

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Kabel Serat Optik

Serat optik merupakan salah satu media transmisi komunikasi optik yang cukup handal. Dipilihnya alternatif ini karena serat optik mempunyai beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh media transmisi yang lain. Sesudah tahun 1970, ketika mulai terdapat serat optik dengan redaman lebih kecil dari 20 dB/km, perkembangan semakin dipacu. Dengan bahan-bahan dasar yang makin murni dan teknik pembuatan yang makin teliti, koefisien redaman dapat mencapai kurang dari 5 dB/km [4].

Serat optik mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan media transmisi yang lain, antara lain sebagai berikut [4]:

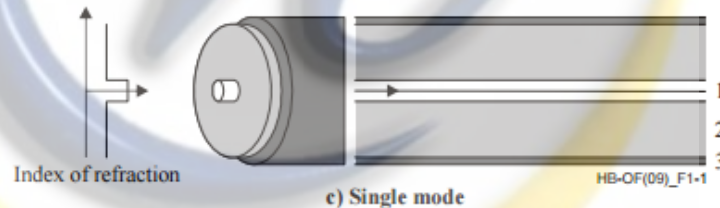
1. Memiliki *bandwidth* yang sangat lebar. Dalam sistem digital dapat mencapai orde gigahertz, sehingga mampu membawa informasi yang sangat besar.
2. Ukuran sangat kecil dan murah, sehingga mudah dalam penanganan dan instalasi.
3. Isyarat cahaya tidak terpengaruh oleh derau listrik maupun medan magnetis.
4. Isyarat dalam kabel serat terjamin keamanannya.
5. Karena dalam serat tidak terdapat tenaga listrik, maka tidak akan terjadi ledakan maupun percikan api. Di samping itu serat tersebut tahan terhadap gas beracun, bahan-bahan kimia, dan air, sehingga cocok bila ditanam di bawah tanah.
6. Susutan sangat rendah, sehingga memperkecil jumlah sambungan dan jumlah pengulang (*repeater*). Yang pada gilirannya akan menurunkan biaya.

Disamping beberapa kelebihan yang dimiliki, serat optik juga mempunyai beberapa kekurangan. Kelemahan serat optik ini antara lain [4]:

1. Sukar membuat terminal pada kabel serat.
2. Tidak seperti pada kawat logam, penyambungan serat harus, menggunakan teknik serta ketelitian yang tinggi.

2.1.1 *Singlemode Fiber (SMF)*

Serat optik *singlemode* memiliki *core* yang kecil dan memiliki hanya satu jalur cahaya. Perbedaan antara indeks bias *core* dan *cladding* sangat kecil. SMF memiliki kapasitas yang lebih besar untuk mentransmisikan informasi karena dapat mempertahankan akurasi jumlah cahaya untuk jarak tempuh yang lebih besar dan tidak menunjukkan penyebaran cahaya yang disebabkan oleh beberapa mode. Atenuasi serat SMF juga lebih rendah bila dibandingkan dengan MMF. Kekurangan dari serat jenis ini adalah diameter *core* yang kecil yang membuat menyambungkan cahaya ke dalam *core* lebih sulit, pembangunan yang sulit dan biaya yang relatif mahal [5].

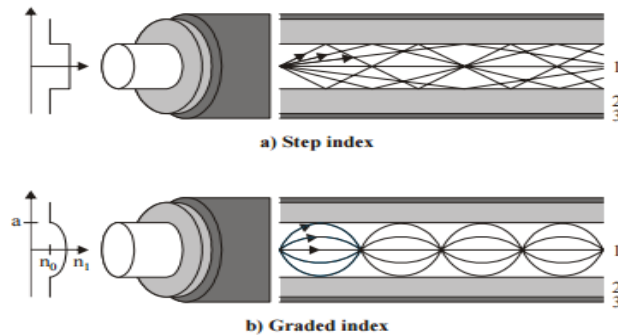


Gambar 2. 1 Indeks Bias *Singlemode Fiber Optic* [6]

2.1.2 *Multimode Fiber (MMF)*

Multimode fiber memiliki diameter *core* dan indeks bias relatif lebih besar daripada *singlemode fiber* dan memungkinkan sejumlah besar cahaya melewatinya. Ukuran *core* kabel *multimode* secara umum adalah berkisar antara 50 sampai dengan 100 mikrometer. Biasanya ukuran NA yang terdapat di dalam kabel *multimode* pada umumnya adalah berkisar antara 0,20 hingga 0,29. NA atau *numerical aperture* adalah ukuran kemampuan sebuah serat untuk menangkap cahaya, juga dipakai untuk mendefinisikan *acceptance cone* dari sebuah serat optik. Jenis serat optik

Multimode dapat dikategorikan menjadi dua macam yaitu serat optik *multimode step index* dan serat optik *multimode graded index* [5].



Gambar 2. 2 Indeks Bias *Multimode Fiber Optic* [6]

2.2 Deskripsi Jaringan FTTH

Fiber to The Home (FTTH) merupakan jaringan akses berbasis serat optik (*ibre-based*), yang menghubungkan para pengguna (*end-users*) dalam jumlah besar ke titik pusat yang dikenal sebagai *node* akses atau *Point of Presence* (POP). Setiap *node* akses berisi perangkat transmisi elektronik yang diperlukan untuk menyediakan aplikasi dan layanan ke pengguna melalui serat optik. Setiap *node* akses / POP didalam lingkup kota besar atau daerah, terhubung ke jaringan *fiber optic* yang lebih besar di setiap perkotaan biasanya di kota metropolitan [7].

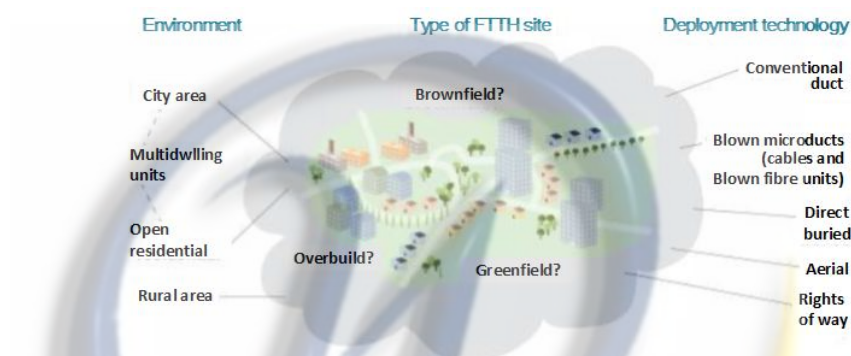
Jaringan akses sendiri dapat menghubungkan beberapa hal seperti berikut :

1. Antena jaringan nirkabel, misalnya wireless LAN atau WiMax.
2. BTS jaringan seluler.
3. Pengguna di *Single Family Units* (SFUs) dan *Multi-Dwelling Units* (MDUs).
4. Bangunan-bangunan besar seperti sekolah, rumah sakit, dan perkantoran.
5. Penggunaan untuk pengawasan seperti CCTV, alarm dan alat kontrol keamanan lainnya.

Jaringan FTTH juga dapat digunakan di area atau akses jaringan yang lebih luas.

2.2.1 Ruang Lingkup Jaringan FTTH

Penerapan jaringan FTTH yang lebih dekat dengan pengguna membutuhkan infrastruktur yang dirancang khusus untuk jaringan FTTH itu sendiri yang dibangun diatas tanah milik pribadi dan atau tanah milik umum (pemerintah) [7].



Gambar 2. 3 Ruang Lingkup FTTH

Lingkungan jaringan fisik FTTH seara umum dapat dibagi menjadi:

1. Perkotaan
2. Perumahan
3. Pedesaan
4. Tipe bangunan – perumahan retail atau *Multi Dwelling ONUs* MDUs.

Lingkungan fisik jaringan tidak hanya ditinjau dari kepadatan penduduk dan tempat tinggal (per km²), tetapi juga kondisi di suatu negara juga harus diperhitungkan.

Kontur suatu lokasi menjadi faktor penting dalam menentukan kelayakan desain arsitektur jaringan. Tipe-tipe kontur tersebut antara lain [7] :

1. **Greenfield** – area baru dimana pembangunan jaringan dan gedung dilakukan secara bersamaan.

2. **Brownfield** – area dimana gedung sudah berdiri namun infrastruktur yang ada masih di standar yang rendah.
3. **Overbuild** – penambahan pada infrastruktur yang sudah ada.

2.2.2 Arsitektur FTTx

Variasi arsitektur jaringan dasar tergantung pada jumlah serat, posisi *splitter* dan titik agregasi. Untuk memilih arsitektur jaringan yang baik sering menimbulkan pertimbangan khususnya dalam penentuan pemilihan operator, bisnis dan teknis sebagai prioritasnya dalam persaingan di dunia telekomunikasi yang semakin ketat.

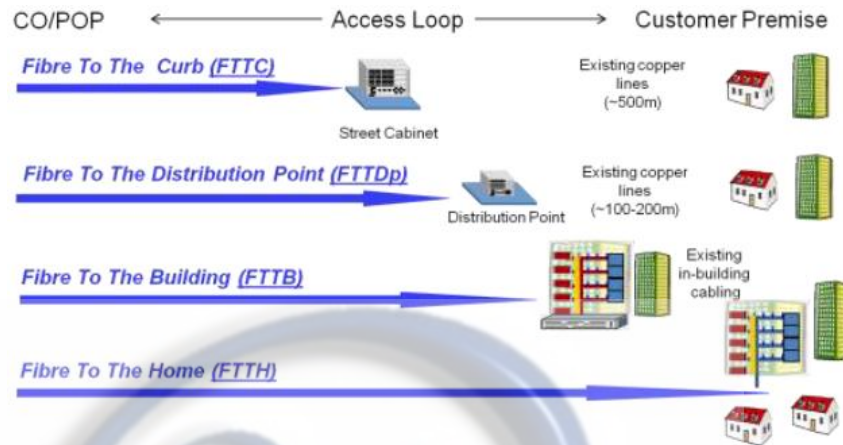
Fiber to The Home (FTTH) - Setiap pengguna terhubung dengan serat optik melalui *port* pada peralatan di POP, atau ke *passive optical splitter*, menggunakan *feeder fiber* yang terbagi ke POP dan transmisi 100BASE-BX10 atau 1000BASE-BX10 untuk teknologi Ethernet atau GPON (Epon) teknologi dalam konteks *point-to-multipoint* topologi [7].

Fiber to The Building (FTTB) - Setiap *Optical Termination Box* (OTB) yang berada di gedung (biasanya terletak di *basement*) terhubung oleh serat optik di peralatan di POP, atau ke *optical splitter* menggunakan *feeder fiber* yang terbagi ke POP. Hubungan antara pengguna dan gedung tidak harus menggunakan serat optik tetapi dapat diganti dengan tembaga atau kabel UTP untuk jalur yang bersifat vertikal [7].

Fiber to The Curb (FTTC) - Setiap switch atau akses DSL *multiplexer* (DSLAM) terhubung ke POP melalui serat optik tunggal atau sepasang serat, yang membawa *aggregated traffic* dari area terdekat melalui koneksi *Gigabit Ethernet* atau *10 Gigabit Ethernet*. Switch dalam kabinet tidak harus serat optik tetapi dapat berupa tembaga menggunakan VDSL2 atau VDSL2 *Vectoring*. Arsitektur ini dapat disebut *Ethernet Active* karena membutuhkan elemen jaringan yang aktif di suatu area [7].

Fiber to The Distribution Point (FTTDp) - Menghubungkan POP ke *Distribution Point* melalui serat optik, kemudian dari *Distribution Point* ke pengguna melalui infrastruktur tembaga yang ada. *Distribution Point* dapat berupa gorong-gorong, kotak terminasi pada tiang atau terletak di

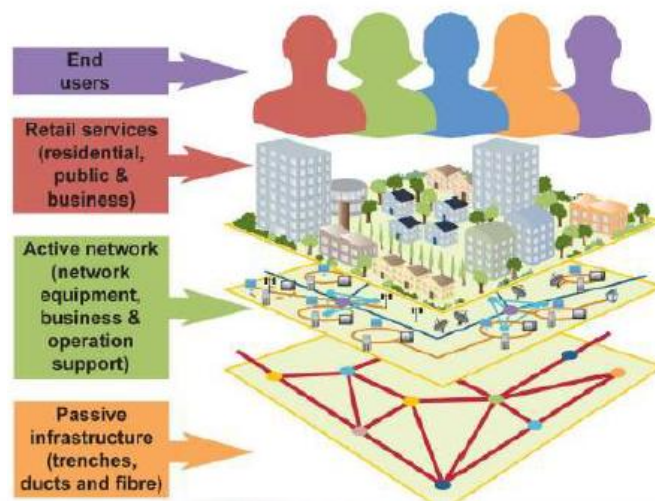
ruang bawah tanah sebuah bangunan. Arsitektur ini bisa mendukung VDSL atau teknologi G.Fast untuk jarak dekat, biasanya kurang dari 250 m [7].



Gambar 2. 4 Tipe Jaringan FTTx

2.2.3 Network Layer

Sebuah jaringan FTTH dapat terdiri dari sejumlah lapisan yang berbeda, yaitu infrastruktur pasif (yang melibatkan *duct*, serat, *closure* dan sebagainya), jaringan yang aktif menggunakan peralatan listrik, layanan ritel menyediakan konektivitas internet dan IPTV, dan banyak *end-users*. Lapisan tambahan juga dapat berupa: lapisan konten, yang terletak di atas lapisan layanan ritel dan *end-users* [7].



Gambar 2. 5 Lapisan Jaringan FTTH

Struktur teknologi ini menjelaskan cara jaringan FTTH ini diatur dan dioperasikan. Sebagai contoh [7]:

Passive Infrastructure melibatkan unsur fisik yang diperlukan untuk membangun jaringan serat optik. *Passive Infrastructure* termasuk serat optik, saluran, *duct* dan tiang, *closure*, *Optical Distribution Frames* (ODF), *Optical Termination Box* (OTB), dan sebagainya.

Active Network mengacu pada perangkat jaringan elektronik yang dibutuhkan oleh infrastruktur pasif agar dapat berfungsi. Komponen yang mempengaruhi lapisan ini antara lain desain, bangunan, dan operasional perangkat aktif jaringan.

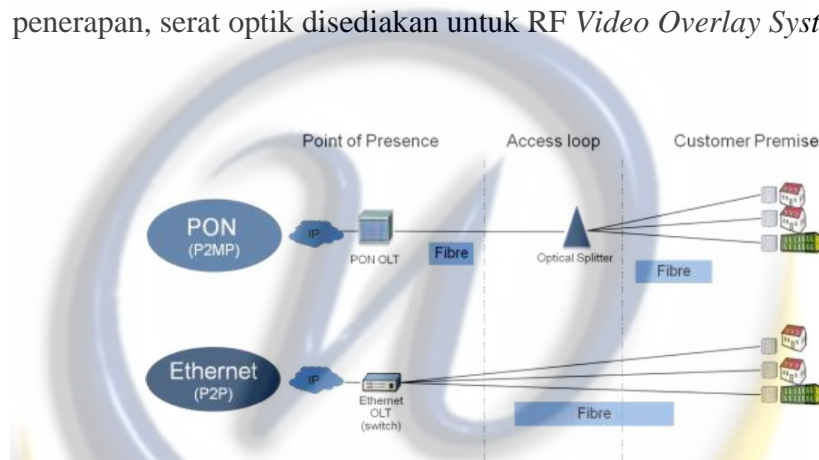
Retail Service menggunakan lapisan pasif dan aktif dalam satu tempat. Lapisan ini berbasis konektivitas internet dan layanan lainnya, seperti IPTV dikemas dan disajikan kepada pengguna. Selain menyediakan dukungan teknis, lapisan ini juga harus memperhatikan kebutuhan pengguna, strategi pemasaran, dan layanan kepada pelanggan.

Setiap lapisan jaringan memiliki fungsinya masing-masing. Penyedia jaringan bertanggung jawab atas *layer* pertama. Operator jaringan memiliki perangkat aktif, sementara untuk layanan ritel sendiri disediakan oleh *Internet Service Provider* (ISP) [7].

2.3 *Passive Optical Network (PON)*

Penggunaan *Passive Optical Network (PON)* P2MP dan Ethernet P2P telah diterapkan di berbagai belahan dunia. Pemilihan peralatan tergantung dari banyak variabel termasuk demografi dan segmentasi geografis, spesifikasi parameter penerapan, dan sebagainya. Secara khusus, solusi yang dipilih sangat tergantung pada kemudahan infrastruktur pasif mana yang akan diterapkan [7].

Dalam *Multi-Dwelling Unit (MDU)*, hubungan antara *end-users* dan switch dapat terdiri dari tembaga atau serat optik. Dalam beberapa penerapan, serat optik disediakan untuk *RF Video Overlay System* [7].



Gambar 2. 6 Perbedaan Arsitektur Jaringan FTTH [7]

Pengembangan *Full Service Access Network (FSAN)* berdasarkan studi kasus dan kebutuhan teknis, yang kemudian ditetapkan dan disahkan sebagai standar oleh *International Telecommunication Union (ITU)*. Standar ini termasuk UPON, BPON, GPON dan XG-PON. GPON dapat menyediakan 2.5Gbps bandwidth *downstream* dan 1.25Gbps *upstream* dengan perbandingan 1: 128. XG-PON dapat menyediakan 10Gbps *downstream* dan 2.5Gbps *upstream* sampai dengan 128 pengguna [7]. Berikut adalah tabel standarisasi jenis teknologi PON.

Tabel 2. 1 Standarisasi Teknologi PON [8]

| Parameter | BPON | EPON | GPON | XGPON | 10G-EPON |
|--------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| Standard | ITU-T G.983 | IEEE 802.3ah | ITU-T G.984 | ITU-T G.987 | IEEE 802.3av |
| Downstream Bitrate | 622 Mbps | 1,25 Gbps | 2,5 Gbps | 10 Gbps | 10 Gbps |
| Upstream Bitrate | 155 Mbps | 1,25 Gbps | 1,25 Gbps | 2,5 Gbps | 10 Gbps |

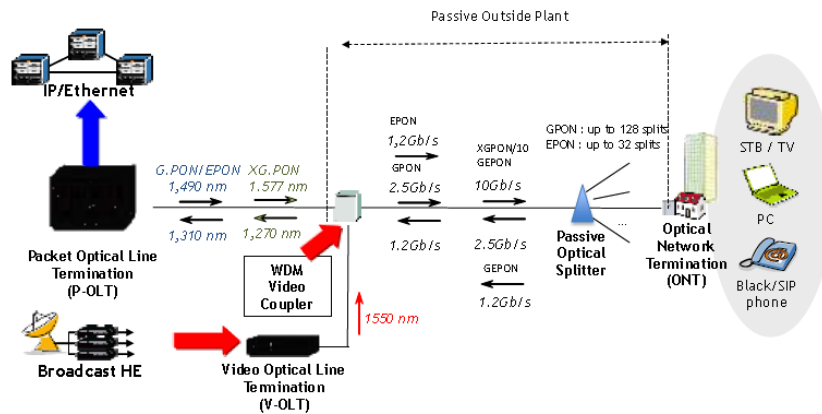
2.4 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

GPON adalah teknologi jaringan akses lokal *fiber optic* berbasis PON yang distandardisasi oleh ITU-T G.984. Pada GPON, sebuah atau beberapa OLT, *interface* sentral dengan jaringan *fiber optic*, dihubungkan dengan beberapa ONU, *interface* pelanggan dengan jaringan serat optik, menggunakan pasif *Optical Distribution Network* (ODN), seperti *splitter*, *filter*, atau perangkat pasif optik 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* [7].

Tabel 2. 2 Spesifikasi GPON [9]

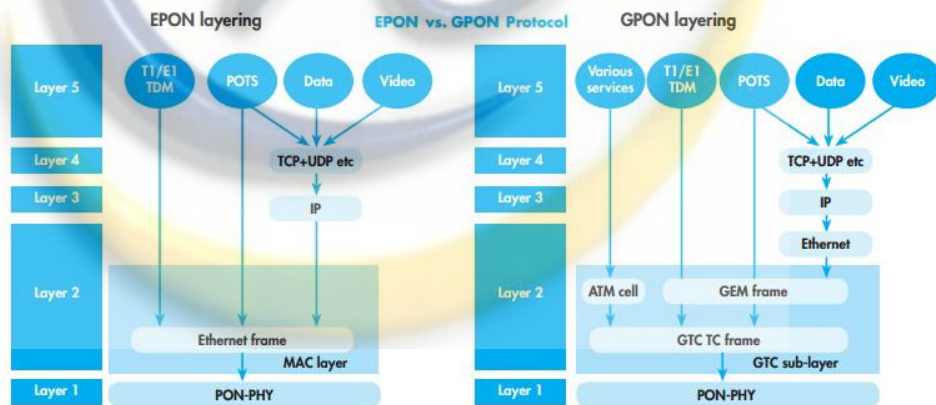
| Parameter | GPON |
|-----------------------|--------------------------------------|
| Standard | ITU-T G.984 |
| Downstream Bitrate | 155, 622 Mb/s, 2.5 Gb/s |
| Upstream Bitrate | 155, 622 Mb/s, 2.5 Gb/s |
| Downstream Wavelength | 1490 |
| Upstream Wavelength | 1310 |
| Protocol | Ethernet over ATM/IP or TDM |
| Video | RF at 1550 or IP at 1490 |
| Max Pon Splits | 64 |
| Power Budget | ~13dB (min) to 28dB (max) w/32 split |
| Coverage | <60 km |

Secara logikal jangkauan dari OLT ke ONT sejauh 60 km. Sedangkan secara fisikal jangkauan GPON dari OLT ke ONT adalah 20 km [10]. Adapun skema diagram GPON seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2. 7 Skema Diagram Teknologi GPON

Perbedaan terbesar antara GPON dan EPON adalah pada arsitekturnya. Epon mempekerjakan komponen tunggal pada layer 2 network yang menggunakan IP untuk membawa data, voice, dan video. Sementara GPON menyediakan tiga komponen pada layer 2 network, antara lain ATM untuk voice, Ethernet untuk data, dan enkapsulasi untuk voice [11].



Gambar 2. 8 Model Layering GPON dan EPON

2.4.1 Komponen GPON

Passive Optical Network (PON) adalah point-to-multipoint serat optik yang terbagi untuk arsitektur jaringan lokal yang dimana splitter optik tanpa daya digunakan untuk mengaktifkan satu serat optik untuk melayani beberapa titik tempat, biasanya 64-128 node. Passive Optical

Network biasanya pasif, dalam arti bahwa jaringan tersebut menggunakan sebuah *splitter* optik pasif sederhana dan penggabung untuk transportasi data. Sebuah PON mengambil keuntungan dari *Wavelength Division Multiplexing* (WDM), menggunakan salah satu panjang gelombang untuk lalu lintas *downstream* dan satu lagi untuk *upstream* (ITU-T G.652) [8].

2.4.2 *Optical Line Terminal (OLT)*

Optical Line Terminal (OLT) adalah unsur utama dari jaringan dan biasanya ditempatkan di *Local Exchange* dan mesin di dalamnya yang menggerakkan sistem FTTH. Fungsi yang paling penting OLT adalah penjadwalan lalu lintas, kontrol buffer dan alokasi bandwidth. OLT biasanya beroperasi menggunakan listrik DC pleonastis (-48VDC) dan memiliki setidaknya 1 *line card* untuk internet, 1 *system card* untuk konfigurasi on-board, dan 1 *card* untuk banyak *card* GPON. Setiap *card* GPON terdiri dari sejumlah port-port GPON [8].

2.4.3 *Optical Splitter*

Splitter optik membagi kekuatan sinyal. yaitu masing-masing *link* (serat) memasuki splitter dapat dibagi menjadi beberapa jumlah serat keluar dari splitter dan biasanya ada tiga tingkat serat atau lebih yang bersesuaian dengan dua tingkat splitter atau lebih. Hal ini memungkinkan masing-masing serat dapat berbagi oleh banyak pengguna. Karena daya yang membelah sinyal akan dilemahkan namun struktur dan sifatnya tetaplah sama. Splitter optik pasif harus memiliki karakteristik sebagai berikut [8]:

1. Rentang panjang gelombang operasi yang luas
2. Insersi loss yang rendah dan keseragaman dalam kondisi apapun
3. Dimensi minimal
4. Keandalan yang tinggi
5. Mendukung kedayatahanan jaringan dan kebijakan perlindungan

2.4.4 *Optical Network Terminal (ONT)*

Optical Network Terminal (ONT) adalah perangkat aktif yang ditempatkan di kediaman pelanggan. ONT-ONT terhubung ke OLT melalui serat optik dan tidak ada unsur-unsur aktif yang digunakan di jalurnya (*link*) [8].

Dalam GPON, *transceiver* dalam ONT adalah sambungan fisik antara kediaman pelanggan dan kantor pusat OLT. Modul *triplexer* WDM memisahkan tiga panjang gelombang yaitu 1310nm, 1490nm dan 1550nm (untuk layanan CATV). Penerimaan data ONT yaitu pada 1490nm dan mengirimkan semburan lalu lintas data di 1310nm. Video Analog diterima pada 1550n. *Media Access Controller (MAC)* mengontrol lalu lintas mode semburan upstream secara tertib dan memastikan bahwa tidak ada tumbukan yang terjadi karena transmisi data upstream dari rumah-rumah yang berbeda [8].

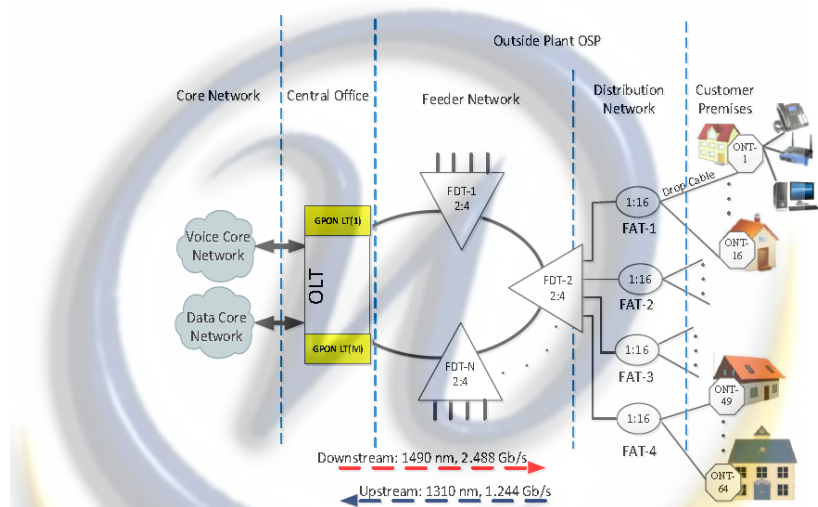
Terdapat konverter serat-tembaga yang menyediakan konektor RJ11, RJ45, dan F-Series untuk perangkat apapun. Perangkat ini tersedia dalam bermacam-macam konfigurasi dan kepadatan port hingga 24 port. ONT dapat digunakan pada *outdoor* dan *indoor*, memberikan POE atau non-POE, 10/100/1000, enkripsi AES, dan dapat mencakup kedayatahan baterai pada saat kondisi mati listrik [8].

GPON menggunakan *Dynamic Bandwidth Allocation* yang fungsinya mengalokasikan bandwidth secara dinamis tergantung pada jumlah paket yang tersedia di T-CONT. Setelah OLT membaca jumlah paket yang menunggu di T-CONT, OLT tersebut memberikan besar *bandwidth*. Jika tidak ada paket menunggu di T-CONT, maka OLT memberikan bandwidth untuk T-CONT lain yang memiliki paket menunggu di T-CONT. Jika ONT memiliki antrian panjang, OLT dapat memberikan akses ke beberapa T-CONTs pada ONT tersebut [8].

2.4.5 *Arsitektur GPON*

GPON memiliki topologi *tree* untuk memaksimalkan cakupan area dengan percabangan jaringan yang minim, sehingga mengurangi daya

listrik optik. Sebuah jaringan akses FTTH terdiri dari lima daerah, yaitu area *Core Network*, *Central Office*, *Feeder Network*, *Distribution Network* dan *user area*. Dalam sebuah area jaringan *Core Network* tidak dianggap sebagai bagian dari jaringan akses FTTH. Arsitektur jaringan di sini menggunakan pencabangan dua tingkat antara kantor pusat dan lokasi pengguna dengan pencapaian rasio pencabangan hingga 1:64. Jarak antara OLT dan ONT dapat lebih dari 20 km tergantung pada perhitungan total daya optik yang tersedia, yang mana adalah faktor dari laser port OLT dan perhitungan total *loss* [8].



Gambar 2. 9 Arsitektur Jaringan Akses FTTH GPON

2.4.5.1 FTTH Core Network

Core Network atau jaringan inti FTTH yang terdiri dari perangkat Internet Service Provider (ISP). Umumnya terdiri dari *Broadband Remote Access Server* (BRAS) dan server *Authentication, Authorization, and Accounting* (AAA), *Public Switched Telephone Network* (PSTN), dan perangkat penyedia TV kabel [8].

2.3.5.2 Central Office

Fungsi utama dari kantor pusat adalah sebagai induk dari OLT dan ODF serta sebagai penyedia daya yang diperlukan pada jaringan optik.

Terkadang juga termasuk beberapa atau bahkan seluruh komponen *core network* [8].

2.4.5.3 FTTH Feeder Network

Area *feeder* menjangkau mulai dari ODF yang berada di kantor pusat hingga ke titik distribusi. Pada titik ini, berbentuk lemari di tepi jalan, yang disebut *Fiber Disruption Frame* (FDT) mana *splitter* tingkat-1 biasanya ditempatkan. Kabel *feeder* biasanya dihubungkan sebagai topologi cincin mulai dari sebuah *port* GPON dan diakhiri ke *port* GPON lainnya seperti yang ditunjukkan di Gambar 2.5 untuk memberikan proteksi *link*, dan menggunakan *splitter* Level-1 dengan rasio split dari 2:4. Jenis *splitter* seperti itu memungkinkan *feeder* terhubung ke 2 buah *port* GPON dari satu sisi dan mensuplai total dari 4 kabel distribusi dari sisi lain. Kabel serat optik tersambung antara kantor pusat dan *splitter* tingkat-1 disebut *Fiber Level-1* [8].

2.4.5.4 FTTH Distribution Network

Kabel distribusi menghubungkan *splitter* tingkat-1 (dalam FDT) dengan *splitter* tingkat-2. *Splitter* Level-2 biasanya induk dalam kotak terpasang di tiang yang disebut *Fiber Access Terminal* (FAT) biasanya ditempatkan di jalur masuk lingkungan. Dalam desain berdasarkan makalah ini rasio *splitter* tingkat-2 adalah 1:16, yang berarti setiap FAT melayani 16 rumah. Kabel *fiber* tersambung antara *splitter* Tingkat-1 dan *splitter* tingkat-2 disebut *Fiber Tingkat-2* [8].

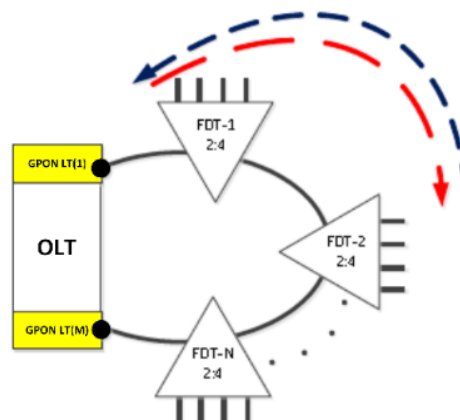
2.4.5.5 User Area

Di daerah pengguna, kabel *drop* atau *Fiber Tingkat-3*, digunakan untuk menghubungkan *splitter* tingkat-2 yang berada di dalam FAT ke tempat pelanggan. Kabel *drop* memiliki hitungan serat lebih sedikit dan rentang panjang hingga 100 meter. Kabel *drop* dirancang dengan bersifat fleksibel, ringan, diameter yang lebih kecil, kemudahan akses dan terminasi *fiber*. Untuk kemudahan pemeliharaan, biasanya kabel *drop*

udara berujung di pintu masuk dari rumah pelanggan melalui sebuah *Terminal Box* (TB), maka kabel *drop* dalam ruangan menghubungkan TB ke *Access Terminal Box* (ATB) yang terletak di dalam rumah. Terakhir *patch cord* menghubungkan ONT ke ATB [8].

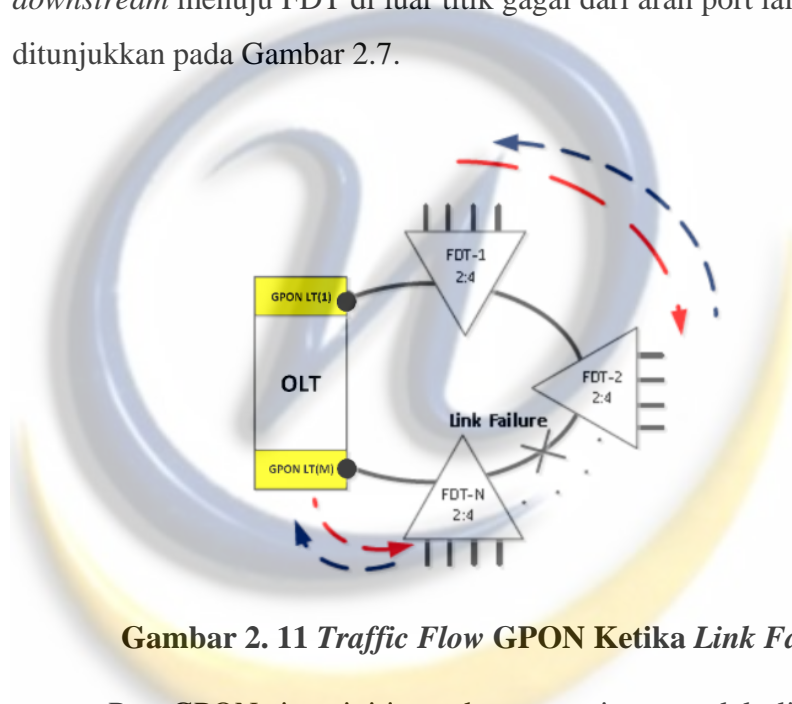
2.5 Traffic Flow GPON

Data ditransmisikan dari OLT ke ONT di *downstream* sebagai paket *broadcast* dan sebagai *Time Division Multiplexing* (TDM) di *upstream*. Panjang gelombang dari data downstream adalah 1490 nm, layanan suara dan data dari jaringan inti diangkut melalui jaringan optik mencapai OLT dan didistribusikan ke ONT-ONT melalui jaringan FTTH dengan cara pencabangan daya. Setiap rumah pelanggan menerima paket yang ditentukan melalui ONT tersebut. Arus *upstream* merupakan data transmisi dari ONT ke OLT. Panjang gelombangnya adalah 1310 nm. Jika sinyal-sinyal dari ONT yang berbeda tiba di *input splitter* pada waktu dan panjang gelombang yang sama yaitu pada 1310nm, dapat menghasilkan superposisi dari sinyal ONT berbeda ketika mencapai OLT. Oleh karena itu TDMA digunakan untuk menghindari interferensi sinyal dari ONT-ONT tersebut. Dalam TDMA, slot waktu akan disediakan untuk setiap pengguna sesuai dengan permintaan untuk transmisi paket mereka masing-masing. Pada *splitter* optik, paket tiba secara berurutan dan lalu mereka digabung dan dikirim ke OLT [8].



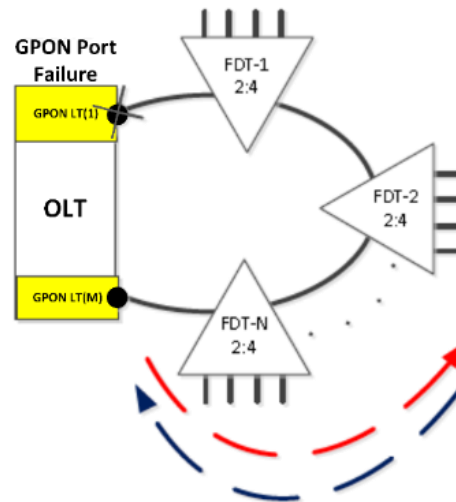
Gambar 2. 10 Traffic Flow GPON Secara Normal

Jalur *backup* atau proteksi jaringan akses FTTH merupakan poin penting untuk menjaga agar aliran data masih tetap mengalir. Dalam hal ini adalah menyediakan redundansi terhadap kesalahan atau kerusakan baik dari jalur *feeder* atau *port* GPON. Dalam jenis proteksi ini, setiap bentangan optik di kabel feeder terhubung ke dua *port* GPON di OLT. Salah satu *port* dikonfigurasi sebagai *port* aktif dan yang lain sebagai *port* siaga. Gambar 2.6 menunjukkan arah lalu lintas arus secara normal, setelah kegagalan di bentangan fiber terjadi, OLT secara otomatis mengaktifkan port GPON siaga untuk mem-*broadcast* salinan lalu lintas *downstream* menuju FDT di luar titik gagal dari arah port lain seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 11 Traffic Flow GPON Ketika Link Failure

Port GPON siaga ini juga akan menerima arus lalu lintas upstream dari bagian feeder yang terisolasi. Gambar 2.8 menggambarkan situasi ketika port GPON yang aktif itu sendiri mengalami kegagalan, dalam hal ini OLT otomatis mengalihkan sinyal optik ke jalur perlindungan melalui port GPON siaga [8].



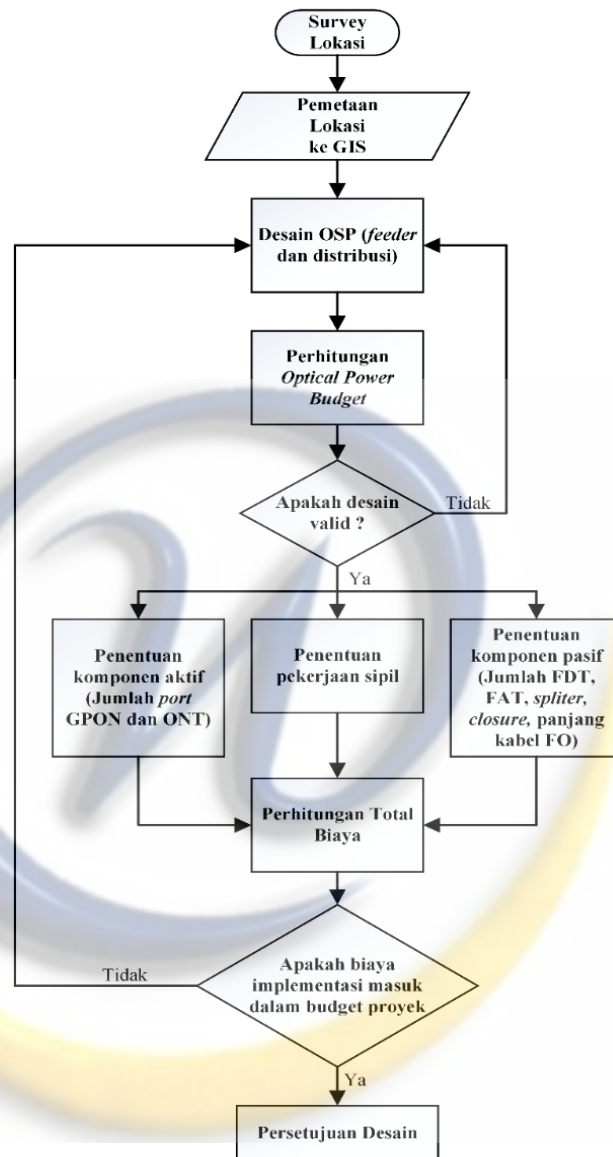
Gambar 2. 12 *Traffic Flow GPON Ketika Port Failure*

2.6 Desain Jaringan Akses FTTH GPON

Desain jaringan akses FTTH adalah satu hal yang cukup menantang, dikarenakan perlu memperhitungkan bermacam-macam faktor termasuk ukuran, biaya, dan skalabilitas. Tidak ada model standar dalam jaringan akses FTTH yang sebagai penunjang kelangsungan hidup jaringan akses sangat tergantung pada kepadatan pelanggan (pelanggan per km^2) dan struktur permukiman, sehingga pemodelan harusnya mengandalkan bentuk struktur permukiman, negara tertentu, dan hasil yang diperoleh tergantung pada negara masing-masing [8].

Untuk merancang *Outside Plan* (OSP), perencanaan *desktop* tidak akan berhasil, karena setiap sumber disurvei secara fisik dan kemudian direncanakan sesuai dengan pengetahuan dan pengalaman. Selanjutnya dilakukan pemetaan lokasi berdasarkan *Geographic Information System* (GIS). Standar internasional tidak dapat diterapkan karena setiap negara memiliki faktor tanah sendiri yang unik. Jalur termal atau jalur bekuan tanah harus dipertimbangkan untuk mengidentifikasi titik di bawah tanah di mana suhu tanah sekitarnya harus tetap konstan (tidak terlalu dingin atau panas) sehingga memungkinkan keadaan suhu konstan untuk penyusupan kabel FO. Faktor penting lain yang harus ditangani adalah

untuk menentukan kedalaman dan jenis bahan pengurukan yang diperlukan untuk mengurangi efek getaran tanah [8].



Gambar 2. 13 Langkah Desain Jaringan Akses FTTH GPON

Evaluasi dilakukan setelah didapatkan hasil perancangan. Validasi perancangan dilakukan dengan menghitung *Optical Power Budget*. Apabila hasil perancangan tidak memenuhi standar parameter kelayakan, maka harus dilakukan perancangan ulang hingga parameter kelayakan terpenuhi. Jika hasil analisis dan evaluasi sudah memenuhi standar parameter kelayakan yang ditentukan maka perancangan desain sudah selesai.

2.7 Parameter Kelayakan Perancangan

Untuk menilai kelayakan desain yang dirancang dalam jaringan FTTH, bahwa setiap pengguna dalam jaringan dapat menerima daya yang cukup, jumlah hilangnya daya optik (*loss*) antara port GPON dari OLT dan dari ONT harus dipertimbangkan. Kehilangan daya tersebut dapat dihitung melalui persamaan berikut [8]:

$$loss = l_{cable} + l_{splitter} + l_{splice} + l_{connector} \dots\dots\dots (1)$$

Daya yang diterima ONT di tempat penerima adalah:

$$Power\ received = Power\ transmitted - loss \dots\dots\dots (2)$$

Berikut adalah penyebab hilangnya daya optik di jaringan akses FTTH GPON [8].

Tabel 2. 3 Parameter Loss pada Jaringan Akses FTTH GPON

| Parameter | Penjabaran | Nilai |
|-----------------|---|---|
| l_{cable} | Hitungan kehilangan daya dalam kekuatan sinyal optik karena melintasi kabel fiber, diukur dalam dB/km. OTDR digunakan untuk mengukur nilai yang pasti dari parameter ini. | 0.21 dB/km |
| $l_{splitter}$ | Mengacu pada sisipan kehilangan daya di splitter, bervariasi sesuai dengan rasio pencabangan. Besarnya nilai yang digunakan untuk parameter ini diperoleh dari lembar data kesesuaian splitter. | 8 dB untuk splitter level-1 14 db untuk splitter level-2 |
| l_{splice} | Mengacu pada hilangnya daya karena splicing; diukur melalui perangkat splicing penggabungan. Nilai yang tertera menunjukkan nilai kehilangan maksimum yang didapat. | 0.003 dB |
| $l_{connector}$ | Menunjukkan kehilangan yang terjadi oleh rangkaian sambungan. | 0.2 dB |

