

# **PENGENALAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

## ***Modul : 13*** ***Penerapan Sistem Serat Optik***

**Faculty of Electrical Engineering**  
**BANDUNG, 2015**

# Serat Optik

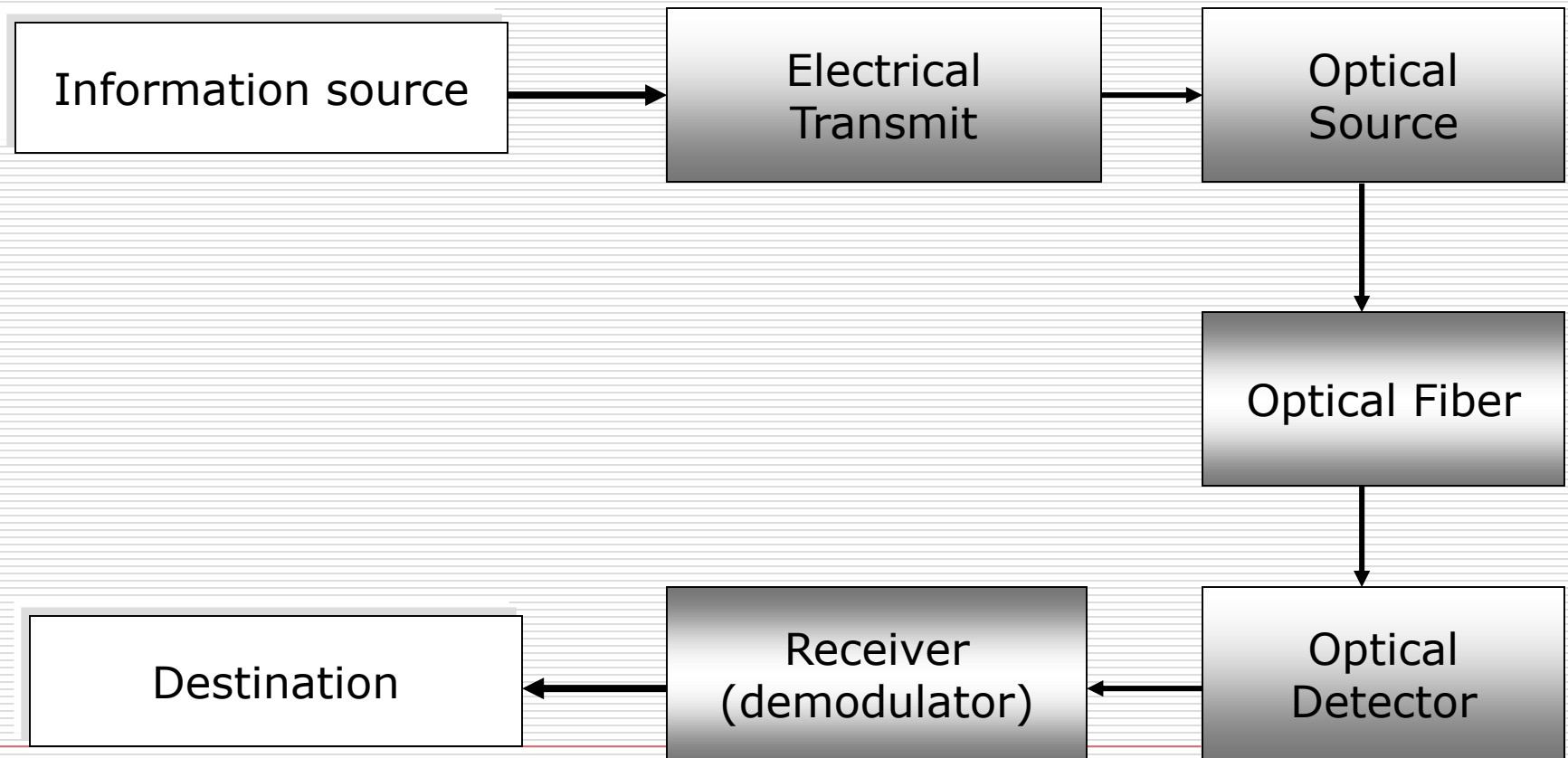
---

- Serat optik adalah sebuah serat gelas atau serat optik yang membawa cahaya sepanjang panjangnya (along its length). Serat optik digunakan secara luas pada sistem komunikasi serat optik yang memungkinkan data ditransmisikan dengan kapasitas besar, kecepatan tinggi, dan jarak jauh. Serat optik lebih banyak digunakan untuk keperluan transmisi komunikasi ini dikarenakan sifatnya yang rendah loss energi dan tahan terhadap gangguan interferensi elektromagnetik. Serat optik sering juga digunakan sebagai sensor.

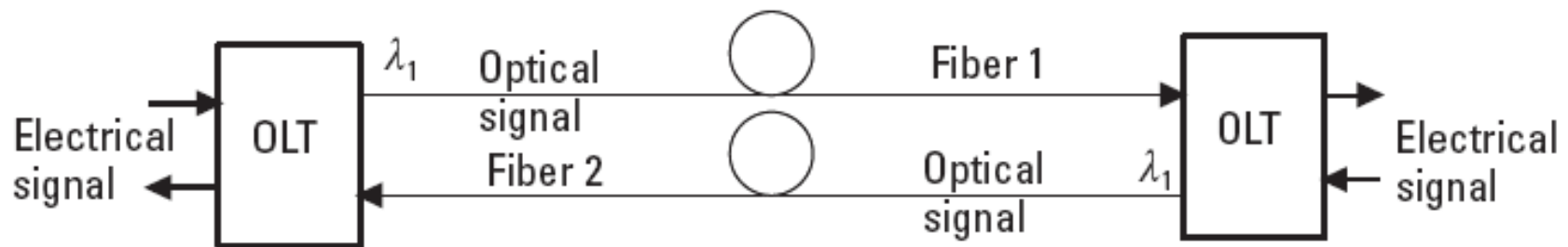


# The Optical Fiber Communication System

---



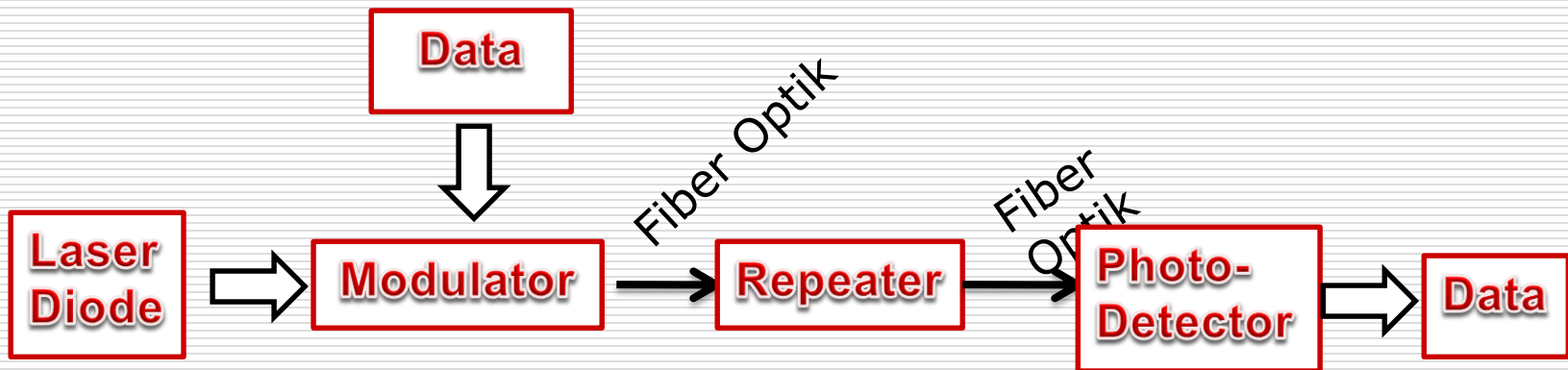
- ❑ Sistem transmisi optik memancarkan pulsa-pulsa cahaya ke dalam serat optik
- ❑ Pada sistem komunikasi optik dua arah diperlukan dua buah serat optik (masing-masing satu serat untuk setiap arah)
- ❑ Gambar berikut memperlihatkan posisi OLT pada sistem komunikasi optik dua arah



# Standar Sistem Komunikasi Optik

---

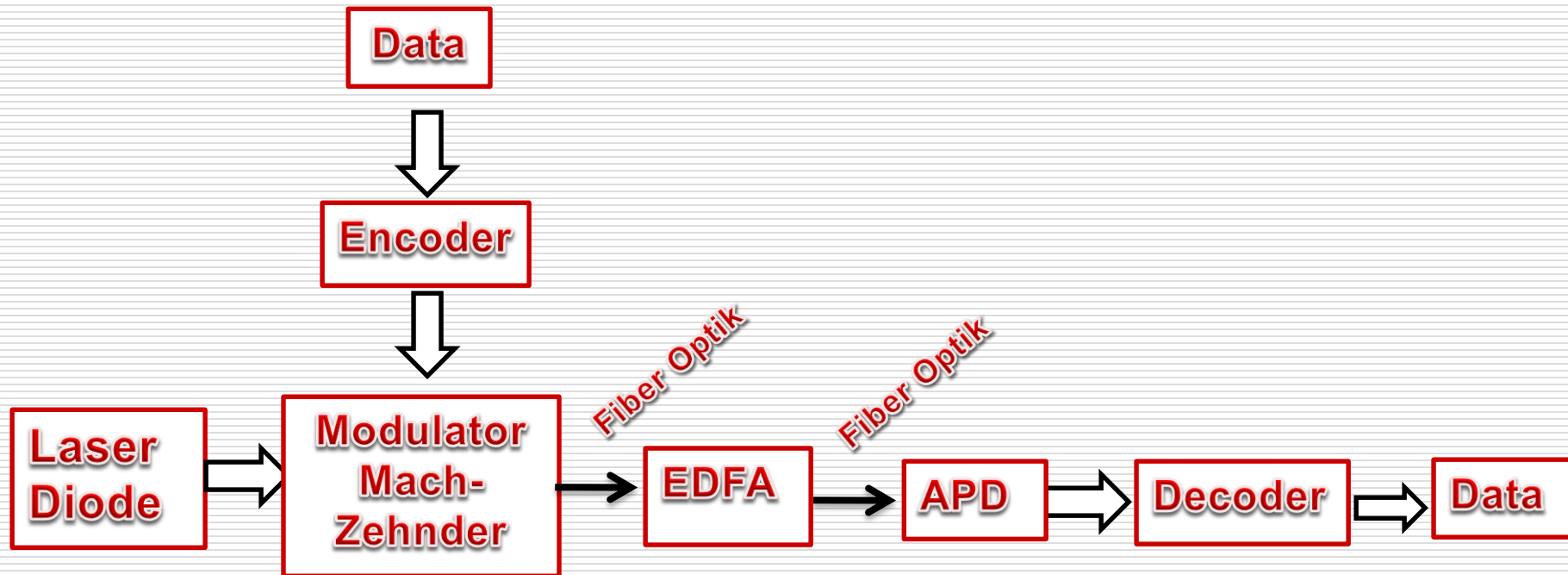
- Secara umum blok diagram transmisi komunikasi fiber optik



Standar sistem komunikasi optik

# Perkembangan Siskomoptik

---

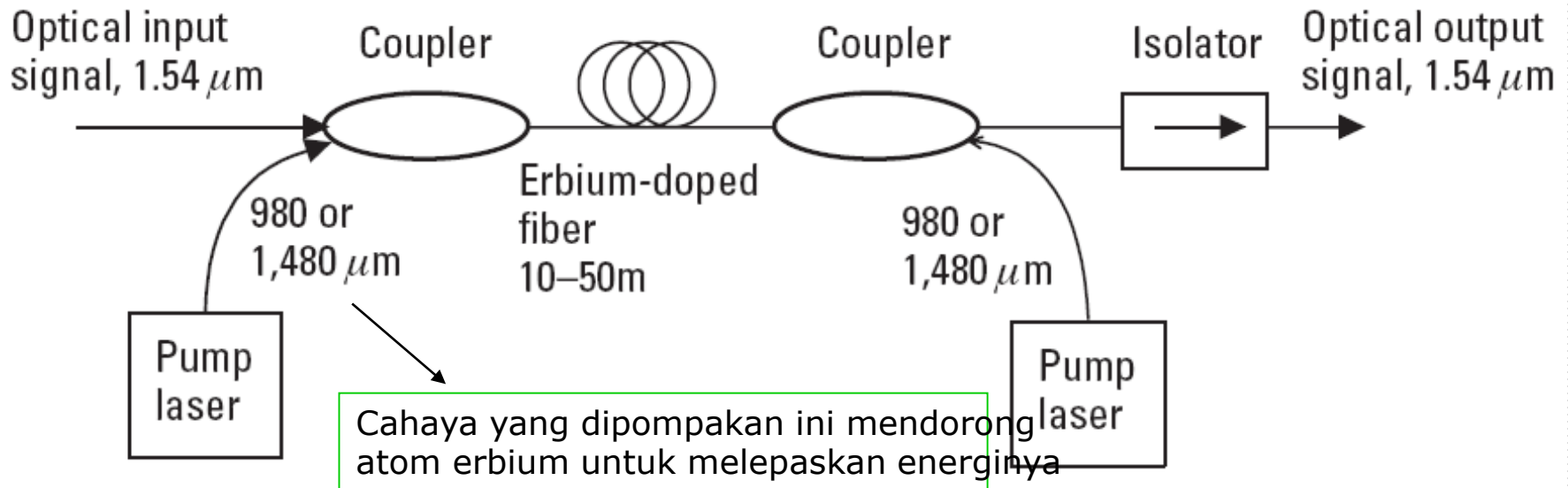


Sistem *error-correction codes* pada sistem komunikasi fiber optik

# Optical Amplifiers

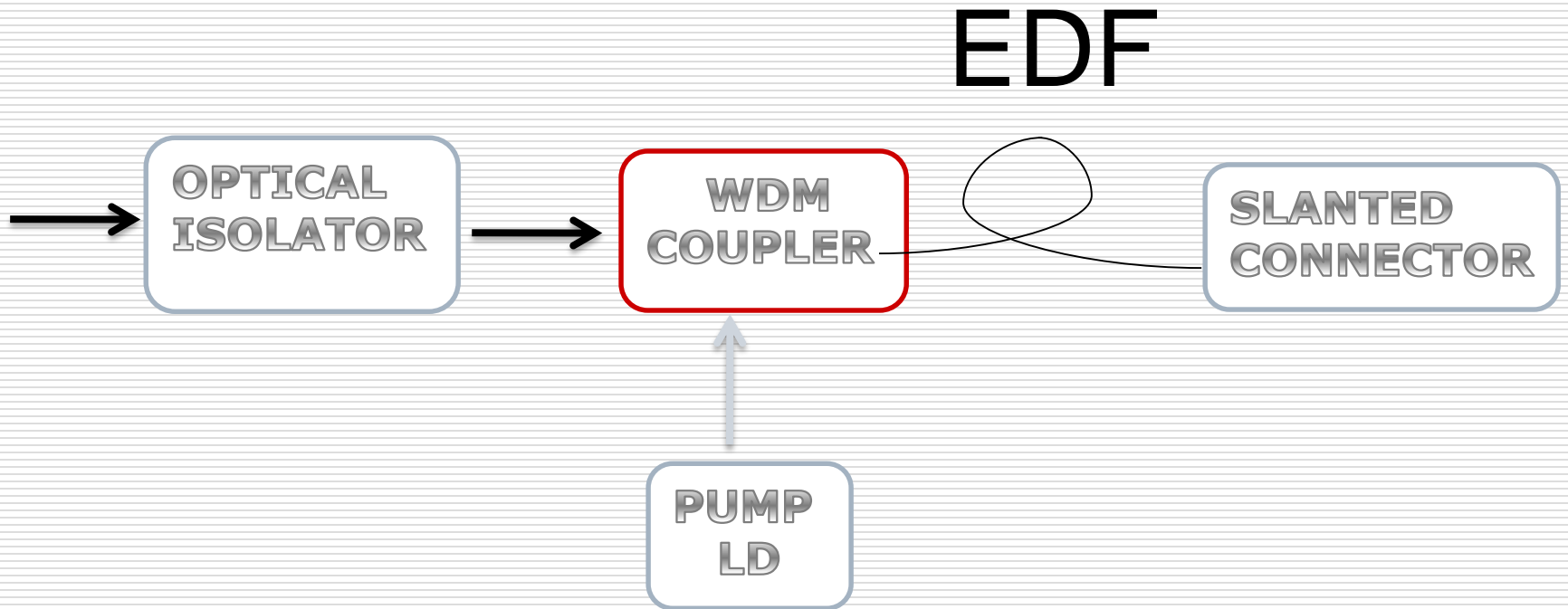
## □ Penguat sinyal optik

- Penguatan di lakukan di dalam domain optik (tidak ada konversi ke eletrik dulu)



# □ Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)

---





# □ KARAKTERISTIK SINYAL DALAM SERAT OPTIK:

✦ Sinyal akan mengalami dua hal:

1. **Redaman**, penurunan intensitas sinyal → membatasi jarak.
2. **Dispersi**, pelebaran pulsa → membatasi kapasitas (BW-length product).



# Kelebihan Serat Optik

---

- Kualitas pengiriman data sangat baik dan dengan kecepatan sangat tinggi.
- Dapat digunakan untuk komunikasi data, suara (***audio***) dan gambar (***video***).
- Data dapat dikirimkan dalam jumlah yang besar.
- Ukuran fisiknya kabelnya kecil
- Tidak terganggu oleh sinyal elektromagnetik dari luar (tidak terganggu oleh derau)
- Bandwidth-nya sangat lebar. Jarak terminal dapat sampai dengan 10 KM (*multi mode*) atau 40 KM (*single mode*) tanpa penguat (*repeater*).
- Tidak dapat disadap

# Kelebihan Serat Optik

---

- Redamannya kecil
- Tidak Korosi
- Tahan terhadap interferensi dan cross talk

# Kekurangan Serat Optik

---

- ❑ Mudah patah
- ❑ Sulit disambung
- ❑ Getaran mekanik dapat menimbulkan derau

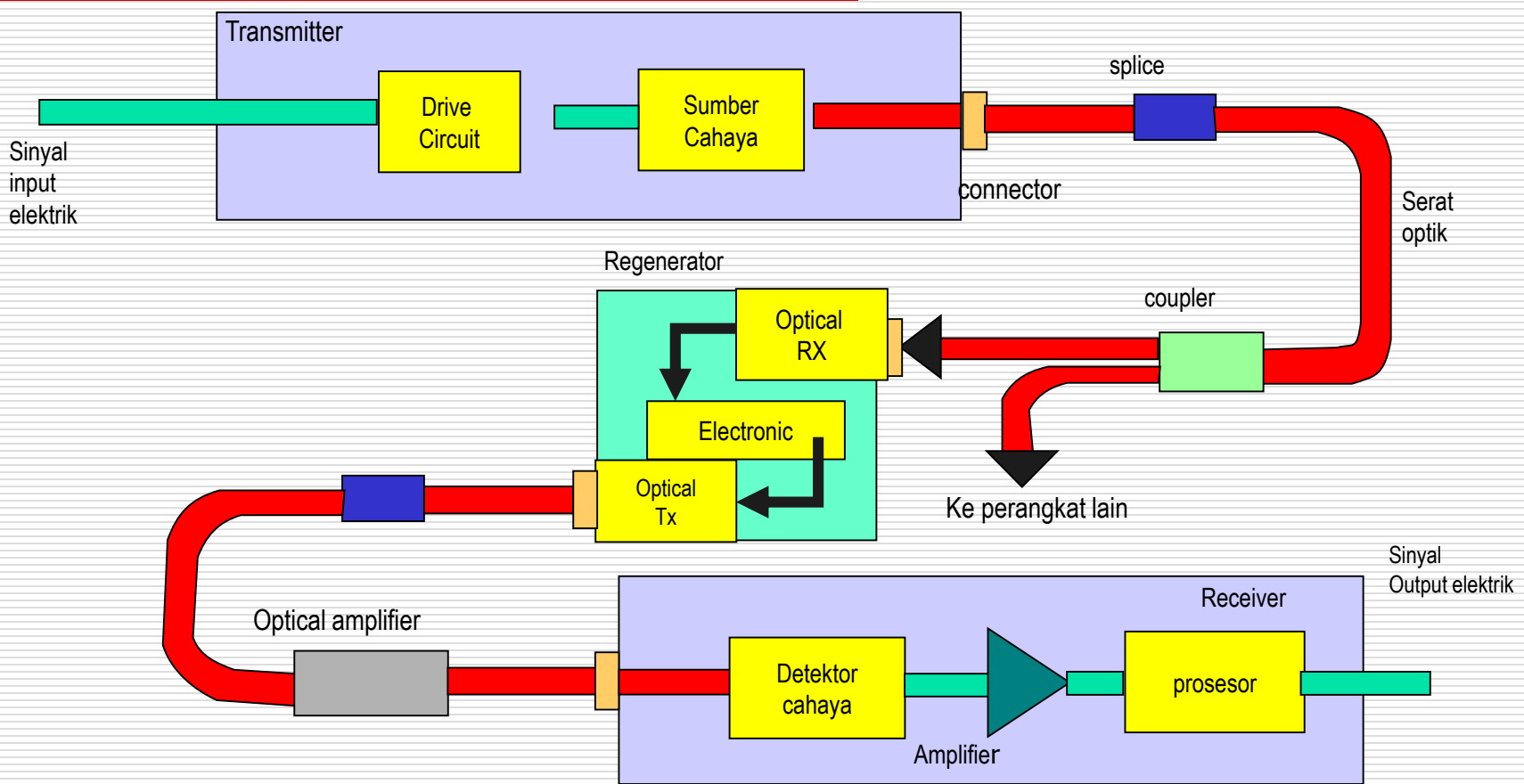
# □ Noise Dalam Komunikasi Optik

---

Beberapa contoh noise dalam komunikasi optik:

- ❖ Quantum noise
- ❖ Dark Current
- ❖ Surface Leakage Current
- ❖ Thermal Noise

# Dasar Sistem Komunikasi Serat Optik



# *Sistem Komunikasi Serat Optik*

---

Sumber Cahaya

De tektor Cahaya

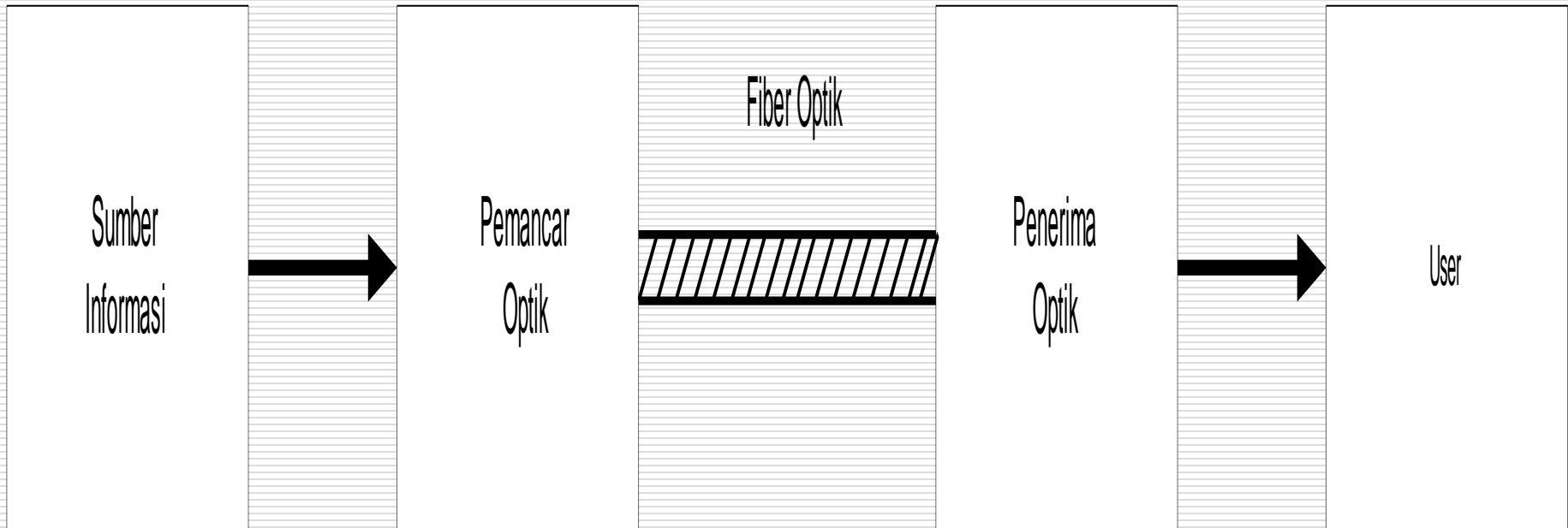


Optical Tx

Optical Rx

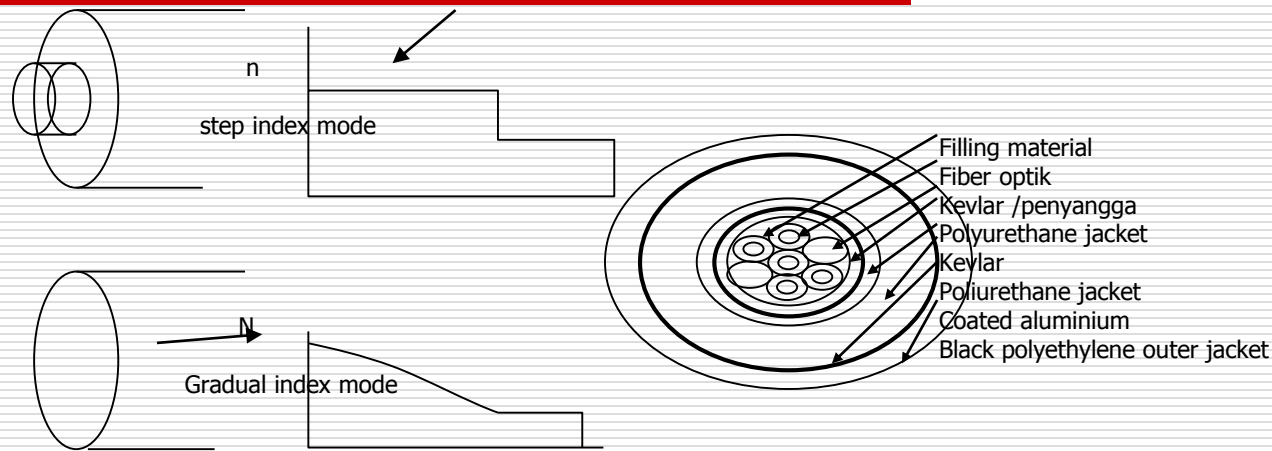
# *Transmisi Optik*

---





# Kabel serat optik



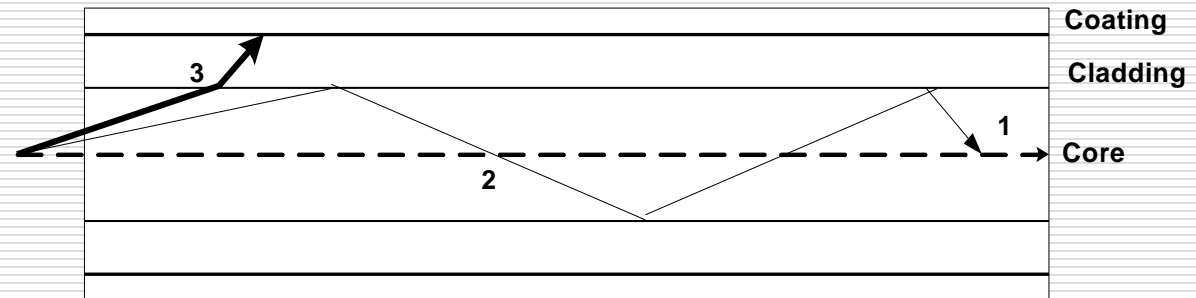
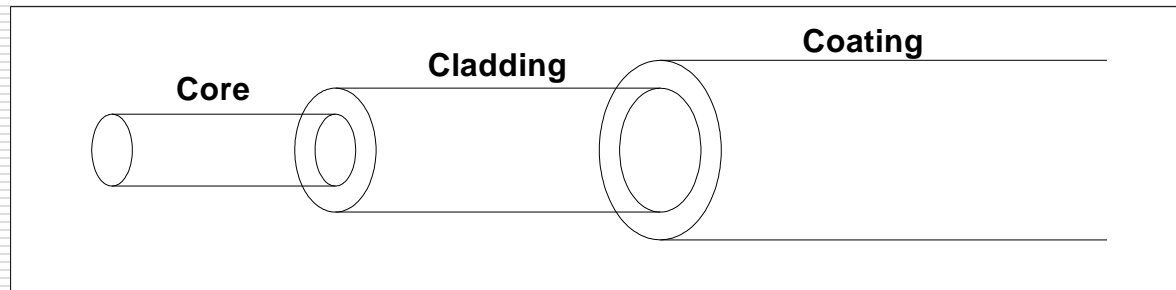
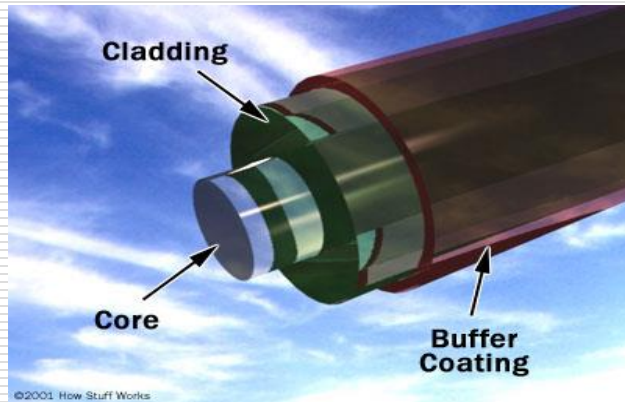
- ❑ Kabel kaca antara 1 – 10  $\mu\text{m}$  untuk jenis monomode dan 50 – 60  $\mu\text{m}$  untuk jenis multi mod
- ❑ Pembungkusnya 125  $\mu\text{m}$
- ❑ Tiap haspel (gulungan) dapat membawa kabel fiber optik sampai 1km
- ❑ Redaman jauh lebih kecil
- ❑ Jarak jangkau dapat mencapai 70 km antar repeater.

# Sistem Komunikasi Serat Optik

SKSO → Sistem komunikasi yang dalam pengiriman dan penerimaan sinyal informasinya menggunakan sumber optik dan detektor optik

Serat optik terdiri dari tiga bagian utama yaitu :

- Core :  $2\ \mu\text{m} - 125\ \mu\text{m}$ , terbuat dari gelas halus
- cladding :  $5\ \mu\text{m} - 500\ \mu\text{m}$ , terbuat dari gelas halus
- coating : terbuat dari plastik



# Sejarah siskom optik

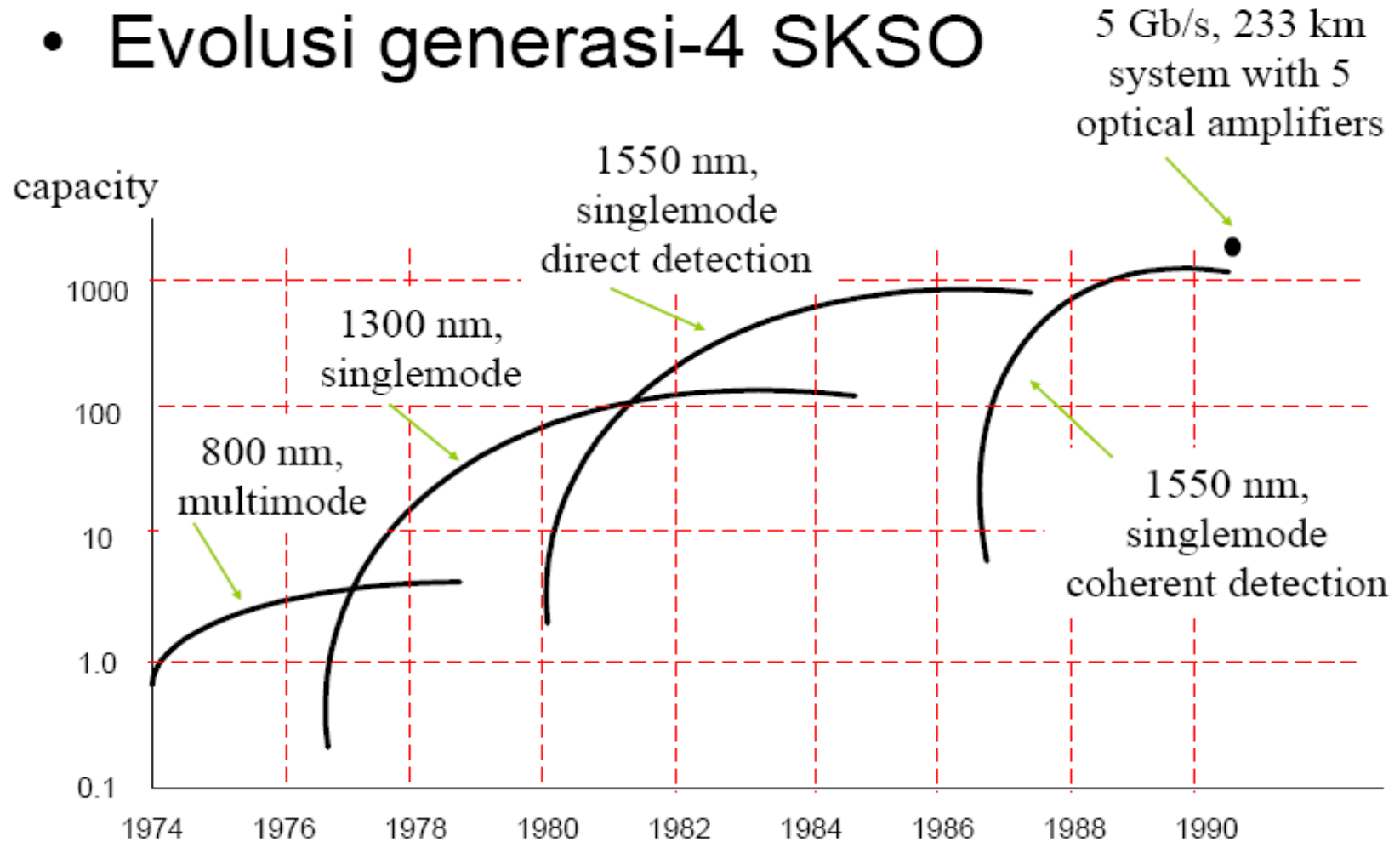
- Komunikasi gerakan tangan, mata sebagai detektor dan otak sebagai prosesor
- Komunikasi dengan menggunakan asap
- Lampu → mengedip-kedipkan sesuai informasi yang dikirim
- 1880, Graham Bell menemukan sistem komunikasi cahaya disebut photophone → menggunakan cahaya matahari yang terpantul dari sebuah cermin tipis termodulasi voice. Di penerima cahaya matahari termodulasi itu jatuh pada cell selenium photoconducting yang langsung mengubahnya menjadi arus listrik

- **December 8, 1956:** Curtiss makes first *glass-clad fibers* by rod-in-tube method.
- **1958:** Alec Reeves begins investigating *optical communications* at Standard Telecommunication Laboratories
- **May 16, 1960:** Theodore Maiman demonstrates *first laser* at Hughes Research Laboratories in Malibu.
- **December 1960:** Ali Javan makes *first helium-neon laser* at Bell Labs, the first laser to emit a steady beam.
- **May 1961:** Elias Snitzer of American Optical publishes theoretical description of *single-mode fibers*.

- **Autumn 1962:** Four groups nearly simultaneously make *first semiconductor diode lasers*, but they operate only pulsed at liquid-nitrogen temperature. Robert N. Hall's group at General Electric is first.
- **Early 1967:** Shojiro Kawakami of Tohoku University in Japan proposes *graded-index optical fibers*.
- **Summer 1976:** Horiguchi and Osanai open *third window at 1.55 micrometers*.
- **1987:** Dave Payne at University of Southampton develops *erbium-doped fiber amplifier* operating at 1.55 micrometers.
- **February 1991:** Masataka Nakazawa of NTT reports sending *soliton signals* through a million kilometers of fiber.

# Perkembangan SKSO

- Evolusi generasi-4 SKSO



# SISKOM OPTIK

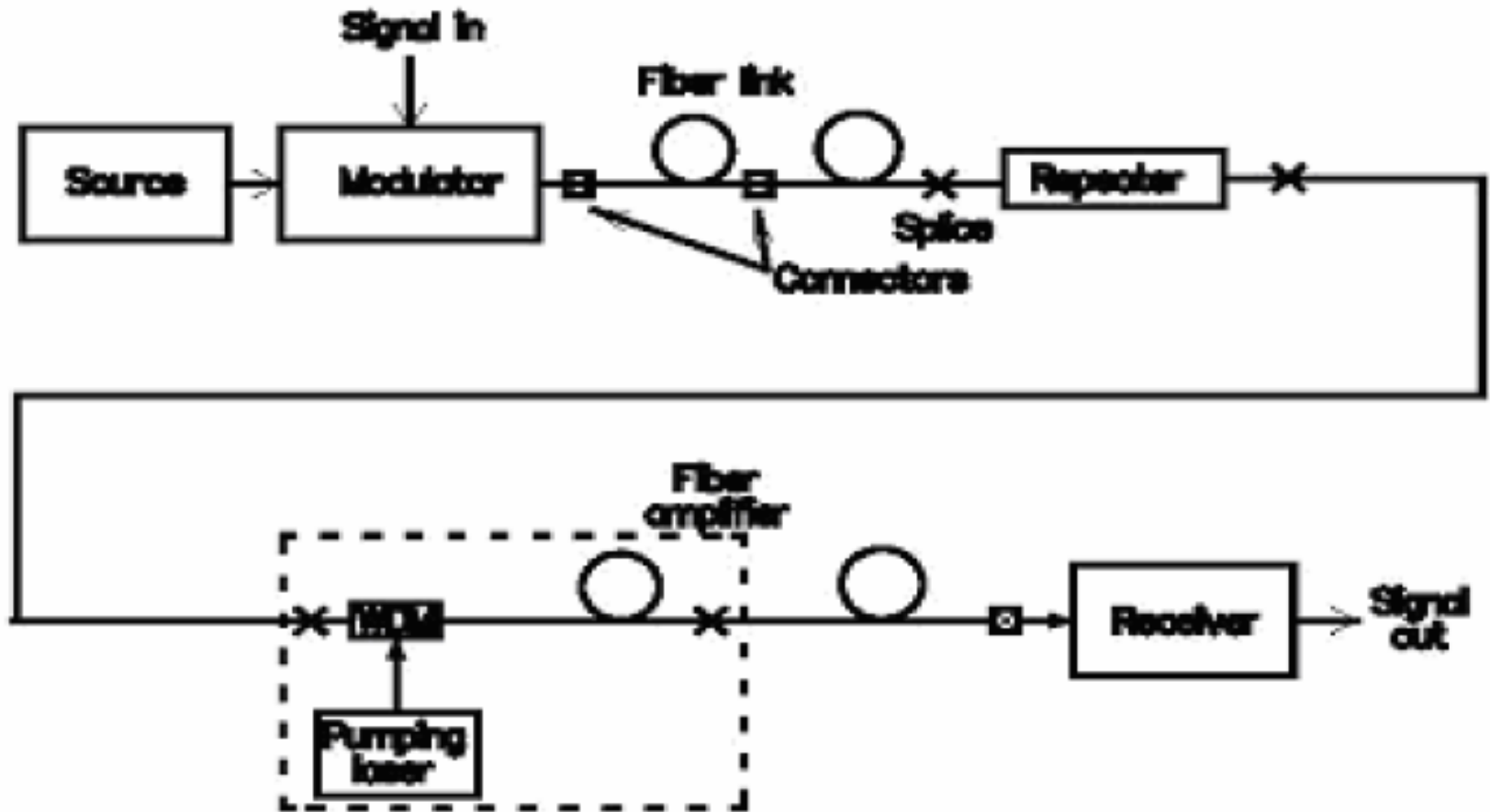


SUMBER  
OPTIK

SINYAL  
OPTIK

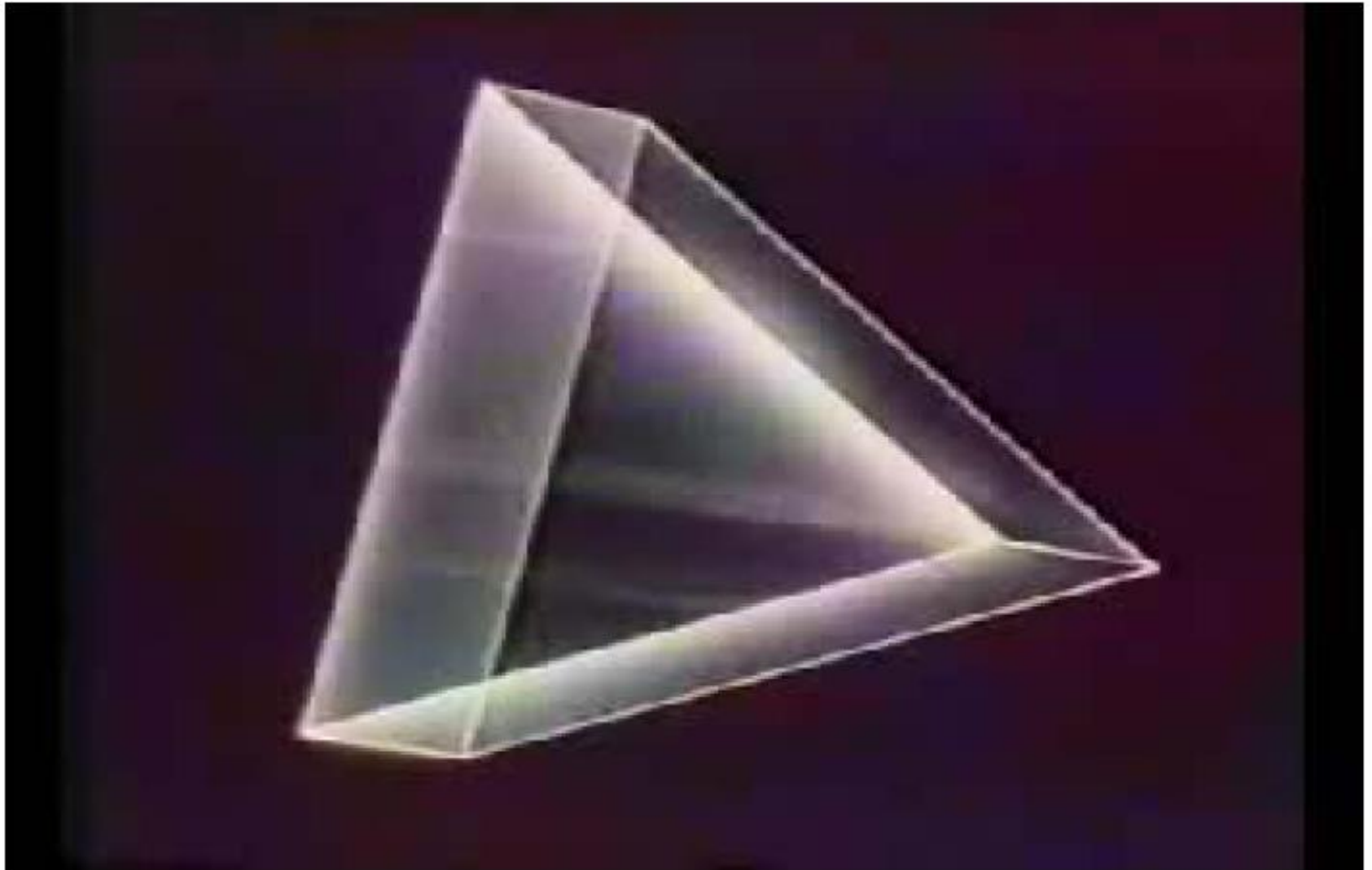
DETEKTOR  
OPTIK

# Sistem Komunikasi Fiber Optik

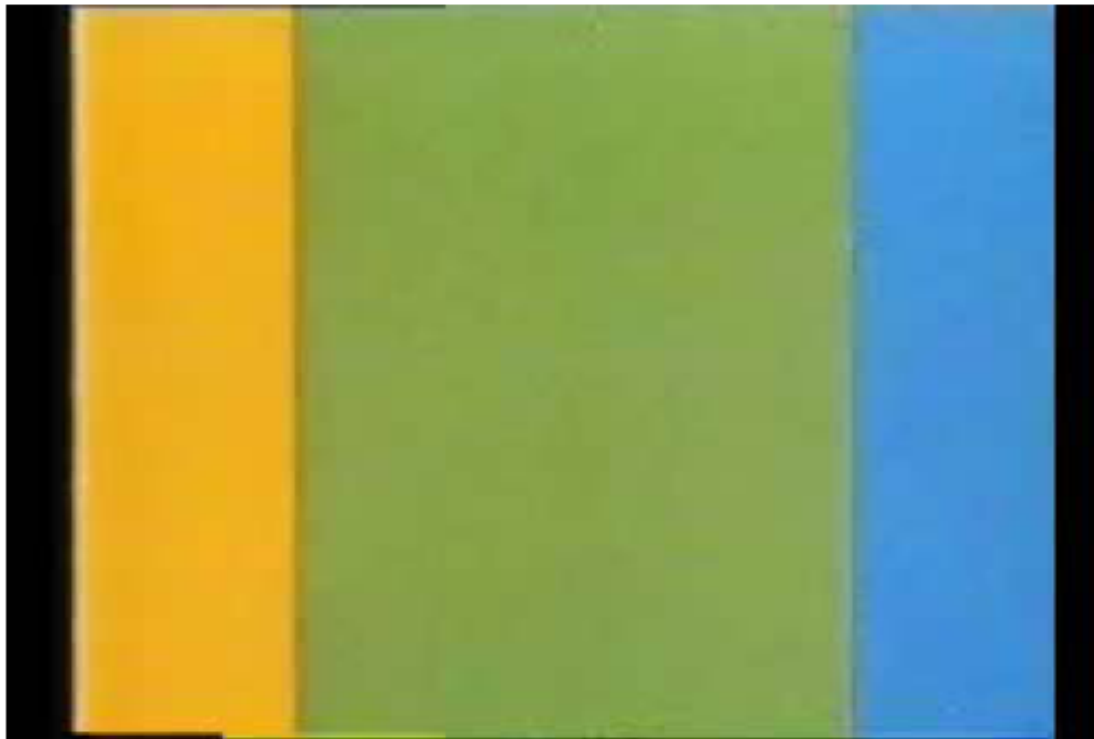




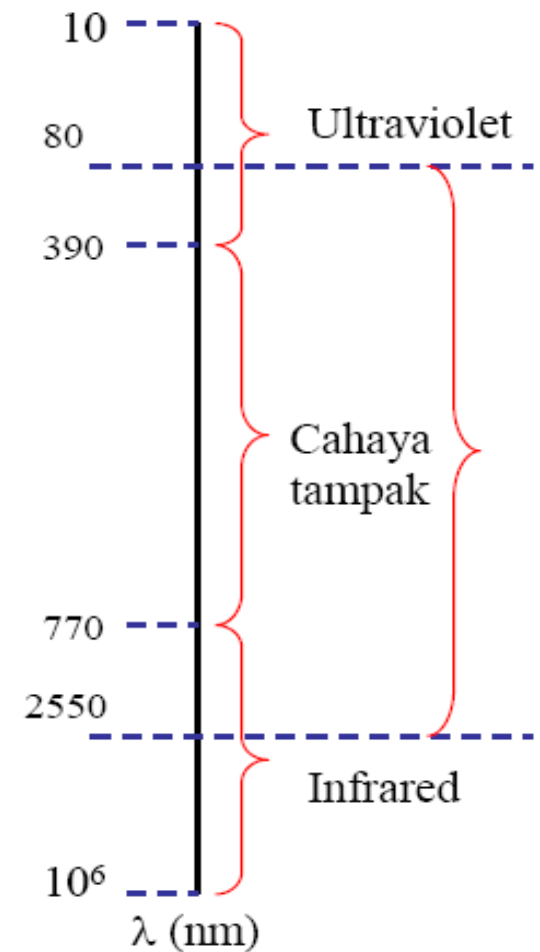
# Spektrum Frekuensi Optik



# Spektrum Frekuensi Optik



- Optik adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang tinggi
- Ordenya  $10^{14}$  Hz



# Spektrum Frekuensi Optik

- Window Optik – range frekuensi optik dimana redaman serat optik paling rendah → range frekuensi ini yang digunakan sebagai carrier

↖ Window Pertama

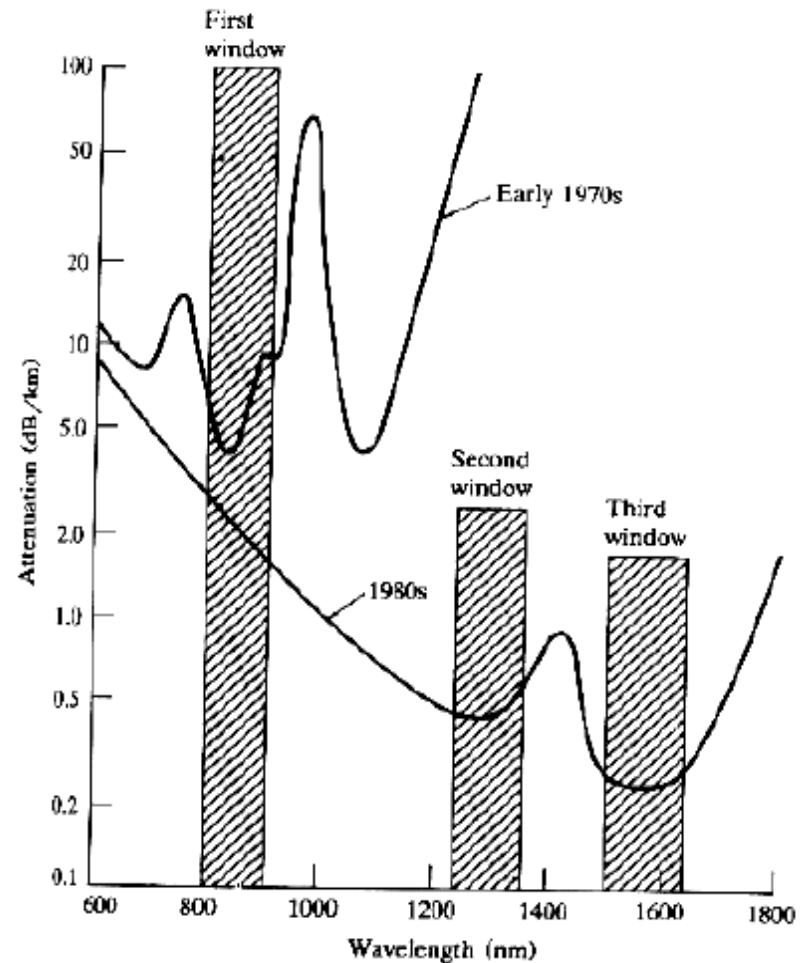
800 - 900 nm

↖ Window Kedua

1300 nm

↖ Window Ketiga

1550 nm



# Sumber Optik

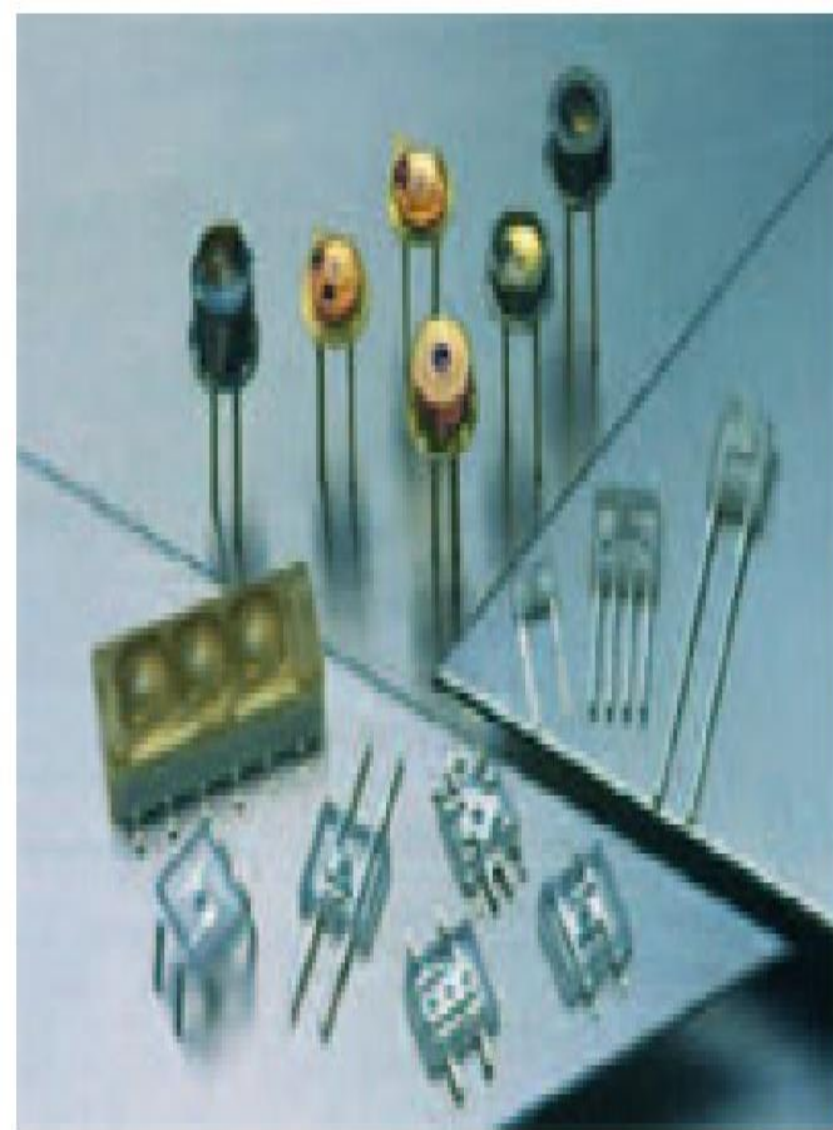
- **Sumber**
  - LED
  - Semiconductor laser
- **LED**
  - Biaya murah
  - Daya menengah
  - Hub jarak pendek, lintasan laju bit rendah
- **Laser**
  - Biaya mahal
  - Daya cukup
  - Hub jarak jauh, lintasan laju bit tinggi

# LASER

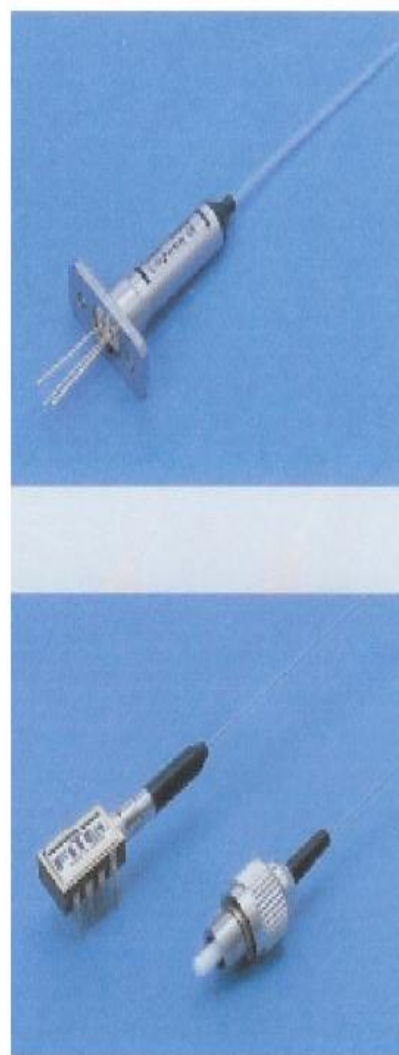
---



- Laser adalah sebuah divais yang dapat mengemisikan cahaya (radiasi elektromagnetik) melalui proses yang dinamakan emisi terstimulasi. LASER berasal dari singkatan *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Cahaya Laser biasanya koheren, artinya bahwa cahaya diemisikan dalam berkas yang hampir konvergen atau dapat dikonvergenkan melalui komponen optik seperti lensa. Biasanya, laser dipandang sebagai emisi cahaya dengan spektrum panjang gelombang yang pendek, padahal beberapa laser mengemisikan cahaya dengan spektrum panjang yang lebar. Koherensi dari emisi laser adalah jelas, sedangkan sumber cahaya lainnya menemisikan cahaya yang inkoheren yang memiliki fase yang bervariasi terhadap posisi dan waktu.
-

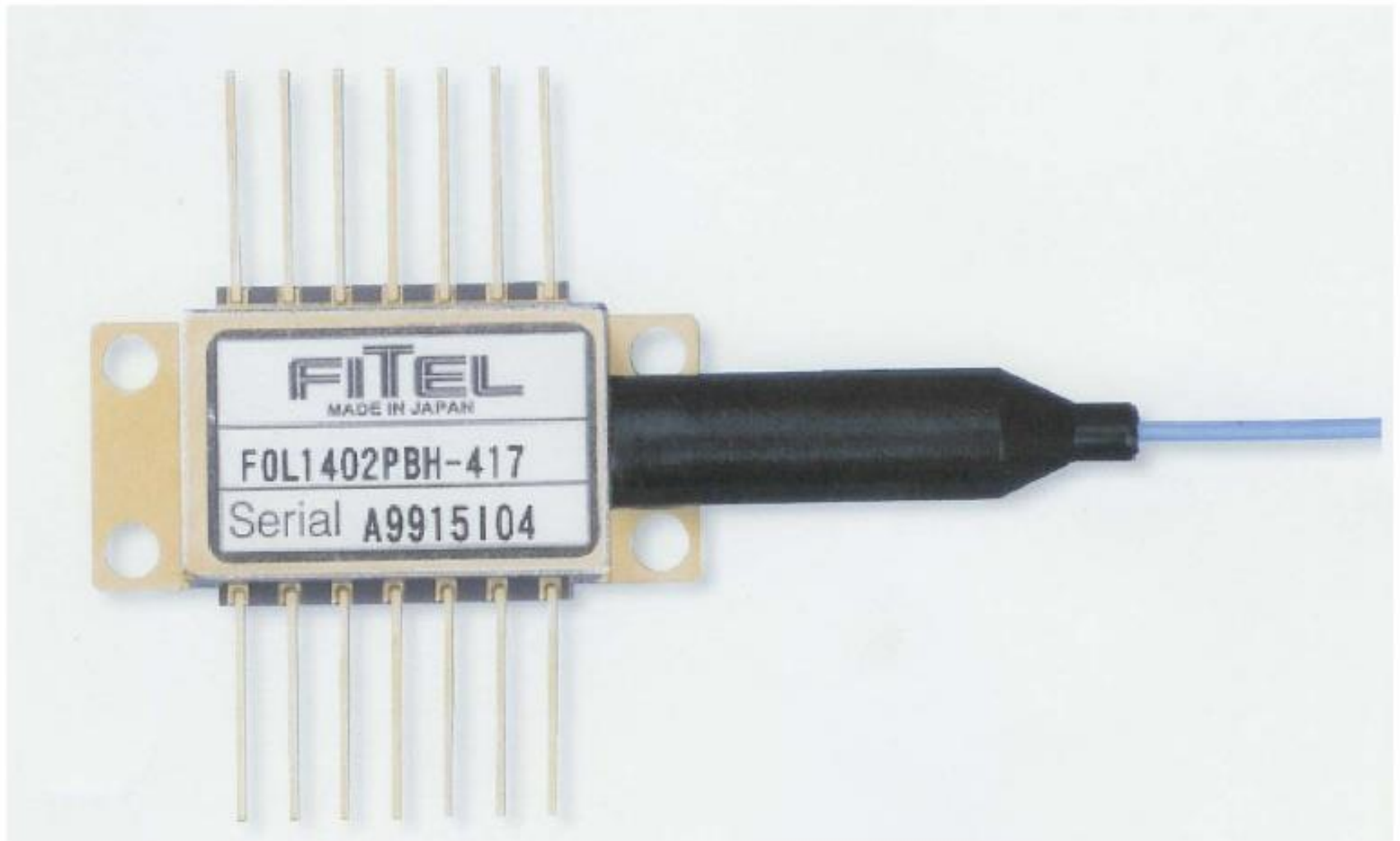


**LED**

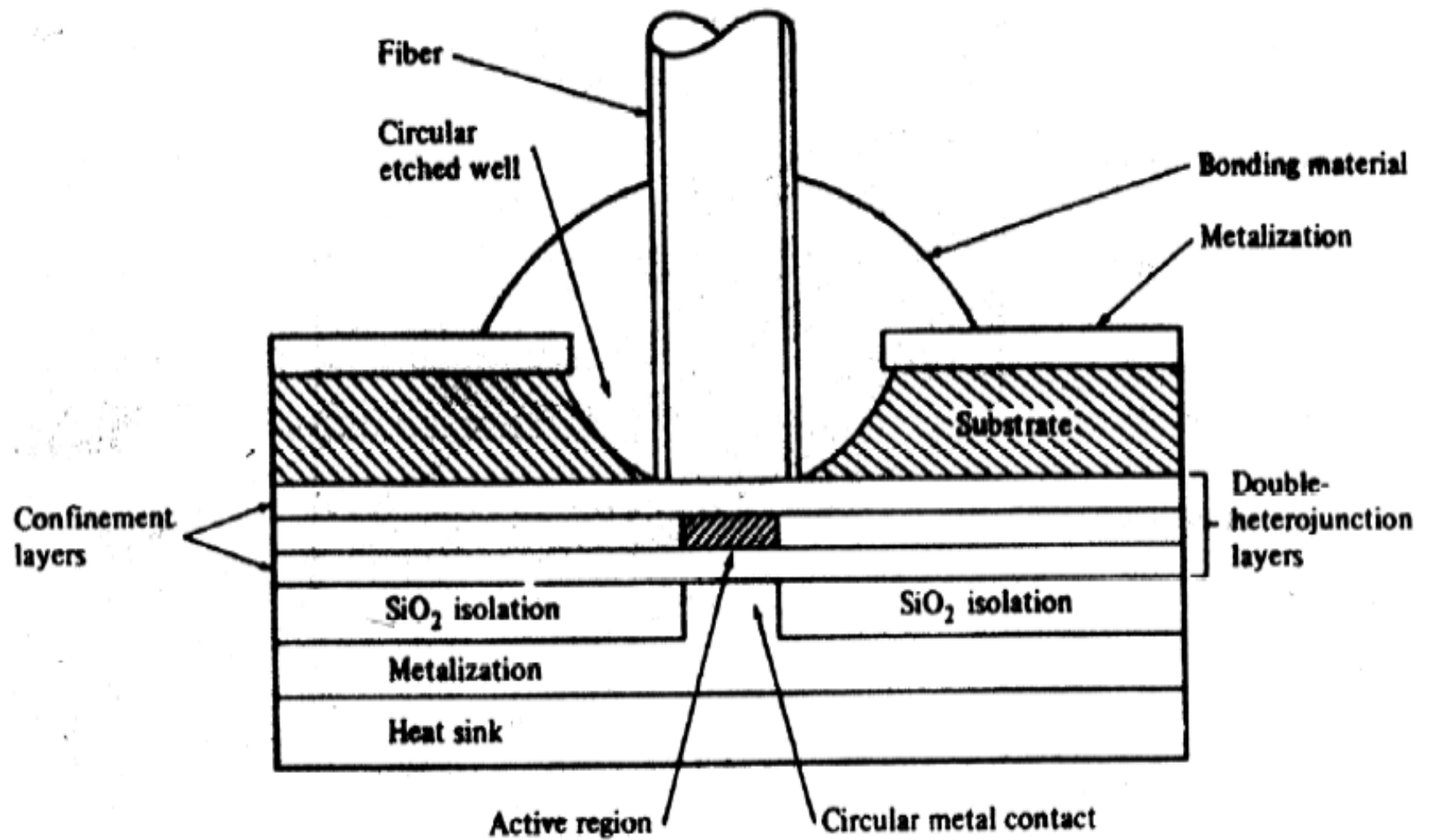


**Uncooled laser**





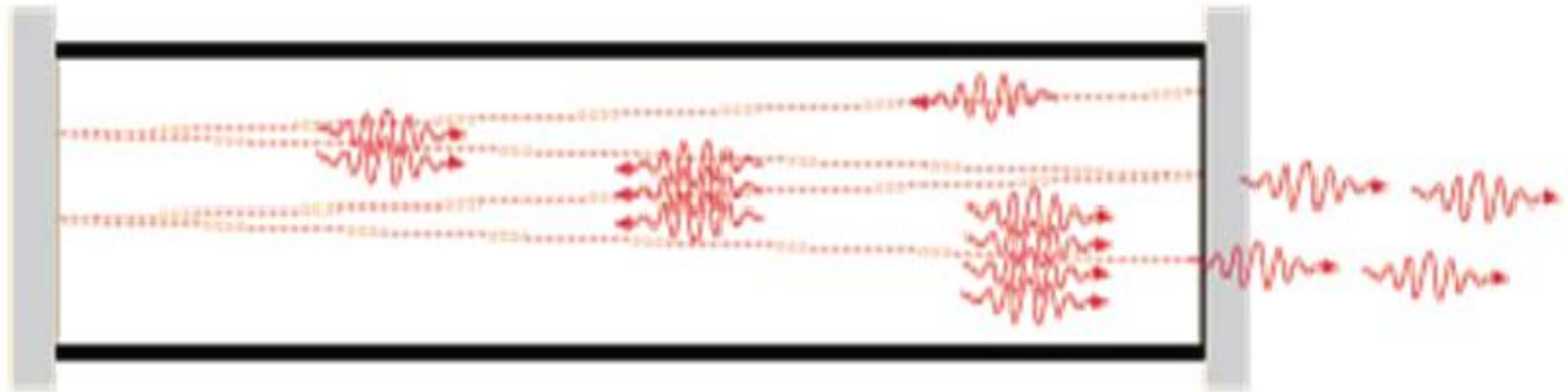
**Cooled laser**



## LED emisi permukaan



# Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation



100% reflective  
mirror  
for optical feedback

99% reflective  
mirror

## Ruang resonator

# Syarat foto detektor

- High response atau sensitifitas
- Noise rendah
- Respon cepat atau bandwidth lebar
- Tidak sensitif thd variasi suhu
- Kompatibel dgn fiber
- Murah
- Tahan lama

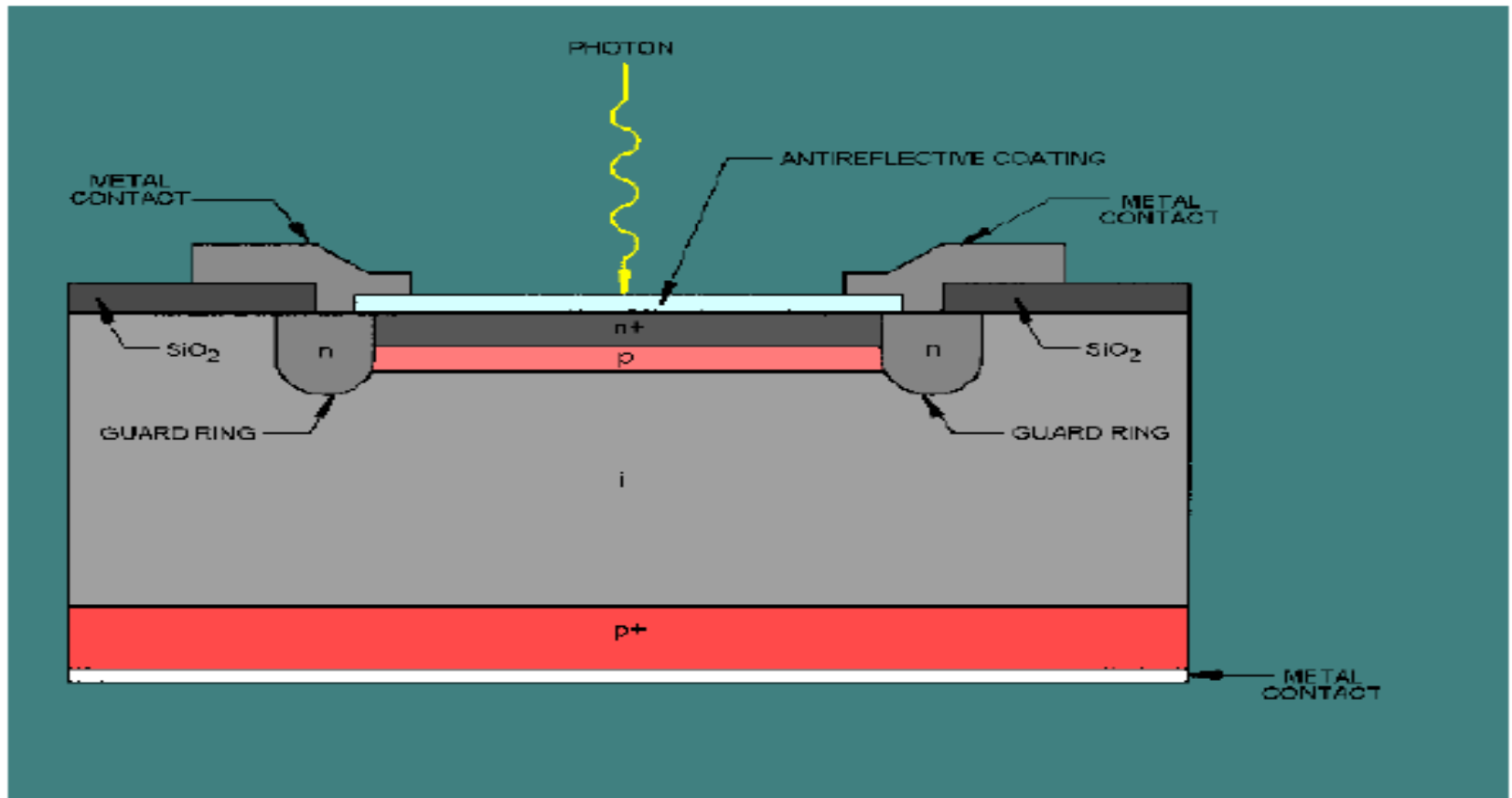
# Detektor foto yg ada

- Photomultiplier (photocathode + multiplier dlm vacuum tube)
- Pyroelectric detector (konversi photon ke panas → konstanta dielektrik)
- Semiconductor-based photoconductor (pin dan APD) cocok u fiber optik.

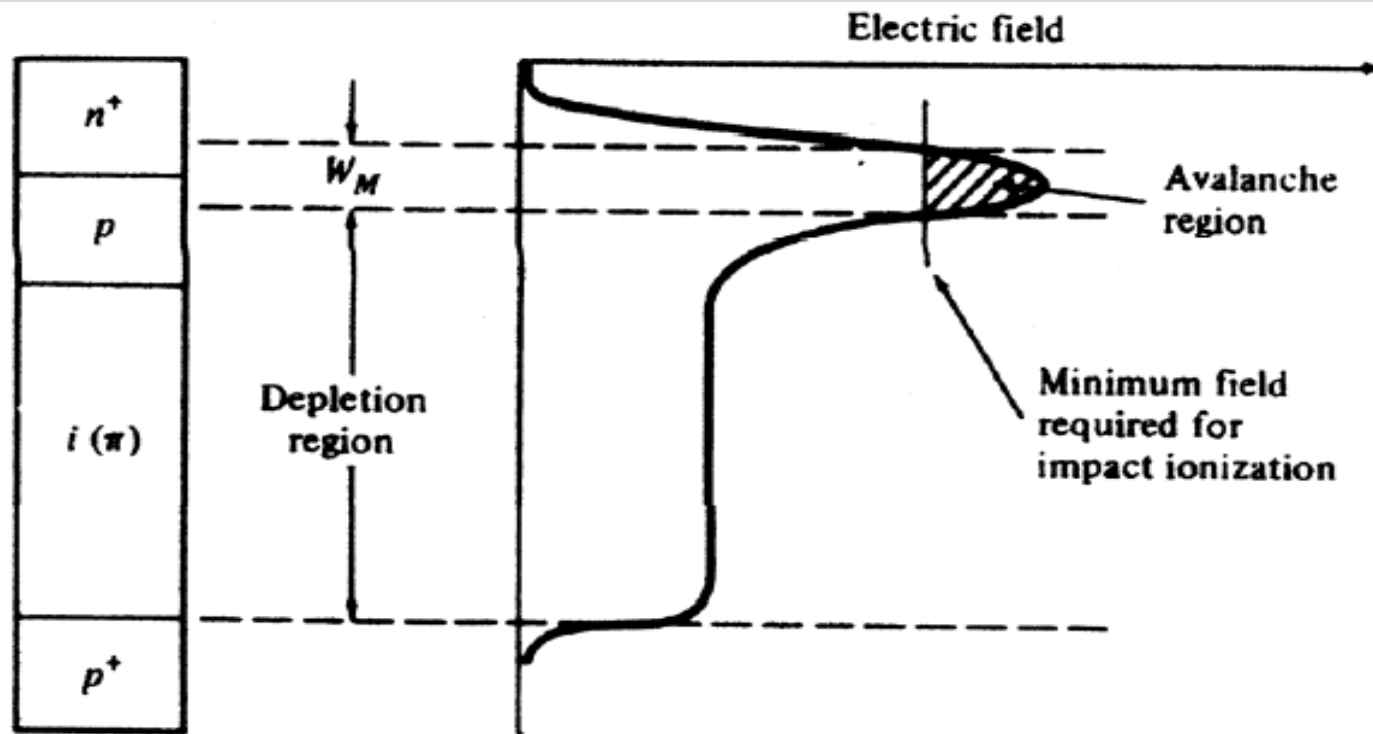


## Detektor Silikon PIN

# Detektor PIN



## Konfigurasi detektor PIN



### Konstruksi p<sup>+</sup>πpn<sup>+</sup> reach-through APD (RAPD)

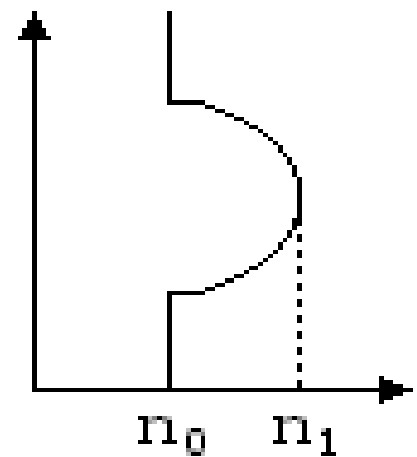
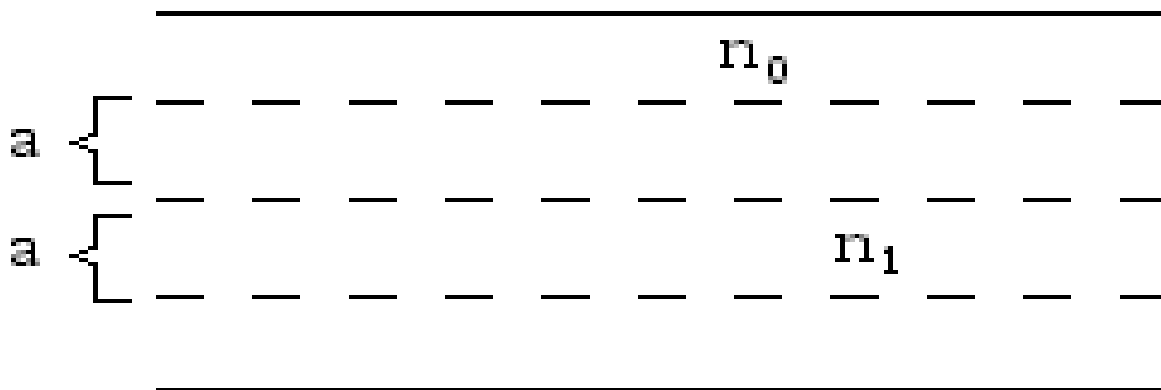
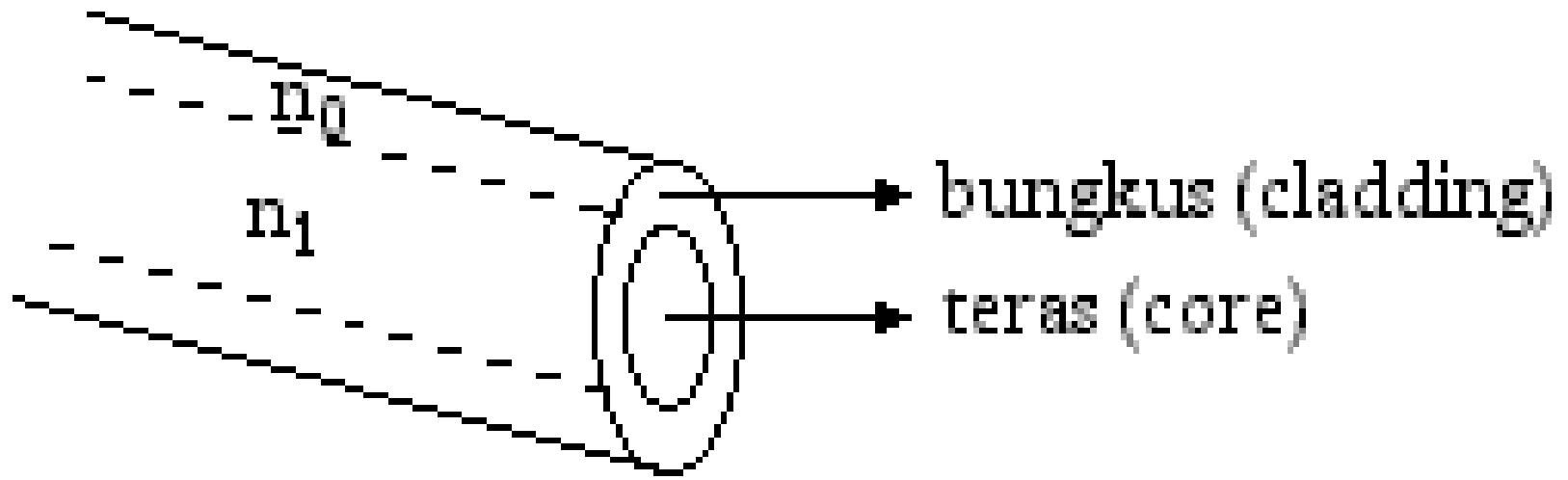
p-type : resistivitas tinggi

p<sup>+</sup> : heavily doped p-type

n<sup>+</sup> : heavily doped n-type

π : bahan intrinsik tdk murni krn kurang hati2 shg tercampur p doping

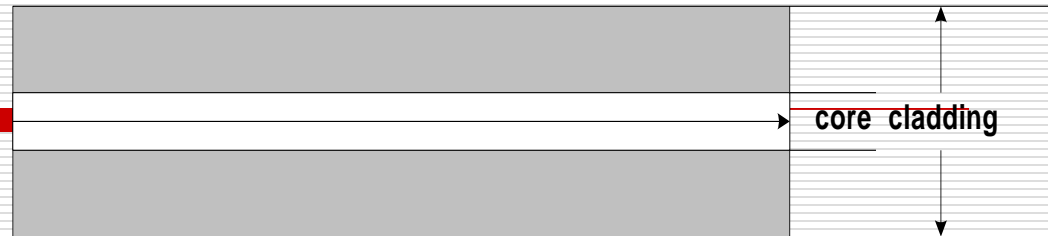
# Serat Optik



# Jenis-jenis Serat Optik

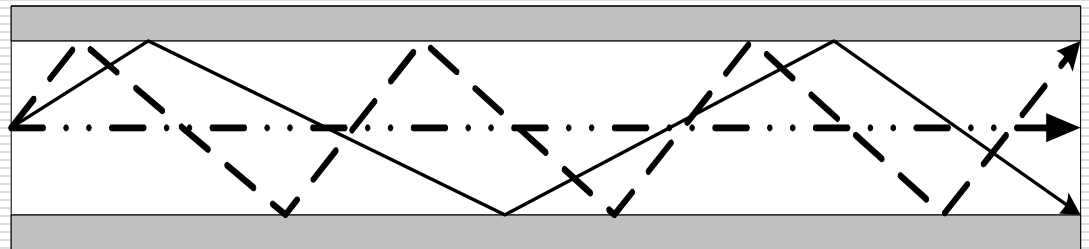
## 1. Single Mode Fiber

- ⓐ Diameter core < Diameter cladding
- ⓐ Digunakan untuk transmisi jarak jauh  
→ rugi-rugi transmisinya sangat kecil  
→ band frekuensi yang lebar



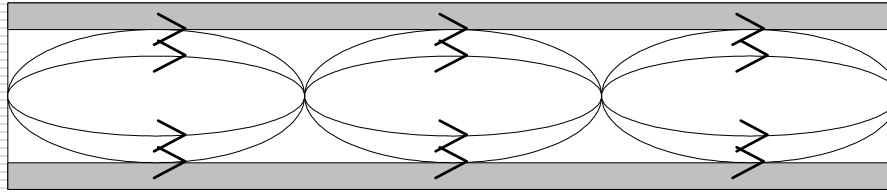
## 2. Multimode Step Index Fiber

- ⓐ Ukuran intinya berkisar  $50 \mu\text{m}$  -  $125 \mu\text{m}$  dengan diameter cladding  $125 \mu\text{m}$  -  $500 \mu\text{m}$
- ⓐ Diameter core yang besar digunakan agar penyambungan kabel lebih mudah
- ⓐ Hanya baik digunakan untuk data atau informasi dengan kecepatan rendah dan untuk jarak yang relatif dekat





### 3. Multimode Graded Index Fiber



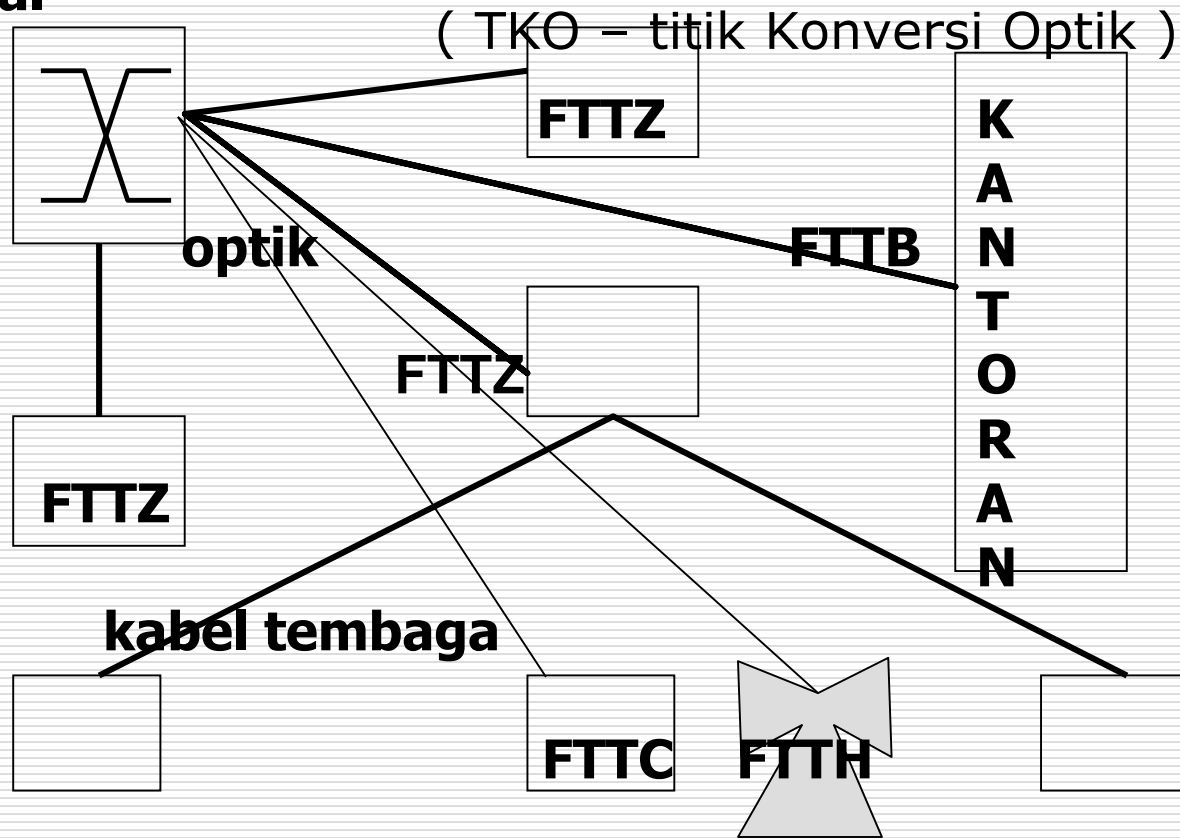
- ⓐ Diameter corenya antara  $30\ \mu\text{m}$  -  $60\ \mu\text{m}$  sedangkan diameter claddingnya  $100\ \mu\text{m}$  -  $150\ \mu\text{m}$
- ⓐ Merupakan penggabungan serat single mode dan serat multimode step index
- ⓐ Biasanya untuk jarak transmisi 10 - 20 km  $\rightarrow$  pentransmisi informasi jarak menengah seperti pada LAN

#### *Spesifikasi Teknis Kabel Serat Optik Menurut PT. Telkom*

Karakteristik	Nilai
Tipe Kabel	Single mode
Mode Field Diameter ( 1310 nm )	$0,5\ \mu\text{m}$
Mode Field Diameter ( 1550 nm )	$0,5\ \mu\text{m}$
Diameter Cladding ( 1310 nm )	$2\ \mu\text{m}$
Diameter Cladding ( 1550 nm )	$2\ \mu\text{m}$
Attenuasi maksimum pada 1310 nm	$0,4\ \text{dB/km}$
Attenuasi maksimum pada 1550 nm	$0,25\ \text{dB/km}$
Rugi-rugi sambungan	$0,2\ \text{dB}$
Rugi-rugi konektor	$0,5\ \text{dB}$

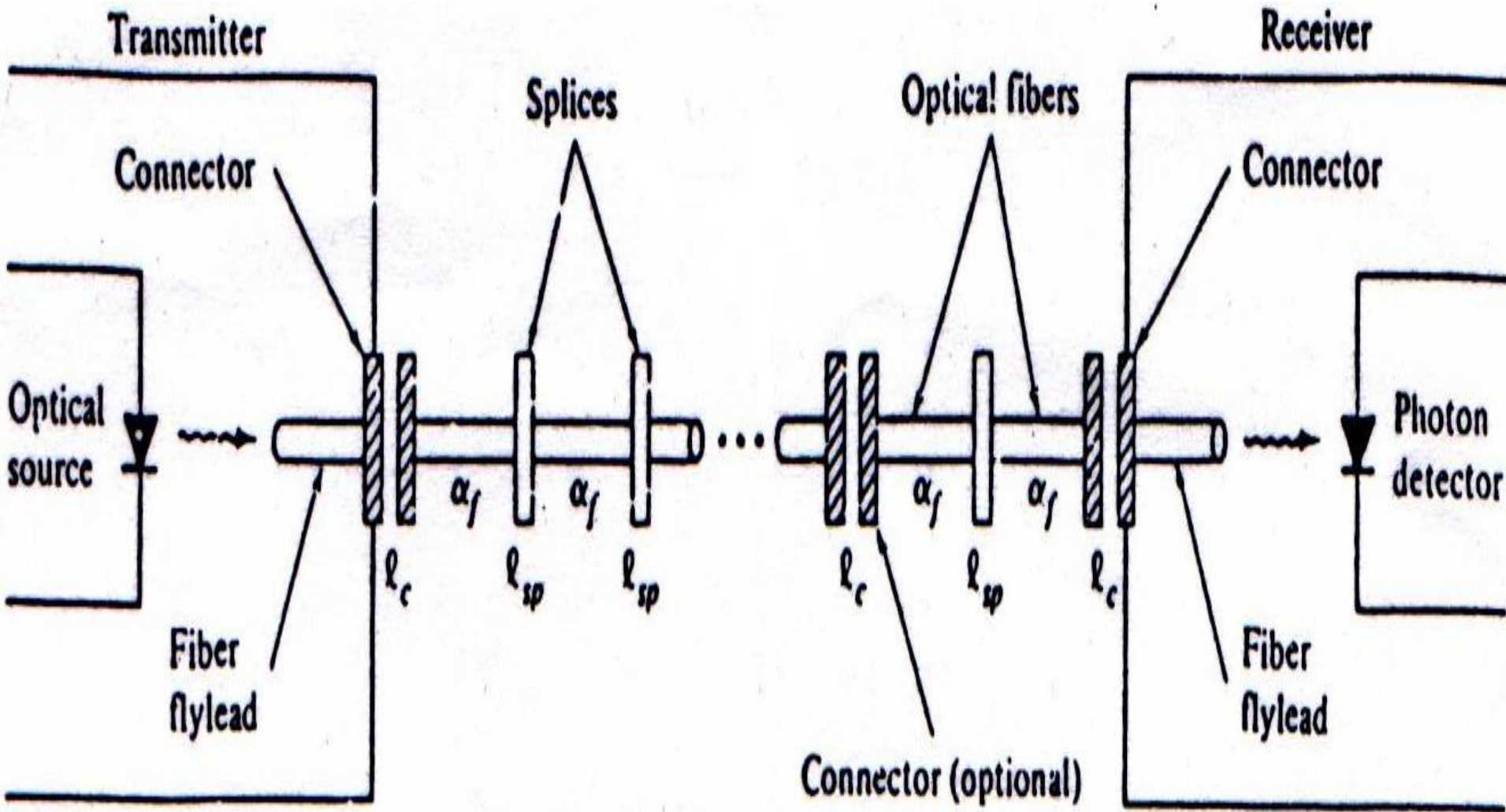
# Jaringan Lokal akses fiber optik (Jarlokaf )

**Sentral**



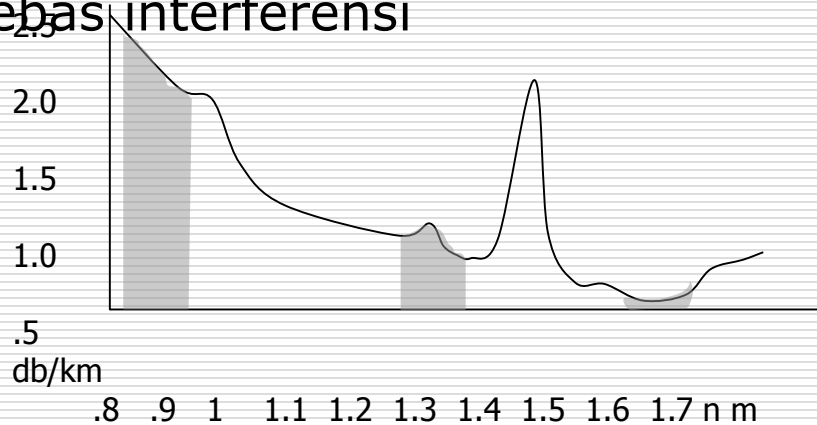
FTTZ = Fibre to the Zone (RK)    FTTC= to the curb(DP)  
FTTB = Fibre to the Building    FTTH= to the home

# Contoh Penyambungan Serat Optik



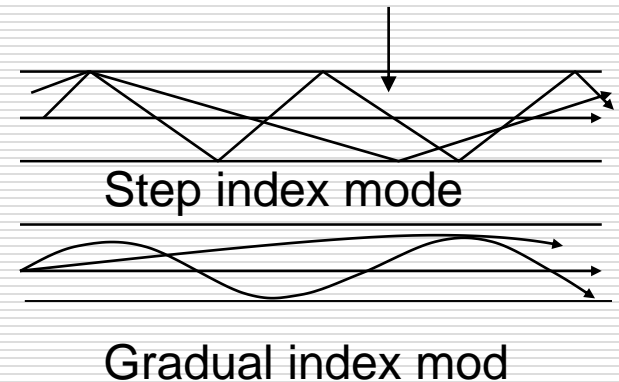
# Propagasi lewat kabel optik

- Index bias kaca 1,3 - 1,5
- $n = c/v$ ,  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s
- Jika  $n = 4/3$  maka  $v = 2,25 \cdot 10^8$  m/s
- Panjang gelombang cahaya dalam kabel optik dapat **0.8 nm, 1.3 nm atau 1550 nm.**
- Membawa 40.000 VBW atau video
- Bebas interferensi

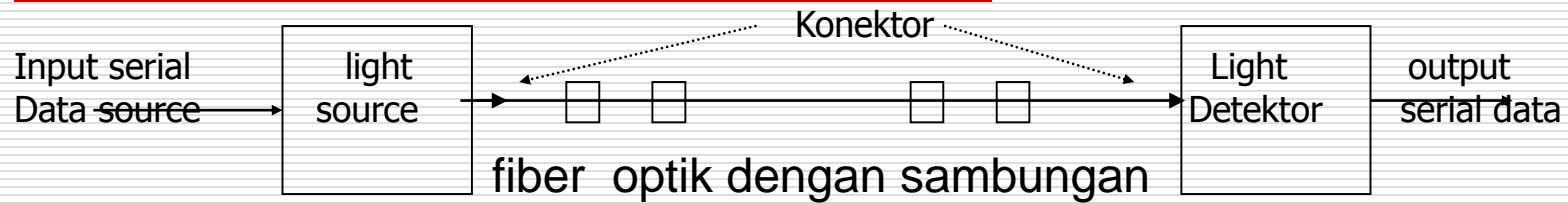


Redaman oleh kabel optik pada berbagai macam panjang gelombang.

## Perambatan multi mode



# Perhitungan redaman dan jarak jangkauan kabel optik



**O/p pemancar = 0 dBm minimal power di penerima -37dBm.**

Kehilangan power terjadi pada:

- Konektor dikedua sisi (1 dB/sisi) 2 dB
- Margin untuk penyambungan jika putus 6 dB
- Redaman per sambungan /splicing 0,1 dB
- Redaman fiber optik 0,2 dB/km
- Redaman per km menjadi 0,3 dB/km
- Maka jarak antara terminal menjadi  $(37-2-6)/0,3=97$  km

# *Penyambungan Serat Optik*

---

Berdasarkan sifatnya, penyambungan serat optik dapat dibedakan menjadi :

## ● Sambungan yang sifatnya Permanen

- digunakan untuk menyambungkan dua buah serat optik
- teknik fusion splice

## ● Sambungan yang sifatnya Tidak Permanen

- menyambungkan serat optik dengan perangkat agar mudah dilepas dan dipasang lagi
- menggunakan alat yang disebut konektor

# Penyambungan Serat Optik menggunakan Fusion Splicer

---

- Menggunakan metode lebur (fusion splice)
- Dilakukan dengan meleburkan ujung-ujung dari serat optik yang akan disambungkan dengan menggunakan laser
- Menghasilkan loss umumnya kurang dari 0.06 dB

Langkah-langkah penyambungan serat optik menggunakan metode fusion splicer



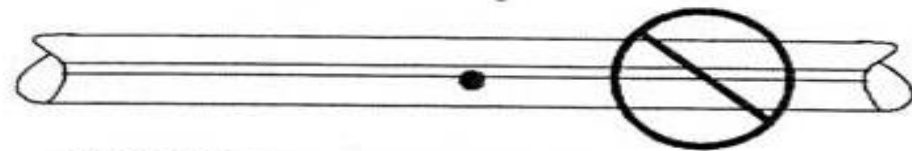
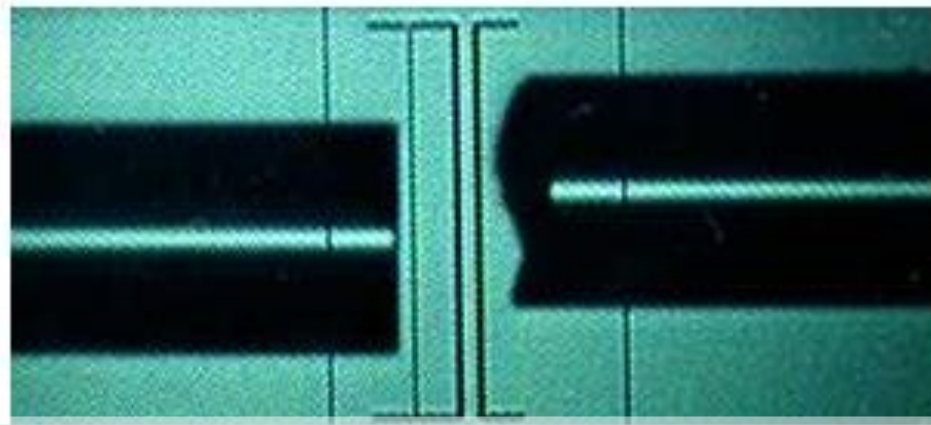
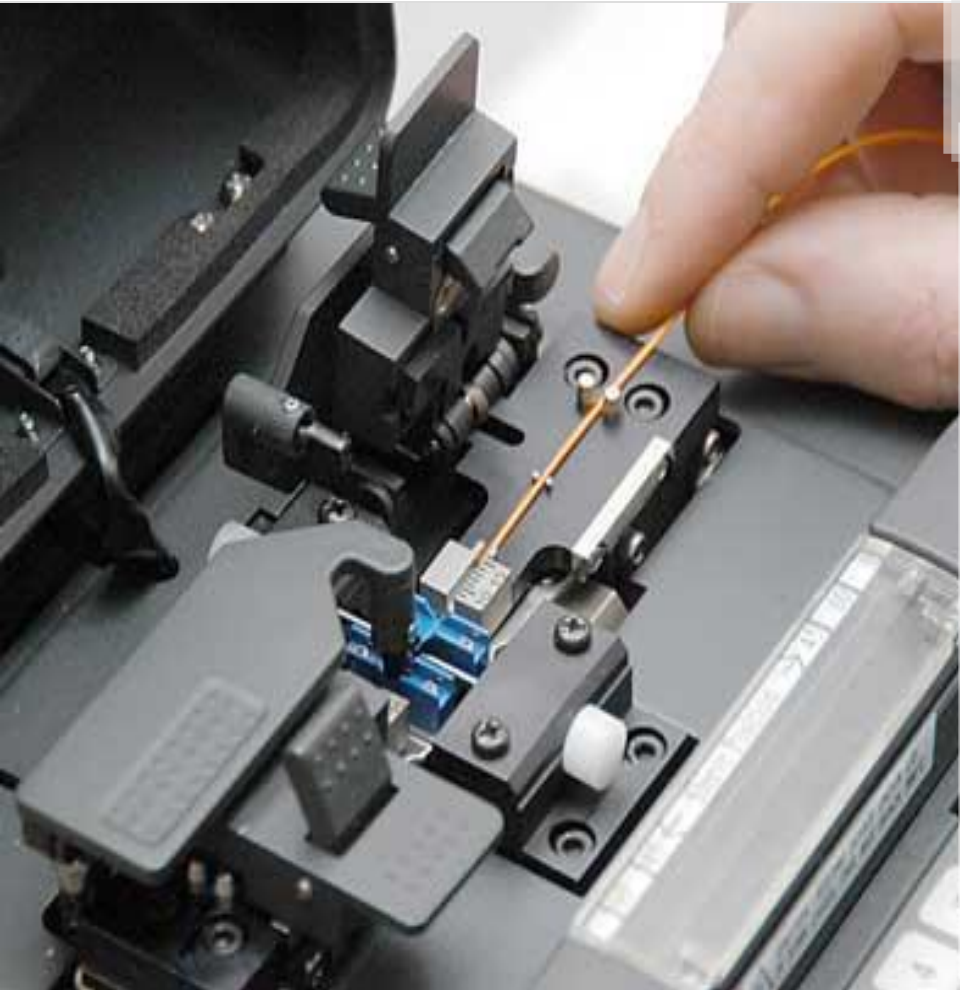
# Langkah – langkah Penyambungan

## Fiber Optik:

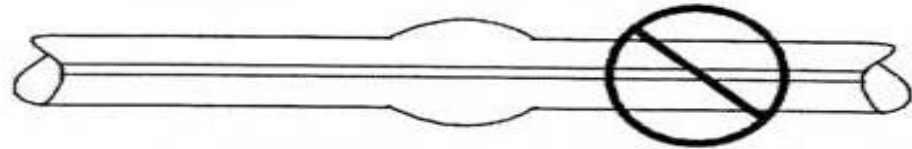




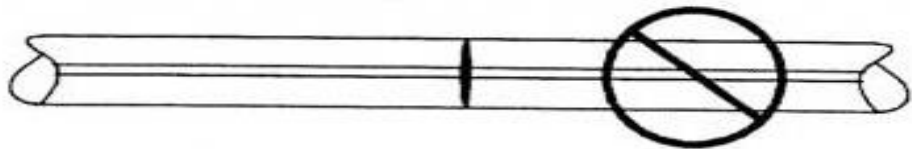
# Splicing



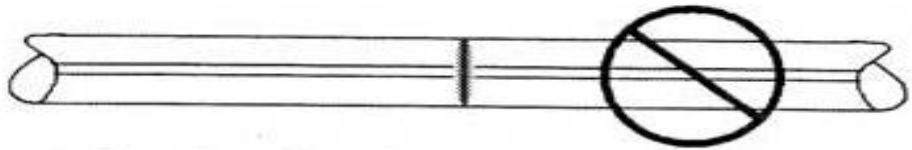
Bubble



Bulge in Splice



Thick Black Line

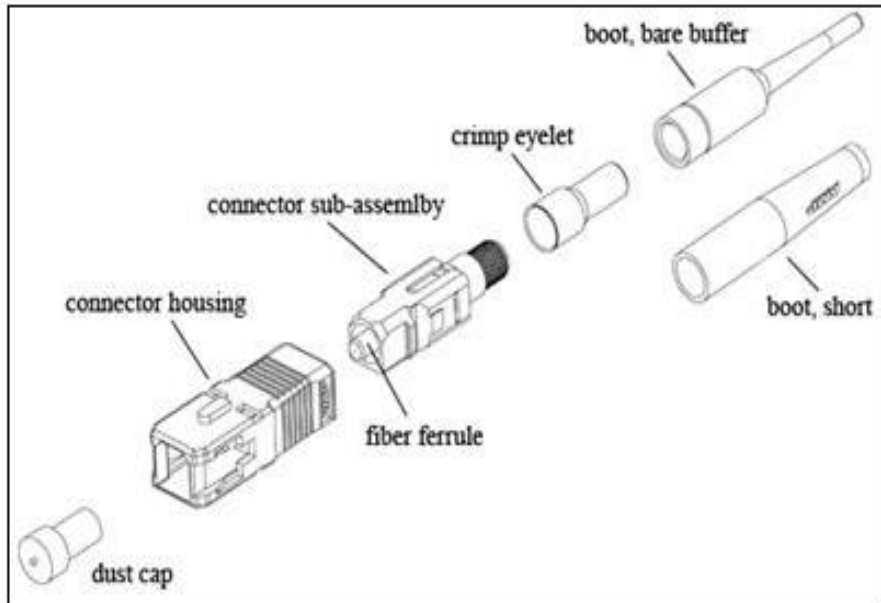


Black Shadow

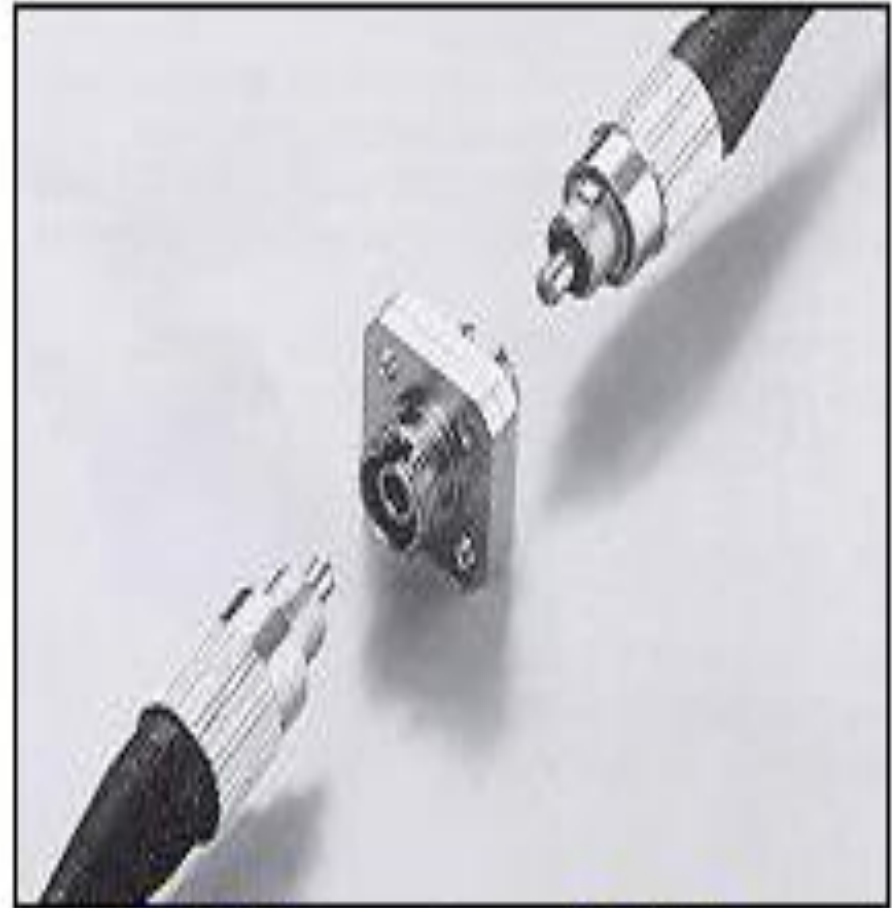
# Optic Connector



A SC Connector Sample

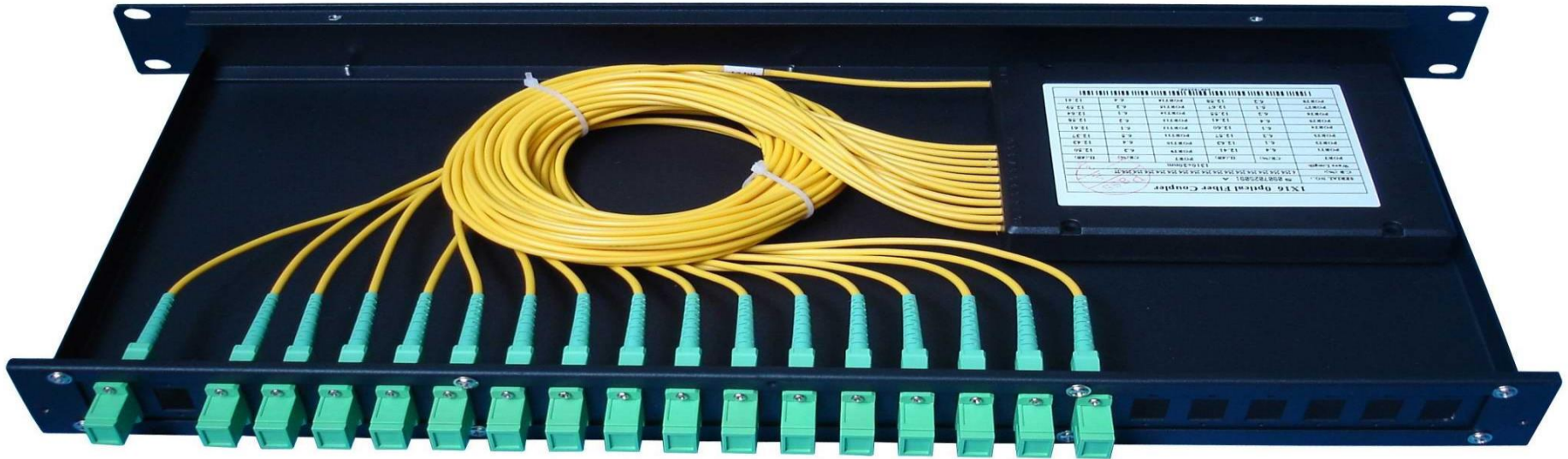


SC Connector Structure



FC Connectors Mating

# Optic Splitter



# OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) dan Optical Power Meter

---



# *OTDR*

➤ Perangkat yang digunakan dalam pengujian performansi kabel serat optik



## *Kemampuan OTDR*

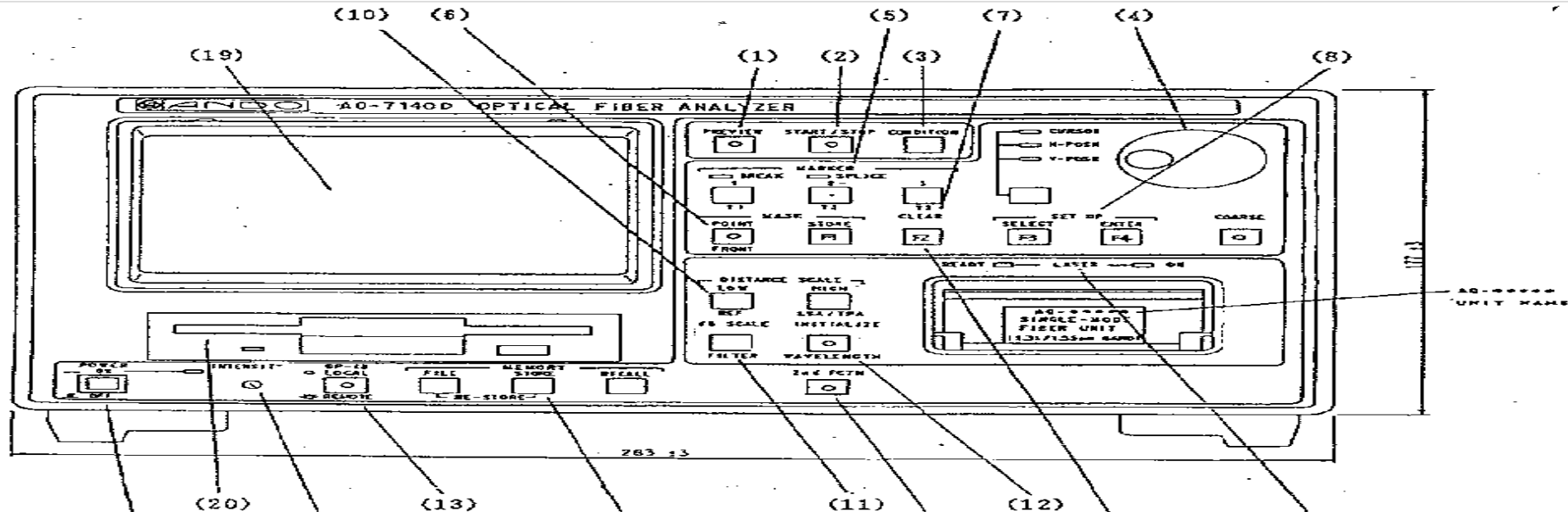
- Mengukur jarak
- Mengukur besar loss rata-rata (dB/km)
- Mengetahui jenis sambungan
- Mengetahui lokasi titik penyambungan dan berapa besar lossnya
- Apabila ada gangguan pada serat, maka dapat diketahui apakah patahan atau redaman

# OPTICAL DOMAIN REFLECTOMETER (OTDR)

---

- ❑ OTDR merupakan salah satu peralatan utama baik untuk instalasi maupun pemeliharaan link serat optik
- ❑ OTDR memungkinkan sebuah link diukur dari satu ujung.
- ❑ OTDR dipakai untuk mendapatkan gambaran visual dari redaman serat optik sepanjang sebuah link yang diplot pada sebuah layar dengan jarak digambarkan pada sumbu X dan redaman pada sumbu Y.
- ❑ Informasi mengenai redaman serat, loss sambungan, loss konektor dan lokasi gangguan serta loss antara dua titik dapat ditentukan dari display ini.

# Gambar tampak muka OTDR



No.	Nama	No.	Nama	No.	Nama
1	[PREVIEW] key	7	[CLEAR] key	13	[GP-IB] key
2	[START]/[STOP] key	8	SET UP [SELECT], [ENTER] keys	14	[ LOKAL] [ REMOTE]
3	[CONDITION] key	9	[F1] - [F4] keys	14	[MEMORY [FILE] key
4	Rotary knob	10	DISTANCE SCALE [HIGH], [LOW] key	14	[MEMORY [STORE] key
	[CURSOR/HORIZONTAL POSITION (H-POSN) / VERTICAL POSITION (VPOS) SELECT] key		[REFERENCE POINT (REF)] key	14	[MEMORY [RECALL] key
	[COARSE] key		[LEAST SQUARE METHOD/TWO POINT METHOD (LSA/TPA)] keys	15	[RE-STORE]
5	MARKER [1], [2], [3] keys	11	[dB SCALE] key	15	[2nd FUNCTION (2ND FCTN)] key
	MARKER [Y1], [Y2], [Y3] keys		[FILTER] key	16	[INTENSITY] knob
	[BREAK], [SPLICE] LED	12	[INITIALIZE] key	17	[POWER] switch, [ ON], [ OFF]
6	[POINT] key		[WAVE LENGTH] key	18	[LASER READY], [LASER ON] LED
	MASK [FRONT] key			19	CRT
	MASK [STORE] key			20	Floppy disk drive

## **Operasi OTDR**

Dalam mengoperasikan OTDR, sebelum pengukuran perlu dilakukan pemilihan dan pengetesan (setting) beberapa parameter meliputi :

- *Setting IOR (indeks bias)*
  - *Pemilihan panjang gelombang laser*
  - *Pemilihan rentang jarak (distance range)*
  - *Pemilihan lebar pulsa*
  - *Setting Att*
  - *On/Off laser*
-



# Pemakaian OTDR

---

## Saat instalasi

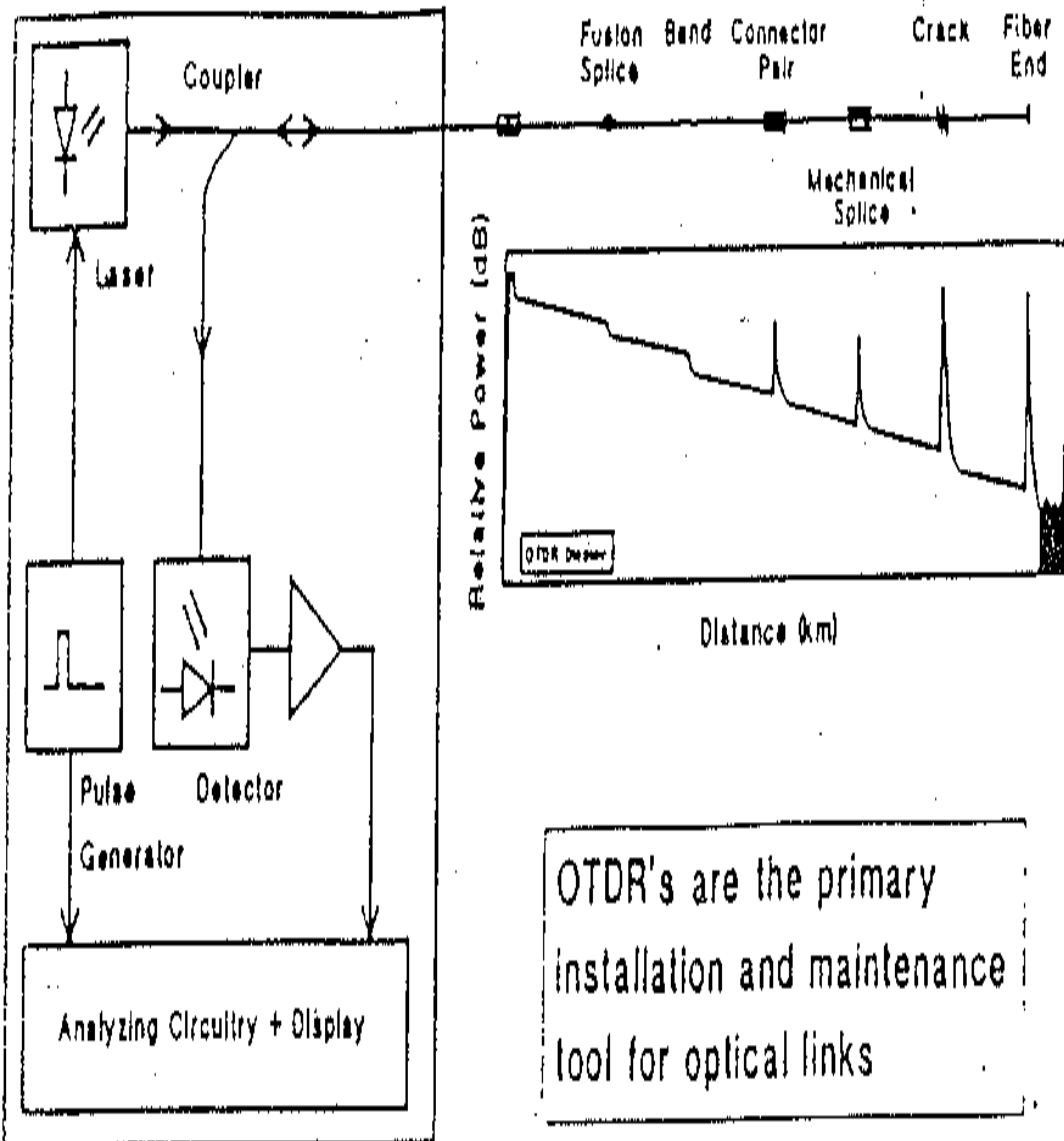
OTDR dipakai untuk memastikan loss sambungan, konektor dan loss karena tekukan atau tekanan terhadap kabel.

## Dalam pemeliharaan

- Pengecekan periodik untuk memastikan tidak ada degradasi serat
  - Melokalisir gangguan
-

# Prinsip Kerja OTDR

## OPTICAL TIME DOMAIN REFLECTOMETER



- ❑ OTDR memancarkan pulsa-pulsa cahaya dari sebuah sumber dioda laser kedalam sebuah Serat Optik.
- ❑ Sebagian sinyal-sinyal dibalikan ke OTDR, sinyal diarahkan melalui sebuah coupler ke Detektor Optik dimana sinyal tersebut diubah menjadi sinyal listrik dan ditampilkan pada layar CRT.
- ❑ OTDR mengukur sinyal balik terhadap waktu.
  - Waktu tempuh dikalikan dengan kecepatan cahaya dalam serat digunakan untuk menghitung jarak atau  $l = v \times t/2$
  - Tampilan OTDR menggambarkan daya relatif dari sinyal balik terhadap jarak.

# Beberapa parameter yang dapat diukur pada OTDR

---

## □ Jarak

Dalam hal ini titik lokasi dalam suatu link, ujung link atau patahan.

## □ Loss

Loss untuk masing-masing splice atau total loss dari ujung ke ujung dalam suatu link.

## □ Atenuasi

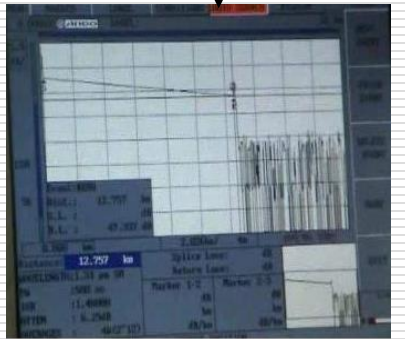
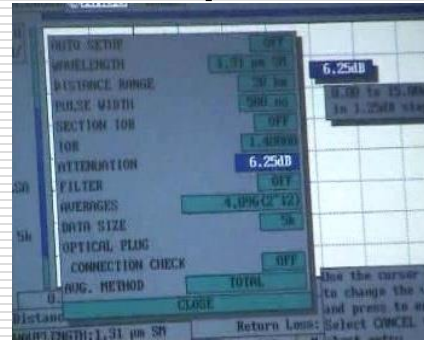
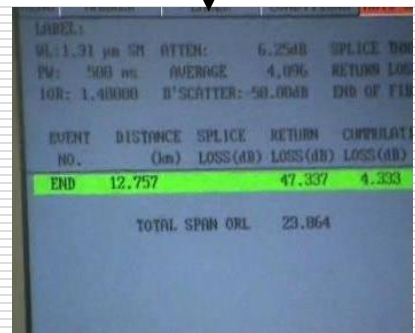
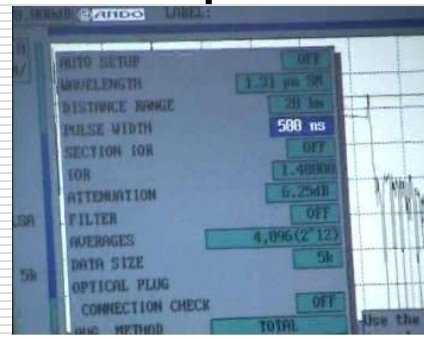
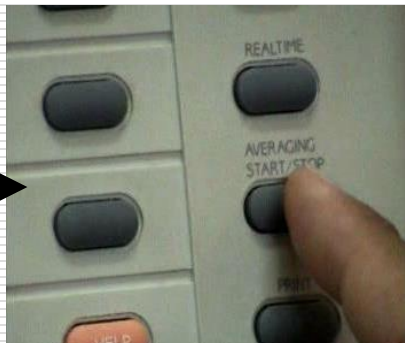
Atenuasi dari serat dalam suatu link.

## □ Refleksi

Besar refleksi (return loss) dari suatu event.

---

# Pengukuran dengan OTDR



# Hal-hal yang Harus Diperhatikan

---

□ **Agar OTDR dapat bekerja dengan baik, harus dihindari lokasi sebagai berikut :**

- Vibrasi yang kuat
- Kelambatan yang tinggi atau kotor (debu)
- Dihadapkan langsung ke matahari
- Daerah gas reaktif.

□ **Sebelum bekerja dengan OTDR**

- Perhatikan spesifikasi teknik yang dimiliki perangkat
- Lakukan pembersihan terhadap konektor (jumper cord)

# POWER METER

***Dipakai untuk mengukur total loss dalam sebuah link optik baik saat instalasi (uji akhir) atau pemeliharaan***

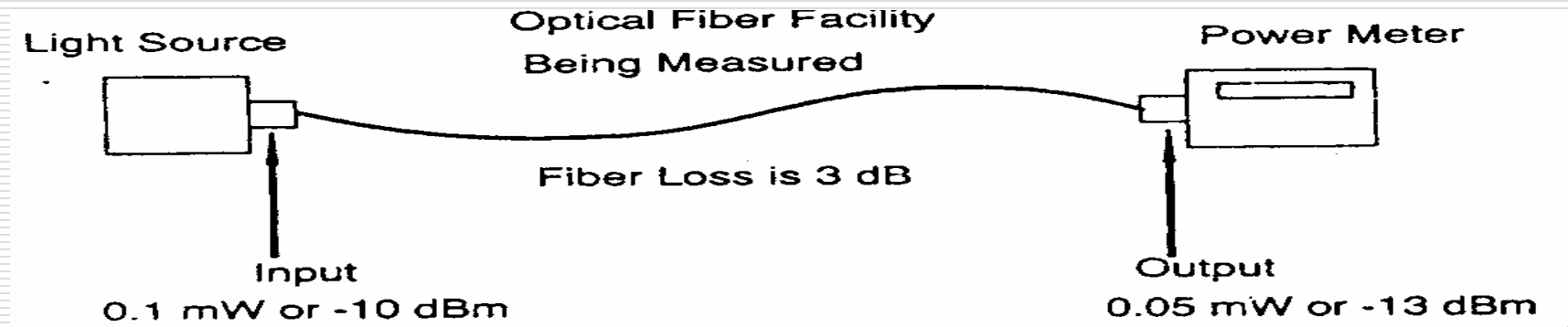
## **Redaman**

*Diukur dalam satuan Decibel (dB)*

• Loss atau redaman dinyatakan :

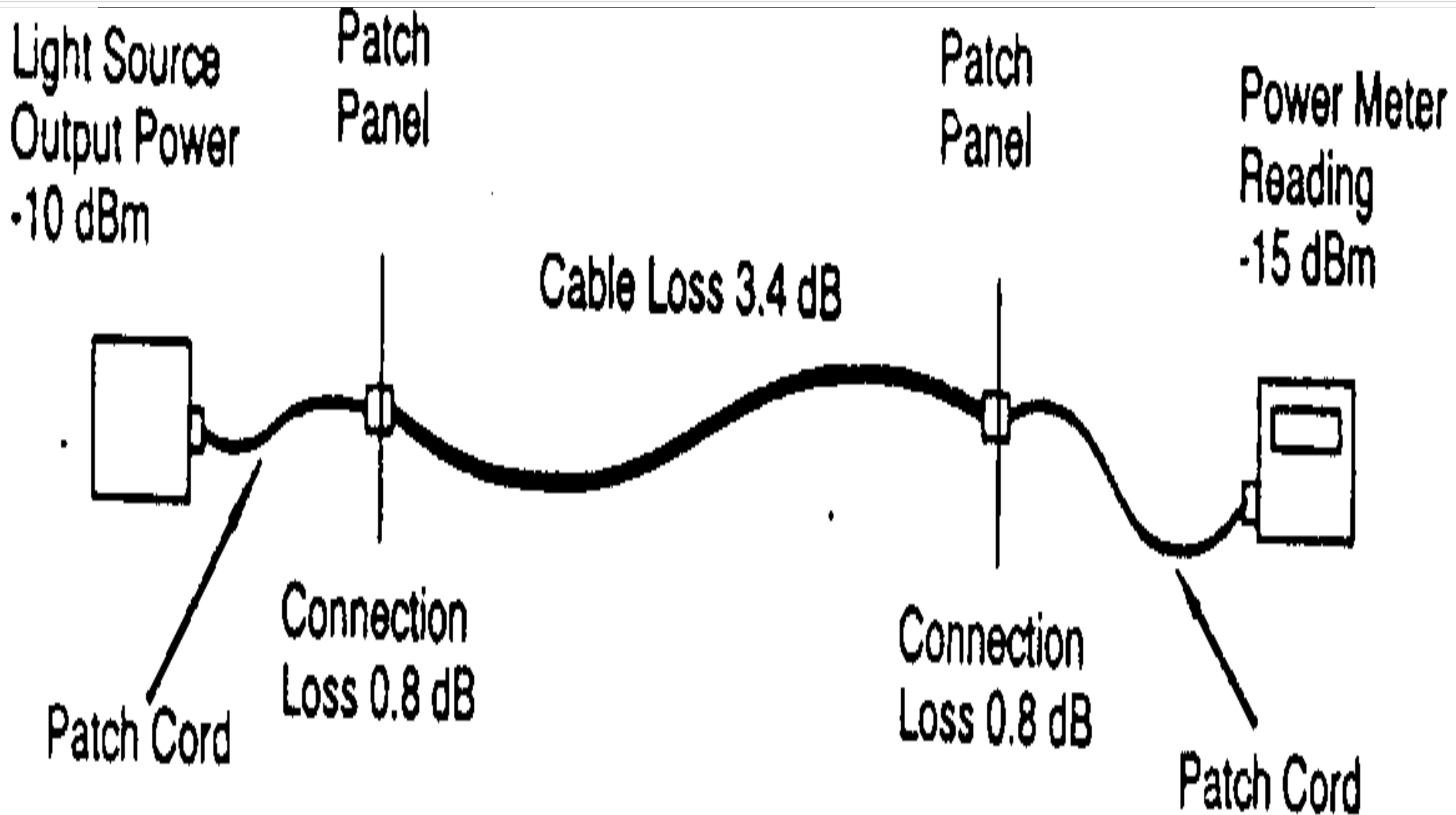
$$L \text{ (dB)} = P_{\text{in}} \text{ (dBm)} - P_{\text{out}} \text{ (dBm)}$$

$$L \text{ (dB)} = 10 \text{ Log} (P_{\text{in}} / P_{\text{out}})$$



**Optical power measurement**

# Pengukuran Serat Optik Menggunakan Power Meter



# Cara Kerja Power Meter

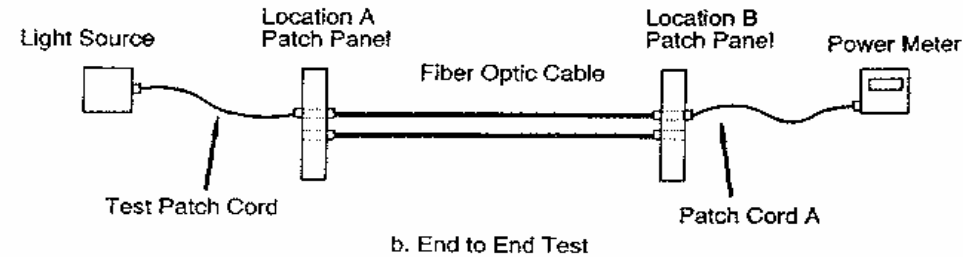
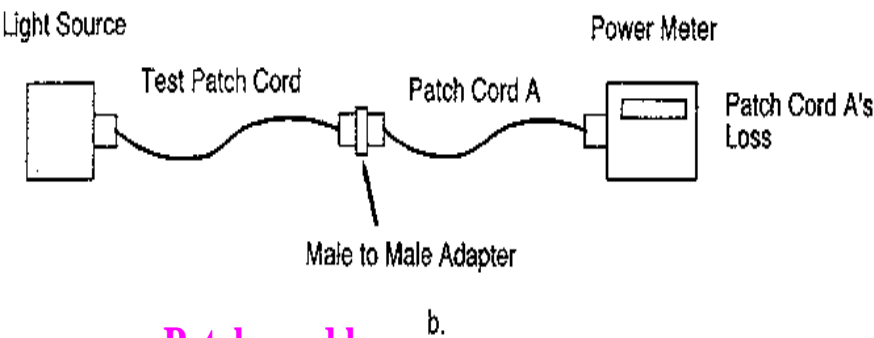
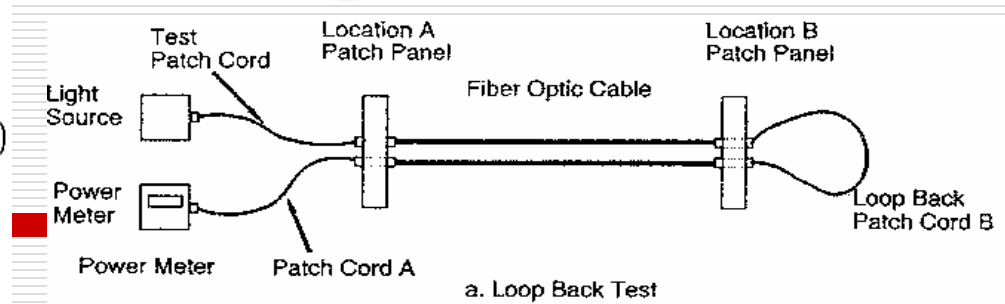
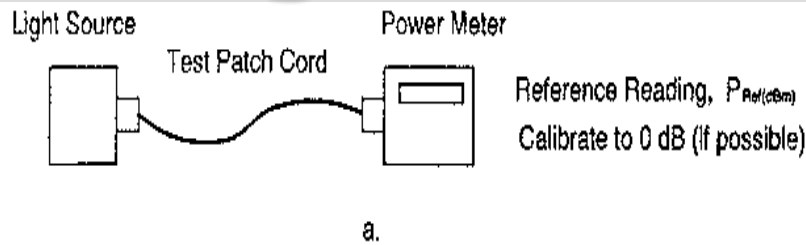
---

## 1. Peralatan

- Optical Power Meter**
    - $\lambda$  yang tepat
    - Konektor yang tepat
    - Jenis serat yang dapat diukur (SM/MM)
    - Kalibrasi
  - Optical Light Source**
    - Sumber cahaya stabil
    - $\lambda$  yang tepat
    - Jenis serat yang dapat diukur (SM/MM)
    - Sumber laser / LED
    - Daya keluaran cahaya yang cukup
  - Pembersih Konektor**
    - Kapas / tissue
    - Udara semprot
- ## 2. Rugi-Rugi Patch Cord
- Tiap patch cord yang akan dipakai harus di tes
  - Hasil ukur patch cord dibandingkan dengan spek pabrik
  - Bersihkan seluruh konektor sebelum pengetesan
-



# Pengukuran Link Optik

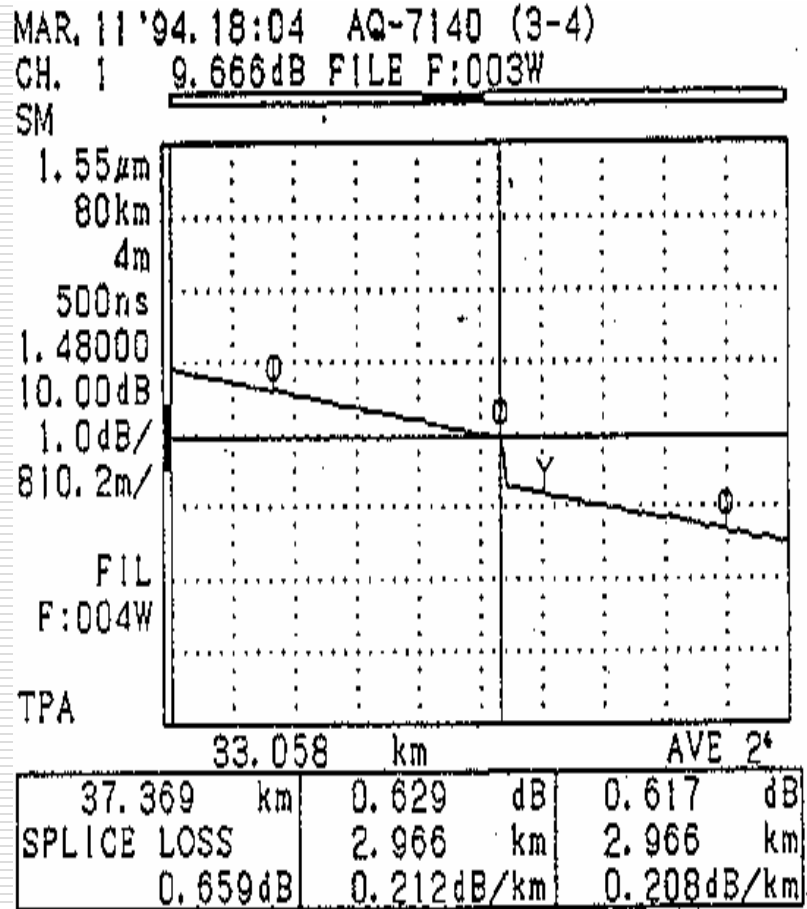


Patch cord loss

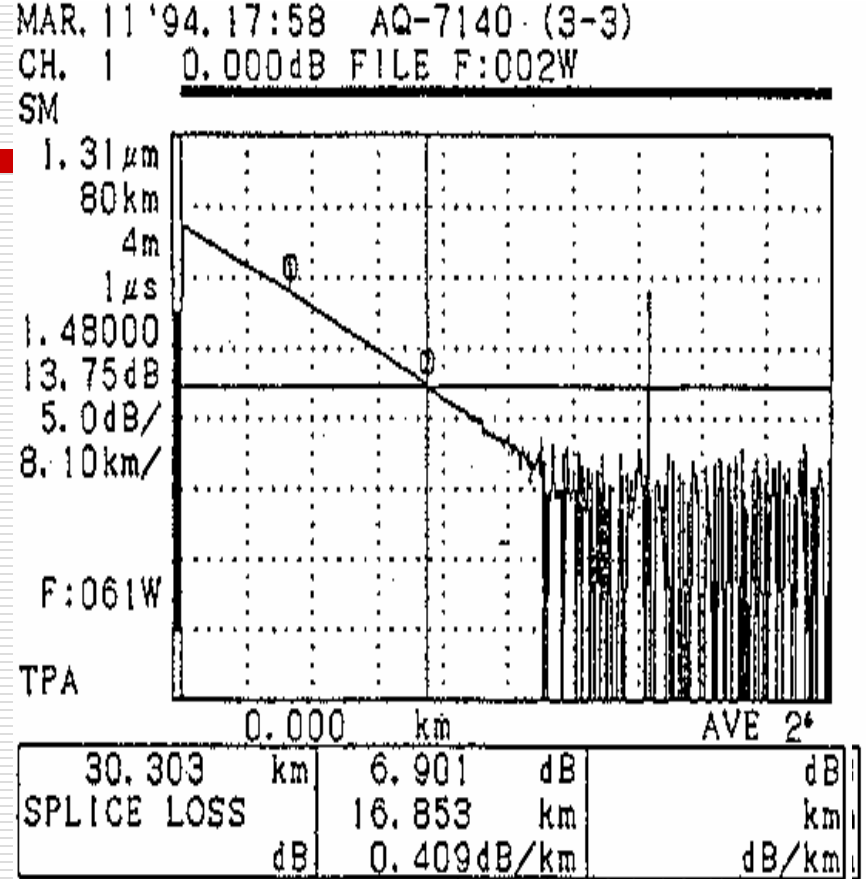
Power meter test configuration

- ❑ Informasi pengukuran dipakai untuk menentukan optical link budget dan optical margin
- ❑ Ada dua konfigurasi yang dapat dipakai :
  - 1. End to End
  - 2. Loop back

# Contoh Print Out Hasil Pengukuran



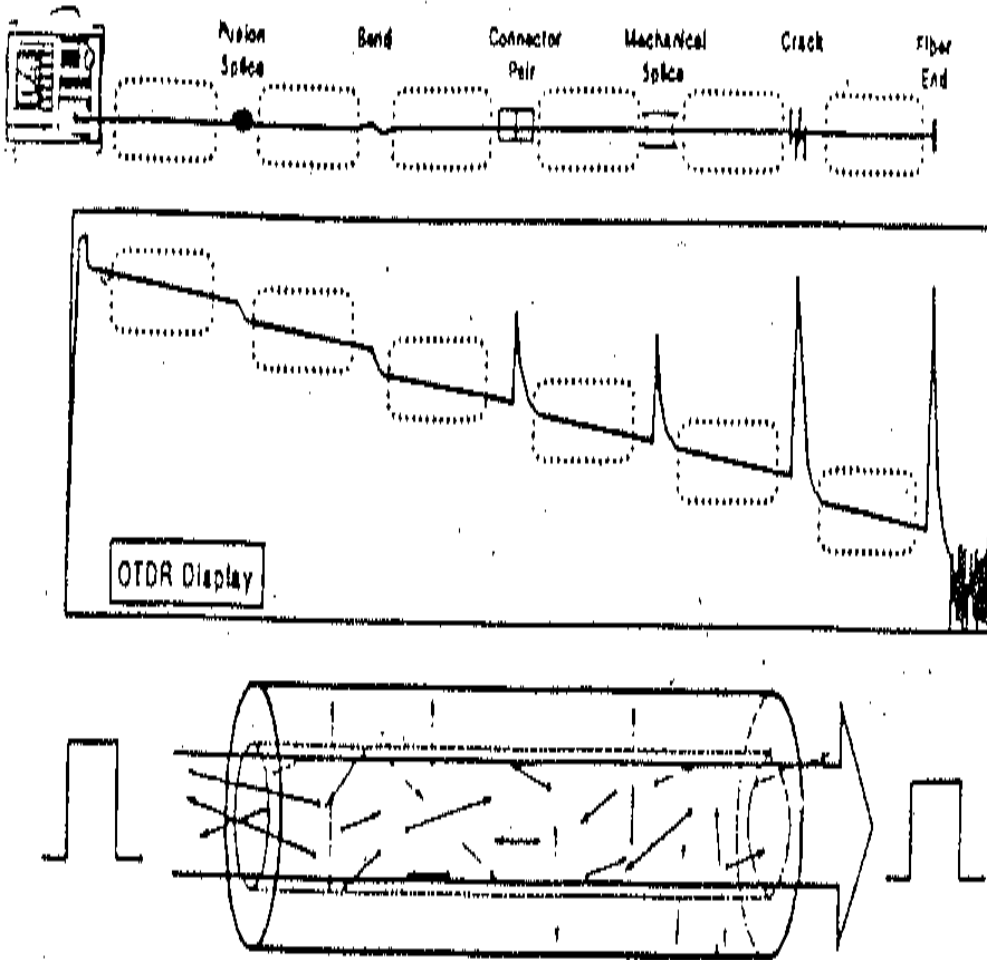
Pengukuran loss sambungan



Pengukuran loss sambungan antar dua titik

# Pengertian Backscatter

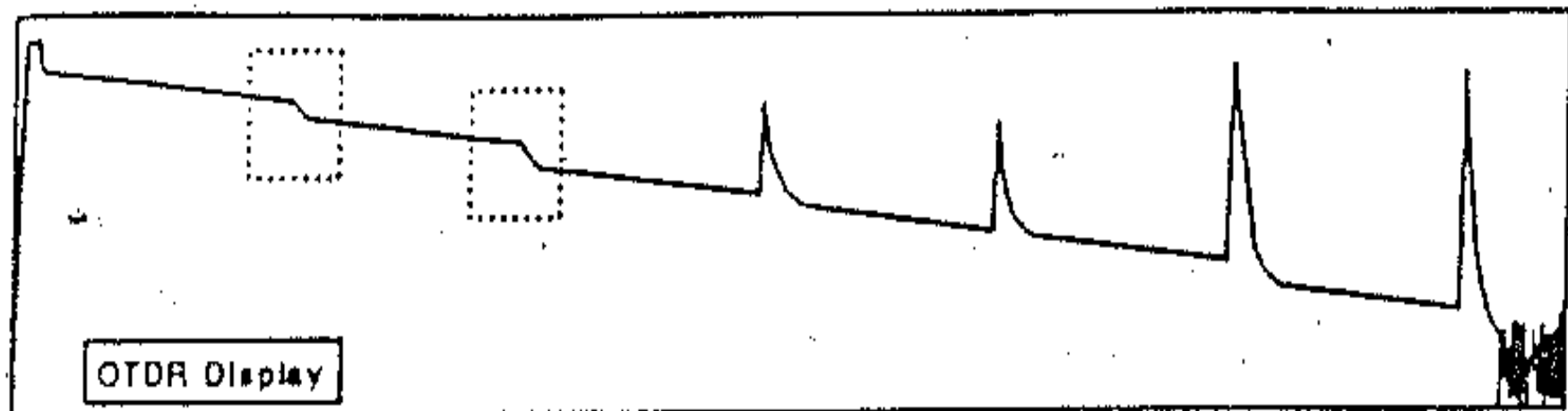
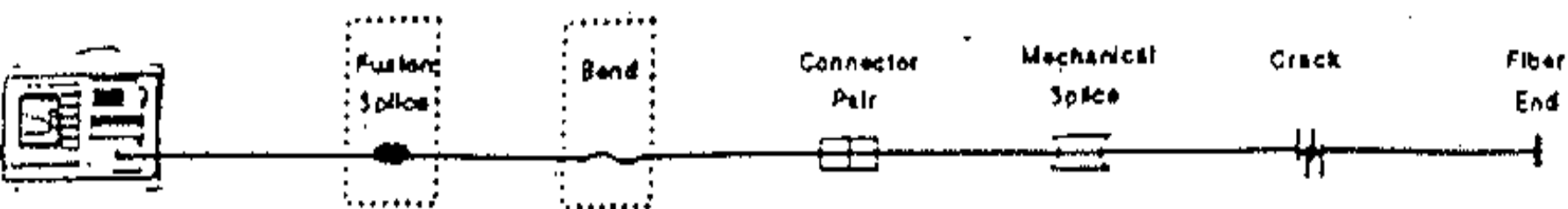
## BACKSCATTER



- **Backscatter adalah bagian kecil dari Rayleigh Scattering yang kembali ke OTDR.**
- **Hal ini disebabkan adanya perubahan kecil pada indeks bias gelas yang terjadi sepanjang link.**

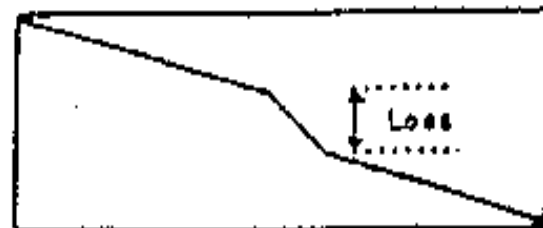
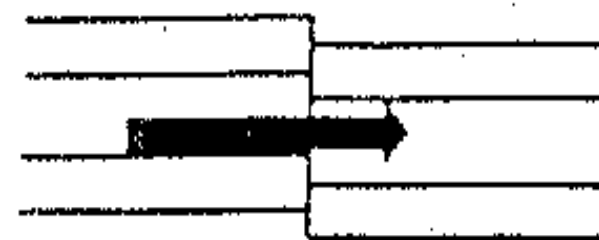
Backscatter is the small part of the Rayleigh scattering which returns to the OTDR

# NON-REFLECTIVE EVENTS



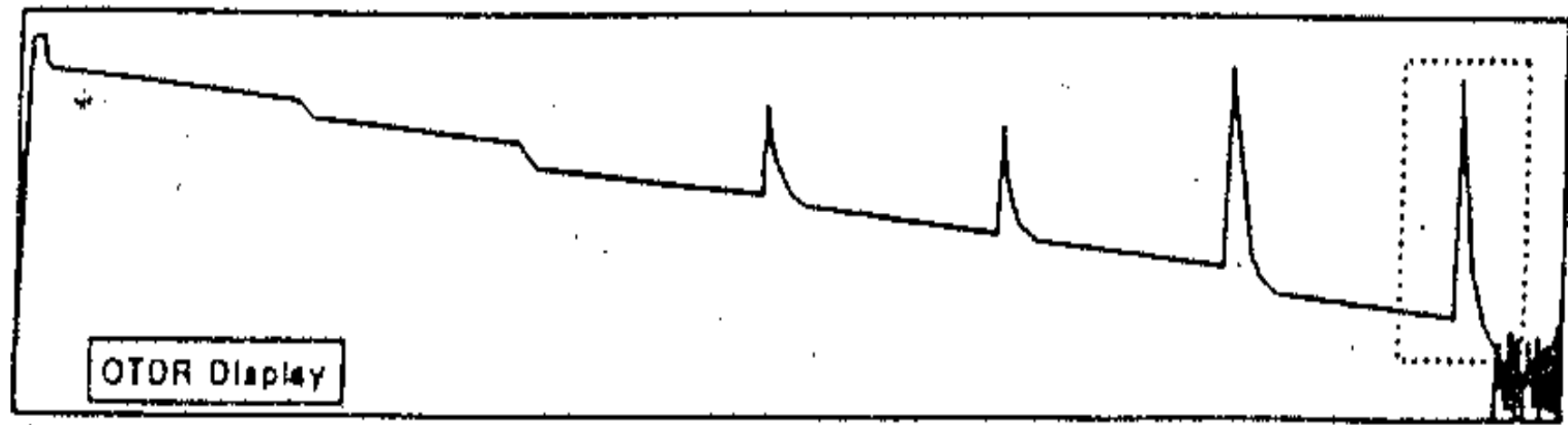
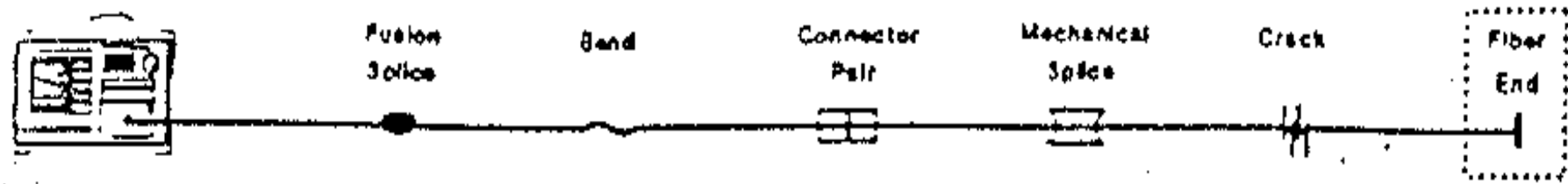
Fusion splices

Bends



Fusion splices and bends cause loss, but no reflection.  
Their signatures are similar on an OTDR display.

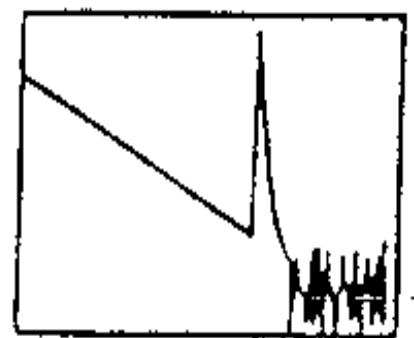
# FIBER END



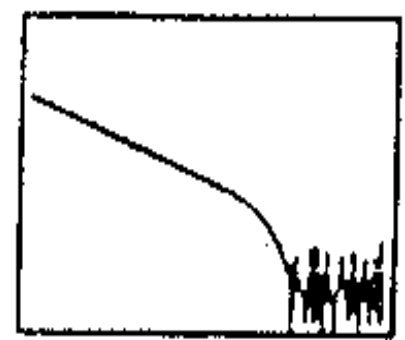
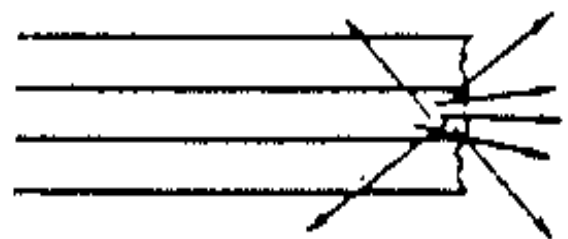
(Reflective)

(Non-Reflective)

Cleaved end  
or open connector



Broken fiber end

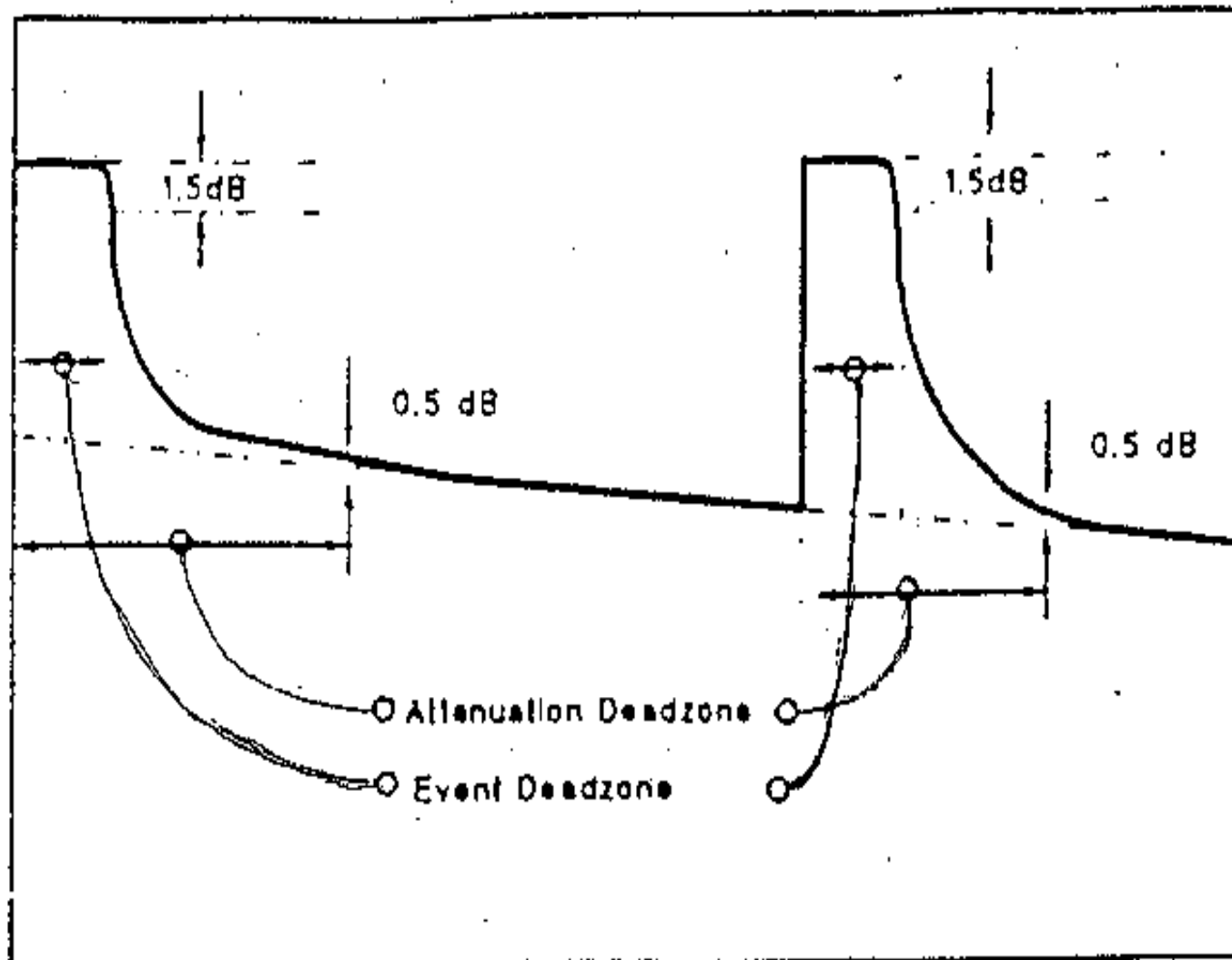


# Dead Zone

---

- ❑ Dead Zone menentukan sampai berapa dekat OTDR dapat mengukur.
  - ❑ Dead Zone adalah “blind spots” yang terjadi karena refleksi.
  - ❑ Attenuation Dead Zone :
    - Jarak dari awal refleksi ke titik di mana penerima dapat menerima pada 0,5 dB dari backscatter linier.
    - Ini merupakan titik di mana OTDR dapat mengukur lagi redaman dan loss.
  - ❑ Event dead zone adalah jarak dari awal refleksi ke titik di mana OTDR dapat menerima 1,5 di bawah puncak refleksi.
-

# DEADZONE AND 2-POINT RESOLUTION



A Deadzone always occurs at the front panel connector reflection and at any other reflective events on the link

# *Kabel coaxial / bawah laut*

---

- ❑ Contoh kabel coaxial Kabel antenna TV.
- ❑ Redamannya < kabel tembaga biasa.
- ❑ Kapasitasnya penyalurannya mencapai 4000 kanal @3 KHz VBW
- ❑ Pada kabel laut digunakan kawat penguat karena perenggangan yang cukup besar.
- ❑ Rangkaian pengulang ( repeater ) untuk hubungan yg jauh
- ❑ jarak repeater antara 10 km dan dibutuhkan catuan listrik DC
- ❑ Contoh : kabel transatlantik th 1976, kapasitas 4000 @ 3 KHZ bw, maks frek 28 MHz, 1 kabel dengan diameter 2.4 cm, repeater terbuat dari transistor berjarak 6 km. Panjang kabel = 6400 km.



# Modern Cable Handling Methods



Bringing the cable ashore  
*Source: Global Marine Systems*



Cable and repeaters inside a cable ship



ROV used for cable inspection, recovery and burial

# Typical Submarine Cable System



Network Management



Terminal Equipment



Armoured Cable



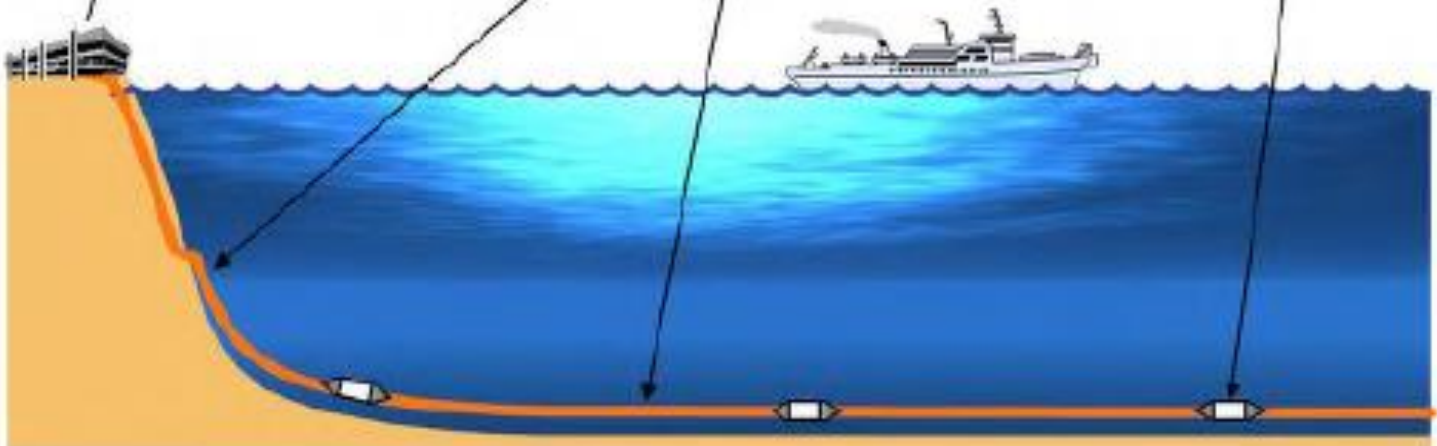
Lightweight Cable (Deep Water)



Repeater



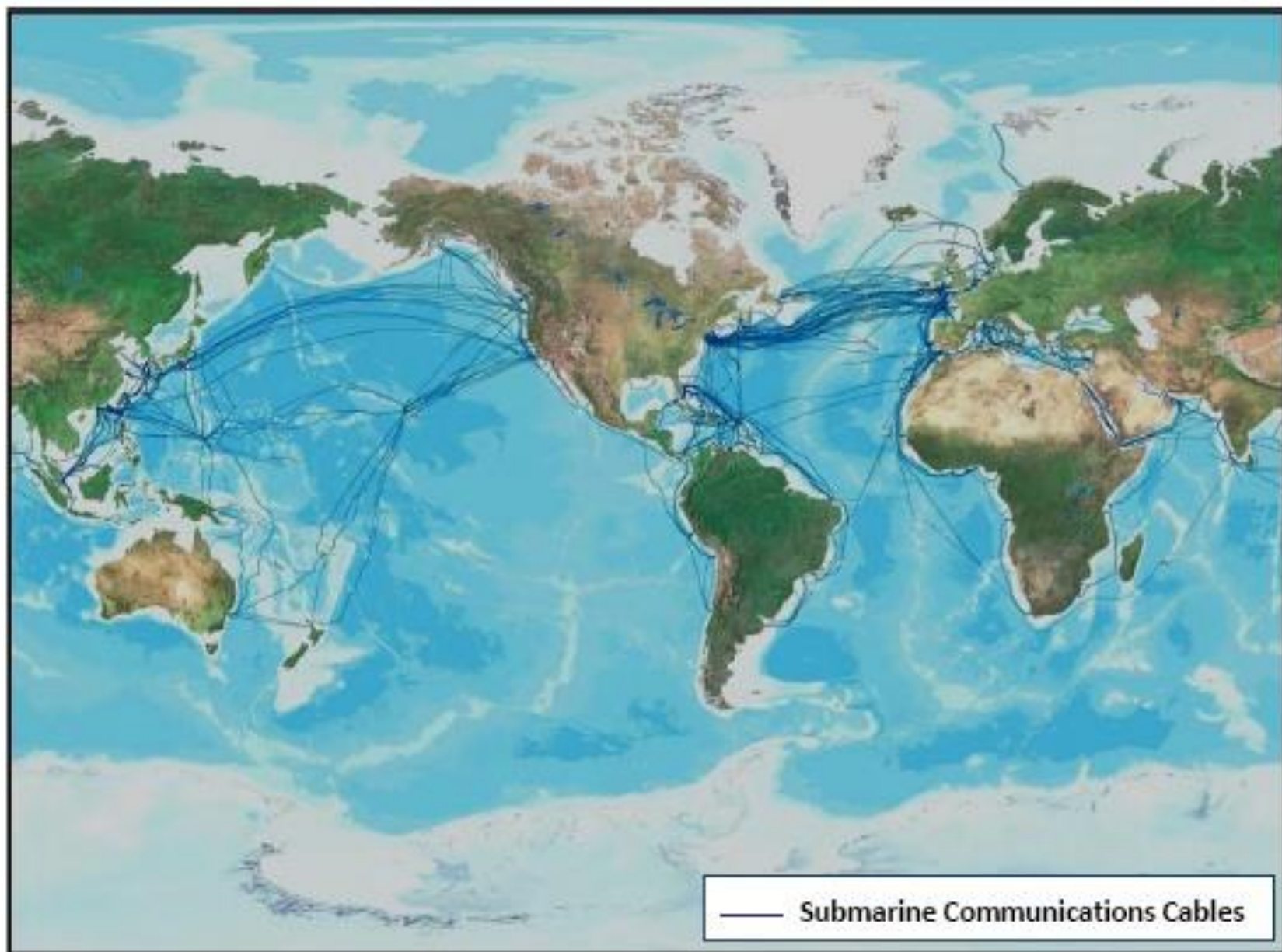
Cable Landing Station



NOT TO SCALE

Source: UK Cable Protection Committee and Alcatel-Lucent Submarine Networks

# Main International Cable Routes



# Coastal Cable Routes



- Near the shore, cables need protection from shipping, fishing and other activities
- To reduce risk, cables and protection zones are identified on nautical charts
- A cable protection zone is a legal entity where activities harmful to cables are banned
- Cable burial in water depths up to 2000 m is also a key protective measure

Chart with protection zone for Southern Cross cable terminal in New Zealand. *Source: Telecom NZ*