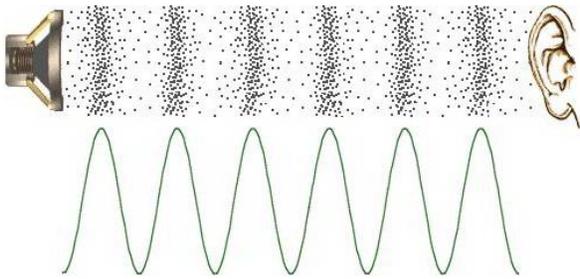


GELOMBANG BUNYI

Gelombang yang dapat didengar oleh telinga manusia

Ciri-ciri Gelombang bunyi :

1. Memerlukan medium
2. Termasuk gelombang longitudinal



3. Frekwensi antara 20 – 20.000 Hz
4. Dapat dipantulkan jika mengenai permukaan yang keras
5. Cepat rambat gelombang :
 - a. Dalam zat Padat dipengaruhi oleh kerapatan dan modulus Young, dinyatakan dalam persamaan :

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{ (m/s)}$$

dimana :

E = Modulus Young (N/m²)

ρ = kerapatan medium(kg/m³)

- b. Dalam zat cair dipengaruhi oleh Modulus Bulk Zat Cair dan massa jenis. Dinyatakan dalam persamaan :

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \text{ (m/s)}$$

Dimana :

B = Modulus Bulk (N/m²)

- c. Dalam gas dipengaruhi oleh tekanan gas dan kerapatan, dinyatakan dalam persamaan :

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \text{ (m/s)}$$

dimana :

P = Tekanan (N/m²)

γ = tetapan laplace

Effek Doppler

Perubahan frekwensi dari sumber bunyi yang disebabkan adanya pergerakan antara sumber bunyi dengan pendengar. Pada prinsipnya frekwensi sumber bunyi akan meningkat jika pergerakannya adalah saling mendekat, sebaliknya frekwensi sumber bunyi akan terdengar menurun jika antara sumber bunyi dengan pendengar saling menjauh, secara perhitungan dinyatakan dengan

$$f_p = \left(\frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \right) f_s$$

Dimana :

$v_p \rightarrow +$ pendengar mendekati sumber

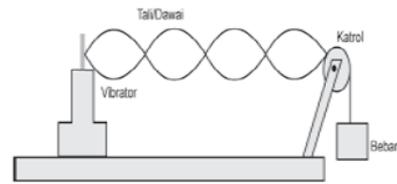
$v_p \rightarrow -$ pendengar menjauhi sumber

$v_s \rightarrow +$ sumber menjauhi pendengar

$v_s \rightarrow -$ sumber mendekati pendengar

Hukum Mersene

Keterkaitan antara tegangan pada dawai dengan cepat rambat bunyi yang dihasilkan oleh dawai melalui percobaan sebagaimana ditunjukkan pada skema berikut :



Ujung kiri tali dihubungkan dengan sumber getar sedangkan ujung kanan melalui katrol digantungi beban untuk menimbulkan tegangan pada tali,

Secara perhitungan dinyatakan dalam rumus :

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{Fl}{m}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$

Dimana :

F = gaya yang bekerja pada dawai (N)

μ = massa per satuan panjang dawai (kg/m)

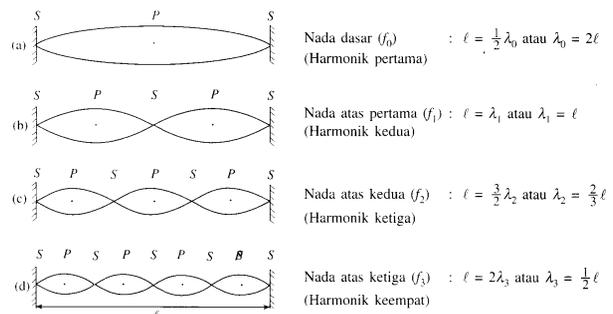
ρ = massa jenis (kg/m³)

A = luas penampang dawai (m²)

Menurut rumus tersebut, cepat rambat bunyi pada dawai dipengaruhi oleh besarnya tegangan dawai.

Perhitungan frekwensi pada dawai (senar)

Yang dimaksud dengan nada dasar (f_0) ketika sebuah dawai yang bergetar membentuk pola setengah gelombang, sebagaimana gambar yang pertama berikut :



Frekwensi yang dihasilkan pada setiap pola gelombang adalah :

a. nada dasar : $f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{2l}$

b. nada atas pertama : $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{l} = 2 \left(\frac{v}{2l} \right)$

c. nada atas kedua : $f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{\frac{2}{3}l} = 3 \left(\frac{v}{2l} \right)$

d. nada atas ketiga :

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{v}{\frac{1}{2}l} = 2 \frac{v}{l} = 4 \left(\frac{v}{2l} \right)$$

Perbandingan frekwensi-frekwensi diatas dapat ditulis sebagai :

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

Jika persamaan kecepatan dimasukkan dalam perhitungan frekwensi :

$$f_o = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$

Pola gelombang pada senar :

$$\Sigma \text{perut} = (n + 1), \text{ simpul} = (n + 2)$$

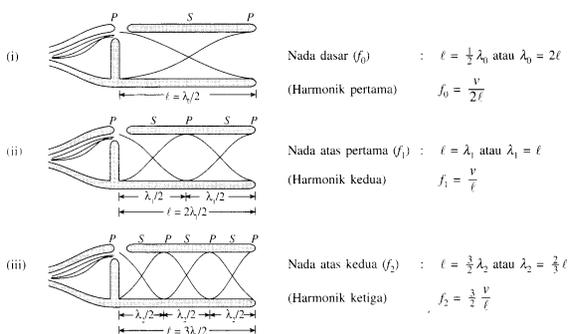
$$l = (n + 1) \frac{1}{2} \lambda_o$$

$$f_n = (n + 1) f_o$$

dengan n = 0, 1, 2,= notasi untuk nada dasar, atas pertama, atas kedua dst.

Frekwensi nada pada pipa organa :

a. Pipa Organ Terbuka :



Perbandingan frekwensi :

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

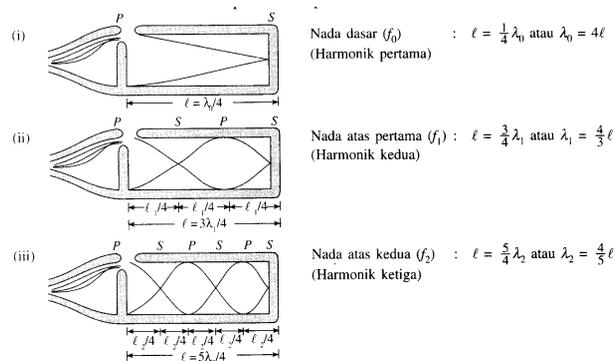
Pola gelombang pada pipa organa terbuka :

$$\Sigma \text{simpul} = n + 1, \Sigma \text{perut} = n + 2$$

$$l = (n + 1) \frac{1}{2} \lambda_o$$

$f_n = (n + 1) f_o$ dengan n = 0, 1, 2,= notasi untuk nada dasar, atas pertama, atas kedua dst.

b. Pipa Organ Tertutup :



Pola gelombang :

a. nada dasar : $f_o = \frac{v}{\lambda_o} = \frac{v}{4l}$

b. nada atas pertama : $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = 3 \left(\frac{v}{4l} \right)$

c. nada atas kedua : $f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = 5 \left(\frac{v}{4l} \right)$

Perbandingan frekwensinya :

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

Pola gelombang pada pipa organa terbuka :

$$\Sigma \text{simpul} = \Sigma \text{perut} = n + 1$$

$$l = (2n + 1) \frac{1}{4} \lambda_o$$

$$f_n = (2n + 1) f_o = (2n + 1) \frac{v}{4l}$$

dengan n = 0, 1, 2,= notasi untuk nada dasar, atas pertama, atas kedua dst.

Resonansi

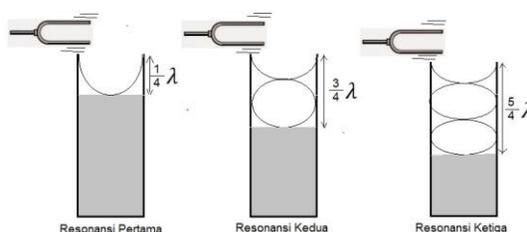
Adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu benda karena ada benda lain yang bergetar.

Resonansi dapat terjadi apabila kedua frekwensi sama atau frekwensi satu merupakan kelipatan frekwensi lain.

Resonansi juga dapat terjadi diudara, kita dapat mendengar karena gendang telinga kita beresonansi ketika ada suara yang masuk ke telinga.

Resonansi juga terjadi pada kolom udara

Contoh udara di dalam kolom udara akan bergetar jika garpu tala di atasnya digetarkan



Hubungan panjang kolom udara (l) terhadap panjang gelombang (λ) adalah :

$$l_n = (2n + 1) \frac{1}{4} \lambda \quad \text{dengan } n = 0, 1, 2, \dots$$

Pelayangan Bunyi

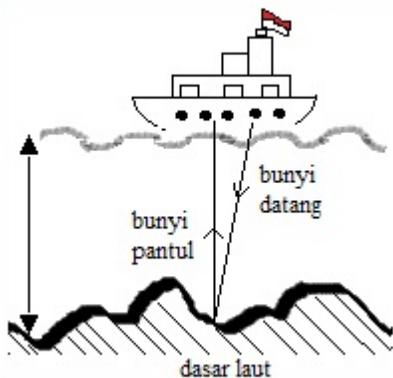
Interferensi yang terjadi akibat superposisi dua buah gelombang dengan frekwensi yang sedikit berbeda dan merambat dalam arah yang sama. Ternyata kenyaringan bunyi yang dihasilkan berubah-ubah secara periodik.

Frekwensi pelayangan : $f_p = |f_1 - f_2|$

Prinsip Gelombang Bunyi

1. Dipantulkan

Terjadi ketika bunyi menabrak benda yang keras, maka sebagian akan dipantulkan



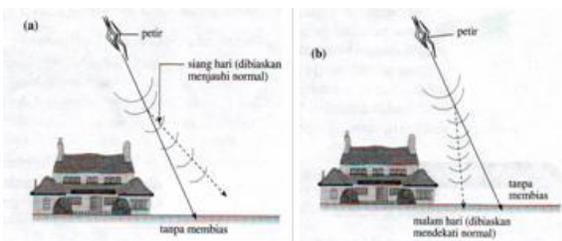
2. Dibiaskan

Terjadi ketika bunyi melewati dua medium yang berbeda kerapatannya



Jika sumber bunyi petir dekat dengan rumah Anda, maka Anda dapat mendengar bunyi petir. Mengapa pada malam hari bunyi petir terdengar lebih keras daripada siang hari?

Pada siang hari, udara pada lapisan atas lebih dingin daripada lapisan bawah. Cepat rambat bunyi pada suhu dingin adalah lebih kecil daripada suhu panas. Dengan demikian, kecepatan bunyi pada lapisan udara atas lebih kecil daripada kecepatan bunyi pada lapisan udara bawah, karena medium pada lapisan atas **lebih rapat** dari medium pada lapisan bawah. Jadi, pada siang hari, bunyi petir yang merambat dari lapisan udara atas menuju ke lapisan udara bawah akan dibiaskan menjauhi garis normal (Gambar 3.2a).

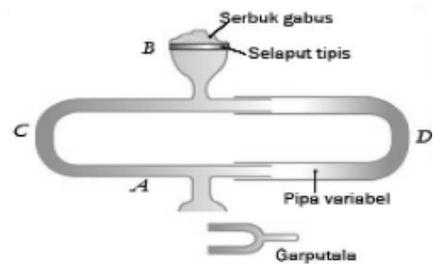


Gambar Pembiasan gelombang bunyi

Pada malam hari, terjadi kondisi sebaliknya, udara pada lapisan bawah (dekat tanah) lebih dingin daripada udara pada lapisan atas. Dengan demikian, kecepatan bunyi pada lapisan bawah lebih kecil daripada lapisan atas, karena medium pada lapisan atas kurang rapat dari medium pada lapisan bawah. Jadi, pada malam hari, bunyi petir yang merambat dari lapisan udara atas menuju ke lapisan udara bawah (mediumnya lebih rapat) akan dibiaskan mendekati garis normal (Gambar diatas). Pembiasan bunyi petir mendekati garis normal pada malam hari inilah yang menyebabkan bunyi guntur lebih mendekat kerumah Anda, dan sebagai akibatnya Anda mendengar bunyi petir yang lebih keras.

3. Berinterferensi

Terjadi ketika ada dua atau lebih sumber bunyi yang bersamaan memancarkan suaranya. Maka akan terjadi perpaduan antara gelombang-gelombang pada sumber bunyi tersebut, yang menyebabkan terjadinya penguatan atau pelemahan dari bunyi gabungan yang dihasilkan.



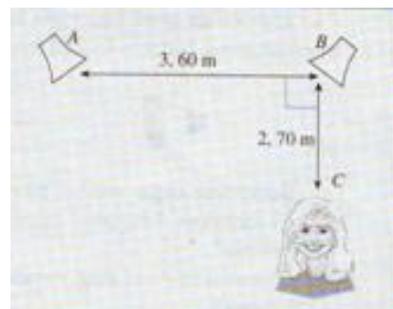
Bunyi kuat terjadi ketika superposisi kedua gelombang bunyi pada suatu titik adalah *sefase* atau memiliki beda lintasan yang merupakan kelipatan bulat dari panjang gelombang bunyi.

Bunyi kuat $\Delta s = n\lambda; n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Bunyi lemah terjadi ketika superposisi kedua gelombang bunyi kuat pertama, bunyi kuat kedua, dan bunyi kuat ketiga. **Interferensi destruktif** jika kedua gelombang yang bertemu pada suatu titik adalah *berlawanan fase* atau memiliki beda lintasan,

Bunyi lemah $\Delta S = (n + \frac{1}{2}) \lambda; n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Pada Gambar berikut, dua peneras suara koheren, A dan B, di pisahkan pada jarak 3,60 m. Seorang pendengar berada sejauh 2,70 m dari peneras suara B. Segitiga ABC adalah segitiga siku-siku. Kedua peneras suara mengeluarkan bunyi frekuensi sama 95 Hz, dan cepat rambat bunyi di udara adalah 342 m/s. Apakah pendengar mendengar bunyi kuat atau sama sekali tidak mendengar bunyi?



Pembahasan:

Pendengar mendengar bunyi kuat atau sama sekali tak mendengar bunyi di C bergantung apakah di C terjadi interferensi konstruktif atau destruktif. Interferensi konstruktif atau destruktif ditentukan oleh hubungan beda lintasan $\Delta s = AC - BC$ terhadap panjang gelombang bunyi λ .

Jawab:

Perhatikan segitiga siku-siku ABC

$$AC^2 = AB^2 + BC^2$$

$$= 3,60^2 + 2,70^2 = (4 \times 0,9)^2 + (3 \times 0,9)^2$$

$$AC = 0,9 \sqrt{4^2 + 3^2} = 0,9 (5) = 4,5\text{m}$$

Beda lintasan kedua gelombang bunyi yang bertemu di C adalah

$$\Delta s = AC - BC = 4,5 \text{ m} - 2,70 \text{ m} = 1,80 \text{ m}$$

Sekarang mari kita hitung panjang gelombang bunyi, λ , dengan persamaan dasar gelombang.

$$v = \lambda f \leftrightarrow \lambda = \frac{v}{f} = 3,60 \text{ m}$$

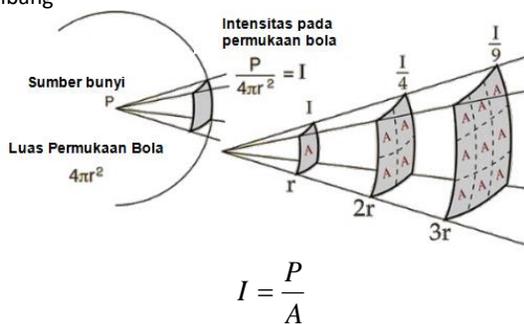
Perhatikan, $\Delta s = 1,80 \text{ m} = \frac{3,60}{2} \text{ m}$

$$\Delta s = \frac{\lambda}{2}$$

Karena $\Delta s = \frac{\lambda}{2}$, maka di C terjadi interferensi konstruktif dan pendengar akan mendengar **bunyi yang kuat**.

Intensitas Gelombang Bunyi

Adalah energi yang dipindahkan persatuan luas persatuan waktu atau daya persatuan luas yang tegak lurus pada arah cepat rambat gelombang



P : daya, A : luas penampang

Pengurangan intensitas bunyi akibat penambahan jarak dari sumber bunyi adalah :

$$I_1 : I_2 = \frac{P}{4\pi r_1^2} : \frac{P}{4\pi r_2^2} = \frac{1}{r_1^2} : \frac{1}{r_2^2} \quad \text{atau} \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Intensitas total dari gabungan n buah sumber bunyi yang identik adalah : $I_{tot} = nI$

Taraf Intensitas Bunyi

Adalah logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran

Intensitas ambang pendengaran (I_0) adalah intensitas terkecil yang masih dapat menimbulkan rangsangan pendengaran pada telinga manusia bernilai 10^{-12} W/m^2 .

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

dengan :

TI : taraf intensitas (dB)

I : intensitas bunyi (W/m^2)

I_0 : 10^{-12} W/m^2

Taraf Intensitas yang dihasilkan dari beberapa sumber bunyi yang sama :

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n$$

n = jumlah sumber bunyi yang sama taraf intensitasnya

Perubahan taraf intensitas bunyi karena perubahan jarak :

$$TI_n = TI_1 - 20 \log \frac{r_2}{r_1}$$

r_1 adalah jarak pertama

r_2 adalah jarak kedua

Soal :

1. Tentukan kecepatan perambatan gelombang bunyi di dalam air, jika diketahui modulus Bulk air $2,25 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}$ dan massa jenis air 10^3 kgm^{-3} . Tentukan pula panjang gelombangnya, jika frekuensinya 1 kHz.
2. Suatu gas ideal memiliki tekanan $6,4 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ dan rapat massanya $1,4 \text{ kgm}^{-3}$. Jika diketahui tetapan Laplace untuk gas tersebut 1,4, tentukan kecepatan perambatan gelombang bunyi di dalam gas.
3. Seorang penonton pada lomba balap mobil mendengar bunyi (deru mobil) yang berbeda, ketika mobil mendekat dan menjauh. Rata-rata mobil balap mengeluarkan bunyi 800 Hz. Jika kecepatan bunyi di udara 340 m.s^{-1} dan kecepatan mobil 20 m.s^{-1} , maka frekuensi yang di dengar saat mobil mendekat adalah....
4. Suatu sumber bunyi 1 kHz bergerak langsung ke arah seorang pendengar yang rehat dengan kelajuan 0,9 kali kelajuan bunyi. Frekuensi yang diterimanya dalam kHz adalah....
5. Sebuah ambulans bergerak dengan kelajuan 10 m/s sambil membunyikan sirine dengan frekuensi 400 Hz. Cepat rambat bunyi diudara adalah 340 m/s. seorang pengendara motor mula-mula mendekat dan kemudian menjauh dengan kelajuan 5 m/s. berapa frekuensi sirine yang didengar oleh pengendara ketika ia mendekati ambulans dan menjauhi ambulans?
6. Dawai piano yang panjangnya 0,5 m dan massanya 10^{-2} kg ditegangkan 200 N, maka nada dasar piano adalah berfrekuensi....
7. Sebuah pipa organa tertutup menghasilkan nada dasar pada frekuensi 150 Hz. Tentukan besar frekuensi nada atas kedua dari pipa organa tersebut!
8. Frekuensi nada dasar suatu pipa organa terbuka sama dengan frekuensi resonansi ketiga suatu pipa organa tertutup. Jika panjang pipa organa terbuka 0,6 m, hitunglah panjang pipa organa tertutup.
9. Seutas senar dengan panjang 3 m terikat pada kedua ujungnya. Frekuensi resonansi nada atas pertama senar ini adalah 60 getaran/sekon. Bila massa persatuan panjang senar 0,01 gram /cm, berapakah besar gaya tegangan kawat?
10. Dua buah dawai baja yang identik memberikan nada dasar dengan frekuensi 400 Hz. Bila tegangan dalam salah satu dawai ditambah 2 %, berapa frekuensi layangan yang terjadi?
11. Dua buah garpu tala (A dan B) menghasilkan 4 layangan per detik ketika dibunyikan pada saat yang bersamaan. Jika A memiliki frekuensi 508 Hz, berapa frekuensi B yang mungkin?
12. Sebuah sumber mengeluarkan bunyi dengan intensitas 10^{-5} watt/m^2 . Jika intensitas ambang bernilai $10^{-12} \text{ watt/m}^2$, tentukan taraf intensitas bunyi tersebut!
13. Seorang anak berada pada jarak 100 m dari sebuah sumber bunyi yang berdaya 12,56 watt. Tentukan besar taraf intensitas bunyi yang didengar anak tersebut jika π adalah 3,14 dan intensitas ambang pendengaran $I_0 = 10^{-12} \text{ watt/m}^2$!
14. Sebuah sumber mengirim gelombang bunyi dengan daya keluaran 80 W. anggap sumber bunyi adalah titik.
 - a. tentukan intensitas bunyi pada jarak 3 m dari sumber.
 - b. tentukan jarak tempat yang intensitas bunyinya berkurang sampai taraf intensitasnya 80 dB
15. Sebuah bom molotov meletus pada jarak 20 meter dari seorang anak . Jika anak tersebut mendengar bunyi ledakan

dengan taraf intensitas sebesar 120 dB, tentukan besar taraf intensitas yang didengar seorang anak lain yang berada pada jarak 180 m dari anak pertama!

16. Sebuah pabrik memiliki 100 mesin yang identik. Jika sebuah mesin memiliki taraf intensitas bunyi sebesar 70 dB, tentukan nilai taraf intensitas bunyi yang terdengar jika semua mesin di pabrik tersebut dinyalakan bersamaan!
17. Tentukan nilai perbandingan intensitas suatu sumber bunyi dari dua tempat yaitu A yang berjarak 4 m dari sumber dan dari B yang berjarak 9 m dari sumber!