

# PENGENALAN KEPADA SISTEM GENTIAN OPTIK



## ➤ **OBJEKTIF**

Memahami konsep asas dalam Sistem Perhubungan Gentian Optik.

## ➤ **Objektif khusus**

Menerangkan penggunaan gentian optik dalam sistem perhubungan

- Takrifan Gentian Optik
- Menjelaskan proses perambatan gelombang cahaya di dalam Gentian Optik
- Melukiskan gambarajah blok sistem Gentian Optik
- Menerangkan punca-punca cahaya dan pengesan cahaya
- Menyenaraikan kebaikan sistem Gentian Optik

# PENGENALAN

Takrifan :

Gentian Optik.

- Merupakan suatu pemandu gelombang cahaya yang terdiri daripada teras (core), salutan (cladding) dan Jaket pelindung (protective jacket)

## Sistem Gentian Optik

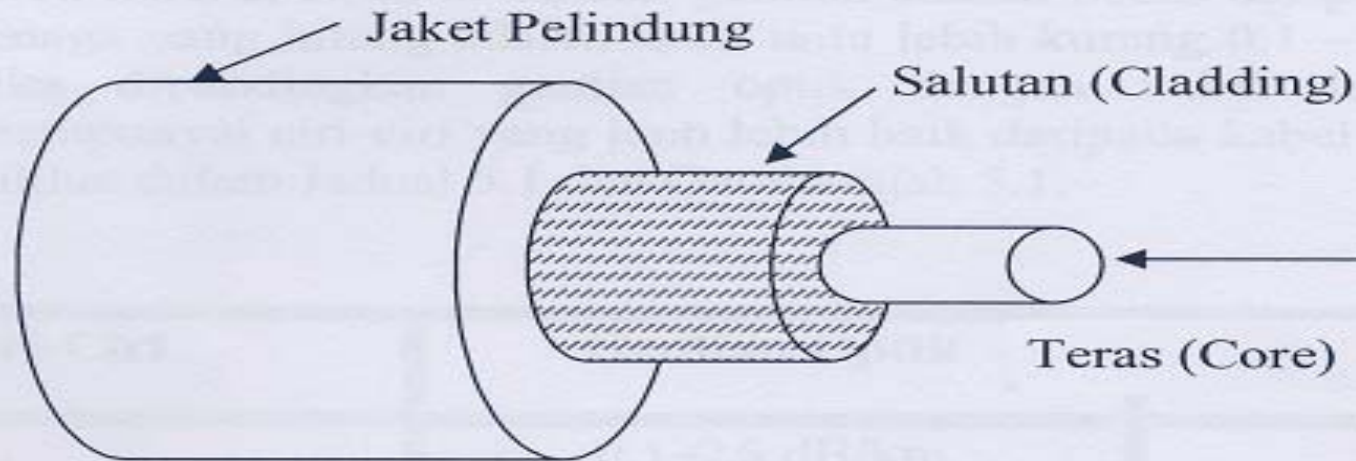
- Sistem perhubungan yang menggunakan kabel gentian optik sebagai media penghantaran.
- Maklumat yang dihantar dalam bentuk cahaya yang merambat dalam kabel gentian optik.

Terdapat 3 element dalam Sistem Gention  
Optik :

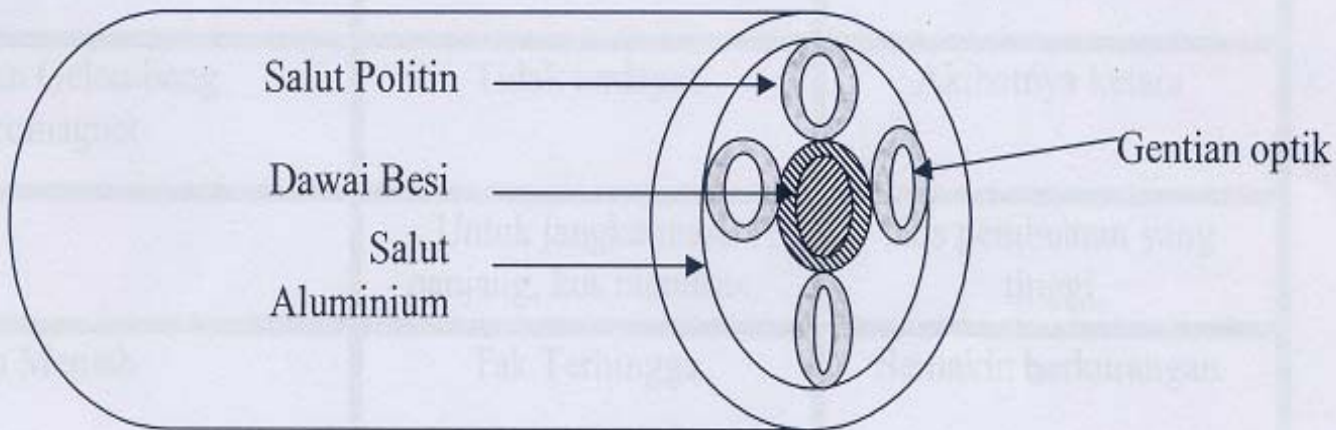
- Pemancar ( sumber cahaya )
- Gention Optik
- Penerima ( pengesan cahaya )

- Pemancar : punca cahaya - menukarkan isyarat digital kepada denyut cahaya
- Penerima: pengesanan - untuk mengesan denyut cahaya dan menukarnya kepada signal elektrik. Signal ini akan dikuatkan dan dibentuk semula kepada bentuk asal data.

# Kabel Gentian Optik



a) Teras Tunggal (*Single Core*)



b) Pelbagai Teras (*Multi Core*)

# Kegunaan Gentian Optik

- CCTV untuk kawalan keselamatan bangunan.
- Rangkaian komputer, WAN dan LAN
- CCTV untuk studio TV
- Rangkaian ksistem komunikasi dalam kem tentera.
- Kawalan dan komunikasi pesawat
- Sistem Komunikasi

# Kegunaan Gentian Optik

- Sambungan antara monitor dengan alatan pengukuran di kilang atau makmal
- Sistem kawalan pada loji nuklear
- Rangkaian komunikasi kampus universiti
- Penghantaran data dan isyarat kawalan dalam industri kawalan.
- Kawalan dan komunikasi kapal laut

# JENIS-JENIS KABEL GENTIAN OPTIK

- Kebiasaanya kabel gentian optik dikelaskan kepada 3 jenis iaitu :
  - a) Single Mod Step Index ( Mod Tunggal )
  - b) Multimode Step Index ( Indeks Langkah Pelbagai Mod )
  - c) Multimode graded Index ( Indeks Gred Pelbagai Mod )

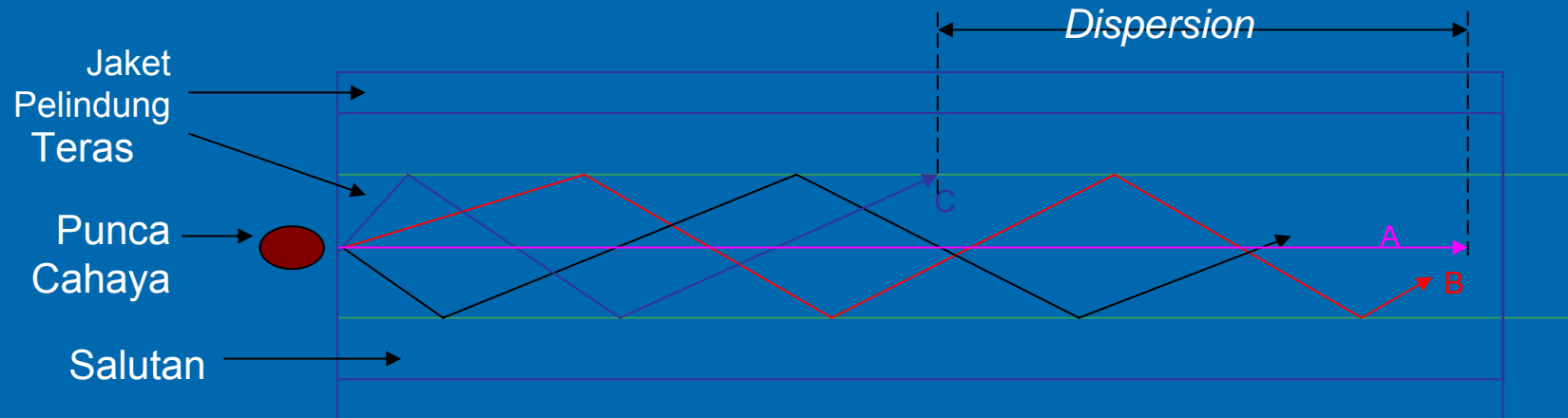
# Mod Tunggal



- Mod Tunggal ialah satu gentian kaca tunggal yang mempunyai hanya satu mod untuk pancaran cahaya dengan diameter teras dari 7 - 10  $\mu\text{m}$ .
- Cahaya hanya bergerak melalui laluan tengah teras. Gentian ini mengalami pembiasan yang kecil.

- Denyut keluaran mempunyai tempoh yang sama dengan denyut masukan. Jadi, kadar ulangan denyut tersebut boleh ditinggikan. Hasilnya, lebih banyak maklumat dapat dibawa pada jarak yang lebih jauh.
- Sesuai digunakan untuk jarak jauh kerana lebih banyak maklumat dapat dihantar.
- Sering digunakan untuk Syarikat telekomunikasi dan Syarikat CATV.

# Multimode Step Index



- Indeks Langkah Pelbagai-Mod merupakan jenis gentian optik yang mempunyai satu teras berdiameter daripada  $50\ \mu\text{m}$  hingga  $100\ \mu\text{m}$ .
- Saiz diameter yang besar ini menjadi pendorong kepada penumpuan cahaya dan memancarkannya dengan berkesan.

- Ini bermakna punca cahaya yang murah seperti LED boleh digunakan untuk menghasilkan denyut-denyut cahaya.
- Cahaya boleh bergerak dalam teras dengan melalui beribu-ribu laluan.
- Sinaran cahaya bergerak dalam bentuk zigzag. Disebabkan cahaya bergerak dalam laluan yang pelbagai maka setiap laluan mempunyai jarak yang berbeza.
- Pelbagai maklumat dapat dihantar dalam bentuk cahaya pada masa yang sama tetapi denyut-denyut cahaya tersebut akan sampai ke penghujung kabel pada masa yang berlainan bagi setiap laluan.
- Akibat daripada denyut cahaya yang sampai pada masa yang berlainan kabel gentian ini hanya sesuai digunakan untuk jarak dekat dan sederhana.

# Multimode graded Index

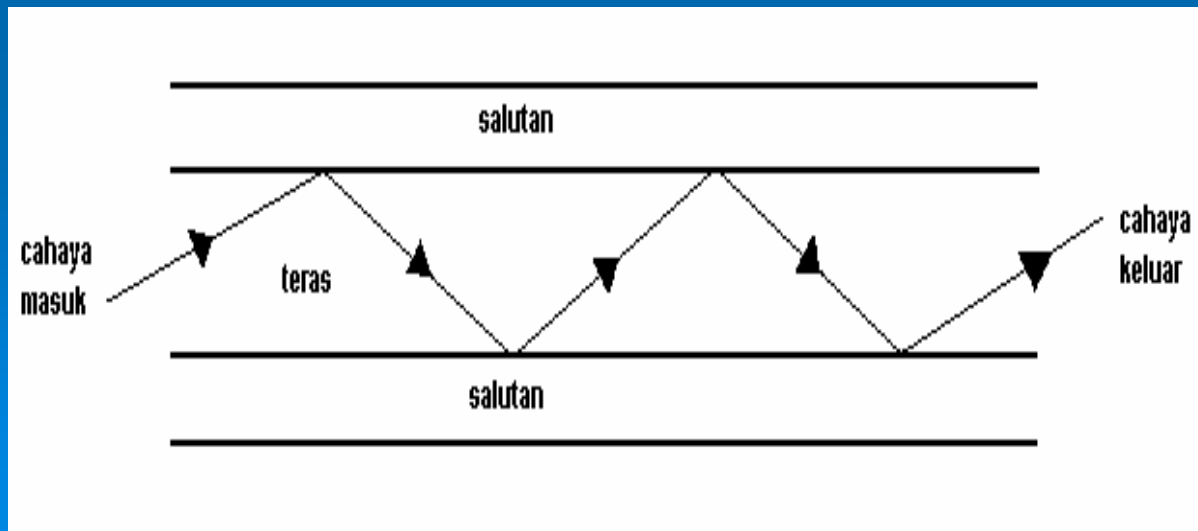


- Gantian Indeks Gred Pelbagai-Mod mempunyai banyak mod, atau laluan bagi penghantaran denyut cahaya melalui kabel gantian.
- Gantian ini mempunyai indeks pembiasan yang berubah-ubah secara berterusan di sepanjang teras maka, sinaran cahaya dengan perlahan-lahan akan naik membengkok dan menurun semula hingga menumpu di suatu titik, proses ini akan berulang di sepanjang kabel gantian.

- Cahaya yang berada di pinggir teras akan mengambil laluan yang lebih jauh tetapi bergerak dengan kelajuan yang lebih tinggi. Ini disebabkan oleh indeks pembiasan pada pinggir teras adalah rendah.
- Kesemua mod atau laluan cahaya cuba untuk sampai ke satu titik secara serentak. Ini akan menyebabkan kurangnya berlaku *modal dispersion*. Oleh sebab itu, gentian ini boleh digunakan pada kadar denyutan yang sangat tinggi maka, lebih banyak maklumat boleh dihantar.
- Gentian in berdiameter teras antara 50 -85  $\mu\text{m}$ .

# Perambatan Cahaya Dalam Gantian Optik

- Perambatan cahaya dalam gantian optik adalah berbentuk zig-zag
- Ini kerana kelajuan cahaya berbeza bila melalui bahan yang mempunyai ketumpatan yang berbeza



Kelajuan cahaya bergantung kepada indeks biasan sesuatu bahan,  $n$ .

$$n = \frac{c}{v}$$

$c$  - halaju cahaya dalam vakum

$v$  - halaju cahaya dalam bahan

$n$  - indeks biasan

bila  $n > 1$  cahaya yang merambat perlahan dalam bahan tersebut

## contoh indeks biasan bahan

<b>media</b>	<b>indeks biasan</b>
<b>vakum</b>	<b>1.0</b>
<b>udara</b>	<b>1.0003 ( 1.0 )</b>
<b>air</b>	<b>1.33</b>
<b>alkohol</b>	<b>1.36</b>
<b>gentian kaca</b>	<b>1.5 - 1.9</b>
<b>berlian</b>	<b>3.4</b>
<b>silikon</b>	<b>2.0 - 2.42</b>

- Perambatan cahaya dalam gentian optik menggunakan Hukum Snell.

## Hukum Snell

Apabila cahaya menembusi 2 bahan yang berlainan ketumpatan, maka cahaya itu akan dibiaskan.

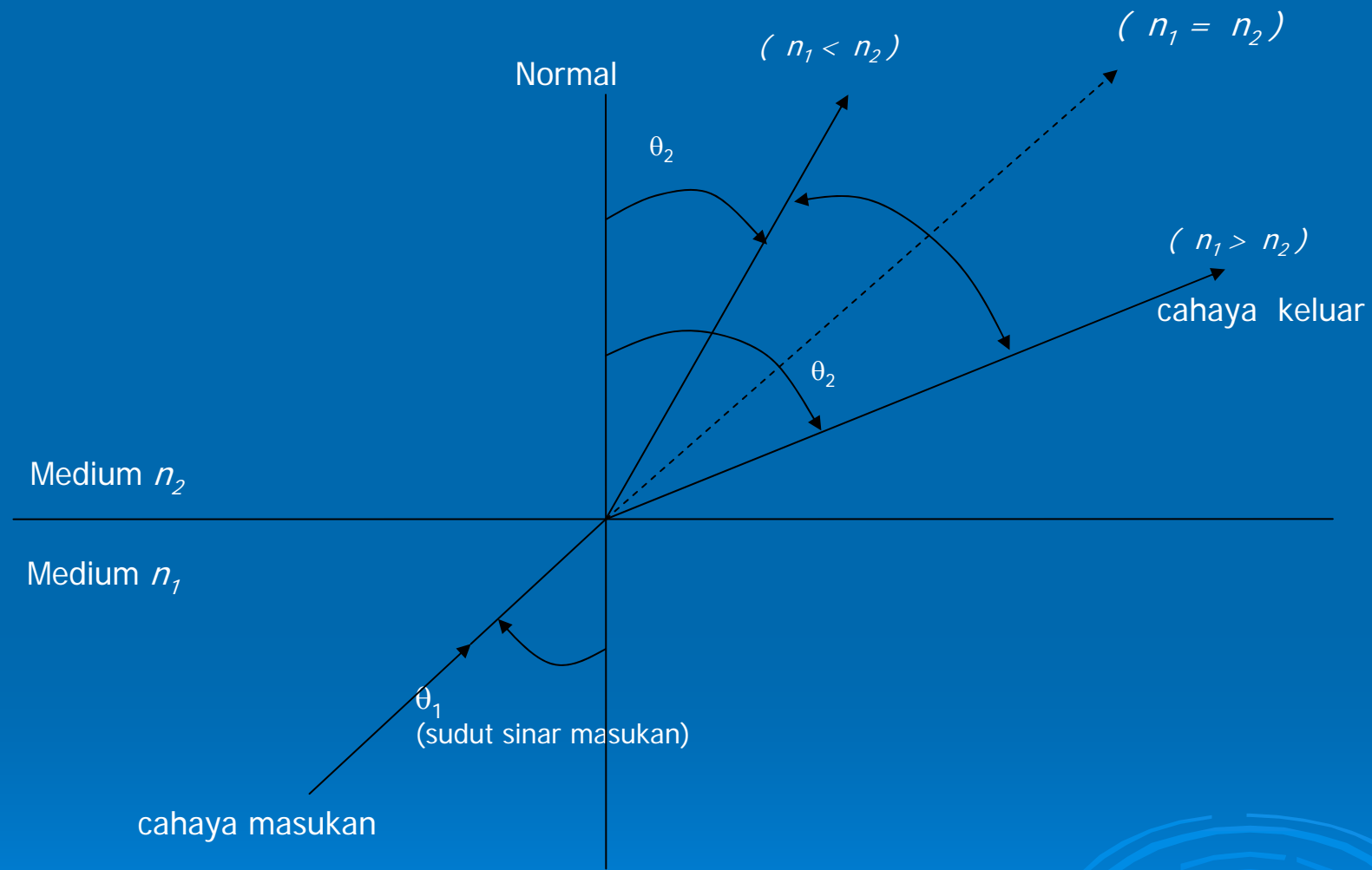
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$n_1$  = indeks biasan bagi bahan 1

$n_2$  = indeks biasan bagi bahan 2

$\theta_1$  = sudut masukan (darjah)

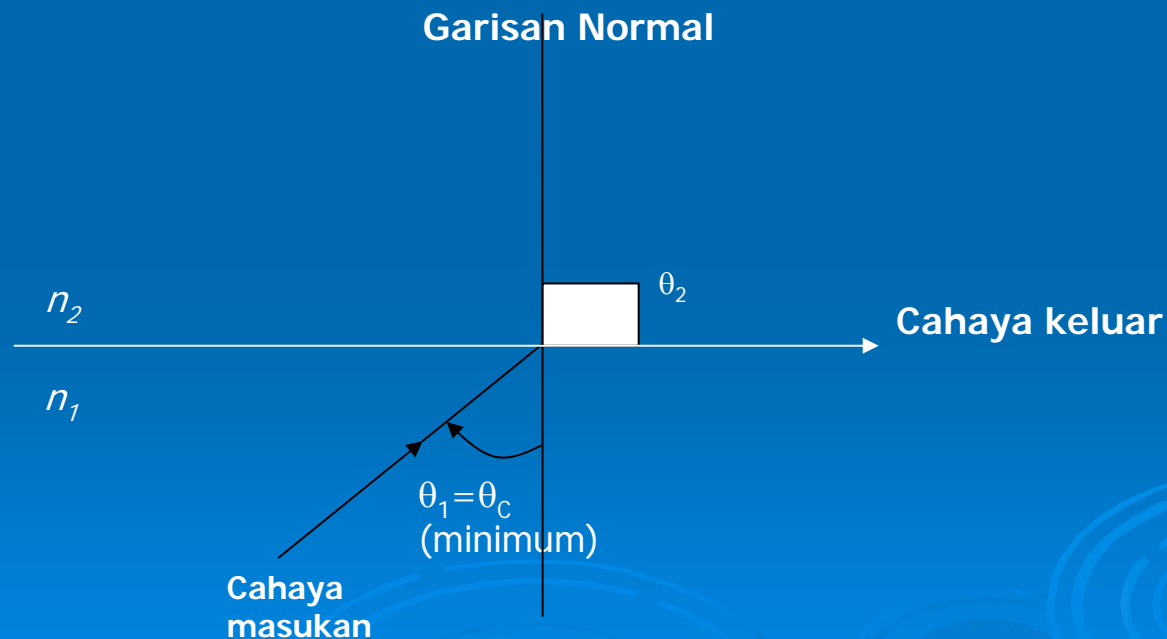
$\theta_2$  = sudut keluar (darjah)



Model untuk Hukum Snell

# SUDUT KRITIKAL (GENTING)

- Apabila sudut masukan,  $\theta_1$  sehingga suatu ketika cahaya yang keluar akan menjadi sudut tepat dengan garis normal.
- Maka sudut genting akan wujud



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_1 = \frac{n_2 \sin \theta_2}{n_1}$$

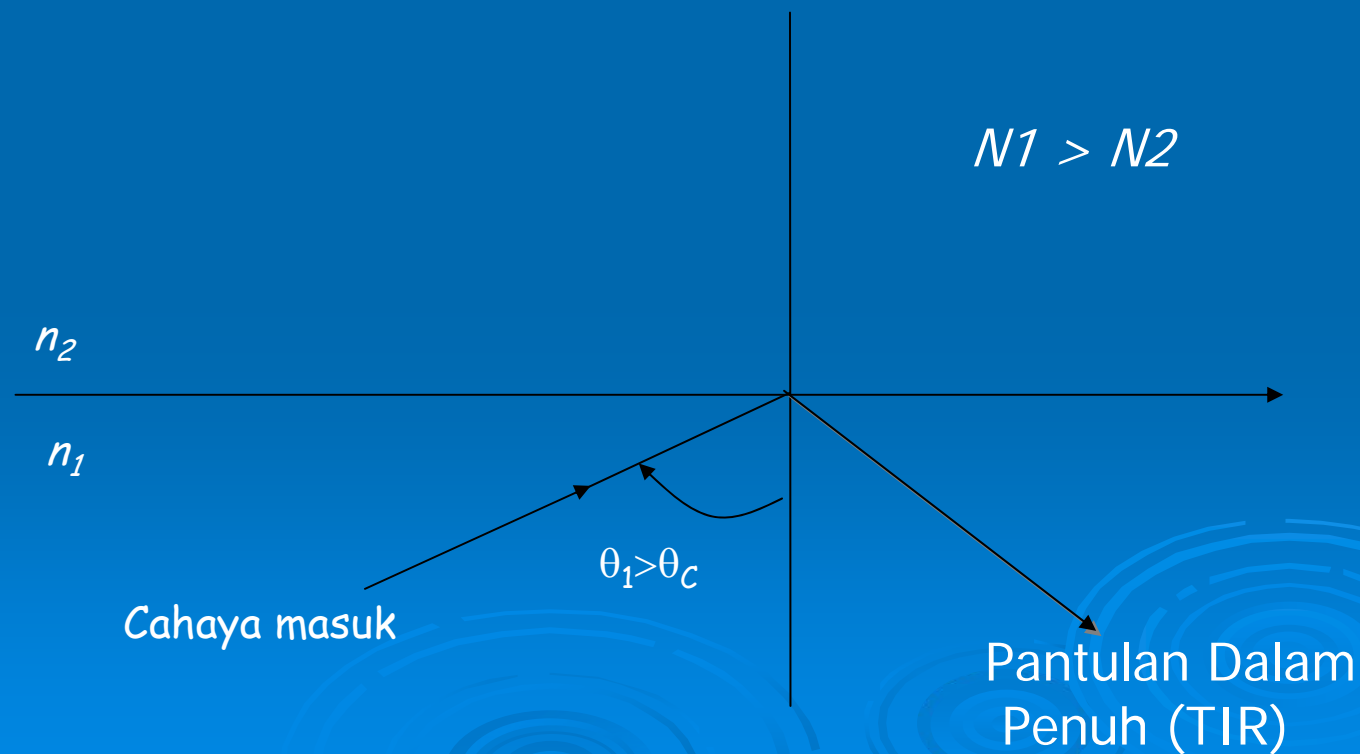
Apabila  $\theta_2 = 90^\circ$  dimana  $\sin \theta_2 = 1$ , ( $\sin 90^\circ = 1$ ) dan  $\theta_1 = \theta_c$

Maka

***sudut Kritisal (genting)***  $\theta_c = \sin^{-1} \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$

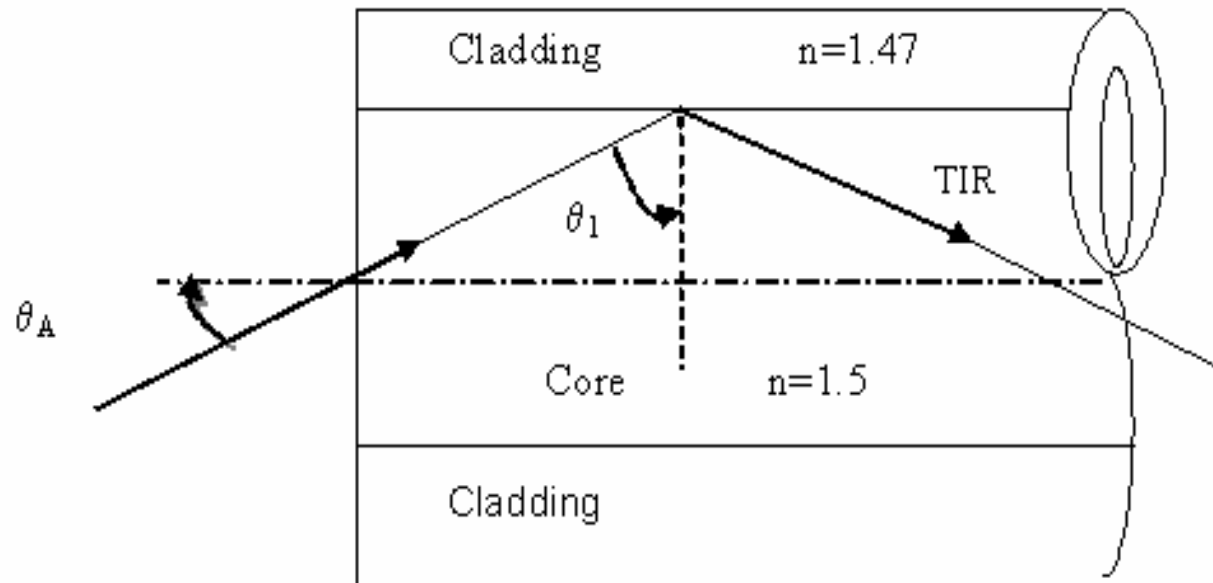
# Pantulan Dalam Penuh (TIR)

- Apabila sudut cahaya masuk  $\theta_1$ , melebihi nilai sudut genting  $\theta_c$ , maka pantulan dalam penuh akan terhasil.



# Bukaan Numerikal (NA)

- Untuk mengetahui sudut masukan yang sesuai supaya perambatan cahaya boleh berlaku dalam gentian optik.
- Nilai NA dikira dari '0' hingga '1',..



# Bukaan Numerikal (NA)

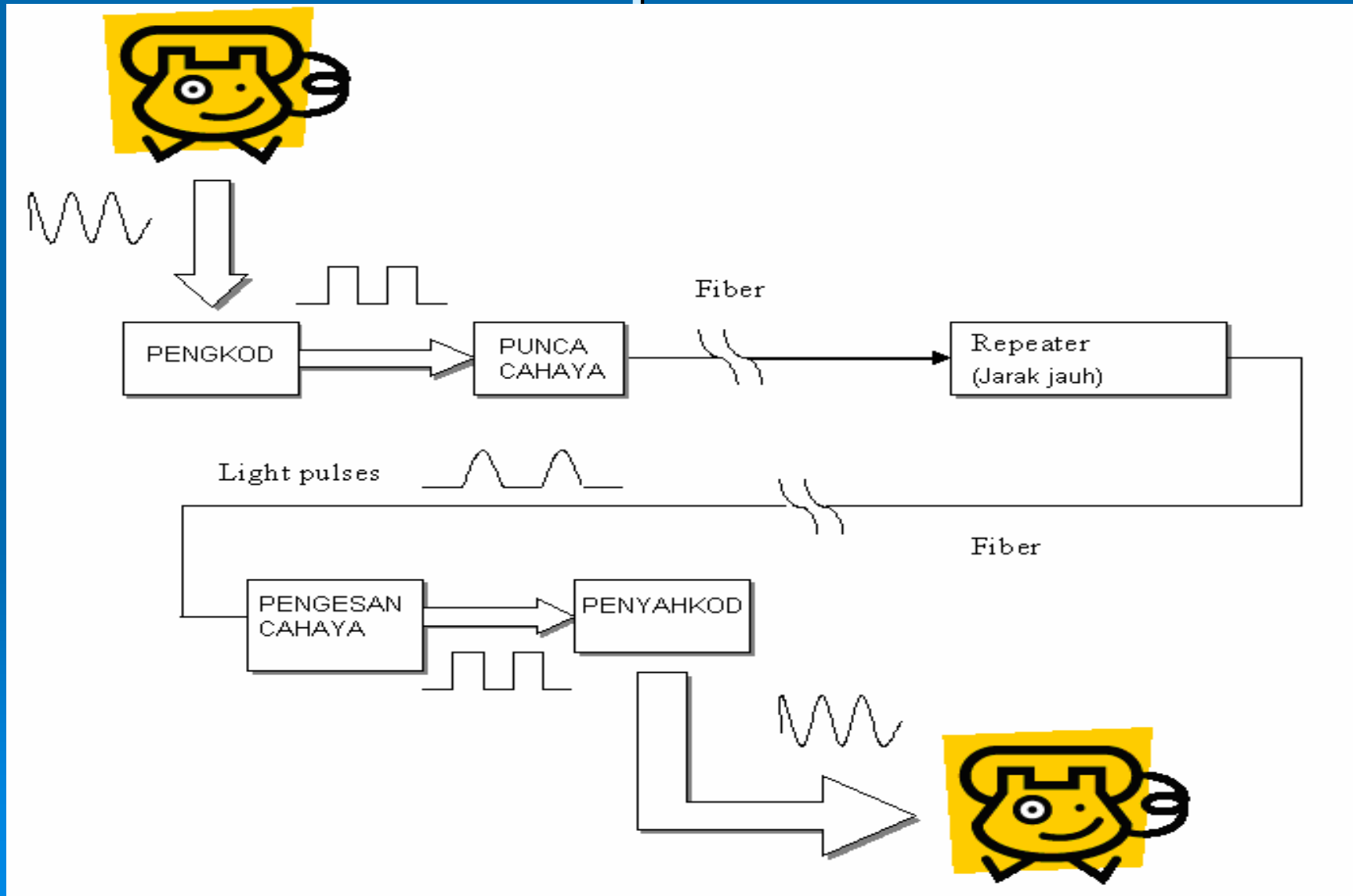
$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$NA = \sin \theta_A$$

$$\sin^{-1} NA = \theta_A$$

Dimana	$NA$	=	Bukaan Numerikal
	$n_1$	=	indeks biasan bahan 1
	$n_2$	=	indeks biasan bahan 2
	$\theta_A$	=	sudut yang sesuai

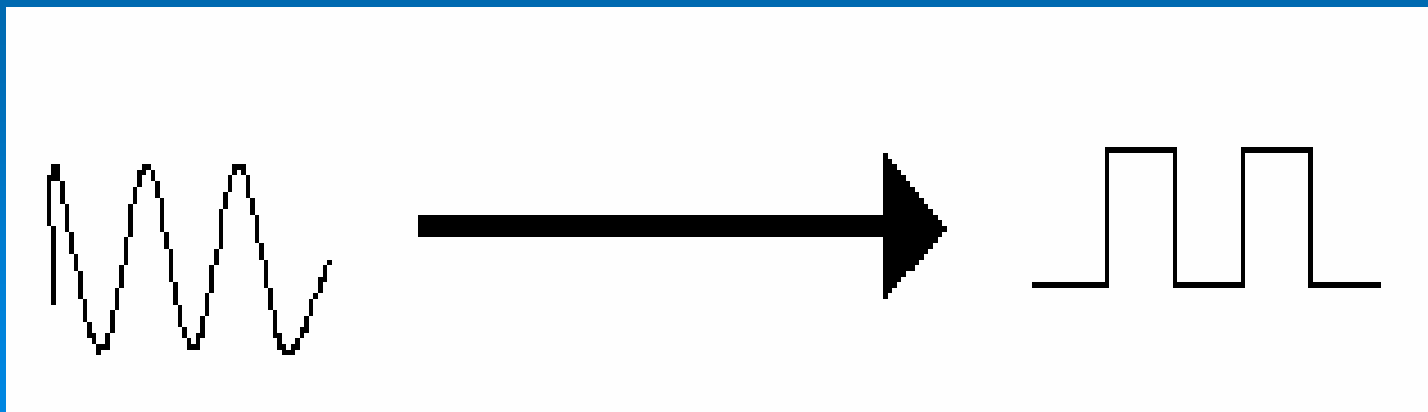
# Gambarajah Blok Sistem Gantian Optik



# Fungsi Blok

Pengkod :

- Menukarkan isyarat asal dalam bentuk analog kepada isyarat digital menggunakan ADC (analog digital converter)



## Punca Cahaya :

- Denyut-denyut digital ditukarkan dari bentuk voltan ke bentuk arus.
- Seterusnya denyut dalam bentuk arus ditukarkan kepada bentuk cahaya.
- Keamatan cahaya bergantung kepada jumlah arus yang mengalir.
- Pengganding digunakan untuk menyambung punca cahaya dengan gentian optik

## Pengesan cahaya:

- Cahaya yang diterima ditukarkan kembali ke bentuk arus.
- Kemudian denyut arus ditukarkan kepada bentuk voltan.
- Penganding digunakan untuk menyambungkan pengesan cahaya dengan gentian optik

## Penyahkod:

- Menukarkan balik isyarat digital ke maklumat asal dalam bentuk analog.

## Repeater (pengulang):

- Digunakan bagi penghantaran jarak jauh, ia digunakan untuk menguatkan balik denyut cahaya yang dihantar supaya pengesan cahaya boleh menerima denyut cahaya.

# Punca cahaya

- Punca cahaya perlu memenuhi syarat-syarat ini:
  1. Berkeupayaan untuk ON dan OFF dalam 10 juta atau billions kali per saat.
  2. Kuasa cahaya yang dipancarkan mesti mencukupi untuk melalui fiber optik.
  3. Fiber optik yang digunakan hendaklah tidak dipengaruhi oleh kesan suhu.
  4. Kos pengeluaran punca cahaya mestilah tidak mahal.

➤ Punca cahaya :

a) LED

b) ILD (Injection Laser Diode)

➤ Ciri-ciri punca cahaya:

a) Boleh beroperasi pada bidang ruang yang besar

b) Penukaran isyarat elektrik kepada cahaya mestilah linear bagi meminimumkan gangguan.

c) Menghasilkan cahaya pada panjang gelombang yang minima. Dengan itu proses pengesanan adalah berkesan.

d) Cahaya dapat digandingkan dengan kabel gentian optik.

- Terdapat dua jenis punca cahaya iaitu
  1. *light-emitting diodes* ( LEDs ) and
  2. *Injection laser diode* (ILD).
- *LED* adalah merupakan punca cahaya yang incoherent di mana ia memancarkan cahaya secara arah berselerak jika dibandingkan dengan *ILD*, di mana ianya merupakan sumber cahaya yang coherent iaitu memancarkan cahaya secara arah yang tersusun.

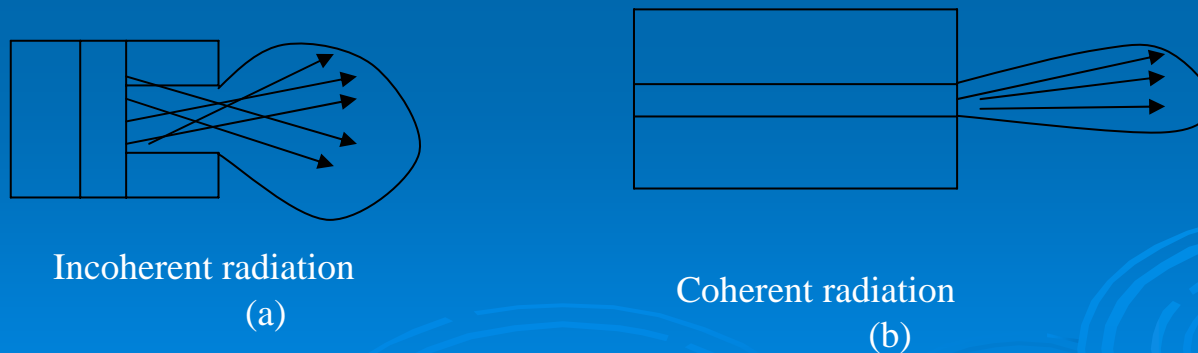


Figure 3.1 Radiation patterns for (a) LED ; (b) ILD

- **LEDs** adalah lebih ekonomi dan selalunya digunakan untuk penghantaran jarak pendek, aplikasi kadar data yang rendah.
- LED adalah lebih stabil dan boleh dipercayai daripada laser untuk kebanyakan persekitaran. (suhu)

- ***Injection Laser Diodes*** adalah lebih mahal.
- Kelebihan menggunakannya ialah
  1. mempunyai lebar jalur yang besar ( over 2 GHz ),
  2. Kuasa cahaya yang lebih tinggi
  3. Dan mempunyai lebar spektrum cahaya yang kecil.
- **Kegunaan**
  1. Penghantaran jarak jauh
  2. Penghantaran data berkelajuan tinggi

# Ciri-ciri pengesanan cahaya

- Sensitif terhadap cahaya.

Boleh menukar isyarat cahaya kpd maklumat walaupun cahaya yang minima diterima.

- Responsitivity (reaksi)

Cekap menukarkan isyarat cahaya kepada bentuk digital.

## ➤ Masa

Masa yang diambil untuk pengesanan cahaya adalah cepat.

## ➤ Julat panjang gelombang

Nilai julat panjang gelombang yang boleh digunakan mestilah besar supaya pengesanan isyarat lebih cekap.

- Jenis pensesan yang selalu digunakan:
  1. *positive intrinsic negative photodiode* ( PIN )
  2. *avalanche photodiode* (APD ).
- ***PIN photodiodes*** adalah kurang mahal, tetapi boleh mengeluarkan signal elektrik yang memerlukan kuasa cahaya yang sangat tinggi.
- Digunakan untuk aplikasi perhubungan jarak yang dekat.
- ***APD photodiodes*** sangat sensitif kepada signal cahaya yang rendah. hanya digunakan untuk perhubungan jarak jauh. Lebih mahal dari PIN photodiodes dan sangat sensitif terhadap perubahan suhu.

- Lasers digunakan secara single mode didalam aplikasi optical fiber
- Kuasa cahaya hanya merangkumi spektrum cahaya yang sangat kecil, kurang daripada 3 nm.
- Kitar hidupnya lebih pendek jika dibandingkan dengan LED.
- Laser amat sensitif dengan persekitaran (terutama terhadap perubahan suhu).

# Kebaikan Sistem Gentian Optik

## 1. Bandwidth (lebar jalur)

- Bandwidth merujuk kepada julat frekuensi bagi kabel membawa maklumat. Fiber-optic systems boleh menghantar beberapa gigabytes per second pada jarak beratus kilometer. Beribu saluran suara boleh digabungkan bersama dan dihantar melalui satu kabel fiber optik.

## **2. Less Loss (Kehilangan Kuasa)**

- Kehilangan kuasa dalam kabel gentian optik adalah rendah berbanding kabel lain. Ini mengurangkan penggunaan pengulang. Pengulang ditempatkan di antara jarak antara 120km setiap satu.

## **3. Data selamat daripada gangguan**

- Penghantaran data lebih selamat kerana kurang gangguan terutamanya gangguan cakap silang, gangguan elektromagnetik dan gangguan lain.

# Keburukan gentian optik

- Perlu peralatan tambahan yang meningkatkan kos – cth bilik berhawa dingin.
- Kos permulaan yang tinggi.
- Penggunaan yang kurang meluas.

## 4. Saiz kecil dan ringan

- Kabel fiber optic adalah ringan dan kurang isipadu tetapi boleh membawa jumlah maklumat yang sama dengan kabel kuprum.. Contoh, kabel telefon berdiameter 3-in. yang terdiri daripada 900 twisted-pair wires boleh diganti dengan satu kabel fiber yang berdiameter 0.005 in. (diameter seperti sehelai rambut) dan boleh membawa kapasiti maklumat.

## Selamat

- Oleh kerana kabel fiber optic tidak menyinari cahaya, ianya tidak memungkinkan untuk mendapat rahsia atau maklumat. Atas alasan ini, kebanyakan aplikasi perhubungan keselamatan memerlukan sistem fiber-optic . Maklumat ketenteraan sebagai contoh boleh dihantar melalui fiber optik untuk menghalang maklumat dari didengar .

## 7. Murah

- Kos untuk penggunaan kabel gentian optik adalah lebih murah untuk jangkamasa panjang. Ini kerana kabel gentian optik tidak berlaku pengoksidaan dan tahan lebih lama.