

# **INTERFERENSI DAN DIFRAKSI**

Mata Kuliah: Gelombang & Optik

Dosen: Andhy Setiawan

# INTERFERENSI

INTERFEROMETER PEMBELAH MUKA GELOMBANG

## A. Interferensi

*Interferensi* merupakan perpaduan dua atau lebih gelombang sebagai akibat berlakunya prinsip superposisi.

Interferensi terjadi bila gelombang–gelombang tersebut *koheren*, yaitu mempunyai perbedaan fase yang tetap.



# Interferometer

*Interferometer* merupakan alat untuk menghasilkan gelombang yang koheren sehingga interferensi bisa terjadi.

Jenis Interferometer :

1. Pembelah muka Gelombang
2. Pembelah Amplitudo



## A.1 Interferometer Pembelah Muka Gelombang

**Prinsip Kerja :**

Dua gelombang yang koheren diperoleh dari sumber yang sama dengan intensitas yang tetap.

**Contoh :**

- Interferometer Young dua celah
- Interferometer Biprisma Fresnel
- Interferometer Young banyak celah



## **A.2 Interferometer Pembelah Amplitudo**

### **Prinsip Kerja :**

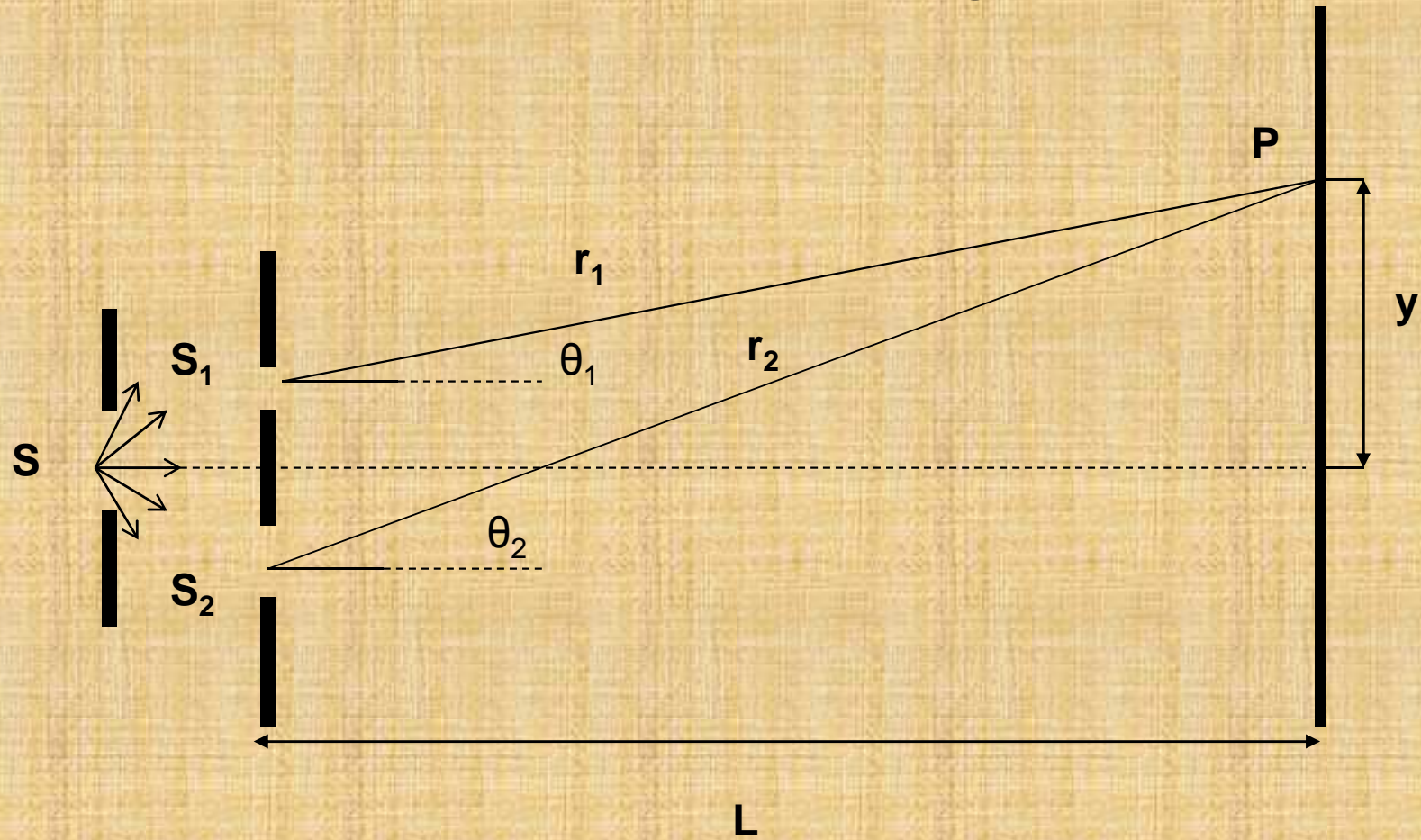
**Dua gelombang yang koheren diperoleh dengan membagi intensitas semula , misal dengan lapisan pemantul sebagian**

### **Contoh :**

- **Interferometer Michelson**
- **Interferometer Fabry Perot**

## A.1. Interferometer Pembelah Muka Gelombang

### A.1.1. Percobaan Young



**Gambar** Percobaan Young

andhysetiawan

**Persamaan gelombang cahaya dari  $S_1$  dan  $S_2$  di titik P pada layar :**

$$E_1(r, t) = E_0 e^{i(kr_1 - \omega t + \varphi_1)}$$

$$E_2(r, t) = E_0 e^{i(kr_2 - \omega t + \varphi_2)}$$

**Superposisi di titik P :**

$$E = E_1 + E_2$$

$$E(r, t) = E_0 \left( e^{i(kr_1 - \omega t + \varphi_1)} + e^{i(kr_2 - \omega t + \varphi_2)} \right) \dots (1)$$



Intesitas :

$$I \approx |E|^2$$

$$I \approx E_0^2 \left[ e^{i(kr_1 - \omega t + \varphi_1)} + e^{i(kr_2 - \omega t + \varphi_2)} \right] \left[ e^{-i(kr_1 - \omega t + \varphi_1)} + e^{-i(kr_2 - \omega t + \varphi_2)} \right]$$

$$I \approx E_0^2 \left[ 1 + e^{-i(k(r_2 - r_1) + (\varphi_2 - \varphi_1))} + e^{i(k(r_2 - r_1) + (\varphi_2 - \varphi_1))} + 1 \right]$$

$$I \approx E_0^2 \left[ 2 + e^{-i(k(r_2 - r_1) + (\varphi_2 - \varphi_1))} + e^{i(k(r_2 - r_1) + (\varphi_2 - \varphi_1))} \right]$$

$$I \approx E_0^2 \left[ 2 + 2 \cos \phi \right] \quad \text{dengan} \quad \phi = k(r_2 - r_1) + (\varphi_2 - \varphi_1)$$

karena  $I_0 \approx |E_0|^2 \approx E_0^2$  maka

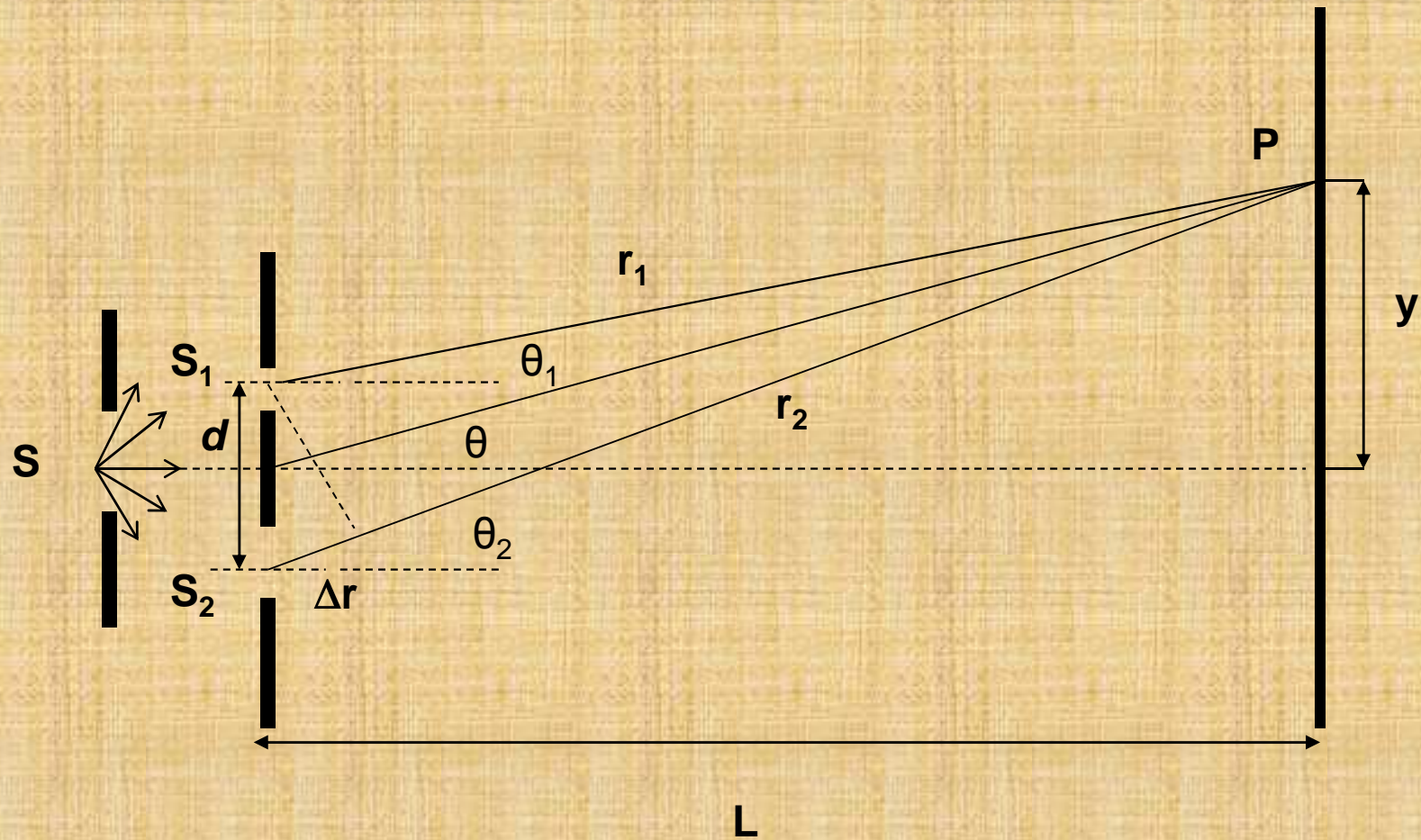
$$I = 2I_0 [1 + \cos(\phi)]$$

$$I = 2I_0 [1 + \cos(\phi)] \quad \text{dengan} \quad \phi = k(r_2 - r_1) + (\varphi_2 - \varphi_1)$$
$$\cos 2\left[\frac{\phi}{2}\right] = 2\cos^2\frac{\phi}{2} - 1 \quad = k\Delta r + \Delta\varphi$$

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{k\Delta r}{2} + \frac{\Delta\varphi}{2}\right)$$

Kedua gelombang dari sumber yang sama  $\implies \Delta\varphi = 0$

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{k\Delta r}{2}\right)$$



Dari gambar  $\Delta r = d \sin \theta$ , Karena  $\theta \ll$  maka  $\sin \theta \cong \tan \theta = \frac{y}{L}$

mengingat  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

maka

$$I = 4I_0 \cos^2 \left( \frac{\pi d y}{\lambda L} \right)$$

andhysetiawan

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\pi dy}{\lambda L}\right)$$

$I$  akan maksimum jika :  $\cos^2\left(\frac{\pi dy}{\lambda L}\right) = 1$

$$\implies \frac{\pi dy}{\lambda L} = n\pi$$
$$n = 0, \pm 1, \pm 2$$

Jarak terang ke- $n$  dari pusat  $y = n \frac{\lambda L}{d}$

$I$  akan minimum jika :  $\cos^2\left(\frac{\pi dy}{\lambda L}\right) = 0 \implies \frac{\pi dy}{\lambda L} = \left[\frac{2n+1}{2}\right]\pi$

$$n = 0, \pm 1, \pm 2$$

$$y = \left[\frac{2n+1}{2}\right] \frac{\lambda L}{d}$$

- jarak antara dua terang / dua gelap berurutan

Jika :

$$\begin{array}{lcl}
 n = 0 & \longrightarrow & y = 0 \quad \longrightarrow \quad y = \frac{\lambda L}{2d} \\
 n = 1 & \longrightarrow & y = \frac{\lambda L}{d} \quad \longrightarrow \quad y = \frac{3\lambda L}{2d} \\
 n = 2 & \longrightarrow & y = \frac{2\lambda L}{d} \quad \longrightarrow \quad y = \frac{5\lambda L}{2d}
 \end{array}$$

$$\Delta y = y_1 - y_0 = y_2 - y_1 \quad \boxed{\Delta y = \frac{\lambda L}{d}}$$

- jarak gelap ke terang berurutan adalah

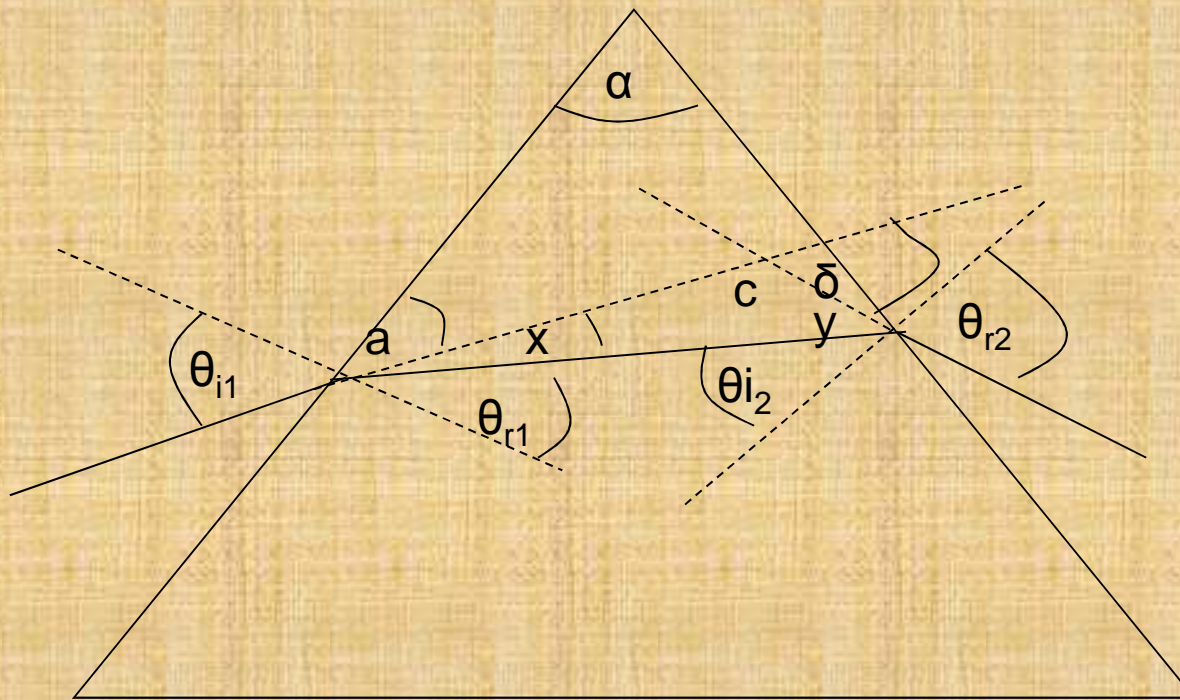
$$\Delta y = y_{0g} - y_{0t} = y_{1t} - y_{0g} = y_{1g} - y_{0t} = \dots$$

$$\boxed{\Delta y = \frac{\lambda L}{2d}}$$

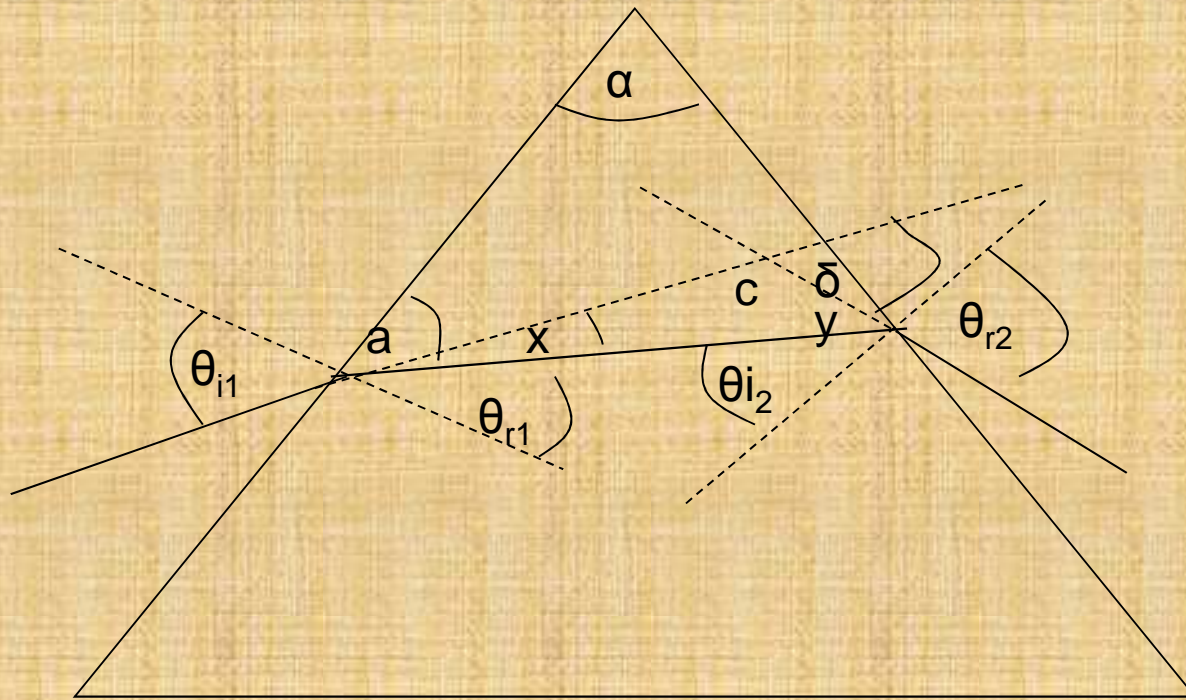
andhysetiawan

### A.1.2. Interferometer Biprisma Fresnel

Interferometer Biprisma Fresnel menggunakan prisma sebagai pembelah muka gelombang. Untuk itu sebelumnya kita harus memahami jalannya sinar pada prisma



**Gambar** Jalannya sinar pada prisma



$$a = 90^\circ - \theta_{r1} ;$$

$$b = 90^\circ - \theta_{i2}$$

$$\alpha + a + b = 180^\circ$$

$$x = \theta_{i1} - \theta_{r1} ;$$

$$y = \theta_{r2} - \theta_{i2}$$

$$c + x + y = 180^\circ$$

$$c = 180^\circ - (\theta_{i1} - \theta_{r1}) - (\theta_{r2} - \theta_{i2})$$

$$= 180^\circ - (\theta_{i1} + \theta_{r2}) + (\theta_{r1} + \theta_{i2})$$

$$= 180^\circ - (\theta_{i1} + \theta_{r2}) + \alpha \dots\dots\dots(*)$$

$$\delta = 180^\circ - c$$

$$= 180^\circ - (180^\circ - (\theta_{i1} + \theta_{r2}) + \alpha)$$

$$= (\theta_{i1} + \theta_{r2}) - \alpha \dots\dots\dots(**)$$

Persamaan (\*\*) menunjukkan persamaan umum **sudut deviasi**.  
andhysetiawan

## Sudut Deviasi Minimum

- Terjadi bila  $\theta_{r1} = \theta_{i2}$  dan  $\theta_{i1} = \theta_{r2}$

$$\theta_{r1} = \frac{\alpha}{2} \longrightarrow \alpha = 2\theta_{r1}$$

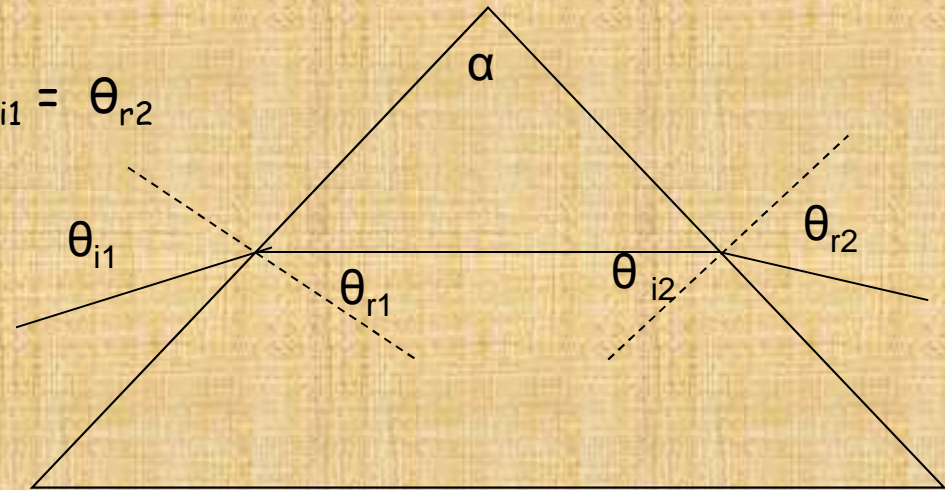
$$\delta = (\theta_{i1} + \theta_{r2}) - \alpha$$

dengan

$$\theta_{i1} = \theta_{r2}$$

$$\delta = 2\theta_{i1} - \alpha$$

$$\theta_{i1} = \frac{\delta + \alpha}{2}$$



**Gamba 4.** Prisma dengan sudut deviasi minimum



Berdasarkan hukum Snellius :

$$1 \sin \theta_{i1} = n \sin \theta_{r1}$$

$$\sin \frac{\delta + \alpha}{2} = n \sin \frac{\alpha}{2}$$

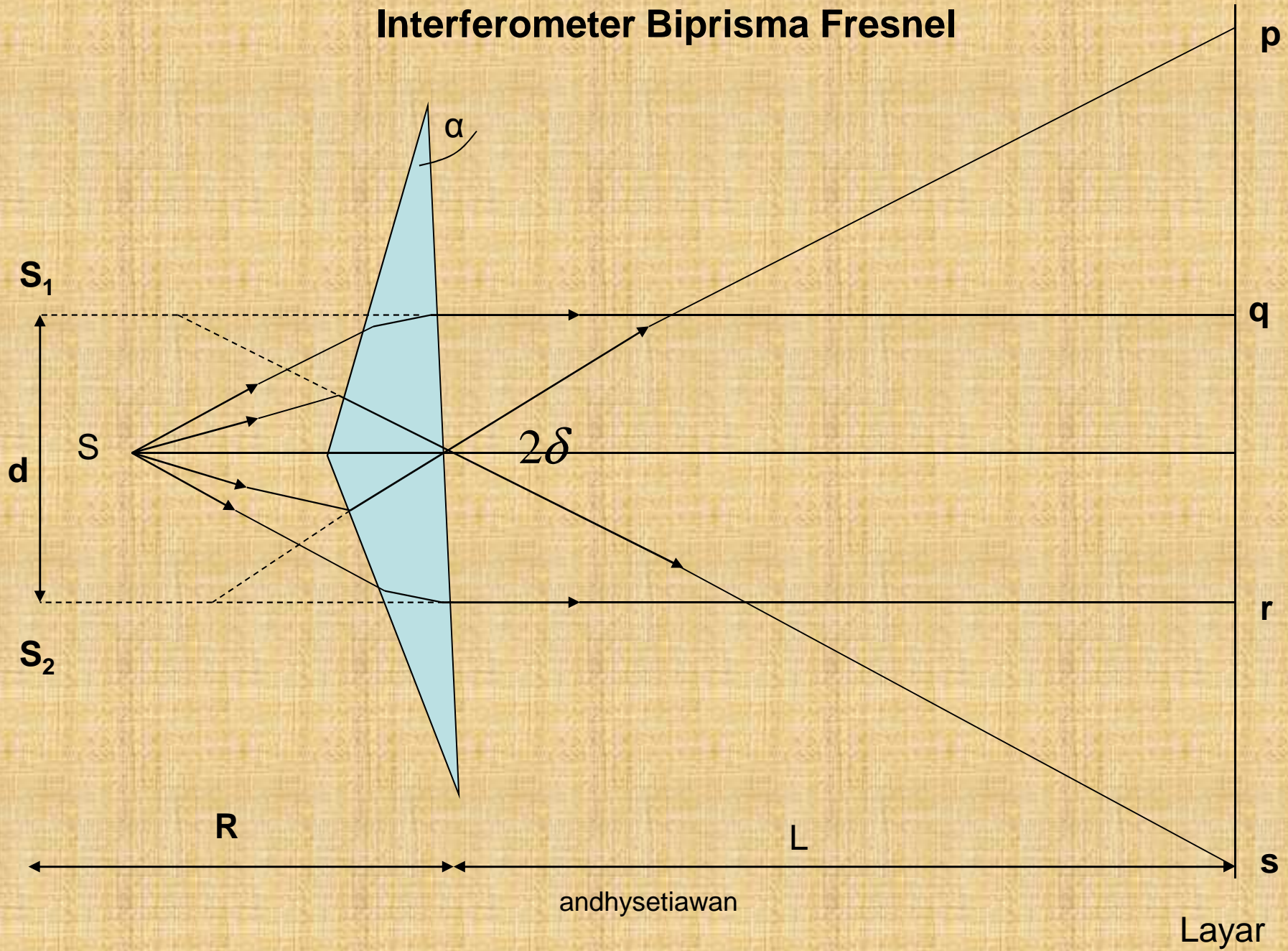
Selanjutnya untuk  $\alpha$  yang kecil :

$$\frac{\delta + \alpha}{2} = \frac{n\alpha}{2}$$

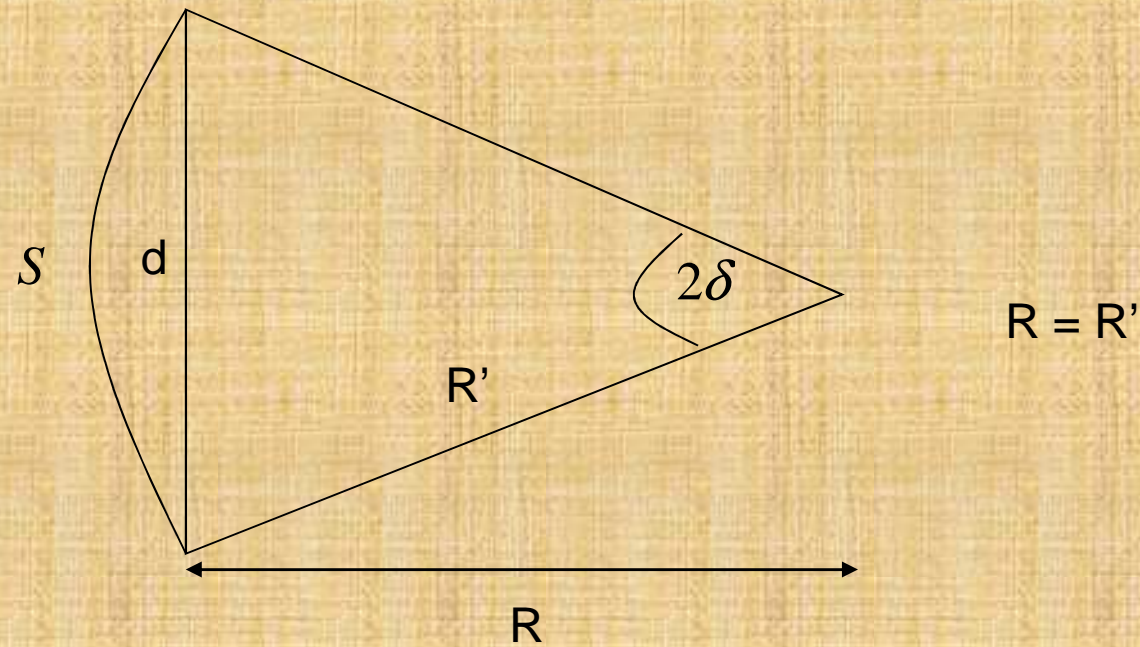
$$\delta = (n-1)\alpha \dots \dots \dots (***)$$

Persamaan (\*\*\*) adalah ***sudut deviasi minimum***

# Interferometer Biprisma Fresnel



$$\delta \ll \quad \longrightarrow \quad S = d = 2\delta R$$



**Gambar 5.** Sudut pada Inteferometer Biprisma Fresnel

andhysetiawan

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d} \quad L \rightarrow (R + L)$$

$$d = 2\delta R$$

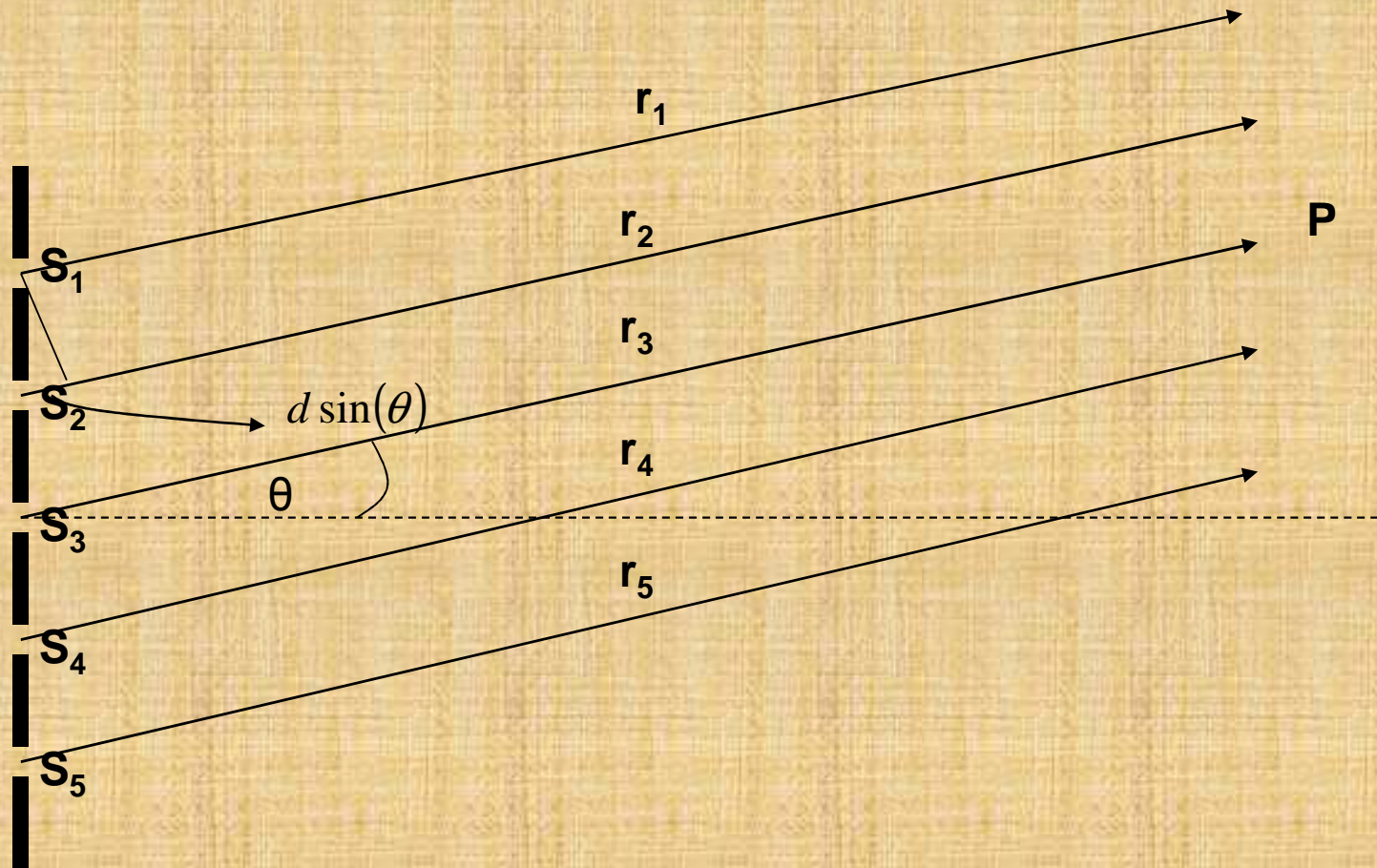
Maka :

$$\Delta y = \frac{\lambda(R + L)}{2R\delta}$$

karena  $\delta$  yang minimum :  $\delta = (n - 1)\alpha$

$$\Delta y = \frac{\lambda(R + L)}{2R(n - 1)\alpha}$$

### A.1.3. Interferometer Young Banyak Celah



**Gambar 6.** Interferensi dari N celah  
andhysetiawan

- Semakin jauh celah maka  $\Delta\phi$  semakin besar.
- Beda fase antara dua gelombang yang masuk ke celah secara berurutan

menghasilkan  $\Delta\phi = k.\Delta r$

$$r_2 = r_1 + \Delta r \quad r_3 = r_2 + \Delta r = r_1 + 2\Delta r$$

$$r_n = r_1 + (n-1)\Delta r$$

Fungsi gelombang :

$$E_1 = E_0 e^{i(kr_1 - \omega t)}$$

$$E_2 = E_0 e^{i(kr_2 - \omega t)}$$

$$E_n = E_0 e^{i(kr_n - \omega t)} \rightarrow E_n = E_0 e^{i(k(r_1 + (n-1)\Delta r) - \omega t)}$$

Fungsi gelombang di titik P merupakan perpaduan gelombang cahaya yang melewati celah 1 sd N, maka:

$$E = \sum_{n=1}^N E_0 e^{i(k(r_1 + (n-1)\Delta r) - \omega t)}$$

andhysetiawan

$$E = \sum_{n=1}^N E_0 e^{i(k(r_1 + (n-1)\Delta r - \omega t))}$$

Dapat ditulis ulang sebagai :

$$E = E_0 e^{i(kr_1 - \omega t)} \sum_{n=1}^N e^{i(k(n-1)\Delta r)}$$

$$\Delta\varphi = k \cdot \Delta r$$

$$E(r, t) = E_0 e^{i(kr_1 - \omega t)} \sum_{n=1}^N e^{i((n-1)\Delta\varphi)} \dots\dots\dots 9)$$

$\longleftarrow \underbrace{\hspace{10em}}_S \longrightarrow$

Selanjutnya bagian S diekspansikan dalam deret :

$$\sum_{n=1}^N e^{i((n-1)\Delta\varphi)} = 1 + e^{i\Delta\varphi} + e^{i2\Delta\varphi} + e^{i3\Delta\varphi} \dots$$

Merupakan deret ukur dengan rasio  $R = e^{i\Delta\varphi}$

Deret ukur dengan rasio R memiliki jumlah

$$S_N = \frac{R^N - 1}{R - 1}$$

Sehingga :

$$\sum_{n=1}^N e^{i(n-1)\Delta\varphi} = \frac{e^{iN\Delta\varphi} - 1}{e^{i\Delta\varphi} - 1}$$

$$= \frac{e^{i\left(\frac{1}{2}N\Delta\varphi + \frac{1}{2}N\Delta\varphi\right)} - e^{i\left(\frac{1}{2}N\Delta\varphi - \frac{1}{2}N\Delta\varphi\right)}}{e^{i\left(\frac{1}{2}\Delta\varphi + \frac{1}{2}\Delta\varphi\right)} - e^{i\left(\frac{1}{2}\Delta\varphi - \frac{1}{2}\Delta\varphi\right)}}$$

$$= \frac{e^{i\frac{N}{2}\Delta\varphi} \left( e^{i\frac{N}{2}\Delta\varphi} - e^{-i\left(\frac{N}{2}\Delta\varphi\right)} \right)}{e^{i\frac{\Delta\varphi}{2}} \left( e^{i\frac{\Delta\varphi}{2}} - e^{-i\frac{\Delta\varphi}{2}} \right)}$$

$$\sum_{n=1}^N e^{i(n-1)\Delta\varphi} = e^{i\frac{\Delta\varphi}{2}(N-1)} \left[ \frac{\sin \frac{N\Delta\varphi}{2}}{\sin \frac{\Delta\varphi}{2}} \right]$$

andhysetiawan



$$\sum_{n=1}^N e^{i(n-1)\Delta\phi} = e^{i\frac{\Delta\phi}{2}(N-1)} \left[ \frac{\sin \frac{N\Delta\phi}{2}}{\sin \frac{\Delta\phi}{2}} \right]$$

maka persamaan 9 menjadi :

$$E(r, t) = E_0 e^{i(kr_1 - \omega t)} e^{i\frac{\Delta\phi}{2}(N-1)} \left[ \frac{\sin\left(\frac{N}{2} \Delta\phi\right)}{\sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)} \right]$$

Jika  $\phi = kr_1 + \frac{1}{2}(N-1)\Delta\phi - \omega t$

Maka :

$$E(r, t) = E_0 e^{i\phi} \left[ \frac{\sin\left(\frac{N}{2} \Delta\phi\right)}{\sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)} \right]$$

$$I \approx |E|^2 \longrightarrow I \approx E_0^2 \left[ \frac{\sin \frac{N}{2} \Delta\phi}{\sin \frac{\Delta\phi}{2}} \right]^2 e^{i\phi} \cdot e^{-i\phi} \longrightarrow I = I_0 \left[ \frac{\sin \frac{N}{2} \Delta\phi}{\sin \frac{\Delta\phi}{2}} \right]^2$$

Untuk kasus celah ganda (dua celah) maka  $N = 2$  :

$$I = I_0 \left[ \frac{\sin \Delta\phi}{\sin \frac{\Delta\phi}{2}} \right]^2 = I_0 \left[ \frac{2 \sin \frac{\Delta\phi}{2} \cdot \cos \frac{\Delta\phi}{2}}{\sin \frac{\Delta\phi}{2}} \right]^2$$

$$I = 4I_0 \left[ \cos \frac{\Delta\phi}{2} \right]^2$$

$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{\Delta\phi}{2}$$

$$\Delta\phi = k\Delta r$$

$$\Delta r = d \sin \theta \approx d \tan \theta \rightarrow \Delta r = d \frac{y}{L}$$

$$\Delta\phi = kd \frac{y}{L}$$

$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{kdy}{2L}$$



$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{\pi dy}{\lambda L}$$

andhysetiawan

kasus celah ganda

