

Optika (II)

A. PENDAHULUAN

Optika fisis adalah ilmu yang membahas kuantitas cahaya, yaitu difraksi, interferensi dan polarisasi cahaya.

Sifat-sifat cahaya:

- 1) Memiliki cepat rambat $3,0 \times 10^8$ m/s.
- 2) Merupakan gelombang transversal dan elektromagnetik.
- 3) Merambat dalam arah lurus.
- 4) Arah rambat tidak dapat dipengaruhi medan magnet atau listrik (tidak bermuatan).
- 5) Bagian dari spektrum matahari.

Satuan panjang gelombang yang sering digunakan:

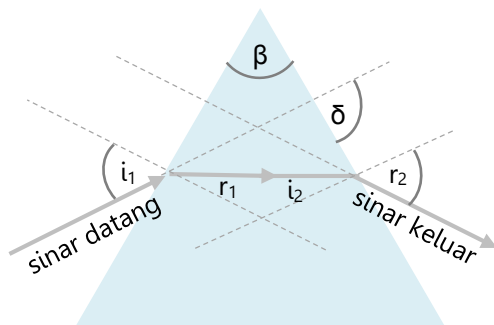
$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

B. PEMBIASAN CAHAYA

Pembiasan cahaya adalah proses pembelokan cahaya karena melewati medium yang berbeda kerapatannya.

Pembiasan cahaya pada prisma akan membentuk sudut deviasi yang merupakan perpanjangan sinar datang dengan yang meninggalkan prisma.



Sudut deviasi dapat dihitung:

$$\delta = (i_1 + r_2) - \beta$$

δ = sudut deviasi

i_1 = sudut sinar datang

r_2 = sudut sinar keluar

β = sudut pembias prisma

Sudut deviasi minimum prisma dapat dihitung:

$$\delta_m = 2 \cdot i_1 - \beta$$

Persamaan indeks bias pada prisma:

Sudut pembias $> 15^\circ$

$$n_m \cdot \sin \frac{1}{2} (\delta_m + \beta) = n_p \cdot \sin \frac{1}{2} (\beta)$$

Sudut pembias $< 15^\circ$

$$\delta_m = \beta \left(\frac{n_p}{n_m} - 1 \right)$$

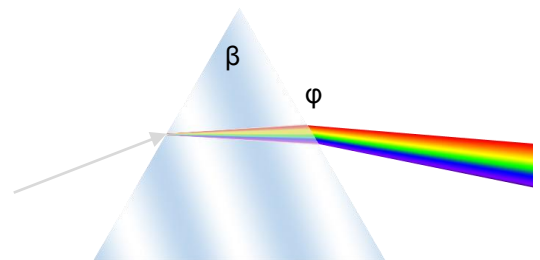
n_m = indeks bias medium

n_p = indeks bias prisma

C. DISPERSI CAHAYA

Dispersi cahaya adalah proses penguraian cahaya polikromatik menjadi cahaya monokromatik.

Dispersi cahaya pada prisma akan menghasilkan spektrum warna pelangi.



	Sudut deviasi	Indeks bias	Frekuensi	Panjang gelombang
	kecil	kecil	kecil	besar
	besar	besar	besar	kecil

Sudut deviasi (δ) spektrum merah dan ungu dapat dihitung:

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

$$\delta_u = (n_u - 1)\beta$$

δ = sudut deviasi

n_m = indeks bias merah

n_u = indeks bias ungu

β = sudut pembias prisma

Sudut dispersi (ϕ) adalah lebar spektrum yang dapat dihitung:

$$\phi = (n_u - n_m)\beta \quad \phi = \text{sudut dispersi}$$

D. WARNA


Cahaya terbagi menjadi cahaya polikromatik dan cahaya monokromatik.


Cahaya polikromatik adalah cahaya putih yang terdiri atas banyak frekuensi, sedangkan **cahaya monokromatik** adalah cahaya yang terdiri atas satu frekuensi.

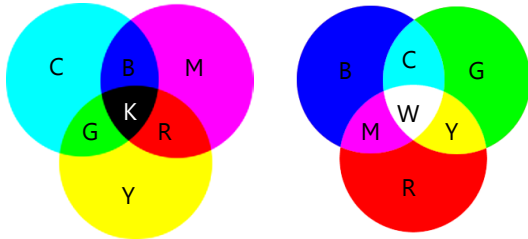
Warna benda muncul akibat benda tersebut memantulkan dan menyerap spektrum warna dari sinar putih.

- 1) **Benda berwarna putih** jika semua spektrum warna yang diterimanya dipantulkan.

- 2) **Benda berwarna hitam** jika semua spektrum warna yang diterimanya diserap.
- 3) **Benda berwarna x** jika spektrum warna x dipantulkan, dan spektrum warna lain diserap.


 **Pada sistem yang molekulnya bergerak** secara bebas (langit dan air), warna muncul diakibatkan oleh penghamburan spektrum warna.


 **Warna** terdiri dari:



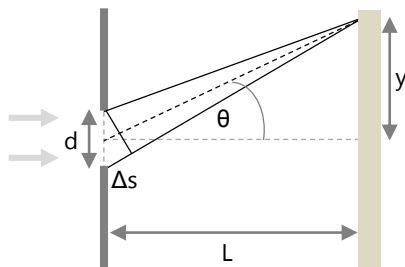
- 1) **Warna primer**, jika dicampur dapat menghasilkan warna putih, terdiri dari merah, hijau, biru (RGB).
- 2) **Warna sekunder**, dihasilkan dari percampuran antar warna primer, terdiri dari cyan, magenta, kuning (CMY), dan lain-lain.

E. DIFRAKSI CAHAYA

 **Difraksi cahaya** adalah pelenturan atau penyebaran gelombang cahaya ketika melintasi celah sempit atau ujung penghalang.

 **Difraksi cahaya** akan mengakibatkan interferensi cahaya yang menghasilkan pola terang-gelap.

 **Difraksi pada celah tunggal:**



Persamaan difraksi celah tunggal

$$\Delta s = d \cdot \sin \theta = d \frac{y}{L}$$

Rumus pola gelap

$$\Delta s = n \cdot \lambda$$

Semakin jauh dari pusat terang, pita terang makin sempit, sehingga diabaikan.

Δs = selisih lintasan (m)

θ = sudut deviasi/simpangan

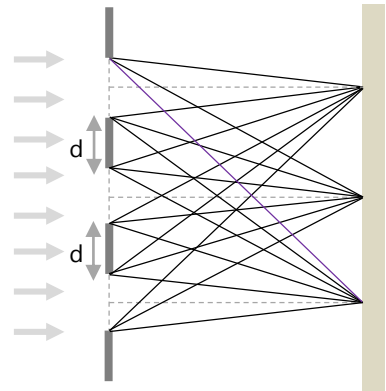
d = lebar celah difraksi (m)

y = jarak dari terang pusat ke pita gelap ke- n (m)

L = jarak celah ke layar (m)

n = pola ke- n (bilangan bulat)

 **Difraksi pada celah banyak (kisi):**



Persamaan difraksi celah banyak

$$\Delta s = d \cdot \sin \theta = d \frac{y}{L}$$

Pola terang pada difraksi celah banyak teratur, sedangkan pola gelap tidak.

Rumus pola terang


$$\Delta s = n \cdot \lambda$$


Rumus pola gelap


$$\Delta s = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

d = tetapan kisi/jarak antar celah (m)

k = banyak celah

 **Difraksi cahaya** membatasi daya urai atau batas resolusi dan pembesaran alat optik.

 **Daya urai** atau **batas resolusi** adalah jarak pisah terpendek dari dua titik dimana bayangan yang dihasilkan masih dapat terlihat sebagai dua titik terpisah.

 **Sudut resolusi minimum** (Rayleigh) untuk mendapatkan daya urai minimum dapat dirumuskan:

$$\theta_m = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

θ_m = sudut resolusi minimum/ Rayleigh
 D = diameter alat optik (m)

 **Daya urai** alat optik dapat dirumuskan:


$$d_m = 1,22 \frac{\lambda \cdot L}{D}$$


d_m = daya urai alat optik


L = jarak sumber ke pengamat (m)

D = diameter alat optik (m)

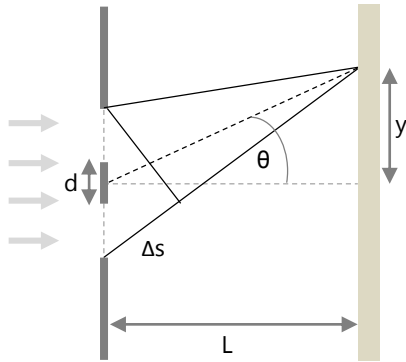
F. INTERFERENSI CAHAYA

 **Interferensi cahaya** adalah perpaduan gelombang cahaya koheren yang menghasilkan pola terang-gelap yang merupakan pola interferensi konstruktif-destruktif.

 **Interferensi konstruktif** terjadi pada pola pita terang dan interferensi gelombang sefase.

 **Interferensi destruktif** terjadi pada pola pita gelap dan interferensi gelombang berlawanan fase.

 **Interferensi pada celah ganda** (Thomas Young):



Persamaan interferensi celah ganda

$$\Delta s = d \cdot \sin \theta = d \frac{y}{L}$$

Rumus pola terang

$$\Delta s = n \cdot \lambda$$

Rumus pola gelap

$$\Delta s = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

Δs = selisih lintasan (m)

θ = sudut deviasi/simpangan

d = jarak antar celah (m)

y = jarak dari terang pusat ke pita gelap ke- n (m)

L = jarak celah ke layar (m)

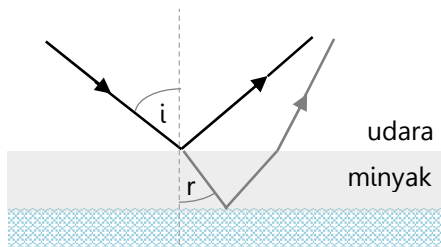
n = pola ke- n (bilangan bulat)

Jarak antar pola

1) **Jarak antara** terang-gelap yang bersebelahan adalah $\frac{1}{2}\lambda$.

2) **Jarak antara** terang-terang atau gelap-gelap yang bersebelahan adalah λ .

 **Interferensi pada lapisan tipis:**



Persamaan interferensi lapisan tipis

$$\Delta s = 2 \cdot n \cdot d \cdot \cos r$$

Rumus pola terang

$$\Delta s = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

Rumus pola gelap

$$\Delta s = m \cdot \lambda$$

n = indeks bias lapisan tipis


d = ketebalan lapisan tipis


r = sudut


m = pola ke- m (bilangan bulat)

λ = panjang gelombang di luar lapisan tipis

G. POLARISASI CAHAYA


 **Polarisasi cahaya** adalah pengkutuban gelombang cahaya, yaitu penyerapan sebagian arah getar gelombang cahaya.


 **Gelombang cahaya** dapat terpolarisasi dengan cara penyerapan, pemantulan, pembiasan ganda, dan hamburan.

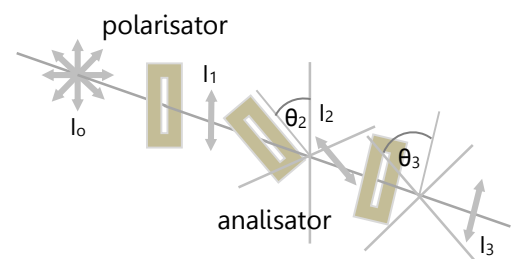
 **Polarisasi** dengan cara penyerapan dilakukan menggunakan sebuah celah (polaroid).

 **Polaroid** terdiri dari:

- 1) **Polarisator**, mengubah cahaya tak terpolarisasi menjadi terpolarisasi.
- 2) **Analisisator**, mengurangi intensitas cahaya terpolarisasi.

 **Suatu arah gelombang** akan terserap oleh celah apabila celah tidak sejajar dengan arah polarisasi, dan tidak akan terserap apabila celah sejajar dengan arah polarisasi.

 **Hukum Malus** pada polarisasi cara penyerapan:




Intensitas cahaya pada polarisator


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

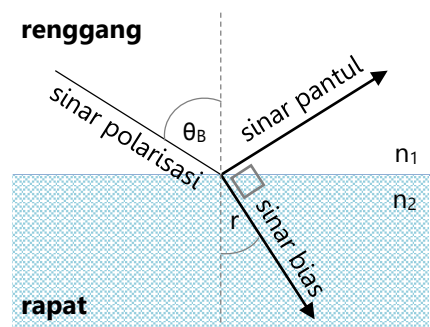
Intensitas cahaya pada analisisator

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta_2$$

$$I_3 = I_2 \cos^2 \theta_3$$

 **Polarisasi** akibat pemantulan dan pembiasan terjadi jika sinar pantul dan sinar bias membentuk sudut 90° .

 **Pada kejadian tersebut**, sinar datang disebut sinar polarisasi, dan sudut datang disebut sudut polarisasi (sudut Brewster).




Persamaan sudut Brewster:

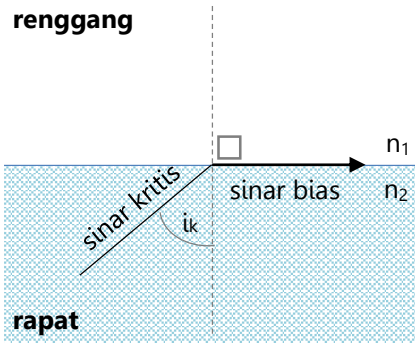
$$\tan \theta_B = \frac{n_2}{n_1}$$

θ_B = sudut polarisasi/sudut Brewster

n_2 = indeks bias medium tujuan (rapat)

n_1 = indeks bias medium asal (renggang)

 **Sudut kritis** adalah sudut datang yang membuat sudut bias membentuk 90° .




Persamaan sudut kritis

$$\sin i_k = \frac{n_1}{n_2}$$


i_k = sudut kritis


n_1 = indeks bias medium tujuan (renggang)

n_2 = indeks bias medium asal (rapat)

 **Hubungan** sudut polarisasi dengan sudut kritis:

$$\tan \theta_B = \frac{1}{\sin i_k}$$

 **Polarisasi** dengan cara hamburan terjadi pada sistem partikel seperti gas.

 **Cahaya diserap dan dihamburkan** oleh elektron-elektron sistem partikel sehingga menghasilkan cahaya terpolarisasi.