

Dinamika Gelombang

Bagian 1

andhysetiawan



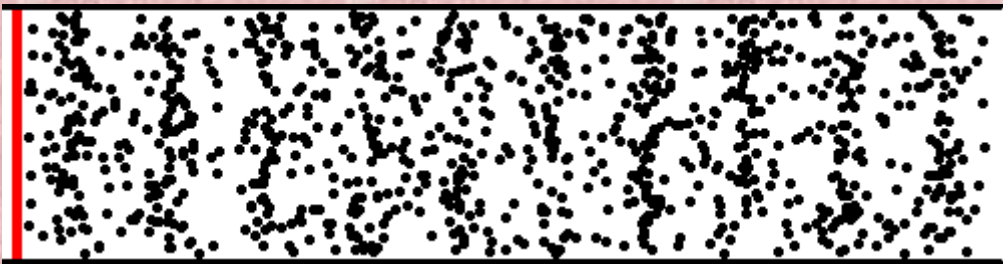
Sub Pokok Bahasan

- Gelombang pada pegas
- Gelombang pada tali
- Gelombang pada batang logam



perambatan gelombang dihubungkan
fungsi antara komponen-komponen fungsi

ng dikelompokkan menjadi gelombang
Pembahasan dibatasi hanya untuk



➤ Gelombang mekanik merambat karena pergeseran suatu bagian medium elastis dari kedudukan setimbangnya. Mediumnya sendiri tidak ikut bergerak bersama gerak gelombang, tetapi hanya berosilasi dalam ruang atau lintasan yang terbatas.



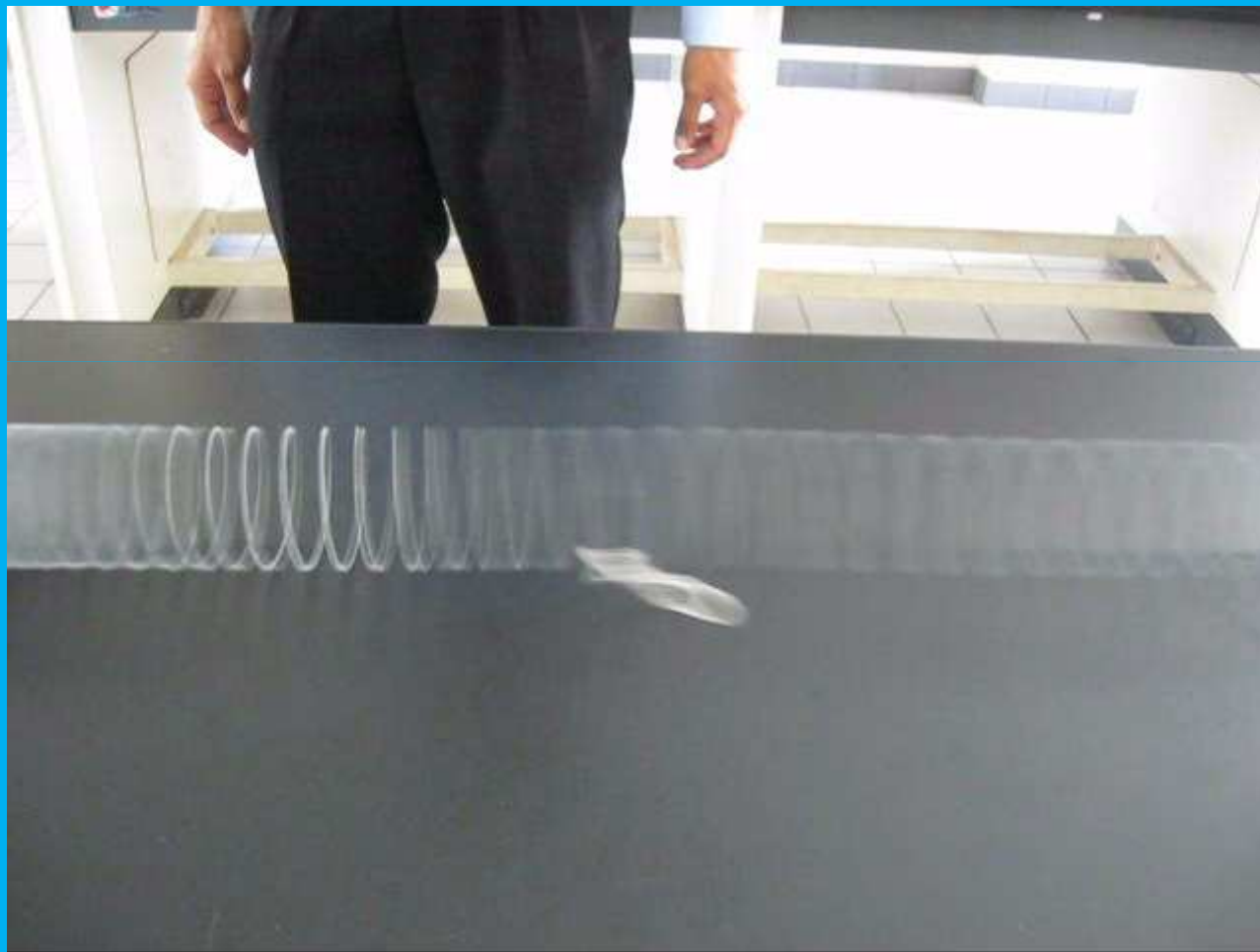
B. Gelombang Dalam Medium Elastis

- Gelombang mekanik dapat merambat di dalam medium, bila mediumnya bersifat elastis.

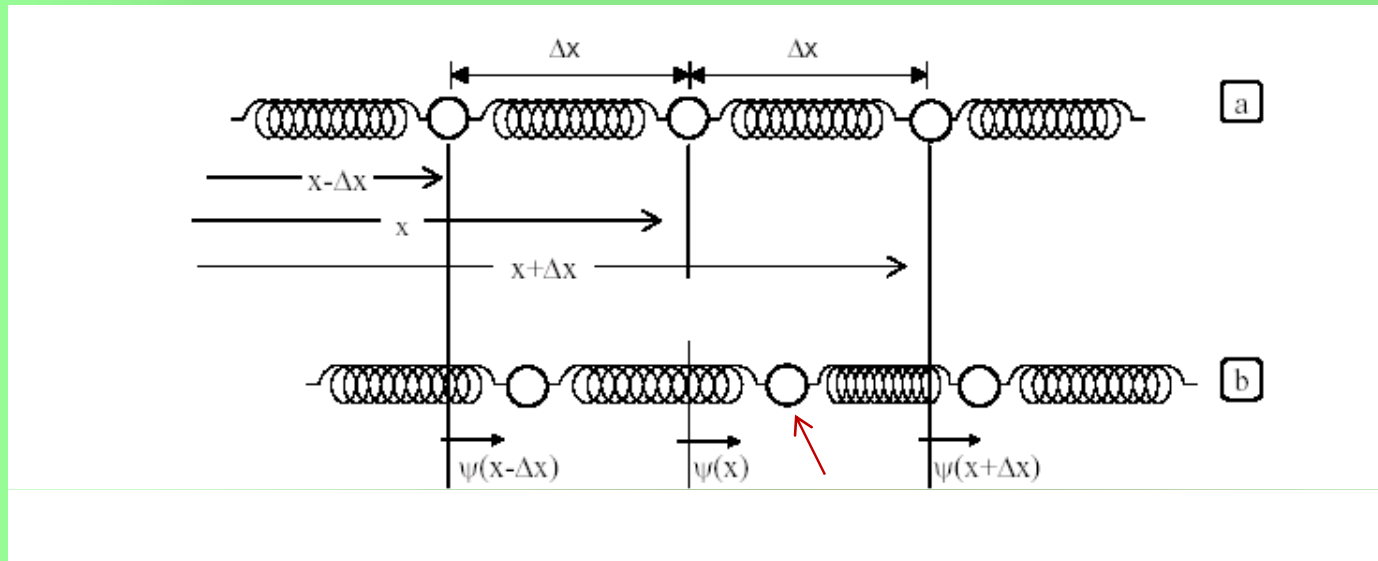
Elastis

Bila ada gaya luar, medium tersebut mampu mengembang atau memampat, dan setelah gaya luar dihilangkan, medium mampu mengembalikan atau memulihkan keadaannya seperti semula.

B.1 Gelombang pada Pegas



andhysetiawan



Dari Gambar, tinjau elemen massa yang ditunjuk panah merah:

Gaya pulih oleh elemen pegas sebelah kiri $f_{pl} = -k(\psi(x) - \psi(x - \Delta x))$

Gaya pulih oleh elemen pegas sebelah kanan $f_{pr} = -k(\psi(x) - \psi(x + \Delta x))$

Sehingga:

$$\sum F = f_{pl} + f_{pr} = -k(\psi(x) - \psi(x - \Delta x)) - k(\psi(x) - \psi(x + \Delta x))$$

Hukum II Newton : $ma = \Sigma F$

$$m \frac{d^2 \psi(x)}{dt^2} = -k(\psi(x) - \psi(x - \Delta x)) - k(\psi(x) - \psi(x + \Delta x))$$

$$m \frac{d^2 \psi(x)}{dt^2} = -2k\psi(x) + k(\psi(x - \Delta x) + \psi(x + \Delta x))$$

Ingat Deret Taylor

$$\Psi(x + \Delta x) = \Psi(x) + \frac{\partial \Psi(x)}{\partial x} \Delta x + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Psi(x)}{\partial x^2} (\Delta x)^2$$

$$\Psi(x - \Delta x) = \Psi(x) - \frac{\partial \Psi(x)}{\partial x} \Delta x + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Psi(x)}{\partial x^2} (\Delta x)^2$$

$$\Psi(x + \Delta x) + \Psi(x - \Delta x) = 2\Psi(x) + \frac{\partial^2 \Psi(x)}{\partial x^2} (\Delta x)^2$$

$$m \frac{d^2 \psi(x)}{dt^2} = -2k\psi(x) + \left(2k\psi(x) + k(\Delta x)^2 \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} \right)$$

$$m \frac{d^2 \psi(x)}{dt^2} = -2k\psi(x) + \left(2k\psi(x) + k(\Delta x)^2 \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} \right)$$



$$\frac{d^2 \Psi(x)}{dt^2} = \frac{k}{m} (\Delta x)^2 \frac{d^2 \Psi(x)}{dx^2}$$



$$\frac{d^2 \Psi(x)}{dx^2} - \frac{m}{k(\Delta x)^2} \frac{d^2 \Psi(x)}{dt^2} = 0$$

Persamaan Umum Gelombang :

$$\frac{d^2 \Psi}{dx^2} - \frac{1}{v^2} \frac{d^2 \Psi}{dt^2} = 0$$

Maka Cepat Rambat Gelombang :

$$v = \Delta x \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Cepat Rambat Gelombang :

$$v = \Delta x \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{k\Delta x}{m / \Delta x}}$$

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

$$K = k\Delta x$$

Modulus Elastisitas Pegas

$$\rho = \frac{m}{\Delta x}$$

Rapat Massa Pegas

Modulus Elastisitas (K)



Konstanta Pegas yang ternormalisasi

$$F = k\Delta l$$



$$F = kl \frac{\Delta l}{l}$$



$$F = K \frac{\Delta l}{l}$$

k = Konstanta Pegas

l = panjang pegas

Δl = perubahan panjang

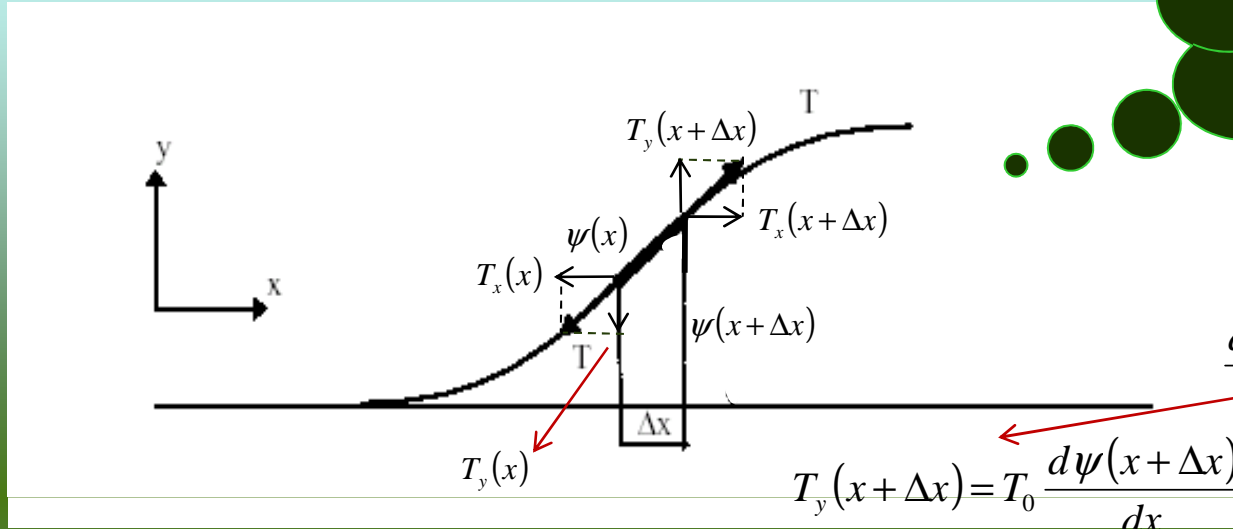
Maka : $\frac{\Delta l}{l}$



Besaran yang ternormalisasi

K bergantung pada bahan dan bentuk pegas, tidak bergantung pada panjang pegas

B.2. Gelombang Pada Tali



Perhatikan Gambar!
Sebuah tali dengan tegangan T_0 , salah satu ujungnya digerakan naik turun sehingga pada tali merambat gelombang

Besarnya $T_x(x) = T_x(x + \Delta x) = T_0$

$$\frac{d\psi(x + \Delta x)}{dx} = \frac{T_y(x + \Delta x)}{T_x(x + \Delta x)} = \frac{T_y(x + \Delta x)}{T_0}$$

$$\frac{d\psi(x)}{dx} = \frac{T_y(x)}{T_x(x)} = \frac{T_y(x)}{T_0}$$

$$T_y(x) = T_0 \frac{d\psi(x)}{dx}$$

Hukum II Newton : $\rho \Delta x \frac{d^2\psi(x)}{dt^2} = T_y(x + \Delta x) - T_y(x) \implies \rho \Delta x = m$

$$\rho \Delta x \frac{d^2\psi(x)}{dt^2} = \left[\frac{dT_y(x)}{dx} \Delta x - T_y(x) \right] - T_y(x)$$

Ekspansi
Deret Taylor

$$\rho \frac{d^2\psi(x)}{dt^2} = T_0 \frac{d^2\psi(x)}{dx^2}$$

$$\rho \frac{d^2\psi(x)}{dt^2} = T_0 \frac{d}{dx} \left(\frac{d\psi(x)}{dx} \right)$$

$$\rho \frac{d^2\psi(x)}{dt^2} = T_0 \frac{d^2\psi(x)}{dx^2}$$

↓

$$\frac{d^2\psi(x)}{dt^2} - \frac{T_0}{\rho} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = 0$$

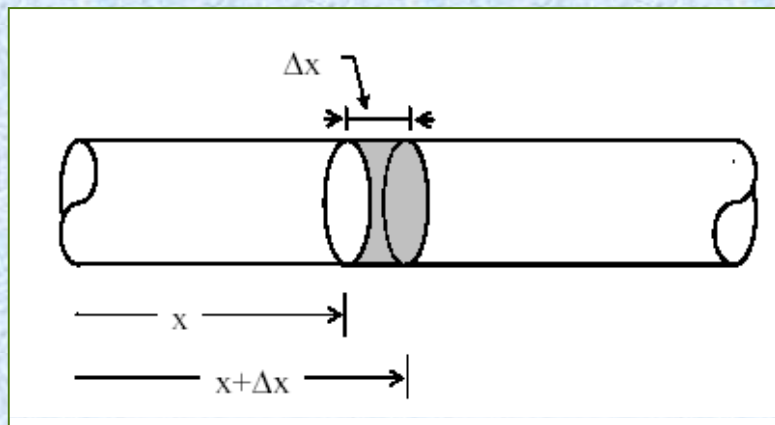
Persamaan Umum Gelombang :

$$\frac{d^2\Psi}{dt^2} - v^2 \frac{d^2\Psi}{dx^2} = 0$$

Cepat Rambat Gelombang

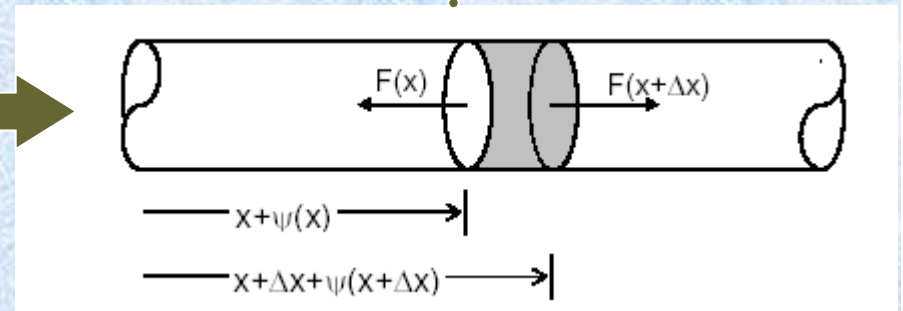
$$v = \sqrt{\frac{T_0}{\rho}}$$

B.3. Gelombang Pada Batang Logam



Batang logam dalam Keadaan setimbang

Mengalami deformasi



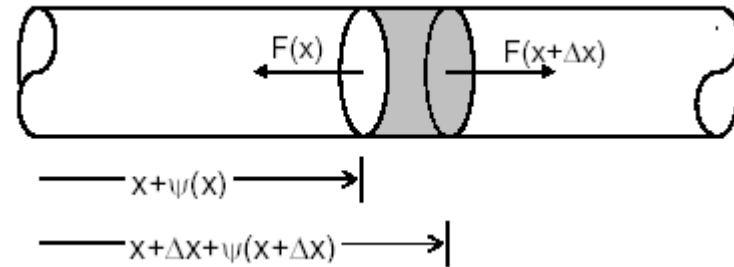
Besaran pada batang logam:

A = Luasampang lintang

Y = Modulus Young

ρ = rapat massa

Dari gambar didapat:



Persamaan gerak elemen batang logam

$$\rho \Delta x A \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = F(x + \Delta x) - F(x)$$

$$F(x + \Delta x) = F(x) + \frac{dF(x)}{dx} \Delta x + \frac{1}{2} \frac{d^2 F(x)}{dx^2} (\Delta x)^2$$

Deret Taylor

Hukum Hooke

$$\frac{F}{A} = Y \frac{\partial \Psi}{\partial x}$$

$$\frac{\partial F}{\partial x} = YA \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2}$$

$$\rho \Delta x A \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = \Delta x \frac{\partial F}{\partial x}$$

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} - \frac{Y}{\rho} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = 0$$

Cepat rambat gelombang
di dalam batang logam

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

Dari Hukum Hooke diperoleh:

$$p(x, t) = Y \frac{\partial \Psi}{\partial x}$$

Ungkapan gelombang tekanan

Untuk gelombang berbentuk
Diperoleh:

$$\Psi(x, t) = \Psi_0 \cos(kx - \omega t)$$

Gelombang tekanan

$$p(x, t) = \Psi_0 Y \sin(kx - \omega t)$$

Gayanya

$$F(x, t) = \Psi_0 YA \sin(kx - \omega t)$$

andhysetiawan