

SISTEM KOMUNIKASI OPTIK

BAB 2

Propagasi Cahaya Pada Serat Optik

Tri Nopiani Damayanti

D3 Teknik Telekomunikasi – Fakultas Ilmu Terapan

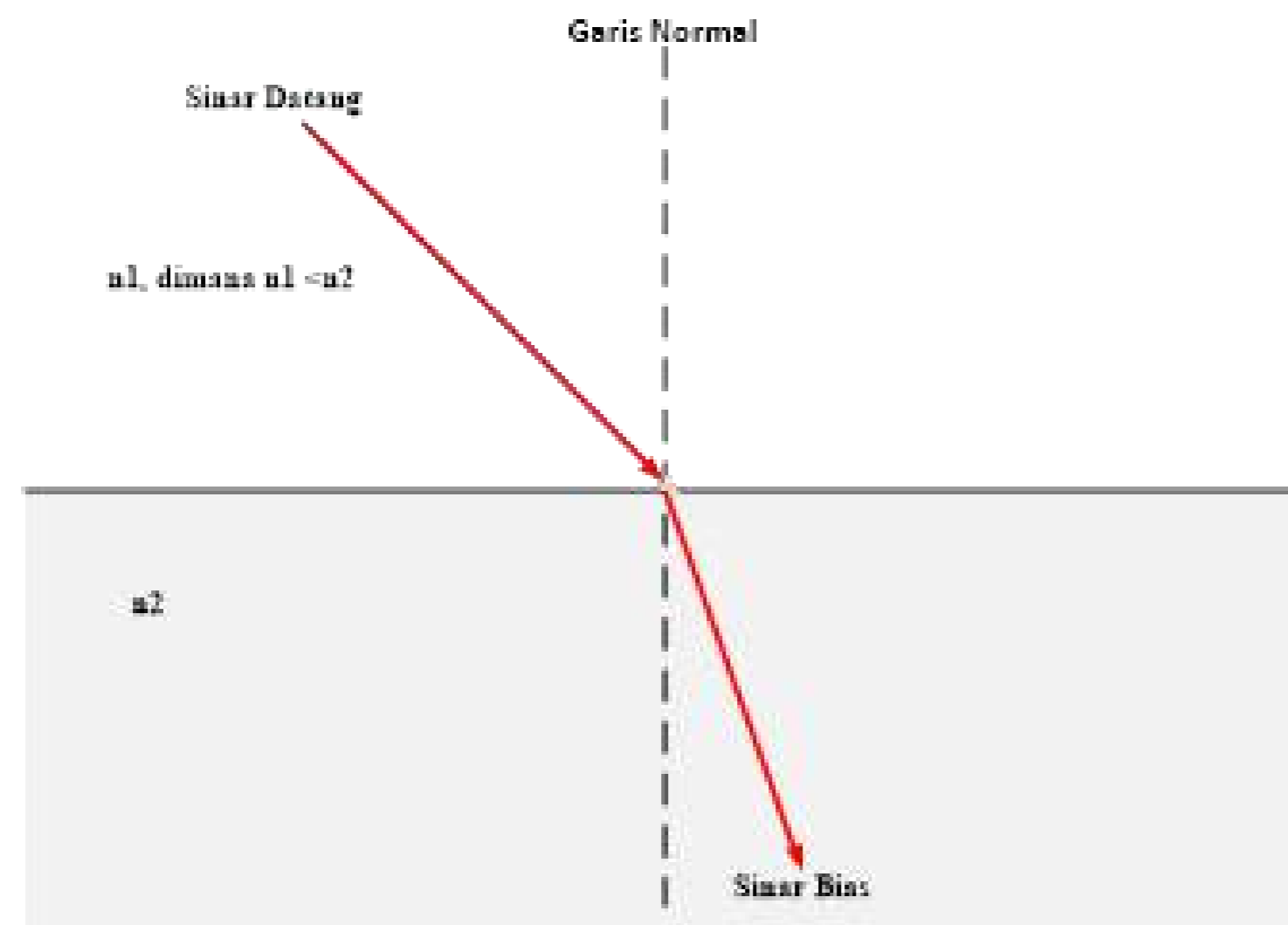


HUKUM SNELLIUS

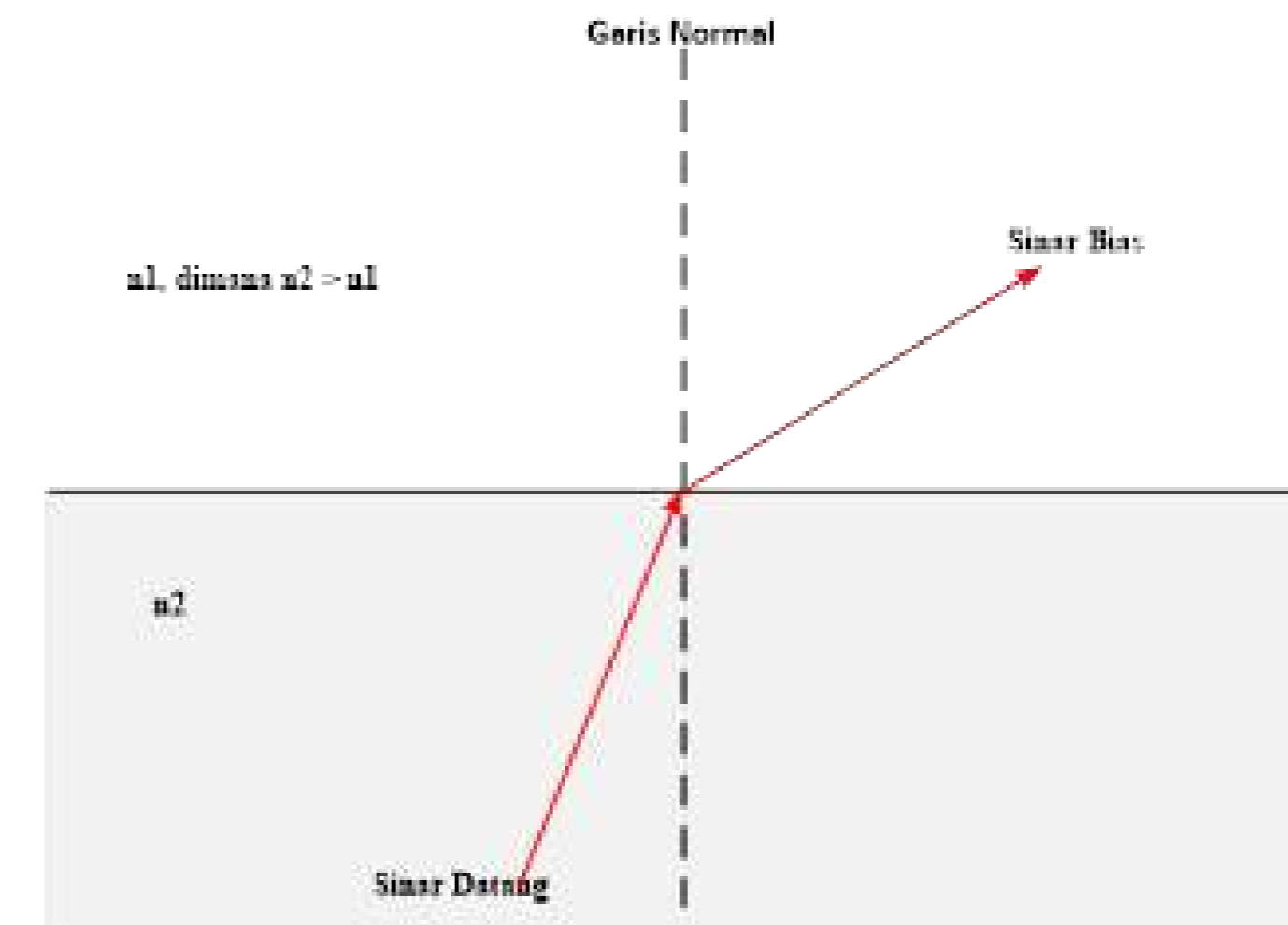


► Hukum Pembiasan *Snellius* menyatakan :

1. Sinar Cahaya merambat dari medium n_1 ke medium n_2 , dengan $n_2 > n_1$ maka cahaya akan dibelokkan (dibiaskan) mendekati garis normal.
2. Sinar Cahaya merambat dari medium n_2 ke medium 1 (n_1) dengan $n_2 > n_1$, maka sinar cahaya akan dibelokkan menjauhi garis normal

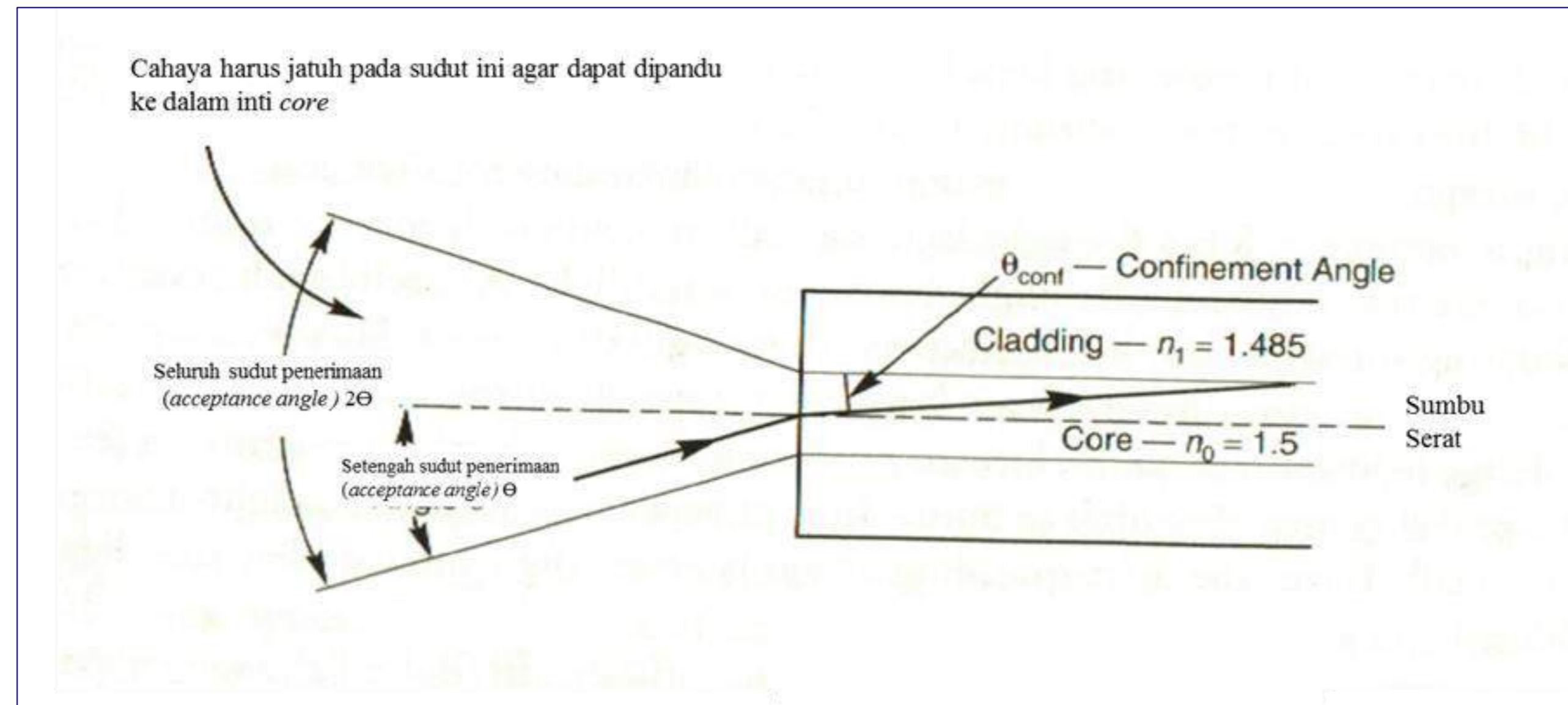


Gambar 1. Pembiasan sinar cahaya mendekati garis normal



Gambar 2. Pembiasan sinar cahaya menjauhi garis normal

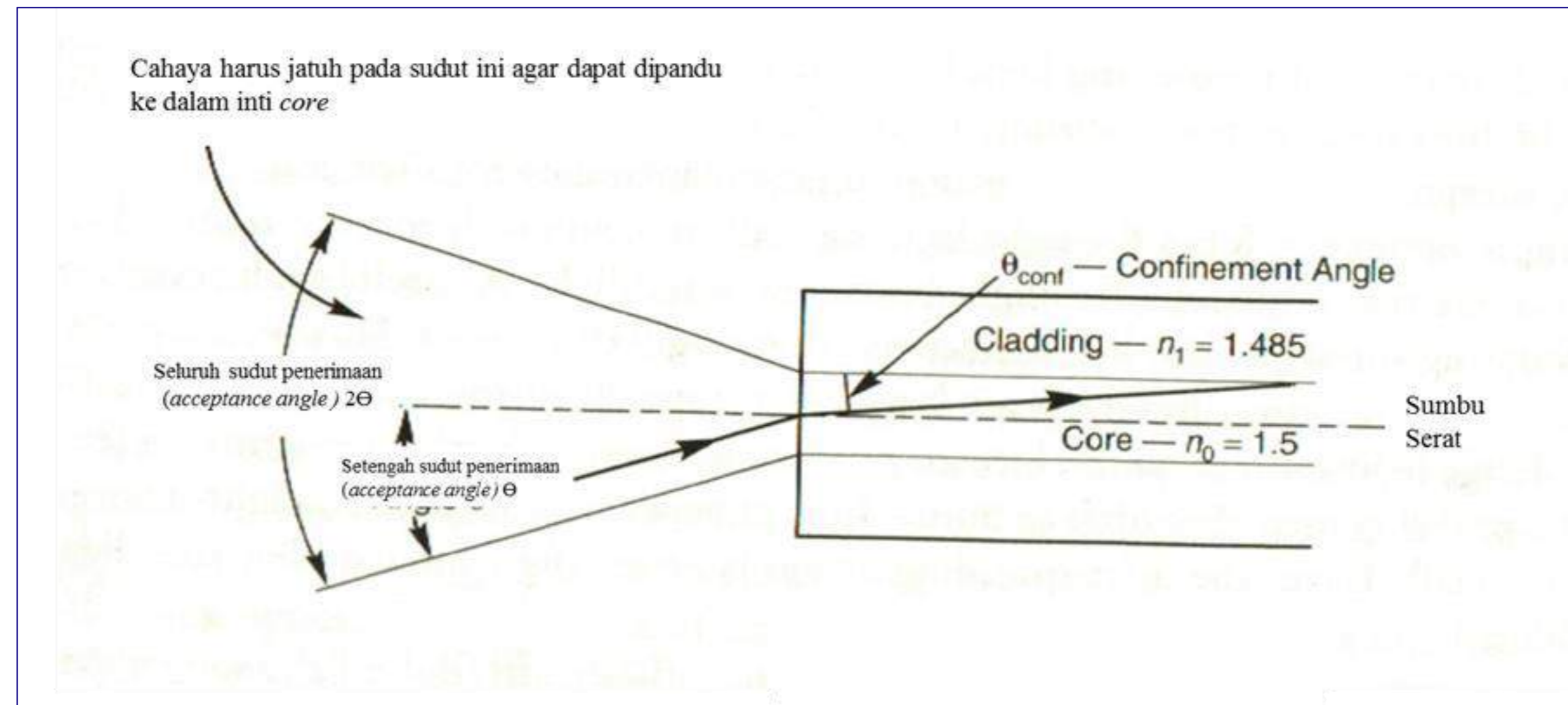
NUMERICAL APARTURE



Gambar 1. Ilustrasi Numerical Aparture

- ❖ Teknik untuk memandu sinar cahaya dalam serat optik dengan mengukur sudut penerimaan serat (acceptance angle). Saat sinar cahaya datang masuk ke dalam inti serat optik maka sinar cahaya akan membentuk sudut datang tertentu terhadap sumbu serat optik.
- ❖ Sudut sinar cahaya datang yang menuju ke arah permukaan serat optik, tidak semua akan diteruskan.
- ❖ Sudut θ merupakan sudut batas sinar cahaya dari sumber optik dapat melewati serat optik.
- ❖ Sudut θ disebut sebagai **Numerical Aperture (NA)**

Lanjutan : Numerical Aparture (2)



Gambar 1. Ilustrasi Numerical Aparture

Besarnya nilai *Numerical Aparture* (NA) dapat dinyatakan oleh persamaan berikut :

$$NA = \sqrt{(n_0^2 - n_1^2)} = \sin \theta = n_0 \sin \theta_{conf}$$

Dimana ;

n_0 : Indeks bias inti (*core*)

n_1 : Indeks bias *cladding*

Lanjutan : Numerical Aparture (3)

Untuk *gradded index fiber*, nilai NA tergantung dari posisi/ lokasi dari center core-nya (r).

$$NA(r) = \begin{cases} NA(0)\sqrt{1 - \left(\frac{r}{a}\right)^\alpha}, & \dots\dots r \leq a \\ 0, & \dots\dots r > a \end{cases}$$

$$NA(0) = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

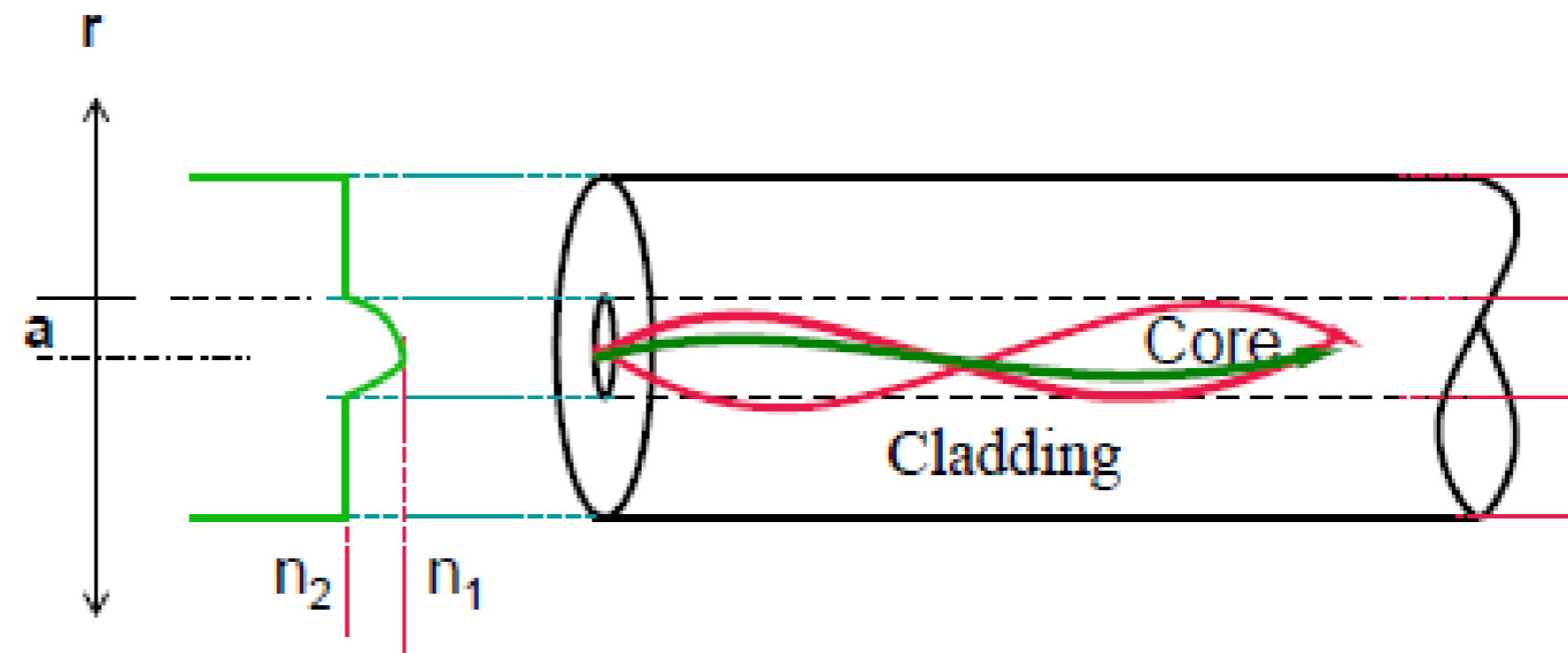
Keterangan:

$NA(0)$: numerikal aperture pada pusat core-nya

a : radius core (jari-jari core)

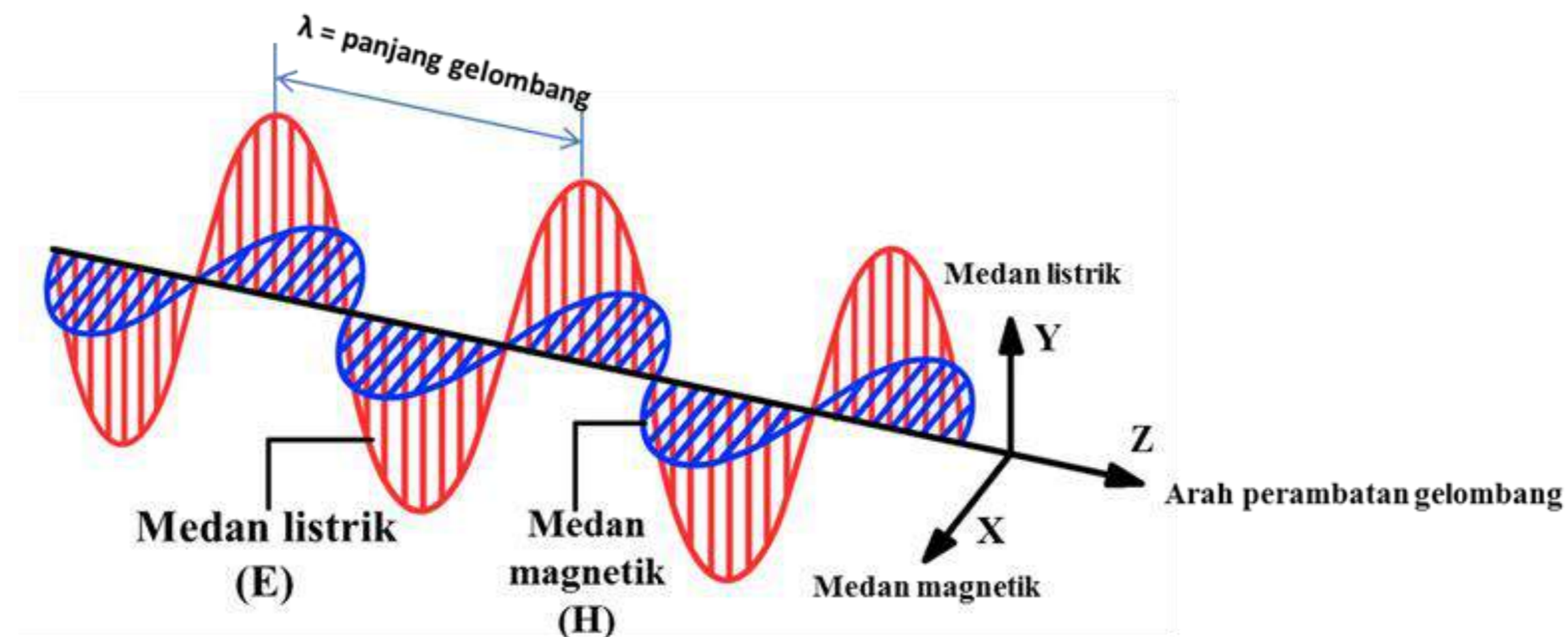
r : radial distance from the center core

α : shape of the index profile



2. TINJAUAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIKA

- ❑ Pendekatan cahaya sebagai sebuah gelombang elektromagnetik telah dilakukan oleh James Clerk Maxwell (1831 - 1879).
- ❑ Maxwell menyatakan bahwa gelombang elektromagnetik memancar pada kecepatan cahaya.
- ❑ Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang transversal yaitu medan listrik dan medan magnetik yang bergerak saling tegak lurus terhadap arah perambatan gelombang.

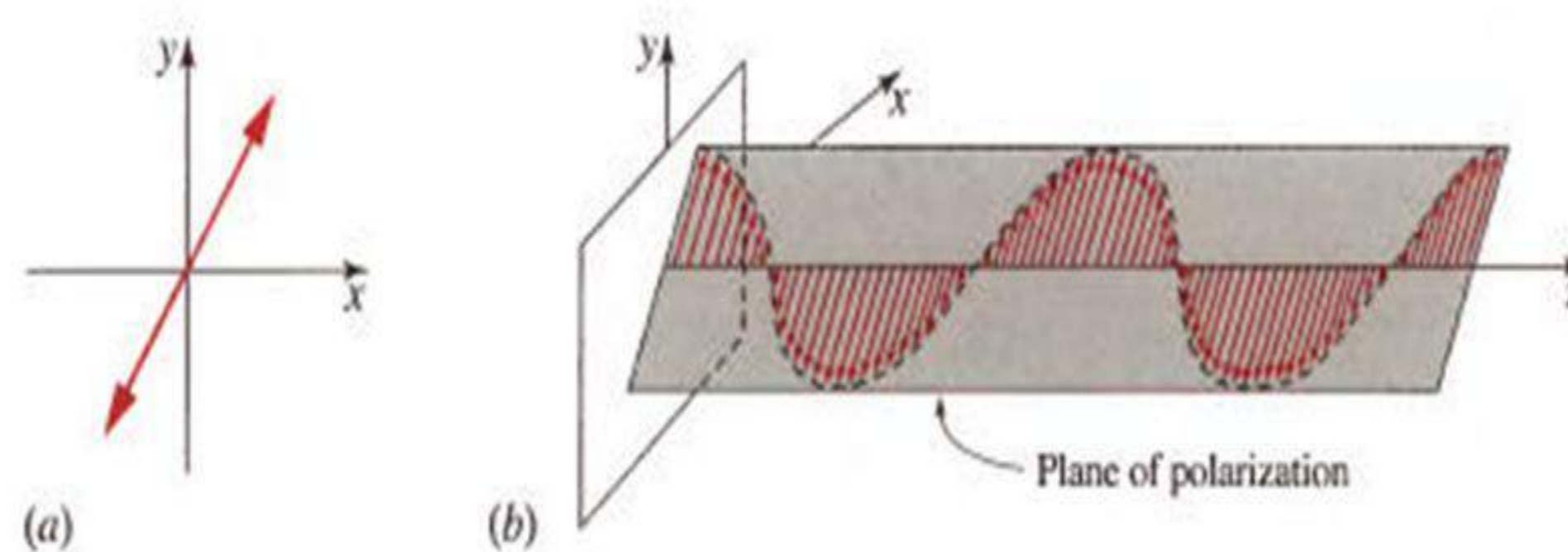


Gambar 1. Ilustrasi perambatan gelombang elektromagnetik

2. Tinjauan Gelombang Elektromagnetika : POLARISASI (2)

- ❑ Cahaya ditinjau sebagai gelombang elektromagnetik memiliki karakteristik **polarisasi**, yaitu: pola pergerakan medan elektrik yang diamati dari arah perambatan gelombang
- ❑ Suatu cahaya dikatakan terpolarisasi apabila cahaya itu bergerak merambat ke arah tertentu.
- ❑ Arah polarisasi gelombang dicirikan oleh arah vektor bidang medan listrik gelombang tersebut serta arah vektor bidang medan magnetnya. Apabila gelombang monokromatis memiliki frekuensi f dan frekuensi angular $\omega = 2\pi f$ yang merambat pada arah z dengan kecepatan c .

A. Polarisasi Linier



Gambar 1. Polarisasi Linier

- ❑ Polarisasi linier dapat terjadi karena efek dikroisme, birefringence, refleksi atau hamburan.
- ❑ Gelombang akan terpolarisasi linier jika nilai medan listrik E saja yang berosilasi dan arahnya tetap.
- ❑ Polarisasi linier dapat terjadi jika amplitudo pada sumbu- x nol (misal $a_x = 0$), maka cahaya akan terpolarisasi linier (LP) pada arah sumbu- y (vertikal). Gelombang akan terpolarisasi linier jika perbedaan fase $\phi = 0$ atau π .

2. Tinjauan Gelombang Elektromagnetika : POLARISASI (3)

B. Polarisasi Sirkular

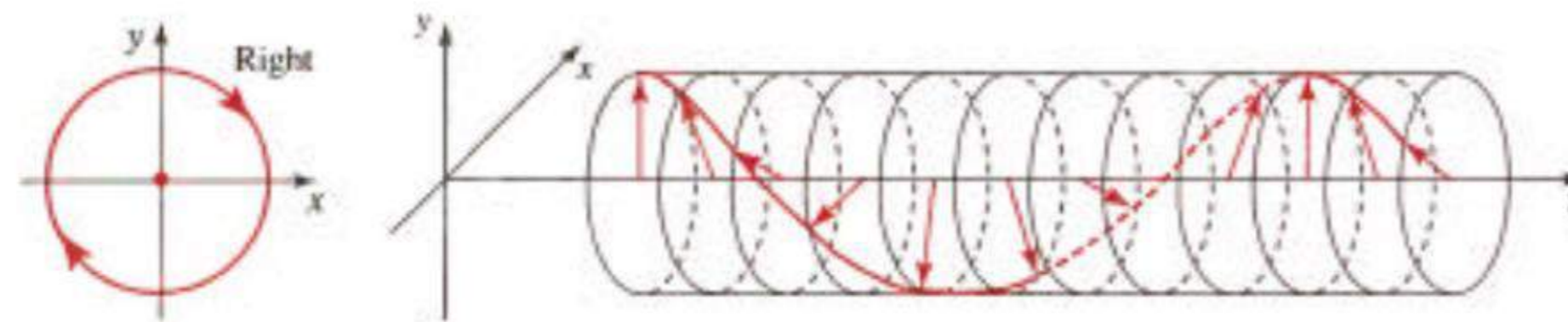
- ▶ Cahaya akan terpolarisasi sirkular jika nilai medan listrik tetap tetapi arahnya yang berubah dengan besarnya sudut $\varphi = \pm \pi / 2$ dan nilai amplitudo $a_x = a_y = a_0$ dengan persamaan :

$$E_x = a_0 \cos \left[\omega \left(t - \frac{z}{c} \right) + \varphi_x \right]$$

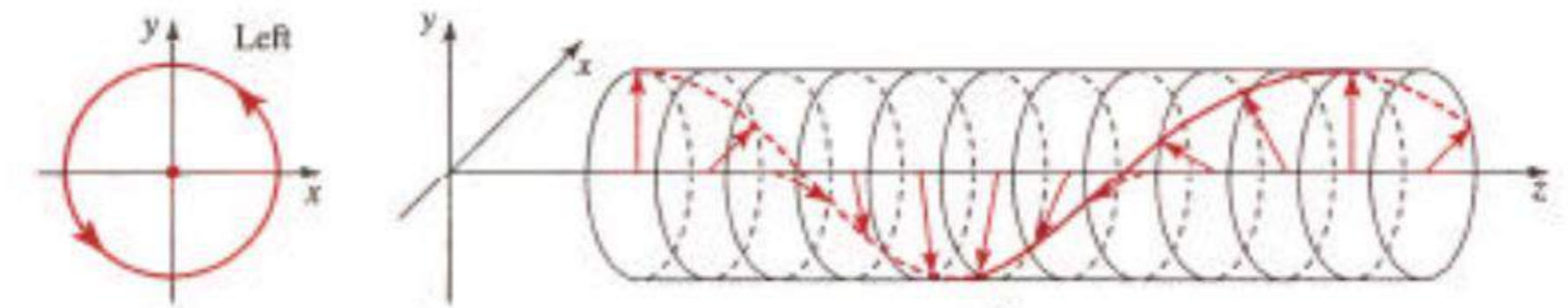
$$E_y = \mp a_0 \sin \left[\omega \left(t - \frac{z}{c} \right) + \varphi_x \right]$$

Dimana : $E_x^2 + E_y^2 = a_0^2$ merupakan persamaan lingkaran.

- Pada saat sudut $\varphi = + \pi / 2$, medan listrik pada posisi z tertentu melingkar sesuai arah jarum jam maka cahaya dikatakan terpolarisasi melingkar ke kanan (*Right Circularly Polarization*).
- Pada saat sudut $\varphi = - \pi / 2$, medan listrik pada posisi z tertentu melingkar berlawanan arah jarum jam maka cahaya dikatakan terpolarisasi melingkar ke kiri (*Left Circularly Polarization*).



Gambar 1. Polarisasi Sirkular melingkar ke kanan



Gambar 2. Polarisasi Sirkular melingkar ke kiri

2. Tinjauan Gelombang Elektromagnetika : POLARISASI (4)

C. Polarisasi Ellips

- ▶ Cahaya akan terpolarisasi ellips jika nilai dan arah medan listrik berubah-ubah serta A_x dan A_y dapat dinyatakan dalam magnitude dan fasa yaitu $A_x = a_x \exp(j\varphi_x)$ dan $A_y = a_y \exp(j\varphi_y)$ dengan persamaan :

$$E(z, t) = E_x \vec{X} + E_y \vec{Y}$$

Dimana

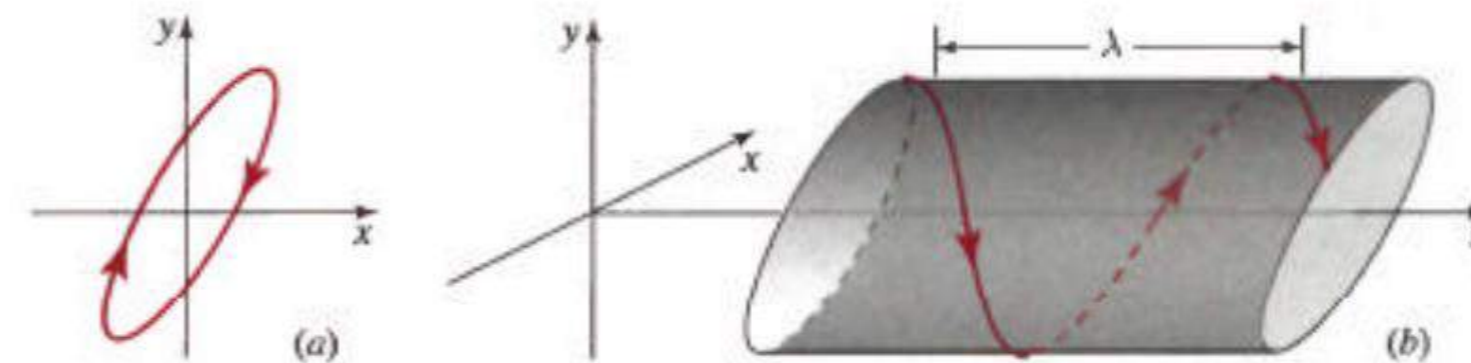
$$E_x = a_x \cos \left[\omega \left(t - \frac{z}{c} \right) + \varphi_x \right]$$

$$E_y = a_y \cos \left[\omega \left(t - \frac{z}{c} \right) + \varphi_y \right]$$

x dan y merupakan komponen medan listrik vektor $E(z,t)$. Komponen E_x dan E_y merupakan fungsi periodic dari $\left(t - \frac{z}{c} \right)$ yang berosilasi pada frekuensi $\omega = 2\pi f$, maka persamaan ellips :

$$\frac{E_x^2}{a_x^2} + \frac{E_y^2}{a_y^2} - 2 \cos \varphi \frac{E_x E_y}{a_x a_y} = \sin^2 \varphi$$

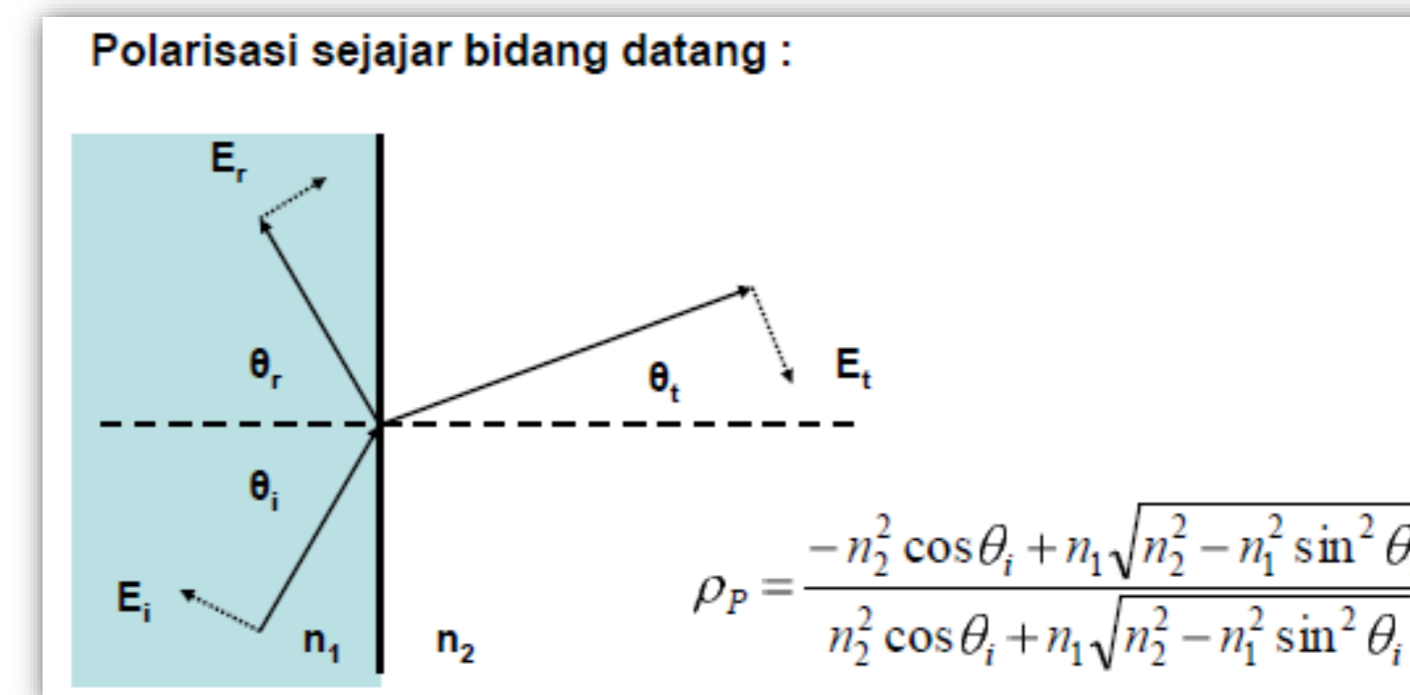
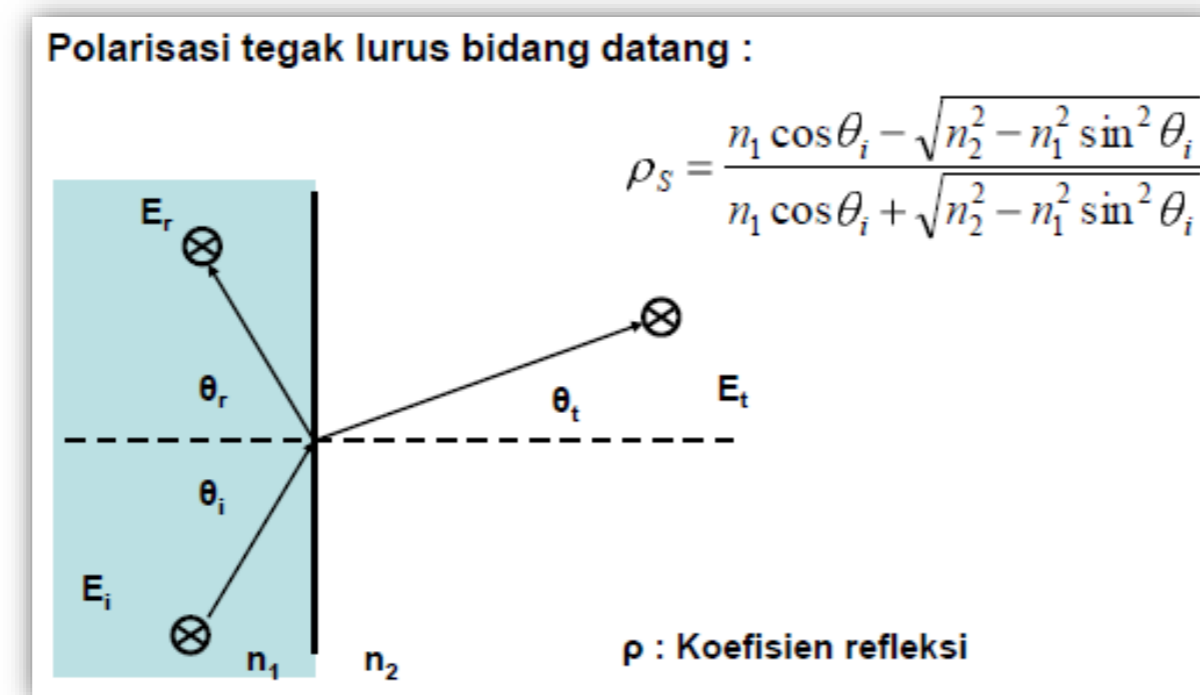
Dimana $\varphi = \varphi_y - \varphi_x$ adalah perbedaan fasa



Gambar. Polarisasi Sirkular Ellips

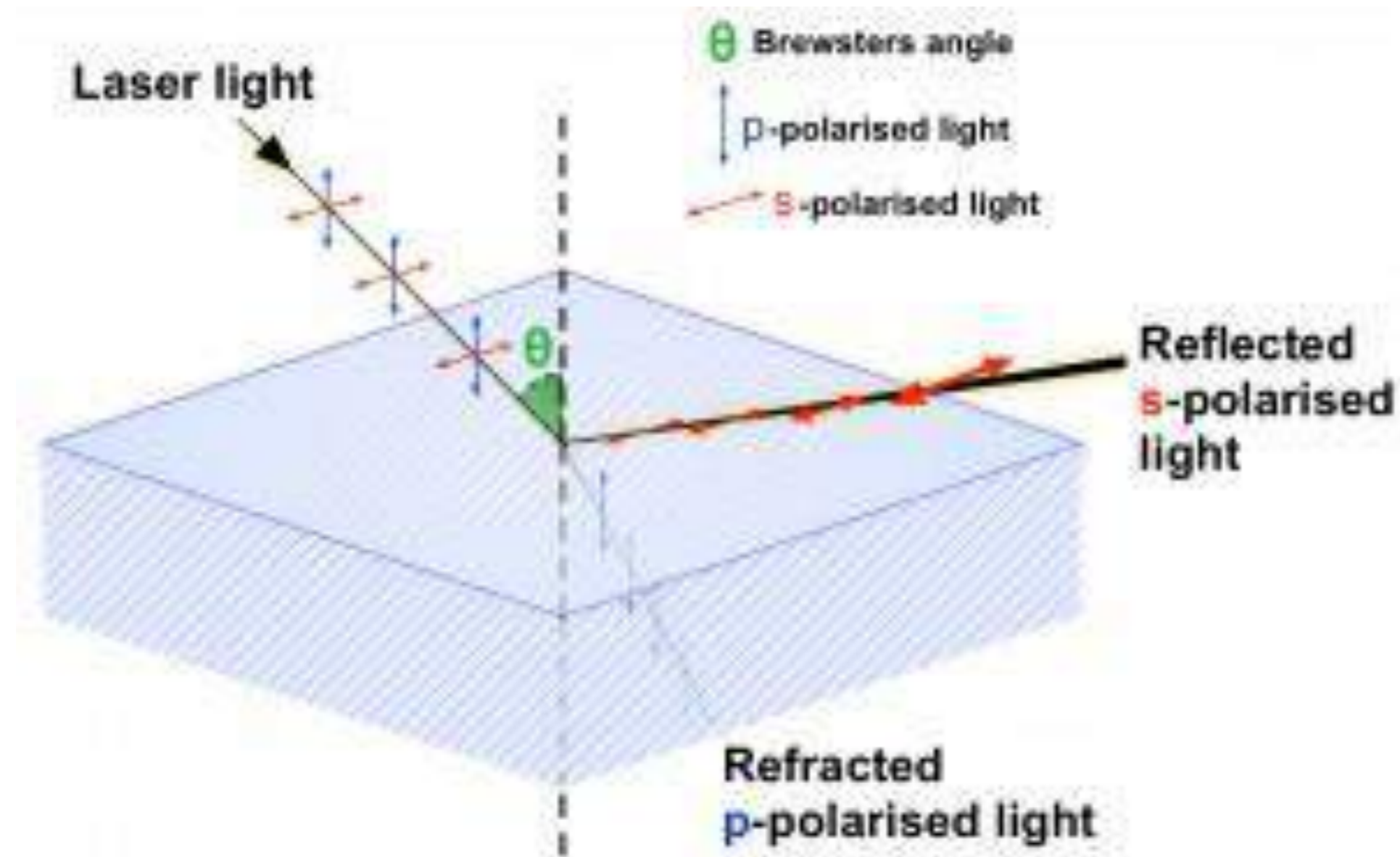
2. Tinjauan Gelombang Elektromagnetika : PANTULAN FRESNEL

- ❑ Bidang datang: bidang tegak lurus terhadap bidang batas dan melalui arah perambatan cahaya.
- ❑ Vektor medan listrik tegak lurus arah perambatan cahaya



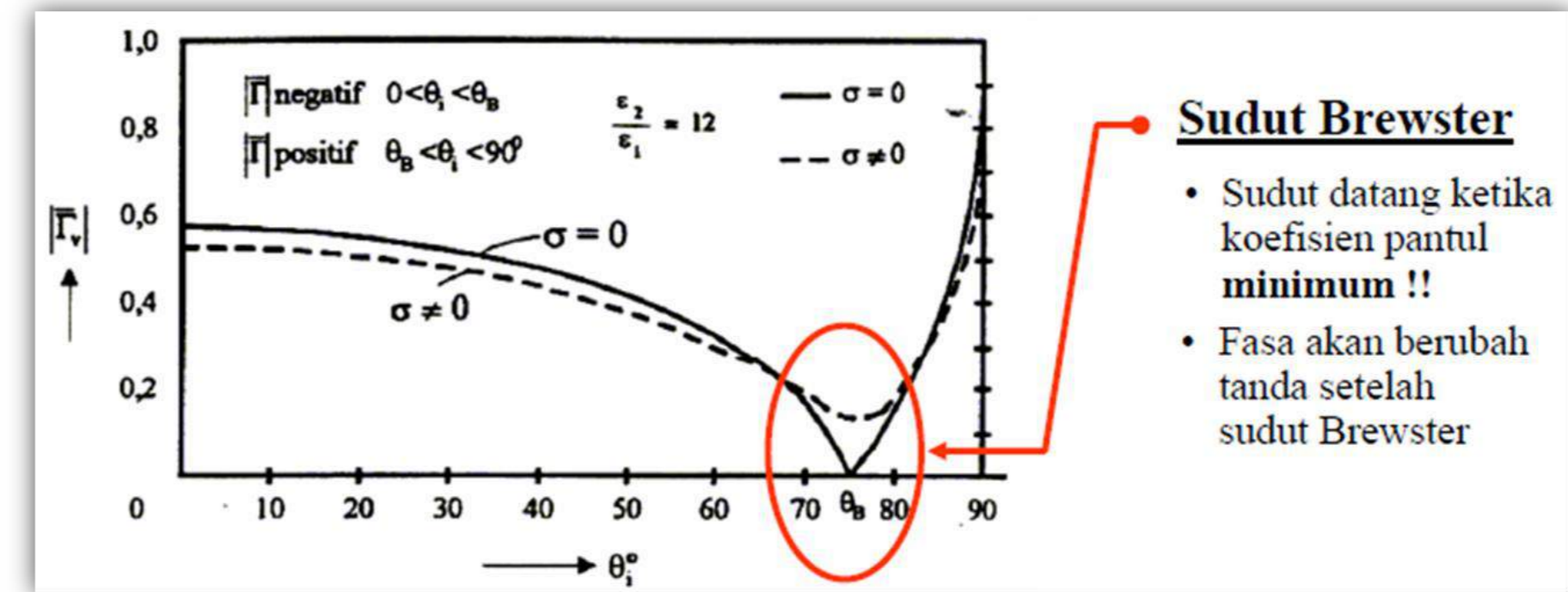
Gambar. Ilustrasi Fresnell

Sudut Brewster



Sudut Brewster :

- Hanya satu polarisasi yang dipantulkan
- Digunakan untuk kalibrasi polarisator



Reflektansi : $R = |\rho|^2$

$$\rho_P = 0 \implies R = 0 \implies \tan \theta_B = \frac{n_2}{n_1} \quad \theta_B : \text{Sudut BREWSTER}$$

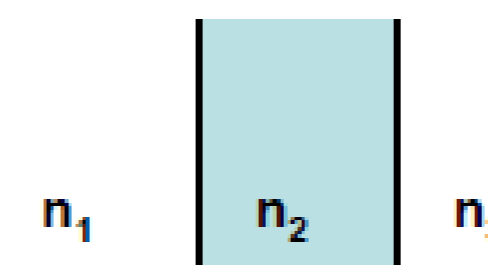
Sudut Kritis :

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

$$\theta_i > \theta_C \implies \sin \theta_i > \sin \theta_C \implies n_1^2 \sin^2 \theta_i > n_2^2 \implies R = |\rho|^2 = 1$$

$$n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_i = 0 \implies |\rho_P| = |\rho_S| = 1$$

Anti refleksi :



$$R = \frac{[n_1 n_3 - n_2^2]^2}{[n_1 n_3 + n_2^2]^2}$$

$$R = 0 \implies n_2 = \sqrt{n_1 n_3}$$



TERIMA KASIH
