

1. Suatu ketika Anda mendengar bunyi guntur 16,2 detik setelah melihat kilatan cahaya di langit. Kelajuan gelombang bunyi di udara adalah 343 m/s, dan kelajuan cahaya $3,00 \times 10^8$ m/s. Berapa jauhnya Anda dari kilatan cahaya tersebut?

solusi :

karena $v_{\text{cahaya}} \gg v_{\text{bunyi}}$: $d \approx (343 \text{ m/s})(16,2 \text{ s}) = 5,56 \text{ km}^*$

* Ini sebuah jarak yang relatif besar yang memungkinkan Anda selamat dari sambaran petir.

2. Pernah memperhatikan gerakan kereta? Coba dengar bunyi peluit kereta api! Misalkan, sebuah peluit kereta ($f = 400 \text{ Hz}$) terdengar lebih tinggi atau lebih rendah frekuensinya bergantung kepada apakah kereta itu sedang mendekat atau menjauh.
- (a) Buktikanlah bahwa beda frekuensi antara bunyi peluit kereta yang mendekat dan menjauh adalah

$$\Delta f = \frac{2u/v}{1 - u^2/v^2} f$$

di mana u adalah kelajuan kereta dan v adalah kelajuan bunyi.

- (b) Hitunglah beda frekuensi tersebut seandainya kereta yang Anda amati bergerak dengan kelajuan 130 km/jam . Ambillah kelajuan bunyi di udara 340 m/detik .

solusi :

$$(a) \quad \left. \begin{aligned} f' &= \frac{fv}{v-u} \\ f'' &= \frac{fv}{v-(-u)} \end{aligned} \right\} f' - f'' = f v \left(\frac{1}{v-u} - \frac{1}{v+u} \right)$$

$f'' \rightarrow$ frekuensi bunyi peluit kereta yang mendekat
 $f' \rightarrow$ frekuensi bunyi peluit kereta yang menjauh

Beda frekuensi, $\Delta f = f' - f''$

$$\Delta f = \frac{fv(v+u-w+u)}{v^2 - u^2} = \frac{2uvf}{v^2 \left(1 - \frac{u^2}{v^2}\right)}$$

$$\Delta f = \frac{2(u/v)}{\left(1 - \frac{u^2}{v^2}\right)} f$$

(b) $130 \text{ km/jam} = 36,1 \text{ m/detik}$

$$\therefore \Delta f = \frac{2(36,1)(400)}{340 \left[1 - \frac{(36,1)^2}{(340)^2}\right]} = 85,9 \text{ Hz}$$

3. Asumsikanlah bahwa sebuah pengeras suara dari menyiarkan bunyi secara sama pada segala arah dan menghasilkan bunyi 103 dB pada jarak 1,60 meter dari pusatnya.

(a) Tentukanlah daya bunyi keluarannya?

(b) Jika ada seorang penjual loudspeaker menyatakan kepada Anda bahwa input bunyi radio yang ia jual adalah 150 W per channel, itu berarti ia mengacu kepada daya listrik masukan pada pengeras suara radio itu. Tentukanlah efisiensi pengeras suara yang diperoleh dari soal (a).

* Efisiensi adalah fraksi (perbandingan) daya masukan yang diubah menjadi daya keluaran.

Solusi :

$$103 \text{ dB} = 10 \text{ dB} \log \left[\frac{1}{10^{-12} \text{ W/m}^2} \right]$$

$$(a) \text{ Intensitas} = 2,00 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2 = \frac{\text{Daya}}{4\pi r^2} = \frac{\text{Daya}}{4\pi (1,6\text{m})^2}$$

$$\text{Daya} = 0,642 \text{ W.}$$

$$(b) \text{ Efisiensi} = \frac{\text{Daya bunyi keluaran}}{\text{Daya masukan total}} = \frac{0,642 \text{ W}}{150 \text{ W}} = 0,00428.$$

Efisiensinya kira-kira sama dengan 0,428 %

4. Sebuah gelombang bunyi di udara mempunyai amplitudo tekanan yang sama dengan $4,00 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$. Hitunglah amplitudo perpindahan dari gelombang itu pada sebuah frekuensi 10,0 kHz.

Solusi:

$$(4) \text{ pada } 9000 \text{ meter } \Delta P_{\text{maksimum}} = \rho v \omega S_{\text{maksimum}}$$

$$S_{\text{maksimum}} = \frac{\Delta P_{\text{maksimum}}}{\rho v \omega}$$

$$= \frac{(4,00 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2)}{(1,20 \text{ kg/m}^3)(343 \text{ m/s})(2\pi)(10,0 \times 10^3 \text{ s}^{-1})}$$

$$= 1,55 \times 10^{-10} \text{ meter.}$$

di mana :

ρ adalah kerapatan (massa jenis) udara

v adalah kelajuan bunyi di udara

$\omega = 2\pi f$ adalah frekuensi sudut gelombang bunyi

S adalah jarak / amplitudo perpindahan di gelombang.

5. Tunjukkanlah bahwa selisih/beda antara level-level desibel β_1 dan β_2 dari sebuah suara (gelombang bunyi) berhubungan dengan perbandingan antara r_1 dan r_2 dari sumber bunyi, yaitu

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

Solusi :

$$\beta_2 = 10 \log \left[\frac{I_2}{I_0} \right], \text{ dan}$$

$$\beta_1 = 10 \log \left[\frac{I_1}{I_0} \right], \text{ sehingga}$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \left[\frac{I_2}{I_1} \right]$$

$$\text{Juga, } I_2 = \frac{\text{Daya}}{4\pi r_2^2} \text{ dan } I_1 = \frac{\text{Daya}}{4\pi r_1^2}.$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \left[\frac{r_1}{r_2} \right]^2$$

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

$$= 2 \times 10 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)$$

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

6. Pada sebuah jarak r dari sebuah sumber bunyi dengan daya rata-rata, P_{av} , intensitas gelombang adalah

$$I = \frac{P_{av}}{4\pi r^2}$$

di mana gelombang tersebut merambat dari sumber titik yang diam.

Sekarang, buktikanlah bahwa pada jarak r di depan sebuah sumber titik dengan P_{av} yang bergerak dengan kelajuan konstan v_s , intensitas gelombang adalah:

$$I = \frac{P_{av}}{4\pi r^2} \left(\frac{v - v_s}{v} \right)$$

Solusi :

Misalkan, T adalah periode vibrasi sumber, dan E adalah energi yang dibawa oleh setiap muka gelombang $P_{av} = \frac{E}{T}$. Ketika pengamat berada pada jarak r di depan sumber bunyi, ia sedang menerima muka gelombang berbentuk lingkaran (wave spherical wavefront) berjari-jari $r = vt$, di mana t adalah waktu sejak energi tsb dipancarkan,

$$vt - v_s t = r$$

$$t = \frac{r}{v - v_s}$$

Luas permukaan bola $4\pi (vt)^2 = \frac{4\pi v^2 r^2}{(v - v_s)^2}$.

Energi per satuan luas terhadap seluruh muka gelombang lingkaran adalah seragam : $\frac{E}{A} = \frac{P_{av} T (v - v_s)^2}{4\pi v^2 r^2}$

Suatu pengamat menerima paket energi dengan frekuensi pergeseran Doppler :

$$f' = f \left(\frac{v}{v - v_s} \right) = \frac{v}{T (v - v_s)}$$

sehingga suatu pengamat menerima sebuah gelombang dengan intensitas :

$$I = \left(\frac{E}{A} \right) f'$$

$$= \left(\frac{P_{av} T (v - v_s)^2}{4\pi v^2 r^2} \right) \left(\frac{v}{T (v - v_s)} \right)$$

$$I = \frac{P_{av}}{4\pi r^2} \left(\frac{v - v_s}{v} \right) \quad \text{g.e.d.!}$$

