

## Sifat-Sifat Gelombang Cahaya

Beberapa sifat cahaya diantaranya adalah dapat mengalami interferensi, difraksi, dispersi dan polarisasi.

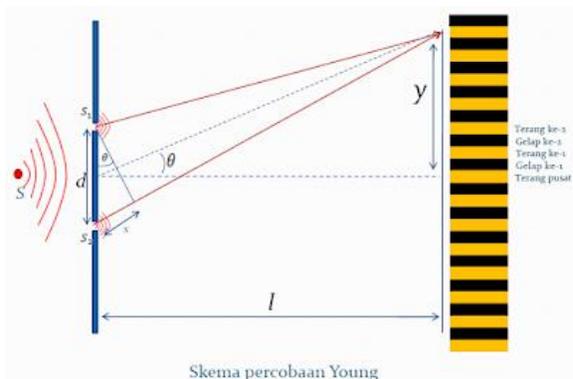
### A. Interferensi

Interferensi juga disebut penggabungan. Interferensi merupakan interaksi antara dua gelombang atau lebih yang menghasilkan gelombang baru. Interferensi memiliki makna yang sama dengan superposisi. Interferensi sering digunakan untuk gelombang elektromagnetik, sedangkan superposisi digunakan untuk gelombang mekanik. Interferensi dapat terjadi apabila dua gelombang yang bergabung **koheren**, yaitu memiliki panjang gelombang dan fase yang sama.

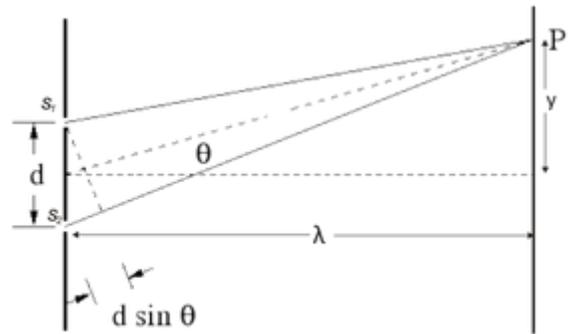
Terdapat 2 pola hasil interferensi, yaitu:

1. **Interferensi konstruktif**, yaitu interferensi yang terjadi pada dua gelombang yang sefase. Hasil interferensi konstruktif berupa gelombang baru dengan amplitudo yang lebih besar (maksimum)
2. **Interferensi destruktif**, yaitu interferensi yang terjadi pada dua gelombang yang berlawanan fase. Hasil interferensi destruktif berupa gelombang baru dengan amplitudo yang lebih kecil (minimum)

Salah satu contoh peristiwa interferensi adalah **interferensi celah ganda**. Hasil interferensi dari dua gelombang cahaya adalah terbentuknya pola gelap-terang secara bergantian pada layar. Skema interferensi celah ganda cahaya adalah sebagai berikut:



Pada interferensi celah ganda beda fase antar dua gelombang yang berinterferensi disebabkan oleh beda panjang lintasan antar dua gelombang. Saat beda fase antar dua gelombang cahaya sama dengan panjang gelombangnya atau kelipatan dari panjang gelombangnya, maka menghasilkan pola terang. Akan tetapi saat beda fase antar dua gelombang cahaya sama dengan setengah panjang gelombangnya atau kelipatan ganjil dari setengah panjang gelombangnya, maka menghasilkan pola gelap.



Berdasarkan gambar di atas, selisih lintasan antara berkas  $S_1$  dan  $S_2$  adalah  $d \sin \theta$ , dengan  $d$  adalah jarak antara dua celah.

Jadi interferensi maksimum (garis terang) terjadi jika

$$d \sin \theta = n \lambda, \text{ dengan } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Pada perhitungan garis terang menggunakan rumus di atas,

nilai  $n = 0$  untuk terang pusat,  $n = 1$  untuk terang garis terang pertama,  $n = 2$  untuk garis terang kedua, dan seterusnya.

Interferensi minimum (garis gelap) terjadi jika selisih lintasan kedua sinar merupakan kelipatan ganjil dari setengah panjang gelombang. Diperoleh,

$$d \sin \theta = (n - \frac{1}{2}) \lambda, \text{ dengan } n = 1, 2, 3, \dots$$

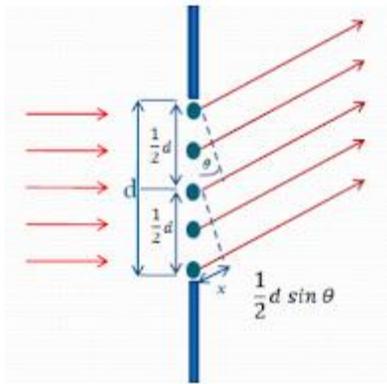
Pada perhitungan garis gelap menggunakan rumus di atas,  $n = 1$  untuk terang garis gelap pertama,  $n = 2$  untuk garis gelap kedua, dan seterusnya. Tidak ada nilai  $n = 0$  untuk perhitungan garis gelap menggunakan rumus di atas.

### B. Difraksi

Difraksi juga disebut pelenturan. Difraksi merupakan peristiwa penyebaran atau pembelokan gelombang pada saat melalui lubang atau mengelilingi ujung penghalang. Contohnya saat cahaya yang merambat terhalang oleh medium yang memiliki celah sempit, maka arah rambat akan mengalami pelenturan sehingga terlihat cahaya sekunder. Diantara peristiwa difraksi diantaranya adalah **difraksi celah tunggal** dan **difraksi celah majemuk**.

#### 1. Difraksi celah tunggal

Skema difraksi cahaya pada celah tunggal adalah sebagai berikut:



$$d \sin \theta = m\lambda$$

dengan:

$d$  = lebar celah

$\lambda$  = panjang gelombang

$m = 1, 2, 3, \dots$

$m = 1$  untuk pita gelap ke-1

$m = 2$  untuk pita gelap ke-2, dst

untuk sudut  $\theta$  yang kecil nilai  $\sin \theta$  mendekati  $\tan \theta$  (dalam satuan radian).

Berdasarkan gambar,  $\tan \theta = p/L$ .

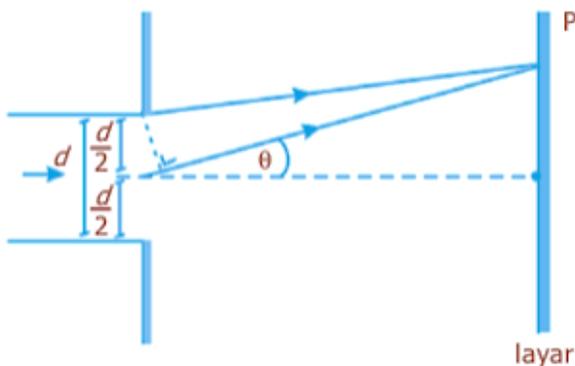
Sehingga persamaan (1) di atas menjadi:

$$\frac{dp}{L} = m\lambda$$

Pola difraksi yang disebabkan oleh celah tunggal dijelaskan oleh Christian Huygens. Menurut Huygens, tiap bagian celah berfungsi sebagai sumber gelombang sehingga cahaya dari satu bagian celah dapat berinterferensi dengan cahaya dari bagian celah lainnya.

Bagaimana garis/pita gelap dan terang pada peristiwa difraksi bisa terjadi?

Mari kita analisis dengan memperhatikan gambar dan penjelasan berikut ini !



Untuk Jarak pita terang/gelap yang berurutan ( $\Delta p$ ) dirumuskan dengan :

$$\Delta p = \frac{\lambda L}{d}$$

dimana

$p$  = jarak dari pita terang pusat ke pita gelap ke- $m$

$\Delta p$  = jarak pita terang/gelap yang berurutan  
 $L$  = jarak dari celah ke layar

Interferensi minimum yang menghasilkan garis gelap pada layar akan terjadi jika gelombang 1 dan 3 atau 2 dan 4 berbeda fase  $\frac{1}{2}$ , atau lintasannya sebesar setengah panjang gelombang.

Berdasarkan Gambar tersebut, diperoleh beda lintasan kedua gelombang  $(d \sin \theta)/2$ .

**$\Delta S = (d \sin \theta)/2$  dan  $\Delta S = \frac{1}{2} \lambda$ , jadi  $d \sin \theta = \lambda$**

Jika celah tunggal itu dibagi menjadi empat bagian, pola interferensi minimumnya menjadi

**$\Delta S = (d \sin \theta)/4$  dan  $\Delta S = \frac{1}{2} \lambda$ , jadi  $d \sin \theta = 2\lambda$**

Berdasarkan penurunan persamaan di atas maka Interferensi Minimum (destruktif) yang menghasilkan pita gelap dirumuskan dengan :

## 2. Difraksi celah majemuk.

Difraksi celah majemuk terjadi bila cahaya mengenai kisi. Kisi merupakan materi yang memiliki celah yang sangat banyak, dengan lebar celah dan jarak antar celah sama. Bila kisi memiliki 1000 celah setiap 1 cm, maka kisi tersebut memiliki tetapan kisi (jarak antar celah) sebesar  $d$ ,

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

$$d = \frac{1}{1000}$$

$N$  = jumlah celah

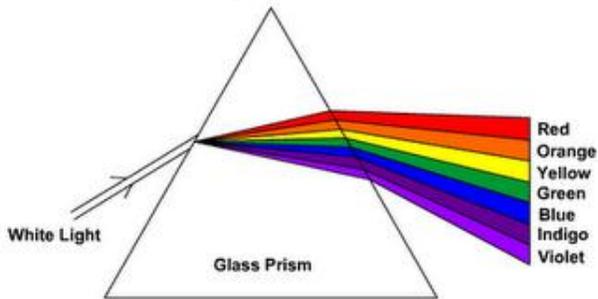
Syarat terjadinya pola difraksi pada kisi sama dengan syarat pola interferensi pada celah ganda.

**Pola terang** (difraksi maksimum) terjadi bila beda lintasan sama dengan panjang gelombang,  **$d \sin \theta = n\lambda$**

**Pola gelap** (difraksi minimum) terjadi bila beda lintasan sama dengan setengah panjang gelombang,  $d \sin \theta = (n-1/2)\lambda$

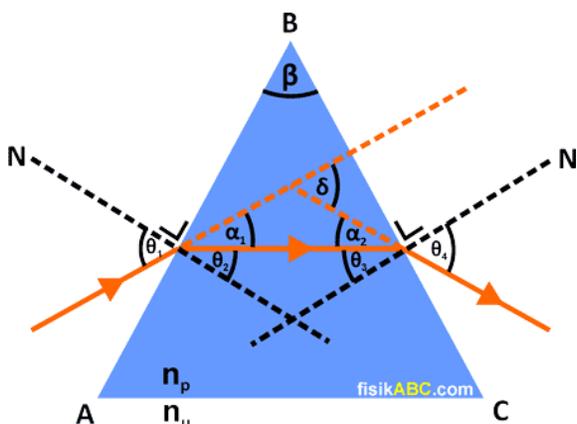
**C. Dispersi**

Dispersi disebut juga penguraian. Dispersi adalah peristiwa penguraian cahaya polikromatik (putih) menjadi cahaya-cahaya monokromatik dapat terjadi ketika cahaya melewati prisma kaca sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut :



Prisma adalah zat optik yang dibatasi oleh dua bidang pembias yang berpotongan. Garis potong antara kedua bidang disebut **sudut pembias**. Sedangkan sudut yang dibentuk oleh kedua bidang disebut **sudut bias**. Ketika seberkas cahaya atau sinar masuk ke prisma, cahaya akan dibiaskan mendekati garis normal. Sebaliknya, ketika sinar keluar dari prisma, sinar akan dibiaskan menjauhi garis normal.

Sudut yang dibentuk oleh titik potong garis perpanjangan sinar datang dengan sinar bias disebut **sudut deviasi**. Prisma mempunyai dua bidang pembias yang tidak paralel dan membentuk sudut tertentu. Ini akan mengubah arah rambat cahaya yang masuk dan meninggalkan kaca prisma. Perubahan arah rambat ini disebut deviasi cahaya. Jalannya sinar pada prisma dapat kalian lihat pada gambar berikut ini.



Bagaimanakah cara mencari sudut pembias ( $\beta$ )? Perhatikan segitiga ABC. Sudut pembias ( $\beta$ ) kaca prisma dapat diketahui dengan cara menjumlahkan sudut-sudut segitiga ABC.

$$\angle BAC + \angle BCA + \beta = 180^\circ$$

$$(90^\circ - \theta_2) + (90^\circ - \theta_3) + \beta = 180^\circ$$

$$180^\circ - \theta_2 - \theta_3 + \beta = 180^\circ$$

$$\beta = \theta_2 + \theta_3 \dots\dots\dots \text{Pers. (1)}$$

Sedangkan sudut deviasi ( $\delta$ ) dapat diketahui dengan cara sebagai berikut.

$$\alpha_1 = \theta_1 - \theta_2 \text{ dan } \alpha_2 = \theta_4 - \theta_3$$

$$\delta = \alpha_1 + \alpha_2$$

$$\delta = \theta_1 - \theta_2 + \theta_4 - \theta_3$$

$$\delta = \theta_1 + \theta_4 - (\theta_2 + \theta_3)$$

$$\delta = \theta_1 + \theta_4 - \beta \dots\dots\dots \text{Pers. (2)}$$

Setiap sinar yang datang pada prisma akan mengalami deviasi yang menghasilkan sudut deviasi tertentu. Salah satu sinar datang tertentu pasti akan menghasilkan nilai sudut deviasi minimum. Kapan kondisi khusus ini terjadi? Berdasarkan hasil pembuktian, *deviasi minimum* dapat terjadi pada saat sudut datang pertama sama dengan sudut bias kedua ( $\theta_1 = \theta_4$ ). Besarnya sudut deviasi minimum sebuah prisma dapat dicari sebagai berikut.

$$\theta_1 = \theta_4 \text{ maka } \theta_2 = \theta_3 \text{ sehingga persamaan (1) menjadi}$$

$$\beta = \theta_2 + \theta_2$$

$$\beta = 2\theta_2$$

$$\theta_2 = \frac{1}{2} \beta \dots\dots\dots \text{Pers. (3)}$$

Karena  $\theta_1 = \theta_4$  maka persamaan (2) menjadi seperti berikut.

$$\delta_{\min} = \theta_1 + \theta_1 - \beta$$

$$\delta_{\min} = 2\theta_1 - \beta$$

$$\theta_1 = \frac{1}{2} (\delta_{\min} + \beta) \dots\dots\dots \text{Pers. (4)}$$

Menurut Hukum Snellius tentang Pembiasan Cahaya, apabila indeks bias prisma adalah  $n_p$  dan indeks bias medium di sekitar prisma adalah  $n_u$ , maka berlaku persamaan berikut.

$$n_u \sin \theta_1 = n_p \sin \theta_2 \dots\dots\dots \text{Pers. (5)}$$

Apabila kita substitusikan persamaan (3) dan (4) ke persamaan (5), maka kita peroleh.

$$n_u \sin \frac{1}{2} (\delta_{\min} + \beta) = n_p \sin \frac{1}{2} \beta$$

Untuk sudut pembias  $\beta$  yang sangat kecil ( $\beta \leq 15^\circ$ ), maka harga  $\delta_{\min}$  juga kecil sehingga sinus sudutnya sama dengan sudutnya sendiri. Dengan demikian, persamaan di atas menjadi.

$$n_u[\frac{1}{2} (\delta_{\min} + \beta)] = n_p[\frac{1}{2} \beta]$$

$$\frac{1}{2} n_u(\delta_{\min} + \beta) = \frac{1}{2} n_p \beta$$

$$n_u(\delta_{\min} + \beta) = n_p \beta$$

$$\delta_{\min} = (n_p \beta / n_u) - \beta \dots \dots \dots \text{Pers. (6)}$$

Jadi, rumus untuk menentukan sudut deviasi minimum pada pembiasan cahaya oleh prisma adalah sebagai berikut.

$$\delta_{\min} = \left[ \frac{n_p}{n_u} - 1 \right] \beta$$

**Keterangan:**

$\delta_{\min}$  = sudut deviasi minimum

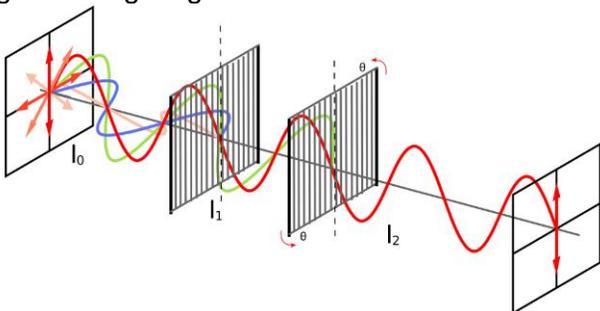
$n_p$  = indeks bias prisma

$n_u$  = indeks bias medium

$\beta$  = sudut pembias prisma

**D. Polarisasi**

Polarisasi merupakan proses pembatasan getaran vektor yang membentuk suatu gelombang transversal sehingga menjadi satu arah. Polarisasi hanya terjadi pada gelombang transversal saja dan tidak dapat terjadi pada gelombang longitudinal.



**1. Polarisasi karena refleksi**

Pemantulan akan menghasilkan cahaya terpolarisasi jika sinar pantul dan sinar biasnya membentuk sudut 90°. Arah getar sinar pantul yang terpolarisasi akan sejajar dengan bidang pantul. Oleh karena itu sinar pantul tegak lurus sinar bias, berlaku  $i_p + r = 90^\circ$  atau  $r = 90^\circ - i_p$ .

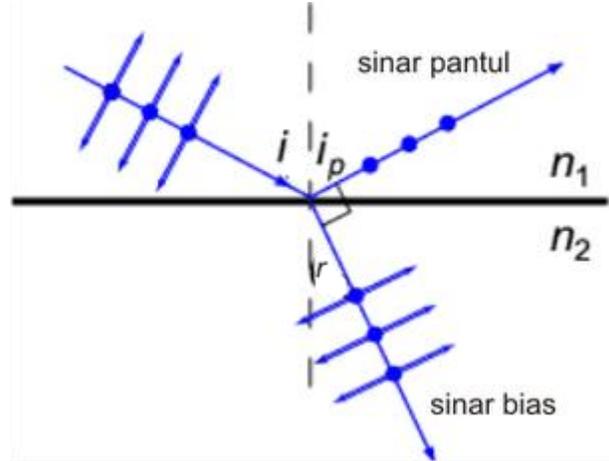
Dengan demikian, berlaku pula

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i_p}{\sin r} = \frac{\sin i_p}{\sin(90^\circ - i_p)} = \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = \tan i_p$$

Jadi, diperoleh persamaan

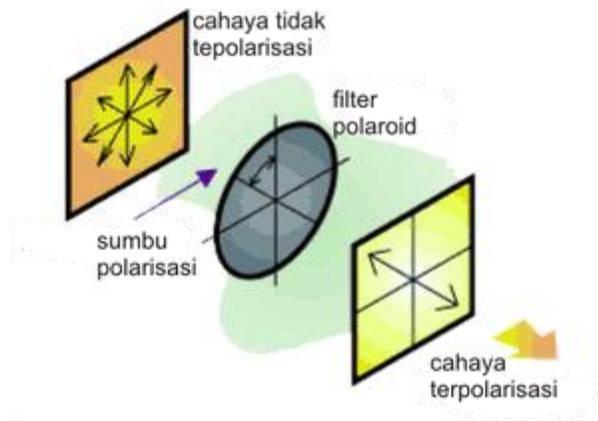
$$\frac{n_2}{n_1} = \tan i_p$$

Dengan  $n_2$  adalah indeks bias medium tempat cahaya datang  $n_1$  adalah medium tempat cahaya terbiaskan, sedangkan  $i_p$  adalah sudut pantul yang merupakan sudut terpolarisasi. Persamaan di atas merupakan bentuk matematis dari Hukum Brewster.



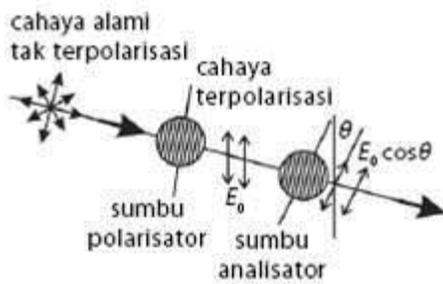
Gambar 1. Polarisasi karena refleksi

**2. Polarisasi karena absorpsi selektif**



Gambar 2. Skema polarisasi selektif menggunakan filter polaroid. Hanya cahaya dengan orientasi sejajar sumbu polarisasi polaroid yang diteruskan.

Polarisasi jenis ini dapat terjadi dengan bantuan kristal polaroid. Bahan polaroid bersifat meneruskan cahaya dengan arah getar tertentu dan menyerap cahaya dengan arah getar yang lain. Cahaya yang diteruskan adalah cahaya yang arah getarnya sejajar dengan sumbu polarisasi polaroid.



Gambar 3. Dua buah polaroid, polaroid pertama disebut polarisator dan polaroid kedua disebut analisator dengan sumbu transmisi membentuk sudut  $\theta$

Seberkas cahaya alami menuju ke polarisator. Di sini cahaya dipolarisasi secara vertikal yaitu hanya komponen medan listrik  $E$  yang sejajar sumbu transmisi. Selanjutnya cahaya terpolarisasi menuju analisator. Di analisator, semua komponen  $E$  yang tegak lurus sumbu transmisi analisator diserap, hanya komponen  $E$  yang sejajar sumbu analisator diteruskan. Sehingga kuat medan listrik yang diteruskan analisator menjadi:

$$E_2 = E \cos \theta$$

Jika cahaya alami tidak terpolarisasi yang jatuh pada polaroid pertama (polarisator) memiliki intensitas  $I_0$ , maka cahaya terpolarisasi yang melewati polarisator adalah:

$$I_1 = \frac{1}{2} I_0$$

Cahaya dengan intensitas  $I_1$  ini kemudian menuju analisator dan akan keluar dengan intensitas menjadi:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta$$