

GETARAN, GELOMBANG, DAN BUNYI

A. Getaran Harmonik

a. PEGAS

- **Gaya pemulih**

$$F = -ky$$

Keterangan:

F : Gaya pemulih (N)

k : Konstanta pegas (N/m)

y : Simpangan (m)

TANDA NEGATIF dikarenakan **GAYA PEMULIH MELAWAN ARAH GAYA YANG DIBERIKAN.**

- **Usaha pada pegas**

$$W = \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}Fy$$

Keterangan:

W : Usaha pada pegas (J)

- **Elastisitas bahan pegas**

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{FL}{A\Delta L} \quad k = \frac{EA}{L}$$

Keterangan:

σ : Tegangan yang terjadi pada bahan (N/m²)

ε : Regangan bahan

A : Luas penampang bahan (m²)

ΔL : Pertambahan panjang (m)

L : Panjang bahan awal

E : Modulus Young/elastisitas bahan (N/m²)

k : Konstanta/tetapan pegas (N/m)

- **Periode dan Frekuensi**

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad k = m\omega^2$$

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Keterangan:

T : Periode pegas (s)

f : Frekuensi pegas (Hz)

m : Massa beban (kg)

k : Konstanta pegas (N/m)

ω : Frekuensi sudut (rad/s)

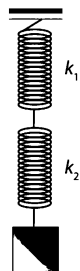
- **Susunan pegas**

Susunan seri pegas

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n}$$

$$F = F_1 = F_2 = \dots = F_n$$

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n$$

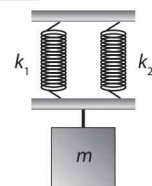
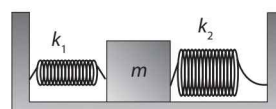


Susunan paralel pegas

$$k_p = k_1 + k_2 + \dots + k_n$$

$$F = F_1 + F_2 + \dots + F_n$$

$$\Delta x_1 = \Delta x_2 = \dots = \Delta x_n$$



Keterangan:

k_s : Tetapan pegas total seri (N/m)
 k_p : Tetapan pegas total paralel (N/m)
 F : Gaya pegas (N)
 Δx : Simpangan pegas (m)

b. BANDUL
Periode dan Frekuensi

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Keterangan:

T : Periode bandul (s)
 F : Frekuensi bandul (Hz)
 L : Panjang tali bandul (m)
 g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

c. Persamaan Gerak Harmonik

$$y_{\text{maks}} = A$$

$$y = A \sin \theta$$

$$v_{\text{maks}} = A\omega$$

$$v = A\omega \cos \theta$$

$$a_{\text{maks}} = -A\omega^2$$

$$a = -A\omega^2 \sin \theta$$

$$\theta = \omega t + \theta_0$$

$$\varphi = \frac{t}{T} = ft$$

Keterangan:

y : Simpangan
 v : Kecepatan getar
 a : Percepatan
 A : Amplitudo
 θ : Sudut fase
 θ_0 : Sudut fase awal
 t : Waktu
 φ : Fase

d. Persamaan Energi Getaran

$$E_m = E_p + E_k$$

$$E_m = \frac{1}{2} kA^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} ky^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} k(A^2 - y^2)$$

Keterangan:

E_m : Energi mekanik (energi total) (J)
 E_k : Energi kinetik (J)
 E_p : Energi potensial (J)
 A : Amplitudo (m)
 y : Simpangan dari titik keseimbangan (m)
 k : Konstanta pegas (N/m)

B.

Gelombang

Rumus panjang gelombang

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

a. Gelombang Berjalan
Persamaan simpangan

$$y = A \sin (\omega t \pm kx)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right)$$

Keterangan:

λ : Panjang gelombang (m)
 k : Bilangan gelombang (bukan konstanta pegas)

Catatan:

$+kx$ artinya arah rambat ke sumbu- X negatif
 $-kx$ artinya arah rambat ke sumbu- X positif

Fase gelombang

$$\varphi = \left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta x}{\lambda}$$

Keterangan:

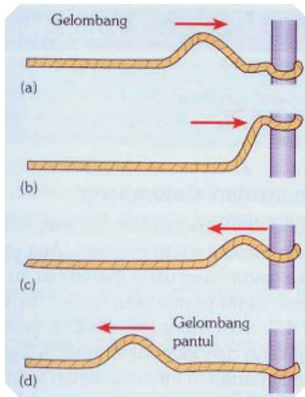
φ : Fase gelombang
 $\Delta \varphi$: Beda fase gelombang
 Δx : Jarak antara dua titik pada gelombang

Sudut fase gelombang

$$\theta = 2\pi \left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right)$$

b. Gelombang Stasioner

1. Gelombang stasioner ujung bebas



- **Persamaan simpangan**

$$y = 2A \cos kx \sin \omega t$$

$$y = 2A \cos kx \sin \omega \left(t - \frac{L}{v} \right)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Keterangan:

L : Panjang tali (m)

v : Cepat rambat gelombang (m/s)

ω : Frekuensi sudut (rad/s)

- **Jarak perut dari tiang**

$$x = (2n) \frac{1}{4} \lambda$$

Keterangan:

x : Jarak perut dari tiang

n : 0, 1, 2, 3,

- **Jarak simpul dari tiang**

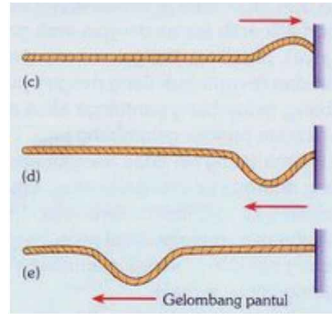
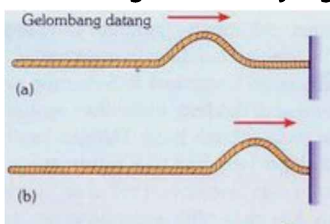
$$x = (2n+1) \frac{1}{4} \lambda$$

Keterangan:

x : Jarak simpul dari tiang

n : 0, 1, 2, 3,

2. Gelombang stasioner ujung terikat



- **Persamaan simpangan**

$$y = 2A \sin kx \cos \omega t$$

$$y = 2A \sin kx \cos \omega \left(t - \frac{L}{v} \right)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

- **Jarak perut dari tiang**

$$x = (2n+1) \frac{1}{4} \lambda$$

Keterangan:

x : Jarak perut dari tiang

n : 0, 1, 2, 3,

- **Jarak simpul dari tiang**

$$x = (2n) \frac{1}{4} \lambda$$

Keterangan:

x : Jarak simpul dari tiang

n : 0, 1, 2, 3,



a. Intensitas Bunyi

Intensitas bunyi yang terdengar pada jarak R dari sumber bunyi:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi R^2}$$

Keterangan:

I : Intensitas bunyi (W/m^2)

P : Daya bunyi (watt)

A : Luas permukaan bola (m^2)

R : Jarak dari sumber bunyi (m)

b. Energi Gelombang:

$$E = 2m\pi^2 f^2 A_m^2$$

Keterangan:

E : Energi gelombang (J)

f : Frekuensi (Hz)

A_m : Amplitudo (m)

m : massa (kg)

c. Taraf Intensitas Bunyi

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

Keterangan:

TI : Taraf intensitas bunyi (dB)

I : Intensitas bunyi yang akan diukur taraf intensitasnya (W/m^2)

I_0 : Intensitas ambang batas pendengaran ($10^{-12} W/m^2$)

Keterangan: 1 bel (B) = 10 desibel (dB)

d. Efek Doppler

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \mp v_s} \cdot f_s$$

1. Kecepatan pengamat (v_p) akan bernilai:

- $v_p = 0$, apabila **PENDENGAR DIAM**
- $+$ (positif), apabila **PENDENGAR MENDEKATI SUMBER**
- $-$ (negatif), apabila **PENDENGAR MENJAUHI SUMBER**

2. Kecepatan sumber bunyi (v_s) akan bernilai:

- $v_s = 0$ apabila **SUMBER bunyi DIAM**
- $v_s = +$ (positif) apabila **SUMBER bunyi MENJAUHI PENGAMAT**
- $v_s = -$ (negatif) apabila **SUMBER bunyi MENDEKATI PENGAMAT**

Keterangan:

v : Kecepatan bunyi di udara (340 m/s)

v_p : Kecepatan pendengar (m/s)

v_s : Kecepatan sumber bunyi (m/s)

f_s : Frekuensi yang didengar oleh pendengar (Hz)

f_p : Frekuensi yang dihasilkan sumber bunyi (Hz)

e. Pelayangan

$$f_{ply} = |f_1 - f_2|$$

Keterangan:

f_{ply} : Frekuensi pelayangan (Hz)

f_1 : Frekuensi sumber yang lebih tinggi (Hz)

f_2 : Frekuensi sumber yang lebih rendah (Hz)

f. Pipa Organa

1) Pipa Organa Terbuka

Hubungan antara L_b (panjang pipa organa terbuka) dan λ (panjang gelombang) dirumuskan sebagai berikut:

$$L_b = (n+1) \frac{1}{2} \lambda_n = \frac{1}{2} \lambda_0 = \lambda_1 = \frac{3}{2} \lambda_2 = \dots$$

Dengan n adalah orde yang bernilai:

0 (nol), jika terjadi nada dasar

1 (satu), jika terjadi nada atas 1

2 (dua), jika terjadi nada atas 2, dan seterusnya.

Sedangkan, perbandingan frekuensinya adalah perbandingan bilangan asli, yaitu:

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots = 1 : 2 : 3 : 4 : \dots$$

Keterangan:

L : Panjang pipa organa

λ : Panjang gelombang

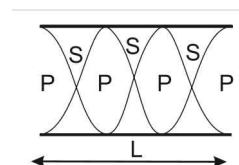
f_0 : Frekuensi nada dasar

f_1 : Frekuensi nada atas 1

Jumlah Simpul dan Perut

Gelombang yang dihasilkan pada pipa organa terbuka akan menghasilkan simpul dan perut gelombang yang memiliki hubungan sebagai berikut:

$$\sum \text{perut} = \sum \text{simpul} + 1$$



2) Pipa Organa Tertutup

Hubungan antara L_p (panjang pipa organa tertutup) dan λ (panjang

gelombang) dirumuskan sebagai berikut:

$$L_p = (2n+1) \frac{1}{4} \lambda_n = \frac{1}{4} \lambda_0 = \frac{3}{4} \lambda_1 = \frac{5}{4} \lambda_2 = \dots$$

Dengan n adalah orde yang bernilai:

0 (nol), jika terjadi nada dasar

1 (satu), jika terjadi nada atas 1

2 (dua), jika terjadi nada atas 2, dan seterusnya

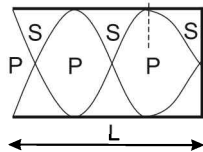
Sedangkan, perbandingan frekuensinya adalah perbandingan bilangan ganjil, yaitu :

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : 7 : \dots$$

Jumlah Simpul dan Perut

Gelombang yang dihasilkan pada pipa organa tertutup akan menghasilkan simpul dan perut gelombang yang memiliki hubungan sebagai berikut:

$$\sum \text{perut} = \sum \text{simpul}$$



g. Dawai

Pada dawai hubungan antara panjang gelombang (λ) dengan panjang dawai (L) sama seperti pipa organa terbuka, yaitu:

$$L_D = (n+1) \frac{1}{2} \lambda_n = \frac{1}{2} \lambda_0 = \lambda_1 = \frac{3}{2} \lambda_2 = \dots$$

Dengan n adalah orde yang bernilai:

0 (nol), jika terjadi nada dasar

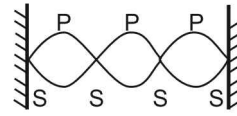
1 (satu), jika terjadi nada atas 1

2 (dua), jika terjadi nada atas 2, dan seterusnya

Jumlah Simpul dan Perut

Gelombang yang dihasilkan pada dawai akan menghasilkan simpul dan perut gelombang yang memiliki hubungan sebagai berikut:

$$\sum \text{perut} = \sum \text{simpul} + 1$$



h. Cepat Rambat Gelombang

1. Cepat Rambat Gelombang Transversal dalam Dawai

Hukum Melde merupakan hukum yang menghubungkan antara cepat rambat bunyi pada dawai, tegangan dawai, massa, dan panjang dawai.

Dari hukum Melde, dapat diambil kesimpulan bahwa cepat rambat bunyi berbanding lurus dengan akar tegangan dawai dan panjang dawai serta berbanding terbalik dengan akar massa dawai.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \text{ karena } \mu = \frac{m}{L} \text{ maka}$$

$$v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}}$$

Keterangan:

v : Cepat rambat bunyi pada dawai (m/s)

F : Tegangan dawai/senar/tali (N)

μ : Rapat massa tali/dawai (kg/m)

m : Massa dawai (kg)

L : Panjang dawai (m)

Jangan lupa juga rumus hubungan antara frekuensi (f), cepat rambat gelombang (v), dan panjang gelombang (λ), yaitu:

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

2. Cepat Rambat Gelombang Bunyi

- Cepat rambat bunyi pada gas

$$v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M_r}}$$

Keterangan:

γ : Konstanta Laplace

R : Konstanta gas universal = 8,3 J/mol K

T : Suhu (K)

M_r : Massa molekul relatif gas

- Cepat rambat bunyi pada benda padat

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

Keterangan:

E : Modulus elastisitas (N/m²)

ρ : Massa jenis bahan (kg/m³)



GETARAN, GELOMBANG, DAN BUNYI

CONTOH SOAL

1. Soal SNMPTN

Sebuah pegas memanjang sebesar 2 cm ketika padanya digantungkan beban seberat 500 N. Jika beban tersebut kemudian ditarik ke bawah sejauh 6 cm maka energi potensial elastik pegas adalah....

- A. 25 J D. 90 J
B. 45 J E. 135 J
C. 50 J

PEMBAHASAN:

$$y_1 = 2 \text{ cm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$F = 500 \text{ N}$$

$$y_2 = 6 \text{ cm} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Ditanya:

$$E_p = \dots\dots\dots?$$

Jawab:

Persamaan gaya pemulih untuk menentukan konstanta pegas:

$$k = \frac{F}{y_1}$$

$$k = \frac{500}{2 \cdot 10^{-2}}$$

$$k = 25000 \text{ N/m}$$

Persamaan energi potensial pegas:

$$E_p = \frac{1}{2} k \cdot y^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} k \cdot y_2^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot 25000 \cdot (6 \cdot 10^{-2})^2$$

$$E_p = 12500 \cdot (36 \cdot 10^{-4})$$

$$E_p = 45 \text{ J}$$

Jawaban: B

2. Soal SPMB

Dua benda masing-masing menjalani gerak harmonis sederhana dengan persamaan masing-masing:

$$y_1 = 8 \sin 100t \text{ dan } y_2 = 6 \sin \left(100t - \frac{\pi}{2} \right)$$

dengan x dan y dalam cm, sedangkan t dalam detik. Besar amplitudo superposisi dari kedua getaran adalah....

- A. 14 cm D. 6 cm
B. 10 cm E. 2 cm
C. 8 cm

PEMBAHASAN:

$$y_1 = 8 \sin 100t$$

$$y_2 = 6 \sin \left(100t - \frac{\pi}{2} \right)$$

Ditanya: Amplitudo superposisi (A_s)?

Jawab:

$$y_s = y_1 + y_2$$

$$y_s = A_1 \sin \omega t + A_2 \sin(\omega t - \alpha)$$

$$y_s = A_1 \sin \omega t + (-A_2 \sin(\frac{\pi}{2} - \omega t))$$

$$y_s = A \sin \omega t + A_2 \cos \omega t$$

$$\text{dengan : } \theta = \text{Arc tan } \frac{8}{-6} = 127^\circ$$

$$\text{jadi, } y_s = A_s \cos(100t - 127^\circ)$$

Amplitudo superposisinya adalah:

$$A_s = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$$

$$A_s = \sqrt{8^2 + 6^2}$$

$$A_s = \sqrt{100}$$

$$A_s = 10 \text{ cm}$$

Jawaban: B

3. Soal SNMPTN

Sepuluh buah terompet identik menghasilkan taraf intensitas bunyi 80 dB ketika dimainkan di ruang konser. Jumlah terompet tersebut yang diperlukan agar menghasilkan taraf intensitas bunyi 90 dB adalah.....

- A. 100
- B. 70
- C. 40
- D. 20
- E. 10

PEMBAHASAN:

$$TI_1 = 80 \text{ dB}$$

$$TI_2 = 90 \text{ dB}$$

$$n_1 = 10$$

Ditanya:

$$n_2 = \dots\dots?$$

Jawab:

$$TI_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$80 = 10 \log \frac{I_1}{10^{-12}}$$

$$8 = \log \frac{I_1}{10^{-12}}$$

$$(\text{ingat : } 8 = \log 10^8):$$

$$\log 10^8 = \log \frac{I_1}{10^{-12}}$$

$$I_1 = 10^8 \cdot 10^{-12} = 10^{-4} \text{ W / m}^2$$

Daya untuk 1 sumber bunyi adalah:

$$P_{\text{sumber}} = \frac{I_1 \cdot A}{n_1} = \frac{10^{-4} \cdot A}{10} = 10^{-5} \text{ A Watt}$$

Sedangkan nilai I_2 adalah:

$$TI_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$$

$$90 = 10 \log \frac{I_2}{10^{-12}}$$

$$8 = \log \frac{I_2}{10^{-12}}$$

$$\log 10^9 = \log \frac{I_2}{10^{-12}}$$

$$I_2 = 10^9 \cdot 10^{-12} = 10^{-3} \text{ W / m}^2$$

Sehingga jumlah sumber kedua adalah:

$$I_2 = \frac{P}{A} = \frac{n_2 P_{\text{sumber}}}{A}$$

$$10^{-3} = \frac{n_2 \cdot 10^{-5} A}{A}$$

$$n_2 = \frac{10^{-3}}{10^{-5}} = 100$$

Jawaban: A