

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 PERBANDINGAN PENELITIAN SEKARANG DAN SEBELUMNYA

Penelitian Tugas Akhir ini merujuk pada beberapa penelitian Tugas Akhir maupun Skripsi. Adapun beberapa penelitian sebelumnya dengan kelebihan dan kekurangan dapat dilihat pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Referensi Penelitian

No.	Nama Pengarang	Judul Penelitian	Kelebihan dan kekurangan
1.	Muhammad Bima Putra	Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Building (FTTB) menggunakan Passive Optical Splitter Berbasis E-PON Pada Apartemen Easton Park Residence	Hasil yang didapatkan sesuai standar, namun masih menggunakan teknologi E-PON.
2.	Muhammad Fajar Nugraha	Perancangan Jaringan <i>Fiber To The Building</i> (FTTB) Berbasis GPON Di Gedung A <i>Apartement Newton</i>	Hasil yang didapatkan sesuai standar, namun tidak menampilkan hasil Margin daya dan <i>Bit Error Rate</i> .

Dalam Tugas Akhir ini, akan menggunakan teknologi GPON dengan menggunakan *software optisystem*. Serta menghitung parameter *power link budget*, *rise time budget* dan *bit error rate*, dengan menggunakan *bit rate* 2,4 Gbps.

#### 2.2 SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

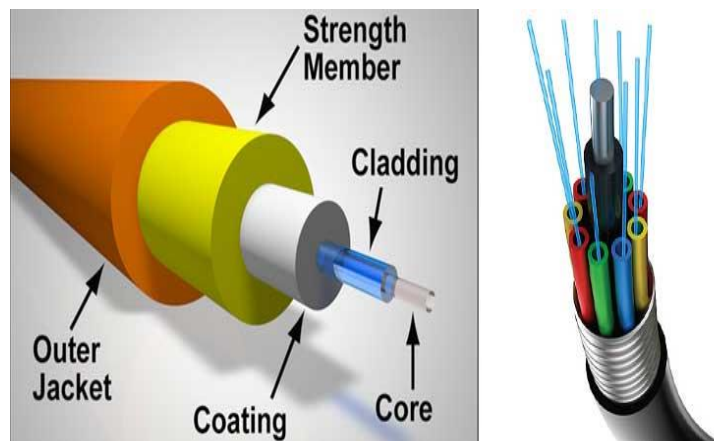
Suatu saluran transmisi yang menggunakan kaca atau plastik yang dapat melewatkan cahaya dari suatu tempat ke tempat yang lain serta mempunyai kecepatan transfer data yang tinggi disebut *fiber optic*. Sumber cahaya yang digunakan yaitu cahaya laser atau LED, dengan kecepatan transmisinya yang tinggi maka *fiber optic* sangat bagus dalam sistem komunikasi[1].

Kita sering mendengar istilah fiber optik ataupun serat optik ketika kita membahas mengenai sistem telepon, sistem televisi kabel, ataupun jaringan internet. Dalam pencitraan kedokteran dan pemeriksaan mesin-mesin mekanis juga dipergunakan. Serat optik merupakan helaian optik murni yang sangat tipis. Helaian tipis ini tersusun dalam bundelan yang dinamakan kabel serat optik[2].

Jaringan serat optik merupakan suatu jaringan yang menjadikan serat optik sebagai media penghantarnya. Jaringan serat optik terdiri dari berbagai elemen transmisi serat optik sehingga dapat digunakan untuk aliran berbagai jenis informasi. Dalam jaringan serat optik terdapat berbagai pilihan topologi jaringan yaitu *active star*, *linear bus* dan topologi *ring*. Pemilihan ketiga topologi tersebut harus disesuaikan dengan kebutuhan, geografis dan biaya yang ada[3].

### 2.2.1 Serat Optik

Kabel serat optik merupakan pipa yang berbentuk silinder yang terbuat dari kaca atau dari plastik atau juga kombinasi dari keduanya. Kabel ini dibuat untuk memandu jalannya cahaya dari ujung ke ujung yang lain. Pada dasarnya kabel serat optik ini memiliki susunan dari dua lapisan konsentris yang disebut inti dan pembungkus yang masing-masing memiliki perbedaan pada indeks bias. Inti memiliki indeks bias  $n_1$  dan pembungkus memiliki indeks bias  $n_2$ . Serat optik memiliki struktur dan komponen dengan fungsinya masing-masing, yaitu dapat dilihat dari gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komponen Fiber Optik[4]

a. *Core* (Inti)

*Core* adalah bagian utama yang berada di tengah kabel fiber yang terbuat dari serat kaca. Memiliki diameter sekitar 2-50  $\mu\text{m}$  (tergantung dari jenis serat optik). Ukuran *core* sangat berpengaruh besar terhadap kualitas serta kemampuan dari sebuah kabel *fiber optic* sendiri. Fungsi *core* yaitu

tempat berlangsungnya perambatan cahaya dari satu ujung ke ujung yang lainnya maka dapat dilakukan proses pengiriman cahaya.

b. *Cladding* (Jaket)

*Cladding* adalah lapisan yang menutupi *core* pada *fiber optic*. Bahan yang digunakan sama dengan *core* yaitu serat kaca. Diameter *cladding* yaitu 5-250  $\mu\text{m}$ . Memiliki fungsi yaitu sebagai pelindung *core* sekaligus menjadi cermin yang terpencar keluar kembali ke dalam *core*.

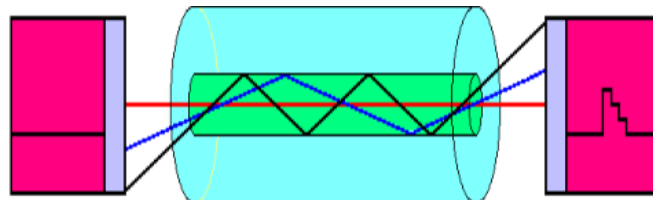
c. *Coating* (Mantel)

*Coating* yaitu bagian luar dari *fiber optic* yang terbuat dari bahan plastik. *Coating* memiliki fungsi yaitu untuk melindungi mekanis yang menjaga serat *optic* dari kerusakan yang dapat terjadi yang dikarenakan lengkungan kebel ataupun gangguan luar seperti kelembaban. Untuk memudahkan dalam penyusunannya, *cladding* memiliki beragam warna.

d. *Strength Member* dan *Outer Jacket*

*Strength Member* (material penguat) dan *Outer Jacket* (jaket luar) yaitu lapisan yang paling luar dari *fiber optic*. Memiliki fungsi sebagai pelindung yang menjaga kabel dari gangguan luar yang dapat menyebabkan kerusakan pada inti *fiber optic* yaitu *core*[5].

Prinsip kerja serat optik berdasarkan hukum *Snellius* yaitu jika seberkas sinar masuk pada suatu ujung serat optik (media yang transparan) dengan sudut kritis dan sinar itu datang dari medium yang mempunyai indeks bias lebih kecil dari udara menuju inti fiber optik (kuartz murni) yang mempunyai indeks bias yang lebih besar maka seluruh sinar akan merambat sepanjang inti (*core*) serat optik menuju ujung yang satu. Disini *cladding* (lihat gambar 2.2) berguna untuk memantulkan kembali cahaya kembali ke *core*[6].



Gambar 2.2 Perambatan cahaya pada serat optik yang lurus[7]

Perkembangan *fiber optic* pada akses jaringan dapat dicapai dalam beberapa cara. Salah satu cara yang banyak digunakan adalah dengan

mengacu kepada teknologi *Fiber To The Home* (FTTH), karena merupakan kombinasi yang *simple* antara *fiber optic* dan *twisted pair* atau kabel *coaxial*[6].

*Fiber optic* mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan yaitu sebagai berikut :

Kelebihan fiber optik :

1. Kecepatan transfer data dan sinyal yang lebih baik.
2. Ukuran serat optik lebih tipis dibandingkan dengan kabel tembaga biasa.
3. Tahan terhadap gangguan atau *noise* sinyal radio.
4. Dapat mentransmisikan sinyal cahaya lebih cepat, sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Kelemahan fiber optik :

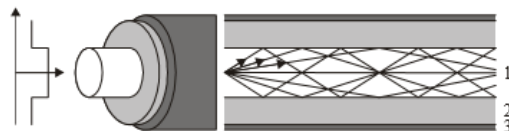
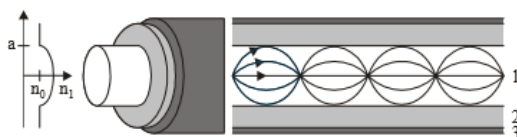
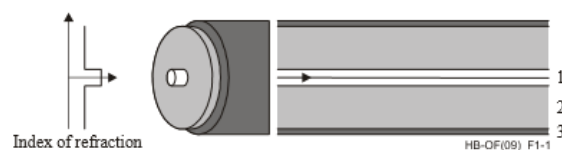
1. Harga kabel yang lebih mahal dibandingkan dengan tembaga.
2. Diperlukan alat yang khusus untuk proses instalasi kabel fiber optik yang berupa perangkat elektronik dengan biaya alat yang masih sangat mahal.
3. Penyambungan serat harus menggunakan teknik dan ketelitian yang tinggi.
4. Jika terjadi kerusakan, maka untuk perbaikan instalasi kabel jaringan fiber optik memerlukan tenaga yang ahli di bidang ini.
5. Tidak dapat diinstal pada jalur yang berbelok secara tajam atau menyudut, karena menggunakan gelombang cahaya.
6. Selain merupakan keuntungan, sifatnya yang tidak menghantarkan listrik juga merupakan kelemahannya, karena memerlukan alat pembangkit listrik eksternal[5].

### **2.3 JENIS SERAT OPTIK**

Berdasarkan jumlah mode yang dapat dilewatkan, serat optik dibagi menjadi 2 jenis secara umum yaitu serat optik jenis tunggal dan serat optik jenis ganda. Serat optik jenis tunggal berarti hanya mampu melewati satu mode saja. Hal ini disebabkan oleh ukuran intinya yang relatif kecil serta

kecilnya nilai beda indeks ( $\Delta$ ) antara inti dan cladding. Dengan hanya melewati satu mode saja berarti pada serat optik jenis tunggal ini tidak ditemukan dispersi modalseperti pada serat optik ganda. Hal ini berdampak positif terhadap penggunaan serat optik jenis tunggal karena juga berarti peningkatan bandwidth. Selain itu, baik dari segi *bandwidth* maupun jarak transmisi, serat optik jenis tunggal lebih unggul dibandingkan dengan serat optik jenis ganda, karena jarak transmisinya sangat jauh dan bandwidthnya juga besar.

Serat optik jenis ganda tidak memiliki keunggulan disegi *bandwidth* karena ada banyak mode yang dilewatkan oleh suatu serat optik sehingga kemungkinan untuk terjadi dispersi juga semakin besar yang mengakibatkan terjadi pelebaran pulsa. Serat optik jenis ganda memiliki dua jenis yaitu step index dan graded index. Perbedaan keduanya terletak pada keseragaman indeks bias[6]. Serat optik multimode adalah *waveguides* dielektrik yang dapat memiliki banyak mode propagasi. Cahaya pada mode ini mengikuti jalur yang dapat diwakili oleh sinar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, gambar 2.4 dan gambar 2.5, di mana daerah 1, 2 dan 3 masing-masing adalah inti, kelongsong dan lapisan. Kaca kelongsong memiliki indeks bias, parameter yang terkait dengan konstanta dielektrik, yang sedikit lebih rendah dari indeks bias kaca inti[11].

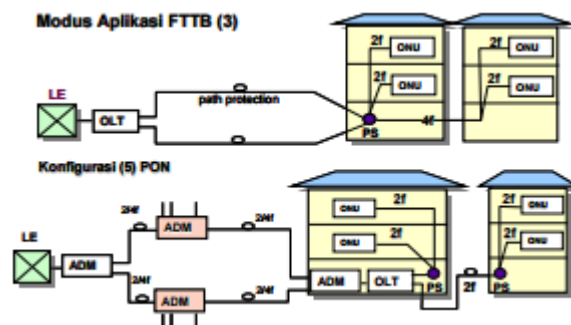
Gambar 2.3 *Step Index*[11]Gambar 2.4 *Graded Index*[11]Gambar 2.5 *Single Mode*[11]

## 2.4. ARSITEKTUR JARINGAN LOKAL AKSES FIBER

Sistem jarlokaf paling sedikit memiliki dua buah perangkat opto-elektronik yaitu satu perangkat optoelektronik di sisi sentral dan satu perangkat di sisi pelanggan selanjutnya disebut Titik Konversi Optik (TKO). Pada gambar 2.9 untuk arsitektur jarlokaf dapat dilihat perbedaan letak TKO menimbulkan modus aplikasi jarlokaf yang berbeda pula yaitu :

### a. *Fiber To The Building* (FTTB)

TKO terletak di dalam gedung dan biasanya terletak pada ruang telekomunikasi *basement*. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga *indoor*. FTTB dapat dianalogikan dengan Daerah Catu Langsung (DCL) pada jaringan akses tembaga seperti gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Konfigurasi jaringan FTTB[4]

### b. *Fiber To The Zone* (FTTZ)

TKO terletak di suatu tempat di luar bangunan, baik di dalam kabinet maupun *manhole*. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa kilometer. FTTZ dapat dianalogikan sebagai pengganti RK. Untuk jaringan FTTZ dapat dilihat pada gambar 2.7.

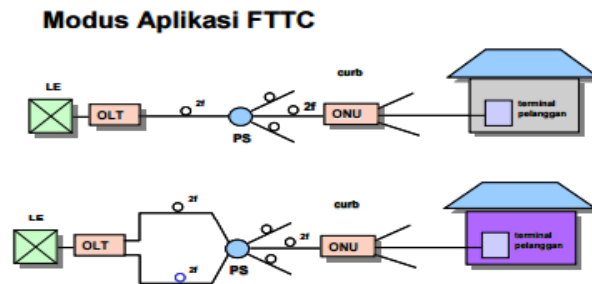
### Modus Aplikasi FTTZ



Gambar 2.7 Konfigurasi jaringan FTTZ[4]

c. *Fiber To The Curb* (FTTC)

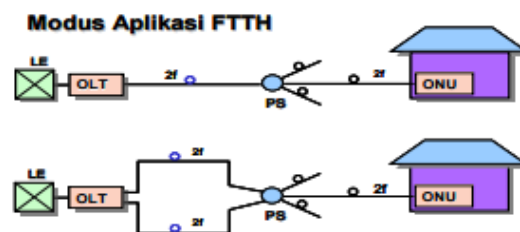
TKO terletak di suatu tempat di luar bangunan, baik di dalam kabinet, di atas tiang maupun *manhole*. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa ratus meter seperti gambar 2.8. FTTC dapat dianalogikan sebagai pengganti KP.



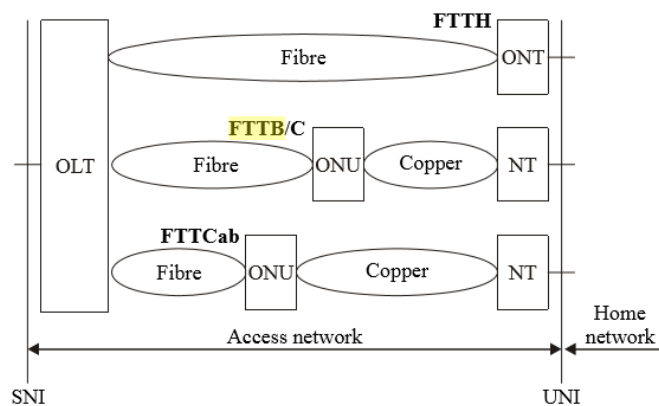
Gambar 2.8 Konfigurasi jaringan FTTC[4]

d. *Fiber To The Home* (FTTH)

TKO terletak di rumah pelanggan. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga *indoor* atau IKR hingga beberapa puluh meter. FTTH dapat dianalogikan sebagai pengganti Terminal Blok (TB)[6]. Untuk melihat konfigurasi jaringan FTTH pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Konfigurasi jaringan FTTH[4]



Gambar 2. 10 Arsitektur Jaringan Akses Fiber Optik[8].

Dalam tabel 2.2 berikut disebutkan beberapa perbedaan dari FTTH, FTTB, dan FTTC.

Tabel 2.2 Perbandingan teknologi FTTx[9]

Item Perbandingan	FTTH	FTTB	FTTC
Kapasitas ONU	1-4 Port	Puluhan	Ratusan
Jarak OLT ke ONU	< 20 km	< 20 km	5 km – 100 km
Jarak ONU ke <i>user</i>	0 – 20 m	<500 m	1 – 3 km
Bandwidth Per User	100 Mbps	100 Mbps	2 to 25 Mbps
Interface ONU	FE, POTS, WiFi, RF	FE, POTS, VDSL2, TDM	POTS, ADSL/ADSL2+, VDSL2
Tipe ONU	SFU	MDU	ONU (kapasitas Besar)

## 2.5 KEUNTUNGAN DAN KEGUNAAN FIBER OPTIK

Sebagai teknologi yang berkembang secara pesat di akhir abad ini, serat optik menjadi pilihan utama sebagai landasan komunikasi masa depan. Banyak perusahaan komunikasi yang menginvestasikan sebagian besar dananya untuk pengembangan sistem serat optik. Perbandingan serat optik dengan kawat logam (tembaga) biasa adalah sebagai berikut :

- a. Lebih murah, pembuatan kabel serat optik memerlukan bahan-bahan yang relatif murah.
- b. Lebih tipis, serat optik memiliki diameter lebih kecil dari kawat tembaga.
- c. Kapasitas muatan lebih besar, karena serat optik lebih tipis dari kawat tembaga dan lebih banyak serat yang dapat dibundel dari kabel tembaga sehingga bundelan serat memungkinkan membawa lebih banyak saluran telepon.
- d. Lebih kecil penurunan sinyal, kerugian sinyal cahaya pada serat optik lebih sedikit daripada kerugian sinyal listrik pada kawat tembaga.
- e. Sinyal cahaya, tidak seperti sinyal listrik dalam kawat tembaga, sinyal cahaya dari satu serat tidak tercampur (interferensi) dengan sinyal lain pada kabel serat yang sama. Ini memberikan hasil percakapan telepon atau gambar TV yang lebih jelas.
- f. Daya lebih sedikit, karena sinyal pada serat optik hanya berkurang sedikit, lebih sedikit daya transmitter listrik tegangan tinggi untuk kawat tembaga. Selain itu hal ini juga menghemat biaya.
- g. Sinyal digital, serat optik sangat ideal untuk membawa informasi digital, terutama jika digunakan dalam jaringan komputer.



- h. Tidak mudah terbakar, karena tidak ada listrik yang dilewatkan serat optik, maka tidak ada resiko kebakaran yang disebabkan oleh serat optik itu.
- i. Ringan, serat optik lebih ringan. Kabel serat optik memerlukan ruang penempatan (dalam tanah, tembok, lantai, dan sebagainya) yang lebih sedikit.
- j. Fleksibel, karena serat optik fleksibel dan dapat mentransmisikan dan menerima cahaya, serat optik banyak digunakan dalam *camera digital*, fleksibel untuk beberapa tujuan yaitu pencitraan medis dan mekanis[2].

## 2.6 FIBER TO THE BUILDING

*Fiber to The Building* adalah suatu Perancangan Sistem Komunikasi Optik yang terletak pada suatu gedung baik itu berupa Apartement, Hotel, dan Perkantoran. Suatu Titik Konversi Optik (TKO) terletak didalam gedung dan biasanya terletak pada ruang telekomunikasi di basement atau tersebar di beberapa lantai, terminal pelanggan dihubungkan dengan Titik Konversi Optik (TKO), serat mencapai batas Gedung, seperti di basement, lalu didistribusikan ke ruangan ruangan yang dilakukan melalui beberapa *alternative*[10].

Pada perancangan jaringan akses *Fiber To The Building* (FTTB) ada dua tipe kabel optik yang akan digunakan. Kedua kabel tersebut adalah kabel Feeder 2 core tipe G.652 (tabel 2.3) dan kabel Drop 2 core tipe G.657 (tabel 2.4). Berikut adalah spesifikasi dari kedua kabel tersebut[11].

Tabel 2.3 Spesifikasi Kabel Feeder G.652[11]

No.	Parameter	Spesifikasi	Unit
1.	1310 nm attenuation	$\leq 0,35$	dB/km
2.	1550 nm attenuation	$\leq 0,21$	dB/km
3.	1490 nm attenuation	$\leq 0,28$	dB/km

Tabel 2.4 Spesifikasi Kabel Feeder G.657[11]

No.	Parameter	Spesifikasi	Unit
1.	1310 nm attenuation	$\leq 0,35$	dB/km
2.	1381 nm attenuation	$\leq 0,31$	dB/km

Skenario FTTB dibagi menjadi dua sub-skenario, satu untuk *multi-dwelling units* (MDU) dan yang lainnya untuk aplikasi bisnis. Setiap skenario memiliki kategori layanan khusus:

- a. FTTB untuk MDU
  1. *Asymmetric data rate* layanan *broadband* (misalnya layanan siaran digital, VOD, *download file*, dan lain-lain).
  2. Layanan *broadband* data tingkat simetris (misalnya siaran konten, e-mail, pertukaran *file*, pembelajaran jarak jauh, *telemedicine*, *game online*, dan lain-lain.).
  3. POTS dan ISDN. Jaringan akses harus dapat menyediakan, dengan cara yang fleksibel, layanan telepon sempit dengan waktu yang tepat
  
- b. FTTB untuk bisnis
  1. Layanan *broadband* data tingkat simetris (misalnya perangkat lunak grup, penyiaran konten, *e-mail*, pertukaran *file*, dan lain-lain.)
  2. POTS dan ISDN. Jaringan akses harus dapat menyediakan, dengan cara yang fleksibel, layanan telepon sempit dengan waktu yang tepat.
  3. Garis pribadi Jaringan akses harus dapat menyediakan, dengan cara yang fleksibel, layanan jalur pribadi dengan berbagai tarif, tergantung pada kebutuhan pelanggan[8].

## 2.7 KOMPONEN PERANGKAT FIBER

Berdasarkan pada gambar segmentasi jaringan, maka dapat dijelaskan beberapa elemen perangkat yang dipakai dalam *Fiber To The Home*, yaitu :

- a. *Optical Distribution Cabinet* (ODC)

*Optical Distribution Cabinet* adalah suatu perangkat pasif yang diinstalasi diluar STO. ODC berfungsi sebagai tempat melakukan proses instalasi sambungan jaringan optik *single mode*.

Komponen-komponen yang ada dalam ODC yaitu:

1. *Cable tray*, suatu komponen yang digunakan untuk mengamankan, mengorganisasi, dan melindungi serat optik, *patch-cord*, *Pigtail*, *splitter*, dan digunakan dalam konteks manajemen kabel fiber.
2. *Parking lot*, suatu tempat terminasi sementara untuk konektor yang belum disambungkan.
3. *Slack storage*, suatu kompartemen yang digunakan untuk mengamankan ,mengorganisasikan, dan melindungi kelebihan kabel fiber.
4. *Splice tray*, suatu kompartemen untuk mengamankan, mengorganisasikan, dan melindungi sambungan fiber yang menggunakan teknik *splicing*, *splice* adalah sambungan antara dua serat optik.



Gambar 2.11 *Optical Distribution Cabinet (ODC)*[4]

b. *Optical Line Terminal (OLT)*

*Optical Line Terminal* adalah jenis perangkat aktif yang berfungsi merubah sinyal elektrik yang digunakan oleh perangkat *provider* menjadi sinyal *Fiber Optic* yang digunakan oleh jaringan PON, serta untuk proses *multiplexing* dengan perangkat.



Gambar 2.12 *Optical Line Terminal (OLT)*[12]

c. *Optical Distribution Point (ODP)*

*Optical Distribution Point* adalah suatu perangkat pasif yang memiliki fungsi sebagai terminasi kabel sebelum masuk ke dalam rumah pelanggan.



Gambar 2.13 *Optical Distribution Point (ODP)*[4]

d. *Splitter*

*Splitter* merupakan perangkat pasif dalam jaringan PON yang berfungsi untuk pencabangan dari satu saluran *Fiber Optic* menjadi beberapa saluran *Fiber Optic*[1]. *Splitter* memiliki sifat pasif karena tidak memerlukan sumber energi eksternal. Rugi-rugi atau kehilangan daya optik pada *splitter rasio*, biasanya dinyatakan dalam *decibel (dB)* dan ini terjadi terutama bergantung kepada jumlah keluaran dari *splitter* tersebut. Sebagai contoh, masukan sinyal optik dibagi rata di kaskade atau cabang-cabang. Misal

sebuah *splitter* 1:2 hanya memiliki dua cabang maka kemungkinan kehilangan sisipan (*insertion loss*) adalah 3 dB (50% pada setiap keluaran), jika pada *splitter* 1:4, maka akan ada dua cabang ditambah ke masing-masing kaki 1:2, kehilangan akan bertambah lagi 3 dB sehingga menjadi 6 dB; jika dalam *splitter* 1:8 dua cabang atau 1 : 2 split akan ditambah ke masing-masing kaki 1:4, sehingga kembali ditambah lagi 3 dB sehingga total kehilangan 9 dB, dan begitu seterusnya[13].



Gambar 2.14 *Splitter*[4]

Pada masing-masing jenis *splitter* memiliki besaran redaman yang berbeda, seperti tabel 2.5 sebagai berikut :

Tabel 2.5 Jenis *splitter*[13]

Jenis splitter	Besar redaman
1 : 2	3,70 dB
1 : 4	7,25 dB
1 : 8	10,38 dB
1 : 16	14,10 dB
1: 32	17,45 dB

e. *Roset*

*Roset* merupakan perangkat pasif yang diletakan didalam rumah pelanggan. *Roset* fungsinya sebagai titik terakhir terminasi dari kabel *drop Fiber Optic* tipe G 657.



Gambar 2.15 Roset[4]

f. *Optical Network Terminal (ONT)*

*Optical Network Terminal* merupakan perangkat aktif (Opto Elektrik) yang dipasang disisi pelanggan. Fungsi dari perangkat ini yaitu sebagai *interface* antara jaringan optik dengan pelanggan yang membutuhkan layanan data, suara, dan video[1].

Gambar 2.16 *Optical Network Terminal (ONT)*[4]

## 2.8 PASSIVE OPTICAL NETWORK

*Passive Optical Network* mendasarkan pada bentuk arsitektur *point-to-multipoint*. PON merupakan sistem akses fiber optik yang memiliki biaya efektif dan menyediakan layanan *broadband*, suara, video, data dan servis lainnya yang biasanya disebut dengan *Next Generation Play Network* (NGPN). Metode akses yang digunakan pada PON salah satunya adalah *Time Division Multiplexing Access* (TDMA). Pada arah *downstream*, sinyal TDM dari OLT memuat semua informasi pelanggan dalam slot yang ditentukan dan

disebarkan ke semua ONU yang terhubung oleh OLT. Pada arah *upstream*, sinyal optik dari setiap ONU ditransmisikan secara sinkron dengan metode TDMA untuk menghindari tabrakan, karena jarak antara OLT dan semua ONU berbeda-beda. Adapun teknologi PON memiliki beberapa jenis, seperti APON (ATM PON), BPON (*Broadband* PON), EPON (*Ethernet* PON), dan GPON (*Gigabit* PON) yang mengantarkan *bandwidth gigabit* persekon sedangkan menawarkan biaya rendah dan tahan uji[10].

PON tidak menggunakan komponen daya listrik untuk membagi sinyal. Sebaliknya, sinyal didistribusikan menggunakan beam splitters. Tiap splitter membagi fiber menjadi 16, 32 atau 64 fiber, tergantung dari pembuatan, dan beberapa splitter dapat di satukan dalam satu tempat atau cabinet. Splitter dapat membagi fiber satu sampai 32 kali dengan konsekuensi bahwa semakin besar pembagian fiber maka semakin besar pula loss data terjadi. Oleh karena itu, penggunaan splitter dibatasi karena akan berpengaruh terhadap kinerja dari jaringan[9].

### **2.8.1 ATM PON (APON)**

APON adalah standar yang dikeluarkan ITU-T dan diratifikasi tahun 1998 dengan standar G.983.1. APON menggunakan ATM sebagai transport protokolnya dan didukung servis dengan 622 Mbps pada *downstream* dan 155 Mbps pada *upstream* serta menggunakan 32-64 *splitter* dan jarak maksimum 20 km.

### **2.8.2 *Broadband* PON (BPON)**

Setelah adanya penambahan standar G.983.3, APON kemudian diganti namanya menjadi *Broadband* PON (BPON). Perubahan nama menjadi BPON untuk mendeskripsikan bahwa sistem BPON menawarkan layanan *broadband service* yang terdiri dari akses internet, distribusi video dan layanan *high speed lease line*. BPON tetap menggunakan ATM sebagai transport protokolnya namun memiliki performa yang lebih dengan 1,2Gbps pada *downstream* dan 622 Mbps pada *upstream*.



### 2.8.3 Ethernet PON (EPON)

EPON merupakan standar IEEE 802.3ah yang diselesaikan pada tahun 2004. EPON menggunakan enkapsulasi *ethernet* untuk *transport* data pada jaringan. EPON beroperasi dengan 1,25 Gbps pada arah *downstream* maupun *upstream*, menggunakan pengkodean 8B/10B dengan melebihi batasan maksimal di 20. EPON juga bisa disebut *Gigabit Ethernet PON (GE-PON)*. Ini menjelaskan bahwa jaringan fibernya menggunakan metode WDM yang beroperasi pada panjang gelombang 1490nm *downstream* dan 1310 *upstream*. EPON meninggalkan *window open* 1550nm untuk servis lain seperti video analog.

### 2.8.4 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

*Gigabit Passive Optical Network (GPON)* adalah teknologi jaringan akses local fiber optik berbasis PON yang distandardisasi oleh ITU-T (*ITU-T G.984 series*). Pada GPON, sebuah atau beberapa OLT, *interface* sentral dengan jaringan fiber optik, dihubungkan dengan beberapa ONU, *interface* pelanggan dengan jaringan serat optik, menggunakan pasif *optical distribution network (ODN)*, seperti *splitter*, *filter*, atau perangkat pasif *optic* lainnya. GPON mampu memberikan layanan dengan kecepatan 2,4 Gbps secara simetris (*upstream* dan *downstream*) atau 1,2 Gbps untuk *downstream* dan 1.2 Gbps untuk *upstream*[14].

## 2.9 PRINSIP DASAR GPON

Prinsip kerja dari GPON yaitu ketika data atau sinyal dikirimkan dari OLT, maka ada bagian yang bernama *splitter* yang berfungsi untuk memungkinkan serat optik tunggal dapat mengirim ke berbagai ONT. Untuk ONT sendiri akan memberikan data-data dan sinyal yang diinginkan oleh *user*. Pada prinsipnya, *Passive Optical Network* adalah sistem *point to multipoint*, dari *fiber* ke arsitektur *premise network* dimana *unpowered optical splitter (splitter fiber)* serat optik tunggal. Arsitektur sistem GPON berdasarkan pada *Time Division Multiplexing (TDM)* sehingga mendukung layanan T1, E1, dan DS3. ONT mempunyai kemampuan untuk mentransmisikan data di 3 mode *power*.



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[15]. Meskipun GPON dilihat sebagai teknologi yang mature dan menyediakan kapasitas yang cukup untuk beberapa tahun yang akan datang. Konfigurasi GPON dapat dilihat ada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Sistem GPON[4]

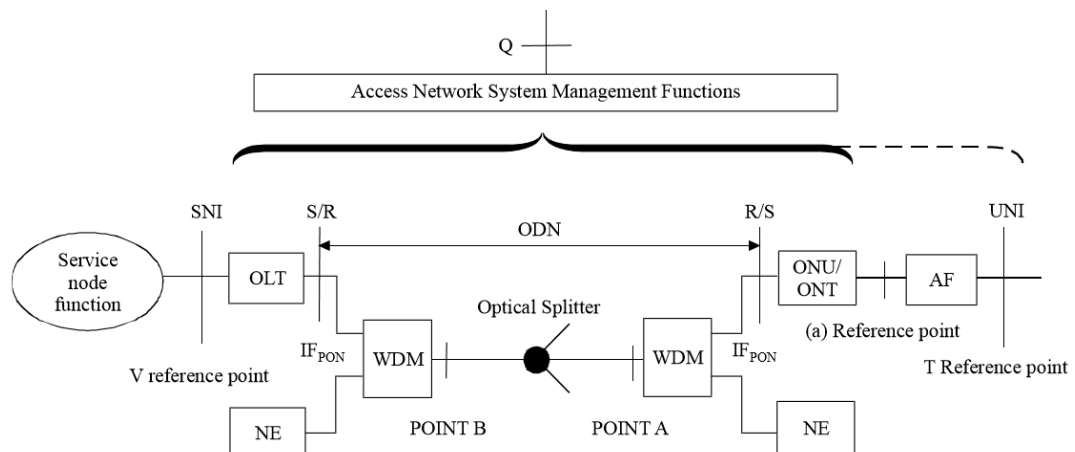
Konfigurasi sistem GPON pada dasarnya dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu OLT, ODN, dan ONT/ONU, OLT menyediakan antarmuka antara sistem *Passive Optical Network* (PON) dengan PT.Telkom (*service provider*) video,data dan suara. ODN merupakan jaringan optik antara OLT sampai perangkat ONU/ONT. ODN menyediakan sarana transmisi optik OLT terhadap pelanggan dan sebaliknya. Teknologi GPON terus melakukan pengembangan dan antisipasi atas kebutuhan baik service maupun integrasi untuk masa yang akan datang. Berikut adalah tabel 2.6 dengan standar dari teknologi GPON[9].

Tabel 2.6 Standar dari Teknologi GPON[15]

Karakteristik	GPON
<i>Standardization</i>	ITU-T G.984
<i>Frame</i>	ATM /GEM
<i>Speed Upstream</i>	1.2 G / 2.4 Gbps
<i>Speed downstream</i>	1.2 G / 2.4 Gbps
<i>Service</i>	Data, Voice, Video
<i>Transmission Distance</i>	10 km / 20 km
<i>Number of Branches</i>	64

Karakteristik	GPON
<i>Wavelength Up</i>	1310 nm
<i>Wavelength Down</i>	1490 nm
<i>Splitter</i>	<i>Passive</i>

Seperti dikatakan di atas, sistem G-PON dicirikan, secara umum, oleh sistem penghentian jalur optik (OLT) dan unit jaringan optik (ONU) atau penghentian jaringan optik (ONT) dengan jaringan distribusi optik pasif (ODN) yang menghubungkannya. Secara umum, hubungan *point-to-multipoint* antara OLT dan ONU. Bagian optik dari sistem jaringan akses lokal dapat bersifat aktif atau pasif, dan *arsitektur*nya bisa berupa *point-to-point* atau *point-to-multipoint*. Arsitektur yang pada dasarnya ditujukan *Fibre To The Cabinet* (FTTCab), *Fibre To The Curb* (FTTC), *Fibre To The Building* (FTTB) dan *Fiber To The Home* (FTTH). Konfigurasi referensi untuk G-PON ditunjukkan pada Gambar 2.18[8].



Gambar 2.18 Konfigurasi referensi untuk G-PON[8]

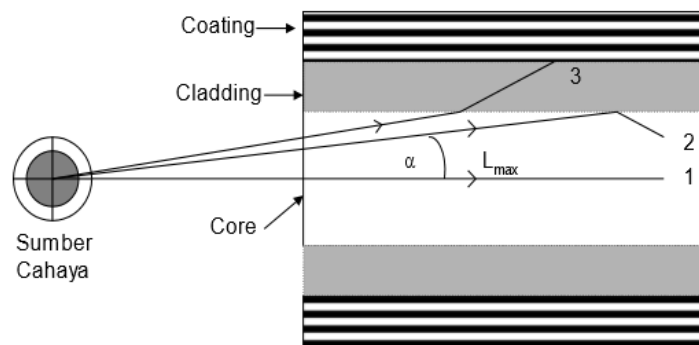
Keterangan pada gambar 2.18

ONU	= <i>Optical Network Unit</i>
ONT	= <i>Optical Network Terminal</i>
ODN	= <i>Optical Distribution Network</i>
OLT	= <i>Optical Line Termination</i>
WDM	= <i>Wavelength Division Multiplex Module</i> (Jika WDM tidak digunakan, fungsi ini tidak diperlukan)
NE	= <i>Network Element</i> yang menggunakan panjang gelombang berbeda dari OLT dan ONU
AF	= <i>Adaptation Function</i>

SNI	= <i>Service Node Interface</i>
UNI	= <i>User Network Interface</i>
S	= Arahkan ke serat optik tepat setelah titik koneksi optik OLT ( <i>downlink</i> )/ONU ( <i>uplink</i> ) (yaitu, <i>optical connector</i> atau <i>optical splice</i> )
R	= Arahkan ke serat optik tepat sebelum titik koneksi optik ONU ( <i>downlink</i> )/OLT ( <i>uplink</i> ) (yaitu, <i>optical connector</i> atau <i>optical splice</i> )
(a) <i>Reference point</i>	= Jika AF termasuk dalam ONU, titik ini tidak diperlukan.
POINT A/B	= Jika WDM tidak digunakan, titik-titik ini tidak diperlukan.

## 2.10 PRINSIP KONDUKTIVITAS CAHAYA DI DALAM KABEL OPTIK

Serat optik terdiri dari tiga lapisan yaitu *core*, *cladding*, dan *coating* dapat dilihat pada gambar 2.1. *Core* merupakan inti serat optik dimana cahaya merambat, *cladding* berfungsi sebagai pemantul cahaya agar cahaya terkumpul dalam *core*, dan *coating* merupakan lapisan pelindung. Sumber cahaya ditempatkan sebelum serat optik, yang akan mengirim berkas ke segala arah. Seperti ditunjuk pada gambar 2.19, berkas cahaya 1 dalam kondisi propagasi ideal, karena berkas tersebut merambat sepanjang sumbu serat tanpa mengalami pemantulan atau pembiasan.



Gambar 2.19 Konduktivitas Cahaya[16]

Berkas cahaya 2 dipantulkan secara total, karena sudut datang pada permukaan dari interface lebih besar dari sudut kritis antara *cladding* dan *core*. Berkas seperti berkas cahaya 2 akan berpropagasi melalui serat dengan memantul pada bagian atas dan bawah permukaan interface (antara inti dan selubung).

Sudut datang berkas cahaya 3 lebih kecil dari sudut kritis antara *cladding* dan *core*, dan tidak dipantulkan (direfleksikan). Berkas ini akan

dibiaskan dan akan menembus melalui permukaan yang dibentuk antara inti dan selubung. Berkas ke 3 akan diserap oleh pembungkus dan tidak akan memberikan kontribusi di dalam kabel.

Untuk membawa sebanyak mungkin energi melalui serat, sangat penting membundel berkas cahaya pada sumber cahaya. Sebagian besar berkas cahaya pada sumber cahaya yang dikirimkan akan seperti berkas cahaya 1 atau berkas cahaya 2 dan oleh karena itu sebagian energi akan dikirim ke lokasi lain. Cahaya dapat berpropagasi dengan jalan yang berbeda melalui serat (seperti berkas 1, 2, dan 3). Perbedaan jalan tersebut dinamakan mode serat optik. Ketebalan dari inti menentukan jumlah dari mode serat optik[17].

## **2.11 LINE CODING**

Hal yang harus diperhatikan saat proses perencanaan jaringan serat optik adalah mengenai format sinyal optik yang ditransmisikan. Alasan mengapa harus diperhatikan karena pada praktiknya, setiap data optik digital di sisi *Rx* harus bisa menarik seluruh informasi dari sinyal optik yang datang dengan peaktu yang tepat. Kode biner adalah *line coding* yang digunakan untuk transmisi serat optik. *Line coding* digunakan pada serat optik antara lain *Non-return-to zero* (NRZ) dan *return-to zero* (RZ)

### **2.11.1 Kode NRZ**

*Bandwidth* kode NRZ sering digunakan sebagai referensi untuk kode grup-grup lainnya. Kode NRZ yang paling sederhana adalah NRZ-Level (NRZ-L). Untuk sebuah aliran data, sebuah sinyal hidup mati (unipolar) dipresentasikan sebagai 1 jika meleati sebuah tegangan pulsa atau cahaya yang dimasukan pada seluruh periode *bit*, dan 0 dimana tidak ada pulsa yang ditransmisikan. Kode-kode itu mudah dihasilkan dan dikodekan tetapi mereka tidak memiliki *error detection* yang baik atau kemampuan mengoreksi dan mempunyai *self clocking*.

### **2.11.2 Kode RZ**

Pada kode RZ, deretan *bit* yang akan ditransmisikan dikodekan dengan bit 1 dinyatakan oleh pulsa positif dan bit 0 dinyatakan dengan pulsa negatif.

Untuk setiap kali *bit*, level sinyal akan kembali pada level nol (sehingga disebut dengan *return to zero*). RZ memiliki keunggulan yaitu sederhana, sedangkan kelemahan yang dimiliki oleh RZ adalah *bandwidth* yang diperlukan lebar karena level sinyal berubah lebih cepat daripada laju *bit*. Kode RZ diterapkan pada komunikasi yang sederhana[18].

## 2.12 PARAMETER PENGUJIAN

Suatu sinyal optik yang ditransmisikan didalam serat optik tentu akan mendapat pengaruh dari berbagai aspek. Pengaruh tersebut akan mengakibatkan adanya pelemahan daya sinyal sebagai konsekuensi dari adanya daya yang hilang (*loss*) pada sinyal transmisi tersebut. Rugi-rugi daya ini dapat terjadi baik karena keadaan serat optik tersebut ataupun akibat perlakuan dari luar terhadap serat optik tersebut, terutama pada penyambungan. Rugi-rugi daya secara umum terdiri dari atenuasi kabel ( $\alpha$ ) dB/km, rugi-rugi akibat penyambungan seperti rugi konektor, maupun *splice*. Adapun hal-hal yang menyebabkan rugi-rugi daya terutama atenuasi adalah fenomena-fenomena seperti pembelokan, pembengkokan, absorpsi, maupun hamburan. Dengan adanya pelemahan daya ini tentunya akan merubah besar daya yang dikirim dengan data yang diterima. Untuk itu diperlukan perhitungan untuk menghitung besarnya rugi-rugi yang dapat terjadi dalam saluran agar sinyal masih dapat diterima dengan baik. Perhitungan link budget atau power budget menjadi salah satu pertimbangan penting dalam perencanaan jaringan serat optik. Tujuan dilakukannya perhitungan *power budget* adalah untuk menentukan apakah komponen dan parameter disain yang dipilih dapat menghasilkan daya sinyal di penerima sesuai dengan tuntutan persyaratan perfomansi yang diinginkan serta untuk melakukan proses evaluasi secara rutin.

Perhitungan power budget dilakukan berdasarkan keadaan jaringan seperti :

- a. Daya minimum transmiitter ( $P_S$ ) (dBm)
- b. Sensitivitas minimum receiver ( $P_R$ ) (dBm)
- c. Atenuasi ( $\alpha$ ) (dB/km)

- d. Rugi-rugi penyambungan seperti rugi konektor (*Lossconn*) dan splice (*Loss splice*) (dB)
- e. Margin saluran (*Loss margin*)(dB)
- f. Jarak sambungan (*l*) (km)
- g. Jumlah konektor dan splice[7]

### 2.12.1 Link Power Budget

*Link Power Budget* dihitung sebagai syarat agar *link* yang kita rancang dayanya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. Untuk menghitung *Link Power Budget* dapat dihitung dengan persamaan 2.1, 2.2, 2.3 [15] :

$$\alpha_{total} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + \alpha_{sp} \quad (2.1)$$

$$Pr_x = P_{tx} - \alpha_{total} - SM \quad (2.2)$$

$$M = (P_{tx} - Pr_x) - \alpha_{total} - SM \quad (2.3)$$

Dengan :

$P_t$  = Daya keluaran sumber optik (dBm)

$P_r$  = Sensitivitas daya detektor (dBm)

$L$  = Panjang serat optik (km)

$SM$  = *Safety margin*, berkisar 6-8 dB

$N_c$  = Jumlah konektor

$\alpha_{total}$  = redaman total sistem (dB)

$S_p$  = Redaman *Splitter* (dB)

$\alpha_{serat}$  = Redaman serat optik (dB/km)

$M$  = Margin daya (dB)

$\alpha_s$  = Redaman sambungan(dB)

Margin *daya* disyaratkan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol), margin daya adalah daya yang masih tersisa dari power transmit setelah dikurangi dari loss selama proses pentransmisian, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai sensitifitas *receiver*[14].

### 2.12.2 Rise Time Budget

*Rise Time Budget* merupakan metode untuk menentukan batasan disperse suatu *link* serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisis *system* transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Pada umumnya degradasi total waktu transisi dari *link* digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit *Non-return-tozero* (NRZ) atau 35 persen dari satu periode bit untuk data *return-to-zero* (RZ). Satu periode *bit* didefinisikan sebagai resiprokal dari *data rate*. Untuk menghitung *Rise Time Budget* dapat dihitung dengan persamaan 1.4 [15] :

$$t_{\text{total}} = (t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{intramodal}}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} \quad (2.4)$$

Dengan =

$t_{\text{tx}}$  = *Rise time transmitter* (ns)

$\Delta\sigma$  = Lebar Spektral (nm)

$t_{\text{rx}}$  = *Rise time receiver* (ns)

L = panjang serat optik (km)

$t_{\text{intermodal}}$  = bernilai nol (serat single mode)

$t_{\text{intramodal}}$  =  $\Delta\sigma \times L \times D_m$

$D_m$  = Dispersi Material (ps.nm.km)

*The transmitter rise time* ( $t_{\text{tx}}$ ) berasal dari sumber cahaya serta rangkaian pembangkitnya dan untuk *The receiver rise time* ( $t_{\text{rx}}$ ) berasal dari perolehan respon *photodetector* dan 3dB *electric bandwidth* dari *receiver front rise time*. [18]

### 2.12.3 Bit Error Rate

*Bit Error Rate* (BER) merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Sensitivitas merupakan daya optik minimum dari sinyal yang datang pada *bit error rate* yang dibutuhkan. Kebutuhan akan BER berbeda-beda pada setiap aplikasi, sebagai contoh pada aplikasi komunikasi membutuhkan BER bernilai  $10^{-10}$  atau lebih baik, pada beberapa komunikasi data membutuhkan BER bernilai sama atau lebih baik dari  $10^{-12}$ .

BER untuk *system* komunikasi optik sebesar  $10^{-9}$ . Faktor-faktor yang mempengaruhi BER antara lain *noise*, interferensi, distorsi, sinkronisasi bit, redaman, *multipath fading*, dan lain-lain[14].

#### 2.12.4 Q Factor

Seringkali faktor Q digunakan sebagai pengganti BER. Sebenarnya, semakin rendah nilai referensi BER, semakin sulit untuk memverifikasi kinerja receiver, karena memerlukan waktu yang panjang. Dua pendekatan telah diusulkan untuk mengatasi masalah ini. Dengan menggunakan panjang tertentu dari operasi *bit error* untuk menetapkan probabilitas tertentu dari tingkat kesalahan berada dibawah tingkat yang dipersyaratkan. Jumlah bit error yang dibutuhkan (n) dapat ditemukan sebagai berikut :

$$n = \frac{\log(1-C)}{\log(1-PE)} \quad (2.5)$$

dimana [8]:

C : required confidence level (misalnya 0,95 untuk kepercayaan 95%)

$P_E$  : persyaratan BER

Hubungan antara Q factor dengan BER adalah

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right) \quad (1.6)$$

Di mana erfc merupakan fungsi error dengan rumus [19] :

$$\operatorname{erfc}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (1.7)$$

#### 2.13 OPTISYSTEM

*Optisystem* adalah suatu *software* atau perangkat lunak yang komperhensif untuk memudahkan pengguna merencanakan, menguji, dan mensimulasikan tautan serat optik di lapisan transmisi jaringan optik *modern*. Pada *software optisystem* (dapat dilihat pada gambar 2.19) ini dapat diketahui performansi *power link budget*, *rise time budget*, BER, *Q factor* dan lain-lain.[20]



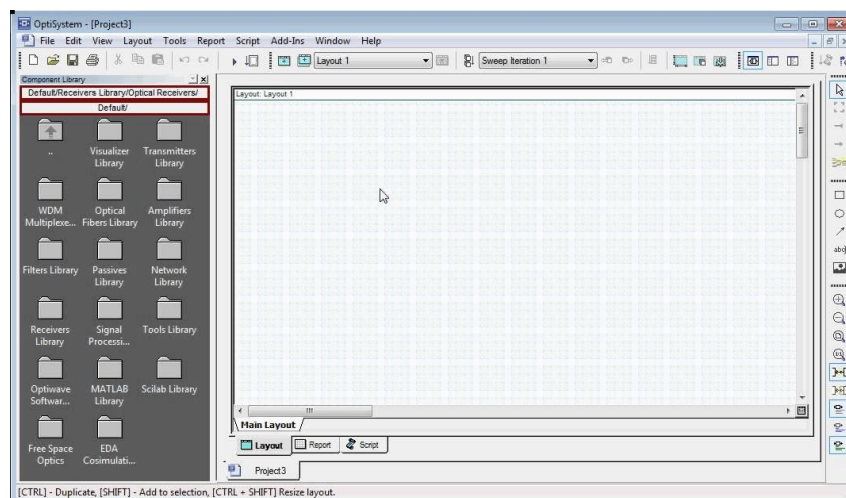
Gambar 2.20 Logo Optisystem[16]



*Optisystem* merupakan suatu simulator yang berbasis pada pemodelan *system* komunikasi optik yang bersifat nyata. *Optisystem* memiliki basis *Graphical User Interface* (GUI) yang menyeluruh yang terdiri dari *layout project*, komponen jaringan, model komponen dan tampilan grafik. *Library Optisystem* terdiri dari komponen aktif dan pasif yang tergantung kepada parameter *wavelength*.

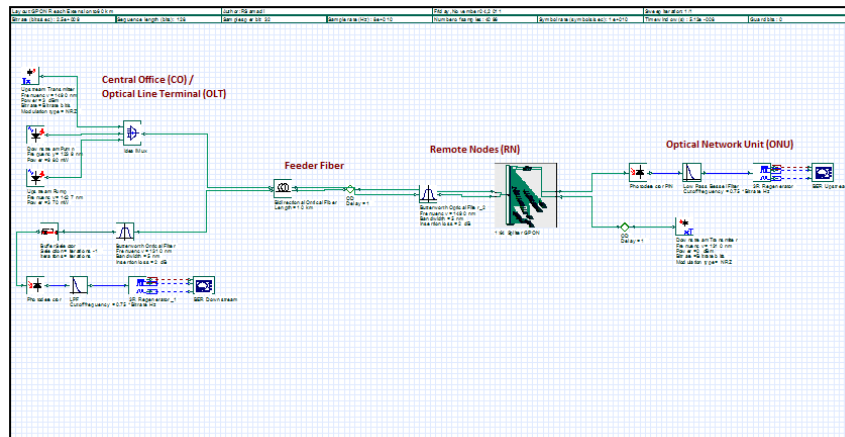
Dalam pensimulasian jaringan fiber optik dari ISP ke *enduser* melalui *OptiSystem*, pemodelan akan dilakukan dengan menggunakan *software optisystem*. Hal ini dilakukan karena *optisystem* merupakan perangkat lunak yang komprehensif yang memungkinkan kita untuk mendesain, menguji, dan mensimulasikan jaringan *optic*.

Selain itu, *Optisystem* dilengkapi dengan instrumen virtual sehingga kita bisa melakukan penelitian tanpa terkendala oleh ketersediaan peralatan. Untuk tampilan utama pada *software optisystem* dapat dilihat pada gambar 2.21 sebagai berikut :



Gambar 2.21 Tampilan awal *software Optisystem*[16]

Misalnya suatu sistem FTTH dapat kita simulasikan pada *software optisystem* ini. Ruas jaringan yang ada pada jaringan dapat diilustrasikan sebagai komponen yang mewakilinya, seperti pada gambar 2.22 berikut.



Gambar 2.22 Ruas Jaringan FTTH dalam *Optisystem*. [16]