



**Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**



ENERGI DAN INTENSITAS GELOMBANG BUNYI

Aulia Siti Aisjah

Pengantar

Materi

Contoh Soal

Ringkasan

Latihan

Asesmen

Pengantar

Materi

Contoh Soal

Ringkasan

Latihan

Asesmen

Energi gelombang

Intensitas gelombang

Capaian Pembelajaran

1. Mampu menghitung energi yang dirambatkan oleh gelombang
2. Mampu menghitung intensitas gelombang



Pengantar

Sub bab ini akan mempelajari

- Energi yang dirambatkan oleh gelombang
- Intensitas gelombang



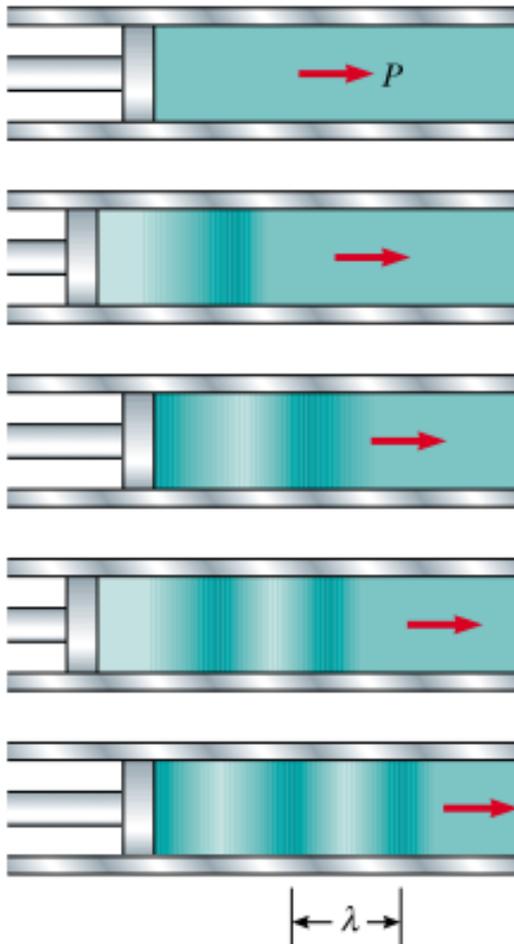
Energi Gelombang

- Semua gelombang dalam perambatannya memindahkan energi dari satu tempat ke tempat lain.
- Contoh: Energi gelombang yang ditimbulkan dari suara pesawat jet supersonic dapat memecahkan kaca jendela suatu bangunan.
- Bukti: bahwa energi gelombang bunyi ikut merambat.
- Energi gelombang bunyi dapat ditentukan dari energi potensial maksimum getaran karena bunyi merupakan gelombang longitudinal hasil perambatan gelombang.
- Energi sebanding dengan kuadrat simpangan.



Materi

Energi Gelombang



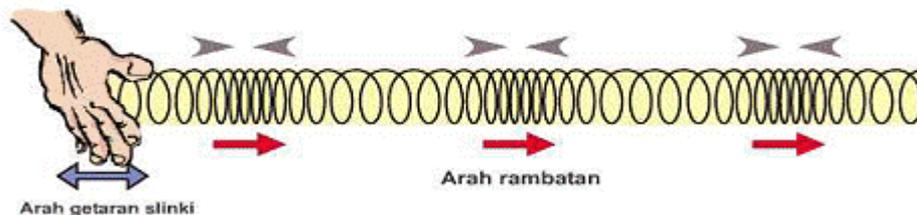
Perhatikan gas yang ada pada piston di samping. Kerapatan gas berubah saat kepala piston ditarik dan ditekan.

Molekul pada gas ini mengalami pemampatan dan perenggangan.

Posisi dari lemen gas terhadap titik setimbangnya, dinyatakan:

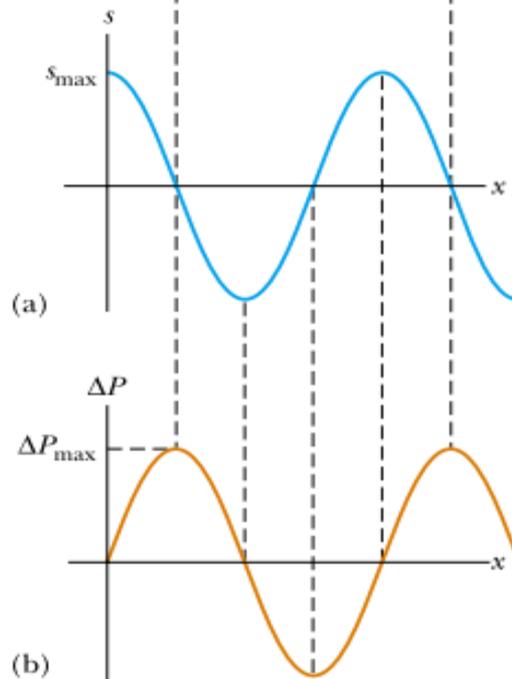
$$s(x, t) = s_{\max} \cos(kx - \omega t)$$

Perhatikan kesamaan dari kerapatan gas, dengan kerapatan pegas, apabila salah satu ujungnya ditekan dan diregangkan



Materi

Energi Gelombang



Perhatikan, saat elemen gas meregang, posisi elemen ini maksimum, tetapi tekanannya minimum.

Gambar di samping:

- Posisi elemen terhadap titik setimbangnya
- Tekanan elemen

Ingat, hubungan antara perubahan tekanan (ΔP) terhadap perubahan volume (ΔV) suatu material gas (fluida):

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

B = modulus Bulk
 V_i = volume awal

$$\Delta P = -B \frac{\Delta V}{V_i} = -B \frac{A \Delta s}{A \Delta x} = -B \frac{\Delta s}{\Delta x}$$

$$\Delta P = -B \frac{\partial s}{\partial x}$$

Untuk $\Delta x \rightarrow 0$)



Materi

Energi Gelombang

$$s(x, t) = s_{\max} \cos(kx - \omega t)$$

$$\Delta P = -B \frac{\partial s}{\partial x}$$

$$\Delta P = -B \frac{\partial}{\partial x} [s_{\max} \cos(kx - \omega t)] = Bs_{\max} k \sin(kx - \omega t)$$

Modulus Bulk

$$B = \rho v^2$$

$$\Delta P = \rho v^2 s_{\max} k \sin(kx - \omega t)$$

Bilangan gelombang

$$k = \omega / v$$

$$\Delta P = \rho v \omega s_{\max} \sin(kx - \omega t)$$

$$\Delta P_{\max} = \rho v \omega s_{\max}$$

- Perubahan tekanan merupakan gelombang sinusoidal
- Perubahan tekanan maksimum bergantung pada rapat massa fluida, cepat rambat dan perubahan posisi elemen terhadap titik setimbangnya

$$\Delta P = \Delta P_{\max} \sin(kx - \omega t)$$



Energi Gelombang

Kecepatan simpangan elemen gas pada piston

$$v(x, t) = \frac{\partial}{\partial t} s(x, t) = \frac{\partial}{\partial t} [s_{\max} \cos(kx - \omega t)] = -\omega s_{\max} \sin(kx - \omega t)$$

Perubahan energy kinetik

$$\begin{aligned} \Delta K &= \frac{1}{2} \Delta m (v)^2 = \frac{1}{2} \Delta m (-\omega s_{\max} \sin kx)^2 = \frac{1}{2} \rho A \Delta x (-\omega s_{\max} \sin kx)^2 \\ &= \frac{1}{2} \rho A \Delta x (\omega s_{\max})^2 \sin^2 kx \end{aligned}$$

Besarnya energy kinetic untuk setiap panjang gelombang

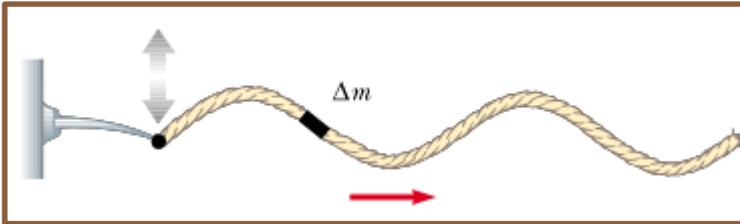
$$\begin{aligned} K_{\lambda} &= \int dK = \int_0^{\lambda} \frac{1}{2} \rho A (\omega s_{\max})^2 \sin^2 kx dx = \frac{1}{2} \rho A (\omega s_{\max})^2 \int_0^{\lambda} \sin^2 kx dx \\ &= \frac{1}{2} \rho A (\omega s_{\max})^2 \left(\frac{1}{2} \lambda\right) = \frac{1}{4} \rho A (\omega s_{\max})^2 \lambda \end{aligned}$$



Materi

Energi Gelombang

Energi kinetik yang ditransmisikan oleh elemen Δm pada sebuah tali yang bergelombang



$$\begin{aligned} dK &= \frac{1}{2}\mu[\omega A \cos(kx - \omega t)]^2 dx \\ &= \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2 \cos^2(kx - \omega t) dx \end{aligned}$$

Saat $t = 0$

$$dK = \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2 \cos^2 kx dx$$

Besarnya energy yang dirambatkan untuk 1 panjang gelombang

$$\begin{aligned} K_\lambda &= \int dK = \int_0^\lambda \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2 \cos^2 kx dx = \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2 \int_0^\lambda \cos^2 kx dx \\ &= \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2 \left[\frac{1}{2}x + \frac{1}{4k} \sin 2kx \right]_0^\lambda = \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2 \left[\frac{1}{2}\lambda \right] = \frac{1}{4}\mu\omega^2 A^2 \lambda \end{aligned}$$

Besarnya energy potensial yang dirambatkan setiap panjang gelombang

$$U_\lambda = \frac{1}{4}\mu\omega^2 A^2 \lambda$$

Energi total yang ditransmisikan untuk setiap panjang gelombang

$$E_\lambda = U_\lambda + K_\lambda = \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2 \lambda$$



Laju Energi Gelombang

Laju energi gelombang suara yang merambat di udara di sebuah titik selama satu periode osilasi:

$$\mathcal{P} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{E_\lambda}{T} = \frac{\frac{1}{2}\rho A(\omega s_{\max})^2 \lambda}{T} = \frac{1}{2}\rho A(\omega s_{\max})^2 \left(\frac{\lambda}{T}\right) = \frac{1}{2}\rho A v(\omega s_{\max})^2$$

Dimana v , kecepatan rambat gelombang bunyi di udara



Materi

Intensitas Gelombang

Intensitas gelombang adalah daya tiap satuan luas, atau laju energy yang dirambatkan melalui satu satuan luas yang tegak lurus terhadap arah perambatannya.

$$I \equiv \frac{\mathcal{P}}{A}$$

Intensitas:

$$I = \frac{\mathcal{P}}{A} = \frac{1}{2} \rho v (\omega s_{\max})^2$$

atau

$$I = \frac{\Delta P_{\max}^2}{2\rho v}$$

Daya rata-rata yang di emisikan dari sebuah sumber harus menyebar secara uniform.

Perhatikan sebuah luasan yang melingkupi sebuah sumber suara, merupakan luasan bola. Sehingga Intensitas gelombang suara pada jarak r dari sumber:

$$I = \frac{\mathcal{P}_{\text{av}}}{A} = \frac{\mathcal{P}_{\text{av}}}{4\pi r^2}$$



Materi

Taraf Intensitas Gelombang

Taraf intensitas perbandingan antara intensitas bunyi dengan harga ambang pendengaran,

$$\beta \equiv 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

decibel

I = intensitas bunyi

I_0 = intensitas ambang pendengaran = $1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$

Taraf Intensitas untuk berbagai sumber bunyi (Serway, 2002)

Sound Levels	
Source of Sound	β (dB)
Nearby jet airplane	150
Jackhammer; machine gun	130
Siren; rock concert	120
Subway; power mower	100
Busy traffic	80
Vacuum cleaner	70
Normal conversation	50
Mosquito buzzing	40
Whisper	30
Rustling leaves	10
Threshold of hearing	0



Contoh Soal

Suara yang paling nyaman didengar manusia adalah pada frekuensi 1000 Hz dengan intensitas $1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Ini dikatakan sebagai pendengaran ambang. Suara yang lebih keras dapat ditolerir sampai dengan intensitas 1 W/m^2 – dikatakan sebagai ambang sakit.

Tentukan amplitude tekanan dan amplitude simpangan gelombang untuk 2 kondisi batas tersebut.

Jawab

a. Untuk kondisi nyaman, dengan kecepatan suara di udara $v = 343 \text{ m/s}$ dan rapat massa udara $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned} \Delta P_{\max} &= \sqrt{2\rho v I} \\ &= \sqrt{2(1.20 \text{ kg/m}^3)(343 \text{ m/s})(1.00 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2)} \\ &= 2.87 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

b. Tekanan atmosfer $1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$. Ini menunjukkan bahwa dengan perubahan 1 W/m^2 , sangat sensitive pendengaran manusia. Simpangan gelombang bunyi saat ambang sakit:

$$\begin{aligned} s_{\max} &= \frac{\Delta P_{\max}}{\rho v \omega} = \frac{2.87 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2}{(1.20 \text{ kg/m}^3)(343 \text{ m/s})(2\pi \times 1000 \text{ Hz})} \\ &= 1.11 \times 10^{-11} \text{ m} \end{aligned}$$



Ringkasan

1. Energi gelombang bunyi dinyatakan $E = \frac{1}{2} m \omega A^2$, dengan m = massa partikel, ω = frekuensi sudut, A = ampitudo. Bentuk persamaan lain, Energi gelombang yang dirambatkan:

$$E_{\lambda} = K_{\lambda} + U_{\lambda} = \frac{1}{2} \rho A (\omega s_{\max})^2 \lambda$$

2. Intensitas bunyi merupakan perbandingan antara daya bunyi yang menembus bidang setiap satuan luas permukaan.

3. Taraf intensitas TI bunyi merupakan perbandingan antara intensitas bunyi dengan harga ambang pendengaran, dan dinyatakan dalam persamaan: $TI =$

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



Latihan Soal

1. Senar gitar bergetar sehingga menyebabkan terjadi bunyi yang sangat lemah. Tetapi karena getarannya menyebabkan rumah (badan) gitar ikut bergetar, menyebabkan intensitas suara terdengar lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh:
 - a. Daya getarannya menyebar pada luasan yang lebih luas
 - b. Laju Energi yang meninggalkan gitar lebih tinggi
 - c. Kecepatan suara lebih tinggi di dalam body gitar
 - d. Tidak ada jawaban yang benar

2. Sebuah sumber bunyi mengemisikan gelombang bunyi dengan daya rata-rata 80 W
 - a. Tentukan intensitas pada jarak 3 m dari sumber
 - b. Tentukan jarak dari sumber, apabila intensitas pada titik ini $1 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2$



**SEKIAN
&
TERIMAKASIH**

