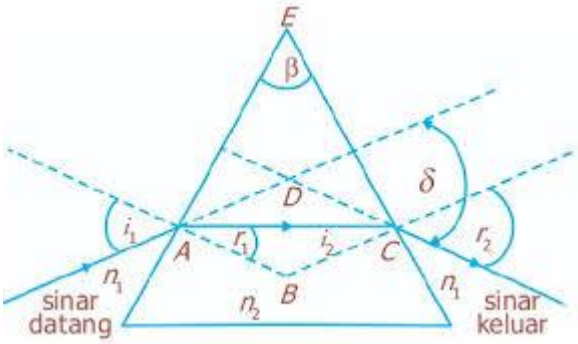
SIFAT-SIFAT FISIS GELOMBANG CAHAYA

Cahaya merupakan radiasi gelombang elektromagnetik. Cahaya memiliki sifat-sifat gelombang secara umum, yakni: dispersi, interferensi, difraksi dan polarisasi. Berikut ini konsep tentang sifat-sifat gelombang pada cahaya.

DISPERSI CAHAYA

Dispersi cahaya adalahgejala penguraian cahaya polikromatik (warna putih) menjadi beberapa warna. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan deviasi (penyimpangan)untuk setiap panjang gelombang, yang disebabkan oleh perbedaan kelajuan masing-masing gelombang pada saat melewati medium pembiasan atau dengan kata lain karena ada perbedaan indeks bias medium yang dilewati cahaya.

Persitiwa dispersi cahaya dapat diamati pada eksperimen pembiasan cahaya oleh prisma.



Besarnya sudut penyimpangan antara cahaya/sinar yang menuju prisma dengan sinar yang meninggalkan prisma disebut sudut deviasi. Besar sudut deviasi tergantung pada besar kecilnya sudut datang. Sudut deviasi terkecil disebut sudut deviasi minimum.

Besarnya sudut deviasi minimum pada prisma dirumuskan:

$$\delta_m = i + r' - \beta$$

Karena $r' = r$, maka $i = \frac{1}{2}(\delta_m + \beta))$ dan $r = \frac{1}{2}\beta$, sesuai hukum Snellius, diperoleh rumusan sebagai berikut:

$$\sin\left(\frac{1}{2}\right)(\delta_m + \beta) = n \sin\frac{1}{2}\beta$$

Untuk prisma tipis dengan sudut bias β sangat kecil dirumuskan sebagai berikut:

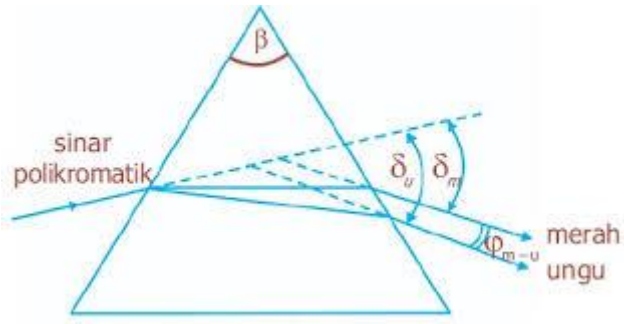
$$\delta_m = (n-1)\beta$$

δ_m = sudut devias iminimum

Keteranga : β = sudut pembias prisma

n = indeks bias prisma

Tiap-tiap cahaya mempunyai sudut deviasi yang berbeda. Selisih antara sudut deviasi untuk cahaya ungu dan merah disebut sudut dispersi (φ).



Besar sudut dispersi (φ) dirumuskan sebagai berikut:

$$\varphi = \delta m_u - \delta m_m$$
$$\varphi = (n_u - n_m)\beta$$

Keterangan :

φ = sudut dispersi

δm_u = sudut deviasi minimum ungu

δm_m = sudut deviasi minimum merah

n_u = indeks bias warna ungu

n_m = indeks bias warna merah

β = sudut pembias prisma

CONTOH SOAL

Sebuah prisma kaca flinta mempunyai sudut puncak prismanya 12^0. Dalam keadaan deviasi minimum, berapakah sudut dispersi antara sinar merah dengan sinar biru jika diketahui indeks bias kaca flinta untuk warna merah 1,644 dan untuk warna biru 1,664?

Dik:

$\beta = 12^0$

$n_b = 1{,}664$

$n_m = 1{,}644$

Dit:

$\varphi = ?$

$$\varphi = (n_b - n_m)\beta$$

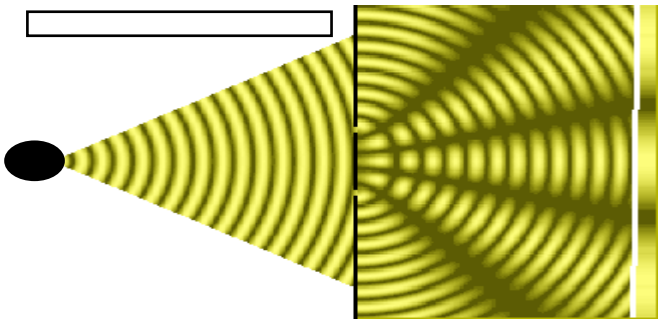
$$\varphi = (1{,}664 - 1{,}644)\ 12^0$$

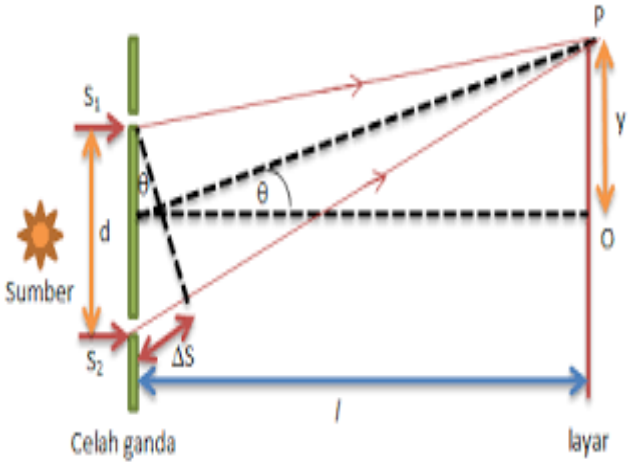
$$\varphi = 0{,}24^0$$

INTERFERENSI CAHAYA

Interferensi cahaya adalah perpaduan antara dua gelombang cahaya. Syarat terjadinya interferensi, yaitu kedua gelombang cahaya itu harus bersifat koheren. Dua gelombang cahaya dikatakan koheren apabila kedua gelombang cahaya tersebut mempunyai amplitudo yang sama, frekuensi yang sama, dan beda fasenya tetap.

a. Interferensi cahaya pada celah ganda (Percobaan Young)





Jika kita amati, hasil interferensi membentuk garis terang dan gelap (pada gambar atas). Garis terang terjadi karena mengalami interferensi maksimum. Hal ini dikarenakan beda fase cahaya yang sampai ke layar sama dengan bilangan genap kali setengah panjang gelombang.

$$d \sin \theta = m \lambda \text{ atau}$$

$$\frac{d \times y}{l} = m \lambda$$

Sedangkan garis gelap terjadi karena mengalami interferensi minimum. Hal ini dikarenakan beda fase cahaya yang tiba di layar adalah bilangan ganjil dari setengah panjang gelombang.

$$d \sin \theta = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda \text{ atau}$$

$$\frac{d \times y}{l} = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

Keterangan :

d = jarak antara dua celah(m)

θ = sudut yang dibentuk berkas cahaya dengan garis mendatar

m = orde interferensi ($m = 1,2,3,.....$dst)

λ = panjang gelombang (m)

l = jarak celah kelayar

y = jarak pusat terang ke pola gelap atau ke pola terang yang dituju (m)

CONTOH SOAL

Suatu cahaya menerangi celah ganda yang memiliki jarak antara celah 0,3 mm sedemikian hingga terbentuk pola gelap-terang pada layar yang jaraknya 0,9 m dari celah tadi. Bila jarak antara garis gelap kedua terhadap pusat pola 3 mm, maka panjang gelombang cahaya tersebut adalah .... meter

Dik:

$d = 0{,}3\,\text{mm} = 3\,\text{x}\,10^{-4}\ \text{m}$

$\text{L} = 0{,}9\,\text{m}$

$p = 3\,\text{mm} = 3\,\text{x}\,10^{-3}\ \text{m}$

$\text{gelap}\ \ \text{m} = 2$

Dit:

$\lambda = ?$

Persamaan interferensi pola gelap

$$\frac{pd}{L} = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

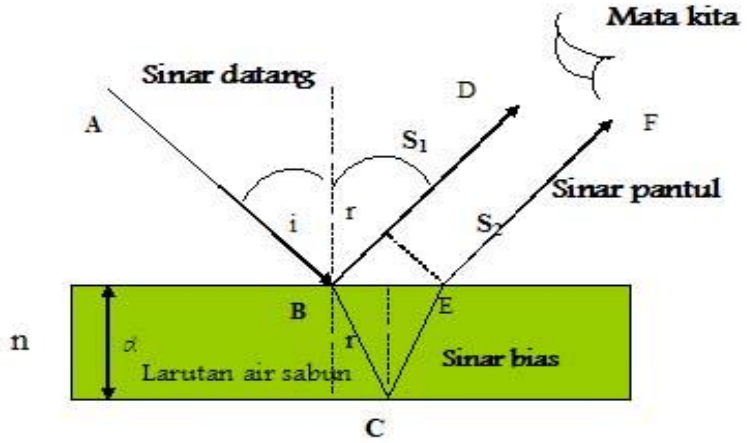
$$\frac{3\,\text{x}\,10^{-3}\,.3\,\text{x}\,10^{-4}}{9\,\text{x}\,10^{-1}} = \left(2 - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$10^{-6} = \frac{3}{2}\lambda$$

$$\lambda = \frac{2}{3}\,\text{x}\,10^{-6} \rightarrow \lambda = 6{,}7\,\text{x}\,10^{-7}$$

b. Interferensi pada lapisan/selaput tipis

Interferensi ini dapat disebabkan oleh lapisan minyak di atas permukaan air ataupun lapisan cairan lainnya. Selain itu, dapat juga disebabkan oleh lapisan udara tipis.



Terjadinya interferensi minimum atau garis gelap apabila:

$$2n \times d \cos r = 2m \times \frac{1}{2}\lambda$$

Terjadinya garis terang apabila:

$$2n \times d \cos r = (2m+1)\frac{1}{2}\lambda$$

Keterangan :

n = indeks bias lapisan tipis

d = tebal lapisan (m)

r = sudut bias sinar

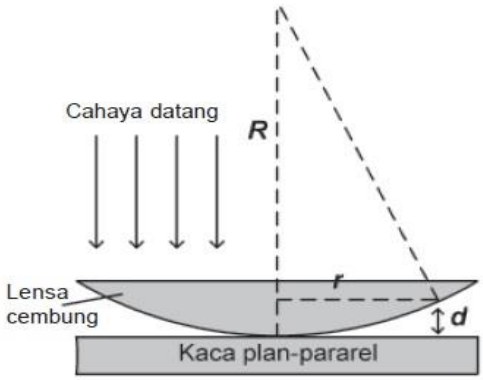
λ = panjang gelombang (m)

m = orde interferensi (0,1,2,3,4,...dst)

Cincin Newton

Sedangkan interferensi pada lapisan tipis di udara terjadi pada fenomena cincin Newton.

Berkas sinar sejajar mengenai lensa plan konvek, kemudian diteruskan ke kaca plan paralel yang ada di bawahnya melalui lapisan udara antara kedua lensa kaca tersebut.

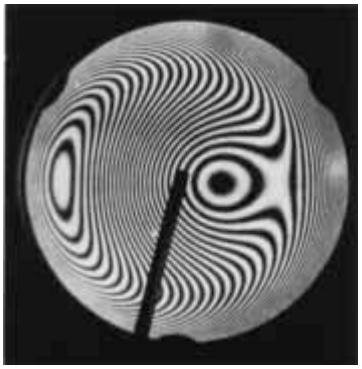


Hubungan antara jari-jari orde interferensi dengan panjang gelombang cahaya dirumuskan:

$$R_n^2 = (2m+1)\frac{1}{2}\lambda$$

Keterangan:
R = jari – jari kelengkung an permukaan lenas (m)
m = orde lingkaran
λ = panjang gelombang cahaya (m)

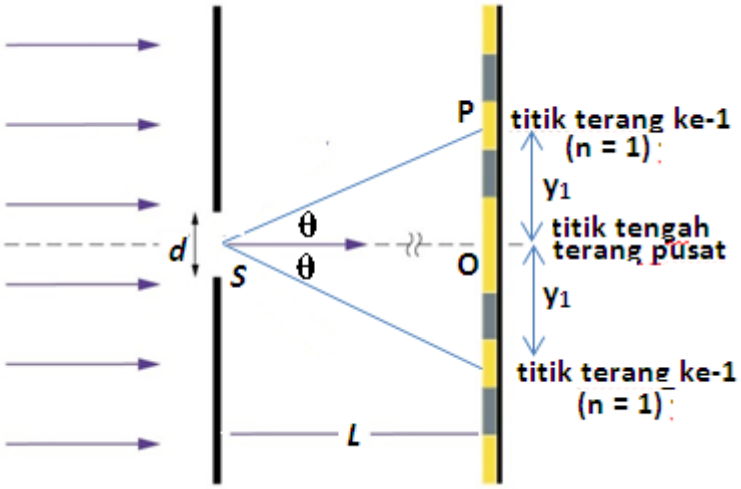
Cincin Newton merupakan pola interferensi pada selaput tipis udara yang berupa lingkaran-lingkaran garis gelap dan terang.Jika kaca plan paralel kita amati dari bawah, akan teramati.



DIFRAKSI CAHAYA

Jika seberkas cahaya dilewatkan pada celah sempit atau pada suatu kisi (celah kecil yang banyak jumlahnya), maka cahaya tersebut akan dibelokkan. Peristiwa pembelokkan cahaya karena melewati penghalang disebut kelenturan atau difraksi.

a. Difraksi pada celah tunggal



Pola gelap/minimum jika:

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

atau

$$\frac{d\,.\,y}{l} = m\,\lambda$$

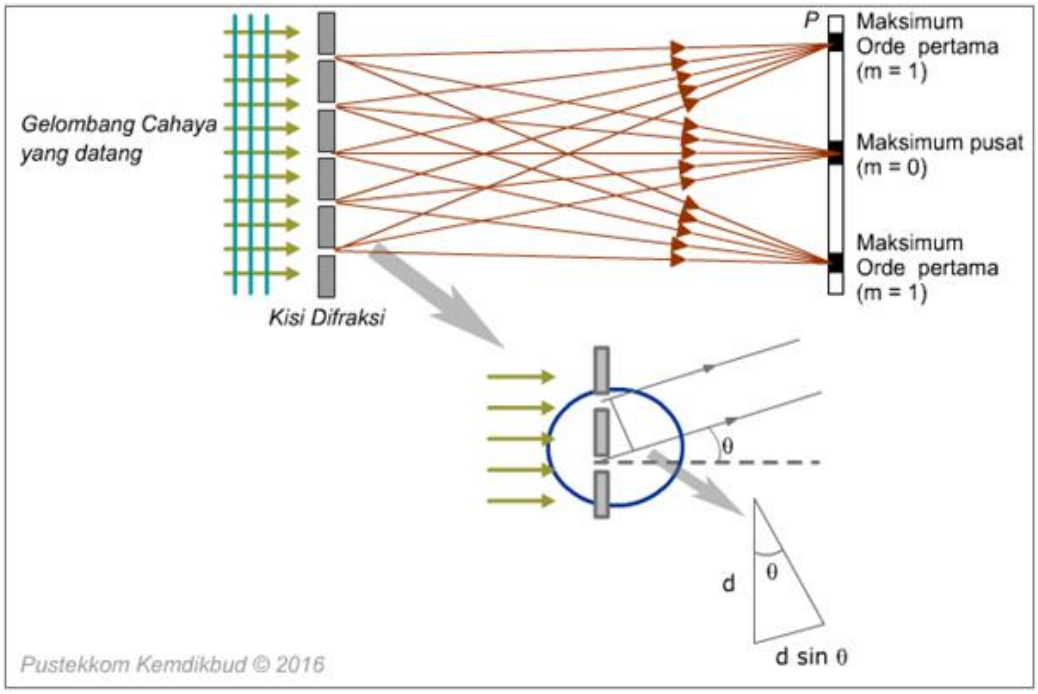
Sedangkan pola terang/maksimum jika:

$$d \sin \theta = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

atau

$$\frac{d\,.\,y}{l} = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

b. Difraksi pada celah banyak (kisi)



Pola gelap/minimum jika:

$$d \sin \theta = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

atau

$$\frac{d \cdot y}{l} = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

Sedangkan pola terang/maksimum jika:

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

atau

$$\frac{d \cdot y}{l} = m\,\lambda$$

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

Keterangan:

d = jarak antar celah (m)

m = orde terang /gelap (1,2,3,4,..., dst)

λ = panjang gelombang (m)

y = jarak pusat terang ke pola gelap atau pola terang yang dituju (m)

l = jarak celah ke layar (m)

N = jumlah kisi

Kerjakan soal berikut ini:

SOAL NOMOR 1

Suatu celah sempit tunggal denga lebar *a*disinari oleh cahaya monokromatis dengan panjang gelombang 5.890 angstrom. Tentukan lebar celah agar terjadi pola difraksi maksimum orde pertama dengan sudut 30^0!

SOAL NOMOR 2

Sebuah kisi yang memiliki 5.000 garis tiap cm digunakan untuk menentukan panjang gelombang suatu cahaya monokromatik. Sudut antara terang pusat dan garis terang orde kedua adalah 8^0. Hitunglah besarnya panjang gelombang yang digunakan (nyatakan dalam satuan angstrom)!

POLARISASI CAHAYA

Polarisasi adalah perstiwa penyerapan arah bidang getar dari gelombang. Gejalah polarisasi hanya dapat dialami oleh gelombang transversal saja. Polarisasi dapat terjadi karena pemantulan pada cermin datar, absorpsi selektif dari bahan polaroid, dan bias kembar oleh kristal.

a. Polarisasi karena pemantulan
   Polarisator akan menyebabkan sinar yang tak terpolarisasi menjadi sinar yang terpolarisasi, sedangkan analisator akan menganalisis sinar tersebut menjadi sinar terpolarisasi atau tidak.
b. Polarisasi karena pemantulan dan pembiasan
   Polarisasi ini dapat terjadi apabila cahaya yang dipantulkan dengan cahaya yang dibiaskan saling tegak lurus atau membentuk sudut 90^0, sehingga sinar pantul terpolarisasi linear. Sudut datang yang menghasilkan sinar pantul terpolarisasi linear disebut sudut polarisasi atau sudut Brewster (i_p) dan dirumuskan:

$$i_p + r = 90^0 \text{ dan } \tan i_p = \frac{n_2}{n_1}$$

i_p = sudut pantul

Keterangan : n_1 = indeks bias medium sinar datang

n_2 = indeks bias medium sinar pantul

c. Polarisasi karena absorbsi selektif

Polaroid adalah suatu bahan yang dapat menyerap arah bidang getar gelombang cahaya dan hanya melewatkan salah satu bidang getar. Seberkas sinar yang telah melewati polaroid hanya akan memiliki satu bidang getar saja sehingga sinar yang telah melewati polaroid adalah sinar yang terpolarisasi.

Jika cahaya terpolarisasi tersebut dilewatkan pada bahan polarisator lain dengan membentuk sudut α terhadap polarisator pertama, maka dirumuskan sebagai hukum Mallus, yaitu

$$I' = I\cos^2\alpha \text{ atau}$$

$$I' = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$$

Keterangan :

I' = intensitas cahaya setelah melalui dua bahan polarisasi

I = intensitas cahaya terpolarisasi

I_0 = intensitas cahaya awal

α = sudut antara kedua polarisator

d. Polarisasi karena hamburan

Polarisasi cahaya karena hamburan dapat terjadi pada peristiwa terhamburnya cahaya matahari oleh partikel-partikel debu di atmosfer yang menyelubungi bumi.

Kerjakan soal berikut ini:

SOAL NOMOR 3

Dua buah kristal tourmali, satu sama lain bersilangan dengan sudut 45^0. Intensitas cahaya mula-mula yang mengenai kristal pertama 20 Watt/m^2. Maka intensitas cahaya yang dapat dilewatkan oleh kedua kristal tadi adalah ....