

---

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

Sistem komunikasi serat optik (SKSO) adalah system komunikasi yang menggunakan serat optik sebagai media transmisinya. Sistem komunikasi yang berfungsi sebagai media yang menyalurkan sinyal optik (cahaya) yang dibangkitkan oleh sumber cahaya lalu sinyal optik tersebut menuju ke detektor cahaya dibagian penerima. Struktur dan sifat material serat optik mampu memandu cahaya yang masuk agar tetap merambat didalam serat optik dengan redaman kecil. Serat optik memiliki beberapa kelebihan diantaranya [1].

1. Mempunyai *bandwidth* lebar dan redaman kecil.
2. Ukurannya kecil dan ringan.
3. Tidak terjadi *Cross-talk* antar serat optik dalam satu kabel.
4. Kabel terhadap induksi dan interferensi.
5. Kualitas transmisi yang tinggi
6. Anggaran operasi dan instalasi rendah [1].

Selain itu serat optik juga mempunyai kekurangan diantaranya :

1. Non konduktor
2. Konstruksi serat optik cukup lemah, sehingga perlu penanganan yang cermat pada saat instalasi.
3. Karakteristik transmisi dapat berubah bila terjadi tekanan dari luar yang berlebihan
4. Mahal bila digunakan untuk aplikasi *bandwidth* sempit dan jarak dekat[1].

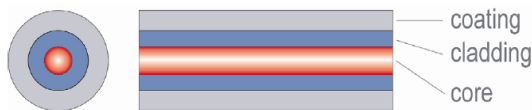


Figure 3: Optical Fiber Construction

Gambar 2.1 Bagian bagian serat optic[2]

Berdasarkan gambar 2.1 serat optik memiliki inti yang terbuat dari serat kaca dan memiliki beberapa lapisan yang tentunya tiap lapisan memiliki fungsi masing-masing. Berikut ini merupakan komponen yang membentuk karakteristik dari serat optik: [30]

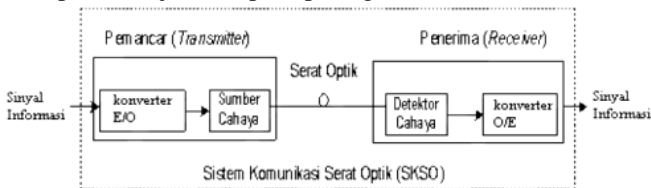
1. **Core:** Tengah bagian ini, terbuat dari silika adalah wilayah transmisi cahaya serat.
2. **Cladding:** Untuk bagian ini adalah komponen yang terbuat dari kaca dan memiliki fungsi sebagai pelindung *core*. Selain sebagai pelindung inti,

*cladding* juga berfungsi memancarkan cahaya dari luar kepada inti. Ini adalah lapisan pertama di sekitar *core*. Hal ini juga dibuat dari silika, tetapi tidak komposisi yang sama sebagai *core*.

3. **Coating:** Lapisan ini juga sering disebut sebagai mantel, berbeda dengan inti dan *cladding* yang terbuat dari kaca, untuk lapisan ini terbuat dari bahan plastik. Fungsi dari mantel ini adalah untuk melindungi gangguan dari luar seperti lengkungan kabel dan kelembaban udara yang dapat mengakibatkan kerusakan pada lapisan dalam.
4. **Buffer** (tidak digambarkan): Perlindungan utama berawal dari lapisan ini. Lapisan *buffer* merupakan lapisan terluar dari kabel serat optik, fungsinya jelas untuk melindungi inti kabel serat optik dari gangguan secara langsung dan proses instalasi [30].

### 2.1.1 Konsep Dasar Sistem Transmisi Serat Optik

Dasar dari SKSO adalah informasi yang dikirimkan oleh sinyal dalam bentuk sinyal cahaya. *Transmitter* kabel serat optik dan *receiver* keduanya adalah komponen yang menjadi dasar dalam sistem komunikasi serat optik. Sinyal listrik diubah menjadi sinyal cahaya oleh *transmitter*, serat optik difungsikan sebagai media transmisi dengan sinyal cahaya diubah menjadi sinyal listrik oleh *receiver*. Prinsip pemantulan sinyal optik yang berupa cahaya dengan panjang gelombang tertentu yang menjadi proses yang terjadi pada pengiriman informasi pada serat optik dengan panjang gelombang tertentu. Konfigurasi transmisi serat optik ditunjukkan seperti pada gambar 2.2 [3].



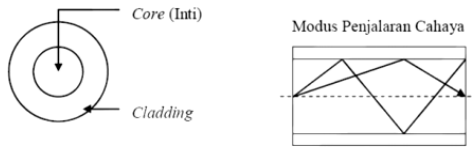
Gambar 2.2 Konfigurasi Sistem Transmisi Serat Optik [3]

### 2.1.2 Jenis – Jenis Kabel Serat Optik

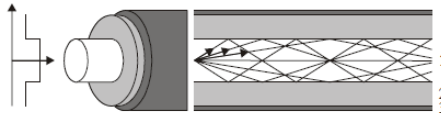
#### 2.1.2.1 Berdasarkan Indeks Bias Bahan

##### a. Serat *Step-Index* (S.I)

Serat yang dimiliki serat optik jenis *step-index* adalah karakteristik indeks bias inti yang tetap dan juga memiliki indeks bias yang konstan. Karakteristik yang dimiliki serat optik *step-index* ditunjukkan pada gambar 2.3 dan 2.4 [4].



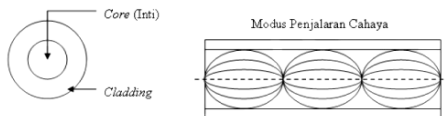
Gambar 2.3 Serat optik step-index [5]



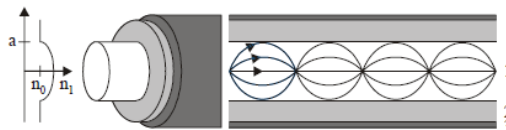
Gambar 2.4 Serat optik step-index [4]

b. Serat *Graded-Index (G.I)*

Serat G.I memiliki indeks bias yang tidak seragam sehingga mengikuti profil tertentu. Tujuan menggunakan serat G.I yang memiliki indeks bias seperti ini adalah untuk membuat sinyal tepi yang lintasannya lebih jauh, kecepatan yang dialami akan lebih tinggi daripada sinyal yang merambat melalui tengah, sehingga sinyal yang diterima dapat datang bersamaan tanpa terjadi keterlambatan. Gambar 2.5 dan 2.6 menunjukkan karakteristik serat optik *graded-index* [5].



Gambar 2.5 Serat Optik *Graded index* [5]



Gambar 2.6 Serat optik *Graded indeks* [5]

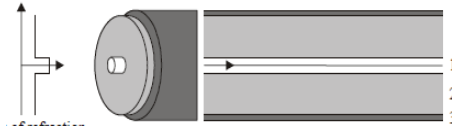
2.1.2.2 Berdasarkan Jumlah Mode yang Merambat

a. Serat Optik *Singlemode (Monomode)*

Inti lebih kecil dengan ukuran 8-10  $\mu\text{m}$ [4] dimiliki kabel serat optik ini dan perbedaan indeks bias yang terjadi pada jenis serta optik ini adalah reaktif antara inti dengan selubung kecil sehingga hanya sebuah energi

---

cahaya *singlemode* yang dapat merambat sepanjang serat. Karena hanya ada satu lintasan cahaya sepanjang serat, maka serat optik *singlemode* mengalami penyebaran dan penyerapan cahaya lebih sedikit. Karena itulah serat jenis ini memiliki redaman yang sangat kecil, lebar pita frekuensi besar dan berkecepatan tinggi. Karena itulah serat optik jenis ini mampu menyalurkan data kapasitas besar dengan *bit rate* yang tinggi [4]. Gambar 2.7 menunjukkan karakteristik serat optik single mode.



Gambar 2.7 Serat Optik *Single Mode* [5]

b. Serat Optik Multimode

*Multimode* serat optik adalah waveguides dielektrik yang dapat memiliki banyak mode propagasi. Cahaya pada jenis serat ini mengikuti jalur yang dapat diwakili oleh sinar seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.4 dan 2.6, dimana daerah 1, 2 dan 3 inti, *cladding* dan *coating*. [4] *Cladding* kaca memiliki indeks bias dengan konstanta dielektrik, sedikit lebih rendah daripada indeks bias kaca inti. Serat optik ini digunakan untuk tujuan komersial. Memiliki inti yang lebih besar dan memungkinkan ratusan metode cahaya tersebar melalui serat dalam waktu yang bersamaan. *Multimode* memiliki diameter 50 - 200  $\mu\text{m}$  [3].

## 2.2 ARSITEKTUR JARINGAN SERAT OPTIK

Berdasarkan lokasi penempatan ONT, arsitektur jaringan serat optik dibagi menjadi 4 jenis, yaitu :

- *Fiber To The Zone* (FTTZ)  
TKO berada di luar bangunan, media penghubungnya adalah tembaga.
- *Fiber To The Curb* (FTTC)  
TKO berada di luar bangunan, arsitektur jaringan ini biasanya berada di kawasan bisnis.
- *Fiber To The Building* (FTTB)  
TKO berada di dalam gedung yang mendistribusikan jaringan akses ke suatu bangunan gedung.
- *Fiber To The Home* (FTTH)

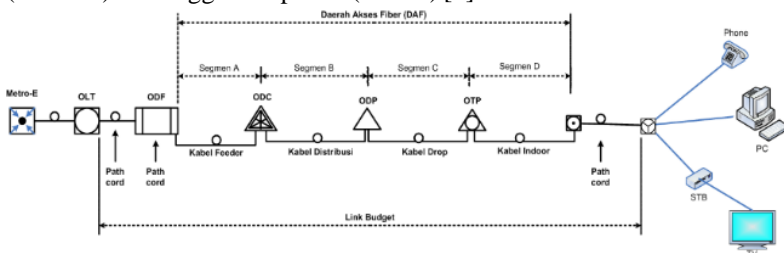
Dengan menggunakan media transmisi serat optik sinyal optik dikirimkan dari penyedia langsung ke pengguna [6].

### 2.3 FIBER TO THE HOME (FTTH)

*Fiber To The Home* (FTTH) merupakan suatu format dimana sinyal optik dari pusat penyedia akan ditransmisikan langsung ke pengguna. Pada FTTH jarak antara STO dengan ONT maksimal adalah 20 km. Pada STO terdapat peralatan yang disebut dengan OLT yang nantinya sinyal listrik akan diubah menjadi sinyal optik di perangkat OLT lalu sinyal dipancarkan dari OLT ke ONT yang menjadi perangkat pengubah sinyal cahaya menjadi listrik. [8]

Sinyal optik pada arsitektur FTTH memiliki panjang gelombang dengan rentang antara 1490 dari sisi *downstream* dan dari sisi *upstream* sinyal optik memiliki panjang gelombang 1310 nm, kedua panjang gelombang tersebut digunakan untuk mengirimkan data dan suara. Sedangkan panjang gelombang 1550 nm digunakan untuk mengirimkan layanan video dikonversikan terlebih dahulu ke format optik oleh optik pemancar video (*Optical video transmitter*). Gambar 2.8 menunjukkan arsitektur FTTH. Penggabungan (*coupler*) menggabungkan sinyal optik 1550 nm dan 1490 nm dan mentransmisikan ke pelanggan secara *broadcast*. Adapun keunggulan FTTH antara lain: [8]

1. Disediakan range yang lebar untuk komunikasi dan servis hiburan. Aktivasi yang disediakan juga lebih cepat.
2. Disediakan jumlah *bandwidth* maksimum.
3. FTTH menawarkan *multiplay service* yaitu data, suara, dan video.
4. Desain FTTH fleksibel.
5. Pengembangan dan peningkatan sangat didukung.
6. Minimal gangguan.
7. Bentuk bisnis yang sukses, karena menyediakan keseimbangan antara modal (CAPEX) dan anggaran operasi (OPEX) [7].

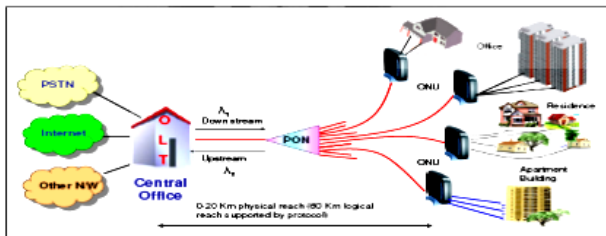


Gambar 2.8 Arsitektur jaringan FTTH [3]

## 2.4 PASSIVE OPTICAL NETWORK (PON)

*Passive Optical Network* didasarkan pada bentuk arsitektur dengan mendistribusikan sinyal dengan kata lain arsitektur *point-to-multipoint*. Gambar 2.9 menunjukkan arsitektur jaringan PON. Anggaran yang efektif dimiliki oleh PON karena dapat memecah sinyal dan pada PON menyediakan layanan *broadband*, suara, video, data, dan servis lainnya yang biasanya disebut dengan *Next Generation Play Network* (NGPN). Serat optik dan splitter digunakan untuk menghubungkan antara OLT dengan ONT. *Downstream* digunakan dari STO dengan maksimum jarak 20 km. Kenapa perangkat ini disebut pasif, karena semua splitter dan peralatan yang ada di bagian ODN merupakan peralatan pasif dimana peralatan-peralatan tersebut tidak membutuhkan power. Perangkat optik pasif yang dipakai adalah konektor, splitter pasif, dan kabel optik. Sistem OLT difungsikan untuk mengumpulkan dan men-*switch* fungsi antara jaringan kabel dengan interface PON dan untuk fungsi manajemen [8].

*Time Division Multiplexing Access* (TDMA) adalah metode akses yang digunakan PON. *Downstream* pada PON sinyal TDM dari OLT yang dimana OLT ini menentukan dan menyebarkan informasi pelanggan yang terhubung ke OLT. *Upstream* pada PON, ONT mentransmisikan sinyal optik secara sinkron dengan metode TDMA untuk terhindar dari tabrakan, karena jarak antara OLT dan semua ONT berbeda yang nanti akan berada di satu jalur menuju OLT [8].



Gambar 2.9 *Passive Optical Network* [24]

Ada dua konfigurasi splitter yang biasa digunakan untuk arsitektur PON yaitu konfigurasi *centralized* dan *cascade*. Pada bentuk *centralized* menggunakan splitter 1:32 di luar bangunan. Pada arsitektur 1:32 splitter yang digunakan hanya terdapat di ODC saja. Konfigurasi *cascade* ini splitter lebih mendominasi dalam jaringan. Pada konfigurasi *cascade* Splitter diletakkan di dua tempat yaitu terdapat di ODC dan ODP. Biasanya pada arsitektur cascade terdapat splitter 1:4 pada ODC dan 1:8 pada ODP [8].

Teknologi PON memiliki beberapa jenis, seperti APON (*ATM PON*), BPON (*Broadband PON*), EPON (*Ethernet PON*), dan GPON (*GIGABIT-CAPABLE PON*).

a. APON

APON atau ATM PON adalah standar yang dikeluarkan ITU-T dan diratifikasi tahun 1998 dengan standar G.983.1. ATM digunakan APON untuk transport protokolnya dan didukung servis dengan 622 Mbps pada *downstream* dan 155 Mbps pada *upstream* dan splitter 32-64 digunakan pada APON.

b. BPON

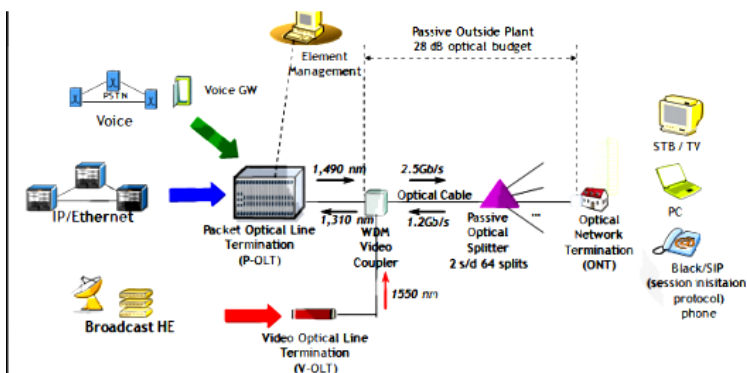
Meskipun BPON memiliki performa yang lebih baik dengan 1,2 Gbps pada *downstream* dan 622 Mbps pada *upstream* namun BPON tetap menggunakan ATM sebagai transport protokolnya.

c. EPON

Berbeda dengan APON dan BPON yang merupakan standar ITU-T, EPON merupakan standar IEEE 802.3ah tahun 2004. Enkapsulasi *Ethernet* digunakan jaringan EPON untuk transport data pada jaringan. EPON beroperasi dengan 1,25 Gbps pada arah *downstream* sama halnya dengan *upstream*. WDM digunakan EPON yang beroperasi pada panjang gelombang 1490 nm *downstream* dan 1310 nm *upstream* sedangkan 1550 nm disediakan EPON untuk servis lain seperti video analog [8].

d. GPON

Adalah suatu teknologi akses yang berbasis serat optik. GPON adalah salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984. GPON mempunyai *bandwidth* sebesar 2,488 Gbps (*downstream*) [9]. Gambar 2.10 arsitektur jaringan GPON.



Gambar 2.10 Gigabit-capable PON [7]

Selain itu, adapun beberapa hal yang menjadi standar teknologi GPON, antara lain :

1. Jarak jangkauannya dapat mencapai 60 km
2. Metode GEM (*GPON Encapsulation Method*) digunakan dalam teknik enkapsulasi.
3. Support bermacam-macam opsi *bit rate*, diantaranya *symmetric* 622 Mbps, 1,25 Gbps, 2,5 Gbps *downstream*, 1,2 Gbps *upstream* dll.
4. Mempunyai kemampuan OAM untuk *end to end service management*.
5. Security pada level protocol untuk traffic *downstream* unttuk mode transmisi multicast, dengan adanya pengembangan standar keamanan pengiriman paket AES antara OLT dan ONU [8].

Tabel 2.1 Perbedaan APON, EPON, BPON dan GPON [8]

<i>PON Type Characteristics</i>	APON	BPON	GPON	EPON
<i>Standard</i>	ITU-T G.983.1	ITU-T G983.3	ITU-T G.984	IEEE 802.3
<i>Fibre type</i>	ITU-T G.652 <i>single or dual fibre</i>	ITU-T G.652 <i>single fibre</i>	ITU-T G.652 <i>single or dual fibre</i>	1000 Base - PX 10/PX20 Single Fibre
<i>Max physical Distance (OLT to ONT)</i>	20 km	20 km	20 km	PX 10=10 km / PX 20=20 km
<i>Bit Rates</i>	D = 622,08 Mbps / U = 155,52 Mbps	D = 622,08 Mbps / U = 155,52 Mbps	D = 2488 Mbps / U = 1244 Mbps	1,25 Mbps
<i>Split Ratio</i>	32	32	Up to 64	16 to 32
<i>Wavelegth Band</i>	D= 1480-1580 nm / U=1260-1360	D= 1490-1500 nm / U=1260-1360	D= 1480-1580 nm / U=1260-1360	D= 1490nm / U=1300

#### 2.4.1 GIGABIT-CAPABLE Passive Optical Network (GPON)

GPON merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984 dan hingga kini GPON bersaing dengan GEAPON (*Gigabit Ethernet*)



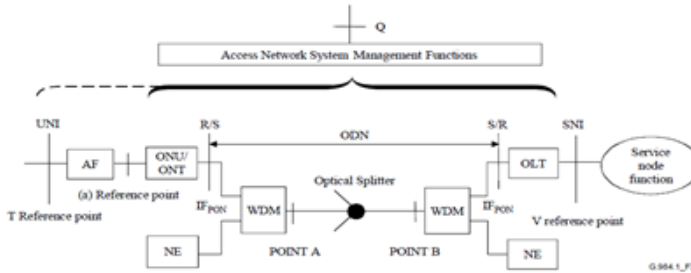
PON), yaitu PON versi IEEE yang berbasiskan teknologi *Ethernet*. GPON mendominasi pasar teknologi jaringan yang lebih tinggi dan *roll out* lebih cepat dibanding teknologi *GEAPON*. Menurut Standar G.984 GPON mendukung *bit rate* yang lebih tinggi, perbaikan keamanan, dan pilihan protokol layer 2 (*ATM, GEM, atau Ethernet*). Baik *GPON* ataupun *GEAPON*, menggunakan serat optik sebagai medium transmisi. Satu perangkat akan diletakkan pada pusat (OLT), kemudian akan mendistribusikan sinyal trafik *Triple Play* (Suara/*VoIP, Multi Media/Digital Pay TV dan Data/Internet*) melalui media serat optik langsung ke pelanggan yang nantinya sinyal optik tersebut dapat dipecah menggunakan perangkat pasif [10].

Tabel 2.2 Perbedaan BPON, GPON dan GEAPON [10]

PON Type Characteristics	BPON	GPON	EPON
<b>Standard</b>	ITU-T G.983.3	ITU-T G.984	IEEE 802.3
<b>Fibre type</b>	ITU-T G.652 <i>single fiber</i>	ITU-T G.652 <i>single or dual fiber</i>	1000 Base - PX 10/PX20 Single Fibre
<b>Max physical Distance (OLT to ONT)</b>	20 km	20 km	PX 10=10 km / PX 20=20 km
<b>Bit Rates</b>	D = 622 Mbps / U = 155 Mbps	D = 2488 Mbps / U = 1244 Mbps	1000 Mbps
<b>Protocol</b>	ATM	Ethernet, TDM	Ethernet

Ciri khas dari teknologi PON dibanding teknologi optik lainnya adalah teknik distribusi trafik dilakukan secara pasif. STO hingga ke ONT akan didistribusikan kabel serat optik dengan menggunakan splitter pasif (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64). GPON menggunakan *TDMA* sebagai teknik *multiple access upstream* menggunakan *broadcast* ke arah *downstream* dengan data rate sebesar 2.488 Gbps. GPON jadi memiliki efisiensi *bandwidth* yang lebih baik dari BPON (70 %), yaitu 93 %.<sup>[10]</sup>

Dari tiga teknologi BPON, GPON dan EPON memiliki beberapa perbedaan dalam standarnya yaitu untuk BPON memiliki standar ITU-T G.983.3, GPON memiliki standar ITU-T G.984 dan EPON memiliki standarisasi IEEE 802.3.



Gambar 2.11 Arsitektur GPON [11]

Tabel 2.3 Keterangan Gambar 2.9 [11]

<b>Keterangan Gambar 2.9</b>	
<b>ONU</b>	<i>Optical Network Unit</i>
<b>ONT</b>	<i>Optical Network Terminal</i>
<b>ODN</b>	<i>Optical Distribution Network</i>
<b>OLT</b>	<i>Optical Line Termination</i>
<b>WDM</b>	<i>Wavelength Division Multiplex Module</i> (jika WDM tidak berfungsi, WDM ini tidak diperlukan).
<b>NE</b>	Elemen jaringan yang menggunakan panjang gelombang yang berbeda dari OLT dan ONU
<b>AF</b>	<i>Adaptation Function</i> (kadang – kadang termasuk dalam bagian ONU/ONT)
<b>SNI</b>	<i>Service Node Interface</i>
<b>UNI</b>	<i>User Network Interface</i>
<b>S</b>	Titik pada serat optik.
<b>R</b>	Titik pada serat optik
<b>(a) Reference Point</b>	Jika AF disertakan dalam ONU, hal ini tidak diperlukan
<b>Point A/B</b>	Jika WDM tidak digunakan, point ini tidak diperlukan.

---

## 2.4.2 Prinsip Dasar GPON

Prinsip kerja dari GPON sama halnya dengan prinsip kerja PON yang sudah dijelaskan sebelumnya yaitu ketika OLT mengirimkan sinyal ataupun data, sebelum sampai ONT sinyal yang dikirimkan oleh OLT akan menyebar atau di *broadcast* sesuai dengan tujuan letak *receiver*. Untuk ONT sendiri akan memberikan data – data dan sinyal yang diinginkan oleh pelanggan. Pada prinsipnya, *Passive Optical Network* adalah sistem *point-to-multipoint*. Layanan T1, E1, dan DS3 didukung oleh arsitektur GPON karena menggunakan TDM. 3 mode power dapat ditransmisikan oleh ONT. Pada mode 1, ONT akan mentransmisikan pada kisaran daya output yang normal. Pada mode 2 dan 3 ONT akan mentransmisikan 3 – 6 dB lebih rendah daripada mode 1 yang mengizinkan OLT untuk memerintahkan ONT menurunkan dayanya apabila OLT mendeteksi sinyal dari ONT terlalu kuat atau sebaliknya, OLT akan memberi perintah ONT untuk menaikkan daya jika terdeteksi sinyal dari ONT terlalu lemah [12].

Tabel 2.4 Standar dari teknologi GPON [8]

<b>Karakteristik</b>	<b>GPON</b>
<i>Standardization</i>	ITU-T G.984
<i>Data Rate</i>	1.244 Gbps / 1.244 Gbps
<i>Data Rate</i>	1.244 Gbps / 2.488 Gbps
<i>Service</i>	Data, Voice, Video
<i>Transmission Distance</i>	10 km / 20 km
<i>Number of Branches</i>	64
<i>Wavelength Up</i>	1310 nm
<i>Wavelength Down</i>	1490 nm
<i>Splitter</i>	Passive

## 2.4.3 Persyaratan Sistem GPON

Persyaratan GPON antara lain :

1. Beroperasi dengan data rate 2.488 Gbps untuk *downstream* dan 1.244 Gbps untuk *upstream* dengan menggunakan *single fiber*, sistem G-PON harus sesuai dengan ITU-T G.984.x series (G.984.1/2/3/4) [12].
2. Modul GPON dapat diekspansi, yang memungkinkan terbentuknya sistem perangkat yang fleksible [12].
3. NMS dapat mengatur semua arsitektur GPON.

- 
4. Berbasis IP dan memiliki kemampuan *switching* bersifat *non-blocked matrix* [12].

#### 2.4.4 Komponen Sistem GPON

- a. *Optical Line Termination (OLT)* terpasang di STO

**Persyaratan umum untuk OLT yaitu :**

1. *Universal service slot* untuk *PON card* dimiliki oleh OLT. [12]
- b. Sejumlah *Optical Network Terminal (ONT)* atau *Optical Network Unit (ONU)* diletakkan di beberapa lokasi dalam jaringan akses *broadband point-to-multipoint* antara *central office* dan *customer premises* [12].

**Persyaratan umum untuk ONT yaitu :**

1. Aplikasi di perumahan, kantor, atau pada building (*HRB*) dan *curbs*.
  2. Dapat dikontrol secara lokal dan remote melalui *OMCI* sesuai dengan G.984.4
  3. Menggunakan serat optik single mode bidirectional untuk 1310 nm (*upstream*) dan 1490 nm (*downstream*)
  4. Dapat mendukung  $\lambda$  1550 nm untuk *RF video* [12].
  - c. ODN terdiri dari serat optik dan splter pasif/*couplers* serta aksesoris lain seperti konektor yang menjadikan perangkat – perangkat pada ODN terkoneksi.
- Spesifikasi untuk *Optical Distribution Network (ODN)* yaitu :**
1. Beroperasi menggunakan transmisi single optik.
  2. *Physical Reach ODN* [12].
- d. *Loss total* yang didapati proses transmisi dari OLT sampai dengan ONT maximal adalah 28 dB, menurut rekomendasi ITU –T G.984.2 [4].
  - e. Menggunakan serat optik single mode sesuai dengan ITU-T G.652 dan ITU-T G.657 [4].

#### 2.4.5 Perangkat GPON

##### 1. *Optical Line Terminal (OLT)*

Sistem PON pada penyedia layanan (*service provider*) data, video, dan jaringan telepon disediakan interface oleh OLT. Bagian ini akan membuat link ke sistem operasi penyedia layanan melalui *Network Management System (NMS)*. Di perangkat inilah dimana sinyal listrik diubah menjadi sinyal optik dan OLT juga berfungsi sebagai *multiplexing*. Sebuah perangkat yang menjadi titik akhir, yaitu root sebuah ODN, menerapkan

---

protokol PON, seperti yang didefinisikan oleh ITU-T G.984 [11]. Gambar 2.12 menunjukkan bentuk OLT secara umum.



Gambar 2.12 Perangkat OLT [25]

## 2. *Optical Distribution Cabinet (ODC)*

*ODC (Optical Distribution Cabinet)* perangkat yang menyediakan transmisi serat optik yang berfungsi untuk pendistribusian serat optik antara OLT ke ONT. Didalamnya terdapat perangkat – perangkat pasif seperti splitter dan konektor. [12] Gambar 2.13 menunjukkan bentuk ODC secara umum.



Gambar 2.13 Perangkat ODC

*ODC* menyediakan peralatan transmisi optik antara OLT dan ONT. Perangkat interior pada *ODC* terdiri dari :

### a. Konektor

Konektor adalah salah satu perlengkapan pada kabel serat optik yang difungsikan untuk menghubungkan kabel serat optik dengan perangkat lainnya. Konektor memiliki beberapa jenis, antara lain : [8]

1. FC (*Fiber Connector*): *Transmitter* dan *receiver* yang menggunakan yang menggunakan kabel serat optik single mode. Konektor ini menggunakan sistem drat ulir dengan posisi yang dapat diatur, sehingga ketika dipasangkan ke perangkat lain, akurasinya tidak akan mudah berubah.
2. SC (*Subscriber Connector*): Singel mode menggunakan konektor jenis ini yang nantinya digunakan dengan dengan sistem dicabut-pasang.
3. ST (*Straight Tip*): Seperti konektor BNC dan konektor ini sangat umum digunakan untuk serat optik *singlemode* maupun *multi mode* [12].

---

## b. Splitter

Splitter adalah *Optical fiber coupler* sederhana yang dapat membagi sinyal optik menjadi beberapa *path* (*multiple path*) atau sinyal – sinyal kombinasi dalam satu *path*. Selain itu, sinyal optik dapat dirutekan dan dikombinasikan oleh splitter ini. Splitter terdiri dari 3 port dan bisa mencapai dari 32 port. Berdasarkan ITU G.983.1 BPON *Standard* direkomendasikan agar sinyal dapat dibagi untuk 32 pelanggan, namun ratio meningkat menjadi 64 berdasarkan ITU-T G.984 GPON *standard*. *Splitter* dapat di gunakan dengan beberapa ratio pembagian [12]. Gambar 2.14 menunjukkan bentuk splitter pasif secara umum.



Gambar 2.14 Splitter [12]

Tabel 2.5 Redaman Splitter pasif [13]

<b>Network elemen</b>	<b>Batasan</b>	<b>Ukuran</b>
1:2	Max	3,70 dB
1:4	Max	7,25 dB
1:8	Max	10,38 dB
1:16	Max	14,10 dB
1:32	Max	17,45 dB

## c. Splicer

*fusion splicer* yaitu suatu alat yang digunakan untuk menyambung inti serat optik yang berbasis kaca menggunakan daya listrik yang sudah dirubah menjadi sebuah media sinar berbentuk sinar laser berfungsi memanasi kaca yang putus pada inti sehingga terhubung kembali secara baik. Dalam prosesn *splicing* sekecil-kecilnya *loss* yang harus didapatkan adalah (di bawah 0.05 dB). [12]

## 3. Optical Distribution Pack (ODP)

ODP juga merupakan suatu perangkat pasif yang dipasang dekta dengan ONT, bisa dilapangan (*Outdoor*) dan juga bisa didalam ruangan

---

(Indoor), didalam gedung HRB, Gambar 2.15 menunjukkan bentuk ODP secara umum. ODP mempunyai fungsi sebagai berikut:[13]

1. Sebagai titik terminasi ujung kabel distribusi dan titik tambat awal /pangkal kabel *drop*
2. Sebagai titik distribusi kabel distribusi menjadi beberapa saluran kabel *drop*
3. Tempat splitter (planar splitter)
4. Tempat penyambungan kabel distrinusi dan tempat terminasi kabel *drop* [13].



Gambar 2.15 Perangkat ODP [13]

## 5. *Optical Network Termination (ONT)*

*Optical Network Unit (ONU)* dan *Optical Network Terminal* adalah suatu perangkat aktif (*OptoElektik*) yang dimana pelanggan memasang perang ini di dalam rumah ataupun digedung. Gambar 2.16 menunjukkan bentuk ONT secara umum ONT tersebut mempunyai fungsi sebagai berikut: [13]

- a. Sinyal optik dapat diubah menjadi sinyal listrik di perangkat ini.
- b. Sebagai alat *demultiplex*[13]



Gambar 2.16 Perangkat ONT [13]

## 6. **Roset**

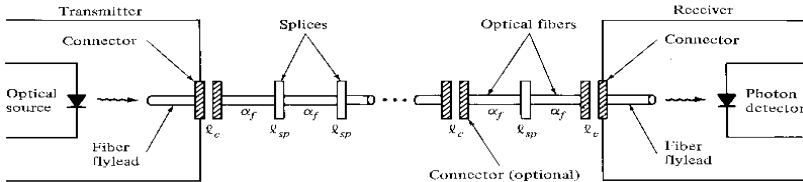
*Optical Indoor Outlet (Roset)* merupakan perangkat pasif yang diletakan didalam rumah pelanggan, yang menjadi titik akhir dari proses transmisi serat optik kapasitas roset biasanya 1 atau 2 port [13].

## 2.5 PARAMETER TRANSMISI SISTEM

### 2.5.1 *Link power budget*

Selain rugi rugi yang ditunjukkan dalam gambar 2.12 link margin daya disediakan dalam analisis jika memungkinkan adanya penuaan komponen,

fluktuasi suhu dan kerugian yang timbul dari komponen yang mungkin ditambahkan di satu saat nanti. Gambar 2.17 menunjukkan komponen-komponen yang menyebabkan rugi-rugi link. Margin link 6 sampai 8 dB umumnya digunakan untuk sistem yang tidak diprediksi dan nantinya akan memiliki komponen tambahan yang dimasukkan ke dalam link di masa yang akan datang [3].



Gambar 2.17 Rugi – Rugi Link [3]

*Loss budget* pada link hanya mempertimbangkan kerugian total daya optik ( $P_T$ ) yang terjadi antara sumber cahaya dan sensor cahaya, dan mengalokasikan kerugian pada redaman kabel, redaman konektor, redaman *splice* dan *system margin*. Dengan demikian jika ( $P_S$ ) adalah daya optik yang muncul dari sumber cahaya, dan jika  $P_R$  sensitivitas penerima, maka pada persamaan (2.1) [3].

$$P_T = P_S - P_R$$

$$P_T = 2\ell_c + \ell_{sp} + \alpha_f L + \text{System Margin} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$P_S$  : daya optik yg dipancarkan dr sumber  
ujung serat (dBm)

$P_R$  : sensitifitas detektor (dBm)

$\alpha_f$  : konstanta redaman serat (dB/Km)

$\ell_c$  : *loss* konektor (dB)

$\ell_{sp}$  : *loss splice* (dB)

$L$  : Panjang link (Km)

*system margin* : nilai yang digunakan untuk mengkompensasi redaman yang terjadi pada kabel serat optik [3].

Bentuk persamaan untuk perhitungan margin daya<sup>[12]</sup> terdapat pada persamaan. (2.2)

$$M = (P_S - P_R) - P_T - \text{system margin} \quad (2.2)$$

Margin daya disyaratkan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol), margin daya adalah daya yang masih tersisa dari *power transmitter* setelah dikurangi dari *loss* selama proses transmisi [12].



---

*Link power budget* dapat didefinisikan sebagai total redaman *link* serat optik yang terjadi disepanjang proses pengiriman sinyal dari OLT sampai ONT, redaman – redaman tersebut didapatkan dari redaman kabel, redaman konektor, redaman penyambungan, serta margin system. Sedangkan untuk mencari nilai daya yang diterima di *photodetector* atau disisi pelanggan dapat dihitung dengan persamaan ( $P_{rx}$ ). Perhitungan redaman total, daya terima, serta margin daya tersebutlah yang dikenal dengan analisa *link power budget* [12].

### 2.5.2 Rise Time Budget

Batasan dispersi pada sebuah link serat optik dapat diketahui dengan analisis *rise time budget*, khususnya dalam sistem digital. Kemampuan media transmisi atau serat optik dalam mendukung *bandwidth* sinyal informasi yang akan dilewatkan dapat diketahui dengan perhitungan *rise time budget* yang dimaksudkan. Secara umum, degradasi waktu transisi total sebuah link digital tidak melebihi 70 % dari sebuah perioda bit NRZ (*Non-Return to Zero*) atau 35 % sebuah perioda bit RZ (*Return to Zero*) [3].

Ada beberapa komponen yang harus ada ketika ingin melakukan perhitungan *Rise time budget* komponen – komponen tersebut diantaranya :

a. *Rise time transmitter* ( $t_{tx}$ )

Pada umumnya diakibatkan oleh sumber cahaya dan rangkaian pengendalinya.

b. *Rise time* disperse material

Untuk serat optik *multimode*, besarnya nilai *rise time* tergantung pada dispersi material dan dispersi modal.

*Rise time* dispersi material dirumuskan pada persamaan.(2.3) [3]

$$t_{mat} = D_{mat} \sigma_{\lambda} L \tag{2.3}$$

Keterangan:

$D_{mat}$  : parameter dispersi material (ns/nm.km)

$\sigma_{\lambda}$  : lebar spektral sumber optik (nm)

L : panjang kabel (km)

c. *Rise time* dispersi modal

Dirumuskan dengan persamaan pada persamaan (2.4)[3]

$$t_{mod} = \frac{440L^q}{B_0} \tag{2.4}$$

---

Keterangan:

$B_0$  : *Bandwidth* pada panjang kabel optik 1 km

$q$  : Parameter panjang serat yang bernilai antara 0,5 sampai 1

d. *Rise time* disisi *receiver*

Nilai ini dihasilkan dari respon *photodetector* dan *bandwidth* 3-dB dari *receiver*. Jika  $B_{rx}$  merupakan *bandwidth* 3-dB dari *receiver* (diukur dalam satuan MHz) maka *rise time receiver* (dalam satuan ns) dirumuskan pada persamaan.(2.5) [3].

$$t_{rx} = \frac{350}{B_{rx}} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$B_{rx}$ : *Bandwidth* di sisi penerima (MHz)

Berdasarkan Eq. (2.3),(2.4) dan (2.5), dapat dilakukan perhitungan *rise time budget* seperti pada persamaan.(2.6) [3].

$$t_{sys} = [t_{tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{rx}^2]^{1/2} \\ = \left[ t_{tx}^2 + \left( \frac{440L^q}{B_0} \right)^2 + D^2 \sigma_\lambda^2 L^2 + \left( \frac{350}{B_{rx}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2.6)$$

Dari hasil perhitungan *rise time budget* tersebut, dapat diketahui total *bandwidth* (Mhz) dari system tersebut, yaitu pada persamaan.(2.7) [3].

$$BW_{tot} = \frac{350}{t_{sys}} \quad (2.7)$$

## 2.6 TEKNO EKONOMI

Tekno ekonomi ialah tentang bagaimana membuat sebuah keputusan (*decision making*) dengan dibatasi oleh ragam permasalahan yang berhubungan dengan seorang *engineer* sehingga menghasilkan pilihan yang terbaik dari berbagai alternatif pilihan. Keputusan yang diambil berdasarkan suatu proses analisa, teknik dan perhitungan ekonomi [14].

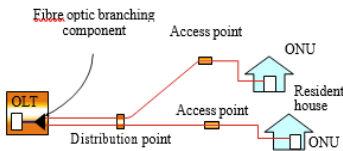
### 2.6.1 *Capital Expenditure* (CAPEX) dan *Operational Expenditure* (OPEX)

Ketika memulai sebuah perusahaan, dikenal dengan istilah aktiva tetap. Yang dimaksud aktiva tetap ini adalah sesuatu berwujud dan diperoleh dalam bentuk siap pakai atau harus dibangun terlebih dahulu, yang dapat digunakan

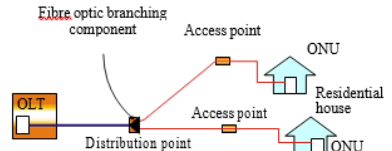
dalam operasi perusahaan dan mempunyai nilai manfaat yang lebih dari 1 tahun. Yang termasuk dalam jenis aktiva tetap antara lain adalah tanah, bangunan, mesin, kendaraan dan lain sebagainya, yang relatif mempunyai manfaat lama. Anggaran yang dikeluarkan untuk mendapatkan aktiva tetap disebut pengeluaran modal (*Capital Expenditure*), yaitu anggaran yang dikeluarkan untuk kebutuhan – kebutuhan dalam membangun sebuah instalasi dan pembangunan dalam proyek tertentu dan CAPEX promendapatkan manfaat bagi perusahaan yang lebih dari satu periode akutansi dengan maksud untuk menghasilkan keuntungan jangka panjang bagi perusahaan. Selain *capital expenditure* (CAPEX), dikenal juga dengan istilah *operational expenditure* (OPEX). Jika CAPEX diperlukan untuk mendapatkan manfaat jangka panjang, maka OPEX adalah anggaran yang diperlukan untuk menghasilkan manfaat dari aktiva tetap. Anggaran jenis ini memiliki masa manfaat selama 1 periode akutansi. Yang termasuk dalam OPEX antara lain adalah seperti anggaran gaji karyawan, anggaran operasional dan sebagainya yang rutin dikeluarkan dalam waktu 1 periode [15].

### 2.6.2 CAPEX *Fiber To The Home* (FTTH)

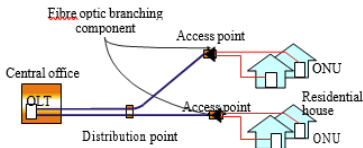
Perusahaan telekomunikasi harus menginstalasi komponen bercabang dari jaringan FTTH dengan tujuan untuk meminimalkan total anggaran, yang terdiri dari CAPEX dan OPEX berdasarkan peningkatan permintaan. Lokasi percabangan serat optik dan rasio split tergantung pada rencana teknik dan distribusi pemetaan local dan CAPEX maupun OPEX dipengaruhi oleh instalasi komponen yang bercabang, dan permintaan. Permintaan akan meningkat pesat dan akan terjadi di wilayah yang luas dalam tahap pertumbuhan Oleh karena itu, perusahaan telekomunikasi harus menentukan bentuk instalasi FTTH dengan bentuk komponen yang bercabang atau menggunakan split. Situs instalasi yang dijelaskan pada gambar 2.19, 2.20 dan 2.21 mungkin efektif dalam hal CAPEX karena memiliki percabangan. Namun, pada tahap awal mana permintaan kecil dan tersebar di wilayah yang luas, lokasi yang digambarkan pada gambar 2.18 mungkin lebih efektif dalam hal CAPEX daripada instalasi lainnya [16].



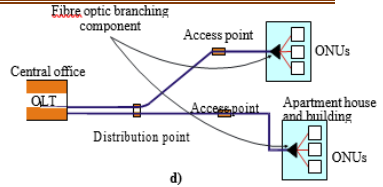
Gambar 2.18 Jaringan *point-to-point* dari kantor pusat [16]



Gambar 2.19 Jaringan dengan cabang 2 [16]

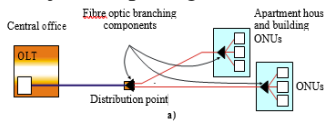


Gambar 2.20 Jaringan dengan cabang 4[16]



Gambar 2.21 Jaringan dengan cabang 6[16]

Oleh karena itu, perusahaan telekomunikasi juga harus mempertimbangkan dalam menggabungkan beberapa bercabang komponen instalasi situs, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini [16].



Gambar 2.22 Jaringan dengan cabang 6[16]

### 2.6.3 Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah selisih antara present value dari investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang. Untuk menghitung nilai sekarang perlu ditentukan tingkat bunga yang relevan [26].

Menghitung selisih nilai sekarang antara kas keluar (investasi) dengan kas masuk (pendapatan) per tahun, dijabarkan pada persamaan (2.8) [26].

$$NPV = \frac{CF1}{(1+i)^1} + \frac{CF2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{CFn}{(1+i)^n} - OI \quad (2.8)$$

Keterangan :

CF : Arus kas

i : Tingkat bunga

n : Umur proyek investasi

OI : Investasi Awal [27]

### 2.6.4 Payback Period (PBP)

Metode Payback Period pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) atau waktu yang diperlukan agar investasi mencapai kondisi pulang pokok [28]. Lamanya periode pengembalian (k) pada saat kondisi pulang pokok, dijabarkan pada persamaan (2.9)

$$K_{(PBP)} = \sum_{t=0}^n CFt \geq 0 \quad (2.9)$$

---

Keterangan :

K = Periode pengembalian.

CF<sub>t</sub> = *cash flow* period ke t.

Jika komponen *cash flow* benefit dan cost bersifat annual, maka persamaannya pada persamaan (2.10) [28].

$$K_{(PBP)} = \frac{\textit{Investasi}}{\textit{Annual Benefit}} \times \textit{periode waktu} \quad (2.10)$$