



**MODERNISASI JARINGAN AKSES TEMBAGA
DENGAN FIBER OPTIK INDIHOME DARI
STO SIMPANG LIMUN KE RUMAH
PELANGGAN DI PERUMAHAN
CBD POLONIA**

Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menempuh Ujian Akhir
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi

SKRIPSI

OLEH :

NAMA : KHALIS FAJRI ALADHIM
NPM : 1724210330
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK TELEKOMUNIKASI

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2019**

**MODERNISASI JARINGAN AKSES TEMBAGA DENGAN
FIBER OPTIK INDIHOME DARI STO SIMPANG
LIMUN KE RUMAH PELANGGAN
DI PERUMAHAN CBD
POLONIA**

KHALIS FAJRI ALADHIM*
SOLLY ARYZA **
M.RIZKY SYAHPUTRA **
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

ABSTRAK

Pada era digital yang semakin berkembang ini fiber optik menjadi pilihan terbaik, khususnya dalam dunia telekomunikasi yang kebutuhan komunikasinya tidak hanya terbatas kepada layanan *voice* saja tetapi sudah merambah ke layanan data (internet) dan juga *video* seperti TV interaktif dan juga multimedia. Oleh karena itu dibutuhkan *bandwidth* yang lebih besar dan kecepatan tinggi untuk menunjang akses layanan tersebut. Sedangkan jaringan lokal akses tembaga masih memiliki keterbatasan *bandwidth* dan kecepatan transmisi. Jaringan lokal akses tembaga hanya mampu menyalurkan maksimal 4 Mbps, sehingga dibutuhkan modernisasi. Tujuannya agar mampu menyalurkan *bandwidth* yang lebih besar hingga 100 Mbps dengan menggunakan jaringan fiber optik.

Kata kunci : fiber optik, jaringan akses tembaga, modernisasi

***Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro:**

khalisfajrialadhim@yahoo.com

****Dosen Program Studi Teknik Elektro**

**NETWORK MODERNIZATION OF COPPER ACCESS WITH
INDIHOME OPTICAL FIBER FROM STO SIMPANG
CUSTOMER LIMUN TO THE CUSTOMER
IN THE HOUSING OF THE CBD
POLONIA**

**KHALIS FAJRI ALADHIM*
SOLLY ARYZA**
M.RIZKY SYAHPUTRA**
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI**

ABSTRACT

In the growing digital era, optical fiber is the best choice, especially in the world of telecommunications, where communication needs are not only limited to voice services but have expanded to data services (internet) and also videos such as interactive TV and multimedia. Therefore, more bandwidth and high speed are needed to support access to these services. While the local copper access network still has bandwidth limitations and transmission speeds. The local copper access network can only deliver a maximum of 4 Mbps, so modernization is needed. The goal is to be able to channel a larger bandwidth of up to 100 Mbps by using a fiber optic network.

Keywords: optical fiber, building access network, modernization

***Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro:**

khalisfajrialadhim@yahoo.com

****Dosen Program Studi Teknik Elektro**

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metode Penelitian	3
1.7 Sistem Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Jaringan Lokal Akses Tembaga	5
2.2.1 STO	6
2.2.2 Rumah Kabel	7
2.2.3 Kabel Primer	9
2.2.4 Kabel Sekunder	10
2.2.5 Kotak Pembagian atau DP	11

2.2.6 Kabel Penangkal (Drop Wire)	12
2.2.7 KTB (Kotak Terminal Bebas)	13
2.2.8 IKR /G (Instalasi Kabel Rumah /Gedung)	13
2.2 Fiber Optik	14
2.3 Struktur Dasar Kabel Serat Optik	15
2.4 Jenis-jenis Serat Optik	16
2.5 Perangkat yang Digunakan	17
2.5.1 Metro Ethernet	17
2.5.2 MSAN	19
2.5.3 DSLAM	20
2.6 Cara Kerja Transmisi Optik	21
2.6.1 Transmisi Cahaya pada Serat Optik	21
2.6.2 Perambatan Cahaya dalam Serat Optik	21
2.6.3 Indeks Bias	21
2.6.4 Hukum Snellius	22
2.6.5 Sudut Kritis	23
2.6.6 Refraksi (Pembiasan) Cahaya	24
2.6.7 Difraksi Cahaya	27
2.6.8 Dispersi Cahaya	28
2.7 Sistem Relay Serat Optik	28
2.7.1 Transmitter	29
2.7.2 Konektor	29
2.7.3 Receiver	30
2.7.4 Konsep Kerugian dalam Serat Optik	31
2.7.5 Lebar Jalur Serat Optik	31
2.8 Parameter-parameter yang Dihitung Untuk Mengetahui Baik Buruknya Suatu Sistem Setelah Dimodernisasi	32
2.8.1 Redaman	32
2.8.2 Signal to Noise Ratio	35

BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Umum	36
3.2 Analisa Kebutuhan <i>Bandwidth</i>	37
3.3 Analisa Kebutuhan Alat Ukur	38
3.4 Langkah-langkah Modernisasi dari Kabel Tembaga Menjadi Fiber Optik	52
3.5 Flow Chart	55
BAB IV Analisis Konfigurasi Sistem Jaringan Tembaga Dengan Jaringan Serat Optik	56
4.1 Umum	56
4.2 Analisis Biaya	56
4.3 Perbandingan Tipe Arsitektur Aktif dan Pasif	58
4.4 Analisis Konfigurasi Sistem	59
BAB V PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Jaringan Lokal Akses Tembaga	6
Gambar 2.2 Sentral Telepon Otomat	7
Gambar 2.3 Rumah Kabel	7
Gambar 2.4 Kabel Primer	10
Gambar 2.5 Kabel Sekunder	11
Gambar 2.6 Kotak Pembagi atau DP	11
Gambar 2.7 Kabel Penanggal	12
Gambar 2.8 KTB	13
Gambar 2.9 Struktur Dasar Serat Optik	15
Gambar 2.10 Perambat Gelombang pada <i>Multi-Mode Graded Index Fibers</i>	16
Gambar 2.11 Perambat Gelombang pada <i>Multi-Mode Fibers</i>	17
Gambar 2.12 Perambat Gelombang pada <i>Single-Mode Fibers</i>	17
Gambar 2.13 Perangkat Metro Ethernet	18
Gambar 2.14 Perangkat MSAN	19
Gambar 2.15 Perangkat DSLAM	20
Gambar 2.16 Pemantulan Cahaya menurut Hukum Snellius	23
Gambar 2.17 <i>Refraksi</i> Cahaya	26
Gambar 2.18 (a) <i>Refraksi</i> Mendekati dan (b) Menjauhi garis Normal	27
Gambar 2.19 <i>Difraksi</i> Cahaya pada Celah Tunggal	28
Gambar 2.20 <i>Dispersi</i> Cahaya	28
Gambar 3.1 OTDR	40
Gambar 3.2 <i>Optical Power Meter</i>	42
Gambar 3.3 Arsitektur FTTH dan Kabel Optik	45
Gambar 3.4 OLT	46
Gambar 3.5 Kabel Feeder	46
Gambar 3.6 ODC	47
Gambar 3.7 Kabel Distribusi	48
Gambar 3.8 ODP	49

Gambar 3.9 Kabel Drop	49
Gambar 3.10 OTP atau KTB optik	50
Gambar 3.11 Kabel Indoor	50
Gambar 3.12 Roset	51
Gambar 3.13 ONT	52
Gambar 4.1 Konfigurasi Dasar Jaringan Akses Tembaga	59
Gambar 4.2 Konfigurasi Dasar Jaringan Akses Tembaga	60
Gambar 4.3 Konfigurasi Dasar Jaringan Akses Fiber Optik Optik	61

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kapasitas Maksimum Primer dan Sekunder Dalam RK	9
Tabel 2.2 Indeks Bias Beberapa Medium yang Berbeda	25
Tabel 3.1 Tabel Penelitian	37
Tabel 3.2 Kebutuhan <i>Bandwidth</i> yang ada di Perumahan CBD	38
Tabel 4.1 Perbedaan Antara Kebutuhan Biaya dan <i>Bandwidth</i> Kabel Tembaga dan Fiber Optik	56
Tabel 4.2 Tabel Asumsi Harga Sewa Bulanan per Pelanggan	57
Tabel 4.3 Perbandingan Tipe Arsitektur Aktif dan Pasif	58
Tabel 4.4 Korelasi Antara Struktur/Konfigurasi Jaringan Kabel ke Optik	62
Tabel 4.5 Perbandingan Jaringan Akses Tembaga dengan Fiber Optik	63

DAFTAR GRAFIK

Halaman

Grafik 3.1 Perbandingan <i>Bandwidth</i> untuk setiap teknologi Tabel 2.1	44
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Form Judul
- Lampiran 2 : Lembar Bimbingan Dosen Pembimbing I
- Lampiran 3 : Lembar Bimbingan Dosen Pembimbing II
- Lampiran 4 : Lembar Pernyataan
- Lampiran 5 : Plagiat Checker
- Lampiran 6 : ACC Seminar Proposal dan Sidang

KATA PENGANTAR

Assalamuallaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul "Modernisasi Jaringan Akses Tembaga Dengan Fiber Optik Indihome Dari STO Simping Limun Ke Rumah Pelanggan Di Perumahan CBD Polonia".

Skripsi ini disusun serta disajikan untuk memenuhi persyaratan ujian akhir dengan memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu segala kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Selama dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, bantuan, masukan dan dorongan yang sangat berarti. Penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar - besarnya kepada :

1. Bapak Dr. H.M. Isa Indrawan, S.E., M.M, selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
2. Ibu Sri Shindi Indira, S.T., M.Sc selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
3. Bapak Hamdani, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
4. Bapak Solly Aryza, ST.,M.Eng selaku Dosen Pembimbing 1 di Universitas Pembangunan Panca Budi Medan
5. Bapak Muhammad Rizky Syahputra, ST., MT selaku Dosen Pembimbing 2 di Universitas Pembangunan Panca Budi Medan
6. Dosen-dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
7. Seluruh staf dan karyawan pada Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
8. Para sahabat dan teman-teman yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Terutama kepada kedua orang tua Darma Bakti (ayah) Yulida (ibu) yang selalu memberikan semangat, do'a, motivasi dan membantu penelitian ini dari segi moril maupun materil sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Akhir kata penulis sampaikan rasa terima kasih bagi semua pihak yang secara langsung terlibat dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan

satu persatu. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi kita semua umumnya.

Medan, 10 Juli 2019

Penulis,

Nama : Khalis Fajri Aladhim

NPM : 1724210330

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman sekarang penyedia layanan jaringan menggunakan kabel fiber optik sebagai media komunikasi jaringan yang banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan kecepatan dan kapasitas *bandwidth*. Perkembangan teknologi yang semakin pesat khususnya dalam dunia telekomunikasi, kebutuhan komunikasi tidak hanya terbatas pada layanan *voice* saja tetapi juga sudah merambah ke layanan data (internet) dan (intranet) video (TV kabel). Sedangkan jaringan lokal akses tembaga kapasitasnya masih sangat terbatas dan tidak bisa memberikan layanan multimedia dan layanan data, karena kabel tembaga memiliki keterbatasan *bandwidth* dan kecepatan. Jaringan akses tembaga hanya mampu memberikan kecepatan maksimal 4 Mbps, sehingga dibutuhkan pembaharuan.

Langkah mengganti secara permanen jaringan akses telekomunikasi berbasis kabel tembaga merupakan cara strategis, sekaligus menuju jaringan teknologi informasi dan komunikasi nasional berbasis IP (*Internet Protocol*) dan serat optik. Tujuannya agar mampu menyalurkan *bandwidth* yang lebih besar hingga 100 Mbps memakai teknologi berbasis *Multi Service Access Node* (MSAN) dan *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) yang hanya terdapat di jaringan fiber optik.

Berdasarkan survei awal yang dilakukan jarang dari STO Simpang Limun ke Perumahan CBD Polonia sepanjang 3 km dan terdapat 40 pelanggan yang harus dimodernisasi. Oleh karena itu dilakukan pembaharuan jaringan akses dan

pembangunan jaringan IP core. Sehingga total kapasitas (*bandwidth*) pada jaringan serat optik mencapai 1,78 Tbps.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana prinsip transmisi serat optik?
2. Bagaimana menganalisa pentransmision kabel tembaga menjadi fiber optik?
3. Bagaimana prosedur atau langkah penggantian kabel tembaga menjadi fiber optik ke pelanggan?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui kebaikan system setelah dimodernisasi.
2. Untuk menganalisis penggantian kabel tembaga menjadi fiber optik ke pelanggan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui prinsip transmisi serat optik.
2. Untuk mengetahui bagaimana jalur pentransmision dari kabel tembaga menjadi fiber optik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari modernisasi jaringan akses tembaga dengan fiber optik ini diharapkan dapat menghemat pengeluaran pelanggan dan mengoptimalkan *bandwidth* yang tersedia di transmisi fiber optik dan memperkecil terjadinya gangguan pada jaringan optik.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Studi Literatur, yaitu dengan mengambil dan mengumpulkan teori-teori dasar serta teori pendukung dari berbagai sumber, terutama meminta data dari pihak PT. Telekomunikasi Tbk, buku-buku referensi, dan situs-situs yang menunjang penelitian ini.
2. Diskusi, yaitu Tanya jawab dengan dosen pembimbing yang telah ditunjuk oleh pihak Departemen Teknik Elektro mengenai masalah-masalah yang timbul selama penulisan skripsi ini berlangsung.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dan pembahasan skripsi ini sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penelitian dan disitematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan landasan teori tentang jaringan akses tembaga, struktur dasar kabel serat optik, jenis-jenis kabel serat optik, cara kerja

sistem transmisi serat optik, serta parameter untuk mengetahui suatu sistem setelah di modernisasi.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang modernisasi jaringan akses tembaga menjadi fiber optik ke pelanggan dan alasan-alasan dibutuhkannya saluran fiber optik sampai ke pelanggan.

BAB 4 Analisis Konfigurasi Sistem Jaringan Tembaga Dengan Jaringan Serat Optik

Bab ini menjelaskan tentang perangkat yang digunakan pada fiber optik dan parameter-parameter yang akan dihitung untuk mengetahui baik buruknya suatu sistem setelah dimodernisasi.

Bab 5 PENUTUP

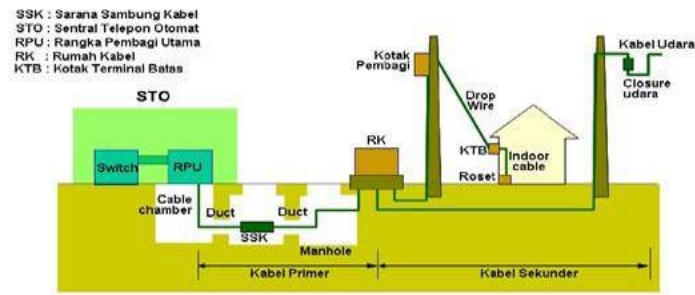
Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Jaringan Lokal Akses Tembaga

Jaringan lokal akses tembaga adalah jaringan kabel telepon dari bahan tembaga yang dipasang dan ditarik kemudian digunakan untuk menghubungkan pesawat-pesawat pelanggan dengan sentral lokal yang bersangkutan. Jaringan akses ini konfigurasinya dimulai dari terminal blok vertical pada rangka pembagi utama *Main Distribution Frame* (MDF), baik yang hanya memakai kabel tembaga sebagai media akses maupun tambahan perangkat lain yang bermaksud untuk meningkatkan kinerja kerja. Secara umum sistem jaringan telekomunikasi terdiri dari jaringan konvensional yang ditarik mulai dari sentral MDF melalui kabel primer sampai dirumah kabel (RK) yang diteruskan dengan kabel sekunder hingga sampai di *distribution point* (DP) dan lanjut dengan kabel penanggal (*drop wire*) sampai di kotak terminal batas (KTB) dan dilanjutkan dengan instalasi kabel rumah (IKR) sampai ke *roset* dan pesawat telepon (Nugraha, 2008). Berikut gambar struktur jaringan lokal akses tembaga ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur Jaringan Lokal Akses Tembaga
Sumber : ditnote.blogspot.com

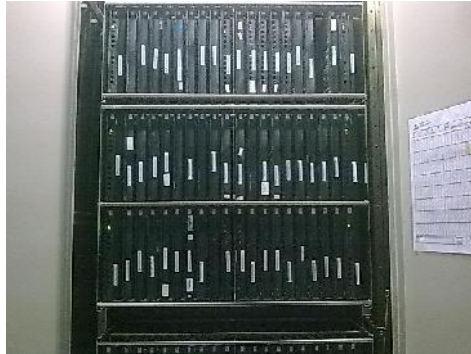
Adapun struktur jaringan lokal akses tembaga adalah sebagai berikut:

1. STO (Sentral Telepon Otomat)
2. Rumah Kabel
3. Kabel Primer
4. Kabel Sekunder
5. DP (*Distribution Point*)
6. Kabel Penanggal (*Drop Wire*)
7. Kotak Terminal Batas
8. Instalasi Kabel Rumah.

2.2.1 STO

STO (Sentral Telepon Otomat) atau disebut MDF adalah susunan rangka dari plat logam yang digunakan sebagai tempat menginstalasi terminal-terminal untuk titik sambung ujung kabel ke arah jaringan dan ke arah sentral. MDF adalah tahapan perantara (*interface*) dengan ujung-ujung saluran langganan dan peralatan

penyambung dari sentral (Nugraha,2008). Gambar STO dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sentral Telepon Otomat (STO)
Sumber : <http://muhammad-anwari.blogspot.com>

2.2.2 Rumah Kabel

Rumah Kabel (*Cross Connect Cabinet*) distribusi kabel primer fleksibel dan bertujuan menghubungkan jaringan kabel primer dengan jaringan kabel sekunder. Rumah kabel diletakkan di tempat yang mudah diakses seperti di samping tiang listrik ataupun di tepi jalan. Kapasitas penyambungan kabel sampai 2400 pair. Gambar rumah kabel dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Rumah Kabel (RK)
Sumber : <http://muhammad-anwari.blogspot.com>

Adapun fungsi rumah kabel yaitu:

- a. Tempat sambungan antara kabel primer dengan kabel sekunder
- b. Tempat membagi kabel besar (primer) menjadi beberapa kabel kecil
- c. Tempat melaksanakan pengetasan untuk melokasir gangguan
- d. Tempat melaksanakan penjumlahan antara terminal blok di sisi primer dengan terminal blok di sisi sekunder
- e. Fleksibilitas saluran.

Macam-macam rumah kabel antara lain yaitu:

1. Terbuat dari beton (tipe lama, sekarang tidak digunakan lagi)
 - a. Bentuk kuat, seperti gardu
 - b. Tempat kerja leluasa
 - c. Aman
 - d. Perlu tanah agak luas untuk membagunnya, dan
 - e. Kapasitas besar.
2. Terbuat dari besi atau fiber glass
 - a. Bentuknya kotak persegi
 - b. Warna abu-abu
 - c. Dipasang di tepi jalan, trotoar pada tempat yang tidak mengganggu lalu lintas dan aman
 - d. Tidak memerlukan tanah yang luas, dan
 - e. Kapasitas besar.

Peletakan rumah kabel sering dilakukan di tepi jalan, sehingga cabinet yang di topang oleh konstruksi sekitar 60cm diatas tanah. Cakupan rumah kabel ditentukan

oleh batas-batas geografi seperti sungai, jalan besar dan lain-lain. Tempat jika tidak tepat, maka disesuaikan dengan kapasitas rumah kabel tersebut. Umumnya satu rumah kabel untuk maksimum 1200 pelanggan. Kapasitas ditentukan oleh demand 5 tahun mendatang menjadi 0,8 (Nugraha, 2008).

Kapasitas sumber kabel terdiri dari ukuran 800, 1200, 1600 dan 2400. Rumah kabel disusun atas blok-blok terminal dengan kapasitas 100 dan 200 SST. Berikut kabel kapasitas maksimum kabel primer dan sekunder dalam rumah kabel. Kapasitas rumah kabel dapat di lihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kapasitas RK

Ukuran RK	Kapasitas Minimum	Kapasitas Maksimum
2400	900	1200
1600	600	800
1200	400	600
800	300	400

Sumber: <https://www.slideshare.net/trabalistra11/textbook-33937510>

2.2.3 Kabel Primer

Kabel primer di tempatkan dan di distribusikan dari MDF di dalam gedung sentrak kearah rumah kabel. Peletakan kabel melalui tanam langsung atau *duct* dan menggunakan titik penarikan manhole dan handhole. Terdapat juga daerah yang dicatu secara langsung (DCL), dimana penarikan kabel langsung dari *Main Distribution Frame* ke *Distribution Point*. Kabel primer di aplikasikan dengan cara tanam langsung atau menggunakan pipa dan di cor beton (kabel *duct*).

Jumlah pair untuk kabel primer adalah 2/3 dari total perkiraan kabel sekunder yang transmisi pada rumah kabel untuk demand 5 tahun. Aplikasi tanam langsung

diterapkan pada daerah yang relatif stabil dengan demand kurang dari 300 pair. Kapasitas kabel yang digunakan untuk tanam langsung maksimal 1400 pair.

Aplikasi duct untuk kabel primer diterapkan jika daerah yang dilayani tidak stabil, rawan terhadap penggalian dan pembongkaran. Perkiraan demand untuk satu cabang harus lebih dari 300 pair. Kekuatan kabel duct harus diperkirakan tahan sampai 10 tahun, sedangkan kapasitas duct harus diperkirakan sampai 5 tahun. Berikut gambar kabel primer dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Kabel Primer

<http://www.emmeesse.it/en/product.asp?idprod=780&idcat=757>

2.2.4 Kabel Sekunder

Kabel sekunder berkapasitas lebih kecil dari kabel primer (maksimum 400 pasang dan minimum 10 pasang) dengan ukuran RK 800 dan ukuran RK bervariasi, yang sering digunakan adalah ukuran 800. Dipasang dari terminal kabel hingga ke kotak pembagi atau terminal titik pembagi atas tanah atau titik pembagi bawah tanah.

Kapasitas maksimum 400 pasang dengan diameter urat bervariasi mulai 0.8 mm hingga 0.8 mm. Kabel sekunder dipasang dengan cara ditanam langsung di atas tanah (kabel udara). Ukuran kabel sekunder bervariasi antara 1.1 sampai 1.5 dari kapasitas kabel primer. Berikut gambar kabel sekunder dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Kabel Sekunder

<http://www.emmeesse.it/en/product.asp?idprod=780&idcat=757>

2.2.5 Kotak Pembagi atau *Distribution Point* (DP)

Kotak pembagi merupakan terminal kabel tempat penyambungan antara kabel sekunder dan kabel distribusi (penanggal) yang berfungsi sebagai tempat penyambungan antara kabel sekunder dan kabel distribusi dan tempat pengetasan untuk melokalisir gangguan. Kotak pembagi dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Kotak Pembagi atau DP

Sumber: www.tkjcyberart.org

Distribution Point adalah tempat catuan (terminal kabel *dropwire*) dari rumah pelanggan. Daerah cakupan *Distributin Point* ditetapkan sedemikian rupa sehingga

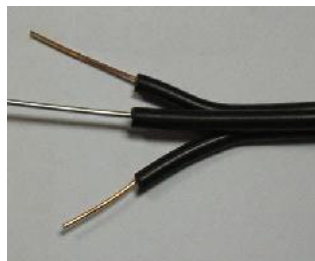
kabel *dropwire* dapat menjangkau rumah pelanggan. Kapasitas *Distribution Point* umumnya terdiri dari 10 dan 20 pair, namun dalam beberapa aplikasi terdapat kapasitas 49, 60 dan 100 pair. Kapasitas 10 pair biasa digunakan di daerah residensial, sedangkan 20 pair di daerah bisnis. Peletakannya ada di tiang atau dinding. Dari kapasitas yang tersedia tersebut disisakan 1 atau 2 line sebagai cadangan. Untuk daerah dengan kebutuhan kecil dapat ditambahkan penggunaan tiang untuk menyokong *dropwire* (Nugraha, 2008).

Di dalam *Distribution Point* inilah kabel *dropwire* yang berasal dari kotak terminal batas dihubungkan dengan kabel sekunder yang berasal dari kabinet DP atau kotak pembagi berfungsi sebagai berikut:

1. Titik tumpu dari jaringan kabel sekunder
2. Titik tambat awal dari jaringan distribusi
3. Titik temu atau titik peralihan anatara kabel sekunder dengan penanggal.

2.2.6 Kabel Penanggal (*Drop Wire*)

Kabel penanggal adalah kabel yang dipasang dari terminal kotak pembagi sebagai saluran penanggal yang menghubungkan sampai ke kotak terminal batas. Kabel penanggal lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Kabel Penanggal

Sumber: <http://nuinsha.blogspot.com>

2.2.7 Kotak Terminal Batas (KTB)

Kotak terminal terbatas (KTB) adalah tempat pertemuan antara kabel DW/ penanggal dari rumah dengan kabel PVC (*Permanent Virtual Cicuit*) di dalam rumah. KTB ini berada pada rumah pelanggan. Di dalam KTB terdapat 4 kabel berwarna merah, hijau, kuning dan hitam. Untuk lebih jelas KTB dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 KTB

Sumber: <http://accessbima.blogspot.com>

Kuning dan hitam akan dihubungkan ke DP yang terdapat pada tiang telepon melalui kabel DW, sedangkan kabel merah dan hijau akan dihubungkan ke kabel merah dan hijau yang terdapat pada roset melalui kabel PVC (Nugraha, 2008).

2.2.8 Instalasi Kabel Rumah/Gedung (IKR/G)

Instalasi kabel rumah atau *indoor cable* menggunakan kabel jenis PVC. Kabel PVC merupakan kabel penghubung antara *roset* dengan KTB. *Roset* merupakan kotak ujung sambungan yang menghubungkan langsung ke pesawat telepon. Kabel warna hitam dan kuning terdapat pada *roset* digunakan untuk PABX.

Instalasi kabel rumah atau *indoor cable* menggunakan kabel jenis PVC meliputi kabel *indoor*, soket dan pesawat telepon.

a. Kabel *Indoor*

Kabel berisolasi dan berselubung PVC dengan warna abu-abu/hitam yang berfungsi untuk menghubungkan antara KTB dengan roset pesawat telepon.

b. Soket

Soket merupakan terminal penyambung antara instalasi kabel dalam rumah dengan perangkat terminal (seperti pesawat telepon) sehingga memudahkan menyambung dan memutuskan hubungan antara terminal ke instalasi kabel rumah.

c. Pesawat telepon

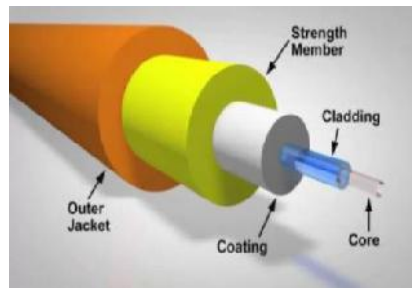
Pesawat telepon merupakan media untuk berkomunikasi sebagai akhir dari jaringan kabel akses tembaga (Nugraha, 2008).

2.2 Fiber Optik

Fiber optik atau serat optik adalah saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mentransmisi sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Cahaya yang ada di dalam serat optik sulit keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara. Sumber cahaya yang biasa digunakan adalah laser karena laser mempunyai spectrum yang sangat sempit. Transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi. Serat optik umumnya digunakan dalam sistem telekomunikasi serta dalam pencahayaan, sensor, dan optik pencitraan (Wahyudi, 1982).

2.3 Struktur Dasar Kabel Serat Optik

Serat optik terbuat dari bahan dielektrik yang berbentuk seperti kaca. Didalam serat optik inilah energi listrik diubah menjadi cahaya yang akan ditransmisikan sehingga dapat diterima diujung penerima (*receiver*) melalui *transducer*. Struktur dasar serat optik dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Struktur Dasar Serat Optik

Sumber: <https://www.fiberoptikwire.com>

Struktur serat optik terdiri dari:

1. Inti (*Core*)

Inti atau *core* adalah bagian terdalam dari kabel fiber optik yang terbuat dari kaca atau plastik transparan yang sangat tipis dan memiliki bentuk silinder yang berdiameter $2\mu\text{m}$ - $125\mu\text{m}$ tergantung dari jenis serat optiknya, dimana gelombang cahaya yang dikirimkan akan merambat dan mempunyai indeks bias lebih besar dari lapisan kedua.

2. *Cladding*

Cladding merupakan lapisan kedua dari *core* yang berbentuk seperti cermin yaitu untuk memantulkan cahaya agar dapat merambat dari awal sampai ke ujung kabel fiber optik. *Cladding* terbuat dari bahan gelas dengan indeks bias yang lebih kecil dari *core* oleh karena itu cahaya dapat merambat dalam *core* serat optik.

Diameter *cladding* antara $5\mu\text{m}$ - $250\mu\text{m}$, hubungan indeks bias antara *core* dan *cladding* akan mempengaruhi perambatan cahaya pada *core* yaitu mempengaruhi besarnya sudut kritis.

3. Jaket (*Coating*)

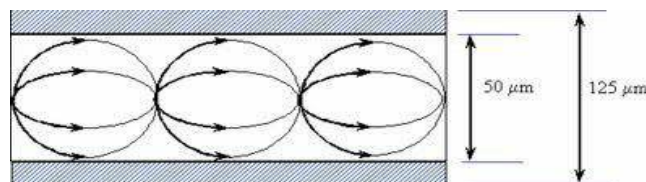
Coating berfungsi sebagai pelindung mekanis pada serat optik dan identitas kode warna terbuat dari bahan plastik. Berfungsi untuk melindungi serat optik dari kerusakan (Zanger, 1991).

2.4 Jenis-jenis Serat Optik

Berdasarkan keperluan yang berbeda-beda, maka serat optik dibuat dalam dua jenis utama yang berbeda, yaitu *multi mode graded index*, *multi mode fibers* dan *single mode fibers* (Zanger, 1991).

1. *Multi-Mode Graded Index*

Pada jenis serat optik ini, *core multi-mode graded index* terdiri dari sejumlah lapisan gelas yang memiliki indeks bias yang berbeda, indeks bias tertinggi terdapat pada pusat *core* dan berangsur-angsur turun sampai ke batas *core-cladding*. Akibatnya disperse waktu berbagi *mode* cahaya yang merambat berkurang sehingga cahaya akan tiba pada waktu yang bersamaan. Perambatan gelombang yang terjadi pada sistem *multi-mode graded index fibers* ini dapat dilihat pada Gambar 2.10.

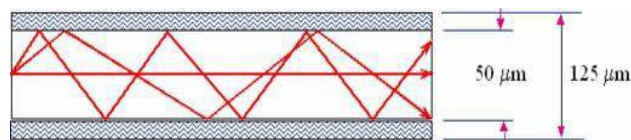


Gambar 2.10 Perambatan pada *Multi-Mode Graded Index Fibers*

Sumber : <https://zecorner.files.wordpress.com/>

2. Multi Mode Fibers

Multi-mode fibers memiliki ukuran inti lebih besar dari *Single-Mode Fibers* yang berdiameter 63,5 mikro meter dan menstranmisikan cahaya inframerah sepanjang gelombang 850-1300 nm dari lampu *light-emitting diodes* (LED) dan perambatan gelombang yang terjadi pada sistem *multi-mode fibers* ini akan terlihat seperti pada Gambar 2.11.

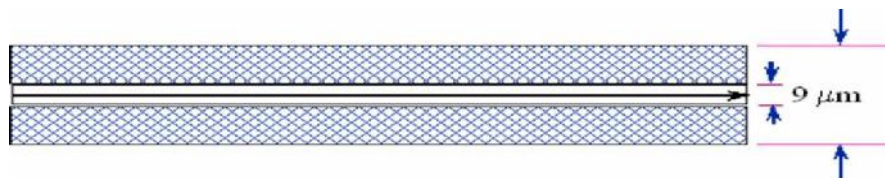


Gambar 2.11 Perambatan Gelombang pada Multi-Mode Fibers

Sumber: <https://zecorner.files.wordpress.com>

3. Single-Mode Fibers

Serat optik *single-mode fibers* mempunyai diameter *core* yang sangat kecil dibandingkan dengan ukuran *cladding*, yang memiliki diameter sekitar 9 mikro meter, sistem *single-mode fibers* ini akan terlihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Perambatan Gelombang pada Single-Mode Fibers

Sumber: <https://zecorner.files.wordpress.com>

2.5 Perangkat yang Digunakan

Perangkat yang digunakan pada fiber optik ada 3 yaitu:

1. MEN (*Metro Ethernet Network*)
2. MSAN (*Multi Servise Access Network*)

3. DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplaxer*)

2.5.1 *Metro Ethernet Network*

Metro Ethernet Network (MEN) merupakan suatu jaringan yang menghubungkan sejumlah LAN yang terpisah secara geografis melalui jaringan WAN atau *backbone* yang disediakan oleh suatu *service provider*. MEN menyediakan layanan konektivitas dalam cangkupan metropolitan/perkotaan yang memanfaatkan Ethernet sebagai protocol utamanya dan mampu menyalurkan aplikasi *broadband*. Bagi pelanggan, layanan MEN ini dipandang sebagai layanan yang mudah, sederhana dan murah dengan bertambahnya kebutuhan *bandwidth*. Berikut gambar *Metro Ethernet Network* dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Perangkat Metro Ethernet

Sumber: <https://s01.alicdn.com/kf/FXz/Huaweiroutr-CX600-Multiservice-Control-Gateway.jpg>

Metro Ethernet Network merupakan layanan komunikasi data yang menyediakan *interface* dan protocol Ethernet yang disediakan oleh suatu MEN. Perangkat jaringan di sisi pelanggan, yaitu *Customer Equipment* (CE) terhubung ke MEN melalui suatu *User Network Interface* (UNI). Aplikasi NGN sangat membutuhkan sebuah jaringan yang dapat dilewati data dalam jumlah yang sangat besar, dapat melakukan transfer data dengan cepat, lebih kebal terhadap masalah-

masalah komunikasi dan juga yang terpenting haruslah murah dan mudah dalam implementasinya. Salah satu teknologi yang mampu melayani kebutuhan ini adalah teknologi *Metro Ethernet Network*.

2.5.2 Multi Service Access Node (MSAN)

Multi Service Access Node yaitu suatu platform jaringan akses yang menyediakan layanan umum untuk memberikan layanan *broadband* dan *narrowband* dalam jaringan PSTN (*Public Switch Telephone Network*) dan NGN (*Next Generation Network*). MSAN memiliki 3 fungsi penting yaitu:

1. Sebagai akses gateway dalam NGN
2. Sebagai jaringan akses tradisional PSTN
3. Sebagai sistem akses *broadband*.

Berikut gambar perangkat MSAN dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Perangkat MSAN

Sumber: <http://4.bp.blogspot.com/>

2.5.3 *Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM)*

DSLAM berfungsi untuk mengolah sinyal data digital agar dapat mengoptimalkan *bandwidth twisted pair* untuk melewati data dengan kecepatan tinggi. DSLAM bekerja dengan memisahkan frekuensi sinyal suara dari trafik kecepatan tinggi, serta mengontrol dan merutekan trafik DSLAM antara perangkat *end-user*, seperti *router*, modem, *network interface card*. DSLAM menyalurkan data digital memasuki jaringan suara POTS ketika mencapai di CO (*Central Office*). DSLAM adalah piranti dalam jaringan komputer yang diletakkan di kantor sentral telepon yang menerima sinyal dari koneksi banyak pelanggan DSL atau sambungan telepon, kemudian meneruskan ke *backbone* kecepatan tinggi, menggunakan teknik *multiplexing*. DSLAM *multiplexer* terhubung dengan line DSL dengan kombinasi ATM, *Frame Relay* atau IP. DSLAM dipergunakan untuk memberikan layanan ke pelanggan dengan kombinasi sambungan DSL dengan teknologi *backbone* jaringan dengan ATM. Berikut gambar dari DSLAM dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Perangkat DSLAM

Sumber:<http://firmsyahpanduawa.blog.st3telkom.ac.id/>

2.6 Cara Kerja Serat Transmisi Optik

Cara kerja sistem transmisi serat optik diantaranya yaitu, pengiriman data dengan media, cahaya sistem relay, konsep kerugian dan lebar jalur pada serat optik.

2.6.1 Transmisi Cahaya pada Serat Optik

Prinsip dasar serat optik adalah pemantulan cahaya yang terjadi ketika cahaya hendak dipancarkan kebidang lurus ataupun cahaya hendak dipancarkan melalui daerah yang berbelok-belok atau rumit seperti lubang kecil dibutuhkan sesuatu yang bekerja seperti cermin tetapi memiliki efisiensi tinggi. Serat optik tersebut akan mengirimkan data dengan media cahaya dalam serat optik yang merambat melewati inti dengan pemantulan yang tetap, ini disebut dengan total pantulan internal, karena *cladding* tidak menyerap cahaya dari inti maka cahaya dapat melintasi jarak yang cukup jauh.

2.6.2 Perambatan Cahaya dalam Serat Optik

Perambatan cahaya dalam serat optik pada dasarnya terjadi karena cahaya merambat lurus atau memantul di dalam *core* serat optik, pemantulan terjadi karena indeks bias *core* lebih besar dibandingkan indeks bias *cladding*. Pola pada perambatan cahaya dalam serat optik yaitu sinar merambat lurus sepanjang sumbu serat tanpa mengalami *refleksi* atau *refraksi*. Sinar yang datang mengalami *refleksi* total karena memiliki sudut datang yang lebih besar dari sudut kritis dan akan merambat sepanjang serat melalui pantulan-pantulan (Keiser, 1991).

2.6.3 Indeks Bias

Indeks bias adalah perbandingan antara kecepatan cahaya di ruang hampa dengan kecepatan cahaya di dalam bahan. Sebagian besar bahan yang digunakan

untuk membuat serat optik memiliki nilai indeks bias sekitar 1,5. Indeks bias juga dapat diartikan sebagai perbandingan antara kecepatan cahaya dalam udara dengan kecerahan cahaya dalam zat. Indeks bias berguna untuk mengidentifikasi zat dan ketidakmurnian minyak (Anonim, 1995). Hal ini ditunjukkan pada persamaan 2.1.

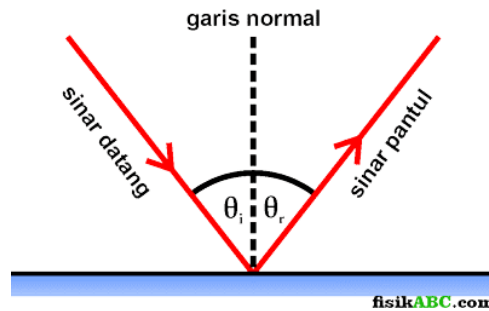
$$\text{Indeks bias rendah} = \text{kecepatan cahaya tinggi} \quad (2.1)$$

2.6.4 Hukum Snellius

Sudut satu arah perambatan sinar cahaya diukur dengan mengacu ke garis normal bidang perbatasan antara kedua bahan. Garis normal adalah sebuah garis yang mengarah tegak lurus terhadap permukaan bidang perbatasan. Sudut yang dibentuk oleh arah sinar datang ke bidang perbatasan (terhadap garis normal) dan sudut yang dibentuk oleh arah sinar meninggalkan bidang perbatasan (terhadap garis normal) secara berturut-turut disebut sebagai sudut datang dan sudut bias sinar cahaya (Nugraha, 2008).

Pemantulan cahaya menurut Hukum Snellius akan diperlihatkan dalam Gambar 2.16. Perhatikan bahwa sudut bias akan lebih besar dari sudut datang ketika cahaya merambat dari bahan yang berindeks bias besar ke bahan lainnya yang berindeks bias lebih kecil. Hukum Snellius ditunjukkan oleh Persamaan 2.2.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (2.2)$$



Gambar 2.16 Pemantulan Cahaya Menurut Hukum Snellius

Sumber: <https://3.bp.blogspot.com>

Dimana n_1 dan n_2 secara berturut-turut adalah nilai indeks bias bahan pertama dan bahan kedua, sedangkan θ_1 dan θ_2 secara berturut-turut adalah sudut datang dan sudut bias. Dengan demikian, besarnya pembiasan (pembelokan arah cahaya) yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan Hukum Snellius.

2.6.5 Sudut Kritis

Sudut perambatan sinar cahaya akan bertambah jika sinar memasuki sebuah bahan dengan indeks bias yang lebih kecil. Jika sudut datang sinar (didalam bahan pertama) menuju bidang perbatasan terus diperbesar, akan tercapai suatu titik dimana sudut bias menjadi bernilai 90° dan sinar akan merambat sejajar dengan bidang perbatasan di dalam bahan kedua. Sudut datang yang menyebabkan terjadinya hal ini disebut sebagai sudut kritis. Dapat dihitung nilai sudut kritis dengan memenuhi nilai sudut bias sebesar 90° . Persamaan Hukum Snellius dapat dilihat dalam Persamaan 2.3.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin 90^\circ \quad (2.3)$$

Karena nilai $\sin 90^\circ$ adalah 1, maka dapat disusun kembali persamaan di atas untuk mendapatkan θ_1 dan kemudian nilai sudut θ_1 dalam kasus ini adalah sudut kritis seperti pada Persamaan 2.4.

$$n_2 \theta_{\text{kritis}} = \arcsin \frac{n_1}{n_2} \quad (2.4)$$

(Keiser, 1991).

2.6.6 Pembiasan Cahaya (*Refraksi*)

Pembiasan cahaya atau *refraksi* adalah penyimpangan atau pembelokan cahaya karena melalui dua medium yang berbeda kerapatan optiknya. Arah pembiasan cahaya dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. Mendekati garis normal

Cahaya dibiaskan dikatakan mendekati garis normal jika cahaya merambat dari medium optik kurang rapat ke medium optik lebih rapat, contohnya cahaya merambat dari udara ke dalam air.

2. Menjauhi garis normal

Cahaya dikatakan dibiaskan menjauhi garis normal jika cahaya merambat dari medium optik kurang rapat, contohnya cahaya merambat dari dalam air ke udara.

Syarat-syarat terjadinya pembiasan adalah sebagai berikut:

- a. Cahaya datang tidak tegak lurus terhadap bidang batas (sudut datang lebih kecil dari 90°)
- b. Cahaya harus melalui dua medium yang berbeda kerapatan optiknya.

Pembiasan cahaya dapat terjadi dikarenakan perbedaan laju cahaya pada kedua medium. Laju cahaya pada medium yang rapat lebih kecil dibandingkan

dengan laju cahaya pada medium yang kurang rapat. Menurut Christian Huygens (1629-1695) : “*Perbandingan laju cahaya dalam ruang hampa dengan laju cahaya dalam suatu zat dinamakan indeks bias*”. Secara matematis dapat dirumuskan seperti pada Persamaan 2.5.

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.5)$$

Dimana:

n = indeks bias

c = laju cahaya dalam ruang hampa (3×10^8 m/s)

v = laju cahaya dalam zat

Refraksi juga dijelaskan oleh Hukum Snellius yang menyebutkan bahwa hubungan antara sudut datang θ_1 dan θ_2 seperti pada Persamaan 2.6.

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.6)$$

Dimana v_1 dan v_2 adalah kecepatan gelombang pada media tertentu, sedangkan n_1 dan n_2 merupakan indeks bias *refraksi*. Indeks bias tidak pernah lebih kecil dari 1 dan nilainya untuk beberapa zat ditampilkan pada tabel 2.2.

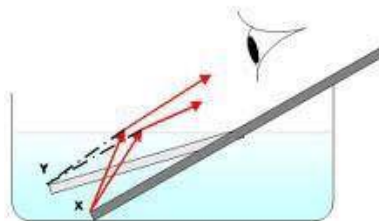
Tabel 2.2 Indeks Bias Beberapa Medium yang Berbeda

Medium	$n = c / v$
Udara Hampa	1.0000
Udara (pada STP)	1.0003
Air	1.333
Es	1.31
Alkohol etil	1.36

Gliserol	1.48
Benzena	1.50
Kaca Kuarsa Lebur	1.46
Kaca Korona	1.52
Api Cahaya / kaca flinta	1.58
Lucite / Plexiglas	1.51
Garam dapur (Natrium Klorid)	1.53
Berlian	2.42

Sumber : <http://belajarfisikaoptik.blogspot.com>

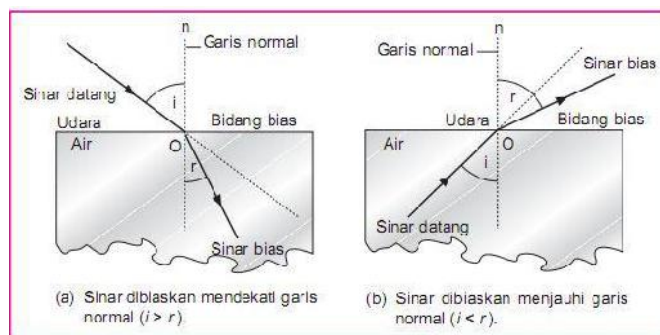
Terjadinya *refraksi* ketika gelombang cahaya melewati media yang memberikan indeks yang berbeda-beda. Indeks *refraksi* udara yaitu 1,003 sedangkan *refraksi* air adalah 1,33. Ketika sebuah objek diletakkan dalam gelas dengan posisi setengah terendam, maka objek tersebut akan terlihat membengkok dipermukaan air, ini terjadi karena pembengkokan cahaya ketika berkas cahaya tersebut meninggalkan air ke udara dan ditangkap oleh mata kita sebagai garis pandang yang lurus. Garis mata yang posisinya lebih tinggi memperlihatkan posisi objek yang lebih tinggi daripada posisi yang sebenarnya sehingga memperlihatkan objek berada pada kedalaman yang lebih dangkal dibandingkan yang sebenarnya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Refraksi Cahaya

Sumber:jurnalwidia

Refraksi cahaya biasanya diwakili oleh gambar arah cahaya yang mendekati ataupun menjauhi normal, cahaya akan dibelokkan mendekati normal ketika cahaya memasuki medium yang lebih rapat dibandingkan n medium datangnya ditunjukkan pada Gambar 2.18, sementara cahaya akan dibengkokkan menjauhi garis normal, ketika cahaya tersebut memasuki medium yang lebih renggang dibandingkan medium datangnya.



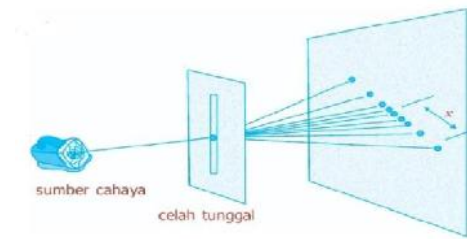
Skema pembiasan cahaya

Gambar 2.18 (a) Refraksi Mendekati dan (b) Menjauhi Garis Normal

Sumber:<http://2.bp.blogspot.com/>

2.6.7 Disfraksi Cahaya

Disfraksi cahaya adalah peristiwa dimana penyebaran atau pembelokkan cahaya dari sudut celah yang sempit menjadi lebih lebar, maka gelombang ini akan mengalami lenturan sehingga terjadi gelombang-gelombang setengah lingkaran yang melebar di belakang celah tersebut. Peristiwa ini dapat dilihat pada Gambar 2.19, terlihat bahwa *disfraksi* merupakan pembelokkan cahaya di sekitar suatu penghalang suatu celah.

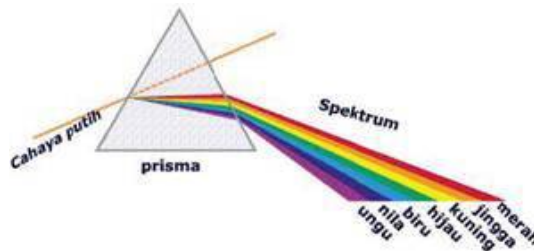


Gambar 2.19 Difraksi Cahaya pada Celah Tunggal

Sumber: <http://4.bp.blogspot.com/>

2.6.8 Dispersi Cahaya

Dispersi cahaya adalah peristiwa penguraian cahaya *polikromatik* (putih) menjadi cahaya-cahaya *monokromatik* pada prisma atau kisi-kisi mempunyai cahaya biru menjadi warna-warna spektralnya. Cahaya suatu bahan menentukan panjang gelombang lewat pembiasan atau pembelokan ditunjukkan pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Dispersi Cahaya

Sumber : <http://fisikon.com/>

Hal ini membuktikan bahwa cahaya putih terdiri dari harmonisasi berbagai cahaya warna dengan berbeda-beda panjang gelombang. *Dispersi* ini sering terjadi karena perbedaan indeks bias tiap cahaya.

2.7 Sistem Relay Serat Optik

Sistem *relay* serat optik terdiri dari *transmitter* yaitu untuk membuat dan menulis dalam sandi sinyal cahaya, serat optik untuk menghunkan sinyal cahaya,

regenerator optik diperlukan untuk menaikkan sinyal jika serat digunakan pada jarak yang jauh dan *receiver* optik untuk menerima dan menguraikan sandi sinyal cahaya.

2.7.1 Transmitter

Transmitter adalah saluran transmisi yang berfungsi untuk menerima dan mengarahkan cahaya melalui peralatan optik kemudian dirubah ke dalam rangkaian yang benar. Secara fisik *transmitter* mirip dengan serat optik dan biasanya mempunyai lensa untuk memfokuskan cahaya ke dalam serat.

Menurut Zanger (1991), pada dasarnya *transmitter* mengubah input data menjadi modulasi yang berjalan dengan sempurna tanpa ada *break bending* atau pembengkokan yang merusak pentransmisi. Peralatan yang paling sering digunakan sebagai sumber cahaya *transmitter* adalah *Light Emitting Diode* (LED) dan *Laser Diode* (LD).

2.7.2 Konektor

Konektor adalah alat penghubung mekanis yang diletakkan di ujung kabel serat optik, sumber cahaya, *receiver*, atau kerangka mesin. Pada *transmitter* menyediakan informasi cahaya (*bearing light*) dari kabel serat optik melalui konektor tanpa adanya konektor jaringan kabel optik tidak akan terhubung ke *receiver*. Konektor dapat dibongkar pasang dengan menggunakan fitur splice.

Untuk memastikan didapatkannya rugi yang rendah, konektor harus menghilangkan efek-efek pergeseran sudut dan lateral dan juga menjaga bahwa kedua ujung fiber akan saling menutup dengan sempurna. Berbagai macam rancangan telah digunakan untuk membuat konektor-konektor semacam ini, dimana sebagian

lebih berhasil daripada yang lain. Konektor optik merupakan salah satu perlengkapan kabel serat optik yang berfungsi sebagai penghubung serat.

Konektor mirip dengan konektor listrik dalam hal fungsi dan tampilan luar tetapi konektor pada serat optik memiliki ketelitian yang lebih tinggi. Konektor menandai sebuah tempat dalam sambungan data serat optik setempat dimana daya sinyal dapat hilang dan keandalan dapat dipengaruhi oleh koneksi mekanik (Zanger, 1991).

2.7.3 Receiver

Optical Receiver atau penerima optik seperti pelaut di dek kapal penerima sinyal. *Receiver* optik berfungsi mengambil sinyal cahaya digital yang masuk menguraikan dan mengirimkan sinyal listrik ke computer lain, TV atau telepon. *Receiver* menggunakan fotosel fotodiode untuk mendeteksi cahaya. Pada dasarnya *receiver* optik mengubah modulasi cahaya yang datang dari serat optik kembali ke bentuk asalnya.

Karena jumlah cahaya pada serat optik sangat kecil, *receiver* optik biasanya menggunakan penguat internal yang tinggi, oleh karena itu dapat mudah diisi kembali. Untuk alasan ini maka penting dilakukan untuk hanya menggunakan ukuran serat yang sesuai dengan sistem yang diberikan. Sebagai contoh, pasangan *transmitter/receiver* didesain untuk penggunaan *single-mode fibers*, tetapi digunakan dengan *multi-mode fibers* sehingga sejumlah besar cahaya pada keluaran serat akan memenuhi *receiver* dan kemudian menyebabkan beberapa distorsi sinyal keluaran (kelebihan sumber cahaya).

Begitu juga jika pasangan *transmitter/receiver* yang didesain untuk *multi-mode fibers* digunakan untuk *single-mode fibers* maka tidak cukup cahaya yang dapat mencapai *receiver*. Hasil keluaran terlalu banyak atau tidak ada sinyal sama sekali. Ketidaksesuaian *receiver* baru dipertimbangkan jika ada cukup banyak kehilangan dalam serat dengan tambahan 5-10 dB pasangan cahaya ke dalam serat *multi-mode* hanya digunakan untuk memberikan kesempatan untuk mencapai operasi yang pantas, meskipun begitu ini merupakan kasus yang ekstrim dan tidak normal.

2.7.4 Konsep Kerugian dalam Serat Optik

Kerugian ini sering terjadi karena cahaya melewati serat yang diletakkan di bawah tanah, maka kemurnian kaca pada inti serat harus sangat tinggi. Inti serat optik terbuat dari kaca sangat murni yang memiliki sedikit kerugian. Semakin dalamnya kabel fiber optik ditanam dibawah tanah semakin tinggi kelembapan dan itu bisa mengurangi kemurnian cahaya yang melaju di *core*. Untuk menilai kemurnian kaca digunakan sistem perbandingan dengan kaca jendela biasa. Jadi hanya sedikit cahaya yang mampu melewati puluhan kilometer kaca jendela.

Kerugian merupakan hasil dari perambatan cahaya yang ditanam terlalu dalam dan menghilangkan kemurnian kaca karena terlalu lebab. Semakin kecil *bending* semakin kecil kerugian jadi harus memiliki radius *bending* sekecil mungkin di sepanjang kabel serat optik.

2.7.5 Lebar Jalur Serat Optik

Jenis lebar jalur untuk serat optik yang umum memiliki jangkauan sedikit MHz per km untuk inti serat yang sangat besar. Standart *multi-mode fibers* adalah ratusan MHz per km, sedangkan untuk *single-mode fibers* adalah ribuan MHz per

km. Dengan bertambahnya panjang serat maka lebar jalurnya akan berkurang secara proporsional. Sebagai contoh, kabel serat yang dapat mendukung lebar jalur 500 MHz pada jarak 1 km hanya mampu mendukung 250 MHz pada jarak 2 km dan 100 MHz pada jarak 5 km.

Karena *single-mode fibers* sebagai lebar jalur tinggi, faktor pengurangan lebar jalur sebagai fungsi panjang ini tidak menjadi masalah utama ketika menggunakan serat jenis ini. Meskipun demikian, harus diperhatikan ketika menggunakan *multi-mode fibers*, apakah digunakan sebagai lebar jalur maksimum atau digunakan dalam jangkauan sinyal sistem transmisi titik ke titik.

2.8 Parameter-parameter yang Dihitung Untuk Mengetahui Baik Buruknya Suatu Sistem Setelah Dimodernisasi

Parameter-parameter yang akan digunakan untuk mengetahui baik buruknya suatu sistem setelah dimodernisasi adalah redaman dan S/N. Berikut parameter-parameter tersebut:

2.8.1 Redaman

Redaman (*atenuasi*) serat optik merupakan karakteristik penting yang harus diperhatikan mengingat kaitannya dalam menentukan jarak pengulang (*repeater*), jenis pemancar dan penerima optik yang harus digunakan. Redaman sinyal cahaya yang merambat di sepanjang serat merupakan pertimbangan penting dalam desain sebuah sistem komunikasi optik, karena menentukan peran utama dalam menentukan jarak transmisi maksimum antara pemancar dan penerima.

Ketika sinar melewati media *fiber* akan mengalami penurunan daya akibat redaman, pembiasan dan efek lainnya. Semakin besar *atenuasi* berarti semakin sedikit cahaya yang dapat mencapai detektor dan dengan demikian semakin pendek kemungkinan jarak span antar pengulang. Faktor-faktor yang menimbulkan terjadinya redaman pada transmisi fiber optik antara lain :

1. *Absorbtion* (Penyerapan)

Faktor penyerapan terjadi karena dua kemungkinan yaitu penyerapan dari luar dan penyerapan dari dalam. Untuk penyerapan dari luar terjadi karena *impunty* dalam fiber seperti : besi, cobalt, ion OH, dan sebagainya. Sedangkan penyerapan dari dalam disebabkan bahan pembuat *fiber* itu sendiri.

2. *Scattering* (Hamburan)

Hamburan umumnya terjadi karena tidak homogennya struktur fiber optik, kerapatan (*density*) yang tidak merata dan yang terakhir adalah komposisi yang tidak fluktuasi.

3. *Bending* (Pembengkokan)

Ada dua jenis *bending* (pembengkokan) yaitu *macrobending* dan *microbending*. *Macrobending* adalah pembengkokan serat optik dengan radius yang panjang bila dibandingkan dengan radius serat optik. Redaman ini dapat diketahui dengan menganalisis distribusi modal pada serat optik. *Microbending* adalah pembengkokan-pembengkokan kecil pada serat optik akibat ketidakseragaman dalam pembentukan serat atau akibat adanya tekanan yang tidak seragam pada saat pengkabelan. Salah satu cara untuk menguranginya adalah dengan menggunakan jaket yang tahan terhadap tekanan.

Redaman (α) sinyal atau rugi-rugi serat optik didefinisikan sebagai perbandingan antara daya output optik (P_{out}) terhadap daya input optik (P_{in}) sepanjang serat L , dimana dapat ditunjukkan pada Persamaan 2.7.

$$\alpha = \frac{10}{L} \log \frac{P_{in}}{P_{out}} \text{ dB/km} \quad (2.7)$$

dimana :

L = Panjang serat optik (km)

P_{in} = Daya input optik (Watt)

P_{out} = Daya output optik (Watt)

α = Redaman

(Keiser, 1991).

Menurut rekomendasi ITU-T, kabel serat optik harus mempunyai koefisien redaman 0.5 dB/km untuk panjang gelombang 1310 nm dan 0.4 dB/km untuk panjang gelombang 1550 nm. Tapi besarnya koefisien ini bukan merupakan nilai yang mutlak, karena harus mempertimbangkan proses pabrikasi, desain komposisi fiber, dan desain kabel.

Untuk itu terdapat *range* redaman yang masih diijinkan yaitu 0.3-0.4 dB/km untuk panjang gelombang 1310 nm dan 0.17-0.25 dB/km untuk panjang gelombang 1550 nm. Selain itu, koefisien redaman mungkin juga dipengaruhi spektrum panjang gelombang yang diperoleh dari hasil pengukuran pada panjang gelombang yang berbeda.

2.8.2 Singal to Noise Ratio

Salah satu parameter yang paling penting dalam deteksi adalah *Signal to Noise Ratio* (SNR) adalah perbandingan antara daya sinyal yang diinginkan terhadap daya *noise* yang diterima pada suatu titik pengukuran. SNR ini adalah suatu parameter untuk menunjukkan tingkat kualitas sinyal penerimaan pada sistem komunikasi analog, dimana semakin besar harga SNR maka kualitas akan semakin baik. Satuan dari SNR ini adalah biasanya dalam dB.

S/N adalah pengukuran berdasarkan perbandingan antara level power sinyal informasi dengan level power *noise* yang diterima. Pengukuran S/N ini biasanya dilakukan pada sistem komunikasi analog pada bagian penerima untuk menunjukkan kualitas sinyal terima dibandingkan dengan *noisenya* dapat di lihat pada Persamaan 2.8 .

$$\text{SNR} = \frac{\text{daya sinyal informasi}}{\text{daya sinyal derau}} \quad (2.8)$$

S/N juga digunakan sebagai patokan batas ambang sinyal informasi analog yang masih dapat diterima dengan baik (PT.Telkom).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Pada skripsi ini akan dibahas modernisasi jaringan akses tembaga menjadi fiber optik sampai dengan ke pelanggan dan alasan-alasan dibutuhkan saluran fiber optik sampai ke pelanggan. Sesuai dengan standarisasi yang ditentukan oleh ITU-T G.984 dimana jarak terjatuh transmisi harus kurang dari 20 km. Perumahan CBD Polonia Medan terletak di kawasan kelurahan Sukadama Kecamatan Medan Polonia kota Medan, lebih tepatnya di Jl. Padang Golf Polonia. Setelah di survei maka pemilihan STO terdekat ditentukan, yaitu STO Simpang Limun yang terletak di Jl. STM no.1 Medan, jarak dari STO Simpang Limun ke Perumahan CBD Polonia sepanjang 3 km. Jaringan akses yang digunakan oleh STO Simpang Limun ini sudah bisa diperbaharui menjadi jaringan optik.

Pada perumahan CBD Polonia Medan jumlah pelanggan masih belum terisi penuh dimana dari jumlah dari tahun 2013 bulan Februari sampai sekarang hanya beberapa pelanggan yang memakai layanan suara dan data dengan *bandwidth* 1 Mbps, karena masih banyak kavling yang belum terisi tentu menjadi permasalahan dari segi kapasitas *bandwidth* yang tidak terpenuhi.

Tabel 3.1 Tabel Penelitian

	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
Juni		Survey lokasi penelitian		
Juli	Melepaskan jaringan kabel tembaga yang lama		Pemasangan modernisasi kabel fiber optik hingga kerumah pelanggan	
Agustus				

Sumber : Penulis

3.2 Analisis Kebutuhan *Bandwidth*

Salah satu alasan memodernisasi jaringan akses tembaga menjadi fiber optik sampai dengan ke pelanggan yaitu pada kebutuhan *bandwidth* untuk layanan. Kebutuhan *bandwidth* pada kabel tembaga dan fiber sebagai berikut:

1. Dengan Kabel Tembaga (sistem lain) *Bandwidth* kabel tembaga 4 Mbps aplikasi:
 - a. Telepon membutuhkan 4Khz
 - b. Internet membutuhkan 64 Kbps
2. Dengan serat optik *bandwidth* serat optik: 150 Mbps – 600 Mbps

Aplikasi yang digunakan dan data kebutuhan *bandwidth* dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kebutuhan *Bandwidth* yang ada di perumahan CBD

NO	Aplikasi	<i>Bandwidth</i> (Mbps)
1	Internet	10
2	Telepon	0.1
3	2 SDTV Channels	6
4	2 HDTV Channels	32
5	Total	48.1

Sumber : Penulis

Dari kebutuhan *bandwidth* diatas tampak bahwa kabel tembaga memiliki *bandwidth* yang kecil sekitar 4 Mbps sedangkan dari Tabel 3.2 tampak bahwa pelanggan saat ini membutuhkan aplikasi-aplikasi yang *bandwidth* mencapai 48,1 Mbps. Oleh karena itu kabel serat optik menjadi pada saat ini.

3.3 Analisis Kebutuhan Alat Ukur

Alat ukur merupakan kebutuhan utama untuk dapat mengetahui masalah yang terjadi pada jaringan akses, tanpa adanya alat ukur, berikut merupakan alat ukur yang dibutuhkan:

1. Dengan kabel tembaga alat ukur yang digunakan yaitu:
 - a. AVO Meter/Digital Multimeter untuk:
 1. Pengukuran tahanan jerat (loop)
 2. Pengukuran tahanan *screen*
 3. Pengukuran tegangan listrik (searah dan bolak-balik)
 4. Kontinuitas saluran
 5. Pengukuran arus listrik (searah dan bolak-balik).

- b. Continuity tester/Cable Identifier untuk pengukuran kontinuitas kabel.
- c. *Fault Locater* untuk mengetahui letak titik kerusakan kabel dan mencari rute kabel.
- d. *Bit Error Rate (BER Test)* untuk mengukur kesalahan bit yang diterima.
- e. *Subscriber Line Tester/Kit (SLK-xx)* untuk mengukur dengan praktis sebagian besar parameter elektrik jaringan kabel tembaga, diantaranya redaman saluran, *Cross Talk*, *Impulse Noise*, *White Noise*, panjang saluran dll untuk berbagai jenis layanan atau teknologi x-DSL.
- f. *Grounding Tester* untuk pengukuran harga tahanan pentanahan.
- g. *Megger (Insulation Tester)* untuk pengukuran Tahanan Isolasi.
- h. *Oscillator/Generator & Level Meter* untuk mengukur redaman saluran, *Cross Talk*, impedansi saluran dll.
- i. *Subscriber Loop Analyzer 965 DSP* untuk mengukur redaman saluran untuk mengetahui titik kerusakan kabel, panjang saluran dll untuk berbagai jenis layanan/teknologi x-DSL.

2. Dengan Serat Optik alat ukur yang digunakan yaitu:

- a. OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*)

OTDR untuk mengukur setiap redaman serat, *loss* sambungan dan *loss* yang muncul pada setiap titik, juga terdapat layar untuk menampilkan informasi.

Berikut gambar OTDR dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*)

Sumber : wikipedia.com

1. Fungsi dari OTDR adalah:
 - a. Mengukur jarak total kabel serat optik
 - b. Menampilkan grafis loss dan jarak kondisi kabel serat optik
 - c. Menghitung loss sambungan dan mengukur jarak sambungan
 - d. Tampilan loss ditampilkan pada skala garis vertical
 - e. Menampilkan jenis sambungan splice dan konektor
 - f. Mengukur loss total kabel serat optik baik secara partial maupun secara total dalam satuan dB
 - g. Menghitung attenuatin (redaman kabel) dalam satuan dB/km
 - h. Tampilan jarak (meter atau kilometer) ditampilkan pada skala garis horizontal.

Kegunaan dari OTDR di dalam instalasi, operasi dan pemeliharaan pada jaringan kabel fiber optik:

1. Untuk memeriksa kualitas kabel fiber optik yang beroperasi
2. Untuk menganalisa jenis gangguan dan mengetahui jarak gangguan kabel fiber optik

3. Untuk uji terima hasil pembangunan atau penggelaran kabel fiber optik produser penggunaan OTDR yaitu:
 - a. Pastikan bahwa baterai dalam keadaan penuh, jika tidak gunakan daya PLN selama pengukuran
 - b. Pasang Patccord penghubung dari adapter OTDR dengan adapter pada kabel fiber optik yang akan digunakan
 - c. Harap diperhatikan sebelum pemasangan bersihkan ferule konektor dan adapter dengan connector clener.
4. Hidupkan power ON sampai layar display menyala
5. Ada 5 parameter yang perlu dilakukan set-up sebelum pengukuran, yaitu:
 - a. Panjang gelombang atau *wave legth*
 - b. Indeks bias core/ IOR
 - c. Pulse width
 - d. Perkiraan jarak kabel/ San Range
 - e. Average Time
6. Ada dua tipe pengukurang yaitu:
 - a. Simple, maka semua parameter oleh OTDR akan dilakukan setting secara otomatis, keuntungannya lebih cepat, kelemahannya kurang akurat dalam menganalisa.
 - b. Detail, maka harus dilakukan set up parameter diatas, keuntungannya lebih akurat dalam menganalisa, kekurangannya lambat karena perlu waktu set up.

7. Tekan tombol pengirim sinar laser dan tunggu sampai display menampilkan grafis hasil pengukuran
 8. Geser masker atau kursor pada even yang dikehendaki, maka akan tampil pengukurannya (Saman dkk, 2016).
- b. OPM (*Optical Power Meter*)

Optical Power Meter untuk mengukur daya yang terjadi pada suatu link tertentu berdasarkan spesifikasi yang digunakan. Untuk lebih jelas *Optical Power Meter* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



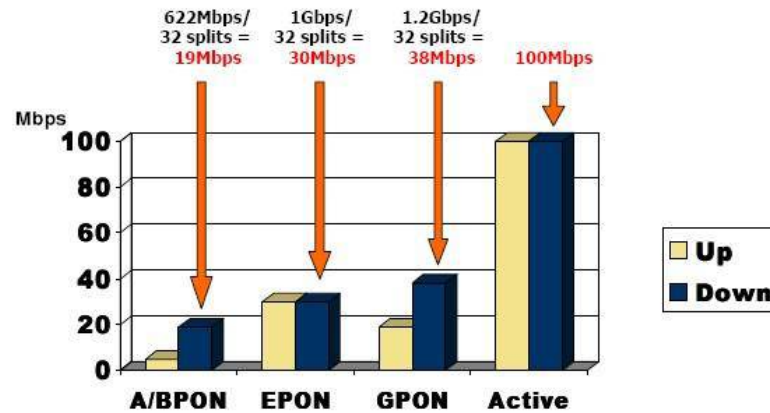
Gambar 3.2 *Optical Power Meter*
Sumber : <https://www.satumanado.com>

Cara pengukuran:

1. Pasang kedua konektor pada adapter Tx di OLT dan adapter di Interface OPM, perhatikan celah adapter untuk memasukkan lidah dari konektor. Pastikan bahwa konektor sudah tepat dan kencang terpasang pada adapter, jika masih nampak ulir lubang pada adapter, menandakan bahwa pemanasan konektor tidak tepat.

2. Lihat spesifikasi panjang gelombang atau wave length yang dipancarkan oleh OLT biasanya dicetak pada sisi cover belakang peralatan. Untuk keamanan jangan menatap langsung sumber cahaya Tx dari OLT dalam keadaan operasi, untuk mencegah kerusakan mata.
3. Hidupkan OPM dengan menekan tombol power dan lihat display OPM yang sudah dioperasikan. Perhatikan angka diatas adalah nilai yang menunjukkan panjang gelombang atau lamda.
4. Sesuaikan panjang gelombang yang di OPM dengan yang tercetak pada OLT dengan menekan tombol berlambang lamda.
5. Hasil akan keluar pada display.

Untuk menentukan berapa besar *bandwidth* yang dibutuhkan oleh pelanggan, operator harus melakukan evaluasi terlebih dahulu berapa besar *bandwidth* yang dibutuhkan untuk mendeliver layanan yang akan diberikan. Karena kapasitas dan jarak menjadi batasan dalam pengembangan insfrastuktur optik, maka perlu diperhatikan perangkat yang akan dipasang untuk menghandel *bandwidth* yang dibutuhkan tersebut. Perbandingan *bandwidth* untuk setiap teknologi dapat dilihat pada grafik 3.1.

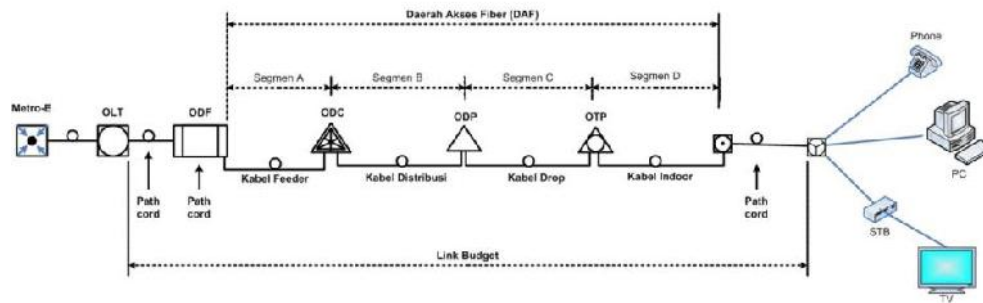


Grafik 3.1 Perbandingan *Bandwidth* untuk setiap teknologi

Sumber : (Iwan Utomo,2010)

Dari Grafik 3.1 dapat dilihat bahwa perbedaan teknologi akan berpengaruh pada level *bandwidth* yang tersedia baik untuk up stream ataupun *down stream*. Sebagai contoh penggunaan teknologi APON dan BPON dimana mendeliver 622 Mbps *down stream*, asumsi di split kearah 32 pelanggan maka setiap pelanggan akan tersedia *bandwidth* sebesar 19 Mbps. Untuk *up stream* dimana tersedia *bandwidth* layanan sebesar 155 Mbps dimana diasumsikan di split kearah 32 pelanggan maka setiap pelanggan akan tersedia *bandwidth* sebesar 5 Mbps. Untuk teknologi EPON menyediakan *bandwidth* 1Gbps *down stream* dan *up stream*, dengan asumsi sama di split kearah 32 pelanggan sehingga tersedia 31 Mbps bi-directional *bandwidth* ke setiap pelanggan. Teknologi GPON adalah teknologi PON terbaru dimana mendeliver 1.2 Gbps down Stream, asumsi di split kearah 32 pelanggan maka setiap pelanggan akan tersedia *bandwidth* sebesar 37 Mbps. Untuk *up stream* dimana tersedia *bandwidth* sebesar 622 Mbps dimana diasumsikan di split kearah 32 pelanggan akan tersedia *bandwidth* sebesar 19 Mbps.

Dari penjelasan lokasi penempatan perangkat aktif yang dipasang di dekat atau dilokasi pelanggan di atas dapat dilihat untuk lebih jelasnya pada arsitektur FTTH dan kabel optik ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Arsitektur FTTH dan Kabel Optik

Sumber : <http://sukkhendro54.blogspot.com>

Elemen jaringan akses fiber optik antara lain yaitu:

1. ODF (*Optical Distribution Frame*)

Optical Distribution Frame merupakan suatu perangkat yang berupa suatu frame tertutup dengan struktur mekanik berupa rack yang mempunyai fungsi utama sebagai tempat pegangan kabel yang passive splitter, serta mampu melindungi elemen-elemen didalamnya yang digunakan untuk terminasi kabel serat optik yang berasal dari perangkat aktif.

2. OLT (*Optical Line Terminal*)

Optical Line Terminal adalah suatu perangkat aktif yang berfungsi untuk mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik dan juga sebagai alat multiplex. Gambar OLT untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.4.

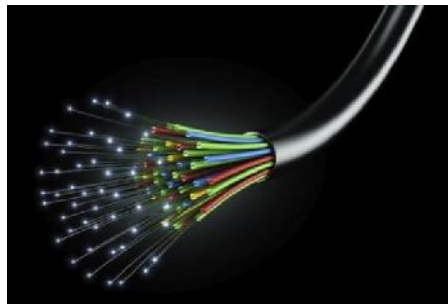


Gambar 3.4 OLT (Optical Line Terminal)

Sumber : <https://en.wikipedia.org>

3. Kabel Feeder

Kabel fiber optik yang diinstalasi atau diterminasi dari ODF ke ODC (*Optical Distribution Cabinet*). Kabel feeder berfungsi untuk menyalurkan informasi yang berupa sinyal optik hasil konversi perangkat opto-elektrik (OLT), biasanya menggunakan kabel fiber optik single mode tipe G652D Loose Tube. Kabel feeder dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Kabel Feeder

Sumber : <http://sukhendro54.blogspot.com>

4. ODC (*Optical Distributin Cabinet*)

Optical Distributin Cabinet merupakan suatu perangkat pasif yang diinstalasi diluar STO bisa dilapangan atau juga bisa didalam ruangan, yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Sebagai titik terminasi ujung kabel feeder dan penangkal kabel distribusi
- b. Sebagai titik distribusi kabel dan kapasitas besar menjadi beberapa kabel yang kapasitasnya lebih kecil untuk fleksibilitas.
- c. Tempat spliter
- d. Tempat penyambungan

Berikut gambar ODC untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 ODC (Optical Distribution Cabinet)

Sumber : <http://wynbelmi.blogspot.com>

5. Kabel distribusi

Kabel fiber optik yang diinstalasi atau diterminasi dari ODC ke ODP. Kabel distribusi berfungsi untuk meneruskan informasi yang berupa sinyal optik mulai dari ODC sampai dengan ODP menggunakan kabel fiber optik single mode tipe G652D.



Gambar 3.7 Kabel Distribusi

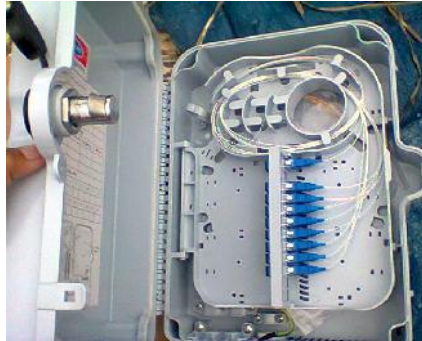
Sumber : <https://www.blogteknis.com>

6. ODP (*Optical Distribution Point*)

Optical Distribution Point adalah perangkat pasif yang diinstalasi diluar STO bisa dilapangan atau luar ruangan dan juga bisa di ruangan yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Sebagai titik terminasi ujung kabel distribusi dan titik pangkal kabel drop
- b. Sebagai titik distribusi kabel distribusi menajdi beberapa saluran penanggal
- c. Tempat spliter
- d. Tempat penyambungan.

Berikut gambar ODP dapat dilihat pada Gambar 3.8.

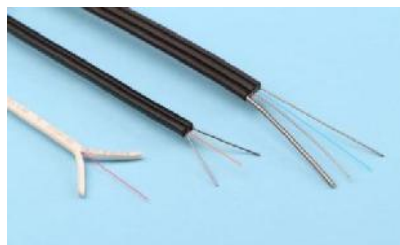


Gambar 3.8 ODP (Optical Distribution Point)

Sumber : <http://sinarnas.co.id>

7. Kabel drop

Kabel fiber optik yang diinstalasi atau diterminasi dari ODP ke OTP. Kabel drop berfungsi meneruskan sinyal optik dari ODP kerumah-rumah pelanggan, tipe kabel drop yang digunakan adalah tipe G.657, kabel tipe ini digunakan untuk menaggulangi lokasi intalasinya yang banyak belokan-belokan sehingga harus menggunakan optik yang bending insensitive. Kabel drop dapat dilihat pada Gambar 3.9.



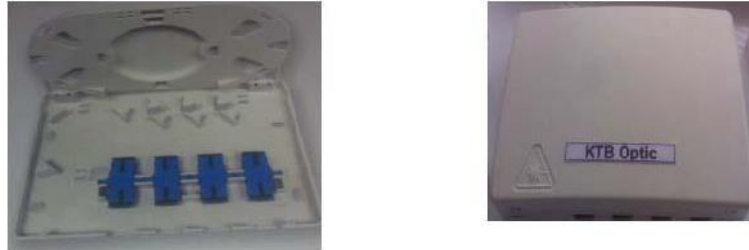
Gambar 3.9 Kabel Drop

Sumber : <http://fiberoptiksolution.com>

8. OTP (*Optical Termination Point*)

Optical Termination Point adalah suatu perangkat pasif yang dipasang dirumah pelanggan yang berfungsi sebagai berikut:

1. Titik terminasi atau titik tambat akhir dari kabel drop
2. Tempat sambungan core optik atau peralihan dari kabel outdoor dengan indoor. Kapasitas OTP biasanya 1,2 dan 4 port untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.10.

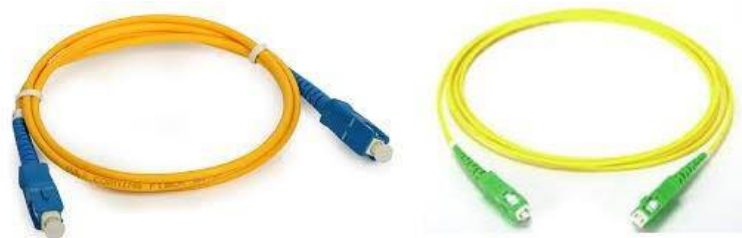


Gambar 3.10 OTP atau KTB optik

Sumber : <https://mhasbillah.wordpress.com>

9. Kabel Indoor

Kabel fiber optik yang diinstalasi atau diterminasi dari OTP ke roset optik. Kabel indoor memiliki fungsi meneruskan informasi yang berupa gelombang cahaya, kabel indoor ini juga menggunakan tipe G657A/B seperti pada kabel drop dikarenakan banyak sekali melewati tikungan ataupun lekukan didalam rumah atau gedung. Kabel indoor untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.11.

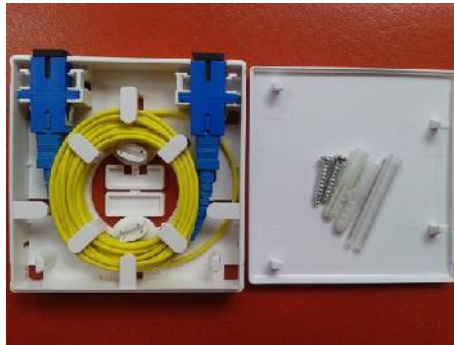


Gambar 3.11 Kabel Indoor

Sumber : <https://gagastekno.com>

10. Roset Optik

Roset optik adalah perangkat pasif yang diletakkan didalam rumah pelanggan yang menjadi titik terminasi akhir daripada kabel fiber optik, kapasitas roset biasanya 1 atau 2 port. Untuk lebih jelas gambar roset optik dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Roset

Sumber : <http://iwanries22.blogspot.com>

11. ONT (*Optical Network Terminal*)

Optical Network Terminal adalah suatu perangkat aktif yang dipasang disisi pelanggan dimana ONT mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. Mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik
2. Sebagai alat demultiplex.

Keluaran dari ONT (*Optical Network Terminal*) adalah layanan:

1. Telepon (voice)
2. IPTV
3. Data dan internet

Untuk lebih jelas gambar ONT dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 ONT

Sumber : <https://glennclaudio.blogspot.com>

3.4 Langkah-langkah Modernisasi dari Kabel Tembaga Menjadi Fiber Optik

Lingkup pekerjaan penggelaran *Outside Pland Fiber To The Home* (OSP FTTH) adalah pengadaan dan pemasangan kabel serat optik, perangkat terminasi ODC (*Optical distribution Cabinet*), ODP (*Optical Distribution Point*), OTP (*Optical Termination Point*), roset dan aksesoris pendukung lainnya untuk sistem FTTH (*Fiber To The Home*). Pengadaan dan pemasangan OSP FTTH beserta kelengkapannya dan bertanggung jawab penuh secara sistem. Adapun langkah-langkah modernisasi dari kabel tembaga menjadi serak optik yaitu:

1. Project Management

Menguraikan pekerjaan yang akan dikerjakan, membuat network diagram, perhitungan lintasan kritis, alokasi sumber daya dari lintasan kritis, membuat barchart berdasarkan network diagram, membuat kurva pengeluaran dan pelaksanaan proyek. Unsur-unsur manajemen proyek yaitu SDM atau tenaga kerja, material, mesin atau peralatan, teknologi dan biaya atau modal.

2. *Survey, Planning* dan *Desain OSP*, dan *DRM (Desain Review Management)*

Survey detail harus dilaksanakan oleh kontraktor dengan didampingi personil TELKOM. Laporan rinci hasil *survey* harus dibuat dan diserahkan kepada TELKOM untuk dilanjutkan pada proses *DRM*.

3. Pengadaan dan pemasangan kabel Primer FO (dari STO s.d ODC)

Menggunakan *Core type G652D* untuk jenis kabel *duct, buried* dan *aerial* dengan proteksi *HDPE/subduct/Microduct* pada kedalaman 1,5 meter.

4. Pengadaan dan pemasangan kabel sekunder FO (dari ODC s.d ODP)

Menggunakan *type G652D* untuk jenis kabel *duct* ditanam tidak langsung dengan proteksi *HDPE* pada kedalaman s.d 1,5 meter atau jenis kabel *aerial* dengan selubung percore yang menggunakan *barrier*.

5. Pengadaan dan pemasangan *Drop Cable* FO (dari ODP s.d OTP/Roset)

Menggunakan *type G657* untuk jenis kabel *duct* ditanam dengan proteksi *PVC* pada kedalaman 0,6 meter atau menggunakan jenis kabel *aerial*.

6. Intergrasi dengan kabel serat optik *eksisting*, sistem *grounding eksisting* dan dengan sub sistem telekomunikasi lainnya. Pada paket dan sub sistem tertentu, kabel optik yang baru akan dikoneksikan dengan kabel *eksisting* pada tingkat *joint enclosure*, pada bagian lain integrasi dilaksanakan di *OTF* atau *ODF*.

7. *Site acquisition* untuk penempatan *ODC* atau *OTB* (baik di lapangan maupun di gedung).

8. Pengujian atau pengetasan karakteristik kabel serat optik.

9. Pengurusan perijinan dari pihak ketiga.

10. Menginstalasi secara bertahap fiber optik dari *MDF*, diinstalasi dekat *ODF*.

11. Menginstalasi ODC didekat RK, dari ODF ke ODC dibutuhkan dengan kaber feeder fiber optik.

12. Menginstalasi ODP didekat DP, dari ODC ke ODP dihubungkan dengan kabel distribusi fiber optik.

13. Menginstalasi OTP didekat KTB, dari ODP ke OTP dihubungkan dengan kabel drop.

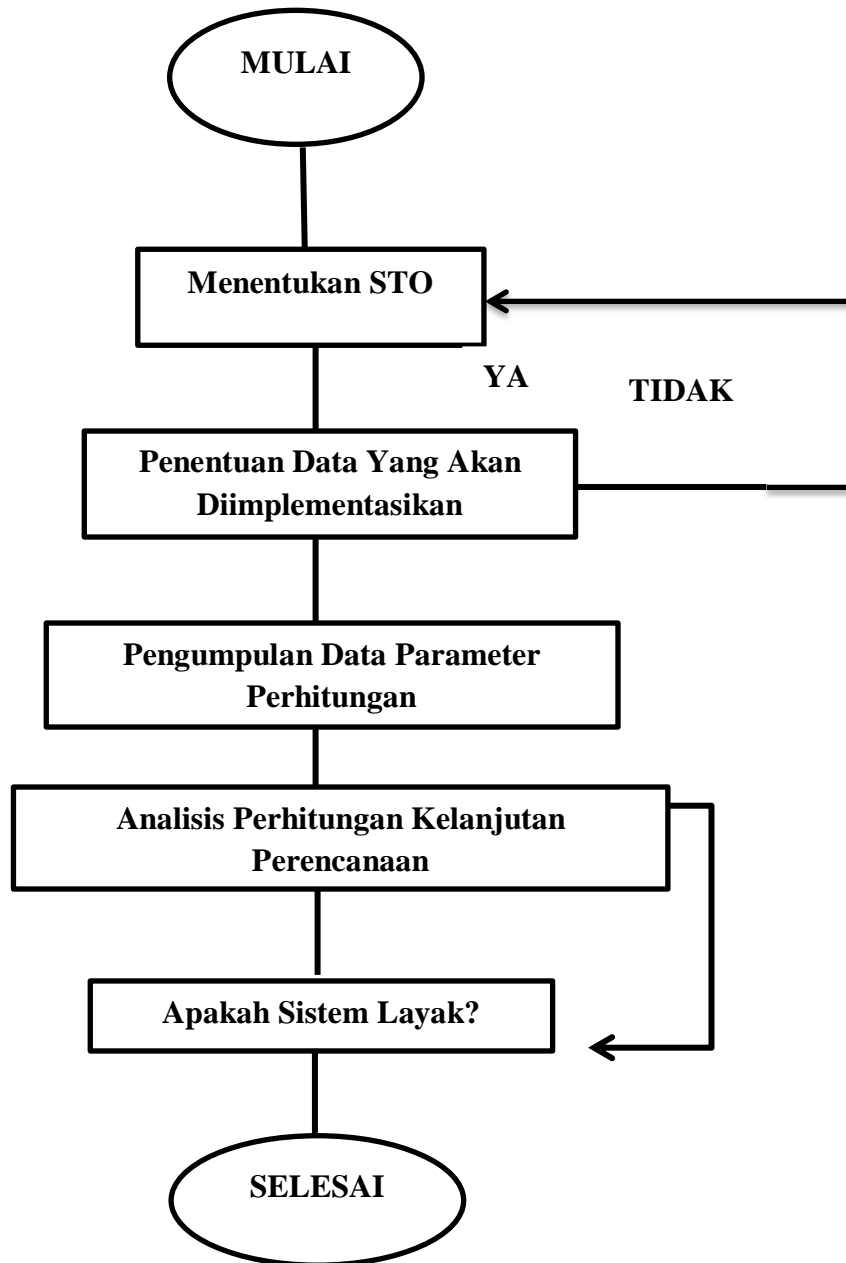
14. Kemudian OTP ke rumah pelanggan dihubungkan dengan kabel indoor fiber optik dan dirumah pelanggan fiber optik dihubungkan ke splitter.

15. Kabel tembaga yang ada diganti dengan fiber optik yang sudah terinstalasi dan dihubungkan de splitter di terminal pelanggan, dan kebanyakan pengguna fiber optik ke pelanggan adalah perumahan dan kalangan bisnis.

Berikut nama-nama lokasi yang sudah menggunakan fiber optik sampai ke palanggan antara lain:

1. Medan Kota
2. Simpang Limun
3. Cinta Damai
4. CBD Polonia.

3.5 Flow Chart



BAB 4

Analisis Konfigurasi Sistem Jaringan Optik Jaringan Tembaga Dengan Jaringan Serat Optik

4.1 Umum

Pada skripsi ini membahas tentang perbandingan kekurangan dan kelebihan kabel tembaga dan fiber optik dan analisis biayanya.

4.2 Analisis Biaya

Salah satu alasan memodernisasi jaringan akses tembaga menjadi fiber optik sampai ke pelanggan yaitu dikarenakan biaya. Berikut analisis biaya modernisasi:

1. Dengan kabel tembaga, dibutuhkan biaya-biaya sebagai berikut:
 - Harga 1 meter kabel tembaga Rp.23.500,-
 - Maka harga 3 km kaber yaitu 1200 pair adalah $\text{Rp.23.500,-} \times 3000$ meter = Rp.70.500.000,-.
2. Dengan serat optik, dibutuhkan biaya-biaya sebagai berikut:
 - Fiber optik 12 core = $\text{Rp.13.500,-} \times 3000$ meter = Rp.40.500.000,-.

Untuk lebih jelas perbedaan antara kebutuhan biaya dan *bandwidth* yang dapat dicapai kabel tembaga dan fiber optik pada jarak 3 km dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbedaan Antara Kebutuhan Biaya dan *Bandwidth* Kabel Tembaga dan Fiber Optik.

NO	Item	Kabel Tembaga (3 km)	Serat Optik (3 km)
1	Biaya	Rp. 70.500.000,-	Rp. 40.500.000,-
2	<i>Bandwidth</i>	20 Mbps	≥ 100 Mbps

Sumber : Penulis

Dari paparan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan serat optik biayanya lebih murah daripada menggunakan kabel tembaga dan kapasitas serat optik juga besar. Asumsi harga sewa bulanan triple play per pelanggan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Tabel Asumsi Harga Sewa Bulanan per Pelanggan

Telepon	Internet	Pay Tv
Rp.88.800,-	Rp.444.000,-	Rp.296.000,-

Sumber : Penulis

Pada proyek CBD (Central Business District), biaya yang dikeluarkan untuk proyek instalasi di CBD untuk 40 pelanggan sebesar Rp.210.000.000,-. Biaya perhitungan modernisasi jaringan tembaga ke fiber optik IndiHome sebagai berikut:

- a. Harga kabel fiber optik 12 core = Rp. 13.500,- x Rp. 3.000,- = Rp.40.500.000.
- b. Harga ODC ukuran 800 = Rp. 15.000.000,-.
- c. Harga ODP 1:10 = Rp.800.000,- x 40 pelanggan = Rp.3.200.000,-.
- d. Harga kabel distribusi = Rp. 350.000,- x 40 pelanggan = Rp. 14.000.000,-.
- e. Harga roset 1 core = Rp. 100.000,- x 40 pelanggan = Rp. 4.000.000,-.
- f. Harga kabel path core = Rp. 20.000,- x 40 pelanggan = Rp. 800.000,-.
- g. Harga modem ONT = Rp. 450.000,- x 40 pelanggan = Rp. 18.000.000,-.
- h. Ongkos pekerja 10 orang (1 orang = Rp. 200.000,-) x 24 hari = Rp. 48.000.000,-.

Total biaya pengeluaran pada proyek instalasi fiber optik adalah Rp. 142.700.000,-. Dari perkiraan diatas diketahui bahwa perusahaan mendapatkan keuntungan dari proyek modernisasi sebesar Rp. 67.300.000,-.

4.3 Perbandingan Tipe Arsitektur Aktif dan Pasif

Perbandingan tipe arsitektur aktif dan pasif dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Perbandingan Tipe Arsitektur Aktif dan Pasif

	Pasif FTTH	Aktif FTTH
Kapasitas Transmisi (DS/US)	DS : 2,5 Gb, US : 1.2 Gb	DS : 1 Gbps, US : 1Gbps
Maksimum Jumlah Pelanggan per system	64	1
Typical kebutuhan per pelanggan	40 Mbps	100 Mbps
Jumlah interface optic	Kepadatan interface FO di sisi CO kecil, kepadatan interface FO disisi pelanggan tinggi	Kepadatan interface di sisi CO tinggi (1 :1)
Support Layanan TV	IP TV, Cable TV (support broadcast)	IP TV
Fleksibilitas	Rendah, Upgrade di sisi OLT akan berpengaruh pada seluruh sisi ONT yang terkoneksi	Tinggi, dieliminir per pelanggan
Reliability	Rendah, kerusakan di sisi OLT akan berpengaruh pada seluruh ONT yang terkoneksi	Tinggi, dieliminir per pelanggan
Diagnosis erroe dalam infrastruktur	Komplek	Single

Sumber : (Iwan Utomo, 2010).

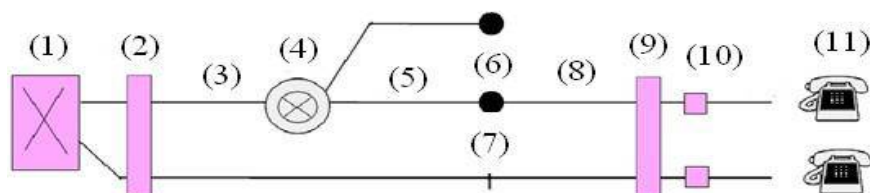
Parameter lain yang akan diperhitungkan adalah asumsi jumlah pelanggan serta asumsi *bandwidth* yang dibutuhkan oleh masing-masing pelanggan *bandwidth* yang dipergunakan per pelanggan:

1. Pelanggan konvensional data yaitu: 64 Kbps, 512 Kbps, 1 Mbps, 2 Mbps dan 5 Mbps.
2. Pelanggan Triple-play yaitu: 10 Mbps, 20Mbps, 40 Mbps, 50 Mbps, 60 Mbps, 70 Mbps, 80 Mbps, 90 Mbps dan 100 Mbps.

Untuk teknologi FTTH berbasis GPON, dengan menggunakan perhitungan jumlah pelanggan 400, serta keluhan *bandwidth* mulai dari 64 Kbps, 512 Kbps, 1 Mbps, 2 Mbps, 5 Mbps terdapat nilai investasi yang sama. Dengan kondisi ini sangat disarankan bahwa implementasi FTTH berbasis GPON digunakan untuk layanan dengan *bandwidth* besar atau lebih dari 5 Mbps per pelanggan (Ambarwati dkk, 2013).

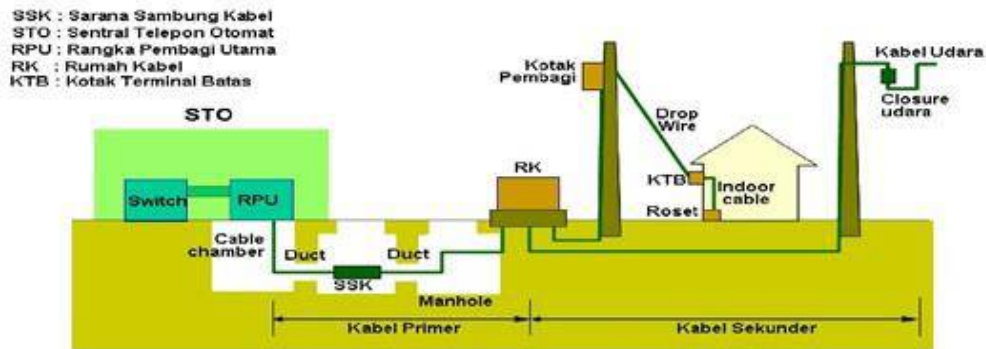
4.4 Analisa Konfigurasi Sistem

Jaringan lokal akses tembaga merupakan jaringan akses dari sentral ke pelanggan dengan menggunakan tembaga sebagai media aksesnya. Dengan kabel tembaga sistem terdiri dari seperti pada Gambar 4.1 dan 4.2 berikut:



Gambar 4.1 Konfigurasi Dasar Jaringan Akses Tembaga

Sumber : diditnote.blogspot.com



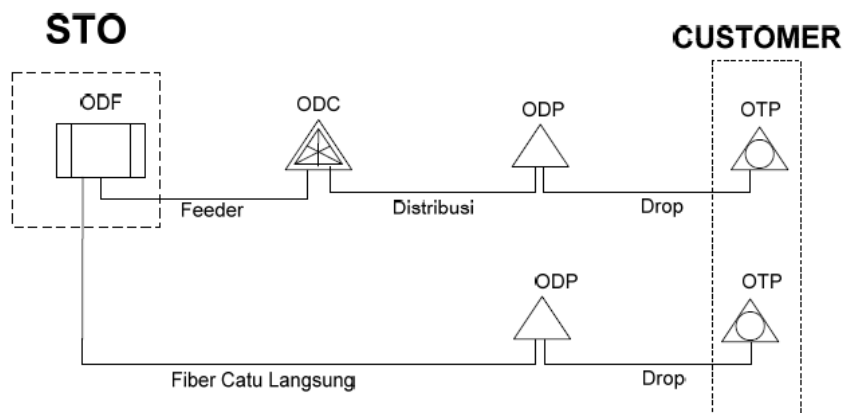
Gambar 4.2 Konfigurasi Dasar Jaringan Akses Tembaga

Sumber : diditnote.blogspot.com

Elemen jaringan akses tembaga terdiri dari:

1. STO
2. MDF
3. Kabel Primer
4. Rumah Kabel
5. Kabel Sekunder
6. Kotak Pembagi
7. Daerah Catu Langsung
8. Kabel Penanggal atau Kaber Drop
9. Kotak Terminal Batas
10. Roset
11. Terminal pelanggan.

Jaringan lokal fiber optik merupakan jaringan akses dari sentral ke pelanggan dengan menggunakan fiber optik sebagai media akses. Dengan menggunakan fiber optik sistem menjadi seperti yang tampak pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Konfigurasi Dasar Jaringan Akses Fiber Optik

Sumber: <https://encryptedtbn0.gstatic.com>

Jaringan kabel fiber optik paling sedikitnya terdapat 2 perangkat aktif yang dipasang di central office dan yang satu lagi dipasang didekat atau dilokasi pelanggan. Berdasarkan lokasi penempatan perangkat aktif yang dipasang didekat atau dilokasi pelanggan maka terdapat beberapa konfigurasi sebagai berikut:

1. Fiber To The Building (FTTB)

Terminal kabel optik terletak didalam gedung dan biasanya terletak pada ruang telekomunikasi di basement atau tersebar dibeberapa lantai. FTTB dapat dianalogikan dengan daerah catu langsung pada jaringan kabel tembaga.

2. Fiber To The Zone (FTTZ)

Terminal kabel optik disuatu tempat diluar bangunan, biasanya berupa cabinet yang ditempatkan dipinggir jalan sebagaimana biasanya rumah kabel. FTTZ dapat dianalogikan sebagai pengganti rumah kabel.

3. Fiber To The Curb (FTTC)

Terminal kabel optik terletak disuatu tempat diluar bangunan, naik didalam kabinet, diatas tiang maupun di manhole, FTTC dapat dianalogikan sebagai pengganti titik pembagi.

4. Fiber To The Home (FTTH)

Terminal kabel optik terletak didalam rumah pelanggan, FTTH dapat dianalogikan sebagai pengganti terminal blok (Muzayyinah, 2010).

Korelasi antara struktur atau konfigurasi jaringan kabel ke optik dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Korelasi Antara Struktur / Konfigurasi Jaringan Kabel ke Optik

No	Perangkat Kabel Tembaga	Perangkat Fiber Optik
1	MDF	ODF
2	Kabel Primer	Kabel Feeder
3	RK	ODC
4	Kabel Sekunder	Kabel distribusi
5	KP / DP	ODP
6	Kabel Penanggal	Kabel Drop
7	KTB	OTP
8	IKR / IKG	Kabel Indoor
9	Roset	<i>Roset Optic</i>
10	Terminal Pelanggan	ONU / OLT

Sumber : Penulis

Dari Tabel 4.4 diatas dapat dilihat perubahan struktur dari perangkat jaringan kabel tembaga ke kabel serat optik. Setelah domodernisasi jaringan akses tembaga

menjadi fiber optik samapai dengan ke pelanggan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Perbandingan Jaringan Akses Tembaga dengan Fiber Optik

Perbandingan Jaringan Akses Tembaga dengan Jaringan Akses Fiber Optik		
Item	Tembaga	Fiber Optik
S/N	25 dB	50dB
Rambatan Bandwidth	4 Mbps	100 Mbps
Redaman	25 dB/Km	5.8 – 7.5 dB/Km
Diameter (mm)	10	0.1 – 0.2
Kelengkungan(cm)	50	0.5
Bahan	Tembaga	Silica
Aplikasi	Voice, data	<i>high speed internet access (HSIA), Voice packet , IPTV, Teleconference</i>
Kelebihan	Tidak mudah patah ketika dibengkokkan	<ul style="list-style-type: none"> • Kecil dan tipis • Mudah dibawa • Dapat mentransmisikan <i>bandwidth</i> yang lebih besar • Tidak rentan terhadap gangguan frekuensi listrik
Kelemahan	<ul style="list-style-type: none"> • Mudah terkena gangguan listrik dan radio • Berat • Sering dicuri • Kapasitas <i>bandwidth</i> yang kecil 	Mudah patah kalau salah membengkokkan

Sumber: Penulis

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil modernisasi jaringan akses tembaga menjadi fiber optik ke pelanggan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah modernisasi dari jaringan akses tembaga menjadi fiber optik ke pelanggan, fiber optik mampu menyalurkan *bandwidth* lebih besar hingga 100 Mbps dan tidak rentan terkena gangguan dengan menggunakan teknologi MSAN.
2. Dengan menggunakan serat optik bagian sistem instalasi dan penempatan kabel optik lebih sederhana dan rapi juga tidak membutuhkan lahan yang luas untuk meletakkan perangkat-perangkat fiber optik.
3. Dengan kabel tembaga biaya yang dibutuhkan untuk jarak 3 km Rp. 70.500.000,- dan *bandwidth* 20 Mbps sedangkan dengan menggunakan serat optik biaya yang dibutuhkan lebih sedikit yaitu untuk jarak 3 km Rp.40.500.000,- dan *bandwidth* diatas 100 Mbps. Jadi biaya menggunakan serat optik lebih murah daripada menggunakan kabel tembaga dan kapasitas menggunakan serat optik juga lebih besar.

5.2 Saran

1. Untuk menjaga kinerja suatu jaringan maka diperlukan proses pengamatan secara berkala dan periodik sehingga bila terjadi permasalahan dapat segera diatasi.

2. Dapat diteruskan dengan cara-cara instalasi jaringan FTTx secara detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, R., Saniya Y., & Priyono, W. A. 2013. Sistem Manajemen Bandwidth dengan Prioritas. Jurnal Penelitian.
- Barus, S., Sitorus, V. M., Napitupulu, D., Mesran, M., & Supiyandi, S. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Pengangkatan Guru Tetap Menerapkan Metode Weight Aggregated Sum Product Assesment (WASPAS). Jurnal Media Informatika Budidarma,2(2).
- Delano, A., Astuti W. D. (2016). Perancangan Jaringan FTTH Konfigurasi Bus Dual Stage Passive Spilitter Underground Access di Cluster Missisipi Jakarta. *Jurnal Teknologi Elektro*. Indonesia: Universitas Mercu Buana
- Mutaharrik, I. M. (2016). *Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di Central Karawaci*. e-Proceeding of Engineering. Vol. 2. Indonesia
- Endy, K. (2014). Analisa Redaman Serat Optik Terhadap kinerja Sistem Komunikasi Serat Optik menggunakan Metode Optical link. Institut Teknologi Sepuluh Nopember-Surabaya.
- Fachri, barany. Perancangan sistem informasi iklan produk halal mui berbasis mobile web menggunakan multimedia interaktif. Jurasik (jurnal riset sistem informasi dan teknik informatika), 2018, 3: 98-102.
- Fachri, barany. "aplikasi perbaikan citra efek noise salt & papper menggunakan metode contraharmonic mean filter." seminar nasional royal (senar). Vol. 1. No. 1. 2018.
- Fakhri, A. dkk. (2012). Pengenalan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON). Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom, Bandung – Indonesia
- Ginting, G., Fadlina, M., Siahaan, A. P. U., & Rahim, R. (2017). Technical approach of TOPSIS in decision making. *Int. J. Recent Trends Eng. Res*, 3(8), 58-64.
- Keiser, G. (2000). *Optical Fiber Communications 3rd Ed*. Boston: McGraw Hill
- Kurniawan, H. (2018). Pengenalan Struktur Baru untuk Web Mining dan Personalisasi Halaman Web. *Jurnal Teknik dan Informatika*, 5(2), 13-19.
- Muzayyinah. 2010. Jaringan Lokal Akses Kabel Optik. <http://muzayyinah.blogspot.com>. Diakses pada 28 November 2018
- Nugraha, A. R. (2006). *Serat Optik*. Yogyakarta: Pustaka Jaya

- Pahlwan, F., Cahyasiwi, A. D., Fayakun, K. (2017). Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) Studi Kasus Perumahan Graha Permai Ciputat. *Seminar Nasional TEKNOKA* (hal. 47-54). Indonesia: Universitas Muhammadiyah
- Prastya, D. (2009). *Serat Optik*. Palembang: Universitas Sriwijaya
- PT. Telekomunikasi Indonesia. (2013). *Overview Jaringan FTTH Modul*. Jakarta
- PT. Telekomunikasi Indonesia. (2012). *Panduan Desain FTTH Modul*. Bandung
- Putera, A., Siahaan, U., & Rahim, R. (2016). Dynamic key matrix of hill cipher using genetic algorithm. *Int. J. Secur. Its Appl*, 10(8), 173-180.
- Rambe, H. A. (2006). Teknologi Serat Optik. *Jurnal Sistem Teknik Industri. Indonesia* (Hal. 87-91): Universitas Sumatra Utara
- Rahim, R., Supiyandi, S., Siahaan, A. P. U., Listyorini, T., Utomo, A. P., Triyanto, W. A., & Khairunnisa, K. (2018, June). TOPSIS Method Application for Decision Support System in Internal Control for Selecting Best Employees. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1028, No. 1, p. 012052). IOP Publishing.
- Sejati, D. R., Utomo, P. A. & Riyatun. (2015). *Fabrikasi dan Karakterisasi Perform Fiber Optik Berbasis Kaca Tellurite (TeO₂)*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI. 25 April. Yogyakarta
- Sidik, A. P. (2018). Algoritma RSA dan Elgamal sebagai Algoritma Tambahan untuk Mengatasi Kelemahan Algoritma One Time Pad pada Skema Three Pass Protocol.
- Saydam, G. (2003). *Dasar Teknik Telekomunikasi*. Bandung: Sinar Bumi
- Sari, R. D., Supiyandi, A. P. U., Siahaan, M. M., & Ginting, R. B. (2017). A Review of IP and MAC Address Filtering in Wireless Network Security. *Int. J. Sci. Res. Sci. Technol*, 3(6), 470-473
- Tasril, V. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Penerimaan Beasiswa Berprestasi Menggunakan Metode Elimination Et Choix Traduisant La Realite. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 1(1), 100-109.
- Utomo, Iwan Gustopo. (2010). *Jurnal Analisis Implementasi Jaringan Akses FTTx*. Universitas Indonesia.

- Yanuardin, I., Ryana, D. & S. R. Mia (2016). *Perancangan Jaringan FTTH (Fiber To The Home)*. e-Proceeding of Applied Science. Vol. 2. Indonesia
- Saydam, G. (2003). *Dasar Teknik Telekomunikasi*. Bandung: Sinar Bumi
- Sari, R. D., Supiyandi, A. P. U., Siahaan, M. M., & Ginting, R. B. (2017). A Review of IP and MAC Address Filtering in Wireless Network Security. *Int. J. Sci. Res. Sci. Technol*, 3(6), 470-473
- Tasril, V. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Penerimaan Beasiswa Berprestasi Menggunakan Metode Elimination Et Choix Traduisant La Realite. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 1(1), 100-109.
- Utomo, Iwan Gustopo. (2010). *Jurnal Analisis Implementasi Jaringan Akses FTTx*. Universitas Indonesia.
- Yanuardin, I., Ryana, D. & S. R. Mia (2016). *Perancangan Jaringan FTTH (Fiber To The Home)*. e-Proceeding of Applied Science. Vol. 2. Indonesia

