengguna televisi di tempat-tempat yang jauh.



Gambar 1.33 Gelombang pada pemancar radio AM dan FM.

## 6. Gelombang Radar

Radar merupakan singkatan dari *radio detection and ranging*. Radar merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 1.010 Hz. Antena radar dapat bertindak sebagai pemancar dan penerima gelombang. Pancaran dilakukan secara terarah dalam bentuk pulsa yang memiliki selang waktu tertentu. Jika pulsa tersebut mengenai sasaran misalnya pesawat terbang, akan ada pulsa pantulan yang sebagian akan diterima kembali oleh antena radar. Hubungan antara jarak pemancar ke sasaran ( $s$ ), kecepatan gelombang radar ( $c$ ), dan selang waktu antara pemancaran dan penerimaan ( $\Delta t$ ) dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$s = \frac{c \times \Delta t}{2}$$

dengan  $s$  = jarak pemancar ke sasaran,

$c$  = kecepatan gelombang radar,

$\Delta t$  = selang waktu.

Kegunaan gelombang radar salah satunya adalah untuk mengetahui perkiraan cuaca, serta mengatur dan mendeteksi pesawat terbang ketika mengudara.



### Refleksi

Buatlah kesimpulan dan ringkasan di buku tugasmu mengenai materi yang telah dipelajari, lalu kumpulkan hasilnya ke gurumu.



### Glosarium

**Amplitudo** Simpangan atau posisi maksimum dari suatu getaran dihitung dari titik kesetimbangan.

**Audiosonik Bunyi** yang frekuensinya antara 20 Hz – 20.000 Hz.

**Frekuensi** Jumlah gelombang yang timbul setiap satuan waktu.

**Gelombang** Getaran yang merambat.

**Infrasonik Bunyi** yang memiliki frekuensi lebih rendah dari 20 Hz.

**Intensitas Gelombang** Daya gelombang yang dipindahkan melalui bidang luas dan tegak lurus pada arah cepat rambat gelombang.

**Periode** Lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali getaran.

**Ultrasonik Bunyi** yang frekuensinya lebih dari 20.000 Hz.



## Latihan Akhir Bab 1

### I. Pilihan ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

- Di bawah ini yang *bukan* merupakan besaran gelombang adalah . . . .
  - frekuensi
  - panjang gelombang
  - amplitudo
  - periode
  - energi gelombang
- Sebuah gelombang berjalan memenuhi persamaan  $y = 0,2 \sin 0,4\pi (60t - x)$ . Dengan  $y$  dalam cm dan  $t$  dalam sekon. Cepat rambat gelombang tersebut adalah . . . .
  - 0,5 m/s
  - 0,6 m/s
  - 0,7 m/s
  - 0,8 m/s
  - 0,9 m/s
- Berdasarkan soal nomor 2, panjang gelombang dan frekuensi gelombang berturut-turut adalah . . . .
  - 0,05 m dan 6 Hz
  - 0,05 m dan 12 Hz
  - 0,1 m dan 6 Hz
  - 0,1 m dan 12 Hz
  - 0,2 m dan 60 Hz
- Seorang anak menggetarkan sebuah tali sehingga terbentuk gelombang. Frekuensi getaran adalah 10 Hz, gelombang merambat dengan kecepatan 50 cm/s ke arah kanan dan mempunyai amplitudo 12 cm. Jika fase awal gelombang adalah  $2\pi$  rad, persamaan gelombang yang merambat pada tali adalah . . . .
  - $0,12 \cos 2\pi (10t - 20x)$
  - $0,12 \cos \pi (10t + 2x)$
  - $0,12 \cos 2\pi (10t - 2x - 1)$
  - $0,12 \cos \pi (10t + 20x - 1)$
  - $0,12 \cos 2\pi (10t - 20x + 1)$
- Simpangan setiap saat dari sebuah gelombang yang merambat pada tali sepanjang 10 m memenuhi  $y = 0,1 \sin 2\pi (40t - 20x)$ . Simpangan sebuah titik pada tali yang berada 2 m dari ujung tali pada  $t = 2$  s adalah . . . .
  - 9,4 cm di bawah titik kesetimbangan
  - 9,4 cm di atas titik kesetimbangan
  - 0,1 cm di bawah titik kesetimbangan
  - 0,1 cm di atas titik kesetimbangan
  - tidak dapat ditentukan dari data-data yang ada
- Suatu gelombang mempunyai persamaan  $y = 3 \cos \left(4t - 4x - \frac{\pi}{6}\right)$ , simpangan gelombang maksimum pada  $t = 15$  s. Pada saat itu, gelombang telah menempuh jarak sejauh . . . .
  - 0
  - 7,5 m
  - 22,5 m
  - 37,5 m
  - 75 m
- Seutas tali digetarkan dengan frekuensi 20 Hz, terbentuk simpangan maksimum sebesar 15 cm. Pada saat  $t = 0,1$  s, tali mengalami simpangan setengah kali amplitudo. Jika cepat rambat gelombang yang terjadi adalah 2,5 m/s, besar sudut fase awal gelombang adalah . . . .
  - $\frac{\pi}{6}$
  - $\frac{\pi}{4}$
  - $\frac{\pi}{3}$
  - $\frac{\pi}{2}$
  - $\pi$
- Senar sebuah gitar mempunyai panjang 1 m dan bermassa 0,80 g. Senar dipetik dan menghasilkan nada dengan frekuensi 256 Hz dan terbentuk 16 gelombang. Besar tegangan yang dialami senar adalah . . . .
  - 0,0205 N
  - 0,205 N
  - 2,05 N
  - 20,5 N
  - 205 N
- Persamaan gelombang yang merambat pada sebuah tali adalah  $y = 0,5 \sin \left(\pi \left(\frac{3x}{10} + \frac{t}{2}\right)\right)$  dengan  $x$  dalam cm dan  $t$  dalam detik. Jika massa jenis tali  $180 \text{ kg/m}^3$ , luas penampangnya  $0,1 \text{ cm}^2$ , dan cepat rambat gelombang sebesar 25 m/s, daya yang dirambatkan oleh gelombang tersebut adalah . . . .
  - $2,76 \times 10^{-4}$  watt
  - $2,76 \times 10^{-3}$  watt
  - $3,75 \times 10^{-2}$  watt
  - $2,76 \times 10^{-1}$  watt
  - 2,76 watt

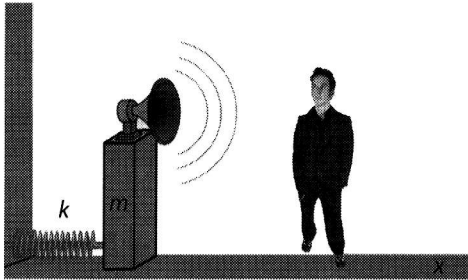
10. Sebuah tabung diisi dengan dua cairan berbeda. Gelombang bunyi dengan panjang gelombang 2 cm masuk ke cairan pertama (indeks bias = 1,3) dengan sudut datang sinar  $30^\circ$ . Pengukuran dilakukan terhadap gelombang bunyi yang keluar dari cairan kedua diperoleh frekuensi 2.000 Hz. Jika indeks bias cairan kedua adalah 1,5, panjang gelombang pada cairan kedua adalah . . . .

- a. 0,33 cm
- b. 0,92 cm
- c. 1,34 cm
- d. 1,73 cm
- e. 2 cm

11. Pipa organa terbuka A mempunyai nada atas pertama yang sama dengan nada atas kedua pipa organa tertutup B. Perbandingan panjang pipa organa A dan B adalah . . . .

- a. 2 : 5
- b. 5 : 2
- c. 1 : 3
- d. 3 : 2
- e. 3 : 5

12. Perhatikan gambar berikut.



Speaker ( $f = 440$  Hz) yang dihubungkan dengan dinding menggunakan pegas yang mempunyai konstanta  $k = 20$  N/m. Massa total speaker dan balok penyangga adalah 5 kg. Ketika speaker dibunyikan, balok akan bergerak maju mundur dengan amplitudo maksimum sebesar 5 cm. Seseorang yang diam di depan speaker akan mendengar bunyi maksimum dan minimum dengan frekuensi sebesar . . . .

( $v_{\text{bunyi}} = 340$  m/s)

- a. 441 Hz dan 439 Hz
- b. 440 Hz dan 439 Hz
- c. 441 Hz dan 440 Hz
- d. 440 Hz dan 0 Hz
- e. 441 Hz dan 0 Hz

13. Sebuah mobil mula-mula bergerak dengan kecepatan 7,5 m/s dan mengeluarkan bunyi dengan frekuensi 300 Hz. Seseorang yang mengendarai sepeda motor dan bergerak berlawanan arah dengan mobil menangkap bunyi dengan frekuensi 314 Hz. Dua sekon kemudian pendengara sepeda motor mendengar frekuensi naik menjadi 316 Hz. Jika pendengara sepeda motor bergerak dengan kecepatan konstan, percepatan mobil adalah . . . .

- a.  $5,0$  m/s<sup>2</sup>
- b.  $2,5$  m/s<sup>2</sup>
- c.  $1,25$  m/s<sup>2</sup>
- d.  $0,50$  m/s<sup>2</sup>
- e.  $0,25$  m/s<sup>2</sup>

14. Seorang anak mendengarkan musik dengan earphone. Taraf intensitas bunyi yang dikeluarkan earphone adalah 80 dB. Diameter penampang earphone adalah 0,85 cm. Daya akustik yang diterima anak tersebut adalah . . . .

- a.  $5,67 \times 10^{-9}$  watt
- b.  $5,67 \times 10^{-8}$  watt
- c.  $5,67 \times 10^{-7}$  watt
- d.  $5,67 \times 10^{-6}$  watt
- e.  $5,67 \times 10^{-5}$  watt

15. Dua sumber bunyi mempunyai intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup> dan 400 mW/cm<sup>2</sup>. Beda tingkat intensitas bunyi keduanya adalah . . . .

- a. 0,60 dB
- b. 2,47 dB
- c. 6,00
- d. 60 dB
- e. 300 dB

## II. Esai

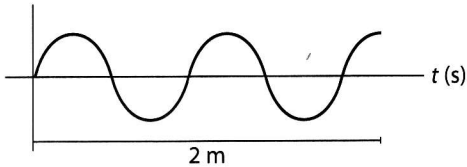
Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Sebuah pegas yang mempunyai konstanta  $10^3$  N/m di atas bidang datar tanpa gesekan diberi beban 600 g. Pada ujung yang lain dipertahankan statis pada dinding, lalu ditarik

dengan gaya 25 N dan dilepaskan. Berapakah besar frekuensi dan periode benda dan pegas?

2. Dari soal nomor 1 di atas, berapakah besar kecepatan maksimum gerak benda?

3. Perhatikan gambar di bawah ini



Hitunglah:

- panjang gelombang ( $\lambda$ ),
  - frekuensi gelombang.
4. Sebuah pegas yang tegak secara vertikal di atas bidang datar diberi beban 400 g, pegas tertekan sejauh 3 cm. Pegas ditekan sejauh 6 cm dari posisi setimbangnya lalu dilepaskan. Hitunglah besar frekuensi dan periode pegas tersebut.
5. Sebuah ayunan bandul sederhana yang bermassa 400 g dan panjang tali 2 m diberi sudut simpangan  $60^\circ$ . Berapakah besar gaya pemulih pada bandul tersebut?
6. Dari soal nomor 5, jika bandul dilepaskan dibiarkan berayun, berapakah besar frekuensi ayunan?
7. Sebuah bandul ayunan sederhana dengan panjang tali ayunan 1 m diberi sudut simpangan  $45^\circ$  dan dilepaskan dibiarkan berayun. Berapakah kecepatan maksimum gerak ayunan?
8. Sebuah senar pada gitar yang panjangnya 1 m dan rapat massa 40 g/m dipasang dengan gaya tegangan 20 N dan dipetik. Berapakah besar frekuensi yang dapat dihasilkan?

9. Sebuah dawai yang panjangnya 2 m dan rapat massa 20 g/m ditarik pada kedua ujung dan dipetik. Jika besar frekuensi yang dihasilkan 80 Hz, berapakah gaya tegangan pada dawai tersebut?
10. Berapakah besar cepat rambat gelombang bunyi dalam zat cair yang bermassa jenis  $1,2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  dan modulus  $2 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ ?
11. Sebuah gelombang bunyi merambat dengan kecepatan 250 m/s dalam medium udara ( $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ). Berapakah besar tekanan udara pada saat itu?
12. Diketahui besar intensitas bunyi pada jarak 600 m dari sumber adalah  $40 \times 10^5 \text{ W/m}^2$ . Berapakah besar intensitas bunyi yang berjarak 1 km dari sumber tersebut?
13. Sebuah gelombang bunyi dipancarkan dengan daya 3.000 W. Berapakah besar taraf intensitas pada jarak 200 m dari sumber?
14. Seorang anak berlari menuju ke arah sirine yang sedang berbunyi memancarkan frekuensi 100 Hz. Jika kecepatan si anak tersebut 8 m/s, berapakah besar frekuensi yang diterima anak tersebut?
15. Sebuah mobil melaju dengan kecepatan 40 m/s sambil membunyikan bel yang berfrekuensi 200 Hz. Dari arah yang berlawanan seorang anak mengendarai sepeda motor dengan kecepatan 25 m/s mendekati ke arah mobil tersebut. Berapakah frekuensi yang diterima anak tersebut?