KINEMATIKA GELOMBANG

TOPIK 2

KULIAH GELOMBANG OPTIK

Bagian 2

ANDHY SETIAWAN

Sub Pokok Bahasan

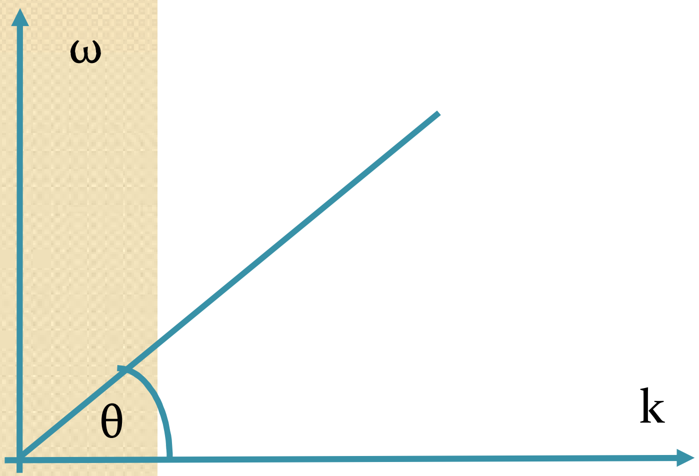
- Kecepatan Group dan Dispersi
- Efek Dopler
- Hukum Snellius

Kecepatan group dan dispersi

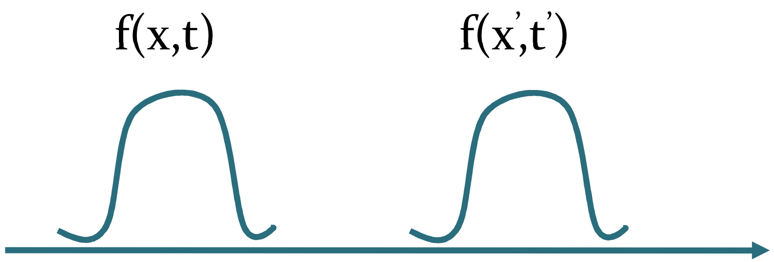
persamaan: $\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2\Psi}{\partial t^2} = 0$ Mempunyai cepat rambat $v=\omega/k$ yang konstan

Sehingga gelombangnya dinamakan gelombang non dispersif.

Grafiknya ditunjukan:



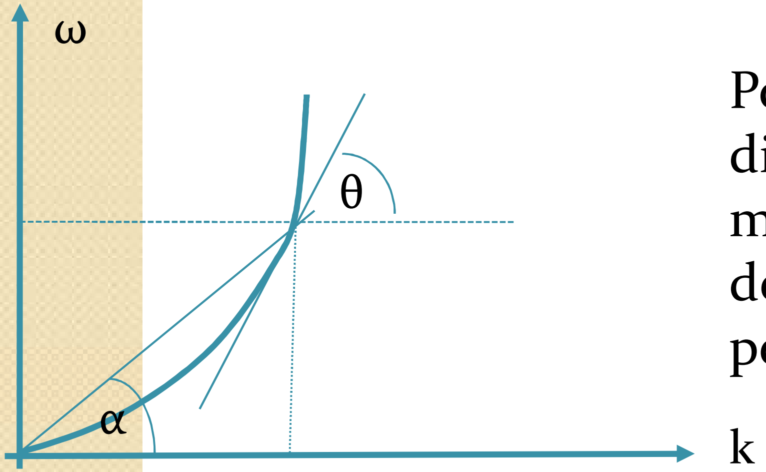
Gelombang ini akan merambat tanpa mengalami deformasi



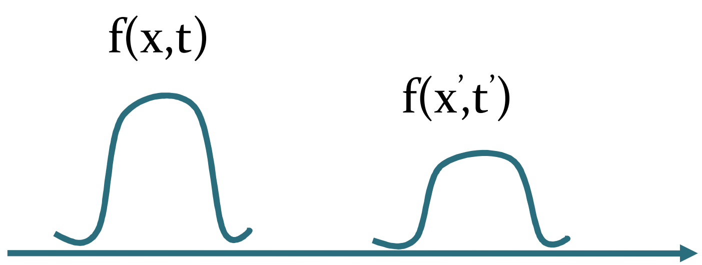
$v_g = \tan(\theta)$ $\quad v_g = d\omega/dk = \omega/k = v$

Untuk medium non dispersif: $\frac{dv}{dk} = 0$ Kecepatan fase sama dengan kecepatan grup

Untuk medium dispersif, hubungan antara ω dan *k* tidak linier, grafiknya:



Pola gelombang dispersif mengalami deformasi saat perambatannya



Dari gambar ini kita dapat tuliskan kecepatan grup pada k tertentu :

$v_g = \tan(\theta)$ ➡ $v_g = d\omega/dk$

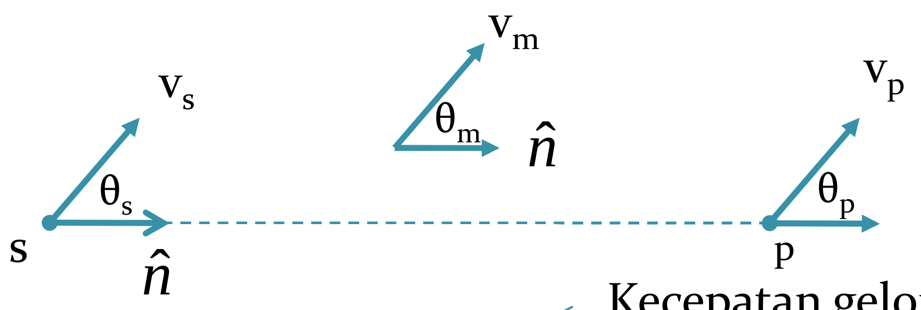
Kecepatan fasenya:

$$v_g \neq v$$

$v = \tan(\alpha)$ ➡ $v = \omega/k$

EFEK DOPLER

Efek Dopler adalah perbedaan frekuensi karena adanya <u>gerak relatif</u> antara sumber dengan pengamatnya.



Cepat rambat gelombang = v

Dalam kerangka acuan sumber:

Kecepatan gelombang u_s

Panjang gelombang λ_s

$$u_s = v - v_s \cos\theta_s + v_m \cos\theta_m$$

Dalam kerangka acuan pengamat:

Kecepatan gelombang u_p

Panjang gelombang λ_p

$$u_p = v - v_p \cos\theta_p + v_m \cos\theta_m$$

Karena panjang gelombang tidak bergantung pada kerangka acuan, maka:

$$\lambda_s = \lambda_p \longrightarrow \frac{u_s}{f_s} = \frac{u_p}{f_p} \longrightarrow f_p = \frac{u_p}{u_s} f_s$$

$$u_s = v - v_s \cos\theta_s + v_m \cos\theta_m$$

$$f_p = \frac{u_p}{u_s} f_s$$

$$u_p = v - v_p \cos\theta_p + v_m \cos\theta_m$$

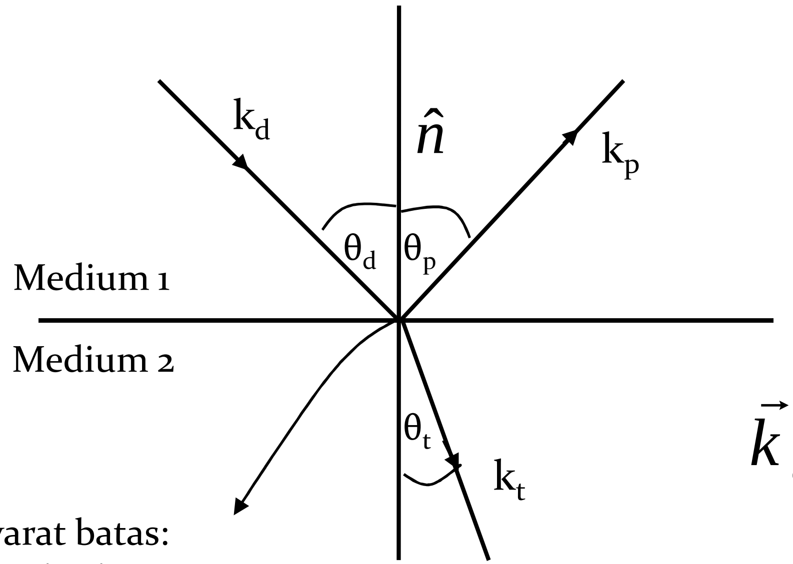
$$\boxed{f_p = \frac{v_m \cos\theta_m + v - v_p \cos\theta_p}{v_m \cos\theta_m + v - v_s \cos\theta_s} f_s}$$

Contoh kasus, bila sumber berada disebelah kiri pengamat dan bergerak saling mendekati, serta medium tidak bergerak, maka $v_m = 0$, $\theta_s = 0$, dan $\theta_p = \pi$. Sehingga persamaannya:

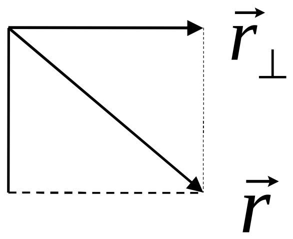
$$f_p = \frac{v + v_p}{v - v_s} f_s$$

Hukum snellius

- Sinar datang, sinar pantul, sinar bias, garis normal terletak pada satu bidang datar.
- $\theta_d = \theta_p$
- $\dfrac{\sin\theta_d}{\sin\theta_t} = \alpha \quad ; \alpha = \text{konstanta}$



Syarat batas:
kontinuitas



$$\vec{r}_\perp = \hat{n} \times (\vec{r} \times \hat{n})$$

$$\vec{k}_d \bullet \vec{r}_\perp = \vec{k}_p \bullet \vec{r}_\perp = \vec{k}_t \bullet \vec{r}_\perp$$

$$\vec{k}_d \bullet (\hat{n}\times(\vec{r}\times\hat{n})) = \vec{k}_p \bullet (\hat{n}\times(\vec{r}\times\hat{n})) = \vec{k}_t \bullet (\hat{n}\times(\vec{r}\times\hat{n}))$$

$$(\vec{r}\times\hat{n})\bullet(\vec{k}_d\times\hat{n}) = (\vec{r}\times\hat{n})\bullet(\vec{k}_p\times\hat{n}) = (\vec{r}\times\hat{n})\bullet(\vec{k}_t\times\hat{n})$$

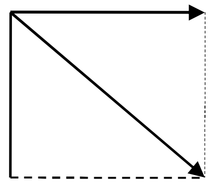
Maka:

$$(\vec{k}_d\times\hat{n}) = (\vec{k}_p\times\hat{n}) = (\vec{k}_t\times\hat{n})$$

$$(\vec{k}_d\times\hat{n}) = \left|\vec{k}_d\right| \sin\theta_d = k_d \sin\theta_d$$

$$(\vec{k}_p\times\hat{n}) = k_p \sin\theta_p$$

$$(\vec{k}_t\times\hat{n}) = k_t \sin\theta_t$$



$$\vec{r}_\perp = \hat{n}\times(\vec{r}\times\hat{n})$$

$$\vec{k}_d \bullet \vec{r}_\perp = \vec{k}_p \bullet \vec{r}_\perp = \vec{k}_t \bullet \vec{r}_\perp$$

 # Dari hubungan $(\vec{k}_d\times\hat{n}) = (\vec{k}_p\times\hat{n})$

$k_d \sin\theta_d = k_p \sin\theta_p$ ⇨ Karena berada pada medium yang sama, $k_d = k_p$ maka:

$$\boldsymbol{\theta_d = \theta_p}$$

Dari hubungan $\left(\vec{k}_d \times \hat{n}\right) = \left(\vec{k}_t \times \hat{n}\right)$

$k_d \sin\theta_d = k_t \sin\theta_t$

$$\frac{\sin\theta_d}{\sin\theta_t} = \frac{k_t}{k_d} = \frac{\omega/v_2}{\omega/v_1} = \frac{c/v_2}{c/v_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin\theta_d}{\sin\theta_t} = \frac{n_2}{n_1}$$

\# $\left(\vec{k}_d \times \hat{n}\right) = \left(\vec{k}_p \times \hat{n}\right)$

$$\vec{k}_p \bullet \left(\vec{k}_d \times \hat{n}\right) = \vec{k}_p \bullet \left(\vec{k}_p \times \hat{n}\right)$$

$$\vec{k}_p \bullet \left(\vec{k}_d \times \hat{n}\right) = 0$$

Maka:

$$\left(\vec{k}_d \times \hat{n}\right) \perp \vec{k}_p$$

$\left(\vec{k}_d \times \hat{n}\right)$ ➡ Kedua vektor membentuk suatu bidang

Hasilnya vektor yang tegak lurus bidang tsb.

Vektor tsb tegak lurus k_p, maka k_p terletak pada bidang itu.

Kesimpulannya: k_d, k_p, dan n terletak pada satu bidang datar.

Dengan cara yang sama. $\vec{k}_t \bullet \left(\vec{k}_d \times \hat{n}\right) = \vec{k}_t \bullet \left(\vec{k}_t \times \hat{n}\right) \Rightarrow \vec{k}_t \bullet \left(\vec{k}_d \times \hat{n}\right) = 0$

Kesimpulannya: k_d, k_t, dan n terletak pada satu bidang datar.

Jadi: k_d, k_p, k_t, dan n terletak pada satu bidang datar.