

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Program Studi Teknik Elektro Universitas Tadulako (2014) melakukan kajian tentang “Perancangan jaringan FTTH (*Fiber To The Home*) dengan teknologi GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) di Perumahan *Citraland Palu*” oleh Sembara P. Toago, Alamsyah, dan Ardi Amir. menjelaskan cara membuat rencana desain *Fiber To The Home* dan cara mengembangkan sistem jaringan *Fiber To The Home* menggunakan teknologi GPON sebagai perangkat akses untuk menghadirkan layanan *triple play*. Penelitian ini dilakukan di kompleks perumahan Trans Sulawesi Tondo Road Citraland Palu. Temuan penelitian digunakan untuk menghitung *Link Power Budget* yang meliputi Fiber Loss = 3,8815 dB, *Connection Loss* = 0,6 dB, dan Accepted Signal Power = $8,95 \times 10^{-6}$ Watt [4].

Network Development Life Cycle (NDLC) adalah teknik untuk membuat jaringan yang bergantung pada proses pengembangan sebelumnya seperti perencanaan strategi bisnis, siklus hidup pengembangan aplikasi, dan analisis distribusi data, menurut penelitian yang dilakukan oleh Beniyo Julianto Karo Karo (Teknik Elektro, Panca Universitas Pembangunan Medan 2020). Tanjung Morawa, Medan, Sumatera Utara, menjadi lokasi penelitian ini. Berdasarkan temuan penelitian, perhitungan *Link Power Budget* menunjukkan nilai Prx sebesar -23,3388 dBm dan nilai *redaman* untuk Downstream pada jarak terjauh sebesar 20,33847 dB. Nilai *redaman* pada bagian *upstream* sebesar 5,93362 dB Prx adalah -11,43362 dBm [5].

Selanjutnya kajian perancangan FTTH untuk layanan *triple play* dilakukan oleh Dwi Fadila K., S.T., M.T., Dr. Ir. Sholeh H.P., M.S., dan Lalu Sustrisna M. Noor. *Triple Play* adalah layanan yang menggunakan satu saluran untuk mengirimkan suara, video, dan data. Model aplikasi *Fiber To The Home* (FTTH) digunakan dalam perencanaan jaringan GPON di Kawasan Permata Jingga Barat kawasan perumahan Malang. Kecepatan transmisi *downstream* jaringan GPON yang direncanakan adalah 2,44 Gbps, sedangkan kecepatan transmisi *upstream*

adalah 1,244 Gbps. Berdasarkan analisis kinerja jaringan, link *rise time budget* sebesar 0,2504 ns dan nilai *link power budget* sebesar 10,87 dB pada panjang gelombang 1310 nm. Nilai link power budget untuk panjang gelombang 1490 nm adalah 5,2786 dB [4].

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 FIBER OPTIK

Saluran transmisi yang disebut serat optik dapat membawa sinyal cahaya dengan *bandwidth* hingga 100 Mbps. Lapisan kaca atau plastik digunakan untuk membuat serat optik. Karena serat optik dapat mengirimkan data dengan kecepatan yang sangat tinggi, maka dapat digunakan pada saluran transmisi [6].

Sekelompok jaringan akses yang diimplementasikan menggunakan serat optik dan berbagi antarmuka jaringan dikenal sebagai Jaringan Akses Serat Lokal (*Jarlokaf*) atau Jaringan Akses Optik. Serat optik yang mentransmisikan sinyal cahaya, perangkat yang dapat mengubah sinyal informasi listrik menjadi sinyal cahaya, dan perangkat penerima yang dapat menerjemahkan sinyal cahaya yang dikirim menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca oleh perangkat pengguna membentuk Jaringan Lokal Akses Fiber (*Jarlokaf*) [6].

Prinsip jumlah refleksi internal mendasari pengoperasian serat optik. Tergantung pada sudut datangnya cahaya pada suatu permukaan, cahaya akan dipantulkan atau dibiarkan. Melalui refleksi di inti, gelombang cahaya diarahkan ke ujung serat. Kabel serat optik biasanya digunakan dalam jaringan komputer dan telepon serta infrastruktur jaringan telekomunikasi lainnya. Kabel serat optik hadir dalam dua jenis: *singlemode* dan *multimode*. Dengan inti yang lebih kecil dan kemampuan untuk mengirimkan sinar laser inframerah, kabel serat optik mode tunggal hanya mengizinkan satu mode untuk menyebarkan cahaya melalui inti pada satu waktu. Aplikasi komersial menggunakan kabel serat optik *multimode*. Inti serat mode tunggal yang lebih besar memungkinkan ratusan mode cahaya berbeda melewatinya sekaligus. Sumber cahaya serat optik tersedia dalam dua jenis: LED dan laser. Melalui dispersi serat, *spektrum* sumber cahaya mempengaruhi kinerja optik sistem komunikasi. Responsnya ditentukan secara numerik dan bergantung pada berbagai parameter material. *Spektrum* LED terkait dengan *spektrum* emisi

spontan. Laser semikonduktor menggunakan emisi terstimulasi untuk menghasilkan cahaya. Ia memiliki keunggulan dalam hal sifat koheren cahaya yang dipancarkan selain mampu memancarkan daya yang tinggi karena perbedaan mendasar antara emisi terstimulasi dan spontan.. Penyebaran *output* yang relatif sempit dibandingkan dengan *LED* memungkinkan *efisiensi* yang tinggi kedalam serat *singlemode* [7].

2.2.2 PERANCANGAN FIBER TO THE HOME X (FTTX)

Menggunakan serat optik sebagai media pengiriman, teknologi FTTx merupakan format pengiriman sinyal optik dari pusat penyedia ke area pengguna. Keinginan masyarakat (pelanggan) untuk memiliki akses terhadap Layanan *Triple Play*—akses internet cepat, jaringan telepon umum *voice over* (PSTN), dan video melalui TV kabel—dalam sebuah infrastruktur di unit pelanggan—lah yang mendorong berkembangnya dari teknologi ini. Beberapa istilah tambahan teknologi FTTx yang sering digunakan [8].) di antaranya :

1. FTTB (*Fiber To The Building*) Arsitektur jaringan kabel serat optik terdiri dari gedung bertingkat yang terhubung ke setiap ruangan melalui kabel. Di dalam struktur, titik konversi optik biasanya ditemukan di beberapa lantai atau di ruang telekomunikasi basement..
2. FTTZ (*Fiber To The Zone*) Titik konversi optik terletak di luar struktur, biasanya berbentuk kabinet yang dihubungkan ke kabel tembaga di pinggir jalan. Jaraknya kira-kira satu kilometer dari bangunan perumahan atau bisnis..
3. FTTC (*Fiber To The Curb*) Terminal pelanggan terhubung ke titik konversi optik melalui kabel tembaga dengan jarak kurang lebih 300 meter. Titik konversi optik terletak di luar gedung, mungkin di dalam lemari atau di tiang..
4. FTTH (*Fiber To The Home*) Arsitektur jaringan kabel serat optik dibuat hingga ke rumah atau ruangan pelanggan dan diakhiri pada kotak dinding di depan rumah tempat ingin dipasang; dengan kata lain, penghentiannya berbeda. Titik konversi optik terletak di dalam rumah pelanggan [9].

2.2.3 JARINGAN PASSIVE OPTICAL NETWORK (PON)

Jaringan optik pasif (PON) menggunakan serat optik sebagai media transmisi dan perangkat optik pasif. Teknologi optik mampu menyediakan beberapa layanan

secara bersamaan dalam satu saluran, termasuk suara, multimedia (video), dan paket data (internet). Teknologi PON ini dapat menghemat biaya karena tidak memerlukan komponen aktif yang membutuhkan daya, sebuah arsitektur yang sering digunakan pada jaringan PON. Optical Line Terminal (OLT) yang terletak pada pusat terminasi jaringan merupakan salah satu perangkat yang digunakan dalam PON. Penyedia Layanan Internet (ISP) atau penyedia layanan mengirimkan sinyal listrik, yang diubah OLT menjadi sinyal optik. Sebuah *splitter*, yang membagi dan menghubungkan hingga 64 pengguna, dihubungkan ke satu serat optik dari OLT. Pada titik akhir jaringan, setiap pengguna memiliki perangkat *Optical Network Unit* (ONU). Sinyal optik yang dikirim oleh OLT diubah menjadi sinyal listrik oleh ONU [10].

Pemisah optik membagi distribusi data dalam jaringan optik pasif—jaringan serat optik dengan elemen *point-to-multipoint*—menjadi beberapa tujuan layanan telekomunikasi, termasuk layanan suara, video, dan data antara lain:

a. *Broadband Passive Optical Network* (BPON)

ATM digunakan oleh BPON untuk protokol persinyalan dan transportasi. Panjang paket data digunakan oleh ATM, sebuah teknologi *multiplexing* dan switching, untuk membawa berbagai jenis lalu lintas. ATM dapat membawa berbagai layanan, termasuk layanan yang menggabungkan jenis lalu lintas berbeda dengan kecepatan berbeda-beda melalui jaringan metro dengan persyaratan transmisi berbeda untuk suara, video, dan data. Standar G.983.1 dirilis oleh ITU-T sebagai standar [11].

b. *Gigabit Passive Optical Network* (GPON)

Dengan kapasitas *bandwidth* yang besar, kecepatan akses yang lebih cepat, dan kemampuan melayani tiga layanan (*triple play*) berupa data, suara, dan video, teknologi GPON didukung oleh jaringan akses fiber optik. Pelanggan kini dapat menggunakan IPTV, melakukan panggilan telepon, dan mengakses internet tanpa memerlukan modem berkat penerapan GPON. Sebelumnya, layanan ini memerlukan beberapa perangkat, seperti ONU (*Optical Network Unit*). Namun tidak sepenuhnya menutup kemungkinan terjadinya degradasi sinyal akibat dispersi

dan *redaman* yang dapat menghambat proses transmisi pada transmisi serat optik [12].

Tabel 2.1 Spesifikasi GPON

Items	Deskripsi Target
Performansi layanan dan <i>Qos</i>	<i>Full Services (19/100 Base-T, Voice, Leased lines)</i>
<i>Bit Rates</i>	1.25 Gb/s <i>symmetric</i> dan 155 Mb/s & 622 Mb/s <i>upstream</i>
Jarak pencapaian fisik maksimum	Max 20 km dan Max 10 km
<i>Logical Reach</i>	Max 64 km (<i>for ranging protocol</i>)
<i>Branches</i>	Max 64 km pada layer fisik Max 128 pada layer TC
Alokasi panjang gelombang	<i>Downstream</i> : 1480-1500 nm <i>Upstream</i> : 1260-1360 nm
Kelas ODN	Kelas A, B, dan C (sama seperti persyaratan B-PON)

(Sumber Indihome Indonesia)

c. *Gigabit Ethernet Passive Optical Network* (GEPON)

GEPON (*Gigabit Ethernet Passive Optical Network*) berstandar IEEE adalah jaringan akses serat optik *point-to-multipoint* dengan kecepatan yang ideal untuk digunakan dalam konfigurasi *Fiber To The Home* (FTTH). Manfaat teknologi PON dan Ethernet digabungkan dalam GEPON, menghasilkan biaya rendah, *bandwidth* tinggi, skalabilitas, reorganisasi layanan yang *fleksibel* dan cepat, serta pengelolaan yang mudah karena kompatibilitasnya dengan infrastruktur *Ethernet* saat ini. Karena aplikasi Ethernet digunakan di hampir 95% komunikasi LAN saat ini, GEPON adalah mode komunikasi jaringan akses yang sangat efektif. Selain itu, GEPON dapat menawarkan layanan *broadband* kepada kliennya yang mencakup informasi digital seperti suara, internet, dan Layanan *Triple Play* [13].

2.2.4 FIBER TO THE HOME (FTTH)

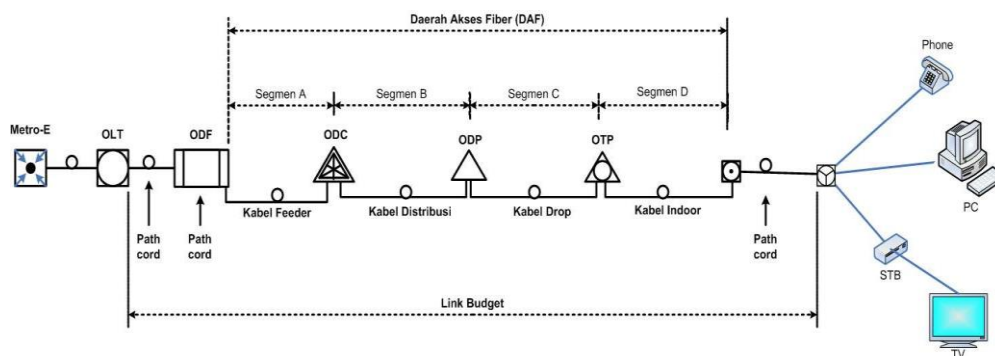
FTTH merupakan format yang menggunakan serat optik sebagai media penghantar untuk mengirimkan informasi berupa gelombang cahaya dari pusat

penyedia ke area pengguna. Kemajuan teknologi serat optik yang mampu menawarkan layanan *triple play* (suara, data, dan video) serta dapat sepenuhnya menggantikan penggunaan kabel tembaga, tidak dapat dipisahkan dari perkembangan teknologi tersebut.

Kecepatan koneksi maksimum 100 megabit per detik (Mbps) dijamin oleh FTTH. Dibandingkan dengan modem kabel standar atau koneksi DSL (*Digital Subscriber Line*), kecepatan ini 20–100 kali lebih cepat. Penyebaran FTTH skala besar akan memakan biaya karena rangkaian kabel baru harus dipasang melalui "tautan terakhir" pribadi setiap pengguna di jaringan kabel serat optik yang ada. Layanan *Fiber to the Curb* (FTTC) saat ini tersedia di komunitas tertentu. Teknologi kabel serat optik, atau FTTC, adalah proses pemasangan dan penggunaan kabel serat optik di trotoar dekat pemukiman atau tempat usaha. Media "tembaga" membawa sinyal dari trotoar ke pengguna akhir.

Fakta bahwa FTTH menghubungkan serat optik langsung ke rumah menjadikannya unik. Untuk mencapai kinerja yang lebih baik, serat optik menggunakan sinyal cahaya untuk mengirimkan data.

Tata letak umum jaringan akses FTTH adalah : kabel serat optik berasal dari kantor pusat, melewati hub distribusi serat (FDH), titik akses jaringan (NAP), dan akhirnya masuk ke rumah melalui terminal yang berfungsi sebagai sebuah kotak persimpangan.



Gambar 2.1 Arsitektur FTTH

(sumber : PT TELKOM Padang Tbk.)

Secara umum jaringan FTTH/B dapat dibagi menjadi 4 Segmen catuan kabel selain perangkat Aktif seperti OLT dan ONU/ONT, yaitu sebagai berikut ;

- 1.Segmen A : Catuan kabel Feeder
- 2.Segmen B : Catuan kabel Distribusi
- 3.Segmen C : Catuan kabel Penanggal / Drop
- 4.Segmen D : Catuan kabel Rumah/ Gedung

Komponen dan Arsitektur FTTH dimungkinkan oleh dua jenis sistem yang memungkinkan kabel serat optik mengirimkan data melalui cahaya. Mereka adalah PON, atau jaringan optik pasif, dan AON, atau jaringan optik aktif.

Untuk secara aktif mengarahkan sinyal ke pengguna tertentu, AON menggunakan peralatan *switching* bertenaga listrik. Pengguna PON hanya memerlukan peralatan bertenaga listrik di ujung penerima jaringan karena PON menggunakan pemisah optik daripada sakelar bertenaga listrik untuk mengarahkan sinyal.

Meskipun implementasi FTTH menggunakan kedua jenis tersebut dan masing-masing memiliki kelebihan, PON digunakan di sebagian besar kasus karena kinerjanya yang tinggi dan biaya pemasangan yang lebih rendah.. Topologi jaringan PON adalah sebagai berikut:

- a. Terminal jalur optik (OLT) di kantor pusat penyedia.
- b. Unit jaringan optik (ONU) lebih dekat ke tempat pengguna akhir.
- c. Jaringan distribusi optik (ODN) di antara OLT dan ONU untuk membagi dan mendistribusikan sinyal yang berjalan di sepanjang PON.

2.2.5 LINK POWER BUDGET

Total batas atenuasi yang diperbolehkan antara daya keluaran pemancar dan sensitivitas penerima dihitung menggunakan anggaran daya tautan. Standar ITU-T G.984 dan aturan yang ditetapkan oleh PT. Telkom yang menetapkan jarak tidak boleh lebih dari 20 kilometer dan total *redaman* maksimum 28 dB > Pr -28 dBm menjadi dasar perhitungan. Bentuk Persamaan untuk perhitungan *redaman* total pada link power, yakni

$$\alpha T = L. a_{serat} + N_c. a_c + N_s. a_s + S_p \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

αT = Total *loss* (dB)

L = Panjang serat optik (km)

Nc = Jumlah konektor

αc = *Redaman* konektor (dB/buah)

Ns = Jumlah sambungan

αs = *Redaman* sambungan (dB/sambungan)

Sp = *Redaman splitter* (dB)

Untuk Bentuk persamaan untuk perhitungan margin daya adalah :

$$M = (P_t - P_r) - \alpha T - M_s \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

M= Margin

Pt = Power *Transmit* (dBm)

Pr = Power *Receive* (dBm)

αT = Total *loss* (dB)

Ms = *Margin Sistem*

Pengetahuan Pt adalah daya keluaran (dBm) dari sumber optik. Pr adalah sensitivitas daya maksimum detektor (dBm), margin keamanan (sekitar 6–8 dB), total *redaman* sistem (dB), L adalah panjang serat optik (km), konektor atenuasi (dB/potong), sambungan atenuasi (dB /koneksi), dan *redaman* serat optik (dB/Km). Ns adalah jumlah sambungan, Nc adalah jumlah konektor, dan = dB adalah *redaman splitter*. Nilai yang lebih besar dari 0 (nol) diperlukan untuk margin daya. Margin daya adalah jumlah daya pancar yang tersisa setelah dikurangi nilai sensitivitas penerima, nilai margin keamanan, dan rugi-rugi transmisi.

Nilai daya yang diterima pada setiap ONU (Optical Network Unit) pada pelanggan dapat dihitung menggunakan persamaan setelah menentukan dan memperoleh nilai kerugian sebagai berikut: [14].

$$P_r = P_t - \alpha T \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

Pr = Power *Receive* (dBm)

Pt = Power *Transmit* (dBm)

αT = Total *loss* (dB)

Nilai *redaman* masing–masing komponen jaringan fiber *optic* yang digunakan dalam perancangan ini bisa dilihat pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Nilai *Redaman*

perangkat	Nilai <i>Redaman</i>
Serat Optik	0,35 dB/Km
Konektor	0,28 dB
Splitter 1:2	2,8 – 4,0 dB
Splitter 1:4	5,8 – 7,5 dB
Splitter 1:8	8,8 – 11,0 Db
Splitter 1:16	10,7 – 14,4 dB
Splitter 1:32	14,6 – 18,0 dB
Sambungan	0,10 dB
Daya keluaran sumber optik (pt)	5 dBm

Untuk jaringan ini, perhitungan *redaman* diperlukan karena jika *redaman* berada di antara batas wajar yang ditetapkan yaitu 15 hingga 28 dB, maka jaringan dianggap dalam kondisi baik atau tidak akan terjadi gangguan transmisi teknis. Karena *redaman splitter* yang dihasilkan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap perhitungan *redaman* ini, maka diperlukan analisis penentuan *splitter* untuk perhitungan ini. Tiga contoh situs digunakan dalam perhitungan *redaman* penelitian ini, dengan masing-masing situs menggunakan *splitter* 1:8 pada ODC dan *splitter* 1:4 pada ODP [15].

2.2.6 BER ANALYZER

Q-Factor

Q-Factor adalah signal to noise ratio (SNR) pada decision circuit dalam bentuk tegangan arus. Q-Factor juga sebagai penentu baik atau buruknya suatu sistem, dengan nilai minimum sebesar 4-6. Q-Factor dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$Q = \frac{10^{\frac{SNR}{20}}}{2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

Q : Faktor Kualitas

SNR : Signal to noise ratio

BER

BER merupakan rasio perbandingan bit error dengan jumlah keseluruhan bit yang dikirim, dengan nilai maksimum 10^{-9} . Di mana BER dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$BER \frac{1}{Q\sqrt{\pi}} \exp \frac{Q^2}{2} \dots\dots\dots (2.5)$$

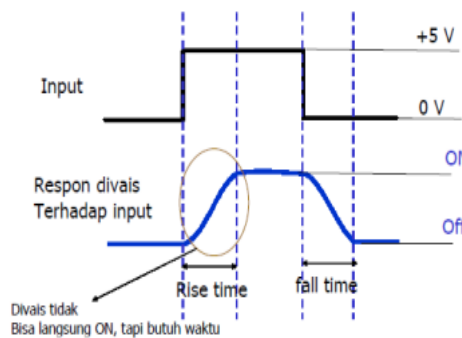
Keterangan:

Q : Q-Factor

π : Konstanta phi (3,14)

2.2.7 RISE TIME BUDGET

Rise Time Budget bertujuan untuk menjamin agar sistem transmisi dapat menyediakan *bandwidth* yang mencukupi pada *bit rate* yang diinginkan.



Gambar 2.2 *Rise Time* PT Telkom Indonesia

$$t_f = Dm \times \sigma\lambda \times L \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

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

L = Panjang Serat Optik (Km)

D = Dispersi Material (Ps/nm.Km)

Waktu naik serat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut, dimana L adalah panjang kabel serat optik, $\sigma\lambda$ adalah lebar *spektrum* sumber optik, dan D adalah

koefisien dispersi serat. Anda dapat menghitung waktu naik keseluruhan sistem transmisi serat optik setelah mendapatkan waktu naik serat [15].

2.2.8 PERANGKAT JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH)

Desain ini memanfaatkan berbagai jenis perangkat yang saling berhubungan, mulai dari pelanggan hingga kantor pusat. Berikut perangkat yang digunakan.:

a. *Optical Line Termination (OLT)*

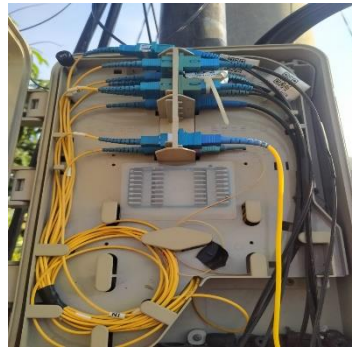
Jenis perangkat aktif tertentu yang dikenal sebagai terminal jalur optik adalah *subsistem* dari jaringan akses optik yang dibangun berdasarkan teknologi jaringan optik pasif. Ini berfungsi sebagai antarmuka utama antara jaringan dan satu atau lebih jaringan distribusi optik. Perangkat aktif yang disebut terminasi jalur optik ditempatkan di kantor pusat. Tujuannya untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal optik sehingga pelanggan dapat menerima informasi hingga jarak 20 kilometer [16].



Gambar 2.3 *Optical Line Termination*

b. *Optical Distribution Point (ODP)*

Titik terminasi kabel jaringan optik yang menghubungkan kabel distribusi serat optik dan menjatuhkan kabel ke pelanggan dikenal sebagai titik distribusi optik, atau ODP. Kunci optik, ruang konektor, dan pemisah terletak di dalam Titik Distribusi Optik (ODP). Penyambungan kabel *distribusi* dan kabel *drop* yang terhubung ke pelanggan menjadi tanggung jawab ODP. Sesuai standar PT Telkom, ODP ini menggunakan *passive splitter* berkapasitas 1:8, artinya setiap input memiliki delapan *output*. ODP alas, di dinding/tiang, dan ODP penutup merupakan tiga jenis ODP yang sering digunakan. Anda dapat melihat *topografi* area di mana ODP akan dipasang untuk menentukan jenis apa yang ingin Anda gunakan [17]. Ada macam-macam gambar ODP sebagai gambar berikut :



Gambar 2.4 ODP *on the wall/pole*



Gambar 2.5 ODP *Pedestal*



Gambar 2.6 ODP Closure

c. *Optical Distribution Cabinet (ODC)*

Perangkat ODC dan perangkat OLT dihubungkan melalui jaringan optik yang disebut ODC. Rumah kabel adalah tempat ODC ini berada. ODC memfasilitasi transmisi optik antara pengguna dan OLT. Terdapat komponen optik pasif pada transmisi ini. Perangkat interior ODC terdiri dari beberapa bagian, termasuk *splitter* pasif dan koneksi [18].



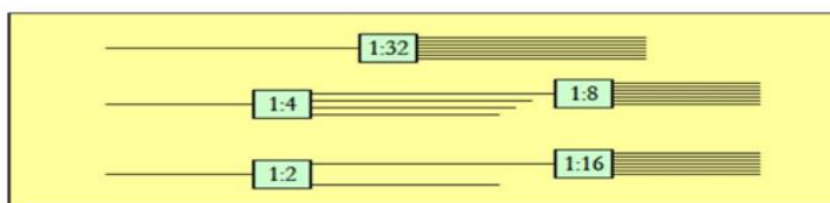
Gambar 2.7 Optical Distribution Cabinet

d. *Passive splitter*

Tujuan dari pembagi pasif adalah untuk berbagi informasi yang terkandung dalam sinyal optik. Ada beberapa kapasitas yang tersedia untuk *splitter* pasif ini: 1:2, 1:4, 1:8, 1:32, 1:64, dan 2:32. Kesimpulan ini berdasarkan saran dari PT Telkom dan biasanya terdapat pada ODC dengan 12 yang menggunakan kapasitas 1:4 atau pada ODP yang menggunakan kapasitas 1:8 [19]. Bisa dilihat salah satu *passive splitter* pada Gambar 2.8 dan perbandingannya pada Gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.8 *Passive Splitter 1:8*



Gambar 2.9 Perbandingan *Passive Splitter*

e. *Optical Network Unit (ONU)*

ONU (*Optical Network Unit*)/ONT (*Optical Network Terminal*) sendiri akan memberi pengguna akses ke perangkat aktif di ujung jaringan atau di rumah mereka, serta data dan sinyal yang mereka inginkan. Layanan video, data, dan telepon adalah produk ONU. ONU mempunyai kemampuan untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik sehingga layanan informasi yang dibawanya dapat terlihat [20].



Gambar 2.10 *Optical Network Unit (ONT)*