

**PERANCANGAN JARINGAN *FIBER TO THE TOWER* DI AREA  
BANJARBARU**

**SKRIPSI**

untuk memenuhi salah satu persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S1



**Disusun oleh:**

**Muhammad Lory Hersani Talaohu**

**12 524 027**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta  
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN JARINGAN *FIBER TO THE TOWER* DI AREA BANJARBARU**

**TUGAS AKHIR  
ISLAM**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro,  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia**



**Disusun oleh:**

**M.Lory Hersani Talaohu**

**12524027**

**Yogyakarta, 11 Oktober 2018**

**Menyetujui,**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Tito Yuwono", is written over a faint circular stamp.

**Tito Yuwono S.T., M.Sc**

**NIK 005240102**

## PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 11 Oktober 2018

  
Muhammad Lory Hersani Talahou



**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**PERANCANGAN JARINGAN *FIBER TO THE TOWER* (FTTT) DI AREA  
BANJARBARU**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

Nama : M.Lory Hersani Talaohu

No Mahasiswa : 12524027

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat untuk

**Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia**

Yogyakarta, 19 November 2018

Tim Penguji,

**Tito Yuwono, S.T., M.Sc.**

Ketua

**Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T**

Anggota I

**Ida Nurcahyani, S.T., M.Eng.**

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Universitas Islam Indonesia



**Muhammad Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D**

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warrahmatullohi Wabarakatuh.*

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya lah, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan menyusun laporan tugas akhir ini.

Pelaksanaan tugas akhir dan penulisan laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan jasmani dan rohani sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Untuk kedua Orang Tua saya yang telah memberikan doa, inspirasi dan semangat sampai detik ini serta membimbing saya untuk menjadi lebih baik.
3. Bapak Tito Yuwono, S.T., M.Sc. Selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan, saran-saran dan pembelajaran yang luas mengenai penulisan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen Teknik Elektro UII, Kajur Teknik Elektro UII, dan Sekjur Teknik Elektro UII yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir dan laporan tugas akhir ini.
5. Kepada Bapak Khoirul Kholifah Kholiq, Galang Yuri Putra Pratama dan Khairul Fuadi Rahman sebagai pihak PT.Telkom Akses Banjarbaru yang sudah banyak memberi pengetahuan dan arahan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
6. Kepada seluruh saudara seperjuangan Teknik Elektro UII angkatan 2012 yang terus membantu serta memberikan motivasi dan semangat untuk penulis.
7. Kepada keluarga besar Warning yang banyak memberi arahan dan support kepada penulis.
8. Seluruh keluarga besar Teknik Elektro UII baik yang muda ataupun tua yang sudah meluangkan waktu untuk bercerita dan memberikan pengalaman berharga yang tak ternilai selama saya kuliah.

Dalam penulisan dan penyusunan laporan ini, penulis sangat menyadari masih banyak kekurangan di segala aspek. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak, untuk menyempurnakan proses penulisan laporan-laporan selanjutnya. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

*Wassalamu'alaikum wr.wb.*

Yogyakarta, 11 Oktober 2018

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

$\sigma_{\lambda}$	= Lebar spektral (nm)
$\alpha_c$	= Redaman konektor (dB/buah)
$\alpha_s$	= Redaman sambungan (dB/sambungan)
$\alpha_{\text{serat}}$	= Redaman serat optik (dB/Km)
$\alpha_T$	= Total <i>loss</i> (dB)
$t_f$	= <i>Rise Time</i> optik (ns)
$t_{rx}$	= <i>Rise Time Detector</i> optik (ns)
$t_{\text{sis}}$	= <i>Rise Time</i> Sistem
$t_{tx}$	= <i>Rise Time</i> sumber optik (ns)
D	= Koefisien disperse (ns/nm.km)
FTTT	= <i>Fiber To The Tower</i>
GPON	= <i>Gigabite Passive Optical Network</i>
L	= Panjang serat optik (dalam Kilometer)
LED	= <i>Light Emitting Diode</i>
Nc	= Jumlah konektor
Ns	= Jumlah sambungan
ODC	= <i>Optical Distribution Cabinet</i>
ODP	= <i>Optical Distribution Point</i>
OLT	= <i>Optical Line Termination</i>
ONT	= <i>Optical Network Termination</i>
Sp	= Rendaman <i>splitter</i> (dB)

## ABSTRAK

Kota Banjarbaru memiliki beberapa kecamatan, khususnya Kecamatan Cempaka Utara yang akan berubah menjadi lingkungan yang padat karena berpindahya pusat pemerintahan ke area tersebut. Jaringan *Fiber To The Tower* berperan untuk melakukan pemerataan pembangunan jaringan serta membantu kebutuhan masyarakat dalam hal berkomunikasi. Perancangan *Fiber To The Tower* ini berbasis teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON). Untuk desain perancangan ini menggunakan 1 STO, 2 ODC dan 4 ODP. Dari perancangan infrastruktur jaringan optik tersebut sudah dianalisa nilai redaman total dari STO hingga ONT didapatkan nilai terendah yaitu 19,34 dB dan nilai tertinggi 21,12 dB. Hasil tersebut sudah memenuhi standar ITU-T G.984 yaitu total redaman dibawah 28 dB. Hasil terendah yang didapat pada perhitungan *Rise Time Budget* adalah 0,252029 ns dan tertinggi adalah 0,269709 ns, hasil ini sudah memenuhi persyaratan nilai *rise time* yaitu tidak lebih dari 0,58 ns. Hasil dari perancangan ini layak untuk diterapkan dilapangan.

Kata Kunci : Banjarbaru, *Fiber To The Tower*, *Link Budget*, Redaman , *Rise Time Budget*.



# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Studi Literatur.....	3
2.2 Fiber Optik.....	4
2.3 FTTT ( <i>Fiber To The Tower</i> ).....	5
2.4 Komponen FTTT ( <i>Fiber To The Tower</i> ) .....	6
2.4.1 <i>Optical Line Terminal (OLT)</i> .....	6
2.4.2 <i>Optical Distribution Cabinet (ODC)</i> .....	7
2.4.3 <i>Splitter</i> .....	8
2.4.4 <i>Optical Distribution Point (ODP)</i> .....	8
2.4.5 <i>Optical Network Termination (ONT)</i> .....	8

2.5 GPON ( <i>Gigabit Passive Optical Network</i> ).....	9
2.6 <i>Power Link Budget</i> .....	9
2.7 <i>Rise Time Budget</i> .....	10
<b>BAB 3 METODOLOGI</b> .....	<b>12</b>
3.1 Perancangan Sistem .....	12
3.1.1 Survey Data Lapangan .....	13
3.2 Menentukan Tipe Topologi .....	13
3.3 Konfigurasi Jaringan FTTH Menggunakan Topologi <i>Bus</i> .....	14
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>16</b>
4.1 Perhitungan <i>Link Budget</i> .....	16
4.2 <i>Output Hasil Optical Power Meter</i> .....	18
4.3 Perhitungan <i>Rise Time Budget</i> .....	19
4.3.1 <i>Rise Time</i> optik BBR 1 .....	19
4.3.2 <i>Rise Time</i> optik BBR 2.....	19
4.3.3 <i>Rise Time</i> optik BBR 3.....	20
4.3.4 <i>Rise Time</i> optik BBR 4.....	20
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>22</b>
5.1 Kesimpulan .....	22
5.2 Saran .....	22
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>23</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan FTTT .....	5
Gambar 2.2 Perangkat OLT .....	6
Gambar 2.3 Perangkat ODC .....	8
Gambar 2.4 Perangkat ODP <i>Closure</i> .....	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	12
Gambar 3.2 Rute Jaringan FTTT Area Banjarbaru.....	13
Gambar 3.3 Topologi <i>Bus</i> .....	14
Gambar 3.4 Topologi <i>Ring</i> .....	14
Gambar 3.5 Topologi <i>Star</i> .....	14
Gambar 3.6 Skema Konfigurasi FTTT menggunakan Topologi <i>Bus</i> .....	15
Gambar 4.1 Distribusi BBR 1 .....	16
Gambar 4.2 Distribusi BBR 2 .....	17
Gambar 4.3 Distribusi BBR 3 .....	17
Gambar 4.4 Distribusi BBR 4 .....	18
Gambar 4.5 <i>Output Optical Power Meter</i> .....	18

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen Utama Penyusun Fiber Optik .....	5
Tabel 2.2 Spesifikasi Perangkat OLT .....	7
Tabel 2.3 Nilai Redaman .....	10
Tabel 2.4 Parameter Perancangan Jaringan yang Digunakan .....	10

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknologi berkembang dari waktu ke waktu, sehingga jaringan internet pun ikut berkembang dengan cepat. Meningkatnya kebutuhan manusia akan pertukaran data dan informasi menuntut pula perkembangan internet semakin pesat khususnya pada penggunaan internet.

Teknologi informasi di Indonesia dalam bidang telekomunikasi berkembang secara pesat sehingga membuat penggunanya dapat saling berkomunikasi satu sama lain. Dalam berkomunikasi bukan hanya suara, melainkan data dan video juga diperlukan, sehingga dibutuhkan alat komunikasi yang dapat menyediakan semua layanan dengan kualitas yang tinggi meliputi layanan *triple play* yaitu suara, video dan data dengan kapasitas *bandwidth* yang besar dalam proses pengiriman informasi [1].

Kota Banjarbaru adalah salah satu kota di provinsi Kalimantan Selatan yang merupakan sebuah kota administratif. Berpindahanya pusat pemerintahan provinsi ke Kota Banjarbaru membuat khususnya area yang berada di Kecamatan Cempaka Utara akan berubah dari lahan kosong menjadi pemukiman yang padat karena lokasi Kantor Gubernur dibangun di area tersebut. Kebutuhan layanan masyarakat di area Banjarbaru pun ikut meningkat dalam bidang telekomunikasi. Maka dibutuhkan jaringan yang memadai agar mampu memberikan kualitas yang baik. Untuk memberikan kualitas yang baik diperlukan kapasitas *bandwidth* yang besar dan kecepatan yang tinggi, akan tetapi kapasitas *bandwidth* yang besar tersebut belum dapat ditampung dikarenakan keterbatasan jaringan akses tembaga dan belum meratanya pembangunan jaringan di area tersebut. PT.Telkom Akses Banjarbaru sudah melakukan perombakan jaringan akses tembaga menjadi jaringan akses *fiber optic* sampai ke tower. Maka dari itu PT.Telkom Akses Banjarbaru merancang sebuah jaringan yang dinamakan *Fiber To The Tower* (FTTT) untuk menunjang jaringan fiber optik yang ada di area Banjarbaru. Dalam pelaksanaan perancangan FTTT tersebut PT.Telkom Akses Banjarbaru merekomendasikan dan menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) untuk jaringan FTTT. GPON adalah salah satu teknologi dari beberapa teknologi sistem komunikasi serat optik.

Pada penelitian ini dibahas tentang perancangan jaringan serat optik dari PT.Telkom Akses Banjarbaru dengan menggunakan sistem FTTT untuk menunjang kualitas jaringan 4G LTE di area Banjarbaru, maka dilakukan perhitungan *link budget*, dan *rise time budget* untuk

menghasilkan *bit rate* dan *bandwidth* yang lebar agar jaringan bisa digunakan secara optimal.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana merancang jaringan FTTT untuk mendukung jaringan fiber optik di area Banjarbaru ?
2. Bagaimana menghitung *Link Budget* dan *Rise Time Budget* yang dibutuhkan untuk mengoptimalkan jaringan fiber optik ?

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Lokasi penelitian adalah di area Kota Banjarbaru.
2. Pada perancangan FTTT ini menghubungkan dari OLT sampai ke ONT di Tower.
3. Pembahasan hanya mencakup hasil perhitungan *Link Budget* dan *Rise Time Budget*
4. Tidak membahas Rencana Anggaran Biaya perancangan jaringan FTTT.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Merancang teknologi FTTT di area Banjarbaru.
2. Menganalisis performansi jaringan FTTT di area Banjarbaru.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Untuk menunjang kebutuhan sarana berkomunikasi di area Banjarbaru.
2. Sebagai bahan acuan untuk perancangan jaringan fiber optik menggunakan sistem FTTT.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Penelitian sejenis yang dilakukan oleh R.A.I. Asyari [1]. Penelitian ini membahas tentang bagaimana merancang dan membangun sebuah jaringan *backbone* untuk distribusi 4G LTE yang optimal sesuai dengan kebutuhan kapasitas yang mendasari diimplementasikannya jaringan 4G LTE. Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Sleman. Dari hasil penelitian ini diperoleh hasil perhitungan *link* distribusi untuk jaringan distribusi 4G LTE di Sleman menggunakan teknologi GPON dan kabel optik tipe G984 sepanjang 61,35 km. Nilai *power* yang diterima pada *end-point* (ONU) -25,010 dBm pada simulasi *optisystem* dan -26,626 dBm melalui hasil perhitungan *real*, nilai tersebut masih bagus senilai nilai minimum *power* (*receiver Sensitivity*) -28 dBm yang mengacu pada standar parameter ITU-T G.984.2 untuk *link* distribusi GPON .

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh oleh N.Prabowo dkk [2]. Penelitian ini membahas tentang bagaimana merancang desain dan analisis jaringan FTTH dari studi PJTV hingga menara pemancar PJTV. Penelitian ini dilakukan di Studio Pariz Van Java TV Bandung. Dari hasil penelitian ini diperoleh perhitungan *Link Power Budget* 2,6 dB dan daya terima -8,6 dBm.

Penelitian selanjutnya juga dilakukan oleh M.R. Mardiana [3]. Hasil perancangan yang dilakukan menunjukkan bahwa perancangan untuk perumahan Setraduta Bandung sudah memenuhi standar ITU-T G.984 yaitu *Link Power Budget* dengan total redaman yang dihasilkan pada uplink sebesar 24.336 dB, dan total redaman pada downlink sebesar 23.951 dB. Hal ini mengindikasikan bahwa link memenuhi kelayakan link power budget. Hasil uji *Rise Time Budget* yaitu untuk arah *downlink* pada pelanggan terjauh menghasilkan total waktu sebesar = 0.2583 ns. Waktu tersebut masih berada dibawah nilai waktu sistem NRZ sebesar 0.2917 ns. Untuk arah *uplink* pada pelanggan terjauh menghasilkan waktu total sebesar = 0.2505 ns. Waktu tersebut masih berada dibawah nilai waktu sistem NRZ sebesar 0.5833 ns.

Untuk penelitian ini membahas perancangan jaringan optik menggunakan topologi Bus karena lokasi yang akan dirancang tidak mendukung untuk menggunakan topologi *Ring* serta menghemat biaya dan penggunaan kabel. Perancangan ini dimulai dari OLT, dihubungkan ke ODC, kemudian ODP dan di distribusikan ke ONT. Dalam penelitian ini menggunakan *Splitter* 1:4 untuk ODC dan 1:8 untuk ODP. Penelitian ini dilakukan di area Banjarbaru di daerah Kecamatan Cempaka Utara dengan jumlah penduduk yang akan bertambah seiring pindahnya pusat pemerintahan Provinsi Kalimantan Selatan ke area tersebut. Lahan yang dulunya kosong

akan berubah menjadi lingkungan yang padat. Perancangan ini dilakukan untuk melakukan pemerataan pembangunan jaringan serta menunjang kebutuhan berkomunikasi masyarakat area tersebut.

## 2.2 Fiber Optik

Fiber Optik merupakan media pengiriman data dengan menggunakan bias cahaya. Bahan utama dari fiber optik ini dibuat dari bahan serat kaca dan plastik. Dalam proses mengirimkan data digunakan objek cahaya yang berasal dari laser. Media pengirim fiber optik dikembangkan untuk menggantikan media tembaga.

Media pengirim fiber optik memiliki berapa kelebihan dibandingkan media tembaga antara lain:

1. Kapasitas *bandwidth* lebih tinggi dalam mengirimkan data tidak terganggu oleh gelombang elektromagnetik dan frekuensi radio sehingga kerahasiaan data terjamin.
2. Redaman yang sangat rendah sehingga mampu digunakan untuk komunikasi jarak jauh.
3. Fiber optik mampu mengirim sinyal lebih jauh.
4. Fiber optik mampu bertahan lama.

Fiber optik memiliki kelemahan. Kelemahan dari kabel fiber optik diantaranya :

1. Biaya mahal.
2. Kabel mudah patah.
3. Berbahaya saat penginstalasian apabila tidak mengikuti prosedur.

Ada 2 tipe dalam menggunakan fiber optik yaitu *singlemode* dan *multimode*. Dari kedua tipe tersebut memiliki perbedaan yaitu *singlemode* mempunyai ukuran diameter *core* sangat kecil, *bandwidth* tidak terbatas dan sumber sinar laser memiliki jangkauan yang sangat jauh (>60km) sedangkan *multimode* mempunyai ukuran diameter *core* sangat besar, *bandwidth* nya sangat terbatas dan sumber sinar laser atau *light emitting diodes* (LED) memiliki jarak yang cukup dekat yakni 300-500m. Dalam kabel fiber optik terdapat 3 komponen utama seperti pada Tabel 2.1 [1].



Tabel 2.1 Komponen Utama Penyusun Fiber Optik

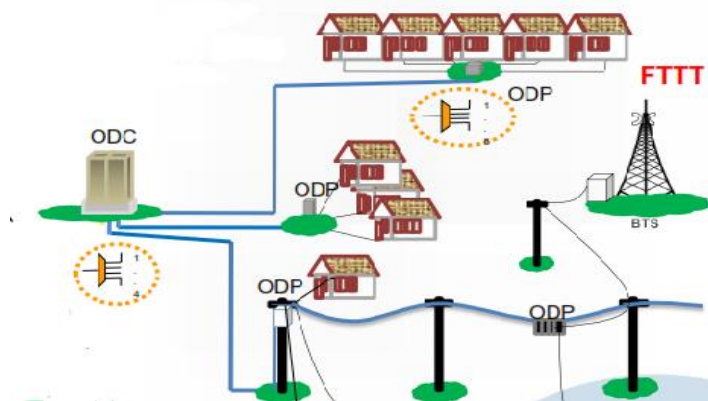
No	Komponen	Fungsi
1	<i>Buffer</i>	Sebagai pelindung kabel
2	<i>Coating</i>	Sebagai pelindung kabel
3	<i>Core</i>	Sebagai inti kabel

Bahan utama dalam pembuatan *buffer* dan *coating* terbuat dari plastik agar lebih lentur supaya kabel tidak mudah patah sedangkan *core* terbuat dari bahan serat kaca agar data yang dikirimkan lebih cepat.

### 2.3 FTTH (*Fiber To The Tower*)

FTTH adalah salah satu jenis dari jaringan FTTH. Secara umum jaringan FTTH yaitu jaringan lokal berbasis fiber optik. Dimana dalam sistem ini terdapat 2 buah atau lebih perangkat aktif. 1 perangkat aktif terdapat di bagian sentral yang bertujuan untuk mengubah sinyal elektrik ke sinyal optik sedangkan 1 perangkat terdapat di sisi pelanggan yang bertujuan untuk mengubah kembali sinyal optik ke sinyal elektrik. Dimana, lokasi perangkat aktif disisi pelanggan disebut juga titik konversi optik (TKO). Dengan demikian dapat diartikan TKO adalah batas akhir kabel optik kearah pelanggan yang berfungsi sebagai lokasi konversi sinyal optik ke sinyal elektrik. Daerah dimana para pelanggan terhubung dengan suatu TKO disebut daerah akses fiber (DAF) [2].

TKO berada didalam shelter pada bagian tower, sedangkan terminal *equipment system* GSM/CDMA dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga *Indoor* hingga beberapa meter saja seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan FTTH [4]

## 2.4 Komponen FTTH (*Fiber To The Tower*)

### 2.4.1 *Optical Line Terminal (OLT)*

*Optical Line Terminal* yang biasa disingkat OLT adalah sebuah komponen pusat penggabungan layanan *triple play* dari beberapa operator jaringan. Setiap layanan dapat di sambungkan dengan *bit rate* 10 Gigabit perdetik, sedangkan untuk sisi distribusi pelanggan mulai dari 1 Gbps - 2,5 Gbps [5]. OLT yang digunakan dalam perancangan ini sesuai dengan standar ITU-T G.984 dan digunakan oleh PT.Telkom Akses Banjarbaru. OLT memiliki 1 rak berisi 16 port *module*, 14 *module* aktif dan 2 *module* sebagai *controler*. 1 port *module* aktif memiliki 8 port sehingga total port aktif didalam 1 buah perangkat OLT berjumlah 112 port yang dapat dihubungkan. Pemilihan perangkat ini dengan melihat nilai *optical transmit power (Ptx)* yang seharusnya bernilai besar karena akan berpengaruh terhadap *link power budget*. Gambar 2.2 merupakan perangkat OLT dilapangan. Spesifikasi OLT dapat dilihat pada Tabel 2.2



Gambar 2.2 Perangkat OLT

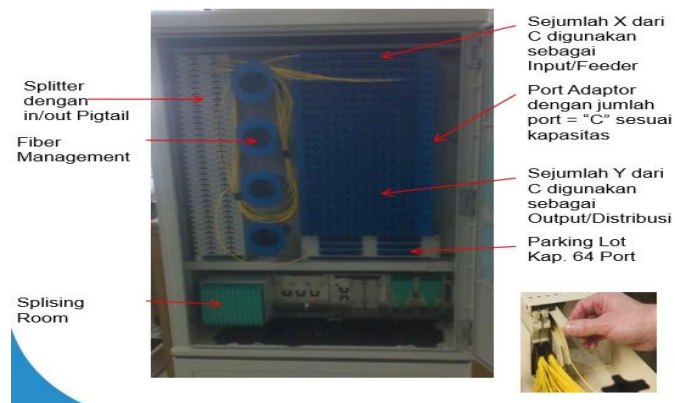
Tabel 2.2 Spesifikasi Perangkat OLT [5]

No	Parameter	Spesifikasi	Satuan
1	<i>Optical Transmit Power</i>	5	dBm
2	<i>Downlink Wavelength</i>	1490	Nm
3	<i>Uplink Wavelength</i>	1310	Nm
4	<i>Video Wavelength</i>	1550	Nm
5	<i>Spectrum Width</i>	1	Nm
6	<i>Downstream Rate</i>	2,4	Gbps
7	<i>Upstream Rate</i>	1,2	Gbps
8	<i>Optical Rise Time</i>	150	Ps
9	<i>Optical Fall Time</i>	150	Ps
10	<i>Max. Work Temperature</i>	45	°C
11	<i>Min. Work Temperature</i>	-5	°C
12	<i>Power Supply (DC)</i>	-48	V

#### 2.4.2 Optical Distribution Cabinet (ODC)

*Optical Distribution Cabinet* atau biasa disingkat ODC merupakan suatu perangkat pasif yang di instalasi diluar STO bisa dilapangan dan juga didalam ruangan. Gambar 2.3 adalah perangkat ODC. Fungsi dari perangkat ODC adalah sebagai berikut :

1. Sebagai titik terminasi ujung kabel *feeder* dan pangkal kabel distribusi.
2. Sebagai titik distribusi kabel dari kapasitas besar menjadi beberapa kabel yang kapasitasnya lebih kecil.
3. Tempat meletakkan *splitter*.
4. Sebagai tempat penyambungan.



Gambar 2.3 Perangkat ODC [6]

### 2.4.3 Splitter

*Splitter* adalah suatu perangkat pasif yang berfungsi untuk membagi informasi sinyal optik (gelombang cahaya), kapasitas distribusi dari *splitter* ada berbagai macam, yaitu : 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 dan 1:32. *Splitter* yang digunakan pada perancangan ini yaitu 1:4 untuk di ODC dan 1:8 untuk di ODP.

### 2.4.4 Optical Distribution Point (ODP)

*Optical distribution Point* atau biasa disebut ODP merupakan sebuah komponen yang berfungsi melindungi kabel optik. Perangkat ini digunakan untuk pemasangan di luar ruangan. Fungsi ODP adalah sebagai penghubung antara satu core serat optik dari kabel distribusi yang kemudian dihubungkan ke Tower menggunakan kabel drop. ODP memiliki 3 tipe yaitu ODP *pole* atau tiang, ODP *Closure* dan ODP *Pedestal*. Berikut ini adalah gambar tipe-tipe perangkat ODP pada Gambar 2.4. Pada perancangan FTTH ini menggunakan ODP tipe *Closure*.



Gambar 2.4 Perangkat ODP Closure [6]

### 2.4.5 Optical Network Termination (ONT)

*Optical Network Termination* atau biasa disebut ONT menyediakan *interface* antara jaringan optik dengan pelanggan. Sinyal optik yang ditransmisikan melalui ODP diubah oleh

ONT menjadi sinyal elektrik yang diperlukan untuk *service* pelanggan. Sinyal optik *downstream* dan *upstream* merupakan dua buah sinyal yang berbeda panjang gelombangnya dan dilewatkan pada jalur yang sama. Sinyal tersebut digabungkan dan dipisahkan pada ujung jaringan, baik disisi *service provider* maupun disisi pelanggan. Sinyal *downstream* adalah berupa paket-paket yang dikirimkan dengan cara *broadcast* lewat sebuah serat, kemudian *optical splitter* akan mengirimkan paket-paket tersebut ke semua *end-point* (ONT).

## 2.5 GPON (*Gigabit Passive Optical Network*)

*Gigabit Passive Optical Network* merupakan suatu teknologi yang digunakan pada sistem komunikasi serat optik. GPON berasal dari *passive optical network (PON)* yang kemudian berevolusi dan berkembang sampai tahap sekarang [9].

*Gigabit Passive Optical Network* merupakan suatu teknologi dalam FTTX yang berfungsi untuk mengirimkan *service* menuju *premise* pelanggan dengan perantara kabel fiber optik. Sebelum jaringan fiber optik berkembang, dalam mengirimkan data pelanggan menggunakan jaringan tembaga. Dimana, jaringan fiber optik memiliki keunggulan dibandingkan jaringan tembaga antara lain yaitu *optic* yang ditawarkan ke pelanggan bisa mencapai 2488 Gbps (*downstream*) [7].

## 2.6 Power Link Budget

*Power Link Budget* adalah hasil dari total redaman optik yang diizinkan sepanjang sumber titik optik sampai di titik penerima, hasil yang didapat dari redaman kabel. Perhitungan redaman total, daya terima, serta margin daya tersebut yang dikenal sebagai analisa *Power Link Budget*. Untuk mendapatkan jaringan yang optimal pada perancangan ini dilakukan perhitungan *link budget*. Perhitungan dilakukan berdasarkan standarisasi ITU-T G.984 dan juga peraturan yang diterapkan oleh PT. Telkom Akses Banjarbaru, yaitu jarak tidak lebih dari 20 km dan redaman total tidak lebih dari 28 dB.

Tujuan menghitung *Link Budget* untuk memastikan daya yang cukup agar sampai ke penerima untuk mempertahankan kualitas yang optimal selama pemakaian sistem. Persamaan 2.1 digunakan untuk menghitung *Link Budget*, yaitu [1]:

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

Keterangan :

$a_c$	= Redaman konektor (dB/konektor)
$a_s$	= Redaman <i>splice</i> (dB/ <i>splice</i> )
$a_{serat}$	= Redaman serat optik (dB/km)
$a_{tot}$	= Redaman total (dB)
L	= Panjang serat optik (km)
N <sub>c</sub>	= Jumlah konektor
N <sub>s</sub>	= Jumlah <i>splice</i>
SP	= Redaman <i>splitter</i> (dB)

Nilai redaman pada masing–masing komponen jaringan *fiber optic* yang digunakan dalam perancangan ini bisa dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai Redaman [5]

No	Perangkat	Redaman
1	Serat Optik	0,35 dB/km
2	<i>Splitter</i> 1:2	3,70 dB
3	<i>Splitter</i> 1:4	7,25 dB
4	<i>Splitter</i> 1:8	10,38 dB
5	<i>Splitter</i> 1:16	14,10 dB
6	<i>Splitter</i> 1:32	17,45 dB
7	Konektor	0,25 dB
8	<i>Splicing</i>	0,1 dB
9	Daya Keluaran Sumber Optik	5 dBm

## 2.7 Rise Time Budget

*Rise Time Budget* adalah sebuah metode untuk menentukan batasan dispersi suatu *link* serat optik. Metode ini berfungsi untuk melakukan analisa sistem transmisi yang bertujuan untuk menganalisa apakah sistem dapat bekerja dengan baik sudah layak dan mampu untuk di terapkan dilapangan [7].

Tabel 2.4 Parameter Perancangan Jaringan yang Digunakan [8].

No	Parameter	Nilai
1	<i>Rise Time</i> sumber <i>optic</i>	0,15 ns
2	<i>Rise Time</i> <i>detector</i> <i>optic</i>	0,2 ns
3	Koefisien dispersi	0,01364 ns/nm.Km
4	Lebar <i>spectral</i>	1 nm

Untuk mencari nilai *rise time budget* dapat menggunakan Persamaan 2.2 - 2.4 [9].

$$t_f = D \cdot \sigma_\lambda \cdot L \quad (2.2)$$

$$= (0,01364 \text{ ns/nm.km}) \cdot (1 \text{ nm}) \cdot (L \text{ km})$$

$$tr = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \quad (2.3)$$

$$= \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + x^2}$$

$$t_{sis} < \frac{0,7}{BR} \quad (2.4)$$

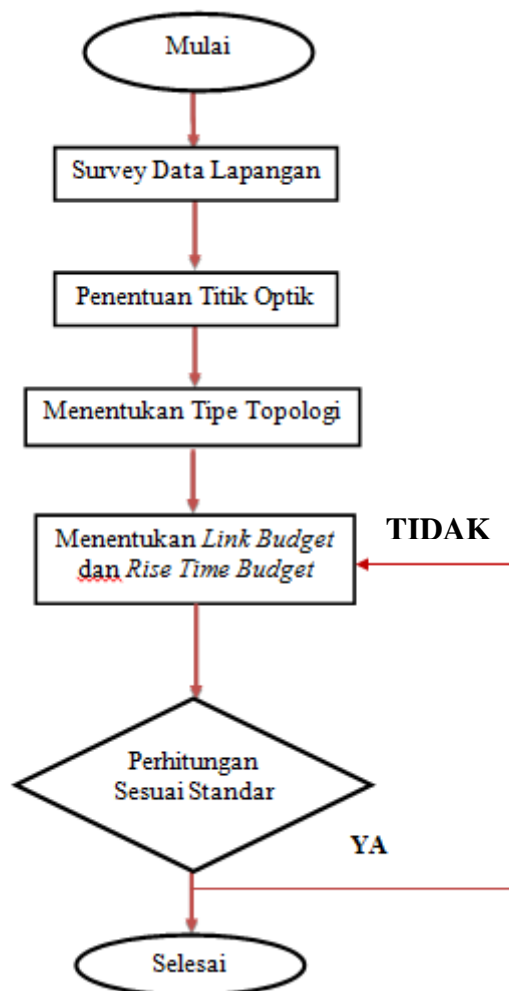
Keterangan :

- $\sigma_\lambda$  = Lebar spektral (nm)
- $t_f$  = *Rise Time optic* (ns)
- $t_{rx}$  = *Rise Time detector optic* (ns)
- $t_{sis}$  = *Rise Time Sistem* (ns)
- $t_{tx}$  = *Rise Time sumber optic* (ns)
- BR = *Bit Rate*
- D = Koefisien disperse (ns/nm.km)
- L = Jarak (km)

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Perancangan Sistem

Dalam perancangan jaringan *Fiber To The Tower* hal yang paling dasar adalah menentukan peta lokasi yang akan digunakan. Karena lokasi sangat berperan penting dalam perancangan jaringan FTTH. Perancangan ini bertujuan untuk menghasilkan jaringan FTTH mampu menunjang tingkat keandalan dari jaringan 4G yang telah ada. Gambar 3.1 adalah diagram alir penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

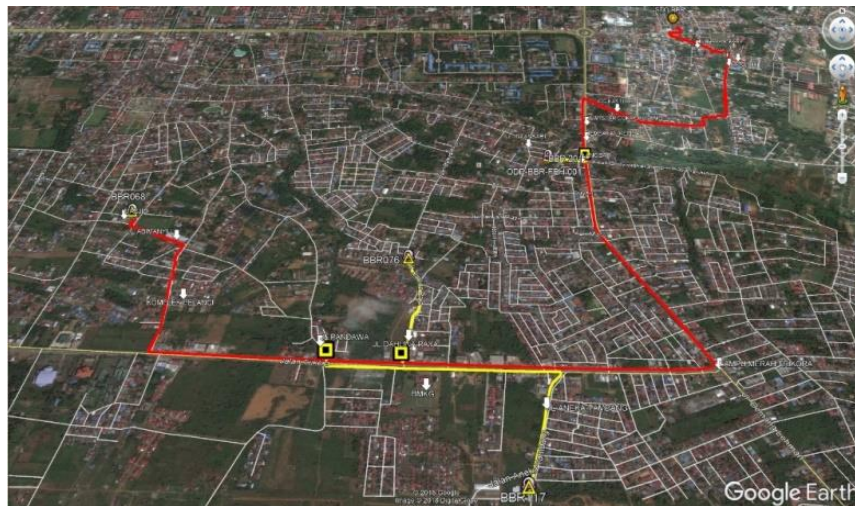


### 3.1.1 Survey Data Lapangan

Proses survey data lapangan atau biasa disebut dengan *outside plan fiber to the tower* di PT. Telkom Akses Banjarbaru hingga perangkat siap untuk digunakan. Proses ini melibatkan penggunaan data *existing* yang sudah dibangun dilapangan dan juga analisa area yang akan dibangun terhadap kebutuhan pelanggan. Kebutuhan terhadap potensi pelanggan yang cukup tinggi menjadi titik penentuan desain rute kabel distribusi.

Kegiatan yang dilakukan pada penentuan titik optik yaitu pelaksanaan pendataan jaringan yang sudah dibangun dilapangan tetapi belum di *inventory* ke dalam sistem yang dimiliki oleh PT.Telkom Akses Banjarbaru..

Berikut adalah hasil dari penentuan titik optik menggunakan aplikasi *Google Earth* pada Gambar 3.2.



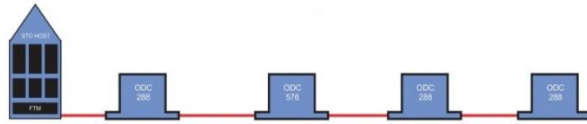
Gambar 3.2 Rute Jaringan FTTT Area Banjarbaru

### 3.2 Menentukan Tipe Topologi

Topologi adalah hubungan beberapa perangkat yang saling terhubung berupa struktur jaringan fisik. Dalam perancangan sebuah jaringan fiber optik terdapat beberapa tipe topologi yang biasa digunakan yaitu:

#### 1. Topologi *Bus*

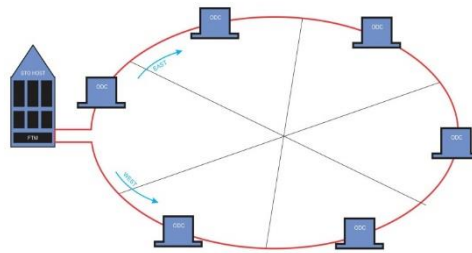
Topologi *Bus* digunakan apabila lokasi perancangan tidak memungkinkan untuk menggunakan Topologi *Ring*. Berikut adalah contoh Topologi *Bus* pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Topologi *Bus* [7]

## 2. Topologi *Ring*

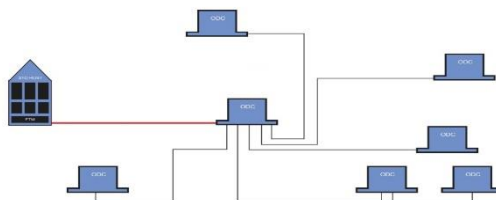
Topologi *Ring* adalah topologi yang berbentuk lingkaran yang rangkaiannya saling terhubung satu sama lain. Topologi *Ring* digunakan jika lokasi dan kondisi geografis di lapangan mendukung untuk membuat jaringan berbentuk *Ring*. Berikut adalah contoh Topologi *Ring* pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Topologi *Ring* [7]

## 3. Topologi *Star*

Topologi *Star* merupakan suatu bentuk jaringan dimana terdapat satu penghubung sebagai pusat dan setiap perangkat terhubung ke penghubung tersebut. Berikut adalah contoh Topologi *Star* pada Gambar 3.5.

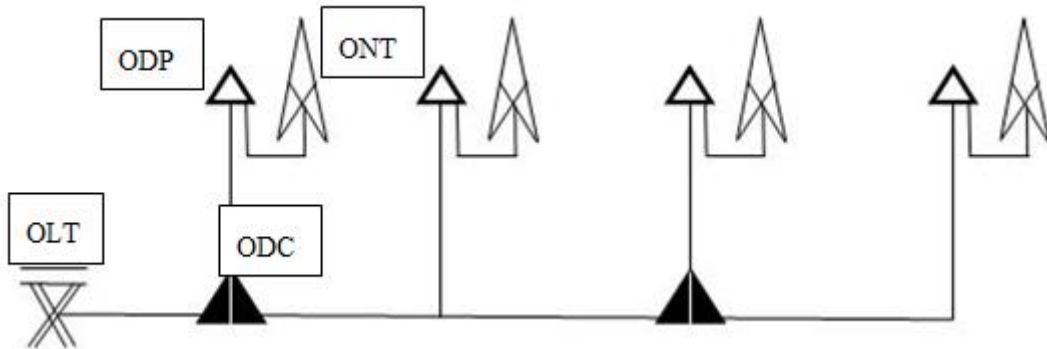


Gambar 3.5 Topologi *Star* [7]

### 3.3 Konfigurasi Jaringan FTTH Menggunakan Topologi *Bus*

Konfigurasi jaringan FTTH dengan Topologi *Bus* merupakan konfigurasi yang dipilih untuk diimplementasikan pada perancangan ini karena topologi ini biasanya diterapkan di kota-kota kecil. Topologi *Bus* bisa dibilang sebagai Topologi yang sederhana dibanding Topologi yang lainnya dan karena lokasi dan infrastruktur jalan-jalan di area perancangan tidak memungkinkan untuk menggunakan Topologi *Ring*. Konfigurasi jaringan FTTH menggunakan Topologi *Bus* juga di pilih karena hemat dalam penggunaan kabel dan biaya

investasi lebih kecil daripada menggunakan tipe topologi yang lain. Panjang kabel yang digunakan pada perancangan ini sepanjang 19,92 km dengan menggunakan 1 perangkat OLT , 2 perangkat ODC , 4 Perangkat ODP dan 4 perangkat ONT. Skema konfigurasi jaringan FTTH menggunakan topologi *Bus* dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Skema Konfigurasi FTTH menggunakan Topologi *Bus*

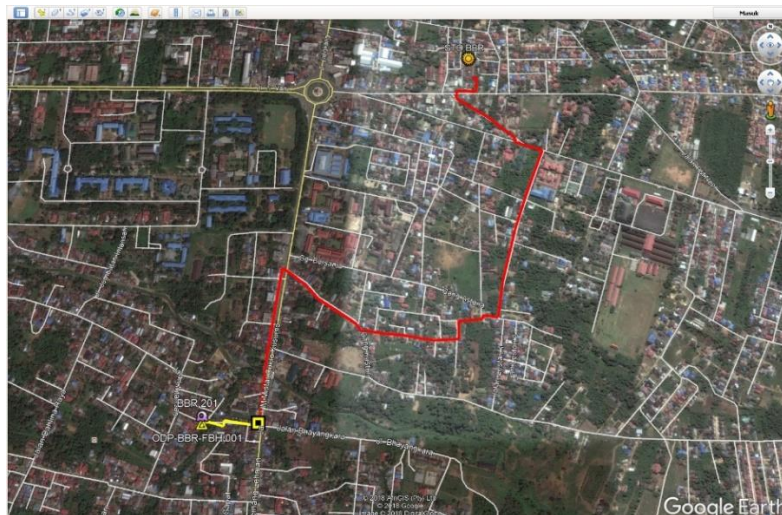
## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan jaringan *Fiber To The Tower* di area Banjarbaru berawal dari STO yang lalu dihubungkan ke ODP terakhir sebelum disambungkan ke Tower yang lokasi nya sudah ditentukan.

#### 4.1 Perhitungan *Link Budget*

Perhitungan ini diperlukan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan standar yang mengacu kepada standar parameter ITU-T G.984.2. Untuk mengetahui jaringan tersebut sudah bisa dikatakan optimal atau tidak akan terjadi gangguan secara teknis dari media transmisi dan perhitungan redaman juga menentukan apakah *link* distribusi optik sudah layak diimplementasikan atau belum. Gambar 4.1 – 4.4 adalah hasil perhitungan distribusi tiap *link*.



Gambar 4.1 Distribusi BBR 1

Redaman Kabel STO-ODC	= 2,15 Km . 0,35 dB	= 0,75 dB
Redaman Kabel ODC-ODP	= 0,18 Km . 0,35 dB	= 0,06 dB
Redaman Kabel ODP-Tower	= 0,01 Km . 0,35 dB	= 0,0035 dB
Redaman <i>Splitter</i> ODC	= 1:4	= 7,25dB
Redaman <i>Splitter</i> ODP	= 1:8	= 10,38 dB
Redaman <i>Splice</i> Total	= 3. 0,1	= 0,3 dB
Konektor yang digunakan	= 3. 0,2	= 0,6 dB
Redaman Total Tower BBR 1	= 0,75+0,06+0,0035+7,25+10,38+0,3+0,6 = 19,34 dB	



Gambar 4.2 Distribusi BBR 2

Redaman Kabel STO - ODC 2	= 4,21 Km . 0,35 dB	= 1,4735 dB
Redaman Kabel ODC 2-ODP	= 0,44Km . 0,35 dB	= 0,154dB
Redaman Kabel ODP-Tower	= 0,01 Km . 0,35 dB	= 0,0035 dB
Redaman <i>Splitter</i> ODC	= 1:4	= 7,25dB
Redaman <i>Splitter</i> ODP	= 1:8	= 10,38 dB
Redaman <i>Splice</i> Total	= 3. 0,1	= 0,3 dB
Konektor yang digunakan	= 3. 0,2	= 0,6 dB
Redaman Total Tower BBR 2=	1,4735+0,154+0,0035+7,25+10,38+0,3+0,6 =20,16 dB	



Gambar 4.3 Distribusi BBR 3

Redaman Kabel STO-ODC 2	= 5,83 Km . 0,35 dB	= 2,04 dB
Redaman Kabel ODC 2-ODP	= 1,58 Km . 0,35 dB	= 0,55 dB
Redaman Kabel ODP-Tower	= 0,01 Km . 0,35 dB	= 0,0035 dB
Redaman <i>Splitter</i> ODC	= 1:4	= 7,25dB
Redaman <i>Splitter</i> ODP	= 1:8	= 10,38 dB
Redaman <i>Splice</i> Total	= 3. 0,1	= 0,3 dB
Konektor yang digunakan	= 3. 0,2	= 0,6 dB
Redaman Total Tower BBR 3 =	2,04+0,55+0,0035+7,25+10,38+0,3+0,6 = 21,12 dB	



Gambar 4.4 Distribusi BBR 4

Redaman Kabel STO – ODC 2	= 4,21 Km . 0,35 dB	= 1,4375 dB
Redaman Kabel ODC 2-ODP	= 1,19 Km . 0,35 dB	= 0,41 dB
Redaman Kabel ODP-Tower	= 0,01 Km . 0,35 dB	= 0,0035 dB
Redaman <i>Splitter</i> ODC	= 1:4	= 7,25dB
Redaman <i>Splitter</i> ODP	= 1:8	= 10,38 dB
Redaman <i>Splice</i> Total	= 3. 0,1	= 0,3 dB
Konektor yang digunakan	= 3. 0,2	= 0,6 dB
Redaman Total Tower BBR 4	= 1,4375+0,41+0,0035+7,25+10,38+0,3+0,6 = 20,08 dB	

#### 4.2 Output Hasil *Optical Power Meter*

Hasil di *Optical Power Meter* menunjukkan hasil yang berbeda dengan hasil perhitungan yang dilakukan. Untuk melakukan perbandingan, diambil salah satu contoh perhitungan yaitu BBR 1 yang mempunyai nilai 19.34. Berikut adalah hasil yang di dapat dari *Optical Power Meter* pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Output *Optical Power Meter*

Dibawah ini merupakan hasil perhitungan distribusi BBR 1 yang kemudian hasilnya dibandingkan dengan nilai yang ada di *Optical Power Meter*.

Redaman Kabel STO-ODC	= 2,15 Km . 0,35 dB	= 0,75 dB
Redaman Kabel ODC-ODP	= 0,18 Km . 0,35 dB	= 0,06 dB
Redaman Kabel ODP-Tower	= 0,01 Km . 0,35 dB	= 0,0035 dB
Redaman <i>Splitter</i> ODC	= 1:4	= 7,25dB
Redaman <i>Splitter</i> ODP	= 1:8	= 10,38 dB
Redaman <i>Splice</i> Total	= 3. 0,1	= 0,3 dB
Konektor yang digunakan	= 3. 0,2	= 0,6 dB
Redaman Total Tower BBR 1	= 0,75+0,06+0,0035+7,25+10,38+0,3+0,6 = 19,34 dB	

Kedua hasil memiliki nilai yang berbeda , namun kedua hasil diatas masih sesuai dengan standar yang ditentukan yaitu 28 dBm. Hal ini dapat dinyatakan bahwa sistem yang dirancang sudah sesuai dengan hasil perhitungan dan mampu memberikan jaringan yang optimal dan layak digunakan di area Banjarbaru.

### 4.3 Perhitungan *Rise Time Budget*

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan *link power budget* berdasarkan jarak dan letak perangkat OLT sampai dengan Tower, maka dapat dihitung nilai dari *rise time* optik dan *rise time* sistem setiap jalur dengan Persamaan 2.2 dan 2.3. Berikut adalah hasil perhitungan.

#### 4.3.1 *Rise Time* optik BBR 1

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \cdot \sigma_\lambda \cdot L_{total} \\
 &= (0,01364 \text{ ns/nm.km}) \cdot (1 \text{ nm}) \cdot (2,34 \text{ km}) \\
 &= 0,031917 \text{ ns} \\
 tr &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,031917^2} \\
 &= 0,252029 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.2 *Rise Time* optik BBR 2

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \cdot \sigma_\lambda \cdot L_{total} \\
 &= (0,01364 \text{ ns/nm.km}) \cdot (1 \text{ nm}) \cdot (4,75 \text{ km}) \\
 &= 0,06479 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
tr &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \\
&= \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,06479^2} \\
&= 0,258259 \text{ ns}
\end{aligned}$$

#### 4.3.3 Rise Time optik BBR 3

$$\begin{aligned}
t_f &= D \cdot \sigma_\lambda \cdot L_{total} \\
&= (0,01364 \text{ ns/nm.km}) \cdot (1 \text{ nm}) \cdot (7,42 \text{ km}) \\
&= 0,101208 \text{ ns}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
tr &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \\
&= \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,101208^2} \\
&= 0,269709 \text{ ns}
\end{aligned}$$

#### 4.3.4 Rise Time optik BBR 4

$$\begin{aligned}
t_f &= D \cdot \sigma_\lambda \cdot L_{total} \\
&= (0,01364 \text{ ns/nm.km}) \cdot (1 \text{ nm}) \cdot (5,41 \text{ km}) \\
&= 0,073792 \text{ ns}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
tr &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \\
&= \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,073792^2} \\
&= 0,260663 \text{ ns}
\end{aligned}$$

Perhitungan *rise time budget* dilakukan agar mengetahui kerja keseluruhan apakah sudah memenuhi kapasitas yang dibutuhkan. Pada teknologi GPON nilai *bit rate* pada *uplink* yaitu 1,2 Gbps dan nilai *bit rate* untuk *downlink* yaitu 2,4 Gbps. Hasil dari perhitungan memiliki perbedaan yang tidak begitu signifikan, karena nilai *rise time* hanya dipengaruhi jarak kabel dari OLT sampai ke tower. Untuk memastikan sistem sudah memiliki kapasitas yang dibutuhkan bisa dipastikan dengan cara diuji menggunakan Persamaan 2.4.



$$t_{sis} < \frac{0,7}{BR}$$

**Bit Rate Downlink 2,4 Gbps**

$$\begin{aligned} t_{sis} &= \frac{0,7}{BR} \\ &= \frac{0,7}{2,4 \cdot 10^9} \\ &= 0,29 \text{ ns} \end{aligned}$$

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari pengujian dan analisa yang telah dilakukan didapat :

1. Pada perancangan jaringan *Fiber To The Tower* di area Banjarbaru dilakukan survey data lapangan untuk mengetahui kebutuhan peralatan yang akan digunakan dalam perancangan. Perancangan ini membutuhkan kabel fiber optik sepanjang 19,92 km. Perangkat yang digunakan adalah 1 buah OLT, 2 buah ODC dan 4 buah ODP dengan konfigurasi FTTH menggunakan Topologi Bus dengan *configuration speed* 1 Gbps yang dapat dicakup oleh 1 buah OLT memakai 4 port dengan kapasitas masing-masing port 1,2 Gbps untuk *uplink* dan 2,4 Gbps untuk *downlink*.
2. Perancangan jaringan *Fiber To The Tower* di area Banjarbaru telah memenuhi standar ITU-T G.984, dimana *link budget* dengan jarak yang tidak lebih dari 20 km yaitu 28 dBm untuk menghasilkan jaringan yang optimal. Hasil perhitungan *link budget* pada perancangan ini rata rata memiliki nilai di bawah 28 dBm. Hasil *rise time budget* yang didapat telah sesuai dengan yang diharapkan yaitu dibawah 0,58 ns dengan *bit rate* pada *uplink* 1,2 Gbps. Hasil ini menandakan bahwa perancangan ini sudah mampu menghasilkan jaringan yang optimal dan layak untuk di aplikasikan di area Banjarbaru.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Dalam perancangan jaringan FTTH lebih baik tidak memperbanyak sambungan kabel fiber optik karena dapat berpengaruh pada nilai redaman yang dihasilkan.
2. Menentukan lokasi perancangan sesuai kebutuhan agar dapat menghasilkan kualitas jaringan yang merata.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. A, Izza dan Firdaus . “Perancangan Jaringan Optik Untuk Distribusi 4G *Long Term Evolution* Di Kabupaten Sleman”, Skripsi S1, Universitas Islam Indonesia, Indonesia, 2016.
- [2] N. Prabowo, I. M. Akhmad Hambali, and S. M. Afief Dias Pambudi, “Perancangan Desain *Fiber To The Tower* ( FTTT ) Untuk Komunikasi *Broadcast* Sebagai Backhaul Jaringan Pariz Van Java TV Bandung”, *eProceedings of Engineering*, vol 4, No 1, April 2017.
- [3] M.R. Mardiana. “Perancangan Jaringan Akses *Fiber To The Home* Menggunakan Teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) Di Perumahan Setra Duta Bandung”, Skripsi S1, Universitas Telkom Bandung, Indonesia, 2012.
- [4] Modul *Overview* FTTx, PT. Telkom Akses Indonesia, Indonesia 2013.
- [5] M. M. Al-quzwini, “*Design and Implementation of a Fiber to the Home FTTH Access Network based on GPON*”, *International Journal of Computer Application*, vol. 92, no. 6, pp. 30–42, 2014.
- [6] Modul *Design* FTTx, PT. Telkom Akses Indonesia, Indonesia 2013.
- [7] A. Nugroho, “Teknologi *Gigabit-Capable Passive Optical Network* (GPON) Sebagai *Triple Play Services*.”
- [8] Rana, Md. Masud, “*Fiber Optic Communication Link Design*”, *DIU Journal of Science and Technology*, Daffodil International University, vol 3, Issue 2, July 2008.
- [9] O. N. T. Yuwana dan T. Yuwono, “Perancangan Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) Dengan Teknologi GPON Di Kecamatan Cibeber,” Skripsi S1, Universitas Islam Indonesia, Indonesia, 2017.
- [10] Lokhande M, Singh Amarjeet, “*Design and Implementation of FTTH*”, *International Research Journal of Engineering and Technology*”, vol 4 Issue: 10, India, October 2017.