

## GELOMBANG

### PENGERTIAN GELOMBANG.

Gejala mengenai gerak gelombang banyak kita jumpai sehari-hari. Kita tentu mengenal gelombang yang dihasilkan oleh sebuah benda yang dijatuhkan ke dalam air, sebab hal itu mudah kita amati.

Di dalam perambatannya ada gelombang yang memerlukan medium perantara, misalnya gelombang air, gelombang bunyi. Tetapi ada juga yang tidak memerlukan medium perantara, misalnya gelombang cahaya dan gelombang elektromagnet.

Di dalam bab ini dibahas hanyalah gelombang di dalam medium yang lenting yang disebut : ***Gelombang Mekanis.***

Karena sifat kelentingan dari medium maka gangguan keseimbangan ini dirambatkan ketitik lainnya.

Jadi gelombang adalah usikan yang merambat dan gelombang yang bergerak akan merambatkan energi (tenaga).

Sifat umum gelombang , antara lain :

- a. dapat dipantulkan (refleksi)
- b. dapat dibiaskan (refraksi)
- c. dapat dipadukan (interferensi)
- d. dapat dilenturkan (defraksi)
- e. dapat dipolarisasikan (diserap arah getarnya)

Berdasarkan arah getaran partikel terhadap arah perambatan gelombang dapat dibedakan menjadi ***Gelombang Transversal*** dan ***Gelombang Longitudinal.***

***Gelombang Transversal*** ialah gelombang yang arah perambatannya tegak lurus pada arah getaran partikel.

misalnya : gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang elektromagnetik.

***Gelombang Longitudinal*** ialah gelombang yang arah perambatannya searah dengan arah getaran partikel.

misalnya : gelombang pada pegas, gelombang bunyi.

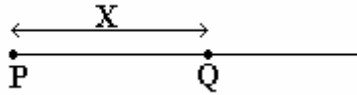
### PANJANG GELOMBANG

Bila sebuah partikel yang bergetar menggetarkan partikel-partikel lain yang berada disekitarnya, berarti getaran itu merambat. Getaran yang merambat disebut ***Gelombang Berjalan.***

Jarak yang ditempuh getaran dalam satu periode disebut **Panjang Gelombang (  $\lambda$  )**.  
 Bila cepat rambat gelombang  $V$  dan periode getarannya  $T$  maka :

$$\lambda = v.T \text{ atau } \lambda = \frac{V}{f}$$

**PERSAMAAN GELOMBANG BERJALAN.**



Dari titik P merambat getaran yang amplitudonya  $A$ , periodenya  $T$  dan cepat rambat getarannya  $v$ . Bila titik P telah bergetar  $t$  detik, simpangannya :

$$y_p = A \sin \omega t = A \sin \frac{2\pi t}{T}$$

Dari P ke Q yang jaraknya  $x$  getaran memerlukan  $\frac{x}{v}$  detik, jadi ketika P telah bergetar  $t$  detik, titik Q baru bergetar  $( t - \frac{x}{v} )$  detik. Simpangan Q saat itu :

$$y_Q = A \sin \frac{2\pi}{T} ( t - \frac{x}{v} )$$

Jadi persamaan gelombang berjalan adalah :

$$y = A \sin 2\pi ( \frac{t}{T} - \frac{x}{v} )$$

Perbedaan phase antara titik P dan Q adalah :

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{T} - \frac{2\pi (t - \frac{x}{v})}{T} \qquad \Delta\phi = \frac{2\pi x}{\lambda}$$

Bila getaran itu merambat dari kanan ke kiri dan P telah bergetar  $t$  detik, maka simpangan titik Q :

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

**PEMANTULAN GELOMBANG BERJALAN.**

Titik P digerakkan ke atas dan kembali ke titik seimbang. karenanya dari P merambat gunung gelombang menuju Q. Bila Q ujung terikat, ternyata yang dipantulkan adalah lembah gelombang.

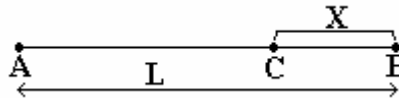
Jadi oleh ujung terikat gunung gelombang dipantulkan sebagai lembah gelombang, phase gelombang terpantul berupa setengah. Tetapi bila Q ujung yang bebas, yang dipantulkan adalah gunung gelombang.

Kesimpulan : Pada ujung terikat phase gelombang terpantul berubah  $\frac{1}{2}$ , sedangkan pada pemantulan diujung bebas phase gelombang terpantul tidak berubah.

**PERSAMAAN GELOMBANG STASIONER.**

Pada proses pantulan gelombang, terjadi gelombang pantul yang mempunyai amplitudo dan frekwensi yang sama dengan gelombang datangnya, hanya saja arah rambatannya yang berlawanan. hasil interferensi (perpaduan) dari kedua gelombang tersebut disebut *Gelombang Stasioner Atau Gelombang Diam.*

**PADA UJUNG BEBAS.**



Selisih phase gelombang datang dan gelombang pantul di ujung bebas adalah 0, jadi  $\Delta\phi = 0$

Ini berarti bahwa phase gelombang datang sama dengan phase gelombang pantul. Jika L adalah panjang tali dan x adalah jarak titik C yang teramati terhadap titik pantul pada ujung bebas, yaitu titik B. Jika A digetarkan, maka persamaan simpangan di A adalah

$$y_A = A \sin \frac{2\pi}{T} t_A$$

Titik C yang berjarak x dari ujung bebas B, mengalami getaran gelombang dari :

Gelombang datang : yaitu apabila A telah bergetar t detik, maka tentulah C menggetar kurang dari t detik, selisih waktu tersebut adalah sebesar  $\frac{L-x}{v}$ , sehingga  $t_{c1} = t - \frac{L-x}{v}$

dan persamaan di C menjadi :

$$y_{c1} = A \sin \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{L-x}{v} \right)$$

$$y_{c1} = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L-x}{v.T} \right)$$

$$y_{c1} = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L-x}{\lambda} \right) \text{ sebab } v \cdot T = \lambda$$

Gelombang pantul : Rambatan gelombang telah menempuh jarak  $L + x$ , sehingga beda waktunya menjadi  $\frac{L+x}{v}$  detik, maka  $t_{C2} = ( t - \frac{L+x}{v} )$  detik.

Maka persamaan simpangan di C menjadi :

$$y_{C2} = A \sin \frac{2\pi}{T} ( t - \frac{L+x}{v} )$$

$$y_{C2} = A \sin 2\pi ( \frac{t}{T} - \frac{L+x}{v.T} )$$

$$y_{C2} = A \sin 2\pi ( \frac{t}{T} - \frac{L+x}{\lambda} )$$

Hasil superposisi kedua gelombang adalah :  $y_C = y_{C1} + y_{C2}$  jadi :

$$y_C = A \sin \frac{2\pi}{T} ( t - \frac{L-x}{v} ) + A \sin \frac{2\pi}{T} ( t - \frac{L+x}{v} )$$

$$y_C = A \{ \sin \frac{2\pi}{T} ( t - \frac{L-x}{v} ) + \sin \frac{2\pi}{T} ( t - \frac{L+x}{v} ) \}$$

$$y_C = A \cdot 2 \sin 2\pi \cdot \frac{1}{2} ( \frac{2t}{T} - \frac{2L}{\lambda} ) \cos 2\pi \cdot \frac{1}{2} ( \frac{2x}{\lambda} )$$

$$y_C = 2A \cos 2\pi ( \frac{x}{\lambda} ) \sin 2\pi ( \frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} )$$

Persamaan di atas dapat dianggap sebagai persamaan getaran selaras dengan amplitudo  $2A \cos 2\pi ( \frac{x}{\lambda} )$  dan tergantung dari tempat titik yang diamati. Dari ungkapan  $2A \cos 2\pi ( \frac{x}{\lambda} )$  sebagai amplitudo tidak tergantung dari pada waktu. Oleh karena pada simpul nilai amplitudo adalah nol dan lagi tidak merupakan fungsi dari pada waktu (t), maka :

$$2A \cos 2\pi ( \frac{x}{\lambda} ) = 0 \text{ sehingga :}$$

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

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

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

Dengan ungkapan ini terbukti, bahwa jarak simpul ke titik pantul bebas adalah :  $(2n + 1)\frac{1}{4}\lambda$

Jarak antara dua simpul berturut-turut adalah :

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

$$(2n + 3)\frac{1}{4}\lambda - (2n + 1)\frac{1}{4}\lambda = 2 \cdot \frac{1}{4}\lambda = \frac{1}{2}\lambda$$

Tempat-tempat yang menyatakan perut mempunyai harga amplitudo yang maksimal, jadi :

$$2A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} = \text{maksimal}$$

$$\cos 2\pi \frac{x}{\lambda} = / \pm 1 /$$

$$2\pi \frac{x}{\lambda} = n\lambda$$

$$2x = n\lambda$$

$$x = \frac{1}{2}n\lambda$$

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

Jadi terbukti pula, bahwa jarak perut ke titik pantul bebas adalah bilangan genap kali  $\frac{1}{2}$  panjang gelombang atau  $2n \times \frac{1}{4}\lambda$  .

### UJUNG TERIKAT (UJUNG TETAP)

Dititik pantul yang tetap gelombang datang dan gelombang pantul berselisih phase  $\frac{1}{2}$ , atau gelombang pantul berlawanan dengan phase gelombang datang ( $\Delta\phi = \frac{1}{2}$ ). datang

Jadi A digetarkan transversal maka  $y_A = A \sin 2\frac{t}{T}$

Jika titik C yang kita amati, maka bagi gelombang yang datang dari kiri (gelombang datang) waktu menggetarnya C, yaitu  $t_C$  terhadap waktu menggetarnya A, yaitu  $t_A = t$  detik berbeda  $\frac{L-x}{v}$  detik, sehingga  $t_C = t - \frac{L-x}{v}$ . Jadi :

$$y_{C1} = A \sin \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{L-x}{v} \right)$$

$$y_{C1} = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L-x}{v.T} \right)$$

$$y_{C1} = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L-x}{\lambda} \right)$$

Bagi gelombang pantul yang datang dari kanan waktu getar C berselisih  $\frac{L+x}{v}$  detik dan fasenya berselisih  $\frac{1}{2}$ , atau  $\pi$ , sehingga :

$$y_{C2} = A \sin 2\pi \left( t - \frac{L+x}{\lambda} + \pi \right)$$

$$y_{C2} = -A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L+x}{\lambda} \right)$$

Maka hasil superposisi gelombang datang dan gelombang pantul oleh ujung terikat adalah :

$$y_C = y_{C1} + y_{C2}$$

Jadi :

$$y_C = A \sin 2\pi \left( t - \frac{L-x}{\lambda} \right) - A \sin 2\pi \left( t - \frac{L+x}{\lambda} \right)$$

$$y_C = A \left\{ \sin 2\pi \left( t - \frac{L-x}{\lambda} \right) - \sin 2\pi \left( t - \frac{L+x}{\lambda} \right) \right\}$$

$$y_C = A \cdot 2 \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right) \cdot \sin 2\pi \frac{x}{\lambda}$$

$$y_C = 2A \sin 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} \right) \cdot \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right)$$

Ungkapan ini dapat diartikan sebagai persamaan getaran selaras dengan amplitudo  $= 2A \sin 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} \right)$ , yang ternyata tak tergantung pada t, oleh karena itu simpul mempunyai amplitudo 0 (nol) dan tidak tergantung dari pada waktu (t), maka untuk :

$$2A \sin 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} \right) = 0$$

$$2\pi \left( \frac{x}{\lambda} \right) = n\lambda$$

$$2x = n\lambda$$

$$x = \frac{1}{2}n \cdot \lambda$$

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

Jadi terbukti pula, bahwa jarak simpul ke titik pantul tetap adalah bilangan genap kali  $\frac{1}{4}$  panjang gelombang atau  $2 \cdot n \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda$  jarak antara dua simpul berturut-turut adalah :

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

Tempat perut menunjukkan simpangan yang maksimal, jadi :

$$2A \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} = \text{maksimal}$$

$$\sin 2\pi \frac{x}{\lambda} = / \pm 1 /$$

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

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

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

Disini terlihat pula, bahwa jarak perut ke titik pantul tetap adalah bilangan ganjil kali  $\frac{1}{2}$  panjang gelombang dan harga maksimum simpangan (amplitudo) gelombang stasioner adalah dua kali amplitudo gelombang yang menimbulkan interferensi.

Jarak antara simpul dengan perut yang terdekat adalah :

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

Sedangkan jarak antara dua perut yang berturut-turut adalah :

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

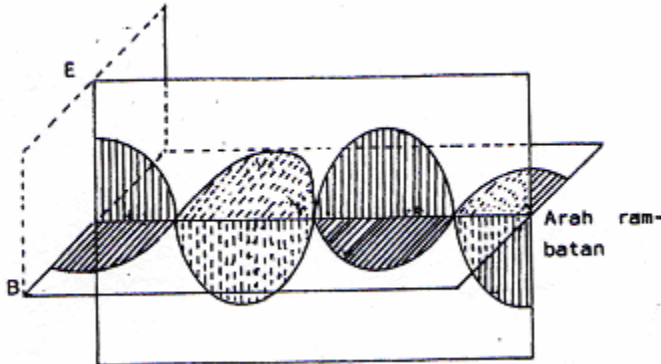
## **GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**

Bila dalam kawat PQ terjadi perubahan-perubahan tegangan baik besar maupun arahnya, maka dalam kawat PQ elektron bergerak bolak-balik, dengan kata lain dalam kawat PQ terjadi getaran listrik. Perubahan tegangan menimbulkan perubahan medan listrik dalam ruangan disekitar kawat, sedangkan perubahan arus listrik menimbulkan perubahan medan magnet. Perubahan medan

listrik dan medan magnet itu merambat ke segala jurusan. Karena rambatan perubahan medan magnet dan medan listrik secara periodik maka rambatan perubahan medan listrik dan medan magnet lazim disebut : GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK.

Percobaan-percobaan yang teliti membawa kita pada kesimpulan :

1. Pola gelombang elektromagnetik sama dengan pola gelombang transversal dengan vektor perubahan medan listrik tegak lurus pada vektor perubahan medan magnet.



2. Gelombang elektromagnetik menunjukkan gejala-gejala :  
Pemantulan, pembiasan, difraksi, polarisasi seperti halnya pada cahaya.
3. Diserap oleh konduktor dan diteruskan oleh isolator.

Gelombang elektromagnetik lahir sebagai paduan daya imajinasi dan ketajaman akal pikiran berlandaskan keyakinan akan keteraturan dan kerapian aturan-aturan alam.

Hasil-hasil percobaan yang mendahuluinya telah mengungkapkan tiga aturan gejala kelistrikan :

- Hukum Coulomb : Muatan listrik menghasilkan medan listrik yang kuat.
- Hukum Biot-Savart : Aliran muatan (arus) listrik menghasilkan medan magnet disekitarnya.
- Hukum Faraday : Perubahan medan magnet (B) dapat menimbulkan medan listrik (E).

Didorong oleh keyakinan atas keteraturan dan kerapian hukum-hukum alam, Maxwell berpendapat :

Masih ada kekurangan satu aturan kelistrikan yang masih belum terungkap secara empirik.

Jika perubahan medan magnet dapat menimbulkan perubahan medan listrik maka perubahan medan listrik pasti dapat menimbulkan perubahan medan magnet, demikianlah keyakinan Maxwell.



Dengan pengetahuan matematika yang dimilikinya, secara cermat Maxwell membangun teori yang dikenal sebagai teori gelombang elektromagnetik. Baru setelah bertahun-tahun Maxwell tiada, teorinya dapat diuji kebenarannya melalui percobaan-percobaan. Menurut perhitungan secara teoritik, kecepatan gelombang elektromagnetik hanya bergantung pada permitivitas ( $\epsilon_0$ ) dan permeabilitas ( $\mu_0$ ).

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Dengan memasukkan  $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9} \cdot 10^{-9} \frac{C}{Nm^2}$  dan  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{weber}{A.m}$

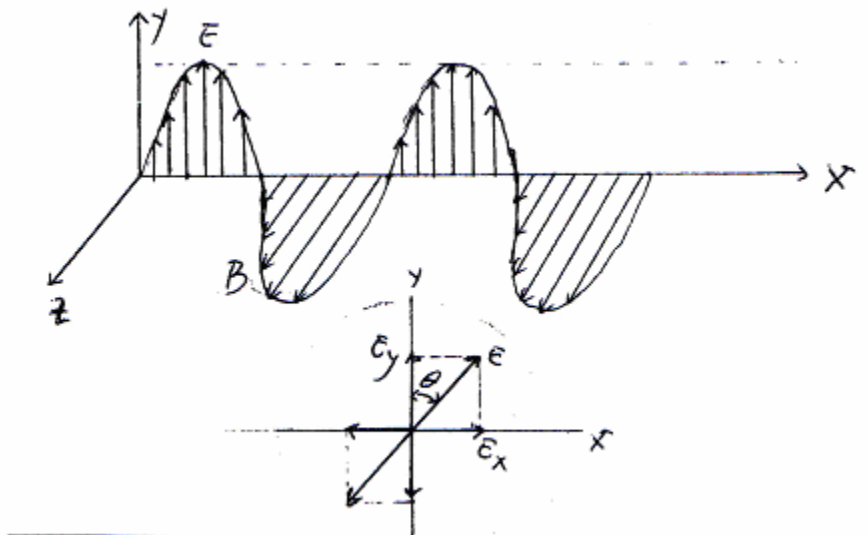
Diperoleh nilai  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, nilai yang sama dengan kecepatan cahaya.

Oleh sebab itu Maxwell mempunyai cukup alasan untuk menganggap cahaya adalah Gelombang Elektromagnetik.

Oleh karena itu konsep gelombang elektromagnetik ini merupakan penyokong teori HUYGENS tentang cahaya sebagai gerak gelombang.

**INTENSITAS GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK.**

Energi rata-rata per satuan luas yang dirambatkan oleh gelombang elektromagnetik disebut dengan **intensitas gelombang elektromagnetik**. Intensitas tersebut sebanding dengan harga maksimum medan magnet (B) dan sebanding pula dengan harga maksimum medan listriknya (E).



## GELOMBANG

10

Kedua medan listrik dan medan magnet tersebut saling tegak lurus, merambat ke arah sumbu X.

Kedua gelombang tersebut dapat dituliskan menjadi :

$$E_y = E_0 \sin (kx - \omega t)$$

$$E_z = B_0 \sin (kx - \omega t)$$

Intensitas gelombang elektromagnetik dituliskan menjadi :

$$s = \frac{E_y \cdot B_z}{\mu_0}$$

$$s = \frac{E_0 \cdot B_0}{\mu_0} \sin^2 (kx - \omega t)$$

Jadi hanya intensitas (s) tergantung dari  $\sin^2 (kx - \omega t)$ , s akan berharga maksimum bila harga  $\sin^2 (kx - \omega t) = 1$ , atau

$$s_{\text{maks}} = \frac{E_0 \cdot B_0}{\mu_0} \quad , \text{atau}$$

$$s_{\text{maks}} = \frac{E_{\text{maks}} \cdot B_{\text{maks}}}{\mu_0}$$

Sedangkan s akan berharga minimum bila harga  $\sin^2 (kx - \omega t)$  adalah nol. Jadi intensitas rata-rata ( $\bar{s}$ ) adalah :

$$\bar{s} = \frac{s_{\text{maks}} + s_{\text{min}}}{2}$$

$$\bar{s} = \frac{E_{\text{maks}} + B_{\text{maks}}}{2\mu_0}$$

Selain itu  $\bar{s}$  juga dapat dituliskan menjadi :

$$\bar{s} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2 c$$

Karena : 1)  $E_0 = c B_0$  ;  $E_0 = E_{\text{maks}}$  dan  $B_0 = B_{\text{maks}}$

$$2) c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

Nilai  $\bar{s}$  juga dapat dituliskan dalam bentuk :

$$\bar{s} = \frac{E_0^2}{2c\mu_0}$$

Gejala gelombang elektromagnetik baru dapat ditunjukkan beberapa tahun setelah Maxwell meninggal oleh : H.R. Hertz.

**INTERFERENSI DAN DIFRAKSI.**

**1. Interferensi Cahaya.**

**Definisi** : Perpaduan dua atau lebih sumber cahaya sehingga menghasilkan keadaan yang lebih terang (interferensi maksimum) dan keadaan yang gelap (interferensi minimum).

**Syarat** : Cahaya tersebut harus koheren.

**Koheren** : Dua sumber cahaya atau lebih yang mempunyai frekwensi, amplitudo dan beda fase yang tetap.

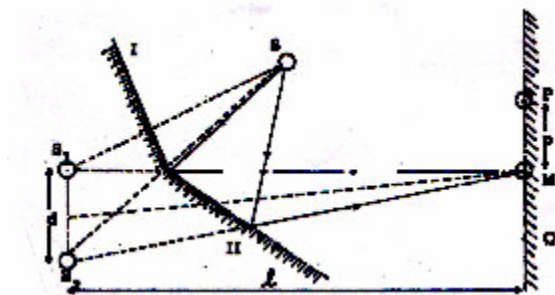
Untuk mendapatkan cahaya koheren dapat digunakan beberapa metode :

- a. Percobaan cermin Fresnell.
- b. Percobaan Young.
- c. Cincin Newton.
- d. Interferensi cahaya pada selaput tipis.

Ada dua macam interferensi cahaya :

- i. Interferensi maksimum : Pada layar didapatkan garis terang apabila beda jalan cahaya antara celah merupakan bilangan genap dari setengah panjang gelombang.
- ii. Interferensi minimum : Pada layar didapatkan garis gelap apabila beda jalan antara kedua berkas cahaya merupakan bilangan ganjil dari setengah panjang gelombang.

**a. Percobaan Cermin Fresnell.**



## GELOMBANG

12

Fresnell menggunakan dua cermin datar yang ujung-ujungnya diletakkan satu sama lain sehingga membentuk sebuah sudut yang mendekati  $180^0$ .

Sinar dari S dipantulkan oleh cermin I seolah-olah berasal dari  $S_1$  dan oleh cermin II seolah-olah  $S_2$ .

Bila P adalah garis gelap ke k di sebelah M, maka :

$$\frac{p \cdot d}{l} = (2k-1) \frac{1}{2} \lambda$$

Bila P adalah garis terang ke k setelah garis terang pusat M, maka :

$$\frac{p \cdot d}{l} = (2k) \frac{1}{2} \lambda$$

Untuk  $k = 1, 2, 3, \dots, n$

Keterangan :

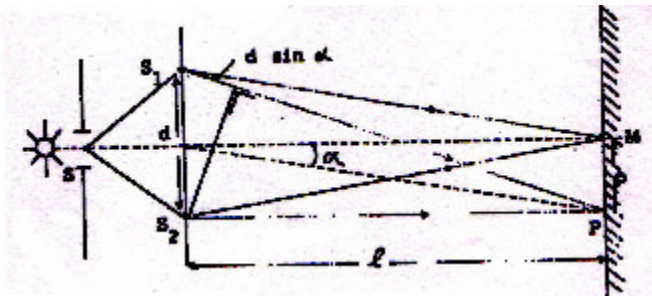
$p$  = Jarak terang pusat ke garis gelap pada layar (PM).

$d$  = Jarak antara sumber cahaya ( $S_1$  dan  $S_2$ ).

$l$  = Jarak sumber cahaya ke layar.

$\lambda$  = Panjang gelombang cahaya yang dipergunakan..

### b Percobaan Young.



Sumber cahaya yang monokromatik dilewatkan suatu celah yang sempit S kemudian diteruskan melalui celah  $S_1$  dan  $S_2$ .

$S_1$  dan  $S_2$  berlaku sebagai dua buah sumber cahaya garis yang sejajar dan koheren yang baru.

Penyelesaian yang berlaku sama halnya dengan percobaan cermin Fresnell.

$$d \sin \alpha = (2k-1) \frac{1}{2} \lambda \quad \text{Untuk min/gelap}$$

$$d \sin \alpha = (2k) \frac{1}{2} \lambda$$

Untuk max/terang

Karena  $\alpha$  kecil sekali maka  $\sin \alpha \approx \frac{p}{l}$ , sehingga :

$$\frac{p \cdot d}{l} = (2k-1) \frac{1}{2} \lambda$$

Untuk min/gelap

$$\frac{p \cdot d}{l} = (2k) \frac{1}{2} \lambda$$

Untuk max/terang

Harga  $k = 1, 2, 3, 4, \dots, n$

Keterangan :

- S = Sumber utama yang koheren.
- $S_1$  = Sumber koheren 1
- $S_2$  = Sumber koheren 2
- d = Jarak antara sumber  $S_1$  dan  $S_2$ .
- p = Jarak interferensi.
- l = Jarak antara sumber dan layar.

**CONTOH SOAL 7**

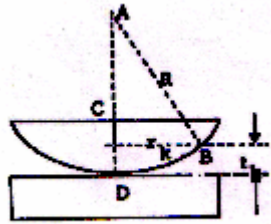
Dalam percobaan interferensi menurut Young digunakan dua celah yang berjarak 1 mm ditempatkan sejauh 200 cm dari sebuah layar. Apabila jarak garis terang ketiga dan garis gelap kedua adalah 1,68 mm. Hitunglah panjang gelombang yang digunakan.

$$p_{t3} - p_{g2} = 1,68 \quad \frac{2k(\frac{1}{2} \lambda)l}{d} - \frac{(2k-1)(\frac{1}{2} \lambda)l}{d} = 1,68$$

$$\frac{2.3(\frac{1}{2} \lambda)2000}{1} - \frac{(2.2-1)(\frac{1}{2} \lambda)2000}{1} = 1,68$$

$$\lambda = \frac{1,68 \cdot 10^{-3}}{3}$$

$$3\lambda \cdot 10^{-3} = 1,68 \quad \lambda = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ mm} = 5.600 \text{ \AA}$$

c Cincin Newton.

Bila cahaya dijatuhkan pada susunan lensa plankonveks yang diletakkan diatas kaca, karena diantara lensa dan kaca terdapat lapisan udara yang bertindak sebagai selaput tipis, cahaya tersebut akan mengalami interferensi. Bila cahaya yang dijatuhkan berupa cahaya monokromatik, maka di permukaan datar lensa plankonveks terlihat cincin gelap (minimum) dan terang (maksimum). Tetapi bila yang dijatuhkan sinar polikromatik akan terlihat cincin berwarna. Cincin yang terlihat ini dinamakan cincin Newton.

Untuk menentukan gelap dan terang digunakan rumus :

Terang (max) : $r_k^2 = \frac{1}{2} R(2k + 1) \lambda$ Gelap (min) : $r_k^2 = R(k) \lambda$ Harga $k = 0,1,2,3,\dots n$
---

**CONTOH SOAL 8**

Berkas sejajar sinar kuning datang pada permukaan datar dan lensa plankonveks dengan arah tegak lurus ternyata lingkaran gelap cincin newton yang kesepuluh 6 mm jika digunakan panjang gelombang 6000 A, hitunglah jari-jari cincin gelap Newton yang ke-40.

$$r_n^2 = R (2k) \frac{1}{2} \lambda$$

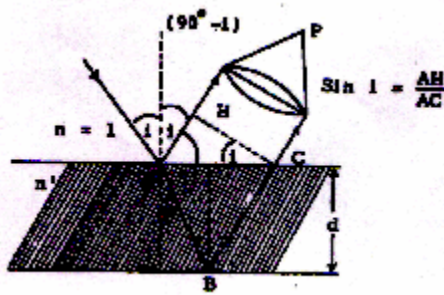
$$(6.10^{-3})^2 = R(2.10) \frac{1}{2} 6.000.10^{-10}$$

$$R = 6.10^{-3} \text{ meter}$$

$$r_{40} = \sqrt{6.10^{-3} (2.40) \frac{1}{2} 6.000.10^{-10}}$$

$$r_{40} = 12.10^{-5} \text{ meter} = 12 \text{ mm}$$

**d. Interferensi Pada Lapisan Tipis.**



Cahaya mengenai lapisan tipis dengan sudut datang  $i$  maka :

- Sebagian dipantulkan langsung (gambar garis H) dan dilewatkan pada sebuah lensa positif dan difokuskan di P.
- Sebagian dibiaskan, yang akan dipantulkan kembali ke permukaan yang dilewatkan pada sebuah lensa positif (gambar garis C) sehingga difokuskan di P.
- Berkas cahaya di P merupakan hasil interferensi berkas cahaya yang dipantulkan langsung (H), dan berkas cahaya yang mengalami pembiasan dahulu, kemudian baru dipantulkan (C).

Dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat pada peristiwa :

- \* Warna-warna cahaya yang dipantulkan oleh buih sabun.
- \* Warna-warna cahaya yang dipantulkan oleh lapisan minyak di atas permukaan air.

**RUMUS.**

1. Selisih jalan yang dilalui oleh berkas cahaya (H) dan Cahaya (C) adalah :

$$X = n_2 (AB+BC) - n_1 (AH) = 2 n_2 d \cos r$$

2. Interferensi maksimum (terang)

Titik P akan merupakan titik terang jika :

$$2 n_2 d \cos r = (2k + 1) \frac{1}{2} \lambda$$

3. Interferensi minimum (gelap)

Titik P akan merupakan titik gelap jika :

$$2 n_2 d \cos r = (2k) \frac{1}{2} \lambda$$

**CONTOH SOAL 9**

Keping gelas dengan ketebalan 0,4 mikrometer disinari cahaya polikromatik dengan arah tegak lurus pada keping. Indeks bias kaca 1,5, jika panjang gelombang cahaya tampak  $\lambda$  dan  $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ , maka hitunglah panjang gelombang cahaya tampak yang dipantulkan terang sekali.

$$2n'd \cos r = (2k - 1) \frac{1}{2} \lambda$$

$$2 \cdot 1,5 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} = (2 \cdot 3 - 1) \frac{1}{2} \lambda$$

$$\lambda = 0,48 \cdot 10^{-6} \text{ meter} = 480 \text{ nm}$$

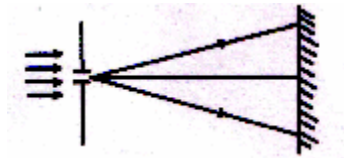
2. Difraksi Cahaya (Lenturan Cahaya).

**Definisi :** Peristiwa pembelokan arah sinar jika sinar tersenut mendapat halangan.

Penghalang yang dipergunakan biasanya berupa kisi, yaitu celah sempit.

Macam-macam difraksi (lenturan cahaya).

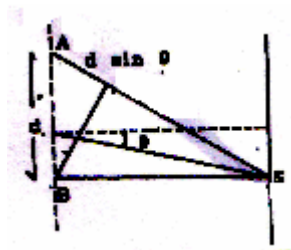
**a Difraksi Pada Celah Tunggal.**



Seberkas cahaya dilewatkan pada celah sempit, cahaya yang keluar di belakang celah akan menjalar dengan arah seperti pada gambar.

Disini terlihat bahwa cahaya selain diteruskan juga dibelokkan.

Difraksi Juga Akan Menimbulkan Interferensi.





## GELOMBANG

17

Hal ini dapat kita kembali pada percobaan Young.

Selisih beda lintasan sinar SA dan SB dapat ditulis  $SA - SB = d \sin \nu$

Oleh karena itu interferensi maksimum (garis terang) terjadi :

$$SA - SB = (2k + 1) \frac{1}{2} \lambda$$

atau

$$d \sin \nu = (2k + 1) \frac{1}{2} \lambda$$

Interferensi minimum (garis gelap) terjadi :

$$SA - SB = (2k) \frac{1}{2} \lambda$$

atau

$$d \sin \nu = (2k) \frac{1}{2} \lambda$$

Keterangan :

d = Lebar celah

$\nu$  = Sudut deviasi (difraksi)

k = Orde difraksi (0,1,2,3,...n)

$\lambda$  = Panjang gelombang cahaya yang dipakai.

### b Difraksi Pada Kisi.

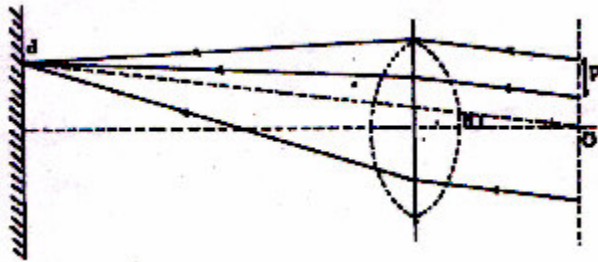
Kisi adalah kepingan kaca yang digores, menurut garis sejajar sehingga dapat bekerja sebagai celah yang banyak jumlahnya.

Jika N menyatakan banyak garis per satuan panjang (misal cm) maka tetapan kisi adalah kebalikan dari N.

$$d = \frac{1}{N}$$

Cahaya yang lewat pada kisi dilewatkan lagi pada lensa positif, kemudian baru mengenai layar.

Gambar.



Bila titik P pada layar terlihat garis terang, maka :

$$d \sin \theta = 2n \cdot \frac{1}{2} \lambda$$

Bila titik P pada layar terlihat garis gelap, maka :

$$d \sin \theta = (2n + 1) \cdot \frac{1}{2} \lambda$$

Harga n adalah : 0,1,2,3,4,...n.

Ada 2 macam bentuk difraksi yang perlu diketahui, yaitu :

- Difraksi Fraunhofer : Bila benda dan layar terletak pada jarak tak terhingga.
- Difraksi Fresnell : Bila benda/layar atau keduanya terletak pada jarak berhingga dari celah.

**CONTOH SOAL 10**

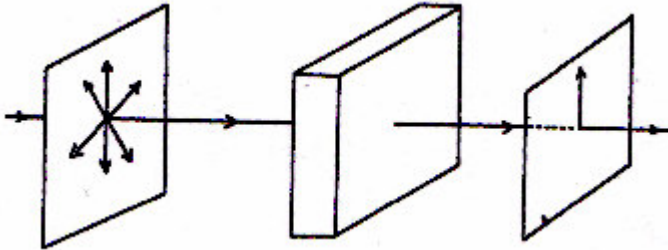
Untuk mengukur panjang gelombang sinar merah dilakukan percobaan sebagai berikut : Sinar kuning panjang gelombang 5800 A dijatuhkan tegak lurus pada suatu kisi. Pola difraksi diterima di layar yang jaraknya 4 m dari kisi. Garis terang orde pertama berjarak 58 cm dari garis terang pusat. Sesudah itu sinar merah dijatuhkan tegak lurus pada kisi. Ternyata garis terang orde pertama berjarak 65 cm dari garis terang pusat. Hitunglah panjang gelombang sinar merah tersebut.

$$\begin{aligned}
 \text{tg } \theta &= \frac{p}{\ell} = \frac{58}{400} = 0,145 & d &= 40418,1185 \text{ } \overset{o}{\text{A}} \\
 \theta &= 8,2504^\circ & \text{tg } \theta &= \frac{p}{\ell} = \frac{65}{400} = 0,1625 \\
 d \sin \theta &= (2k) \frac{1}{2} \lambda & \theta &= 9,2299^\circ \\
 d \sin 8,2504^\circ &= (2.1) \frac{1}{2} 5.800 & 404181185 \sin 9,2299^\circ &= (2.1) \frac{1}{2} \lambda \\
 0,1435d &= 5.800 & \lambda &= 6482,9169 \text{ } \overset{o}{\text{A}}
 \end{aligned}$$

**POLARISASI CAHAYA (PENGGUTUBAN).**

Kita ketahui bahwa cahaya merambat sebagai gelombang, namun cahaya termasuk dalam gelombang transversal atau longitudinal belum diketahui. Namun dengan peristiwa adanya polarisasi, maka dapat dipastikan bahwa cahaya termasuk dalam gelombang transversal, karena gelombang longitudinal tidak pernah mengalami polarisasi.

Polarisasi cahaya adalah : Pengkutuban daripada arah getar dari gelombang transversal. (Dengan demikian tidak terjadi polarisasi pada gelombang longitudinal).



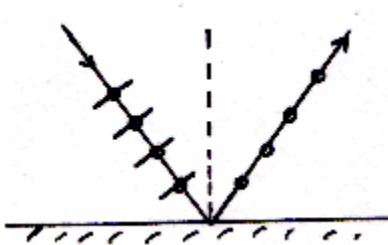
Berkas cahaya yang berasal dari sebuah sumber cahaya, mempunyai arah getar bermacam-macam, sinar semacam ini disebut sinar wajar.

Bila sinar wajar ini dikenakan pada permukaan pemantulan, permukaan pemantulan mempunyai kecenderungan untuk memantulkan sinar-sinar yang arah getarnya sejajar dengan cermin. Sampai pada suatu sudut datang tertentu, hanya satu arah getar saja yang dipantulkan, yaitu arah getar yang sejajar bidang cermin. Sudut ini disebut sudut polarisasi dan sinar yang mempunyai satu arah getar saja disebut : sinar polarisasi atau cahaya terpolarisasi linier.

Cahaya terpolarisasi dapat terjadi karena :

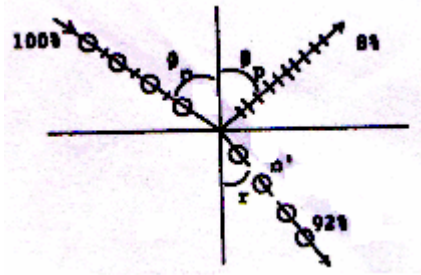
- a Peristiwa pemantulan.
- b Peristiwa pembiasan.
- c Peristiwa pembiasan ganda.
- d Peristiwa absorpsi selektif.

**a. *Polarisasi Cahaya Karena Pemantulan.***



Polarisasi linier terjadi bila cahaya yang datang pada cermin dengan sudut  $57^{\circ}$ .

**b. Polarisasi Cahaya Karena Pemantulan dan Pembiasan.**



Polarisasi linier terjadi bila sinar pantul oleh benda bening dengan sinar bias membentuk sudut  $90^\circ$ .

Rumus.

$$i_p + r = 90^\circ$$

$$i_p = r$$

$$i_p + r = 90^\circ$$

$$r = 90^\circ - i_p$$

Menurut Hukum Snellius :

$$\frac{n'}{n} = \frac{\sin i_p}{\sin r}$$

$$\frac{\sin i_p}{\sin (90^\circ - i_p)} = \frac{n'}{n}$$

$$\frac{\sin i_p}{\cos i_p} = \frac{n'}{n}$$

$$\boxed{\text{tg } i_p = \frac{n'}{n}}$$

Persamaan ini disebut : HUKUM BREWSTER.

Ditemukan oleh : David Brewster (1781-1868)

Keterangan :

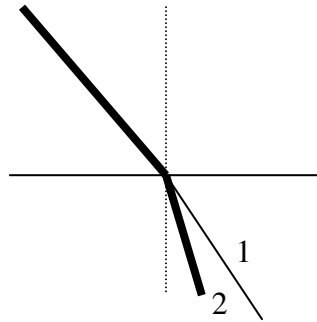
$i_p$  = Sudut datang (sudut terpolarisasi)

$N$  = Index bias udara

$N$  = Index bias benda bening.

9

**c. Polarisasi Cahaya Karena Pembiasan Ganda.**

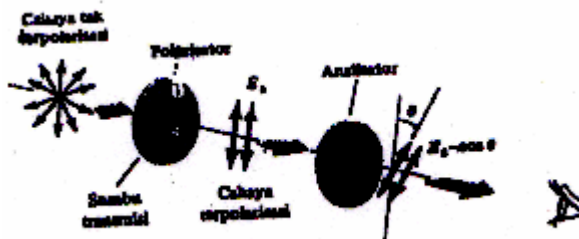


- Sinar (1) = Sinar istimewa  
 Karena tidak mengikuti hukum Snellius (hukum pembiasan)
- Sinar (2) = Sinar biasa  
 Karena mengikuti hukum Snellius.

Pembiasan berganda ini terjadi pada kristal :

- Calcite
- Kwarsa
- Mika
- Kristal gula
- Kristal es.

**d. Polarisasi Cahaya Karena Absorpsi Selektif.**



Suatu cahaya tak terpolarisasi datang pada lembar polaroid pertama disebut POLARISATOR, dengan sumbu polarisasi ditunjukkan oleh garis-garis pada polarisator. Kemudian dilewatkan pada polaroid kedua yang disebut ANALISATOR. Maka intensitas sinar yang diteruskan oleh analisator I, dapat dinyatakan sebagai :

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

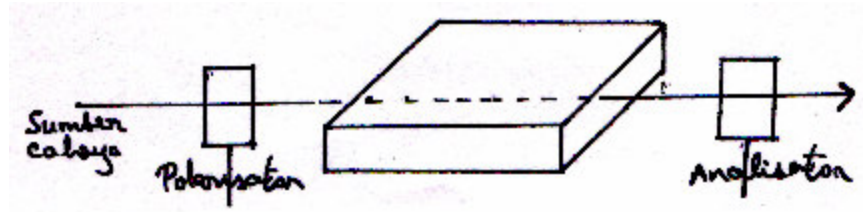
Dengan  $I_0$  adalah intensitas gelombang dari polarisator yang datang pada analisator. Sudut  $\theta$  adalah sudut antara arah sumbu polarisasi dan polarisator dan analisator. Persamaan di atas dikenal dengan HUKUM MALUS, ditemukan oleh Etienne Louis Malus pada tahun 1809.

Dari persamaan hukum Malus ini dapat disimpulkan :

1. Intensitas cahaya yang diteruskan maksimum jika kedua sumbu polarisasi sejajar ( $\theta = 0^\circ$  atau  $\theta = 180^\circ$ ).

2. Intensitas cahaya yang diteruskan = 0 (nol) (diserap seluruhnya oleh analisator) jika kedua sumbu polarisasi tegak lurus satu sama lain.

**PEMUTARAN BIDANG GETAR.**



Berkas cahaya yang melalui polarisator dan analisator, diantara polarisator dan analisator diletakkan tabung yang diisi larutan, maka larutan yang ada dalam tabung akan memutar bidang getarnya.

Besarnya sudut putaran larutan ditentukan oleh :

- a Panjang larutan yang dilalui.
- b Konsentrasi larutan.
- c Panjang gelombang cahaya yang dipakai.

$$\theta_2 - \theta_1 = 0,1 [c.l.s]$$

$\theta_2 - \theta_1$  = Besar sudut putaran larutan gula.

c = Konsentrasi larutan gula.

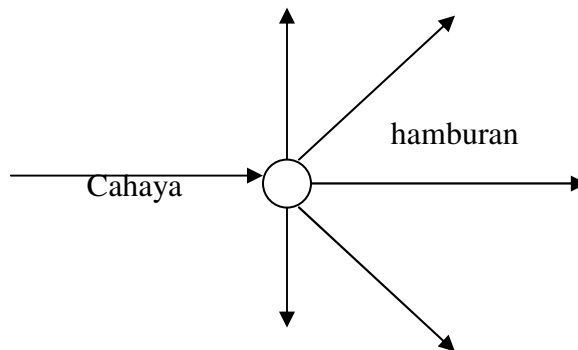
l = Panjang larutan gula.

s = Sudut putaran jenis larutan gula.

Larutan yang dapat memutar bidang getar biasanya larutan yang mengandung unsur C (Carbon) yang asimetris.

**HAMBURAN CAHAYA.**

Bila cahaya datang pada medium, sinar tersebut akan (mungkin) dipancarkan ke segala arah, hal ini dinamakan "HAMBURAN CAHAYA"



## GELOMBANG

23

Contoh :

- Langit berwarna biru.
- Matahari terbit/tenggelam, langit akan berwarna merah.
- Langit di sekitar bulan berwarna hitam.

### RAMALAN RAYLEIGH MENGENAI HAMBURAN CAHAYA.

Rayleigh menyatakan : Bahwa gelombang cahaya dengan panjang gelombang pendek lebih banyak dihamburkan daripada gelombang cahaya dengan panjang gelombang yang panjang.

### SIFAT-SIFAT GELOMBANG.

#### 1. Pemantulan.

Sifat ini digunakan untuk mengukur kedalaman laut.

$$h = \frac{1}{2} v \cdot t_{pp} \quad (t_{pp} = \text{waktu pergi-pulang})$$

#### 2. Resonansi.

Yaitu ikut bergetarnya suatu benda. Syarat : frekwensinya sama.

	Kolom udara
	$l_n = (2n - 1) \frac{1}{4} \lambda$
	n mulai 1, 2, 3 ..... resonansi ke-1 $\rightarrow n = 1$ dan seterusnya.

### 3. INTERFERENSI 2 GELOMBANG BERFREKWENSI BERBEDA SEDIKIT MENIMBULKAN LAYANGAN.

Layangan adalah interferensi dua getaran harmonis yang sama arah getarnya, tetapi mempunyai perbedaan frekwensi sedikit sekali. Misalnya dua getaran A dan N berturut-turut mempunyai frekwensi  $f_1 = 4 \text{ Hz}$  dan  $f_2 = 6 \text{ Hz}$

Mula-mula kedua sumber getar bergetar dengan fase sama, jadi superposisi gelombang saling memperkuat atau terjadi penguatan. Setelah beberapa saat getaran B mendahului  $\frac{1}{2}$  getaran dari pada A, sehingga fasenya berlawanan, jadi saat ini superposisi saling

menghapus. Beberapa saat kemudian B bergetar satu getaran lebih dahulu dari A, maka saat ini fase A dan B sama lagi dan terjadi superposisi saling memperkuat lagi, artinya terjadi terjadi penguatan lagi dan seterusnya.

Dari grafik di atas terlihat bahwa amplitudo dari superposisi adalah  $y = y_1 + y_2$  yang harganya bertambah besar dari nol sampai maksimum dan kemudian menjadi kecil lagi dari maksimum sampai nol.

Pada saat terjadi amplitudo maksimum, maka interferensi mencapai terkuat atau terjadi penguatan dan pada saat amplitudo minimum terjadi interferensi pelemahan. Yang dimaksud dengan satu layangan ialah bunyi yang terdengar keras-lemah - keras atau lemah - keras - lemah, seperti yang terlihat pada grafik.

Jika untuk terjadi satu layangan diperlukan waktu  $\frac{1}{n}$  detik, maka dalam satu detik terjadi layangan. Bilangan ini ternyata sama dengan selisih frekwensi antara sumber bunyi yang menimbulkannya.

Jadi :

$$\delta = f_1 - f_2$$

$\delta$  = jumlah layangan.

$f_1$  dan  $f_2$  adalah frekwensi-frekwensi yang menimbulkan layangan.

#### 4. Berinterferensi.

Interferensi ini dibuktikan dengan Pipa Quinke.

Beda fase interferensi kuat dan lemah adalah  $\frac{1}{2}$

## **EFFEK DOPPLER**

Memang benar jika dikatakan, bahwa frekwensi bunyi sama dengan frekwensi sumbernya. Akan tetapi tidaklah selalu demikian antara frekwensi sumber bunyi dengan frekwensi bunyi yang kita dengar. Apabila antara sumber bunyi dan pendengar tidak ada gerakan relatif, maka frekwensi sumber bunyi dan frekwensi bunyi yang didengar oleh seseorang adalah sama. Akan tetapi jika antara sumber bunyi dan si pendengar ada gerak relatif, misalnya sumber bunyi bergerak mendekati si pendengar, atau si pendengar bergerak mendekati sumber bunyi, atau keduanya bergerak saling mendekati atau menjauhi, ternyata antara frekwensi sumber bunyi dan frekwensi bunyi yang didengar tidaklah sama. Suatu contoh misalnya ketika anda naik bis dan berpapasan dengan bis lain yang sedang membunyikan klakson, maka akan terdengar suara yang lebih tinggi, berarti frekwensinya lebih besar dan sebaliknya ketika bis menjauhi anda, bunyi klakson terdengar lebih rendah, karena frekwensi bunyi yang didengar berkurang. Peristiwa ini dinamakan *Effek Doppler*.



## GELOMBANG

25

Jadi Efek Doppler adalah peristiwa berubahnya harga frekwensi bunyi yang diterima oleh pendengar (P) dari frekwensi suatu sumber bunyi (S) apabila terjadi gerakan relatif antara P dan S.

Oleh Doppler dirumuskan sebagai :

$$f_P = \frac{v \pm v_P}{v \pm v_S} \cdot f_S$$

$f_P$  adalah frekwensi yang didengar oleh pendengar.

$f_S$  adalah frekwensi yang dipancarkan oleh sumber bunyi.

$v_P$  adalah kecepatan pendengar.

$v_S$  adalah kecepatan sumber bunyi.

$v$  adalah kecepatan bunyi di udara.

Tanda + untuk  $v_P$  dipakai bila pendengar bergerak mendekati sumber bunyi.

Tanda - untuk  $v_P$  dipakai bila pendengar bergerak menjauhi sumber bunyi.

Tanda + untuk  $v_S$  dipakai bila sumber bunyi bergerak menjauhi pendengar.

Tanda - untuk  $v_S$  dipakai bila sumber bunyi bergerak mendekati pendengar.

1. Jika terdapat angin dengan kecepatan  $v_a$  dan menuju pendengar maka  $v$  menjadi  $(v+v_a)$
2. Jika angin menjauhi pendengar maka  $v$  menjadi  $(v-v_a)$

### **SETIAP GELOMBANG MERAMBATKAN ENERGI**

Rambatan bunyi adalah rambatan gelombang, sedangkan rambatan gelombang adalah salah satu bentuk rambatan energi. Makin besar energi bunyi yang diterima makin nyaring suara yang kita dengar.

#### **INTENSITAS BUNYI.**

Yang dimaksud dengan intensitas bunyi ialah : Besar energi bunyi tiap satuan waktu tiap satuan luas yang datang tegak lurus.

Dapat dirumuskan sebagai :

$$I = \frac{P}{A}$$

$I$  = Intensitas bunyi dalam watt/m<sup>2</sup> atau watt/cm<sup>2</sup>

$A$  = Luas bidang bola dalam m<sup>2</sup> atau cm<sup>2</sup>

$P$  = Daya bunyi dalam J/det atau watt.

Bila S merupakan sumber bunyi yang berdaya P watt dan energi bunyi merambat ke segala arah sama rata, Intensitas bunyi di titik yang jaraknya R dari S adalah :

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

$$I_1 : I_2 = \frac{1}{R_1^2} : \frac{1}{R_2^2}$$

Kesimpulan : Intensitas bunyi berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya.

TARAF INTENSITAS BUNYI. ( TI )

Intensitas bunyi terkecil yang masi merangsang pendengaran disebut harga ambang pendengaran, besarnya  $10^{-12}$  watt/m<sup>2</sup>.

Intensitas bunyi terbesar yang masih dapat didengar tanpa menimbulkan rasa sakit pada telinga sebesar 1 watt/m<sup>2</sup>.

Logaritma perbandingan intensitas bunyi dengan harga ambang pendengaran disebut **Taraf Intensitas Bunyi.**

$$T I = \log \frac{I}{I_0}$$

TI taraf intensitas bunyi dalam : Bel.

I adalah intensitas bunyi.

I<sub>0</sub> adalah harga ambang pendengaran.

Bila satuan TI dalam Decibel ( dB ) hubungan di atas menjadi :

$$T I = \log \frac{I}{I_0} \quad 1 \text{ Bel} = 10 \text{ dB}$$

TANGGA NADA (Tambahan)

Sederetan nada-nada yang perbandingannya telah ditentukan lebih dahulu disebut tangga nada. Perbandingan antara nada-nada disebut INTERVAL. Interval dua nada merupakan faktor yang menentukan irama, dan interval antara dua nada tidak bergantung pada tinggi rendahnya frekwensi, melainkan hanya bergantung pada perbandingan frekwensi.

Interval antara nada-nada dengan nada dasarnya ditetapkan sebagai berikut :

- C/C = 1 ( Prime )
- D/C = 9/8 ( Seconde )
- E/C = 5/4 ( Terts )
- F/C = 4/3 ( Kwart )
- G/C = 3/2 ( Kwint )
- A/C = 5/3 ( Sext )
- B/C = 15/8 ( Septime )
- c/C = 2 ( Oktaf )

=====o0o=====

**LATIHAN SOAL GELOMBANG BUNYI.**

1. Sebuah batu dilempar ke tengah kolam sejauh 20 m dari tepi kolam, sehingga terjadi gelombang permukaan air yang sampai ke tepi setelah 4 detik. Bila sebuah gabus bergerak 4 gelombang tiap detik, tentukan panjang gelombang permukaan air tersebut. (Jawab : 1,25 m).
2. Sebuah sumber getar menimbulkan gelombang transversal pada permukaan air dengan periode  $\frac{1}{4}$  detik. Bila jarak antara dua bukit adalah 25 cm, maka tentukan cepat rambat gelombang pada permukaan air tersebut. (Jawab : 1 m/det).
3. Suatu sumber getaran menimbulkan gelombang longitudinal dengan periode  $\frac{1}{286}$  detik dan merambat dengan kecepatan 1430 m/det. Berapa jarak antara dua rapatan ? (Jawab : 5 meter).
4. Seseorang ditugaskan mengamati permukaan gelombang yang terjadi pada sebuah sungai. Jarak antara puncak dan lembah yang berdekatan ternyata dari hasil pengamatannya adalah 1,05 meter. Dan dalam waktu 15 detik dirambatkan 17 puncak gelombang. Maka tentukan cepat rambat riak gelombang permukaan air tersebut. (Jawab : 2,38 m/det).
5. Cepat rambat gelombang transversal dalam seutas tali yang panjangnya 30 meter adalah 40 m/det. Berapa massa tali tersebut apabila gaya tegangan tali = 2 Newton ? (Jawab : 0,0375 kg).
6. Seutas tali yang panjangnya 32 meter, dengan massa 900 gram mengalami tegangan 220 newton. Tentukan besar cepat rambat gelombang transversal yang merambat melalui tali tersebut. (Jawab : 8,8 m/det).
7. Seutas tali dengan penampang  $1 \text{ mm}^2$  mempunyai massa jenis  $8 \text{ gram/cm}^3$ . Bila tali tersebut ditegangkan dengan gaya 8 N. Tentukan cepat rambat gelombang pada tali tersebut. (Jawab : 31,6 m/det).
8. Pada percobaan Melde digunakan garpu tala sebagai sumber getarnya. Frekwensi yang ditimbulkannya adalah 365 Hz. Tali yang dihubungkan dengannya direntangkan dengan beban 96 gram. Apabila jarak antara dua simpul yang berturutan = 4 cm, tentukanlah :
  - a. Cepat rambat gelombang pada tali. (Jawab : 2920 cm/det).
  - b. Berapa tegangan yang harus diberikan agar jarak antara dua simpul yang berturutan menjadi 5 cm. (Jawab : 147.000 dyne).
  - c. Berat dari 1 cm tali tersebut, apabila  $g = 980 \text{ cm/det}^2$ . (Jawab : 10,81 dyne).
9. Sepotong kawat yang massanya 0,5 gram dan panjangnya 50 cm mengalami tegangan 62,5 newton.
  - a. Hitung cepat rambat gelombang transversal yang terjadi pada kawat (Jawab : 250 m/det).
  - b. Bila kedua ujung kawat dijepit dan tidak terdapat simpul lagi di antara kedua ujung kawat tersebut, maka tentukan frekwensinya. (Jawab : 250 Hz).

10. Cepat rambat gelombang longitudinal dalam air 1500 m/det. Hitunglah modulus kenyal air. (Jawab :  $2,25 \cdot 10^9$  newton/m<sup>2</sup>).
11. Dawai yang massanya 0,2 gram dan panjangnya 80 cm, salah satu ujungnya diikatkan pada sebuah garpu tala yang memberikan frekwensi 250 Hz. Berapa tegangan tali yang harus diberikan agar tali tidak menggetar dengan empat peruhan gelombang. (Jawab : 2,5 newton).
12. Hitung kecepatan gelombang bunyi yang merambat di udara dalam keadaan STP (Tekanan dan suhu standard). Massa jenis udara pada keadaan STP 1,293 Kg/m<sup>3</sup>,  $\gamma = 1,40$ . (Jawab : 331 m/det).
13. Bila amplitudo cukup besar, telinga orang dapat mendengar bunyi dengan frekwensi antara 20 Hz dan 20.000 Hz. Hitung panjang gelombang pada frekwensi-frekwensi tersebut apabila :
  - a. Gelombang merambat dalam medium air dengan cepat rambat 1450 m/det. (Jawab : 7,25 cm).
  - b. Gelombang merambat dalam medium udara.  $R = 8,31 \times 10^7$ ,  $\gamma$  udara = 1,4,  $t_{\text{udara}} = 27^0$  dan  $M_{\text{udara}} = 29$  (Jawab : 1,73 cm).
14. Cepat rambat gelombang longitudinal dalam Helium dan Argon pada suhu 0<sup>0</sup> C berturut-turut adalah 970 m/det dan 310 m/det. Berapa berat atom argon bila berat atom helium = 4. Argon dan Helium adalah gas monoatomik. (Jawab : 39,2).
15. Ditentukan massa jenis gas hidrogen pada suhu 0<sup>0</sup> dan tekanan 1 atmosfer adalah :  $9 \cdot 10^{-5}$  gram/cm<sup>3</sup> dan konstanta Laplace gas hidrogen adalah 1,40, tentukanlah cepat rambat bunyi dalam gas hidrogen tersebut. (Jawab : 1255 m/det).
16. Pada suhu 20<sup>0</sup> C cepat rambat bunyi di udara 330 m/det. Tentukan cepat rambat bunyi di udara pada suhu 40<sup>0</sup> C. (Jawab : 341 m/det).
17. Cepat rambat bunyi dalam zat padat adalah 1450 m/det. Tentukan modulus young zat padat, jika massa jenisnya  $10^4$  kg m<sup>-3</sup>. (Jawab :  $2,1 \cdot 10^{10}$  N.m<sup>-2</sup>).
18. Tentukan frekwensi dasar dari getaran sepotong tali yang panjangnya 6 meter dan massanya 2 kg yang ditegangkan dengan gaya 192 N. (Jawab : 2 Hz).
19. Cepat rambat bunyi dalam gas H<sub>2</sub> pada suhu 27<sup>0</sup> C adalah 360 m/det.
  - a. Berapa cepat rambat bunyi dalam gas O<sub>2</sub> pada suhu yang sama, jika konstanta Laplace kedua gas tersebut sama ? (Jawab : 90 m/det)
  - b. Berapa cepat rambat bunyi dalam O<sub>2</sub> pada suhu 47<sup>0</sup> C (Jawab : 93 m/det).
20. Sepotong dawai tembaga dengan massa jenis  $9 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup> yang panjangnya 2 m dan berpenampang  $10^{-6}$  m<sup>2</sup> mendapat tegangan oleh suatu gaya sebesar 360 N. Jika dawai dipetik, berapa frekwensi nada dasarnya ? (Jawab : 50 Hz).
21. Cepat rambat bunyi dalam gas hidrogen pada suhu 15<sup>0</sup> C = 1200 m/s. Berapa laju rambat bunyi dalam Oksigen pada suhu 119<sup>0</sup> C, jika tetapan Laplace kedua gas sama sedangkan  $M_{\text{H}_2} = 2$  gram/mol dan  $M_{\text{O}_2} = 32$  gram/mol. (Jawab : 350 m/s).
22. Sebuah gelombang radio mempunyai  $E_m = 10^{-4}$  V/m Berapakah besar medan magnet  $B_m$  dan intensitas gelombang tersebut.

## GELOMBANG

29

23. Cahaya matahari menumbuk bumi dengan intensitas sebesar  $20 \text{ kal/cm}^2\text{-menit}$ . Hitunglah besarnya medan listrik  $E_m$  dan medan magnet  $B_m$  untuk cahaya tersebut.
24. Sebuah stasiun radio menerima gelombang elektromagnetik sinusoida dari satelit pemancar dengan kekuatan 50 KW. Berapakah amplitudo maksimum E dan B yang diterima satelit jika jarak antara antenna stasiun radio dan satelit 100 km.
25. Sebuah stasiun radio mentranmisikan sinyal 10 KW dengan frekwensi 100 MHz. Carilah pada jarak 1 Km :
- Amplitudo medan listrik dan medan magnetnya.
  - Energi yang diterima oleh sebuah panel yang berukuran 10 cm x 10 cm dalam waktu 5 menit.
26. Untuk menentukan panjang gelombang sinar merah dilakukan percobaan interferensi dengan cerim Fresnel. Jarak antara kedua sumber cahaya maya satu sama lain 0,3 mm. Jarak tegak lurus antara kedua sumber cahaya maya sampai tabir 1,5 m. Bila jarak antara garis terang pusat yang tertangkap pada tabir dengan garis-garis terang I di sebelah menyebelahnya 3,5 mm, berapakah panjang gelombang sinar tersebut ?  
**(700 mμ).**
27. Pada percobaan interferensi dengan cermin Fresnel digunakan cahaya dengan panjang gelombang 589 mili mikron. Jarak antara sumber cahaya maya sampai tabir 50 cm. Jarak antara garis terang pusat dan garis terang ke I yang tampak pada layar sebesar 2,945 mm. Berapa jarak antara kedua sumber cahaya maya tersebut ?  
**(0,01 cm).**
28. Dua buah celah terletak terpisah pada jarak 0,2 mm disinari oleh cahaya monokromatik. Layar ditempatkan 1 m dari celah. Garis terang ke-3 yang tampak pada layar berjarak 7,5 mm dari garis terang pusat. Bila 1 Angstrom =  $10^{-10} \text{ m}$ , berapakah panjang gelombang yang digunakan dalam Angstrom.  
**(5000 Å).**
29. Suatu berkas sinar kuning sejajar dengan panjang gelombang 6000 Angstrom didatangkan tegak lurus pada permukaan datar suatu lensa plan-konveks yang terletak dengan permukaan cembunganya pada sebuah kaca planparalel. Jari-jari kelengkungan lensa 40 cm. Berapakah jari-jari lingkaran gelap yang ke-40 yang tampak pada pemantulan susunan tersebut ?  
**(0,31 cm).**

### d Polarisasi Cahaya.

30. Berapa sudut polarisasi suatu sinar yang dijatuhkan pada kaca keron dengan indeks bias 1,52 ?  
**(56,66°).**
31. Sebuah sakharimeter mempunyai tabung yang panjangnya 25 cm yang berisi larutan gula pasir. Bila digunakan sinar natrium pemutarannya bidang polarisasinya  $20^\circ$ .

## GELOMBANG

30

Berapakah konsentrasi larutan ?  
(12%).

32. Antara dua polarisator yang disusun bersilangan dipasang sebuah polarisator lain demikian sehingga membuat sudut  $45^0$  dengan sumbu polarisator yang pertama. Kemudian didatangkan suatu berkas sinar cahaya tak terkutub melalui susunan tersebut. Berapa % banyaknya tenaga cahaya yang diteruskan oleh susunan itu ?  
(12,5 %).
33. Sebuah sakharimeter mempunyai tabung yang panjangnya 20 cm dan berisi larutan gula pasir dengan kepekatan 10 %. = 66,5 %. Pemutaran bidang polarisasinya bila digunakan sinar natrium ialah.....  
(13,3<sup>0</sup>).
34. Antara dua buah polarisator yang disusun beriring dengan sumbunya sejajar satu sama lain dipasang sebuah polarisator lain demikian sehingga membentuk sudut  $60^0$  dengan sumbu polarisator yang pertama. Banyaknya tenaga suatu berkas sinar cahaya tak terkutub yang diteruskan oleh susunan tersebut adalah..... (1/32 bagian).
35. Sehelai dawai dengan massa 0,5 gram dan panjangnya 50 cm diberi tegangan 88,2 newton kemudian dawai dipetik dan memberikan nada dasar. Tentukanlah :  
a. Cepat rambat gelombang transversal dalam dawai (Jawab : 297 m/s)  
b. Frekwensi nada dasarnya, frekwensi nada atas pertama dan nada atas kedua. (Jawab : 297 Hz, 594 Hz, 891 Hz).
36. Sebuah pipa organa terbuka menghasilkan nada dasarnya dengan frekwensi 500 Hz. Bila cepat rambat suara di udara = 340 m/s, maka tentukan panjang pipa organa tersebut. (Jawab : 0,34 m).
37. Sepotong dawai yang panjangnya 120 cm dan sepotong dawai lain yang panjangnya 160 cm masing-masing menimbulkan nada dasar. Tentukan interval yang dihasilkan. (Jawab : 4 : 3 → Kwart).
38. Tentukan frekwensi nada tunggal yang ditimbulkan oleh sirine, jika banyak lubang pada lempeng sirine = 15 dan melakukan putaran 1500 rpm. (Jawab : 300 Hz).
39. Sebuah pipa organa terbuka menghasilkan nada dasar dengan frekwensi 249 cps. Sehelai dawai yang panjangnya 54 cm dengan gaya tegangannya menghasilkan nada dasar dengan frekwensi 440 cps. Pipa organa dihembus lebih kuat sehingga dihasilkan nada atas pertamanya. Dawai sekarang diperpendek menjadi 48 cm dengan gaya tegangan tetap lalu dipetik bersama-sama dengan hembusan pipa organa tersebut. Berapa layangan yang terjadi ? (Jawab : 3 Hz).
40. Pada sirine terdapat dua deret lubang. Deret lubang bagian luar = 20 buah. Jika dengan deret lubang yang terdalam nada tunggal yang ditimbulkan memberikan interval nada kwint, maka berapa banyak lubang pada deret bagian dalam ? (Jawab : 30 lubang).
41. Sepotong kawat yang panjangnya 3 meter dengan luas penampang  $1 \text{ mm}^2$ , massanya 24 gram. Bila kawat diberi beban 10 Newton, maka kawat bertambah panjang 0,15 mm.

- a. Tentukan modulus elastisnya. (Jawab :  $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ )
  - b. Cepat rambat bunyi dalam rel yang dibuat dari bahan tersebut. (Jawab : 5000 m/det).
42. Dawai sebuah sonometer menghasilkan nada dasar. Bila senar dipotong 30 cm dihasilkan nada dasar baru yang kwint terhadap nada dasar semula. Dengan diusahakan agar tegangan dawai tetap seperti semula, maka harus dipotong berapa senar sonometer tersebut agar dihasilkan nada dasar baru yang tert terhadap nada dasar semula. (Jawab : 9 cm).
43. Sebuah mobil melaju dengan kelajuan 72 km/jam dan membunyikan klakson dengan frekwensi 480 Hz berpapasan dengan mobil lain yang berkecepatan 108 km/jam. Jika cepat rambat bunyi di udara 340 m/s, maka tentukan frekwensi bunyi yang didengar oleh pengemudi mobil kedua. (Jawab : 555 Hz).
44. Frekwensi nada atas pertama pipa organa terbuka = 560 Hz. Pipa organa tertutup memberikan nada atas pertama yang kwint terhadap nada dasar pipa organa terbuka. Bila cepat rambat bunyi pada waktu itu = 336 m/det, maka hitunglah :
- a. Panjang pipa organa masing-masing. (Jawab : 60 cm ; 60 cm).
  - b. Interval antara nada-nada atas pertama kedua pipa organa tersebut. (Jawab : kuart).
45. Sebuah petasan diledakkan di suatu tempat. Pada jarak 2 m dari pusat ledakan intensitas bunyinya =  $10^{-4} \text{ watt/m}^2$ . Tentukan intensitas bunyi pada jarak 20 m dari pusat ledakan. (Jawab :  $10^{-6} \text{ watt/m}^2$ ).
46. Dalam suatu ruang periksa di PUSKESMAS ada seorang bayi menangis dengan taraf intensitas 80 dB. Bila dalam ruang tersebut terdapat 10 orang bayi yang menangis bersamaan dengan kekuatan yang sama, maka tentukan taraf intensitasnya. (Jawab : 90 dB).
47. Tabung Kundt digunakan untuk menghitung cepat rambat bunyi dalam baja. Untuk keperluan tersebut, maka batang getar dibuat dari baja yang panjangnya 75 cm dan dijepit di bagian tengahnya. Batang baja digetarkan longitudinal, sehingga jarak antara dua simpul berturutan dari gelombang stasioner yang timbul dalam kolom udara di dalam tabung gelombang adalah 5 cm. Jika cepat rambat bunyi di udara adalah 340 m/s, tentukan cepat rambat bunyi dalam batang baja. (Jawab : 5.100 m/s)
48. Sebuah pipa kundt mempunyai batang penggetar dari gelas yang panjangnya 0,625 meter, dijepit di tengah-tengahnya. Tabung gelombang berisi udara. Cepat rambat bunyi dalam gelas sebesar 2500 m/s, dan jika jarak antara dua simpul berturutan dalam tabung adalah 0,085 meter. Tentukan cepat rambat bunyi di udara. (Jawab : 340 m/s).