



ENERGETIKA GELOMBANG bagian 2

Mata Kuliah GELOMBANG-OPTIK
Topik 4

Andhy Setiawan

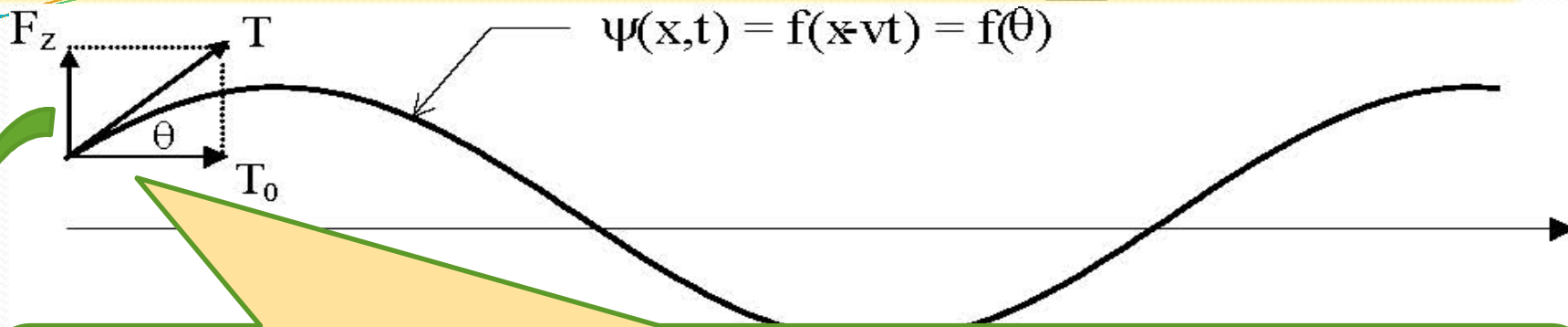


SUB POKOK BAHASAN

E. IMPEDANSI GELOMBANG

F. PEMANTULAN DAN TRANSMISI GELOMBANG

E. IMPEDANSI DAN DAYA GELOMBANG



Tinjau suatu gelombang yang merambat pada bagian tali. Ketika tali mendapat gangguan gaya luar F_z , karena sifat inersianya, tali akan melawan gaya ini dengan gaya yang sebanding dengan kecepatan.

Besarnya gaya pada tali yang melawan gaya luar F_z sebesar: $F_z = -Z \frac{d\psi}{dt}$

$$F_z = T_0 \tan \theta$$

$$F_z = T_0 \frac{d\psi}{dx}$$

$$\frac{d\psi}{dx} = -\frac{1}{v} \frac{d\psi}{dt}$$

$$F_z = -\frac{T_0}{v} \frac{d\psi}{dt}$$

Impedansi Gelombang

$$Z = \frac{T_0}{v}$$

Daya Gelombang $P = F_z v$

$$F_z = Z \frac{d\psi}{dt}$$

$$v = \frac{d\psi}{dt}$$

$$P = Z \left(\frac{d\psi}{dt} \right)^2$$

$$Z = \sqrt{T_0 \rho}$$

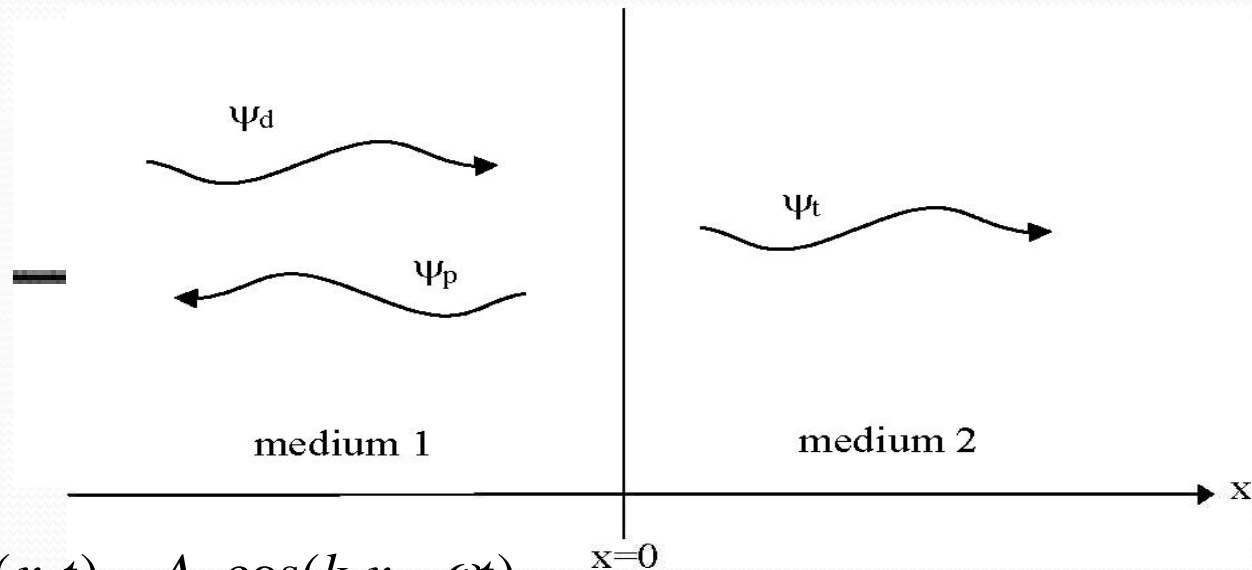
karena

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

mempunyai bentuk yang sama dengan daya pada rangkaian listrik

$$P = Z \left(\frac{dq}{dt} \right)^2$$

F. PEMANTULAN DAN TRANSMISI GELOMBANG



$$\psi_d(x,t) = A_d \cos(k_1 x - \omega t)$$

$$\psi_p(x,t) = A_p \cos(k_1 x + \omega t)$$

$$\psi_t(x,t) = A_t \cos(k_2 x - \omega t)$$

Dari syarat batas (di $x = 0$) kontinuitas simpangan: $\psi_d(0,t) + \psi_p(0,t) = \psi_t(0,t)$

$$A_d + A_p = A_t \rightarrow 1 + \frac{A_p}{A_d} = \frac{A_t}{A_d} \rightarrow 1 + r = t$$

$$r = \frac{A_p}{A_d} = \text{koefisien pantul}$$

$$t = \frac{A_t}{A_d} = \text{koefisien transmisi}$$

Dari syarat batas kontinuitas kemiringan: $\frac{\partial \psi_d(0,t)}{\partial x} + \frac{\partial \psi_p(0,t)}{\partial x} = \frac{\partial \psi_t(0,t)}{\partial x}$

$$k_1(A_d - A_p) = k_2 A_t \rightarrow k_1(A_d - A_p) = k_2(A_d + A_p)$$

$$\Rightarrow (k_1 - k_2)A_d = (k_1 + k_2)A_p \rightarrow \frac{A_p}{A_d} = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$$

$$r = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2} \xrightarrow{\text{Sustitusi ke}} 1 + r = t \xrightarrow{\text{diperoleh}} t = \frac{2k_1}{k_1 + k_2}$$

Mengingat $k = \frac{\omega}{v}$ dan untuk tali $Z = \frac{T_0}{v}$, maka

$$r = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad \text{dan} \quad t = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

Berkaitan dengan daya, dikenal besaran reflektansi (R) yakni perbandingan daya yang dipantulkan terhadap daya gelombang datang, dan transmitansi (T) yakni perbandingan daya yang ditransmisikan terhadap daya gelombang datang.

$$R = \frac{P_p}{P_d} = \frac{(A_p)^2}{(A_d)^2} \quad \longrightarrow \quad R = r^2$$

$$T = \frac{P_t}{P_d} = \frac{Z_2(A_t)^2}{Z_1(A_d)^2} \quad \longrightarrow \quad T = \frac{Z_2}{Z_1} t^2$$

Berdasarkan hukum kekekalan energi: $E_d = E_p + E_t$

$$1 = \frac{E_p}{E_d} + \frac{E_t}{E_d} \quad \longrightarrow \quad 1 = \frac{P_p}{P_d} + \frac{P_t}{P_d} \quad \longrightarrow \quad R + T = 1$$



Tinjau beberapa kasus khusus berikut:

a. Bila $Z_2 = Z_1$ maka $r = 0$ dan $t = 1$

Terjadi transmisi total

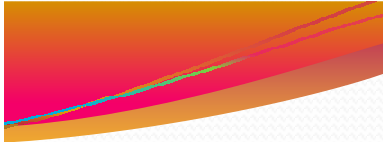
b. Bila $Z_2 \gg Z_1$ maka $r = -1$ dan $t = 0$

Terjadi pembalikan fase pada gelombang pantul

Persamaan gelombang pada medium 1 merupakan superposisi dari gelombang datang dan gelombang pantul

$$\psi_1 = A_d [\cos(k_1 x - \omega t) - \cos(k_1 x + \omega t)]$$

$$\psi_1 = 2A_d \sin(k_1 x) \sin(\omega t)$$



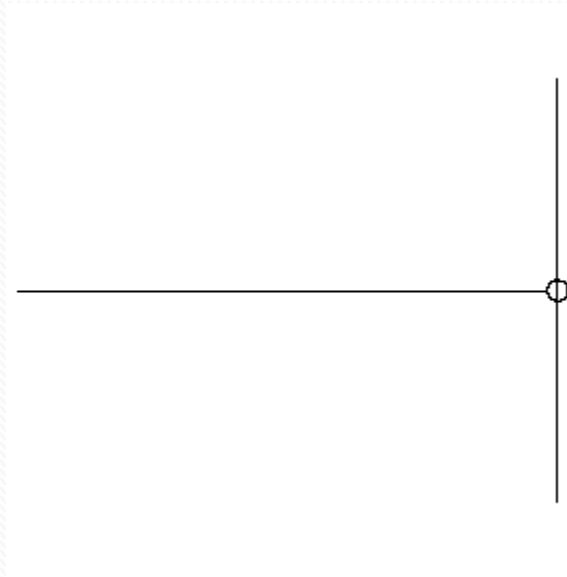
Dari persamaan di samping terlihat bahwa pemantulan total menghasilkan gelombang berdiri dengan amplitude $2A_d \sin(k_1 x)$, seperti pada tali dengan ujung terikat.

c. Bila $Z_2 \ll Z_1$ maka $r = 1$ dan $t = 2$

$$\psi_1 = A_d \cos(k_1 x - \omega t) + A_d \cos(k_1 x + \omega t)$$

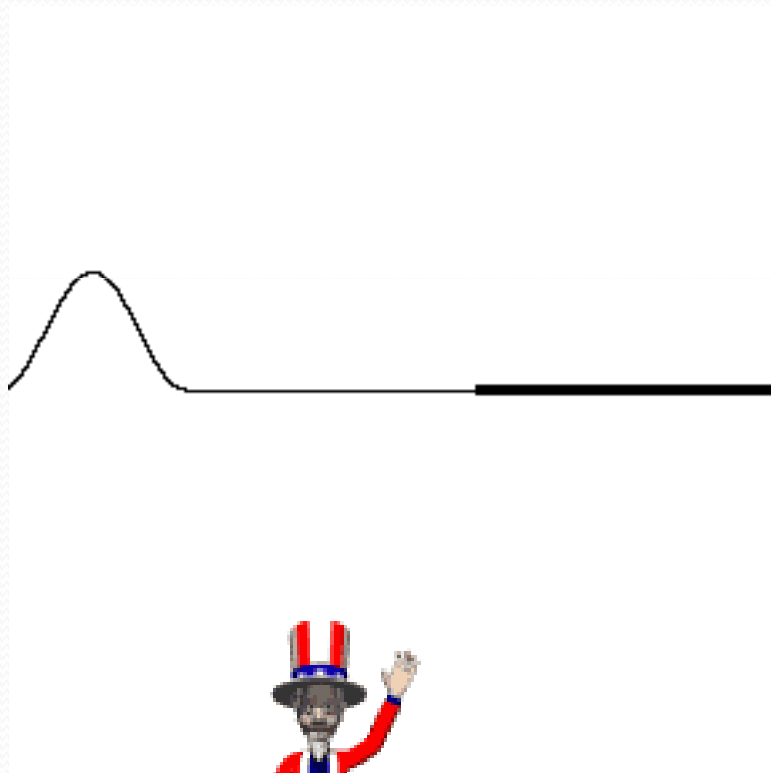
$$\psi_1 = 2A_d \cos(k_1 x) \cos(\omega t)$$

Dari persamaan ini terlihat bahwa pemantulan total menghasilkan gelombang berdiri dengan amplitudo $\psi_1 = 2A_d \cos(k_1 x)$ seperti pada tali dengan ujung bebas.



Tinjau kasus umum $Z_2 > Z_1$ dan $Z_2 < Z_1$ berikut:

$Z_2 > Z_1$ (maka $\rho_2 > \rho_1$)



$Z_2 < Z_1$ (maka $\rho_2 < \rho_1$)

