

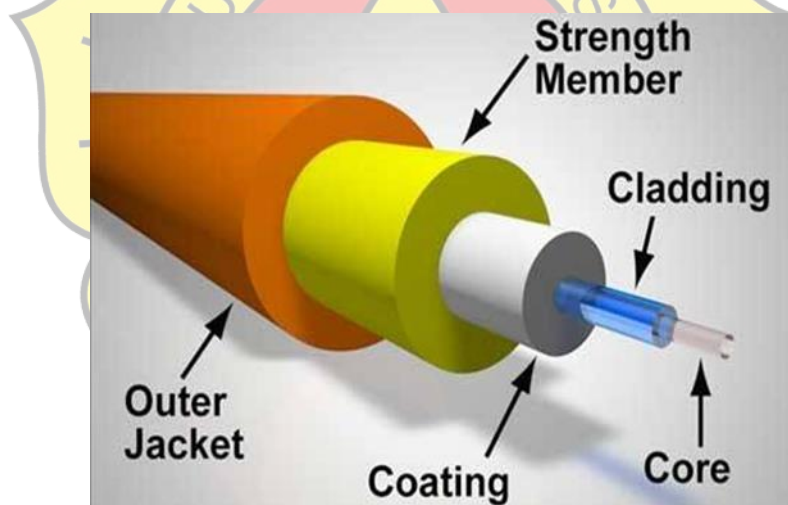
BAB II

JARINGAN FIBER OPTIK PADA PERANGKAT MODEM GPON

2.1 DEFINISI SERAT OPTIK

Serat optik adalah media transmisi fisik yang terbuat dari serat kaca yang dilapisi dengan isolator dan pelindung yang berfungsi untuk menyalurkan informasi dalam bentuk gelombang cahaya. Serat optik terbuat dari bahan dielektrik yang terdiri dari bahan inti yaitu kaca (glass) dan lapisan pelindung plastik. Didalam serat optik inilah energi cahaya yang dibangkitkan oleh sumber cahaya, disalurkan (ditransmisikan) sehingga dapat diterima diujung penerima (receiver).[2]

Struktur Serat Optik pada umumnya terdiri dari beberapa bagian yaitu :



Gambar 2.1 struktur serat optik

Struktur serat optik ditunjukkan seperti pada Gambar 2.1 yang terdiri atas 3 bagian, yaitu :

1. **Core**

Core adalah kaca tipis yang merupakan bagian inti dari fiber optik dimana merupakan tempat pengiriman sinar dilakukan. *Core* merupakan bagian inti dari fiber optik karena perambatan cahaya terjadi di sini.

2. **Cladding**

Cladding adalah materi yang mengelilingi inti yang berfungsi memantulkan sinar kembali ke dalam inti (*core*).

3. **Coating (Jaket)**

Coating berfungsi sebagai pelindung mekanis pada serat optik dan identitas kode warna. Terbuat dari bahan plastik dan berfungsi untuk melindungi serat optik dari kerusakan.

Berdasarkan 3 bagian yaitu *core*, *cladding*, dan *buffer coating*. *Cladding* adalah selubung dari *core*. *Cladding* mempunyai indeks bias lebih rendah dari pada *core* yang akan memantulkan kembali cahaya yang mengarah keluar dari *core* kembali kedalam *core* lagi. Efisiensi dari serat optik ditentukan oleh kemurnian dari bahan penyusun gelas. Semakin murni bahan gelas, semakin sedikit cahaya yang diserap oleh serat optik.[2][9]

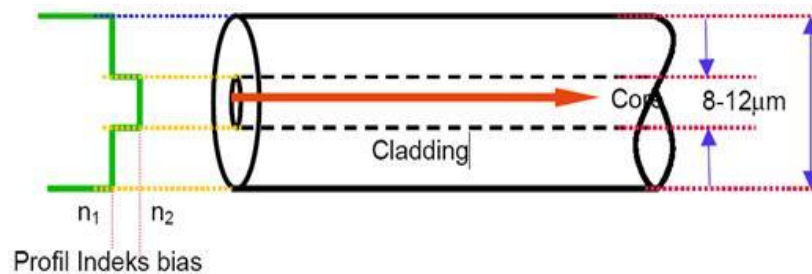
2.1.1 **Jenis kabel serat optik**

Jaringan fiber optik terdiri dari beberapa jenis serat, yang biasanya dapat dengan mudah diketahui dengan melihat transmitter (media transmisi data) yang digunakannya, [2] Berikut ini jenis serat optik :

Single mode

Kabel jaringan fiber optik jenis *single mode* memiliki inti (*core*) yang relatif kecil, dengan diameter 0.00035 inch atau 9 micron. Jenis kabel fiber optik yang satu ini menggunakan transmitter laser semikonduktor yang mengirimkan sinar laser inframerah dengan panjang gelombang mencapai 1300 -1550 nm. Disebut 'single mode' karena penggunaan kabel fiber optik ini hanya memungkinkan terjadinya satu modus cahaya saja yang dapat tersebar melalui inti pada suatu waktu. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2

Berikut ini adalah jenis serat optic single mode.



Gambar 2.2 Single mode

Pada jenis single mode step index baik core maupun cladding nya dibuat dari bahan silica glass. Ukuran core yang jauh lebih kecil dari cladding-nya dibuat demikian agar rugi-rugi transmisi berkurang akibat fading.[2]

Single mode step index mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- Serat optik single mode step index memiliki diameter core yang sangat kecil jika dibandingkan dengan cladding nya.
- Ukuran diameter core antara $8\ \mu\text{m}$ – $12\ \mu\text{m}$.
- Cahaya hanya merambat dalam satu mode saja yaitu sejajar dengan serat sumbu optik.
- Memiliki redaman yang sangat kecil.
- Memiliki bandwidth yang lebar.
- Digunakan untuk transmisi data dengan bit rate tinggi.

2.1.2 Karakteristik mekanisme kabel fiber optik

Karakteristik Mekanis Pada kabel Serat Optik, yaitu:

- Fiber Bending (Tekukan Serat)* Tekukan serat yang berlebihan (terlalu kecil) dapat mengakibatkan bertambahnya optical loss.
- Cable Bending (Tekukan kabel)* Tekukan kabel pada saat instalasi harus di jaga agar tidak terlalu kecil, karena hal ini dapat merusak serat sehingga menambah optical loss.
- Tensile Strength, Tensile strength* yang berlebihan dapat merusakkan kabel atau serat.

- d. *Impact*, *Impact* adalah beban dengan berat tertentu yang dijatuhkan dan mengenai kabel optik. Berat beban yang berlebihan dapat mengakibatkan serat retak/patah, sehingga dapat menaikkan optical loss.

2.1.3 Kelebihan kabel fiber optik

1. Fiber optik mampu menyalurkan data yang lebih banyak dengan kecepatan yang tinggi, bahkan bisa mencapai Gbps, sehingga lebar pita (bandwidth) menjadi lebih besar.
2. Memiliki ukuran yang lebih kecil dan ringan daripada kabel lainnya, sehingga dapat menghemat tempat.
3. Memiliki gangguan yang sedikit, dikarenakan fiber optik tidak terpengaruh oleh sinyal elektromagnetik dan radio karena tidak menggunakan listrik melainkan menggunakan plastik dan cahaya.
4. Lebih aman, karena serat optik tidak mudah terbakar dan tidak mengalirkan listrik sedikitpun.
5. Fiber optik dapat mengalirkan sinyal lebih jauh jika dibandingkan dengan kabel yang menggunakan sinyal listrik pada umumnya. Bahkan fiber optik tidak memerlukan repeater (penguat sinyal), jika diperlukan repeater, biasanya akan diletakkan di jarak yang jauh (sekitar 50-100 km).

2.1.4 Kelemahan kabel fiber optik

Pelemahan (*Attenuation*) cahaya sangat penting diketahui terutama dalam merancang sistem telekomunikasi serat optik itu sendiri. Pelemahan cahaya dalam serat optik adalah adanya penurunan rata-rata daya optik pada kabel serat Optik biasanya diekspresikan dalam decibel (dB) tanpa tanda negatif. Berikut ini beberapa hal yang menyebabkan pelemahan cahaya pada serat optic:

1. Penyerapan (*Absorption*) yaitu Kehilangan cahaya yang disebabkan adanya kotoran dalam serat optik.
2. Penyebaran (*Scattering*).
3. Kehilangan radiasi (*Radiative Losses*).

Reliabilitas dari serat optik dapat ditentukan dengan satuan BER (*Bit Error Rate*). Salah satu ujung serat optik diberi masukan data tertentu dan ujung yang lain mengolah data itu. Dengan intensitas laser yang rendah dan dengan panjang serat mencapai beberapa km, maka akan menghasilkan kesalahan. Jumlah kesalahan persatuan waktu tersebut dinamakan (BER). Dengan diketahuinya BER maka, Jumlah kesalahan pada serat optik yang sama dengan panjang yang berbeda dapat diperkirakan besarnya.[2]

2.1.5 Performansi Jaringan Fiber Optik

Beberapa hal yang mempengaruhi performansi jaringan fiber optik antara lain :

1. Loss, yang diakibatkan oleh panjang span fiber dan banyaknya splicing di span fiber tersebut, Besarnya loss dari span fiber dapat diukur dengan OTDR.
2. Dispersi, seiring dengan bertambahnya usia fiber maka dispersi pada fiber optik semakin jelek, dispersi ada 2 macam yaitu :
 - *Chromatic Dispersion (CD)* dispersi ini diakibatkan oleh variasi fiber index (karakteristik fiber) dengan panjang gelombang, hal ini menimbulkan delay antara panjang gelombang dengan pulsa transmisi cahaya sehingga sinyal yang ditransmisikan menjadi cacat dan menimbulkan distorsi dan naiknya BER (Bit Error Ratio). Chromatic dispersion bisa diukur dengan menggunakan chromatic dispersion meter. Selain itu pada sebuah percobaan mengenai hubungan antara suhu dan chromatic dispersion, kesimpulan yang didapat adalah salah satu penyebab penurunan kualitas sinyal pada jaringan fiber optik adalah chromatic dispersion yang berfluktuasi yang dipengaruhi oleh suhu kabel fiber optik. Chromatic dispersion bisa diatasi dengan membuat chromatic dispensation dengan membuat semacam spoel atau gulungan fiber optic untuk mengkompensasi cacatnya sinyal yang ditransmisikan.
 - *Polarization Mode Dispersion (PMD)*, PMD diakibatkan oleh berubahnya bentuk fiber optic yang diakibatkan suhu, kelembaban atau

adanya tarikan fiber yang bengkok. Dalam hal ini seharusnya fiber optic berbentuk bulat dan lurus tapi pada prakteknya akibat suhu, kelembaban dan pergeseran bumi bentuk fiber optic menjadi tidak bulat (misalnya lonjong) dan bengkok. Faktor lain yang menyebabkan polarization mode dispersion proses pembuatan yang kurang sempurna. Pada kabel fiber optik single mode, sebenarnya terdiri dari kabel dua mode yang memiliki polarisasi yang sama. Dalam fiber optik yang sempurna sinyal yang dilewatkan pada dua mode ini berjalan pada kecepatan yang sama, tetapi dalam kenyataannya, ketidaksempurnaan fabrikasi membuat sinyal menjadi asimetris dan dapat menyebabkan mode memiliki kecepatan propagasi berbeda. Perbedaan kecepatan ini disebut Differential Group Delay (DGD) dan PMD adalah koefisien statistik-normalisasi panjang rata-rata nilai DGD. PMD dapat diminimalisir dengan pemilihan kabel dan instalasi yang baik. Lain dengan CD yang bisa diatasi dengan membuat chromatic dispersator, PMD tidak dapat diatasi.

3. Rusaknya sealed dan jacket fiber, seiring bertambahnya usia sealed dan jacket Fiber akan semakin jelek, misalnya mengeras kemudian pecah sehingga membuat fiber optik tidak terlindungi dari suhu dan lembab.[6]

2.2 Dasar – Dasar Perangkat GPON

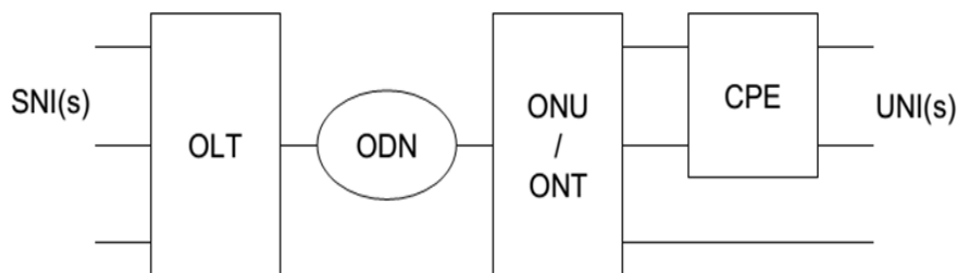
GPON atau *Gigabit Passive Optical Network* merupakan sebuah arsitektur *point-to-multipoint* yang menggunakan media transmisi berupa fiber optik. GPON mampu mendukung koneksi internet yang cepat, stabil, dan murah.

GPON dikembangkan dan distandarisasi oleh *International Telecommunication Union-Telecommunication* disingkat ITU-T melalui ITU-T G.984. Untuk membuat GPON bekerja lebih baik lagi, ITU-T melanjutkan pengembangan standarisasi GPON menjadi beberapa bagian, yaitu mulai dari ITU-T G.984.1 hingga ITU-T G.984.4.[6]

Pada arsitektur GPON, peralatan transmisi aktif yang digunakan hanya terdiri dari *Optical Line Termination (OLT)* dan *Optical Network Unit* atau *Optical Network Termination (ONU/ONT)*.

OLT adalah sebuah perangkat optik yang menjadi titik akhir atau *endpoint* dari sebuah *Optical Distribution Network* (ODN), *endpoint* yang dimaksud di sini terletak di sisi penyedia layanan atau *Internet Service Provider* (ISP).

ONU juga merupakan sebuah perangkat optik yang menjadi titik akhir atau *endpoint* dari ODN, bedanya dengan OLT, ONU terletak di sisi pengguna atau *user*. Pada gambar 2.3 menggambarkan tentang sistem GPON secara umum.



Gambar 2.3 Sistem GPON Secara Umum

Pada gambar 2.4, terdapat *Customer Premises Equipment* (CPE) adalah peralatan telepon atau penyedia layanan lain yang terletak di sisi *user*. *Service Node Interface* (SNI) adalah ISP. Sedangkan *User Network Interface* (UNI) adalah pelanggan atau *user*.

GPON menggunakan teknologi *Wavelength-Division Multiplexing* (WDM) untuk mengirimkan data secara *upstream* dan *downstream* melalui fiber optik single mode. Untuk memisahkan sinyal *upstream* dan *downstream* dari *user* yang berbeda melalui fiber optik yang sama, GPON menggunakan Broadcast Technology untuk transmisi data *downstream* dan menggunakan *Time Division Multiple Access* (TDMA) untuk transmisi data *upstream*. [6]

2.2.1 Operating Wavelength

Wavelength yang beroperasi pada arsitektur GPON berada pada rentang 1480-1500 nm untuk transmisi data *downstream* dan pada rentang 1260-1360 nm untuk transmisi data *upstream*. Dengan tambahan, *wavelength* pada rentang 1550-1560 nm bisa digunakan untuk *downstream video distribution*. [6]

2.2.2 Data Rates

GPON membenarkan adanya variasi dalam penggunaan bandwidth untuk transmisi data upstream dan downstream. Data Rates GPON berada pada rentang 622 Mbps (seperti pada arsitektur terdahulu Broadband PON (BPON)) hingga 2,488 Mbps untuk transmisi data downstream. Seperti pada BPON, variasi data rates ini dapat digunakan pada transmisi simetris dan asimetris.

Transmisi simetris yaitu penggunaan data rates yang sama antara transmisi upstream dan downstream yang berada pada rentang 622 Mbps hingga

2.488 Mbps. Sedangkan transmisi asimetris yaitu penggunaan bandwidth yang berbeda antara transmisi upstream dan downstream yang bisa dilihat pada tabel 2.1.

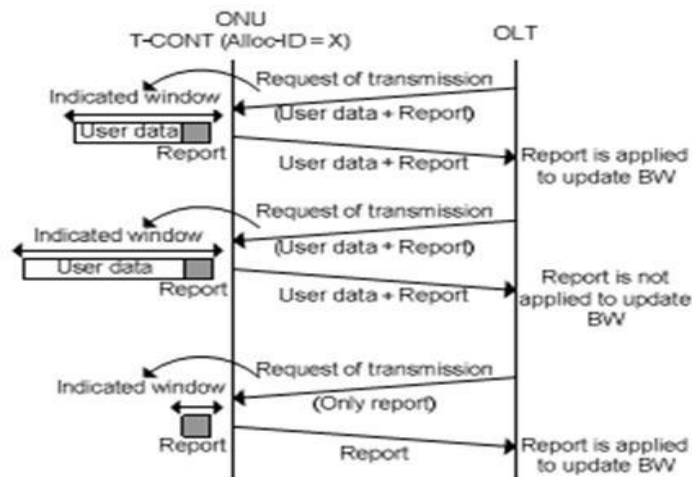
Tabel 2.1 Data Rates Transmisi Asimetris

Transmisi	Data Rates
Downstream	1.244 Mbps
	2.488 Mbps
Upstream	622 Mbps
	1.244 Mbps
	2.488ps

2.2.3 Dynamic Bandwith Allocation (DBA)

DBA adalah sebuah proses dimana OLT mendistribusikan kapasitas upstream dari fiber optik diantara lalu lintas data di dalam ONU berdasarkan indikasi dinamis dari aktivitas ONU dan juga konfigurasinya. Proses DBA dapat dilihat pada gambar 2.4

Berikut ini adalah gambaran dari proses DBA.[6]



Gambar 2.4 Proses DBA

2.2.4 Keamanan

Pada ITU-T G.984.3, dijelaskan bahwa penggunaan mekanisme keamanan informasi untuk meyakinkan bahwa pengguna atau *user* tersebut hanya diizinkan untuk mengakses data dari hasil transmisi yang ditujukan kepada mereka. Algoritma enkripsi yang digunakan pada GPON adalah *Advanced Encryption Standard* (AES). AES key yang bisa digunakan bervariasi, mulai dari 128, 192, hingga 256 bit dimana membuat enkripsi sangat sulit untuk ditembus. Key yang digunakan bisa diganti secara berkala tanpa mengganggu transmisi data untuk meningkatkan keamanan.

2.2.5 Transmisi GPON

Dalam hal transmisi, GPON menggunakan *GPON Encapsulation Method* (GEM) sebagai metode dimana dapat mengenkapsulasi data melalui GPON. Meskipun tipe data apapun dapat dienkapsulasi, jenis yang sebenarnya tergantung dari kondisi dari ISP. GEM menyediakan komunikasi berorientasi pada sambungan koneksinya.

Metode ini berdasarkan pada versi yang sedikit dimodifikasi dari standar ITU-T G.7041 mengenai *Generic Framing Procedure*, yaitu spesifikasi untuk mengirimkan paket *Internet Protocol* (IP) melalui jaringan *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH).

Downstream GPON Frame Format. Transmisi *downstream* disiarkan dari OLT ke semua ONU. Setiap ONU harus memperhatikan bahwa hanya *frame* yang ditujukan kepadanya berdasarkan apa yang telah ditetapkan oleh metode enkripsi yang berlaku. *Frame downstream* terdiri dari *Physical Control Block Downstream* (PCBd), bagian *Asynchronous Transfer Mode* (ATM), yaitu sebuah standar internasional untuk *cell relay* dimana terdapat berbagai tipe layanan (audio, video, maupun data), dan bagian GEM. *Frame downstream* menyediakan referensi waktu yang sama untuk GPON dan menyediakan kontrol sinyal yang sama untuk *upstream*.

Upstream GPON Frame Format. Pada transmisi *upstream*, setiap ONU memiliki transmitter atau pemancar optikal tersendiri untuk berkomunikasi dengan OLT. Karena hanya ada 1 penerima optikal atau *optical receiver* pada OLT, maka ONU harus bergantian dalam mengirimkan transmisi data ke OLT. Transmisi *upstream* menggunakan TDMA, dibawah kendali dari OLT, dimana OLT yang menetapkan variabel slot jangka waktu ke setiap ONU untuk mentransmisikan datanya.[14]

2.2.6 Optical Line Termination (OLT)

Optical Line Termination atau disebut OLT adalah sebuah perangkat aktif yang menjadi titik akhir atau *endpoint* dari sebuah *Optical Distribution Network* (ODN), *endpoint* yang dimaksud di sini terletak di sisi penyedia layanan atau *Internet Service Provider* (ISP). Beberapa fungsi utama dari OLT adalah sebagai berikut:

1. Melakukan konversi antara sinyal elektrik dengan sinyal optik atau sinyal cahaya yang digunakan dalam proses transmisi pada jaringan GPON.
2. Mengkoordinasikan multiplexing pada perangkat-perangkat ONT, seperti memasukkan data pelanggan, dan juga fungsi manajemen lainnya.

3. Menyediakan *interface* seperti layanan data, video, dan juga suara/telepon.

2.2.7 *Optical Network Termination (ONT)*

Optical Network Termination atau disebut *ONT* adalah perangkat aktif yang dipasang di sisi pelanggan dimana memiliki fungsi sebagai pengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik dan juga sebagai alat demultiplex. Keluaran dari perangkat *ONT* dapat berupa layanan telepon, data dan internet, dan IPTV. perangkat modem *ONT* pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Perangkat Modem ONT

2.2.8 *Optical Splitter*

Optical Splitter merupakan salah satu perangkat yang terdapat pada ODN, dimana arsitektur GPON menghubungkan 1 fiber optik dari perangkat OLT ke banyak perangkat ONU. Konektivitas *point-to-multipoint* antara OLT dan perangkat-perangkat ONU diperoleh dengan menggunakan 1 atau lebih perangkat percabangan pasif dalam jalur transmisi fiber optik. Yang digunakan pada GPON disebut dengan *Passive Optical Splitter*. Perangkat ini memiliki 1 masukan dan banyak keluaran.

Biasanya jumlah keluarannya adalah 2^n (contoh $n=2, 4, 8$, dan seterusnya) dan daya atau *power* dibagi sama rata pada setiap keluaran. *Optical Splitter* adalah perangkat 2 arah, karena itu kadang-kadang disebut sebagai *splitter/coupler*. Sinyal optik dikecilkan atau diredam dengan jumlah yang sama untuk keluaran dari perangkat tersebut.

Berdasarkan ITU G.983.1 BPON Standard direkomendasikan agar sinyal dapat dibagi untuk 32 pelanggan, namun rasio meningkat menjadi 64 pelanggan berdasarkan ITU-T G.984 GPON Standard. Hal ini berpengaruh terhadap redaman sistem, seperti pada tabel dibawah ini.[7]

Tabel 2.2 Redaman *Passive Splitter*

Rasio	Redaman
1:2	2,8 – 4,0 dB
1:4	5,8 -7,5 dB
1:8	8,8 – 11,0 dB
1:16	10,7 – 14,4 dB
1:32	14,6 -18 dB

2.2.9 *Optical Distribution Centre / Cabinet (ODC)*

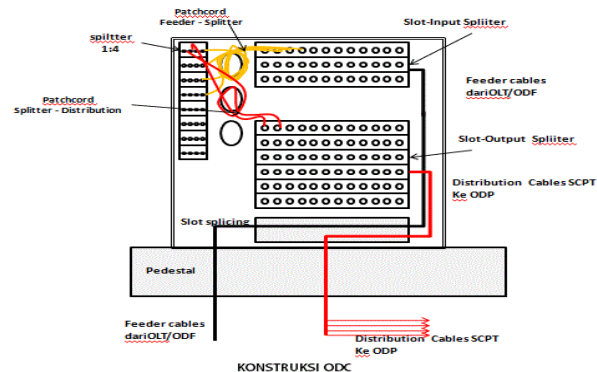
Optical Distribution Center/Cabinet adalah suatu perangkat yang berbentuk kotak yang terbuat dari material khusus yang berfungsi sebagai tempat instalasi sambungan jaringan optik dan dilengkapi ruang manajemen fiber dengan kapasitas tertentu pada jaringan akses optik pasif (PON), untuk hubungan telekomunikasi.

Komponen komponen yang terdapat dalam *ODC* sebagai berikut :

1. *Cable Tray*, suatu kompartemen yang digunakan untuk mengamankan, mengorganisasi dan melindungi serat optik, patch-cord, pigtail yang digunakan dalam konteks manajemen kabel/fiber.
2. *Parking-lot*, suatu tempat terminasi sementara konektor yang belum disambungkan.
3. *Patch-cord*, utas penyambung; kabel interkoneksi; biasanya dengan konektor yang sudah terpasang di kedua ujungnya, digunakan untuk menghubungkan dua perangkat.
4. *Pig-tail*, seutas serat optik yang pendek untuk menghubungkan dua komponen optis, dilengkapi satu konektor pada salah satu ujungnya.
5. *Slack storage*, suatu kompartemen yang digunakan untuk mengamankan, mengorganisasikan, dan melindungi kelebihan kabel/fiber.

6. *SpliceTray*, merupakan suatu kompartemen untuk mengamankan, mengorganisasikan, dan melindungi sambungan fiber yang menggunakan teknik *splicing*/teknik *penyambungan*.

Untuk Design dan Kontruksi *ODC* dapat di lihat pada Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 Design dan Kontruksi *ODC*

2.2.10 *Optical Distribution Point (ODP)*

ODP merupakan singkatan dari *Optical Distribution Point* yang ialah suatu fitur pendukung layanan fiber optik yang berperan bagaikan titik terminasi kabel drop optik ataupun tempat buat membagi satu core optic ke sebagian pelanggan (halte), serta *ODP* dibagi dalam sebagian tipe, ialah.

Optical Distribution Point merupakan tempat terminasi kabel yang mempunyai sifat- sifat tahan korosi, tahan cuaca, kokoh serta kuat dengan konstruksi buat dipasang diluar. *ODP* berfungsi bagaikan tempat instalasi sambungan jaringan optik single- mode paling utama buat menghubungkan kabel fiberoptik distribusi serta kabel drop. Fitur *ODP* bisa berisi optical pigtail, connector adaptor, splitter room serta dilengkapi ruang manajemen fiber dengan kapasitas tertentu. Pada Gambar 2.7 menggambarkan perangkat dalam *ODP*. [14]

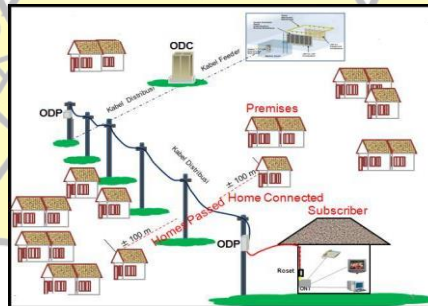
Berikut ini adalah gambar dari perangkat ODP.



Gambar 2.7 Perangkat dalam ODP

2.3 *Fiber To The Home (FTTH)*

FTTH merupakan jaringan optik dari *provider* ke pelanggan. Multiplex dari sinyal optik dibawa ke *splitter* dalam sebuah alat yang dekat dengan lokasi pemakai. Jenis dan spesifikasi *splitter* juga berbeda-beda. Sehingga dengan menggunakan teknologi FTTH akan banyak pelanggan yang dapat menikmati layanan *triple play*. ONU (*Optical Network Unit*) harus diinstalasi pada akhir jaringan. Pada **Gambar 2.9** dijelaskan mengenai topologi sistem FTTH.[14]



Gambar 2.8 Topologi sistem FTTH

Jarak antara pusat layanan dengan pelanggan dapat berkisar 20 km. Dimana pusat pengantar disebut sebagai CO (Central Office), disini terdapat peralatan yang disebut dengan OLT (Optical Line Terminal). Kemudian dari OLT ini dihubungkan terlebih dahulu kepada Main Pos menggunakan FO (Fiber Optik), Jumper Cable (Patch Cord). Lalu setelah itu dihubungkan kepada Sub POS dan

dihubungkan kepada ONU yang ditempatkan di rumah-rumah pelanggan melalui jaringan OTB (Optical Distribution Network). Perangkat ONU digunakan oleh pelanggan untuk layanan data (Internet), suara (Telepon), dan video (TV Kabel).

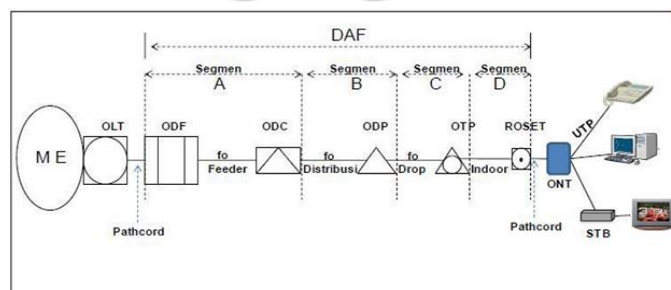
2.4 Keunggulan *Fiber To The Home (FTTH)*

Teknologi *Fiber To The Home* (FTTH) merupakan jaringan optik dari pusat penyedia dan disalurkan ke pelanggan dan passive splitter yang digunakan biasanya digunakan 1:8, yaitu dengan sinyal multiplex dibagi ke 8 rumah yang berbeda. Jarak antara sentral ke pelanggan dapat mencapai jarak maksimal yaitu 20 kilometer Fiber to the Home memiliki beberapa keunggulan, antara lain :

1. FTTH menawarkan layanan pelanggan berupa data, video dan suara.
2. FTTH memiliki bandwidth (lebar pita) yang lebih besar.
3. FTTH memiliki karakteristik lebih aman karena serat optik tidak mudah terbakar dan tidak mengalirkan listrik sedikitpun.
4. FTTH mendukung pengembangan jaringan masa depan.
5. FTTH tidak memerlukan repeater (penguat sinyal).

2.5 Network dan Komponen FTTH

Secara umum jaringan FTTH dapat dibagi menjadi 4 segmen catuan kabel selain perangkat aktif seperti OLT dan ONU/ONT dan pada Gambar 2.10 di bawah ini menerangkan tiap segmen dari FTTH.[14]



Gambar 2.9 Segmen FTTH

Tiap Segmen terdiri dari beberapa catuan kabel, antara lain:

1. Segmen A: Catuan kabel Feeder

Kabel Feeder adalah kabel fiber optik yang menghubungkan antara 2 perangkat yaitu ODF disisi STO dan ODC di outdoor. Kabel feeder yang keluar dari STO minimal kapasitas 96 core baik untuk sistem Duct maupun serial dengan tipe kabel G. 652D.

2. Segmen B: Catuan kabel Distribusi

Kabel distribusi adalah kabel fiber optik yang menghubungkan antara 2 perangkat yaitu ODC dengan ODP, apabila kesulitan untuk penempatan ODC dan demand yang dekat dengan catuan STO dimungkinkan juga menggunakan sistem Fiber Catu Langsung (FCL).

3. Segmen C: Catuan kabel Penanggal/Drop

Kabel penanggal adalah kabel fiber optik yang menghubungkan antara 2 perangkat yaitu ODP dengan OTP.

4. Segmen D: Catuan kabel Rumah/Gedung

Kabel indoor adalah kabel fiber optik yang menghubungkan OTP dengan Roset.

2.6 ***Power link Budget***

Power Link budget (PLB) dihitung sebagai syarat agar link yang kita rancang dayanya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. PLB dapat didefinisikan sebagai total redaman link optik yang diijinkan sepanjang sumber hingga di titik penerima yang didapat dari redaman total.

Batasan redaman total tersebut telah diperhitungkan dari redaman konektor, redaman sambungan, dan juga dari redaman serat itu sendiri sehingga dengan perhitungan tersebut akan berpengaruh pada :

1. Jarak transmisi dari sisi pengirim dan penerima.
2. Jumlah repeater yang dibutuhkan.
3. Margin Loss yang diberikan

Untuk menghitung Link power budget dapat dihitung dengan rumus total redaman sebagai berikut (Gerd Keiser, 2006):[1]

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p + \text{Redaman Instalasi} \quad [2.1]$$

Keterangan :

- α_{tot} = Redaman Total sistem (dB)
- L = Panjang serat optik (Km)
- α_c = Redaman Konektor (dB/buah)
- α_s = Redaman sambungan (dB/sambungan)
- α_{serat} = Redaman serat optik (dB/ Km)
- N_s = Jumlah sambungan
- N_c = Jumlah konektor
- S_p = Redaman Splitter (dB)
- Redaman Instalasi = 2,86497

Sedangkan untuk mencari nilai daya yang diterima di photodetector atau disisi pelanggan dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{tot} - \text{Safety Margin} (6 - 8 \text{ dB}) \quad [2.2]$$

Keterangan :

- α_{tot} = Redaman total sistem (dB)
- P_{rx} = Daya terima, sensitivitas penerima (dBm)
- P_{tx} = Daya kirim (dBm)

Adapun dikenal redundancy atau margin system. Bentuk persamaan untuk perhitungan margin daya adalah sebagai berikut :

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM \quad [2.3]$$

Keterangan :

Pt	= Daya keluaran sumber optik (dBm)
Pr	= Sensitivitas daya maksimum detektor (dBm)
SM	= Safety margin, berkisar 6-8 (dB)
α_{tot}	= Redaman Total sistem (dB)

2.7 Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari link digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ (Non-return-to-zero) atau 35 persen dari satu periode bit untuk data RZ (return-to-zero). Satu periode bit didefinisikan sebagai resiprokal dari data rate. Untuk menghitung Rise Time budget dapat dihitung dengan rumus (Gerd Keiser, 2006):[1]

$$\text{Bit rate NRZ : } tr = \frac{0,7}{Br} \quad [2.4]$$

Dimana :

Br	= bit rate (bps)
Tr	= Maksimum rise time (s)

Untuk menghitung t_{system} menggunakan persamaan berikut:

$$t_{sys} = \sqrt{(t_{tx}^2 + t_{material}^2 + t_{waveguide}^2 + t_{trx}^2)} \quad [2.5]$$

$$t_{intramoda} \quad l = t_{material} + t_{waveguide} \quad [2.6]$$

$$t_{material} = \Delta\sigma \times L \times D_m \quad [2.7]$$

$$t_{\text{waveguide}} = \frac{L}{c} \times (n_2 + (n_2 \times \Delta_s \times \frac{dv}{dv})) \quad [2.8]$$

Untuk menghitung selisih indeks bias menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta_s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad [2.9]$$

Keterangan :

- T_{tx} = Rise time transmitter (ns)
 D_m = Dispersi Material (ps/nm.Km) t_{rx} = Rise time receiver (ns)
 N_2 = Indeks bias selubung
 c = kecepatan rambat cahaya 3×10^8 m/s
 a = Jari-jari inti (m)
 $\Delta\sigma$ = Lebar Spektral (nm) n_1 = indeks bias inti
 L = Panjang serat optik (Km) n_2 = indeks bias selubung

Untuk menghitung frekuensi dinormalkan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} \times (n_1 - n_2) \frac{1}{2} \quad [2.10]$$

Untuk menghitung persamaan $\frac{d}{d} \frac{v}{v} \frac{b}{b}$ menggunakan persamaan :

$$\frac{d}{d} \frac{v}{v} \frac{b}{b} = 1 + \frac{uc^2}{v^2} \quad [2.11]$$

Dimna :

- V = frekuensi dinormalkan
 λ = panjang gelombang (m)
 a = jari jari inti (m)
 n_1 = indeks bias maksimum inti
 n_2 = indeks bias cladding

$$uc^2 = (2 \times V)^{1/2}$$

Dengan menggunakan parameter di atas maka hasil dari perhitungan *Rise Time Budget* dapat di gunakan untuk menghitung total *Bandwidth* (MHz) dari sistem tersebut dengan parameter sebagai berikut:

$$BW_{tot} = \frac{350}{t_{sys}} \quad [2.12]$$

Dimana =

BW_{tot} = Bandwith Total

t_{sys} = t system

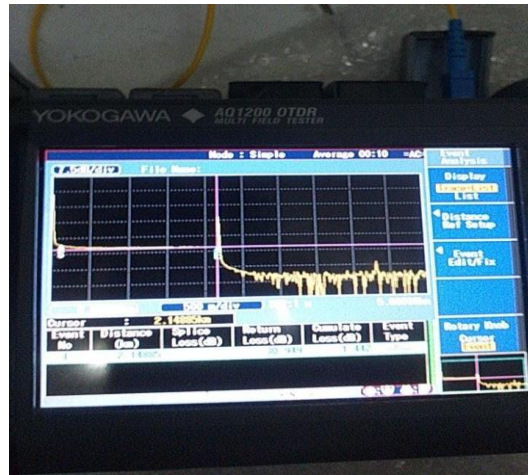
2.8 Alat Alat Pengukuran Kabel Fiber Optik

Alat-alat yang akan digunakan dalam pengukuran kabel fiber optik untuk mendapatkan hasil untuk perhitungan dalam analisa performansi jaringan fiber optik. [3]

2.8.1 OTDR

OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu serat optik pada domain waktu. OTDR dapat menganalisa setiap dari jarak akan *insertion loss*, *reflection*, dan *rugi-rugi* yang muncul pada setiap titik, serta dapat menampilkan informasi pada layar tampilan. Pada Gambar 2.11 dibawah ini tampilan alat ukur OTDR.[3]

Berikut ini adalah gambar dari alat ukur OTDR.



Gambar 2.10 OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*)

Beberapa fungsi yang dapat dilakukan oleh OTDR yaitu :

1. Mengukur rugi – rugi persatuan panjang. Rugi – rugi pada saat instalasi serat optik mengasumsikan redaman serat optik tertentu dalam rugi – rugi persatuan panjang. OTDR dapat mengukur redaman sebelum dan setelah instalasi sehingga dapat memeriksa adanya ketidaknormalan seperti bengkokan (*bend*) atau beban yang tidak diinginkan.
2. Mengevaluasi sambungan dan konektor pada saat instalasi OTDR dapat memastikan apakah redaman sambungan dan konektor masih berada dalam batas yang diperbolehkan.
3. *Fault Location* seperti letaknya serat optik atau sambungan dapat terjadi pada saat atau instalasi atau setelah instalasi, OTDR dapat menunjukkan lokasi faultnya atau ketidaknormalan tersebut.

2.8.2 OPM (*Optical Power Meter*)

OPM adalah sebuah alat yang dipakai sebagai penentu kekurangan daya suatu cahaya pada aliran kabel jaringan serat atau fiber optik. *Optical Power Meter* adalah kepanjangan dari OPM. Pada intinya OPM merupakan sebuah alat yang

biasanya dimanfaatkan dalam kabel jaringan fiber atau serat optik dalam mengukur, menentukan dan atau mendeteksi kekuatan suatu daya dari cahaya yang ada didalam kabel jaringan tersebut dan dapat di lihat pada Gambar 2.12 di bawah ini.[3]

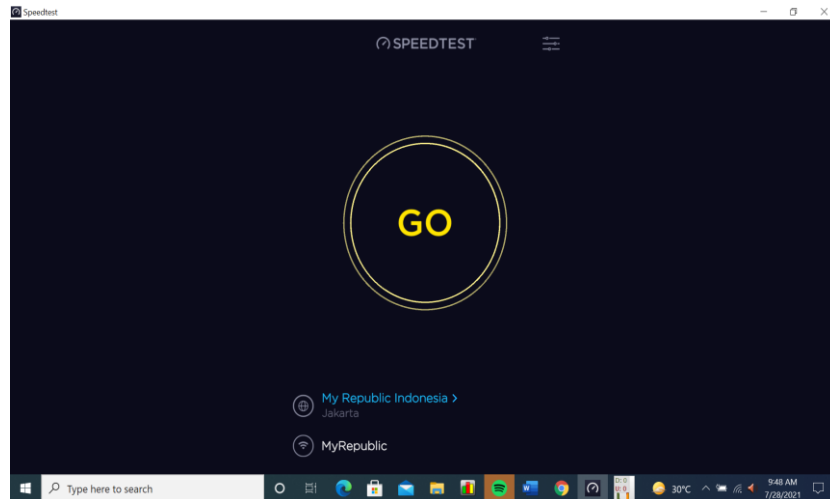


Gambar 2.11 OPM (*Optical Power Meter*)

2.8.3 Speedtest.net

Speedtest.net adalah sebuah situs yang menyediakan pengujian kecepatan koneksi internet yang disediakan oleh perusahaan asal Kalispell, Montana, Amerika Serikat, Ookla. Situs ini berjalan mulai tahun 2006. Sebanyak 20 juta pengguna internet mengetes kecepatan internetnya melalui situs ini setiap bulannya, Situs ini merupakan salah situs paling populer, bahkan mungkin paling populer, untuk speed test alias uji kecepatan dari koneksi internet yang dipakai. Dan dapat dilihat pada Gambar dibawah ini. [11]

Berikut ini adalah gambar dari Speedtest.net.



Gambar 2.12 Speedtest.net

2.8.4 *Throughput*

Throughput yaitu kecepatan (rate) transfer data efektif, yang diukur dalam bps (bit per second). Throughput adalah jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. [11]

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Besaran data yang dikirim}}{\text{Waktu pengiriman}} \quad [2.13]$$

Dimana :

Besaran data yang dikirim (KB)

Waktu pengiriman(Detik)