

## BAB II

### LANDASAN TEORI

Pada bab kedua ini, diberikan pembahasan tentang teori-teori yang berhubungan dengan GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) dan *Fiber Optic*. Hal-Hal yang dijelaskan yaitu :

#### 2.1. Pengenalan PON (*Passive Optical Network*)

PON adalah bentuk khusus dari FTTC (*Fiber To The Curb*) atau FTTH (*Fiber To The Home*) yang mengandung perangkat optik pasif dalam jaringan distribusi optik. Perangkat optik pasif yang dipakai adalah konektor, *passive splitter* dan kabel optik itu sendiri. Dengan *passive splitter* kabel optik dapat dipecah menjadi beberapa kabel optik lagi, dengan kualitas informasi yang sama tanpa adanya fungsi *addressing* dan *filtering*.

Dalam PON terdapat tiga komponen utama yaitu:

- *Optical Line Termination* (OLT)
- *Optical Distribution Network* (ODN)
- *Optical Network Unit* (ONU)

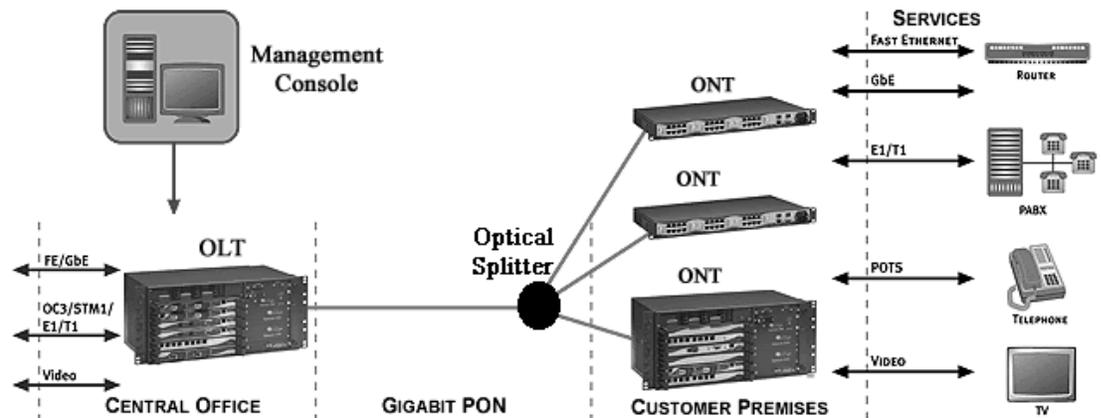
Keluaran dari OLT ditransmisikan melalui ODN yang menyediakan alat transmisi optik mulai dari OLT sampai pelanggan. ONU menyediakan *interface* pada sisi pelanggan dari *Distribution Point* (DS ) dan dihubungkan dengan ODN. Teknologi PON pada dasarnya adalah teknologi untuk hubungan

*point to multipoint*, dan topologi ini sesuai untuk melayani kelompok pelanggan yang letaknya terpisah, dengan hanya menambah perangkat ONU di lokasi pelanggan. Metode akses yang digunakan pada PON salah satunya adalah TDM/TDMA (*Time Division Multiplexing/Time Division Multiplexing Access*). Pada arah *downstream*, sinyal TDM dari OLT memuat semua informasi pelanggan dalam *slot* yang ditentukan dan disebarkan ke semua ONU yang terhubung oleh OLT.

Tiap ONU hanya mengakses pada *slot* yang telah ditentukan untuk transmisi. Karena semua informasi *downstream* disebarkan ke semua ONU, seperti pengamanan sinyal, dengan *encryption*. Pada arah sinyal optik *upstream* dari setiap ONU ditransmisikan secara bersamaan dengan metoda TDMA untuk menghindari *collision*, karena jarak antara OLT dan semua ONU berbeda-beda. Sedangkan panjang gelombang yang digunakan untuk *downstream* dan *upstream* pada daerah 1310 nm dan 1490 nm sesuai dengan rekomendasi ITU-T G 957. Metoda lain yang digunakan adalah SDM (*Space Division Multiplexing*) dan WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), tergantung dari sistem yang digunakan, apakah *simplex*, *half duplex*, atau *full duplex*. Untuk WDM transmisi dua arah dapat dilakukan tanpa memerlukan serat tambahan dan tidak meningkatkan *bitrate* pada saluran, dengan menggunakan sinyal pada panjang gelombang yang berbeda, seperti panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm. Sistem PON terdiri dari perangkat OLT yang dihubungkan dengan sentral lokal (*local exchange*), satu atau lebih perangkat ODN.

PON pertama kali dibuat oleh FSAN (*Full Service Access Network*) yang kemudian distandarisasi oleh ITU-T (A/BPON, GPON) dan IEEE (EPON).

Arsitektur sebuah jaringan PON adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Arsitektur PON

(diambil dari <http://www.infocellar.com/networks/new-tech/PON/PON-real.htm>)

Sinyal optik *downstream* dan *upstream* merupakan dua buah sinyal yang berbeda panjang gelombangnya dan dilewatkan pada jalur *fiber* yang sama. Sinyal tersebut digabungkan dan dipisahkan oleh sebuah alat pada ujung jaringan yaitu pada kantor pusat *service provider* atau pada alat yang ada di sisi pelanggan. Pemisahan dan penggabungan sinyal optik dilakukan menggunakan sebuah *Agregator* yang memiliki *filter wavelength division multiplexer* (WDM).

Sinyal *downstream* adalah berupa paket-paket yang dikirimkan dengan cara *broadcast* lewat sebuah *fiber*, kemudian *optical splitter* akan mengirimkan paket-paket tersebut ke semua *end-point*. Sehingga setiap ujung atau *termination* akan menerima paket data yang sama untuk kemudian disaring hanya data yang

ditujukan padanya saja yang akan diproses. Untuk menjaga keamanan data maka setiap paket atau *frame* dapat dienkripsi terlebih dahulu.

Karena kemampuannya untuk mengirim dengan *bandwidth* yang lebih tinggi dan jarak yang jauh, sekitar 20 sampai 30 km, bahkan dengan gelombang tertentu bisa menembus jarak 50 km, PON biasa digunakan untuk jaringan metro atau untuk *mobile backhaul* yaitu koneksi antar *core network* atau antara *base station* dengan *core network*.

Jaringan PON memiliki beberapa tipe dan yang populer adalah

- APON atau BPON
- EPON atau GEAPON
- GPON

### **2.1.1 APON/BPON**

APON atau ATM PON adalah standar yang dikeluarkan oleh ITU-T dan diratifikasi tahun 1998 dengan standard G.983.1, dan menggunakan ATM sebagai transport protokolnya pada layer 2. Setelah adanya penambahan standar G.983.3, APON kemudian diganti namanya menjadi BPON atau *Broadband PON*.

ITU-T BPON standard diantaranya:

- G.983.1 R: *Basic architecture, PMD and TC for ATM-based B-PON*
- G.983.2 R2: *Operations Management Communications Interface*

- G.983.3: *WDM enhancement, for video overlays on BPON*
  - G.983.3 A1: *Support for higher bit rates*
  - G.983.3 A2: *Optical best practices for BPON*
- G.983.4: *DBA enhancement, for efficient bandwidth distribution*
- G.983.5: *Survivability enhancement, for protection switching*

### 2.1.2 GPON

GPON atau Gigabit PON juga distandarisasi oleh ITU-T. GPON dapat mentransmisikan *ATM cell* ataupun *ethernet packet*. Dengan berbasis teknologi *Generic Framing Procedure* (GFP), standar ITU-T G.7041, membuat GPON memiliki *bandwidth* efisiensi yang lebih baik yaitu 93% (BPON memiliki efisiensi *bandwidth* sekitar 70%).

ITU-T GPON standard diantaranya:

- G.984.1: *Requirements*
- G.984.2: *Physical layer*
- G.984.3: *Transmission Convergence layer*
- G.984.3 A1: *Refinements to TC layer*
- G.984.4: *Management layer*
- G.984.4 A1: *Refinements to Management layer*

## 2.2. Teknologi GPON

Perkembangan komunikasi internet yang terjadi saat ini begitu pesat. Kecepatan transmisi, banyaknya data yang ditransmisikan dan kehandalan data yang dikirim menjadi tuntutan yang tidak bisa diabaikan. Keterbatasan media transmisi dengan menggunakan kabel tembaga merupakan permasalahan yang ada pada komunikasi internet saat ini.

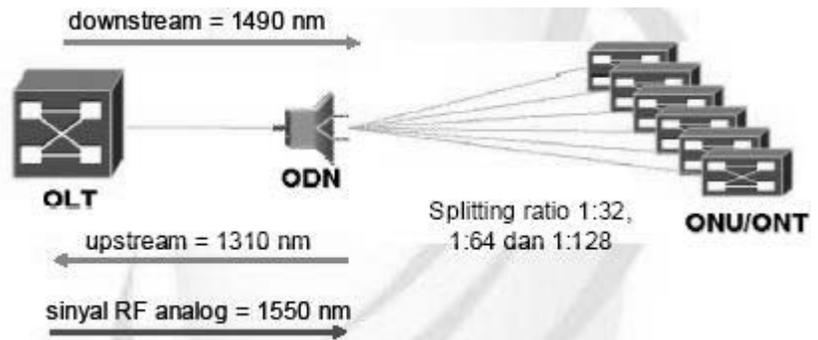
GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) adalah salah satu teknologi akses dengan menggunakan *fiber optic* sebagai media transport ke pelanggan. Teknologi GPON ini sudah dirilis oleh ITU-T (*International Telecommunication Union – Terminals for Telematic Services*) dan GPON juga bisa mengakomodasikan *legacy system* yang sudah diimplementasikan pada jaringan akses pelanggan. Teknologi ini mendukung kecepatan yang besar, peningkatan dalam pengamananan, *bandwidth* yang besar dan pilihan protocol pada Layer 2 OSI seperti ATM, GEM, dan Ethernet.

### 2.2.1 Perangkat Jaringan GPON

#### a. ODN (*Optical Distribution Network*)

Konfigurasi jaringan optik atau kadang disebut dengan istilah ODN adalah jaringan optik antara perangkat OLT atau *Optical Line Termination* sampai perangkat ONU atau *Optical Network Unit* untuk beberapa produk disebut sebagai ONT atau *Optical Network Terminal*. Komponen ODN terdiri atas kabel optik dan *passive splitter*. Level sinyal optik (*optical budget*) yang distandarkan adalah

28 dB sampai 29 dB, sehingga jarak maksimum yang bisa dilayani adalah 20 Km. Jarak sejauh itu hanya dapat diimplementasikan dengan aturan pemecahan jaringan optik atau *splitting ratio* sebanyak 1:32, 1:64 dan 1:128 dan jumlah level *splitting ratio* maksimum 2 level.



Gambar 2.2 *splitting*

(diambil dari <http://www.itelkom.ac.id/library/index.php>)

Transmisi gelombang optik pada jaringan PON menggunakan 3 panjang gelombang untuk membawa sinyal komunikasi dengan memanfaatkan perangkat WDM. Sinyal optik pertama dengan panjang gelombang 1490 nm digunakan untuk transmisi sinyal arah *downstream*, sinyal optik kedua dengan panjang gelombang 1310 nm sebagai sinyal transmisi *upstream* dan sinyal optik ketiga dengan panjang gelombang 1550 nm digunakan sebagai sinyal transmisi analog, khususnya *video*. Jenis kabel optik yang dipakai mengacu kepada standar kabel optik ITU-T G.652. dalam kaitannya dengan

kemampuan jarak operasi FTTx dan jumlah ONU yang bisa ditangani, jaringan *outside plant* optik untuk FTTx (*Fiber To The x*) dikelompokkan dalam beberapa kelas, yaitu class A, B dan C. Berdasarkan hasil evaluasi teknis RFI atau *Radio Frequency Interference*, para *vendor* umumnya menggunakan class B atau B+ untuk sistem FTTx-nya. Class B+ yang dimaksud adalah ODN dengan kemampuan jarak operasi 20 Km dengan kemampuan menangani ONT sampai 32 ONT.

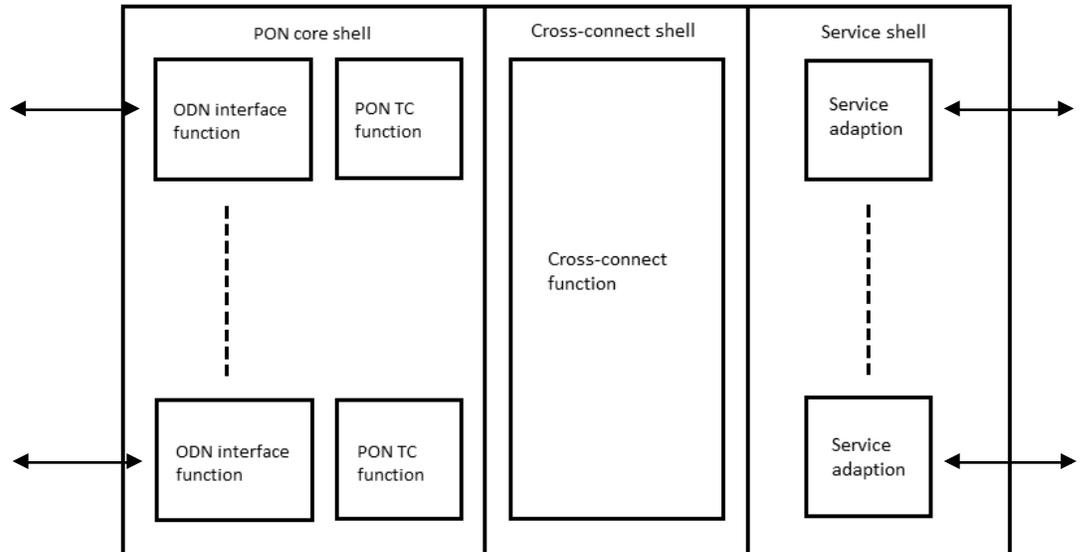
Tabel 2.1 Kelas-kelas laser

Class of Lasser	Kapasitas ONU			Optical Budget
	7 km	10 km	20 km	
A	16	13	6	5 – 20 dB
B	40	32	15	10 – 25 dB
B+	40	32	15	13 – 28 dB
C	101	81	39	15 – 30 dB

**b. OLT (*Optical Line Termination*)**

OLT adalah *peripheral* yang berada pada kantor pusat operator jaringan telekomunikasi, levelnya berada di bawah *Server*. OLT menyediakan *interface* dengan sisi jaringan yaitu TU atau *Tributary Unit* dan dihubungkan dengan satu atau lebih ODN. TU menyediakan pula *port* 2 Mbps yang menggunakan *interface* V5.1 yang sesuai dengan rekomendasi ITU-T G.703. setiap perangkat OLT

dapat menerima TU dari beberapa jenis layanan. Blok diagram OLT dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Blok diagram OLT

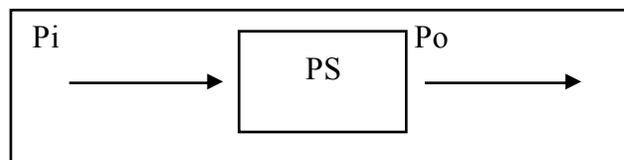
(diambil dari <http://www.itteikom.ac.id/library/index.php>)

Blok fungsional OLT terdiri dari 3 blok, yaitu:

1. *PON core shell*. Blok ini terdiri dari 2 bagian yaitu *ODN interface function* dan *PON TC function*.
2. *Cross-connect Shell*. Menyediakan koneksi antara *PON core shell* dan *service shell*. Fungsi dari *cross connect* memilih mode GEM, ATM, atau Dual.
3. *Service Shell*. *Shell* ini sebagai *translator* antara *service interface* dan *TC frame interface* pada PON.

**c. PS (*Passive Splitter*)**

*Splitter* pada PON dikatakan pasif sebab optimasi tidak dilakukan terhadap daya yang digunakan terhadap pelanggan yang jaraknya berbeda dari *node splitter*, sehingga sifatnya *idle* dan cara kerjanya membagi daya optik sama rata. Jenis-jenis *splitter* antara lain adalah, 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, 1:128. Pada gambar 2.4 ditunjukkan diagram blok *passive splitter*.



Gambar 2.4 blok diagram *passive splitter* (diambil dari diambil dari

<http://www.itelkom.ac.id/library/index.php>)

Keterangan :

Pi = daya masukan

Po = daya keluaran

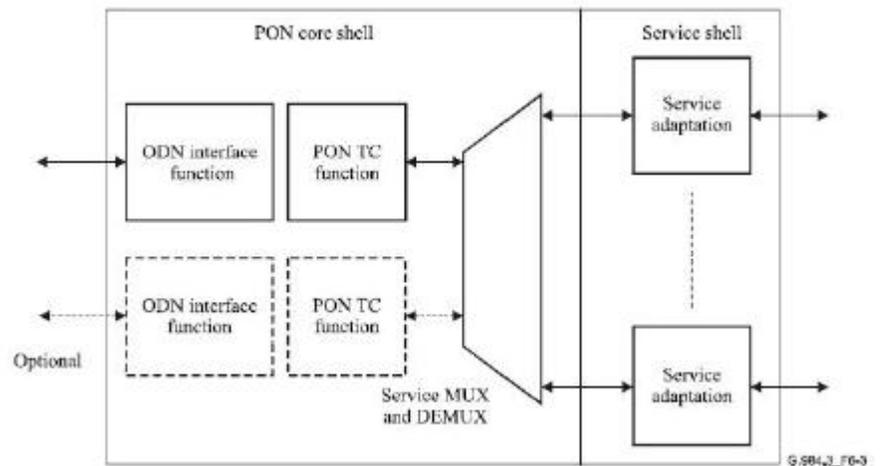
Penguatan =  $A = 10 \log (P_o/P_i)$  dB (2.1)

Redaman =  $a = 10 \log (P_i/P_o)$  dB

**d. ONU (*Optical Network Unit*)**

ONU yaitu *peripheral* yang berfungsi mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik untuk kemudian sinyal tersebut di-*demultiplex* agar dapat didistribusikan menggunakan kabel tembaga ke tempat

pelanggan. ONU menyediakan *interface* antara jaringan optik dengan pelanggan. Sinyal optik yang ditransmisikan melalui ODN diubah oleh ONU menjadi sinyal elektrik yang diperlukan untuk layanan pelanggan. Pada arsitektur FTTH, ONU diletakkan di sisi pelanggan yang dihubungkan dengan pelanggan dengan menggunakan *twisted copper pair* melalui suatu *Adaptation Unit (AU)* yang menyediakan fungsi penyesuaian antara ONU dengan sisi pelanggan. Pada Gambar 2.5 ditunjukkan diagram blok fungsional ONU.



Gambar 2.5 diagram blok fungsional ONU

(diambil dari diambil dari

<http://www.itelkom.ac.id/library/index.php>)

### 2.2.2 FTTx (*Fiber To The x*)

FTTx merupakan teknologi akses jaringan tetap yang sekarang sedang *hot*. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya pangsa pasar, bersaingnya vendor-vendor telekomunikasi besar untuk

menjual produk-produk dan layanan *deployment* FTTx serta banyak dibicarakan FTTx pada media.

Dengan berkembangnya internet dengan layanan berbasis IP dan konektivitas *broadband* maka kebutuhan akan *bandwidth* yang besar dengan kecepatan tinggi meningkat. Hal ini juga didorong oleh operator yang berusaha memberikan layanan baru untuk meningkatkan mutu dan kualitasnya. Operator maupun vendor telekomunikasi saat ini sedang giat-giatnya menjual produk maupun layanan seperti IPTV atau *Internet Protocol television* dan *Cable TV/CATV* atau *Community Antenna Television, Video on Demand* yang membutuhkan *bandwidth* yang besar.

Saat ini jaringan ke rumah-rumah didominasi oleh jaringan kabel tetap atau *fixed wireline* dengan digunakannya tembaga yang memiliki kekurangan karena dianggap tidak dapat memberikan *bandwidth* yang tinggi dibandingkan dengan kabel fiber optik. Karena hal itu orang mulai beralih ke teknologi kabel optik untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebih tinggi menggunakan teknologi FTTx (*Fiber To The x*) yaitu istilah generik yang digunakan untuk beberapa arsitektur jaringan fiber optik untuk telekomunikasi yang menggantikan jaringan kabel tembaga.

Beberapa arsitektur jaringan fiber optik tersebut adalah:

**a. FTTH (*Fiber To The Home*)**

FTTH adalah arsitektur jaringan kabel fiber optik dibuat hingga sampai kerumah-rumah atau ruangan dimana terminal berada.

**b. FTTB (*Fiber To The Building*)**

Jaringan kabel optik sampai pada gedung komersial atau tempat tinggal dan kemudian didistribusikan ke masing-masing ruangan dengan jaringan kabel tembaga berupa kabel telepon atau kabel CAT 5e/6.

**c. FTTP (*Fiber To The Premises*)**

FTTP merupakan nama generik yang digunakan untuk istilah FTTB dan FTTH karena secara arsitektur FTTB dan FTTH sama.

**d. FTTC (*Fiber To The Curb*)**

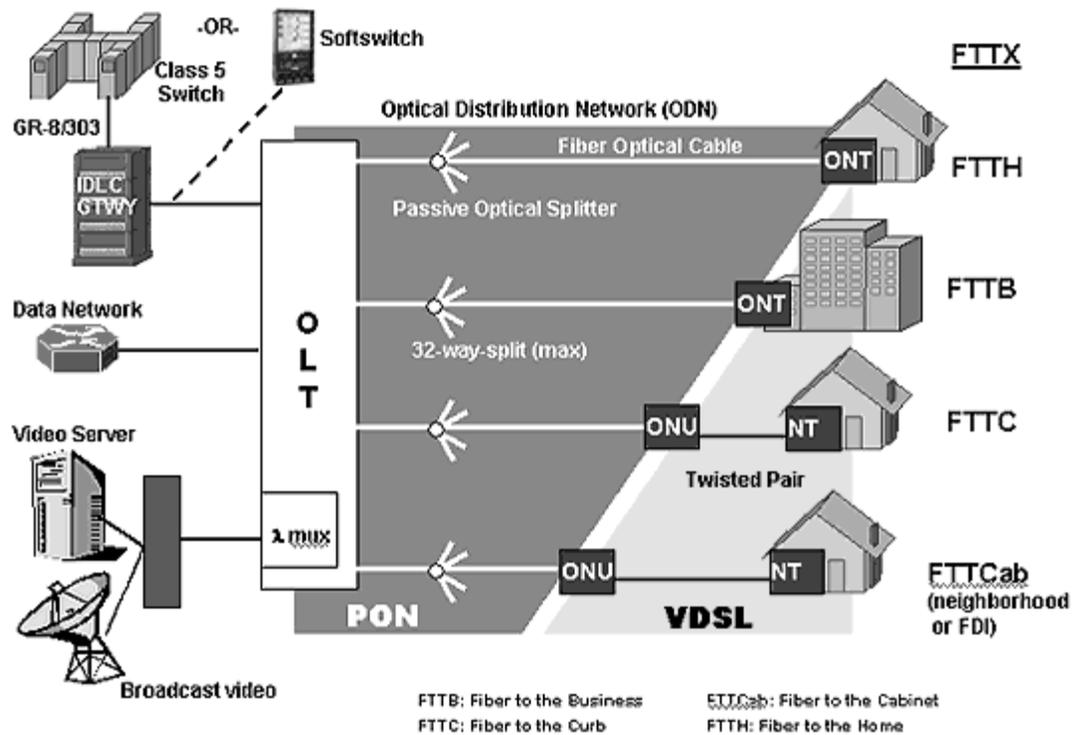
Jaringan fiber dibuat sampai pada suatu titik pendistribusian yang berada sekitar 33 meter dari tempat pengguna berada. Dari *Curb* ke rumah-rumah digunakan koneksi kabel tembaga. *Curb* biasanya melayani 8 sampai 24 pelanggan.

**e. FTTN (*Fiber To The Node/Neighborhood*)**

Jaringan *fiber* dibuat sampai pada suatu *node* yang berupa kabinet berlokasi di pinggir jalan

sehingga disebut juga FTTCab. Jarak antara titik pendistribusian dengan pelanggan pada FTTN lebih jauh daripada FTTC. Jumlah pelanggan yang bisa dilayani juga lebih banyak biasanya sampai ratusan pelanggan. FTTN juga menggunakan kabel tembaga untuk koneksi dari kabinet ke rumah-rumah.

Jadi dapat disimpulkan bahwa inti perbedaan antara teknologi FTTx diatas adalah bagaimana kabel *fiber optic* disambungkan sedekat mungkin dengan terminal yang dimiliki pelanggan seperti diilustrasikan pada gambar berikut:



Gambar 2.6 instalasi fiber optic (diambil dari telcordia.com)

### 2.3. Fiber Optik

Komunikasi data telah berkembang dengan pesat dewasa ini. Hal ini sesuai dengan kemajuan teknologi dalam bidang telekomunikasi dunia yang sedang maju dengan pesat serta pengaruh era globalisasi dan arus informasi yang sangat diperlukan oleh masyarakat modern, kemajuan perekonomian serta majunya teknologi telekomunikasi merupakan titik tolak dan potensi besar untuk dapat meningkatkan dan mewujudkan berbagai jenis pelayanan komunikasi yang lebih canggih untuk komunikasi suara, gambar dan data.

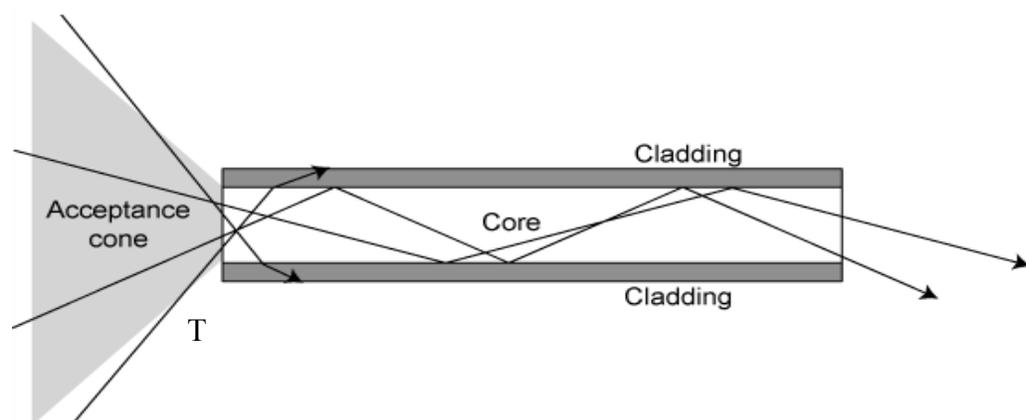
Akhir-akhir ini permintaan masyarakat *modern* akan kebutuhan komunikasi data sangat pesat. Untuk mengirimkan data dalam jumlah besar dan memerlukan keakuratan dan juga yang mampu menjaga kerahasiaan data tersebut. Keunggulan *fiber optic* sebagai media transmisi terutama mampu meningkatkan pelayanan sistem komunikasi data, seperti peningkatan jumlah kanal yang tersedia, kemampuan mengirimkan data dengan kecepatan Gbps, terjaminnya kerahasiaan data yang dikirimkan, sehingga pembicaraan tidak dapat disadap, tidak terganggu oleh gelombang elektromagnetik, petir atau cuaca.

Dalam sistem komunikasi data *fiber optic* digunakan modem “16 Channel Data Multiplexer ZAT-16” yang merupakan *modem* khusus yang dianggap sesuai. Interface RS-232-C V.24/V.28 yang berfungsi untuk menghubungkan komputer dengan berbagai piranti lainnya. Sistem ini mampu juga menggunakan kedua jenis protokol yaitu *asynchronous protocol* dan *synchronous protocol* untuk menghasilkan transmisi kecepatan tinggi.

Jenis *fiber optik* yang digunakan adalah *fiber optic multi-mode graded indeks*. Cahaya yang digunakan pada gelombang optik adalah LED (*Light Emitting Diode*). Pemilihannya disesuaikan dengan kepentingan sistem yang dirancang agar dapat menghasilkan sistem yang lebih efektif dan optimal. Ditinjau dari nilai ekonomi dan teknologinya. Sistem ini mampu memberikan transmisi data dengan jauh lintasan sejauh 16 km Jika menggunakan modem ZAT-16, sedangkan dengan modem lainnya hanya mampu menjangkau 15 meter saja.

Kecepatan transmisi yang mampu dicapai adalah bervariasi dari 300 baud, 600 baud, 1200 baud, 2400 baud, 4800 baud, 9600 baud dan 19200 baud yang telah direkomendasikan oleh CCITT. Sedangkan kualitas transmisi dapat mencapai *Bit Error Rate* 10.

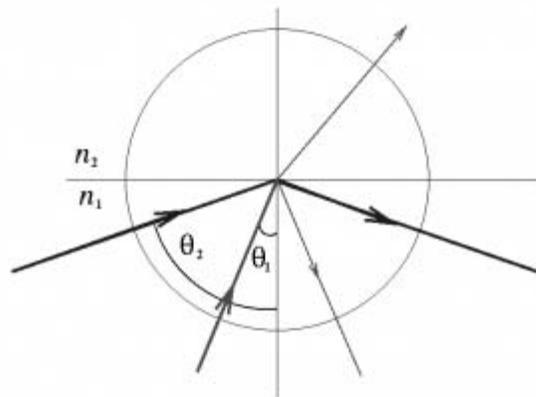
### 2.3.1 Perambatan cahaya pada fiber optik



Gambar 2.7 perambatan sinar fiber optik (diambil dari

<http://jofania.wordpress.com/2010/02/14/dasar-serat-optik-2/>)

Teknologi *fiber optic* maju pesat dan sedang berkembang pemanfaatannya untuk sistem teknologi telekomunikasi maju dan handal. Penemuan *fiber optic* sebagai media transmisi pada suatu sistem komunikasi didasarkan pada hukum *Snellius* untuk perambatan cahaya pada media transparan seperti pada kaca yang terbuat dari *quartz* kualitas tinggi dan dibentuk dari dua lapisan utama yaitu lapisan inti yang biasanya disebut *core* terletak pada lapisan yang paling dalam dengan indeks bias  $n_1$  dan dilapisi oleh *cladding* dengan indeks bias  $n_2$  yang lebih kecil dari  $n_1$ .



Gambar 2.8 Hukum Snellius (diambil dari

<http://jofania.wordpress.com/2010/02/14/dasar-serat-optik-2/>)

Menurut hukum *Snellius* jika seberkas sinar masuk pada suatu ujung *fiber optic* atau media yang transparan, dengan sudut kritis dan sinar itu datang dari medium yang mempunyai indeks bias lebih kecil dari udara menuju *fiber optic core* yang berupa kuarsa murni yang

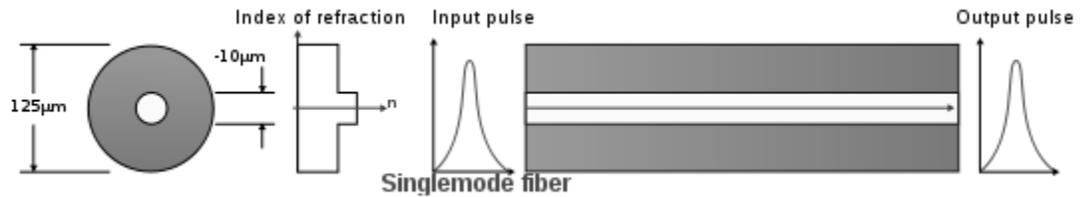
mempunyai indeks bias yang lebih besar maka seluruh sinar akan merambat sepanjang inti *fiber optic core* menuju ujung lainnya.

Dewasa ini ada 3 jenis serat optik yang populer pemanfaatannya pada sistem komunikasi serat optik yaitu :

**a. Serat optik *Single-mode Index***

Pada *single-mode fiber*, terlihat pada gambar bahwa index bias akan berubah dengan segera pada batas antara *core* dan *cladding (step index)*. Bahannya terbuat dari *silica glass* baik untuk *cladding* maupun *corenya*. Diameter *core* jauh lebih kecil, sekitar 10  $\mu\text{m}$ , dibandingkan dengan diameter *cladding*, konstruksi demikian dibuat untuk mengurangi atenuasi akibat adanya *fading*. *Single-mode fiber* sangat baik digunakan untuk menyalurkan informasi jarak jauh karena di samping atenuasi yang kecil juga mempunyai jangkauan frekuensi yang lebar. Misalnya untuk ukuran 10/125 mm, pada panjang gelombang cahaya 1300 nm, redaman maksimumnya 0,4 – 0,5 dB/km dan lebar pita frekuensi minimum untuk 1 Km sebesar 10 GHz.

*Single mode fiber* juga dapat dibuat dengan index bias yang berubah secara perlahan-lahan atau *graded index*.



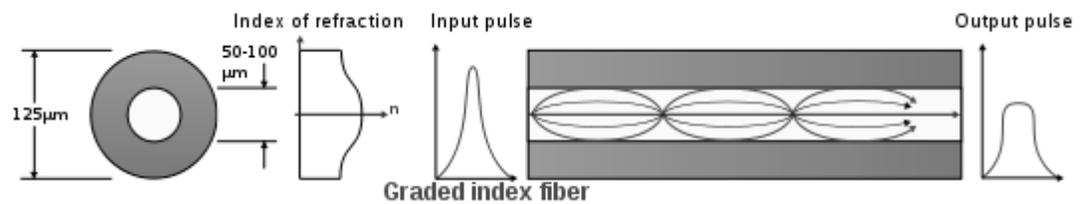
Gambar 2.9 single mode fiber optic (diambil dari [http://jofania.wordpress.com/2010/02/14/dasar-serat-optik-](http://jofania.wordpress.com/2010/02/14/dasar-serat-optik-2/)

2/)

### b. Serat optik *Multi-mode Graded Index*

*Multi-mode graded index* dibuat dengan menggunakan bahan multi *component glass* atau dapat juga dengan *silica glass* baik untuk *core* maupun *claddingnya*. Pada serat optik tipe ini, indeks bias berubah secara perlahan-lahan (*graded index multimode*). Indeks bias inti berubah mengecil perlahan mulai dari pusat *core* sampai batas antara *core* dengan *cladding*. Makin mengecilnya indeks bias ini menyebabkan kecepatan rambat cahaya akan semakin tinggi dan akan berakibat dispersi waktu antara berbagai mode cahaya yang merambat akan berkurang dan pada akhirnya semua mode cahaya akan tiba pada waktu yang bersamaan di penerima. Diameter *core* jenis serat optik ini lebih kecil dibandingkan dengan diameter *core* jenis serat optik *Multi-mode Step Index*, yaitu 30 – 60  $\mu\text{m}$  untuk *core* dan 100 – 150  $\mu\text{m}$  untuk *cladding-nya*.

Biaya pembuatan jenis serat optik ini sangat tinggi bila dibandingkan dengan jenis *Single-mode*. Atenuasi minimum adalah sebesar 0,70 dB/Km pada panjang gelombang 1180 nm dan lebar pita frekuensi sebesar 150 MHz sampai dengan 2 GHz. Oleh karenanya jenis serat optik ini sangat ideal untuk menyalurkan informasi pada jarak menengah dengan menggunakan sumber cahaya LED maupun Laser, di samping juga penyambungannya yang relatif mudah.



Gambar 2.10 graded index fiber (diambil dari

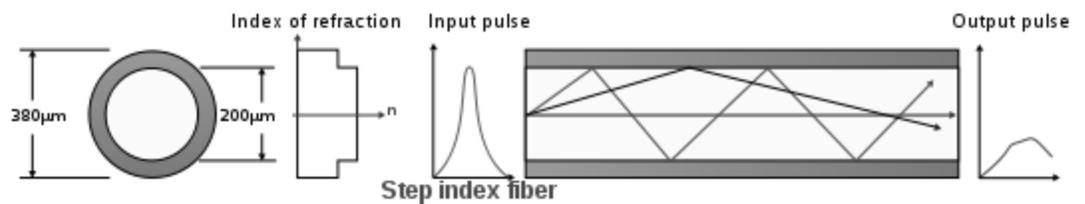
<http://jofania.wordpress.com/2010/02/14/dasar-serat-optik->

2/)

### c. Serat optik *Multi-mode Step Index*

Serat optik ini pada dasarnya mempunyai diameter core yang besar 50 – 400 μm dibandingkan dengan diameter *cladding* 125 – 500 μm. Sama halnya dengan *single-mode fiber*, pada serat optik ini terjadi perubahan *index bias* dengan segera atau lazim disebut *step index*, pada batas antara *core* dan *cladding*. Diameter *core* yang besar (50 – 400 μm) digunakan untuk menaikkan efisiensi *coupling* pada sumber

cahaya yang tidak koheren seperti LED. Karakteristik penampilan serat optik ini sangat bergantung pada macam material/bahan yang digunakan. Berdasarkan hasil penelitian, penambahan prosentase bahan *silica* pada serat optik ini akan meningkatkan *performance*. Tetapi jenis serat optik ini tidak populer karena meskipun kadar *silicanya* ditingkatkan, atenuasi sewaktu transmit tetap besar, sehingga hanya baik digunakan untuk menyalurkan data dengan kecepatan rendah dan jarak dekat.



Gambar 2.11 step index fiber (diambil dari

<http://jofania.wordpress.com/2010/02/14/dasar-serat-optik-2/>)

Saat ini ada empat macam tipe yang sering digunakan berdasarkan ITU-T atau *International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization sector*, yang dahulu dikenal dengan CCITT yaitu :

1. G.652 – *Standar single-mode biber./*
2. G.653 – *Dispersion-shifted single mode fiber.*

3. G.654 – *Characteristics of cut-off shifted mode fiber cable.*
4. G.655 – *Dispersion-shifted non zero Dispersion fiber.*

Tipe serat G.652 adalah tipe serat yang sering digunakan saat ini dan semua tipe serat yang ada sekarang menyesuaikan dengan standar G.652. Saat ini tipe dari jenis serat *single-mode* ini dapat digunakan pada STM-1 (155 Mbps) untuk mencakup jarak lebih dari 1,28 Km tanpa menggunakan *repeater* (pengulang/penguat) dan pada STM 4 (622 Mbps) digunakan untuk jarak lebih dari 16 km dengan memakai *fiber optic amplifier*. Menurut ITU-T jarak yang dapat dicakup untuk STM 16 adalah sebesar 160 km, tetapi jarak tersebut hanya dapat dicapai dengan menggunakan *fiber optic post amplifier* dan *pre-amplifier* sedangkan untuk STM 64 jarak yang dapat dicakup adalah sebesar 40 – 80 km.

### 2.3.2 Konfigurasi Dasar Sistem Komunikasi Fiber Optik

Sistem komunikasi fiber optik terdiri dari 3 komponen utama yaitu:

- a. Transmitter berupa *Laser Diode* (LD) dan *Light Emitting Diode* (LED).
- b. Media transmisi berupa *fiber optic*.
- c. *Receiver* yang merupakan detektor penerima digunakan PIN dan APD.

### 2.3.3 Transmitter

Transmitter terdiri dari 2 bagian yaitu :

a. Rangkaian elektrik berfungsi untuk mengkonversi sinyal digital menjadi sinyal analog, selanjutnya data tersebut dimasukkan kedalam sinyal gelombang optik yang telah termodulasi.

b. Sumber gelombang optik berupa sinar Laser Diode (LD) dan LED (*Light Emmiting Diode*) yang pemakaiannya disesuaikan dengan sistem komunikasi yang diperlukan.

- ❖ Laser Diode dapat digunakan untuk sistem komunikasi optik yang sangat jauh seperti Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) dan Sistem Komunikasi Serat Optik (SKSO), karena LD mempunyai karakteristik yang handal yaitu dapat memancarkan daya dengan

intensitas yang tinggi, stabil, hampir monokromatis, terfokus, dan merambat dengan kecepatan sangat tinggi, sehingga dapat menempuh jarak sangat jauh. Pembuatannya kabel ini terbilang sangat sukar karena memerlukan spesifikasi tertentu sehingga harganya pun mahal. Jadi LD tidak ekonomis dan tidak efisien jika digunakan untuk sistem komunikasi jarak dekat dan pada trafik kurang padat.

- ❖ LED digunakan untuk sistem komunikasi jarak sedang dan dekat agar sistem dapat ekonomis dan efektif karena LED lebih mudah pembuatannya, sehingga harganya pun lebih murah.

#### **2.3.4 Receiver**

*Receiver* atau bagian penerima terdiri dari 2 bagian yaitu detektor penerima dan rangkaian elektrik.

Detektor penerima berfungsi untuk menangkap cahaya yang berupa gelombang optik pembawa informasi, dapat berupa *PIN Diode* atau *Avalanche Photo Diode*, pemilihannya tergantung keperluan sistem komunikasinya.

- Untuk komunikasi jarak jauh digunakan detektor APD yang dapat bekerja pada panjang gelombang 1310 nm, 1490 nm serta 1550 nm dengan kualitas yang baik.

Artinya detektor APD mempunyai sensitivitas dan respon yang tinggi terhadap sinar laser LD sebagai pembawa informasi dalam gelombang optik.

- Untuk komunikasi jarak pendek lebih efisien jika menggunakan detektor *PIN Diode*, karena PIN baik digunakan untuk *bitrate* rendah dan sensitivitasnya tinggi untuk LED.
- Sumber cahaya LD terlihat memiliki daya lebih besar, stabil, konstan pada *bitrate* berapapun, sedangkan sumber cahaya LED mempunyai daya pancar yang lebih kecil dan pada *bitrate* 100 Mbps dayanya mulai menurun.
- Detektor penerima PIN bereaksi baik pada *bitrate* rendah tetapi kurang sensitif bila *bitrate* dinaikan.
- Detektor penerima APD lebih sensitif pada *bitrate* tinggi. Untuk transmisi jarak jauh diperlukan daya pancar yang lebih besar dan sensitifitas yang tinggi, sistem serat optik akan menggunakan laser LD sebagai sumber cahaya dan APD sebagai detektor penerima. Sedangkan untuk transmisi jarak dekat cukup digunakan LED sebagai sumber optik dan PIN sebagai detektor penerima.
- Rangkaian elektrik berfungsi untuk mengkonversi cahaya pembawa informasi terhadap data informasi terhadap data informasi yang dibawa dengan melakukan *timing*

*regenerate, pulse regenerate* serta konversi sinyal elektrik ke dalam interface V.28 yang berupa sinyal digital dan sebaliknya.

### 2.3.5 Atenuasi

Atenuasi adalah besaran pelemahan energi sinyal informasi dari serat optik yang dinyatakan dalam dB dan disebabkan oleh 3 faktor utama yaitu absorpsi, hamburan atau *scattering* dan *micro-bending*. Gelas yang merupakan bahan pembuat serat optik biasanya terbentuk dari Silikon Dioksida SiO<sub>2</sub>. Variasi indeks bias diperoleh dengan menambahkan bahan lain seperti titanium, thallium, germanium atau boron. Dengan susunan bahan yang tepat maka akan didapatkan atenuasi yang sekecil mungkin. Atenuasi menyebabkan pelemahan energi sehingga amplitudo gelombang yang sampai pada penerima menjadi lebih kecil dari pada amplitudo yang dikirimkan oleh pemancar.

Atenuasi serat optik merupakan karakteristik penting yang harus diperhatikan mengingat kaitannya dalam menentukan jarak *repeater*, jenis pemancar dan penerima optik yang harus digunakan. Besarnya atenuasi dinyatakan oleh Persamaan 1

$$\alpha = \frac{10}{L} \log \left( \frac{P_{in}}{P_{out}} \right) \text{ dB/km} \quad \dots\dots\dots \text{persamaan (1)}$$

L = Panjang serat optik (km)

P<sub>in</sub> = Daya yang masuk ke dalam serat

P<sub>out</sub> = Daya yang keluar dari serat

### 2.3.6 Absorpsi

Absorpsi merupakan sifat alami suatu gelas. Pada daerah-daerah tertentu gelas dapat mengabsorpsi sebagian besar cahaya seperti pada daerah *ultraviolet*. Hal ini disebabkan oleh adanya gerakan elektron yang kuat. Demikian pula untuk daerah inframerah, terjadi absorpsi yang besar. Ini disebabkan adanya getaran ikatan kimia. Oleh karena itu sebaiknya penggunaan serat optik harus menjauhi daerah *ultraviolet* dan *infrared*. Penyebab absorpsi lain adanya transmisi ion-ion logam dan ion  $\text{OH}^-$ , yang ternyata memberikan sumbangan absorpsi yang cukup besar. Semakin lama usia suatu serat maka bisa diduga akan semakin banyak ion  $\text{OH}^-$  di dalamnya yang menyebabkan kualitas serat menurun.

### 2.3.6 Hamburan

Seberkas cahaya yang melalui suatu gelas dengan variasi indeks bias disepanjang gelas tadi, sebagian energinya akan hilang dihamburkan oleh benda-benda kecil yang ada di dalam gelas. Hamburan yang disebabkan oleh tumbukan cahaya dengan partikel tersebut dinamakan *Hamburan Rayleigh*. Besarnya hamburan Rayleigh ini berbanding terbalik dengan pangkat empat panjang gelombang cahaya yaitu,  $1/\lambda^4$ . Sehingga dapat disimpulkan untuk  $\lambda$ , hamburan Rayleigh besar dan sebaliknya. Ternyata pada panjang gelombang sekitar 0,85  $\mu\text{m}$  yaitu panjang gelombang sinar laser Galium Aluminium Arsenik, Hamburan Rayleigh memberikan *loss* akibat hamburan sangat kecil dibandingkan

dengan *loss* serat optik *multi-mode*. Karena itu serat optik *single-mode* lebih baik mutunya sebagai media transmisi dibandingkan dengan serat optik *multi-mode*.

### **2.3.7 *Micro-bending***

Atenuasi lainnya adalah yang disebabkan *micro-bending* yaitu pembengkokan serat optik untuk memenuhi persyaratan ruangan. Namun pembengkokan dapat pula terjadi secara tidak sengaja seperti misalnya serat optik yang mendapat tekanan cukup keras sehingga cahaya yang merambat di dalamnya akan berbelok dari arah transmisi dan hilang. Hal ini tentu saja menyebabkan atenuasi.

### **2.3.8 *Dispersi***

Dispersi adalah pelebaran pulsa yang terjadi ketika sinyal merambat melalui sepanjang serat optik. Dispersi akan membatasi lebar pita dari serat. Dispersi yang terjadi pada serat secara garis besar ada dua yaitu dispersi intermodal dan dispersi intramodal dikenal dengan nama lain dispersi kromatik disebabkan oleh dispersi material dan dispersi *waveguide*.

### 2.3.9 Karakteristik Transmisi

Sifat transmisi informasi dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Informasi yang akan ditransmisikan berupa data dalam bentuk digital sedangkan bentuk sinyal *carrier* yang akan melewati media transmisi serat optik berupa sinyal analog.
- b. Untuk itu diperlukan proses modulasi dan demodulasi yaitu proses yang mengubah data digital ke analog dan juga proses sebaliknya dengan menggunakan sebuah *modem* dengan pirantinya.
- c. Dalam hal ini jenis serat optik yang digunakan sebagai media transmisi adalah serat optik *multi-mode graded index*.

Sistem komunikasi data menggunakan serat optik telah berkembang dengan pesat yang merupakan teknologi maju. Apabila dibandingkan dengan sistem kabel tembaga 2 kawat atau 4 kawat ataupun sistem gelombang radio maka Sistem Komunikasi Serat Optik (SKSO) mempunyai kelebihan dan kekurangannya, yaitu sebagai berikut:

- a. Keuntungan serat optik
  - Mempunyai *bandwidth* yang lebar. Frekuensi pembawa optik bekerja pada daerah frekuensi yang tinggi yaitu sekitar  $10^{13}$  Hz sampai dengan  $10^{16}$  Hz, sehingga informasi yang dibawa akan menjadi lebih banyak.
  - Redaman sangat rendah dibandingkan dengan kabel yang terbuat dari tembaga, terutama pada frekuensi

yang mempunyai panjang gelombang sekitar 1310 nm yaitu 0,2 dB/Km.

- Kebal terhadap gangguan gelombang elektromagnet. *Fiber optic* terbuat dari kaca atau plastik yang merupakan isolator, berarti bebas dari interferensi medan magnet, frekuensi radio dan gangguan listrik.
- Dapat menyalurkan informasi digital dengan kecepatan tinggi. Kemampuan *fiber optic* dalam menyalurkan sinyal frekuensi tinggi, sangat cocok untuk pengiriman sinyal digital pada sistem multiplex digital dengan kecepatan beberapa Mbps hingga Gbps.
- Ukuran dan berat *fiber optic* kecil dan ringan. Diameter inti fiber optik berukuran mikro sehingga pemakaian ruangan lebih ekonomis.
- Tidak mengalirkan arus listrik karena bahannya yang terbuat dari kaca atau plastik sehingga tidak dapat dialiri arus listrik dan terhindar dari terjadinya hubungan pendek.
- Sistem dapat diandalkan dengan *lifetime* selama 20 – 30 tahun dan mudah pemeliharaannya.

b. Kerugian Serat Optik

- Konstruksi fiber optik lemah sehingga dalam pemakaiannya diperlukan lapisan penguat sebagai proteksi.
- Karakteristik transmisi dapat berubah bila terjadi tekanan dari luar yang berlebihan.
- Tidak dapat dialiri arus listrik, sehingga tidak dapat memberikan catuan pada pemasangan *repeater*.