

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian Tugas Akhir ini merujuk pada beberapa penelitian Tugas Akhir maupun Skripsi. Adapun beberapa penelitian sebelumnya beserta keterangan penelitiannya secara singkat dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Referensi penelitian**

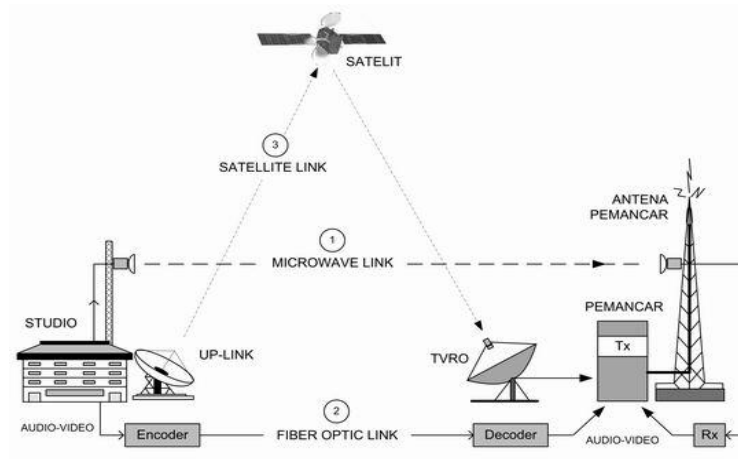
No.	Judul dan Nama Penulis	Keterangan
1.	Perancangan Jaringan Komunikasi Fiber Optik Sebagai <i>Backbone</i> pada Jaringan Lokal Makassar TV oleh Alif Akbar Saputra.	Berisi tentang perancangan pada sebuah <i>link</i> komunikasi optik yang menghubungkan stasiun televisi Makassar TV dengan jaringan ekisting ICON+ dan jaringan existing ICON+ dengan tower pemancar. Perangkat yang digunakan adalah perangkat <i>converter</i> Perle S-100-S2SC20 yang terletak di Makassar TV dan di Tower pemancar dengan Ptx -18 dBm dan sensitivitas -32 dBm, sedangkan pada jaringan eksisting ICON+ terdapat perangkat port Small Form-factor Pluggable (SFP) dengan Ptx -5 dBm dan sensitivitas -28 dBm. Hasil dari perancangan didapat bahwa skenario kedua lebih efektif dibandingkan dengan skenario kesatu [2].
2.	Perancangan Desain <i>Fiber To The Tower</i> untuk Komunikasi <i>Broadcast</i> sebagai <i>Backhaul</i> di Paris Van Java TV Bandung oleh Nurrochman Prabowo.	Membahas mengenai perancangan desain <i>Fiber To The Tower</i> (FTTT) yang digunakan untuk menghubungkan stasiun dengan tower pemancar yang ada di Komplek Stasiun Relay Panyandaan, Kabupaten Bandung Barat yang berjarak

		±17 km dengan menggunakan jaringan Metronet dari PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+). Perancangan jaringan FTTT digunakan untuk menggantikan sistem transmisi <i>microwave point-to-point</i> dari stasiun ke tower pemancar dengan media transmisi <i>fiber optic</i> . Dari data keluaran yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa <i>link</i> jaringan yang dirancang sudah memenuhi syarat kelayakan jaringan <i>fiber optic</i> [3].
3.	Analisis Migrasi Media Transmisi Radio ke Fiber Optik di Jaringan Backhaul BTS Perum Manglayang oleh Jodie Satria Effendi.	Berisi tentang penggantian media dari <i>microwave link</i> ke jaringan akses FO melalui proyek <i>Fiber Modernization (FIMO)</i> yang bekerja sama dengan PT.Telkom. Penelitian tersebut mengenai peningkatan <i>packet loss</i> pada BTS milik PT.Telkomsel. penentuan lokasi dilakukan pada site Perum Manglayang. Analisa perangkat dari hasil pengukuran kemampuan pengiriman jumlah packet pada perangkat sebesar 8000 packet untuk 3G dan 4G [4].

## 2.2 SISTEM SIARAN TELEVISI

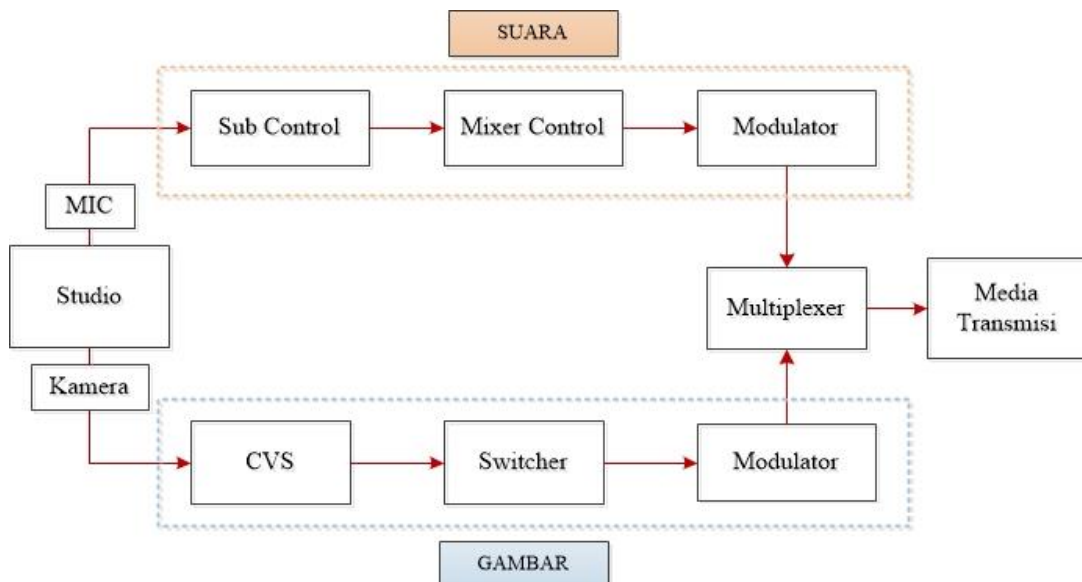
Televisi terestrial yaitu sistem penyiaran televisi yang tidak melibatkan transmisi satelit, biasanya menggunakan gelombang radio melalui pemancar atau antena televisi. Proses pengolahan data pada stasiun televisi dimulai dari studio dengan menggunakan *microphone* untuk merekam audio dan kamera untuk merekam video. Setelah audio dan video terekam, kemudian kedua data tersebut diolah dan diubah menjadi sinyal-sinyal listrik yang kemudian ditransmisikan ke menara pemancar melalui jaringan *Studio to Transmitter Link (STL)* untuk

kemudian di transmisikan secara *broadcast* oleh menara pemancar ke televisi pelanggan. Ada 3 macam komunikasi STL, yaitu *microwave*, *satellite*, dan *fiber optic link* seperti pada Gambar 2.1 [1].



**Gambar 2.1 Sistem STL televisi [1]**

Sistem pengolahan data di BMSTV dimulai dari perekaman gambar dan suara di studio hingga menjadi keluaran audio dan video, yang nantinya akan ditransmisikan dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



**Gambar 2.2 Blok diagram pengolahan data di BMSTV [3]**

Berikut merupakan fungsi dari tiap komponen pengolahan gambar dan suara di studio BMSTV berdasarkan Gambar 2.2.

- a. Studio : tempat pengambilan gambar dan suara melalui kamera dan mikrofon yang nantinya akan diolah.
- b. *Sub Control* : mengontrol audio yang telah masuk ke mikrofon.
- c. *Mixer Control* : merupakan *patch panel* yang menerima semua *channel* dari studio.
- d. CCVS : menjadi tempat data informasi dari kamera di studio.
- e. *Switcher* : mengolah data video murni tanpa audio
- f. Modulator : pembawa sinyal yang telah diproses
- g. *Multiplexer* : penggabung sinyal, yaitu sinyal audio dan video
- h. Media Transmisi : media yang akan membawa atau menyalurkan sinyal sampai ke tujuannya [3].

### **2.3 JARINGAN BACKHAUL**

Definisi *backhaul* adalah suatu jalur atau link seperti *microwave* atau *optic* yang menghubungkan dari suatu *Base Station* dengan sebuah pengalih (*switch*) komunikasi atau jaringan komunikasi. Backhaul yang digunakan dalam suatu perancangan memiliki beberapa topologi jaringan, seperti *bus*, *ring*, *star*, *mesh*, dan lain-lain. Pada perancangan jaringan backhaul untuk mendukung jaringan FTTH ini menggunakan topologi jaringan *bus*. Alasannya karena topologi jaringan *bus* memiliki efisiensi link karena penerapan topologi jaringan bus tidak membutuhkan biaya besar dibanding jenis topologi jaringan komputer lainnya [4].

### **2.4 FIBER OPTIC**

*Fiber optic* merupakan helaian optik murni yang sangat tipis yang dapat membawa data informasi digital untuk jarak jauh. Helaian tipis ini tersusun dalam bundelan yang dinamakan kabel *fiber optic* dan berfungsi mentransmisikan cahaya, hampir tanpa kerugian. Artinya cahaya yang berhasil dikirim dari satu tempat ke tempat lain hanya mengalami kehilangan sinyal dalam jumlah yang sangat sedikit. Serat-serat optik membentuk kabel yang sedemikian halus hingga ketebalan mencapai 1 mm untuk 20 helai serat. Serat ini ringan dan kapasitas

kanalnya sangat besar. Dalam kawat bergaris tengah 1cm dapat disalurkan 10.000 kanal telepon. Sinyal listrik dari *transmitter* digunakan untuk memodulasi berkas laser, kemudian dikirimkan lewat kabel *fiber optic* [5]. Berikut ini pada Gambar 2.3 menunjukkan struktur *fiber optic*.

1. Bagian inti (*Core*)

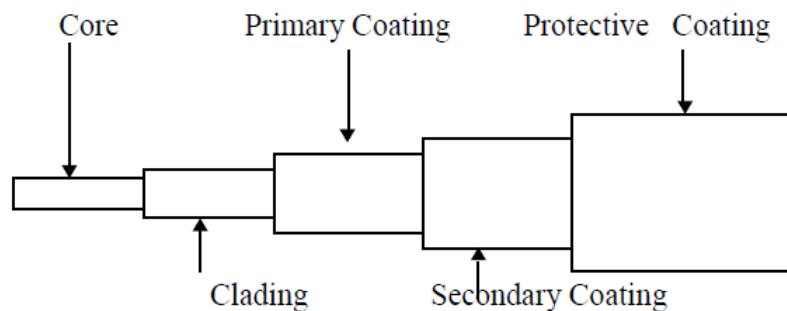
Gelombang cahaya yang dikirim akan merambat dan mempunyai indeks bias lebih besar dari lapisan kedua, dan terbuat dari kaca. Inti (*Core*) mempunyai diameter yang bervariasi antara 5 – 50  $\mu\text{m}$  tergantung jenis *fiber optic* nya.

2. Selimut (*Cladding*)

Bagian ini terbuat dari kaca yang mengelilingi bagian inti dan mempunyai indeks bias lebih kecil dibanding dengan bagian inti (*Core*).

3. Jaket (*Coating*)

Bagian ini merupakan pelindung lapisan inti dan selimut yang terbuat dari bahan plastik.



**Gambar 2.3 Struktur *fiber optic***

Ada 3 jenis *fiber optic* diantaranya yaitu :

1. *Singlemode Step-Index Fiber*

Kebutuhan akan transmisi dengan *bandwidth* yang lebar semakin meningkat. Sehingga dikembangkan tipe *fiber optic* yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Dapat dilihat bahwa semakin rendah jumlah mode semakin tinggi *bandwidth*-nya. Inti mempunyai diameter diantara 8 - 12  $\mu\text{m}$  dan selubung telah distandarisasi pada 125  $\mu\text{m}$ . Redaman serat *Step Index Singlemode* adalah 2 - 5 dB/km, dan dengan *bandwidth* 50 GHz [5]. Gambar 2.4 adalah contoh struktur *Singlemode Step-Index Fiber*.



**Gambar 2.4 Singlemode step-index fiber [5]**

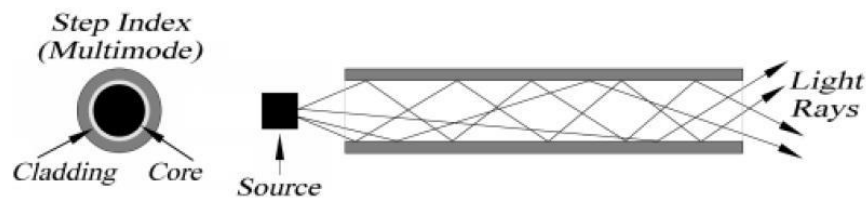
*Singlemode* mempunyai ketahanan disperse lebih baik karena hanya ada satu modus yang menjalar pada serat dan mempunyai jangkauan yang lebih jauh. Fiber optik yang digunakan adalah fiber optik yang sesuai dengan standar ITU-T G.652. Fiber optik .Jenis kabel yang digunakan adalah berjenis kabel *Aerial Self Supporting Loose Tube Optical Fiber Cable* dan mempunyai redaman karakteristik serat sebesar 0,22 dB/km. perangkat dengan spesifikasi yang dapat dilihat di Tabel 2.2 berikut :

**Tabel 2.2 Spesifikasi Fiber Optik G.652 [12]**

Parameter	Spesifikasi	Unit
Attenuation (1310 nm)	$\leq 0,35$	dB/Km
Attenuation (1550 nm)	$\leq 0,21$	dB/Km
Attenuation (1490 nm)	$\leq 0,28$	dB/Km

## 2. *Multimode Step-Index Fiber*

*Multimode step-index fiber* dibuat dari inti (*core*) yang relatif besar, dengan diselubungi *cladding*. Intinya mempunyai diameter antara 50 - 200  $\mu\text{m}$ , diameter selubung antara 125 – 400  $\mu\text{m}$  . Inti dan selubung mempunyai indeks bias yang berbeda seperti pada Gambar 2.5 [5].



**Gambar 2.5 Multimode step-index fiber [5]**

### 3. *Multimode Graded-Index Fiber*

Kabel ini terdiri dari inti yang mempunyai index bias berkurang sedikit demi sedikit secara *step by step* mulai dari pusat inti sampai batas antara inti dengan selubung. Inti tersebut terdiri dari lapisan-lapisan gelas, masing-masing lapisan mempunyai index bias yang berbeda. Umumnya diameter inti 50 - 100  $\mu\text{m}$  dan untuk selubung 125 - 140  $\mu\text{m}$ . Berkas cahaya yang merambat melalui kabel ini dibelokkan sampai propagasinya sejajar dengan sumbu serat. Di tempat titik pantul tersebut propagasi diarahkan ke arah sumbu serat. Serat *Multimode Graded Index* mempunyai redaman mulai dari 3 - 10 dB/km dan BW 1 GHz [5]. Gambar 2.6 adalah contoh struktur *Multimode Graded-Index Fiber*.

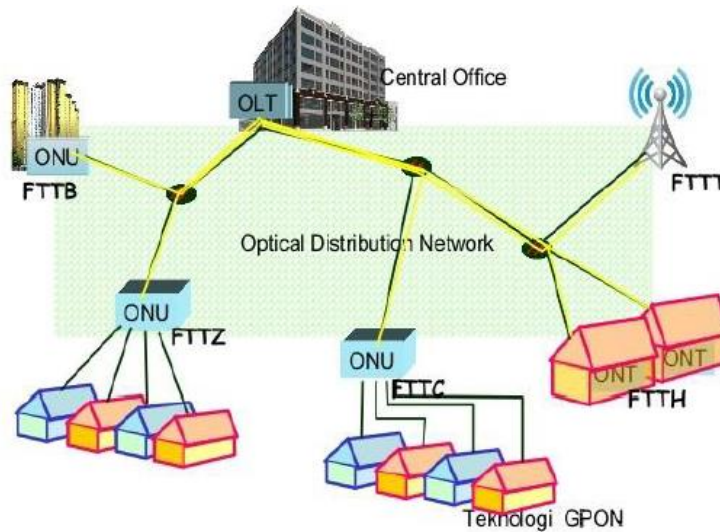


**Gambar 2.6 Multimode graded-index fiber [5]**

## 2.5 **GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON)**

GPON merupakan evolusi dari teknologi PON. GPON adalah salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984 . ITU-T G.984 merupakan standar yang dikeluarkan oleh ITU-T untuk teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON). GPON merupakan evolusi dari standar BPON [6].

Teknologi ini mendukung kecepatan yang besar, peningkatan dalam pengamanan dan pilihan *2 layer protocol* (ATM, GEM, Ethernet). Tetapi pada kenyataannya ATM tidak di implementasikan. Teknologi ini memiliki *bandwidth* 2.5 Gbps dengan efisiensi 93% GPON *Encapsulated Method* (GEM) merupakan *frame segmentation* untuk QoS (*Quality of Service*) yang lebih besar. Standar teknologi ini memeperbolehkan beberapa pilihan kecepatan, tetapi untuk 5 industri seragam 2,488 Mbps untuk *downstream* dan 1,244 untuk *upstream* [6]. Pada Gambar 2.7 dibawah ini menunjukkan arsitektur teknologi GPON pada jaringan FTTx.



**Gambar 2.7** Arsitektur GPON pada FTTx [6]

GPON juga merupakan teknologi FTTx yang dapat mengirim informasi sampai ke pelanggan menggunakan kabel optik. Prinsip kerja dari GPON, ketika data atau sinyal dikirimkan dari OLT, maka ada bagian pembagi atau *splitter* yang berfungsi untuk memungkinkan *single mode fiber optic* dapat mengirim ke berbagai ONT, kemudian ONT akan memberikan data-data dan sinyal yang diinginkan pelanggan [7].

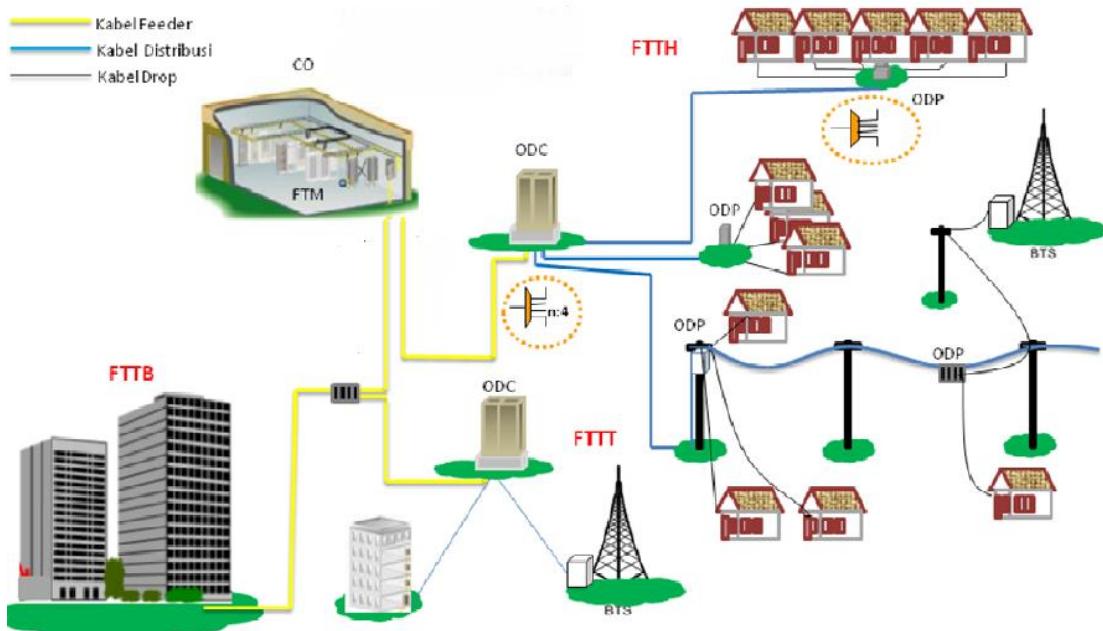
## 2.6 JARINGAN FIBER TO THE TOWER (FTTT)

Jaringan FTTT adalah suatu sistem komunikasi *fiber optic* yang bersifat *point to point* dan merupakan salah satu jenis pengembangan dari jaringan FTTx. Secara umum jaringan FTTx yaitu jaringan lokal berbasis *fiber optic* dimana dalam sistem ini terdapat 2 buah atau lebih perangkat aktif, dimana 1 perangkat aktif yang dipasang di sisi sentral yang berfungsi untuk mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik dan 1 perangkat lagi dipasang di dekat pelanggan atau di lokasi pelanggan itu sendiri yang berfungsi mengubah kembali dari sinyal optik menjadi sinyal elektrik.

Lokasi perangkat aktif disisi pelanggan disebut juga titik konversi optik (TKO), dengan demikian TKO adalah batas akhir kabel optik ke arah pelanggan yang berfungsi sebagai lokasi konversi sinyal optik ke sinyal elektrik. Daerah dimana para pelanggan terhubung dengan suatu TKO disebut Daerah Akses Fiber



(DAF) [8]. Berikut dibawah ini terdapat Gambar 2.8 mengenai sistem konfigurasi FTTx.



**Gambar 2.8 Sistem konfigurasi FTTx [8]**

*Fiber To The Tower* merupakan teknologi perancangan jaringan *fiber optic* dari *central office* ke tower *transmitter* atau antar tower *transmitter*. Hal ini dikarenakan transmisi *fiber optic* tidak terpengaruh frekuensi maupun *Line of Sight* (LOS) seperti yang dialami oleh sistem radio atau *microwave* [8]. Berikut dibawah ini terdapat Tabel 2.3 perbandingan *microwave* dengan *fiber optic*.

**Tabel 2.3 Perbandingan *microwave* dan *fiber Optic* [8]**

	<i>Microwave</i>	<i>Fiber Optic</i>
Kapasitas	Hanya sampai beberapa Gbps	Tak terbatas
Biaya	Biaya dihitung tiap <i>link</i>	Biaya dihitung tiap meter
Waktu Penyebaran	Penyebaran terjadi dalam waktu yang cepat	Penyebaran terjadi dalam waktu yang bertambah secara linear terhadap jarak
Aksesibilitas	Terdapat <i>Line of Sight</i>	Tidak terpengaruh LOS,

	(LOS) antar 2 titik <i>end point</i>	dapat ditempatkan di atas ( <i>aerial</i> ) atau dalam tanah.
Cuaca	Sangat terpengaruh oleh kondisi cuaca	Tidak terpengaruh oleh kondisi cuaca, transmisi tetap stabil.

**Tabel 2.4 Spesifikasi Perangkat yang digunakan [8]**

<b>Nama Perangkat</b>	<b>Jenis/Merk</b>
Kabel <i>Feeder</i>	G652D Konvensional, <i>Singlemode</i>
<i>Optical Link Distribution</i> (OLT)	ZTE ZXA10 C300
<i>Optical Network Terminal</i> (ONT)	ZTE ZXA10 F821

Pada Tabel 2.4 menunjukkan spesifikasi perangkat yang dibutuhkan dalam perancangan jaringan FTTH ini, diantaranya yaitu kabel *feeder* menggunakan jenis *singlemode fiber optic* karena dapat membawa data dengan *bandwidth* yang lebih besar dibandingkan dengan *multimode fiber optic*. *Singlemode* dapat membawa data dengan lebih cepat dan 50 kali lebih jauh dibandingkan dengan multi mode. Inilah yang menyebabkan *singlemode fiber optic* menjadi lebih reliabel, stabil, cepat, dan jauh jangkauannya.

### **2.6.1. Optical Line Terminal (OLT)**

OLT menyediakan *interface* antara sistem *Optical Distribution Cabinet* (ODC) dengan penyedia layanan (*service provider*) data, video, dan jaringan telepon. OLT mengubah sinyal elektrik menjadi optik dan sebaliknya, dan berfungsi sebagai alat *multiplex* [9]. Berikut ini pada Gambar 2.9 menunjukkan perangkat OLT yang digunakan.



**Gambar 2.9 Optical line terminal [9]**

### **2.6.2. Optical Network Terminal (ONT)**

*Optical Network Terminal* berada di sisi pelanggan dari sistem jaringan. ONT mempunyai tugas utama yaitu menjadi perangkat yang terhubung langsung dengan pelanggan. ONT menyediakan *native service interfaces* kepada pengguna. *Native service interface* yang disediakan antara lain untuk layanan suara seperti *Plain Old Telephone Service (POTS)* atau lewat IP (VoIP), data (Ethernet atau V.35) dan video (TTL, ECL, RS 530, dan sebagainya) [9]. Berikut ini pada Gambar 2.10 menunjukkan perangkat ONT yang digunakan.



**Gambar 2.10 Optical network terminal [9]**

## **2.7 STANDAR ITU-T TEKNOLOGI GPON**

Pada perancangan jaringan FTTH ini, penulis menggunakan ITU-T G.984 sesuai dengan teknologi GPON. Adapun standar parameter yang dibutuhkan pada perancangan jaringan FTTH ini terdapat pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6.

**Tabel 2.5 Karakteristik teknologi GPON *downstream*[10]**

<b>Parameter</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Unit</b>
Mean launched power MIN	3	dBm
Mean launched power MAX	7	dBm
Bit error ratio	$10^{-9}$	-
Minimum sensivity	-32	dBm
Upstream wavelength range (G.984.2)	1490	nm
Max. Transmission Distance	20	Km

**Tabel 2.6 Karakteristik teknologi GPON *upstream* [10]**

<b>Parameter</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Unit</b>
Mean launched power MIN	0.5	dBm
Mean launched power MAX	5	dBm
Bit error ratio	$10^{-9}$	-
Minimum sensivity	-30	dBm
Upstream wavelength range (G.984.2)	1330	nm
Max. Transmission Distance	20	Km

## **2.8 PARAMETER KELAYAKAN SISTEM**

Dalam perancangan jaringan FTTH ini, terdapat tiga macam parameter yaitu parameter *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, dan *Bit Error Rate* (BER). Ketiga parameter tersebut akan diuji kelayakan jaringan yang sudah dirancang, apakah sudah sesuai standar ITU-T G.984 atau belum.

### **2.8.1. *Power Link Budget***

Pada parameter perancangan FTTH ini yaitu menggunakan parameter *Power Link Budget*, yang berfungsi untuk mengetahui batasan redaman total yang di izinkan antara daya keluaran pemancar dan sensitivitas penerima. Batasan redaman total tersebut diperhitungkan dari redaman konektor, sambungan, dan redaman dari *fiber* itu sendiri sehingga dengan perhitungan redaman tersebut akan berpengaruh pada :

1. Jarak transmisi pengirim dan penerima
2. Jumlah *splitter* yang dibutuhkan
3. *Margin loss* yang diberikan

Dalam perhitungan *power link budget* ada beberapa hal yang harus di tinjau sebagai parameter pembuatan jaringan optik.

1. Menetapkan jenis *transmitter* berdasarkan panjang gelombang yang digunakan
2. Menetapkan jenis *fiber optic* [11].

Persamaan yang digunakan untuk menghitung redaman total pada *Link Budget* adalah :

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{kabel} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \quad (2.1)$$

Persamaan perhitungan daya terima :

$$Pr_x = Pt - \alpha_{tot} \quad (2.2)$$

Persamaan perhitungan Margin daya :

$$M = (Pt_x - Pr) - \alpha_{total} - SM \quad (2.3)$$

Keterangan :

$\alpha_{tot}$  = Redaman total sistem (dB)

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

$\alpha_c$  = Redaman konektor (dB/buah)

$\alpha_s$  = Redaman sambungan (dB/sambungan)

L = Panjang *fiber optic* (km)

$N_c$  = Jumlah konektor

$N_s$  = Jumlah sambungan

$Pr_{down}$  = -30 dBm (sensitivitas penerima di ONT)

$Pr_{up}$  = -32 dBm (sensitivitas penerima di OLT)

SM = *Safety Margin* (berkisar antara 6-8 dB)

### 2.8.2. Rise Time Budget

*Rise Time Budget* merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu *link* serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk

kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang di inginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari *link* digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ (Non-return-to-zero) atau 35 persen dari satu periode *bit* untuk data RZ (*return-to-zero*). Satu periode *bit* didefinisikan sebagai resiprokal dari data *rate*. Untuk menghitung *Rise Time budget* dapat dihitung dengan rumus [11]:

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

Keterangan :

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

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

$t_{\text{modus}}$  = bernilai nol (untuk serat optik *singlemode*)

$$t_{\text{material}} = \Delta\sigma \times L \times Dm \quad (2.5)$$

Keterangan:

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

L = Panjang serat optik (Km)

Dm = Dispersi Material (ps/nm.Km)

### 2.8.3. *Bit Error Rate (BER)*

*Bit Error Rate (BER)*, yang merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Seluruh elemen perangkat yang digunakan dalam simulasi disesuaikan dengan spesifikasi perangkat untuk mendapatkan hasil yang mendekati *real*. BER juga diartikan sebagai parameter kunci yang biasa digunakan dalam sistem penilaian yang dikirimkan dari pengirim (Tx) ke penerima (Rx) terhadap data digital. Ada kemungkinan kesalahan yang terjadi ketika data dikirimkan melalui sebuah kanal, namun kesalahan tersebut dapat di minimalisir dengan adanya parameter BER [11].