

ANALISA PERENCANAAN JARINGAN *FIBER TO THE HOME* (FTTH) PADA DESA MEDANI KECAMATAN TEGOWANU DENGAN METODE *POWER LINK BUDGET* DAN *RISE TIME BUDGET* MENGGUNAKAN SOFTWARE *OPTISYSTEM*

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT MEMPEROLEH GELAR S1 PADA PRODI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG



DISUSUN OLEH :

MUHAMAD ILHAM ALFARIZI

NIM : 30601800025

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2022

FINAL REPORT
ANALYSIS OF FIBER TO THE HOME (FTTH) NETWORK
PLANNING IN MEDANI VILLAGE, TEGOWANU DISTRICT
USING THE POWER LINK BUDGET AND RISE TIME BUDGET
METHODS USING OPTISYSTEM SOFTWARE

THIS REPORT WAS PREPARED TO MEET ONE OF THE REQUIREMENTS
FOR OBTAINING AN S1 DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
STUDY PROGRAM, FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY,
ISLAMIC UNIVERSITY OF SULTAN AGUNG SEMARANG



COMPILED BY :

MUHAMAD ILHAM ALFARIZI

NIM : 30601800025

ELECTRICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY
SEMARANG

2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISA PERENCANAAN JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) PADA DESA MEDANI KECAMATAN TEGOWANU DENGAN METODE POWER LINK BUDGET DAN RISE TIME BUDGET MENGGUNAKAN SOFTWARE OPTISYSTEM” ini disusun oleh :

Nama : Muhamad Ilham Alfarizi

NIM : 30601800025

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 28 Desember 2022

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Budi Pramono jati, MM., MT.

NIDN. 0623126501



Munaf Ismail, ST., MT.

NIDN. 0613127302

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, ST., MT.

NIDN. 0607018501



LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

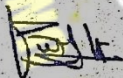
Laporan Tugas Akhir dengan judul "ANALISA PERENCANAAN JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) PADA DESA MEDANI KECAMATAN TEGOWANU DENGAN METODE POWER LINK BUDGET DAN RISE TIME BUDGET MENGGUNAKAN SOFTWARE OPTISYSTEM" ini telah dipertahankan didepan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 28 Desember 2022

TIM PENGUJI

Anggota I



Ir. Budi Pramono jati, MM., MT.
NIDN. 0623126501

Anggota II



Munaf Ismail, ST., MT.
NIDN. 0613127302

Ketua Penguji



Arief Marwanto, ST, M.Eng, Ph.D
NIDN. 0628097501

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Ilham Alfarizi
NIM : 30601800025
Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) **Teknik Elektro di Fakultas Teknologi UNISSULA Semarang** dengan judul "**Analisa Perencanaan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Pada Desa Medani Kecamatan Tegowanu Dengan Metode Power Link Budget Dan Rise Time Budget Menggunakan Software Optisystem**", adalah asli (orisinal) dan bukan menjiplak (plagiat) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dalam bentuk apapun baik sebagian atau keseluruhan, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Karya Tugas Akhir tersebut adalah hasil karya orang lain atau pihak lain, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Grobogan, 22 Desember 2022



Muhamad Ilham Alfarizi

NIM. 30601800025

SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhamad Ilham Alfarizi

NIM : 30601800025

Fakultas : Teknologi Industri

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul :
“Analisa Perencanaan Jaringan *Fiber To The Home (FTTH)* Pada Desa Medani Kecamatan Tegowanu Dengan Metode *Power Link Budget* Dan *Rise Time Budget* Menggunakan *Software Optisystem*”.

Menyetujui Menjadi Hak milik Universitas Islam Sultan Agung Serta Memberikan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam bentuk pangkalan data dan publikasi di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran hak cipta/ plagiatisme dalam karya ilmiah ini, maka segala tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung

Grobogan, 22 Desember 2022



Muhamad ilham Alfarizi

NIM 30601800025

PERSEMBAHAN

Pertama.

Tugas Akhir ini akan saya persembahkan kepada kedua orang tua saya yang saya cintai Bapak Purwadi dan Ibu Kristianti yang sudah membesarkan saya, memberikan dukungan dan menjadi motivasi hidup saya dalam menyelesaikan studi saya hingga saat ini. Juga Kakak dan Suami nya yang telah menyemangati dan mendoakan saya, merupakan penunjang untuk dapat menyelesaikan perkuliahan.

Kedua,

Untuk Dosen Pembimbing dan seluruh Dosen Teknik Elektro yang selalu memberikan ilmu, saran dan pengarahannya.

Ketiga,

Untuk teman SMA dan seperjuangan tugas akhir dan tidak lupa seluruh teman Teknik Elektro angkatan 2018 yang saling memberikan dukungan.

MOTTO

“Jangan Pernah menyerah karena ada tempat dan saat dimana ombak paling tinggi sekalipun akan berbalik arah”

-Harriet Beecher Stowe-

“Hiduplah seolah-olah anda akan mati besok. Belajarlah seolah-olah anda akan hidup selamanya.”

-Mahatma Gandhi-

“Jangan kalah pada rasa takutmu. Hanya ada satu hal yang membuat mimpi tak mungkin diraih Perasaan takut gagal”

-Paulo Ceolho-

"Jika Anda bekerja hanya untuk uang, Anda takkan pernah sukses, tetapi jika Anda mencintai apa yang Anda kerjakan dan selalu mengutamakan kepentingan pelanggan, kesuksesan akan ada di tangan Anda."

-Ray Kroc-

"Differences of habit and language are nothing at all if our aims are identical and our hearts are open."

-Albus Dumbledore-

"It matters not what someone is born, but what they grow to be"

-Albus Dumbledore-



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan Hidayah – Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi dengan judul **“Analisa Perencanaan Jaringan *Fiber To The Home (FTTH)* Pada Desa Medani Kecamatan Tegowanu Dengan Metode *Power Link Budget* Dan *Rise Time Budget* Menggunakan *Software Optisystem*”**. dapat diselesaikan dengan baik. Selesaiannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan bimbingan dan doa dari berbagai pihak yang telah membantu dalam pembuatan karya ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Ibu Dr. Hj. Novi Marlyana, ST, MT Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang
2. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST, MT Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang
3. Bapak Ir. Budi Pramono jati, MM., MT. Selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu selama proses bimbingan
4. Bapak Munaf Ismail, ST, MT. Selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah meluangkan waktu selama proses bimbingan
5. Bapak Munaf Ismail, ST, MT. Selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung
6. Seluruh dosen pengajar dan staff di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang
7. Ibu dan Ayah tercinta yang telah banyak berkorban demi keberhasilan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir
8. Seluruh keluarga tersayang yang telah senantiasa mendo`akan dan memberikan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir
9. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesainya pembuatan tugas akhir maupun dalam penyusunan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

10. Teman-teman SMA penulis yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
11. Teman-teman Magang MBKM batch 1 di PLTU Palabuhan Ratu yang memberikan semangat kepada penulis.
12. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2018 yang saling memberikan dukungan pengerjakan tugas akhir ini.

Dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini walaupun telah berusaha semaksimal mungkin, tentunya masih banyak kekurangan dan keterbatasan dimiliki, oleh karena itu diharapkan saran dan kritik untuk membangun kesempurnaan karya ini, semoga karya ini bermanfaat.

Grobogan, 22 Desember 2022



DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI.....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
MOTTO.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR ISTILAH.....	xvi
ABSTRAK.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.2 <i>Wavelength Multiplexing</i>	12
2.2.3 <i>Gigabit Passive Optical Network (GPON)</i>	13
2.2.4 <i>FTTx (Fiber To The x)</i>	16
2.2.3.1 Perangkat dalam Jaringan FTTH.....	18
2.3 Parameter Hasil Penelitian.....	20

2.3.1	<i>Power Link Budget</i>	20
2.3.2	<i>Rise Time Budget</i>	21
2.3.3	<i>Bit Error Rate (BER)</i>	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		24
3.1	Desain Penelitian	24
3.1.1	Studi Literatur	25
3.1.2	Penentuan dan survei lokasi.....	25
3.1.3	Perencanaan jaringan FTTH dengan Menggunakan <i>Google Earth</i>	25
3.1.4	Perencanaan Jaringan FTTH dengan <i>Software OptiSystem</i>	25
3.1.5	Perhitungan parameter Kelayakan	25
3.1.6	Analisa Hasil Keseluruhan.....	25
3.2	Prosedur Penelitian	26
3.2.1	Analisa Lokasi Perencanaan jalur FTTH.....	26
3.2.2	Simulasi Jaringan FTTH dengan menggunakan <i>Software OptiSystem</i> ..	29
3.2.3	Perhitungan Untuk Analisa Performansi Jaringan FTTH.....	34
BAB IV DATA DAN ANALISA		35
4.1	Hasil Simulasi Perencanaan Jaringan FTTH Dengan <i>Software OptiSystem</i>	35
4.2	Analisa BER (<i>Bit Error Rate</i>)	37
4.3	Analisa Hasil Perhitungan <i>Power Link Budget</i> dan <i>Rise Time Budget</i>	40
4.3.1	Perhitungan <i>Power Link Budget</i>	40
4.3.1.1	<i>Power Link Budget downstream</i>	40
4.3.1.2	<i>Power Link Budget Upstream</i>	43
4.3.2	Perhitungan <i>Rise Time Budget</i>	48
4.3.2.1	Perhitungan <i>Rise Time Budget Downstream</i>	48
4.3.2.2	Perhitungan <i>Rise Time Budget Upstream</i>	51
4.4	Analisa Kelayakan Sistem Hasil Perencanaan	54
4.4.1	<i>Power Link Budget</i>	54
4.4.2	<i>Rise Time Budget</i>	57
4.5	Analisa Keseluruhan Perencanaan Jaringan FTTH	59
BAB V PENUTUP.....		57
5.1	Kesimpulan	57

5.2	Saran	58
	Daftar Pustaka	
	Lampiran	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Single Mode</i>	8
Gambar 2. 2 <i>MultiMode</i>	8
Gambar 2. 3 Kabel Fiber Optik.....	9
Gambar 2. 4 Persyaratan warna untuk fiber optik.....	10
Gambar 2. 5 Prinsip kerja serat optik.....	10
Gambar 2. 6 <i>Wavelength-division multiplexing</i>	12
Gambar 2. 7 <i>WDM Transmission</i>	13
Gambar 2. 8 Arsitektur GPON.....	14
Gambar 2. 9 Aplikasi GPON	15
Gambar 2. 10 Arsitektur jaringan akses optik.....	16
Gambar 2. 11 Arsitekture dan Topologi FTTH	17
Gambar 2. 12 Arsitekture Jaringan FTTH	18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3. 2 Lokasi Perencanaan jaringan FTTH.....	26
Gambar 3. 3 Perancangan Letak ODC dan ODP pada <i>Google Earth</i>	27
Gambar 3. 4 Perencanaan sampel pelanggan untuk setiap ODP	29
Gambar 3. 5 Konfigurasi <i>Downstream</i> jaringan FTTH dengan Mini OLT	30
Gambar 3. 6 Konfigurasi <i>Upstream</i> jaringan FTTH dengan Mini OLT.....	32
Gambar 4.1 Hasil OPM konfigurasi <i>Downstream</i> pada distribusi 1 pelanggan 1	32
Gambar 4.2 Hasil OPM konfigurasi <i>Upstream</i> pada distribusi 1 pelanggan 1 ...	32
Gambar 4. 3 Eye Diagram Analyzer konfigurasi <i>downstream</i> distribusi 1 pelanggan 1.....	37
Gambar 4. 4 Eye Diagram Analyzer konfigurasi <i>Upstream</i> distribusi 1 pelanggan	38
Gambar 4. 5 Topologi jaringan FTTH	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan single mode dengan multimode.....	8
Tabel 2. 2 Spesifikasi OLT	19
Tabel 2. 3 Spesifikasi ONT.....	19
Tabel 2. 4 Standarisasi spesifikasi alat yang digunakan	21
Tabel 3. 1 Letak Koordinat Perangkat jaringan FTTH	27
Tabel 3. 2 Jarak ODC ke ODP	28
Tabel 3. 3 Jarak Dari ODP ke Sampel Pelanggan.....	28
Tabel 4. 1 Hasil simulasi menggunakan Software OptiSystem	36
Tabel 4. 2 Hasil BER downstream dan Q faktor pada simulasi.....	39
Tabel 4. 3 Parameter Perhitungan Power Link Budget Downstream Distribusi 1	40
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan power link budget downstream	42
Tabel 4.5 Parameter perhitungan Power Link Budget Upstream distribusi 1.....	45
Tabel 4. 6 Hasil perhitungan power link budget upstream	47
Tabel 4.7 Parameter perhitungan <i>Rise Time Budget Downstream</i> distribusi 1	48
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan $t_{material}$ dan t_{system} Downstream	50
Tabel 4. 9 Parameter perhitungan Rise Time Budget Upstream Distribusi 1	52
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan $t_{material}$ dan t_{system} upstream	53
Tabel 4. 11 Power link budget downstream.....	55
Tabel 4. 12 Power Link Budget Upstream.....	56
Tabel 4. 13 Rise Time Budget Downstream	57
Tabel 4. 14 Rise Time Budget Upstream.....	58

DAFTAR ISTILAH

<i>BER</i>	: <i>Bit Error Ratio</i>
<i>FTTH</i>	: <i>Fibre to the Home</i>
<i>GPON</i>	: <i>Gigabit-capable Passive Optical Network</i>
<i>NRZ</i>	: <i>Non Return to Zero</i>
<i>OAN</i>	: <i>Optical Access Network</i>
<i>ODF</i>	: <i>Optical Distribution Frame</i>
<i>ODN</i>	: <i>Optical Distribution Network</i>
<i>OLT</i>	: <i>Optical Line Termination</i>
<i>ONT</i>	: <i>Optical Network Termination</i>
<i>ONU</i>	: <i>Optical Network Unit</i>
<i>PON</i>	: <i>Passive Optical Network</i>
<i>TDM</i>	: <i>Time Division Multiplexing</i>
<i>TDMA</i>	: <i>Time Division Multiple Access</i>
<i>UNI</i>	: <i>User Network Interface</i>
<i>WDM</i>	: <i>Wavelength Division Multiplexi</i>

ABSTRAK

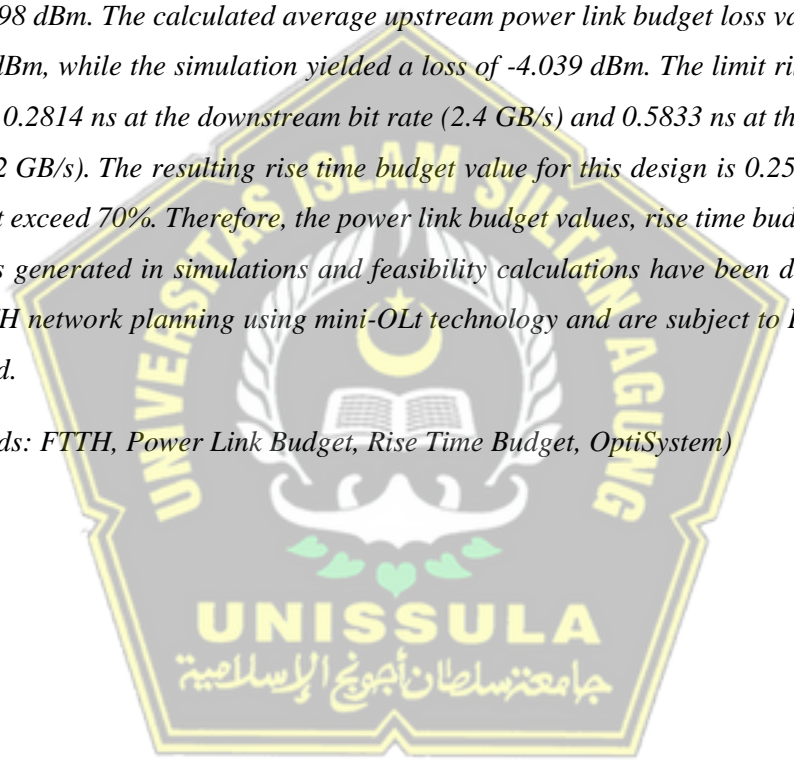
Perkembangan teknologi tepatnya pada layanan telekomunikasi yang begitu cepat dan kebutuhan layanan akses yang memiliki bandwidth yang besar agar kebutuhan akses cepat dapat terpenuhi. Berdasarkan kondisi geografis area yang akan dilakukan penelitian perencanaan jaringan *fiber to the home* (FTTH) memungkinkan untuk melakukan perancangan jaringan FTTH. Hasil dari analisa perencanaan simulasi *optisystem* mendapatkan nilai *bit error rate* dari jarak terjauh adalah $8,73 \times 10^{-17}$. Standar nilai BER adalah 10^{-10} . Hasil Nilai redaman *power link budget downstream* rata-rata perhitungan yaitu -17,198 dBm sedangkan simulasi didapatkan redaman -17,296 dBm. Hasil nilai redaman *power link budget upstream* rata-rata pada perhitungan yaitu -4,039 dBm sedangkan simulasi didapatkan redaman -4,039 dbm. Batas Nilai *rise time budget* 0,2814 ns pada bit rate *downstream* (2,4 Gbps) dan 0,5833 ns pada bit rate *upstream* (1,2 Gbps). Hasil nilai *rise time budget* pada perancangan ini adalah 0,25 ns, nilai tersebut tidak melebihi dari 70%. Maka dapat disimpulkan nilai *power link budget*, *rise time budget* dan *bit error rate* yang dihasilkan pada simulasi dan perhitungan kelayakan bahwa perencanaan jaringan FTTH dengan teknologi Mini OLT dinyatakan layak dan dapat diterapkan sesuai standar ITU-T G.984.2.

Kata kunci: FTTH, Power Link Budget, Rise Time Budget, OptiSystem.

ABSTRACT

Technological advances are focused on the need for high-speed telecommunication services and high-bandwidth access services to meet high-speed access requirements. FTTH (Fiber to the Home) network planning study allows you to design the Fiber to the Home network based on the geographical conditions of the area to be covered. Optisystems' simulation plan analysis results in a long-distance bit error rate value of 8.73×10^{-17} . The default BER value is 10^{-10} . While the simulation is loaded with a loss of -17,296 dBm, the resulting downstream budgeted power link loss value is an average calculation of -17,198 dBm. The calculated average upstream power link budget loss value result was -4.039 dBm, while the simulation yielded a loss of -4.039 dBm. The limit rise time budget value is 0.2814 ns at the downstream bit rate (2.4 GB/s) and 0.5833 ns at the upstream bit rate (1.2 GB/s). The resulting rise time budget value for this design is 0.25 ns. The value does not exceed 70%. Therefore, the power link values, rise time budgets and error rate bits generated in simulations and feasibility calculations have been declared viable for FTTH network planning using mini-OLT technology and are subject to ITU-T G.984.2 standard.

Keywords: FTTH, Power Link Budget, Rise Time Budget, OptiSystem)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Teknologi yang digunakan saat ini berkembang dengan pesat, terutama pada bidang telekomunikasi. Persyaratan telekomunikasi tidak hanya Pada layanan suara, tetapi juga layanan data, gambar, dan video (multimedia). Pengguna memerlukan kecepatan yang tinggi dan tentunya *bandwith* juga besar untuk mengaksesnya. Serat optik merupakan salah satu solusi yang memberikan nilai tambah bagi layanan komunikasi dan memenuhi kebutuhan pengguna.

PT. Telkom merupakan perusahaan menyediakan layanan internet. Salah satunya adalah pembangunan jaringan *Fiber to The Home* (FTTH) sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan pembangunan dilapangan. Karena kondisi penelitian ini merupakan kawasan yang padat penduduk dan belum terjamah oleh jaringan *Fiber to the home*.

Berdasarkan kondisi geografis area yang akan dilakukan penelitian perencanaan jaringan *fiber to the home* (FTTH) sangat tepat untuk menjawab permasalahan daerah dengan kondisi padat penduduk dan kondisi daerah yang belum terjamah oleh jaringan *fiber to the home* (FTTH). Kondisi ini tersebut memungkinkan untuk melakukan perancangan jaringan *fiber to the home*. Kabupaten Grobogan tepatnya di Desa Medani memenuhi kualifikasi tersebut. Maka dari itu perancangan jaringan FTTH dapat di implementasikan di lokasi ini. Penelitian ini membahas tentang perencanaan jaringan FTTH dengan teknologi Mini OLT yang sesuai dengan standart ITU-T (ITU-T G.984 series). untuk parameter pengujian performansi jaringan FTTH dengan Power Link Budget, Rise Time Budget dan Bit Error Rate. Untuk standarisasi mengacu pada PT Telkom Indonesia.

fiber to the home (FTTH) merupakan salah satu jaringan serat optik. Pembangunan jaringan ini di mulai dari Sentral Telepon otomatis (STO) di Gubug sampai hingga ke pelanggan. Dengan menggunakan teknologi jaringan serat optik ini memungkinkan memungkinkan lebih luasnya layanan tentunya kualitas internet

yang akan digunakan oleh pelanggan. Perancangan jaringan fiber optik ini dengan menggunakan *software Google earth* dan *OptiSystem* bertujuan guna memudahkan engineer dalam melakukan perancangan jaringan *Fiber to The Home* (FTTH).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari Penelitian tugas akhir ini yaitu:

- a. Bagaimana desain jaringan FTTH dengan teknologi Mini OLT di daerah STO Gubug tepatnya di Desa Medani.
- b. Bagaimana cara membuat jaringan FTTH dengan menggunakan OptiSystem? dan hasil simulasi jaringan FTTH menggunakan OptiSystem?
- c. Bagaimana hasil perhitungan nilai parameter-parameter untuk kelayakan jaringan berupa Power Link Budget dan Rise Time Budget.

1.3 Pembatasan masalah

Adapun batasan masalah dari Penelitian tugas akhir ini yaitu:

- a. Perancangan jaringan FTTH di daerah Desa Medani.
- b. Perancangan jaringan FTTH menggunakan standar teknologi GPON (G.984.x) berdasarkan penelitian.
- c. Perhitungan penelitian perancangan menggunakan parameter-parameter yang sudah ditentukan.
- d. Melakukan perencanaan menggunakan *Google Earth* dan simulasi *OptiSystem*.
- e. Tidak membahas mengenai biaya
- f. Tidak melakukan pengukuran secara langsung di setiap perangkat.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini yaitu:

- a. Merancang jaringan FTTH pada daerah perdesaan dengan teknologi Mini OLT
- b. Merancang jaringan FTTH dengan menggunakan *Software Optisystem* dan melakukan simulasi.

- c. Melakukan analisa dan evaluasi hasil dari perencanaan dengan parameter *power link budget* dan *rise time budget*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari Penelitian tugas akhir ini yaitu:

- a. Mengetahui bagaimana tahapan perancangan jaringan *Fiber to The Home* (FTTH) pada kawasan Sentral Telepon Otomat (STO) Gubug.
- b. Didapatkan Pengetahuan perancangan jaringan serat optik FTTH di wilayah Gubug dengan memanfaatkan teknologi GPON apakah sudah lulus spesifikasi.
- c. Dapat menjadi referensi acuan untuk pengembangan perancangan jaringan FTTH bagi teknisi atau enjiner.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran menyeluruh tentang masalah, rumusan masalah dan batasan masalah. Serta membahas juga tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan untuk masalah ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini membahas tentang tinjauan pustaka atau penelitian sebelumnya untuk menjadi referensi penelitian selanjutnya serta juga membahas dasar teori mengenai pembahasan yang mendukung penyelesaian analisa tentang perencanaan jaringan FTTH di Desa Medani.

BAB III PERANCANGAN JARINGAN FTTH

Pada bab ini akan membahas tentang pengukuran jarak kabel distribusi, letak perangkat ODP serta pengambilan sampel pelanggan-pelanggan yang akan dipasang jaringan FTTH di wilayah Desa Medani Kec. Tegowanu, Kab. Grobogan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang hasil perhitungan dan analisis dari hasil data yang telah didapatkan melalui *Google Maps* dari *Mini OLT* hingga ke pelanggan, untuk mengetahui *Power Link Budget*, *Rise Time Budget* dan *Bit Error Rate*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian perencanaan yang telah dilakukan dan memberikan saran-saran yang berguna dalam perancangan jaringan *FTTH* selanjutnya di wilayah Desa Medani atau di wilayah lain di Indonesia .



BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian tentang perencanaan jaringan FTTH dengan teknologi GPON telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu, antara lain:

- a. Penelitian dari saudari Pramusinta Clara Suryandari pada tahun 2021 yang berjudul Analisis Performansi Jaringan Indihome Fiber di Purwokerto. Hasil studi Analisis performansi memakai tata cara perhitungan link budget dengan standar ITU- T G. 984 dimana sensitivitas- 28 dBm serta availability batasan minimum standar dari PT. Telkom 95%. Hasil perhitungan menampilkan kalau wilayah Berkoh yang ialah pelanggan dengan jarak terjauh dari 5 sample perhitungan daya terima diperoleh(- 24,014) dBm buat downlink serta(- 28,297) dBm buat uplink. Perhitungan margin daya didapat hasil 3, 986 dBm buat downlink serta(- 0,297) dBm buat uplink. Sedangkan penelitian yaitu membahas tentang perencanaan jaringan FTTH dengan menggunakan software *optisystem* dan paramater yang digunakan yaitu *power link budget*, *rise time budget* dan *Bit error rate* penelitian sebelumnya yaitu menganalisa performansi jaringan FTTH yang sudah terealisasi di purwokerto dengan metode *power link budget* dan prosentase SLG Gangguan pada IPTV [1].
- b. Penelitian sebelumnya oleh saudara Sahid Ridho pada tahun 2020 yaitu berjudul “Perancangan Jaringan Fiber to the Home (FTTH) pada Perumahan di Daerah Urban”. Hasil Studi Perancangan mengenakan sistem pengkabelan aerial dan duct- aerial. Analisis perancangan dicoba berlandaskan parameter *link power budget*, *rise time*, *Bit Error Rate*(BER), komponen, serta anggaran yang diperlukan. Nilai link power budget buat *uplink* serta *downlink* tiap- tiap sebesar- 22, 792 dBm serta- 23, 120 dBm. Nilai rise time buat *uplink* serta *downlink* sebesar 0, 256 ns serta 0, 258 ns, sebaliknya nilai BER sebesar 14, 628 x 10^{- 12}. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perancangan telah

memenuhi parameter yang dipersyaratkan sehingga jaringan yang diusulkan dapat diimplementasikan. Sedangkan penelitian ini sama dengan penelitian sebelumnya dengan metode Power Link Budget, Rise time Budget dan Bit Error Rate namun penelitian ini menggunakan software optisystem untuk melakukan pengujian dan tidak membahas tentang biaya material [2].

- c. Pada penelitian oleh saudara Aa Rifqi Kamil Nur Syams pada tahun 2019 yang berjudul “Perancangan FTTH Menggunakan Teknologi Mini Olt Pada Msan Di Kawasan Margahayu Raya Design”. Hasil riset perancangan Mini OLT yang sudah terbuat sudah penuh standar kelayakan semacam nilai power link budget tidak melebihi batasan minimum- 25dB, rise time budget tidak melebihi batasan minimum 70% NRZ serta bit error rate tidak melebihi 10⁻⁹. Analisa perbandingan antara Mini OLT dengan FTTH ekstending menampilkan bahwa perancangan yang menggunakan teknologi Mini OLT lebih unggul pada parameter kelayakan *power link budget*, *rise time budget* dan *bit error rate*, dan tentunya unggul dalam BoQ. Sedangkan penelitian ini yaitu perancangan jaringan FTTH pada daerah perdesaan dengan menggunakan mini OLT dengan menggunakan parameter pengujian yaitu Power Link Budget, Rise time Budget dan Bit Error Rate namun penelitian ini menggunakan software optisystem untuk melakukan pengujian dan melakukan desain di GoogleEarth yaitu melakukan desain peletakan perangkat[3].
- d. Pada penelitian saudara Eko Cipto Hidayat pada tahun 2022 yang berjudul “Analisa Link Budget Perancangan Jaringan Fiber To The Home Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Networks Di Perumahan Citraland Tegal”. Pada penelitian ini melakukan perencanaan jaringan FTTH di perumahan Citraland Tegal yang terdiri dari 414 unit terbagi menjadi 18 blok menggunakan aplikasi *google earth* dan perhitungan link budget nya. Hasil penelitian ini di dapatkan Redaman dari perhitungan mulai dari OLT sampai dengan rumah pelanggan sudah sesuai standar yaitu 23 dB dibawah standar maksimal 28 dB dan *power receiver* yang didapatkan pelanggan berkisar -20 dBm dari standart maksimal -27 dBm. Perbedaaan penelitian ini dengan yang

sebelumnya yaitu melakukan simulasi menggunakan *Optisystem*. dan melakukan perhitungan *Rise Time Budget* dan lokasi yang dari penelitian sebelumnya di daerah perumahan sedangkan penelitian ini di daerah perdesaan yang belum terjamah oleh jaringan fiber optik[4].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Serat Optik

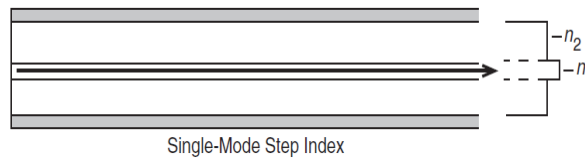
Serat optik ialah saluran transmisi maupun sejenis kabel yang dibuat dari cermin ataupun plastik yang sangat halus serta lebih kecil dari sehelai rambut, serta bisa digunakan buat mentransmisikan sinyal sinar dari sesuatu tempat ke tempat lain. Serat optik yang digunakan yaitu yang sesuai dengan standar G. 652. D yaitu digunakan untuk kabel distribusi yang menghubungkan dari ODC ke Pelanggan dan kabel G.652.D kabel serat optik dapat digunakan di daerah panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm, dan mendukung transmisi WDM (CWDM) kasar. Sedangkan standar G.657.A digunakan untuk kabel inti cabang dari ODP ke pelanggan. Serat optik standar G.657 digunakan untuk kabel *feeder* dan kabel distribusi. Kehilangan serat G.657 dan G.562.D $\leq 0,3$ dB/Km pada 1310 nm dan $\leq 0,3$ dB/Km pada 1490 nm[5].

A. Jenis – jenis kabel fiber optik

Fiber optik di bagi menjadi dua jenis berdasarkan pada mode transmisinya. jenis fiber optik yaitu :

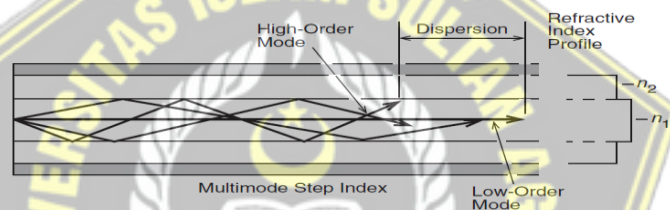
1. *Single Mode*

Serat optik memiliki diameter inti yang sangat kecil (sekitar 8,3 mikron), dan cahaya yang masuk tidak memantul dari dinding kelongsong. Inti serat optik mode tunggal terdiri dari kaca silika (SiO₂) dengan sedikit kaca Jerman (GeO₂) untuk meningkatkan indeks biasnya. Untuk meningkatkan performa kabel biasanya ukurannya sekitar 15 kali ukuran inti kabel (sekitar 125 mikron). Jenis kabel ini adalah yang paling mahal, tetapi memiliki sedikit redaman (kurang dari 0,35 dB per kilometer), memungkinkan kecepatan tinggi pada jarak yang jauh[6].

Gambar 2. 1 *Single Mode*[7]

2. Multi Mode

Kabel fiber optik multi mode adalah kabel yang dapat mentransmisikan banyak cahaya dalam waktu bersamaan karena memiliki ukuran inti besar yang memiliki diameter sekitar 62,5 mikrometer. Kabel jenis tersebut digunakan untuk keperluan komersial yang pada umumnya diakses banyak orang. Fiber optik ini mengirimkan sinar inframerah yang memiliki panjang 850-1300 nanometer[6].

Gambar 2. 2 *MultiMode*[7]

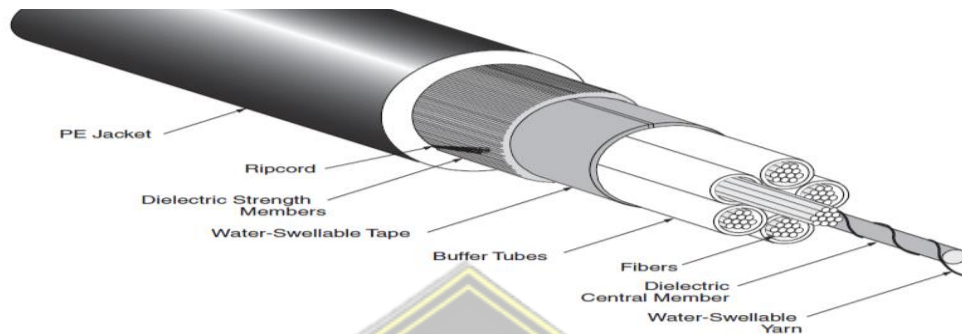
Perbedaan antara single mode dengan multi mode pada tabel 2.1 dibawah ini;

Tabel 2. 1 Perbedaan *single mode* dengan *multimode*

Spesifikasi	Single mode	Multi mode
Harga Fiber	Lebih murah	Mahal
Transmisi	Sedikit mahal karena menggunakan Laser Dioda	Standart dan murah karena menggunakan LED
Redaman	Rendah	Tinggi
Panjang gelombang	1260 nm -1640 nm	850 nm – 1300 nm
Aplikasi penggunaan	Koneksi yang digunakan lebih kompleks	Inti cukup besar dan mudah di aplikasikan
Jarak	Jaringan menengah dan panjang (>200 Km)	Jaringan lokal (< 2Km)
bandwidth	Kurang lebih 1Tb/s	Terbatas hingga 10Gb/s dan jarak terbilang pendek

B. Bagian – bagian pada kabel fiber optik

Fiber optik terdiri dari beberapa bagian memiliki fungsi yang berbeda - beda. Berikut gambar dibawah ini adalah beberapa bagian kabel fiber optik:



Gambar 2. 3 Kabel Fiber Optik[7]

a. Inti (*Core*)

Pada bagian ini memiliki fungsi yang penting yaitu bagian inti (*core*), gelombang cahaya akan melewati bagian inti (*core*) akan lebih mudah merambat dan memiliki indeks bias yang lebih tinggi dibandingkan lapisan kedua. Inti (*core*) terbuat dari bahan kaca (*glass*) yang berdiameter $2\ \mu\text{m} - 50\ \mu\text{m}$, bergantung pada ukuran inti serat optik serta ukuran diameter ini juga dapat mempengaruhi karakteristik serar optik juga.

b. Jaket (*Cladding*)

Cladding berfungsi sebagai cermin, melapisi cahaya untuk memungkinkan pergerakan ke ujung yang berdekatan. Dengan penambahan kelongsong ini, cahaya dapat menembus inti optik. *Cladding* terbuat dari bahan bangunan berbasis gel dengan indeks bias lebih kecil dari *core*. *Cladding* berfungsi sebagai lampiran inti. Diameter kelongsong berkisar antara $5\ \mu\text{m}$ hingga $250\ \mu\text{m}$. Hubungan index yang bias antara *core* dan *cladding* akan memperburuk perambatan cahaya pada *core* (mempengaruhi besarnya sudut kritis).

c. Mantel (*Coating*)

Coating adalah lapisan pelindung yang diterapkan pada permukaan optik yang terbuat dari plastik yang berfungsi untuk melindungi permukaan dari

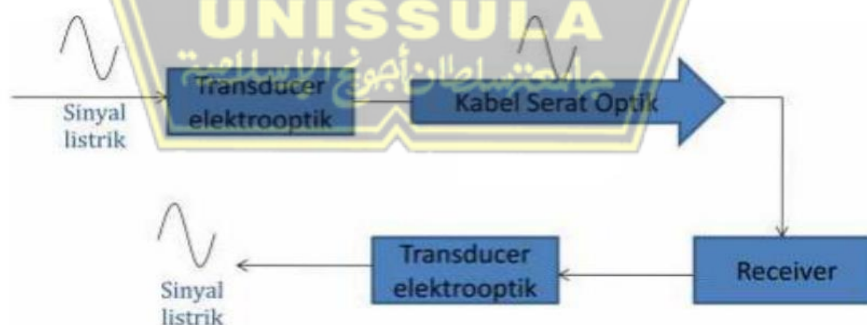
kerusakan. Pelapis juga dapat mengandung warna yang sesuai dengan warna inti. Secara internasional, warna ini sekarang digunakan sesuai dengan spesifikasi TIA/EIA-598, yang menggunakan 12 warna untuk menentukan warna inti kabel serat optik. Kedua belas warna itu biasanya disingkat dengan nama “BOHCAPMHKUPT” yaitu urutan untuk warna kabel fiber optik core, urutan warna core bersifat baku dari urutan: B= Biru, O= Oranye, H= Hijau, C= Coklat, A= Abu-Abu, P= Putih, M= Merah, H= Hitam, K= Kuning, U= Ungu, P= Pink, T= Tosca.

No Urut Loose Tube	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Warna	Biru	Oranye	Hijau	Coklat	Abu-abu	Putih	Merah	Hitam	Kuning	Ungu	Merah muda	Biru tosca

No Urut Loose Tube	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Warna	Biru	Oranye	Hijau	Coklat	Abu-abu	Putih	Merah	Hitam	Kuning	Ungu	Merah muda	Biru tosca	Warna Emas	Warna Perak

Gambar 2. 4 Persyaratan warna untuk fiber optik[8]

Berikut adalah gambaran dari prinsip kerja Serat optik



Gambar 2. 5 Prinsip kerja serat optik[9]

1. Sinyal awal atau source dengan bentuk listrik yang terdapat pada transmitter nantinya akan sampai pada transducer electropic (Dioda) untuk kemudian diubah dan diolah kembali menjadi gelombang cahaya.

2. Selanjutnya, setelah diubah menjadi gelombang cahaya, sinyal ini akan di transmisikan dengan menggunakan kabel serat optik dan dikirim ke receiver.
3. Setelah diterima, transducer optoelektronik akan mengubah sinyal optik ini menjadi sinyal listrik kembali.

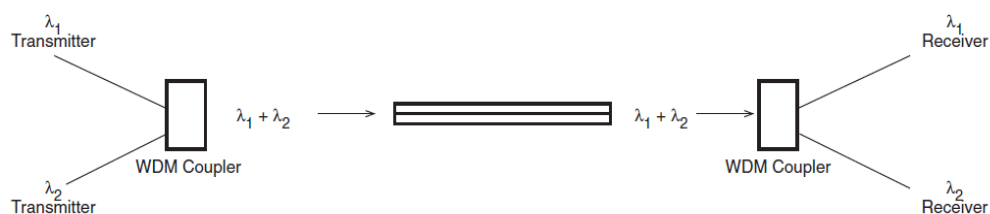
Ada dua cara agar kinerja serat optik dapat ditingkatkan yang menjadi dasar guna menganalisis kinerja sistem keseluruhan dengan melalui pengembangan sistem komunikasi serat optik tertentu. Redaman dan dispersi merupakan faktor utama dalam menghasilkan kualitas yang sesuai standar. Perhitungan redaman merupakan analisis anggaran daya yang berguna untuk mengoptimalkan daya dari penerima dengan meminimalkan redaman dari hilir ke hulu. Karena dispersi penting dalam analisis yang berguna untuk peningkatan anggaran waktu dan sangat membantu mencegah kerusakan sinyal akibat pulsa digital *bit-by-bit* yang terlalu cepat.

1. Nilai redaman harus serendah mungkin, karena bertujuan daya pengirim mampu sampai ke penerima (kemungkinan faktor cadangan daya telah diperhitungkan). Redaman pada kabel serat optik disebabkan oleh ;
 - a. Hamburan *Rayleigh* (*scater*) dan hamburan akibat fluktuasi konsentrasi serat optik. Hamburan *Rayleigh* (sesuai dengan nama penemunya) merupakan hamburan yang dominan menyebabkan redaman pada serat optik (75%).
 - b. *Absorption* atau penyerapan akibat ketidak sempurnaan proses pembuatan serat dan penyerapan ion hydrogen.
 - c. Titik-titik sambungan (*fusion* maupun *mechanical splice*, konektor, dan lain sebagainya) bending, saat penyambungan tidak sempurna pada core dan makro.
 - d. Bending yang disebabkan oleh kondisi tertentu di lapangan sehingga kabel optik mengalami tekukan melebihi batas yang telah ditetapkan.

2. Dispersi, pelebaran pulsa yang terjadi saat bekerja dengan material atau mode optik, mungkin hanya akan terjadi sesekali. Dispersi faktor dalam serat optik mode tunggal lebih rendah daripada mode multi. Beberapa faktor, seperti sistem komunikasi optik, dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja sistem komunikasi digital. Parameter tersebut antara lain BER (*Bit Error Rate*) dan SNR (*Signal to Noise Ratio*). SNR memberikan perbandingan sinyal terhadap noise atau gangguan, sedangkan BER menunjukkan jumlah kesalahan bit yang terjadi dalam satu hari. Dengan meningkatnya redaman, SNR dan daya penerimaan menurun, yang mengakibatkan kualitas yang memburuk dan BER yang meningkat[9].

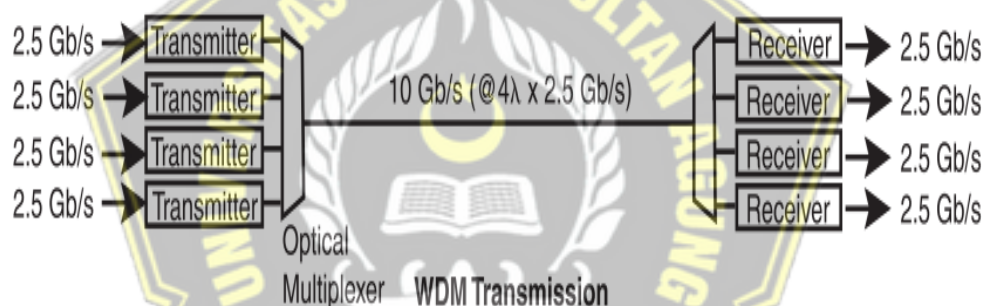
2.2.2 Wavelength Multiplexing

Wavelength-division multiplexing (WDM) adalah teknik multiplexing untuk menggabungkan sinyal optik. Di WDM, saluran transmisi serat optik yang tersedia digunakan bersama oleh sejumlah sumber cahaya yang berbeda. WDM secara konsep yaitu mirip dengan FDM. Keuntungan dari WDM adalah untuk memanfaatkan kapasitas penuh dari kabel serat optik dengan memungkinkan beberapa berkas cahaya pada frekuensi yang berbeda[10]. Pada gambar 2.1 yaitu blok diagram *Wavelength-division multiplexing*. contoh pada gambar 2.1 ada dua pemancar yang satu beroperasi pada 850 nm dan satu laginya pada 1310 nm, pada gambar tersebut mempresentasikan sinyal coupler WDM yang menggabungkan sinyal tersebut ke serat optik tunggal dan di ujung serat optik ada coupler lagi yang berfungsi untuk memisahkan sinyal yang sudah di coupler pengirim dan diterima kembali dalam bentuk 2 gelombang yaitu 850 nm dan 1310 di sisi penerima.



Gambar 2. 6 *Wavelength-division multiplexing*[10]

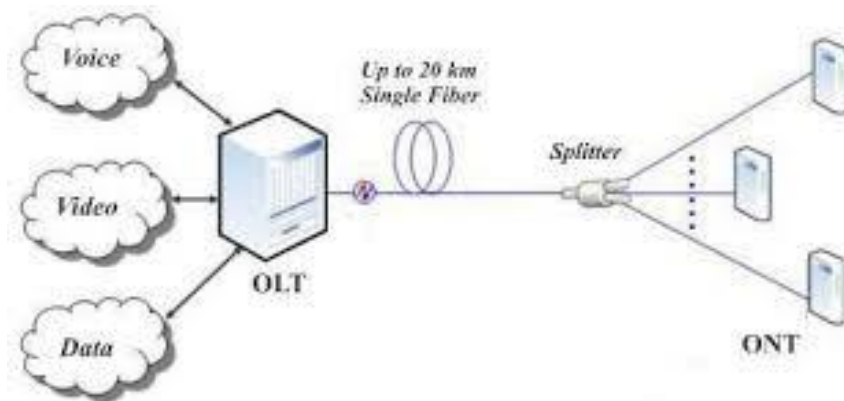
Dua pertimbangan penting dalam perangkat WDM adalah *crosstalk* dan pemisahan saluran. Keduanya menjadi perhatian terutama di ujung penerima atau demultiplexing sistem. *Crosstalk* atau *directivity* mengacu pada seberapa baik saluran *demultiplexed* dipisahkan. Setiap saluran harus muncul hanya pada port yang dituju dan tidak pada port output lainnya. WDM mampu menampung kapasitas pembawa informasi potensial dari serat optik untuk ditingkatkan secara signifikan. Dengan ibaratkan Sebuah serat dengan bandwidth 500 MHz/km yang digunakan dengan coupler WDM empat port dapat membawa sinyal 500-MHz pada saluran 755 nm, sinyal 500 MHz pada saluran 850 nm, dan sinyal 500 MHz pada saluran 1300 nm lalu menjadikan Kapasitas 500 MHz telah ditingkatkan menjadi 1500 MHz[7].



Gambar 2. 7 WDM Transmission[7]

2.2.3 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

GPON merupakan teknologi jaringan akses lokal serat optik berbasis PON yang distandarisasi oleh ITU-T (seri ITU-T G.984). GPON adalah teknologi akses berbasis kabel serat optik yang tergolong koneksi broadband. Di GPON, satu atau lebih antarmuka OLT terpusat ke jaringan serat optik terhubung ke beberapa antarmuka klien ONU ke jaringan serat optik menggunakan jaringan distribusi optik pasif (ODN) seperti splitter, filter dan perangkat optik pasif lainnya. GPON menyediakan kemampuan layanan dengan kecepatan 2.488 Gbps upstream dan 1.244 Gbps upstream[1]. Menggunakan teknik distribusi trafik yang dilakukan secara pasif dari sentral hingga ke arah pelanggan akan didistribusikan menggunakan *splitter* pasif dengan tipe 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32 dan 1:64.



Gambar 2. 8 Arsitektur GPON[11]

Prinsip Kerja dari GPON yaitu dapat mentransmisikan *ethernet*, *Time Division Multiplexing* (TDM). Pada GPON terdiri dari *Optical Line Terminals* (OLT, *Optical Arrange Unit* (ONT), dan *splitter*. Data atau sinyal yang dikirim dari OLT, diteruskan melalui *splitter*. *Splitter* memiliki peranan membagi gelombang pada serat optik tunggal dapat mengirim ke berbagai ONT. ONT memiliki peranan memberikan data-data dan sinyal yang diperlukan user. Prinsip PON atau *passive optical network* merupakan sistem satu poin ke berbagai poin.

A. Standard GPON

Pada sistem G-PON dengan standarisasi ITU-T G.984.2 yaitu 2.4 Gbit/dtk di Downstream, 1,2 Gbit/dtk di Upstream telah memberikan peningkatan visibilitas ke dalam kelayakan anggaran kerugian untuk sistem ini. Lampiran ini berisi praktik terbaik industri untuk kombinasi tarif ini. Variasi penting dari anggaran kerugian yang ditemukan di bagian lain dalam Rekomendasi ini meliputi:

- Anggaran kerugian keseluruhan di tengah-tengah antara kelas B dan kelas C.
- Nilai penalti jalur optik yang berbeda.
- OLT harus mendukung FEC di hilir.

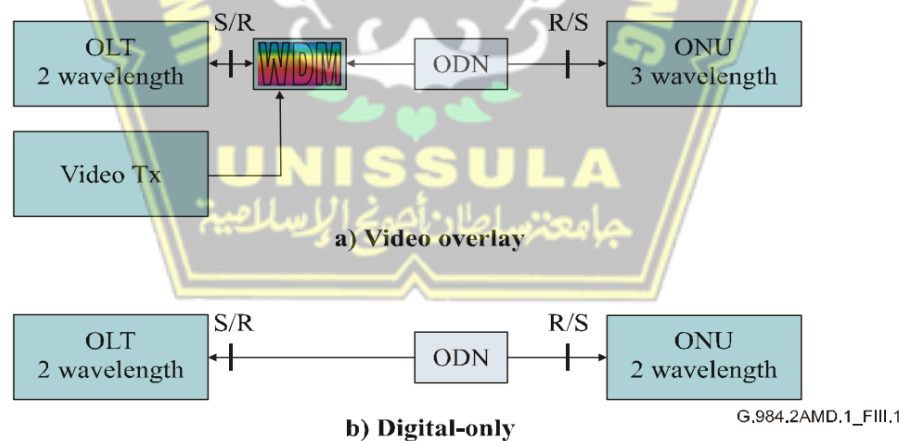
Variasi ini dapat memberikan peningkatan kemampuan untuk pengoperasian sistem G-PON. Oleh karena itu, anggaran yang terkandung dalam lampiran ini direkomendasikan di atas semua yang lain dalam Rekomendasi ini untuk PON

tingkat 2,4/1.2 Gbit/dtk[12]. Standarisasi untuk GPON sendiri mengacu pada ITU-T G.984 series yaitu ;

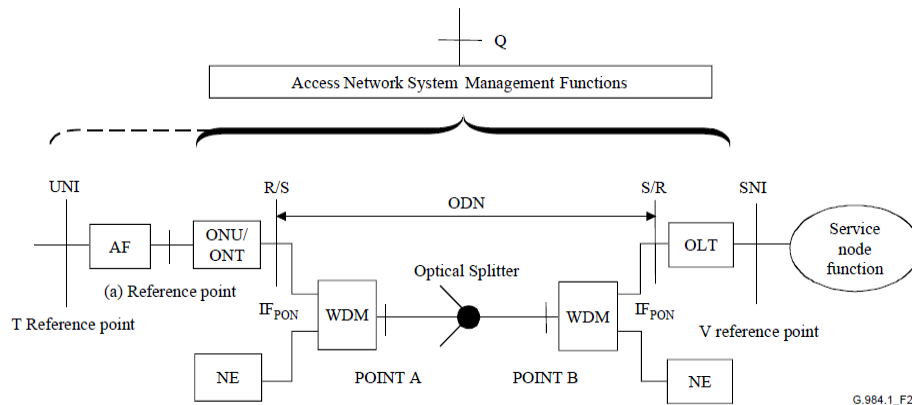
1. G.984.1: Jaringan optik pasif berkemampuan Gigabit (GPON): Karakteristik umum
2. G.984.2: Jaringan Optik Pasif Berkemampuan Gigabit (GPON): Spesifikasi lapisan Physical Media Dependent (PMD)
3. G.984.3: Sistem akses optik pita lebar dengan peningkatan kemampuan layanan dengan alokasi panjang gelombang.
4. G.984.4: Jaringan Optik Pasif berkemampuan Gigabit (GPON): spesifikasi antarmuka manajemen dan kontrol ONT.

B. Arsitektur GPON

Saat ini ada dua aplikasi utama untuk sistem G-PON. Yang pertama adalah sistem layanan lengkap dengan overlay video. Yang kedua adalah sistem digital saja tanpa overlay video[12]. Kedua aplikasi ini digambarkan pada Gambar dibawah ini.



Gambar 2. 9 Aplikasi GPON[12]



Gambar 2. 10 Arsitektur jaringan akses optik[12]

C. Spesifikasi optik pada GPON

Spesifikasi optik untuk optik OLT dan ONU diberikan pada Tabel 2.2. Tabel ini mengacu pada tingkat daya yang diukur pada titik antarmuka yang ditunjukkan pada gambar 2. Yaitu kedua jenis sistem a (Overlay Video) dan b (Hanya Digital). Secara khusus, semua filter WDM di luar peralatan OLT atau ONU dianggap sebagai bagian dari ODN.

Rekomendasi ini menghasilkan jaringan akses serat optik yang fleksibel agar mampu mendukung kebutuhan bandwidth pada layanan bisnis dan perumahan serta mencakup sistem dengan laju saluran kecepatan 1244,160 Mbit/dtk dan 2488,320 Mbit/dtk pada *Downstream* dan 155,520 Mbit/dtk, 622,080 Mbit /s, 1244.160 Mbit/s dan 2488.320 Mbit/s pada arah *upstream*. Sistem jaringan optik pasif (GPON) berkemampuan Gigabit dan asimetris (*upstream/downstream*). Rekomendasi tersebut memberikan solusi persyaratan dan spesifikasi lapisan fisik untuk lapisan *Physical Media Dependent* (PMD)[12].

2.2.4 FTTx (*Fiber To The x*)

Fiber To The X (FTTX) merupakan jaringan telekomunikasi dengan menggunakan jaringan serat optik dimana titik x nya terletak pada penentuan jarak pada menggunakan serat optik dengan user pengguna. Serat optik memiliki fungsi sebagai penghubung dari pusat menuju pengiriman informasi hingga titik x. FTTx digolongkan berdasarkan jarak *fiber end point* dengan pengguna, berikut merupakan jenis – jenis FTTx [13]:

A. FTTB (*Fiber To The Building*)

Susunan jaringan pada kabel serat optik dirancang untuk gedung bertingkat selanjutnya di distribusikan ke bagian ruangan dengan kabel pada Posisi titik Konversi.

B. FTTZ (*Fiber To The Zone*)

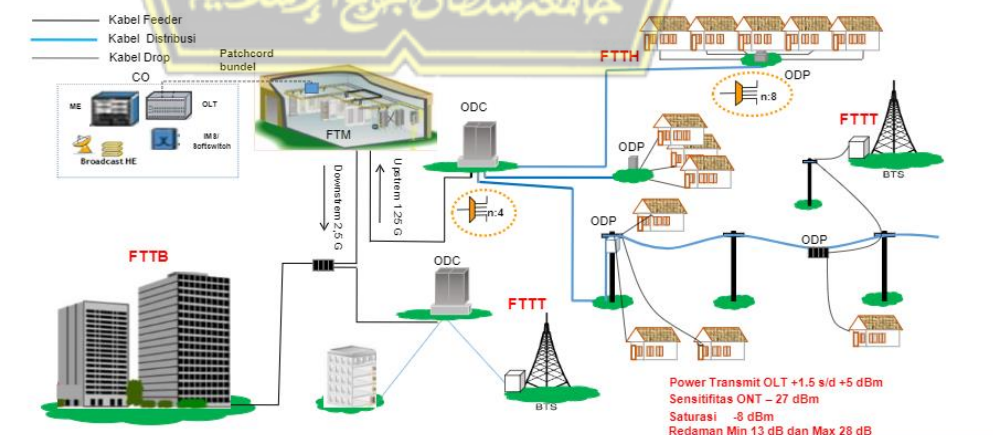
Pada FTTZ Letak Titik Konversi terletak di area bagian luar bangunan. Pada dasarnya seperti perangkat yang diletakkan di tepi jalan dihubungkan dengan menghubungkan kabel tembaga yang ukurannya kurang lebih 1 Km dari rumah–rumah atau perkantoran.

C. FTTC (*Fiber To The Curb*)

Pada FTTC, Titik Konversi Optik terletak diluar bangunan, dalam perangkat, atau diatas tiang. terminasi pelanggan disatukan pada titik konversi optik berdasarkan kabel tembaga dengan jarak berkisar 300 m.

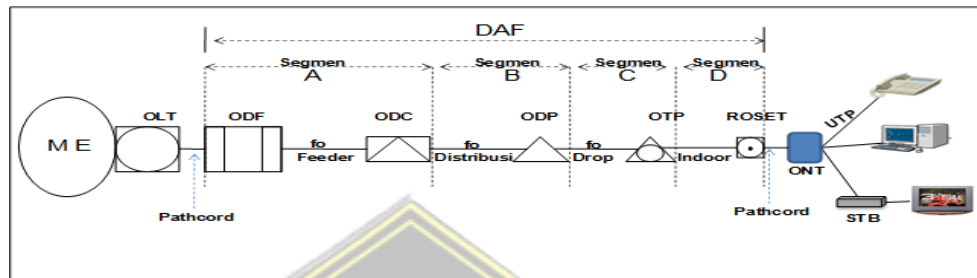
D. FTTH (*Fiber To The Home*)

Pada FTTH, Titik Konversi Optik terletak di dalam rumah pelanggan . arsitektur jaringan serat optik ini dihubungkan sampai ke rumah pengguna atau tempat yang diterminasikan pada kotak dinding yang terletak di depan rumah pengguna yaitu berbeda letak terminasinya.



Gambar 2. 11 Arsitektur dan Topologi FTTX[8]

Pada Penelitian ini penulis menangkat yaitu perencanaan jaringan fiber optik *Fiber To The Home* (FTTH) Merupakan jaringan akses atau jaringan yang menghubungkan pihak penyedia jaringan layanan ke pelanggan melalui kabel serat optik.



Gambar 2. 12 Arsitektur Jaringan FTTH[8]

Segmen A adalah catuan kabel Fiber Optik yang disebut dengan Kabel Feeder dari perangkat aktif OLT Menuju Ke Optical Distribution Frame (ODF) kemudian dari ODF menuju ke Optical Distribution Cabinet (ODC) yang menggunakan Kabel Feeder. Pada Segmen B adalah catuan daya distribusi dari ODC menuju ke Optical Distribution Point (ODP) yang menggunakan kabel yang disebut kabel distribusi. Segmen C adalah catuan kabel penanggal atau drop dari ODP menuju Optical Termination Premises (OTP) yang menggunakan kabel drop. Segmen D adalah catuan kabel rumah atau gedung dari OTP menuju ke-roset menggunakan kabel *indoor* kemudian menuju ONT.

2.2.4.1 Perangkat dalam Jaringan FTTH

A. OLT

Optical Line Termination (OLT) merupakan perangkat yang berfungsi sebagai *end-point* dari layanan jaringan GPON. OLT bertugas menyediakan layanan (service provider) telepon, video, dan data. Fungsi penting OLT yaitu melakukan konversi sinyal listrik dalam jaringan serat optik yang menggunakan jaringan GPON[14]. Tabel 2.2 menunjukkan spesifikasi perangkat OLT[12].

Tabel 2. 2 Spesifikasi OLT

Parameter	Spesifikasi	Unit
Optical Transmit Power	3	dBm
Downlink Wavelength	1490	nm
Uplink Wavelength	1310	nm
Video Wavelength	1550	nm
Spectrum Width	1	nm
Downstream Rate	2,4	Gbps
Upstream Rate	1,2	Gbps
Optical Rise Time	160	ps

B. ONT

Berdasarkan standar ITU-T G.984, *Optical Network Terminal* memiliki laju spesifikasi *downstream* sebesar 2,4 Gbps sedangkan untuk laju *upstream* sebesar 1,2 Gbps. Pada Tabel dibawah ini[12].

Tabel 2. 3 Spesifikasi ONT

Parameter	Spesifikasi	Unit
Downlink Wavelength	1490	nm
Uplink Wavelength	1310	nm
Video Wavelength	1550	nm
Spectrum Width	1	nm
Downstream Rate	2,4	Gbps
Upstream Rate	1,2	Gbps
Optical Rise Time	200	ps

C. Konektor

Konektor tipe SC yang digunakan pada perencanaan ini. Konektor SC digunakan pada bagian OLT hingga ONT sedangkan nilai redaman konektor tipe SC/UPC yaitu Sebesar 0,25 dB.

D. Sambungan

Sambungan digunakan dari OLT hingga ONT dengan menggunakan sambungan permanen juga di sebut sambungan Fusi atau *fusion*. Pada sambungan menghasilkan redaman sebesar 0,05 dB tergantung oleh kualitas hasil sambungan. sambungan terdapat pada kabel distribusi dan kabel drop.

E. Splitter

Splitter adalah komponen pasif memiliki fungsi memisahkan daya optik dari satu *input* ke beberapa *output* yang diperlukan. *Splitter* memiliki tipe SC/UPC. Untuk ODC menggunakan 1 : 4 dengan nilai redaman sebesar 7,28 dB sedangkan ODP menggunakan 1 : 8 dengan nilai redaman sebesar 10,3 db

2.3 Parameter Hasil Penelitian

2.3.1 Power Link Budget

Power Link Budget berfungsi sebagai perhitungan anggaran daya yang diperlukan penerima. Memungkinkan nilai daya terima tidak kurang dari sensitivitas minimum. Tujuan melakukan perhitungan *Power Link Budget* yaitu mengetahui bahwa komponen serta parameter desain yang dipilih mampu menghasilkan daya sinyal hingga di pelanggan sesuai dengan tuntutan persyaratan performansi yang sesuai. Dengan Persamaan berikut ini[7];

$$P_r = P_t - a_{total} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$a_{total} = (L \cdot a_{serat}) + (N_c \cdot a_c) + (N_s \cdot a_s) + a_{sp} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan Rumus :

- P_t = Daya Keluaran sumber optik (dBm)
- P_r = Sensitifitas daya maksimum detector (dBm)
- a_{total} = Redaman total sistem (dB)
- L = Panjang serat Optik (km)
- a_c = Redaman Konektor (dB/buah)
- a_s = Redaman Sambungan (dB/sambungan)
- a_{serat} = Redaman Serat Optik (dB/Km)
- N_s = Jumlah sambungan

- N_c = Jumlah Konektor
 a_{sp} = Redaman Splitter (dB)

Nilai $M > 0$, Margin Daya memiliki fungsi untuk mengetahui daya yang masih tersisa dari pengiri setelah dikurangi hasil redaman selama proses pentransmisian. Pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai standart sensitivitas penerima.

$$M = (P_t - P_r) - a_{total} - SM \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan rumus :

- P_t = Daya Keluaran sumber optik (dBm)
 P_r = Sensitifitas daya maksimum detector (dBm)
 a_{total} = Redaman total sistem (dB)
 SM = *Safety Margin*, 3 dB

2.3.2 Rise Time Budget

Rise Time Budget merupakan metode analisis untuk menentukan batas propagasi link pada serat optik dan sistem transmisi digital. Tujuan parameter ini yaitu sebagai metode analisis apakah kinerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan apakah telah memenuhi kapasitas saluran yang diinginkan. Sesuai standar total degradasi waktu transisi link digital tidak diperbolehkan melebihi 70 persen dari periode tidak-kembali-nol bit (NRZ) atau 35 persen dari periode kembali-nol bit (RZ). Standarisasi speksifikasi alat yang digunakan pada tabel 2.6 Di bawah ini[12].

Tabel 2. 4 Standarisasi spesifikasi alat yang digunakan[12]

Parameter	Nilai
Rise Time sumber optic	0,15 ns
Rise Time detector optic	0,2 ns
Koefisien dispersi	0,01310 ns/nm.Km
Lebar spectral	1 nm

Untuk menghitung RTB dapat dihitung dengan persamaan berikut[7];

$$t_{system} = (t_{tx}^2 - t_{material}^2 + t_{intermodal}^2)^{1/2} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan Rumus :

t_{tx}	= Rise Time Transmitter (ns)
t_{rx}	= Rise Time Receiver (ns)
$t_{intermodal}$	= 0 (single mode)
$t_{intermodal}$	= $t_{material} + t_{waveguide}$
$t_{material}$	= $\Delta\sigma \times L \times Dm$
$t_{waveguide}$	= $tw = \frac{L}{c} [n_2 + n_2 \times \Delta \times (\frac{vb}{dv})$
$\Delta\sigma$	= Lebar spektral (nm)
L	= Panjang serat optic (km)
Dm	= dispersi Material ($\frac{ps}{nm \times Km}$)
N_2	= Indeks bias selubung
c	= Kecepatan rambat cahaya ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)
v	= $\sqrt{\frac{2\pi \cdot a \cdot n_1}{\lambda}} \cdot (2\Delta s) \text{ m/s}$
a	= Jari-jari inti (m)
n_1	= Indeks bias inti
n_2	= Indeks bias terselubung

2.3.3 Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate adalah tingkat kesalahan bit yang terjadi ketika sinyal digital ditransmisikan. Sensitivitas adalah daya optik terendah dari sinyal yang masuk dengan rasio kesalahan bit yang diperlukan. Kebutuhan BER bervariasi dari aplikasi ke aplikasi, misalnya aplikasi komunikasi memerlukan nilai BER 10^{-10} atau lebih baik, di beberapa sistem telekomunikasi nilai BER 10^{-12} atau lebih baik. Standar BER pada sistem komunikasi serat optik kurang dari 10^{-9} . noise, interferensi, distorsi, sinkronisasi bit, redaman, multipath fading, dan sebagainya merupakan faktor faktor yang dapat mempengaruhi kualitas BER.

$$BER = \frac{NE}{NT} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan Rumus :

NE : Nilai error

NT : Total Bit yang di kirim

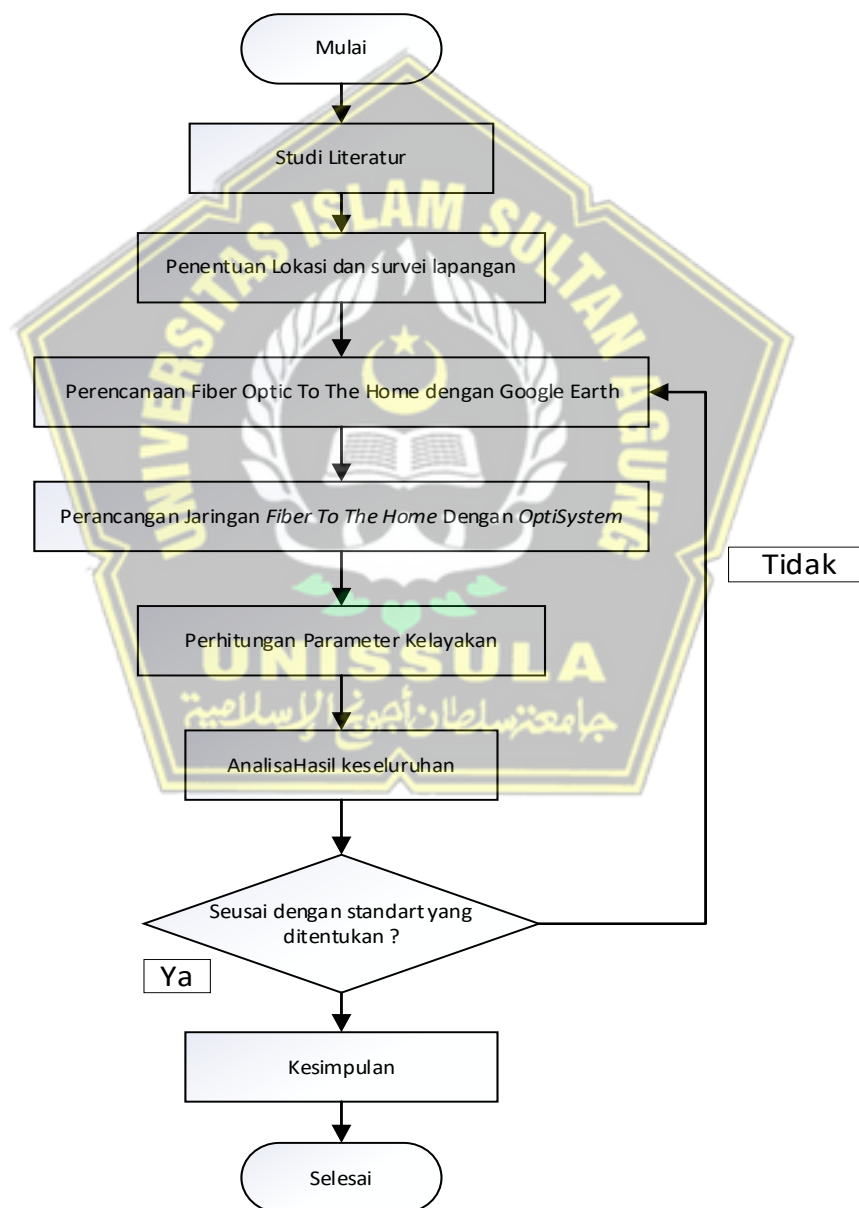
Pada jaringan komunikasi serat optik nilai BER harus sesuai standar yang ditetapkan yaitu tidak boleh lebih dari besar 1×10^{-10} ($BER \leq 1 \times 10^{-10}$), sedangkan untuk nilai Q-Factor harus lebih dari 6 ($Q \geq 6$)[15].



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian yang diterapkan adalah survei lokasi, simulasi dengan *software optisystem* dan perhitungan parameter kelayakan. Adapun alur penelitian ini yaitu pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1.1 Studi Literatur

ada tahap ini yaitu persiapan penelitian sama dengan penelitian sebelumnya untuk mengetahui bagaimana metode penelitian, pengambilan data dan pengolahan data serta, mengetahui spesifikasi alat yang akan digunakan pada penelitian ini.

3.1.2 Penentuan dan survei lokasi

Dilakukan survei untuk mengetahui lokasi STO dan Mini OLT serta ODC untuk menentukan lokasi yang direncanakan. Studi ini bertujuan untuk mengklarifikasi data yang ada dan mengidentifikasi letak perencanaan jalur kabel distribusi dan letak rencana pemasangan ODP.

3.1.3 Perencanaan jaringan FTTH dengan Menggunakan *Google Earth*

Pada tahap ini dilakukan penggambaran jalur kabel distribusi dan peletakan tiang serta peletakan ODP. *Google Earth* juga berguna untuk mengukur jarak atau Panjang kabel dari STO ke ODC, ODC ke ODP masing masing dan berguna untuk nilai dan parameter jarak untuk melakukan simulasi menggunakan *OptiSystem*.

3.1.4 Perencanaan Jaringan FTTH dengan *Software OptiSystem*

Pada tahap ini melakukan yaitu mendesain dan mensimulasikan jaringan fiber optik sebelum diimplementasikan secara real.

3.1.5 Perhitungan parameter Kelayakan

Pada tahap perhitungan parameter kelayakan jaringan yang telah direncanakan yaitu perhitungan *Power Link Budget* dan *Rise Time Budget*. menggunakan persamaan 2.1, 2.2, 2.3 dan 2.4. selanjutnya mengetahui hasil perhitungan tersebut akan dibandingkan dengan hasil simulasi *software optisystem*.

3.1.6 Analisa Hasil Keseluruhan

Pada tahap ini melakukan analisa keseluruhan dari semua perencanaan yang telah dibuat dengan menggunakan *Software Google Earth* dan *Optisystem*

membandingkan hasil perencanaan dengan standar dari PT. Telkom dan dilakukan juga analisa hasil perhitungan *Power Link Budget* dan *Rise Time Budget*.

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Analisa Lokasi Perencanaan jalur FTTH

Lokasi perencanaan ini terletak pada Desa Medani Kec. Tegowanu, Kab Grobogan. Pada Desa Medani ini terdapat Kantor Kepala Desa Medani, Tk Dharma Wanita Medani, Masjid dan SDN Medani serta Desa Medani terbagi menjadi 2 Rukun Warga dan 6 Rukun Tetangga. Pada penelitian ini dilakukan karena lokasi tersebut belum terjangkau oleh jaringan serat optik dan jarak lokasi dengan BTS pemancar sinyal provider terpaut jauh dari jangkauan. Oleh karena itu untuk layanan internet di daerah ini sangatlah terbatas dan sinyal yang didapat oleh ponsel maupun modem internet hanya kecil.



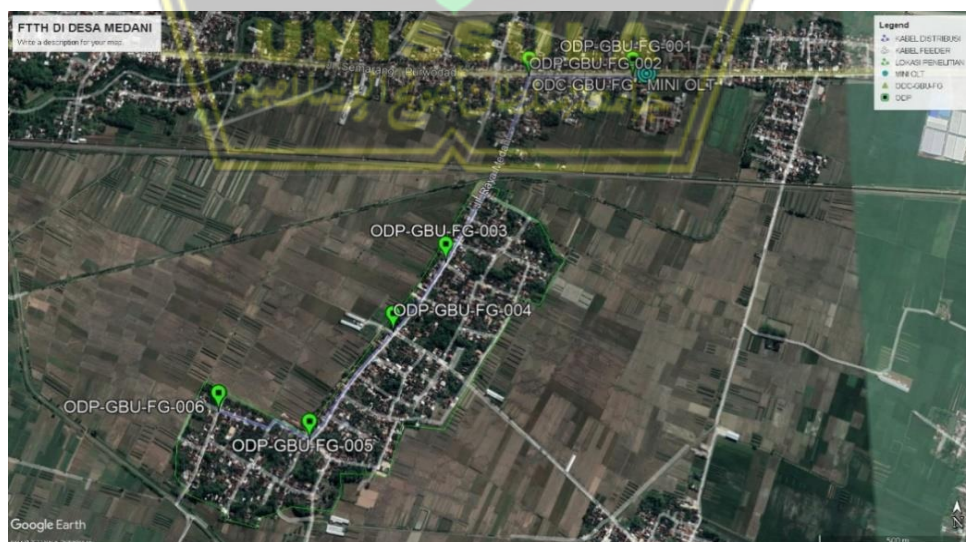
Gambar 3. 2 Lokasi Perencanaan jaringan FTTH

Pada *Google Earth* melakukan survei dengan menggunakan *streetview* dan mendesain jalur kabel serta peletakan tiang serta peletakan perangkat ODP pada gambar 3.3. *Google Earth* juga berguna untuk mengukur jarak atau Panjang kabel dari STO ke ODC, ODC ke ODP masing masing dan berguna untuk nilai dan parameter jarak untuk melakukan simulasi menggunakan *OptiSystem*.

OLT menuju ke ODC menggunakan 144 core kabel optik G.652 yang dibagi menjadi 1 ODC berdasarkan pada letak rumah pelanggan. ODC mempunyai 12 core fiber optik yang disebar menjadi 12 splitter 1:4. Kemudian dari ODC disebar ke ODP 1:8 dan diteruskan ke pelanggan dengan kabel optik G.657. pada perencanaan jaringan FTTH ini menggunakan 6 ODP yang terletak pada gambar 3.3 dan letak koordinatnya pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Letak Koordinat Perangkat jaringan FTTH

Nama Lokasi	Longitude	Latitude
STO Gubug	110°39'56.73"E	7° 3'9.50"S
ODC-GBU-FG	110°37'12.64"E	7° 3'2.83"S
Mini OLT	110°37'12.58"E	7° 3'2.82"S
ODP-GBU-FG-001	110°37'10.99"E	7° 3'2.93"S
ODP-GBU-FG-002	110°36'59.29"E	7° 3'2.88"S
ODP-GBU-FG-003	110°36'50.07"E	7° 3'24.34"S
ODP-GBU-FG-004	110°36'44.47"E	7° 3'32.01"S
ODP-GBU-FG-005	110°36'35.84"E	7° 3'43.56"S
ODP-GBU-FG-006	110°36'26.08"E	7° 3'40.56"S



Gambar 3. 3 Perancangan Letak ODC dan ODP pada *Google Earth*

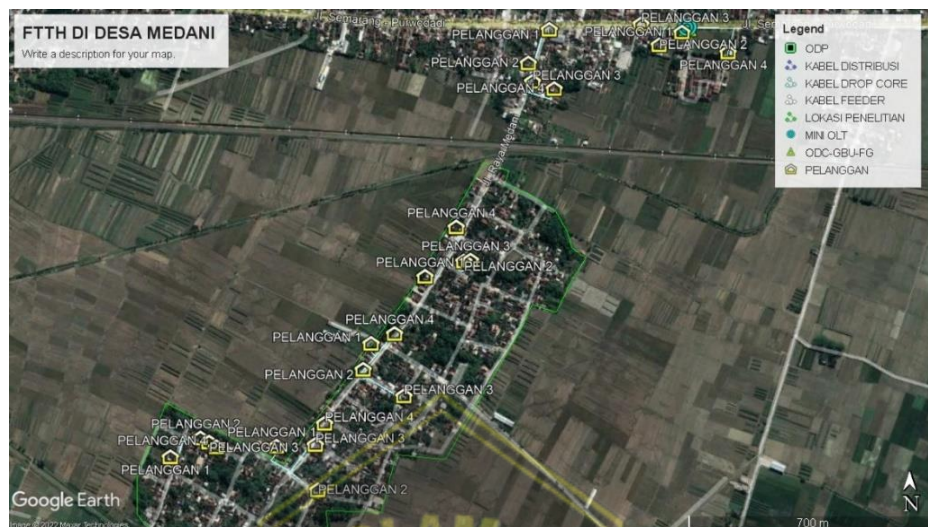
Selanjutnya melakukan perencanaan sampel data pelanggan jarak perangkat ODP ke Pelanggan yaitu pada pengambilan data ini pada setiap ODP mengambil 4 sample. Pada ODP slot yang digunakan yaitu 8 namun pada realisasinya digunakan 7 dikarenakan untuk 1 yaitu menjadi *spare* atau cadangan mengantisipasi jika dari ke 7 port yang digunakan mengalami gangguan bisa langsung dipindahkan ke spare slot. seperti gambar 3.4 dan jarak ODC ke ODP pada tabel 3.2

Tabel 3. 2 Jarak ODC ke ODP

1	Jarak ODC ke ODP (Kilometer)	0,052
2	ODP-GBU-FG-002	0,413
3	ODP-GBU-FG-003	1,134
4	ODP-GBU-FG-004	1,428
5	ODP-GBU-FG-005	1,870
6	ODP-GBU-FG-006	2,207

Tabel 3. 3 Jarak Dari ODP ke Sampel Pelanggan

ODP-GBU-FG-001		ODP-GBU-FG-004	
Pelanggan 1	88 m	Pelanggan 1	58,9 m
Pelanggan 2	88 m	Pelanggan 2	125 m
Pelanggan 3	90 m	Pelanggan 3	254 m
Pelanggan 4	282 m	Pelanggan 4	43,7 m
ODP-GBU-FG-002		ODP-GBU-FG-005	
Pelanggan 1	33,2 m	Pelanggan 1	86 m
Pelanggan 2	136 m	Pelanggan 2	110 m
Pelanggan 3	200 m	Pelanggan 3	108 m
Pelanggan 4	272 m	Pelanggan 4	162 m
ODP-GBU-FG-003		ODP-GBU-FG-006	
Pelanggan 1	95,4 m	Pelanggan 1	98,3 m
Pelanggan 2	63,9 m	Pelanggan 2	59,5 m
Pelanggan 3	82,5 m	Pelanggan 3	89,3 m
Pelanggan 4	81,3 m	Pelanggan 4	120 m

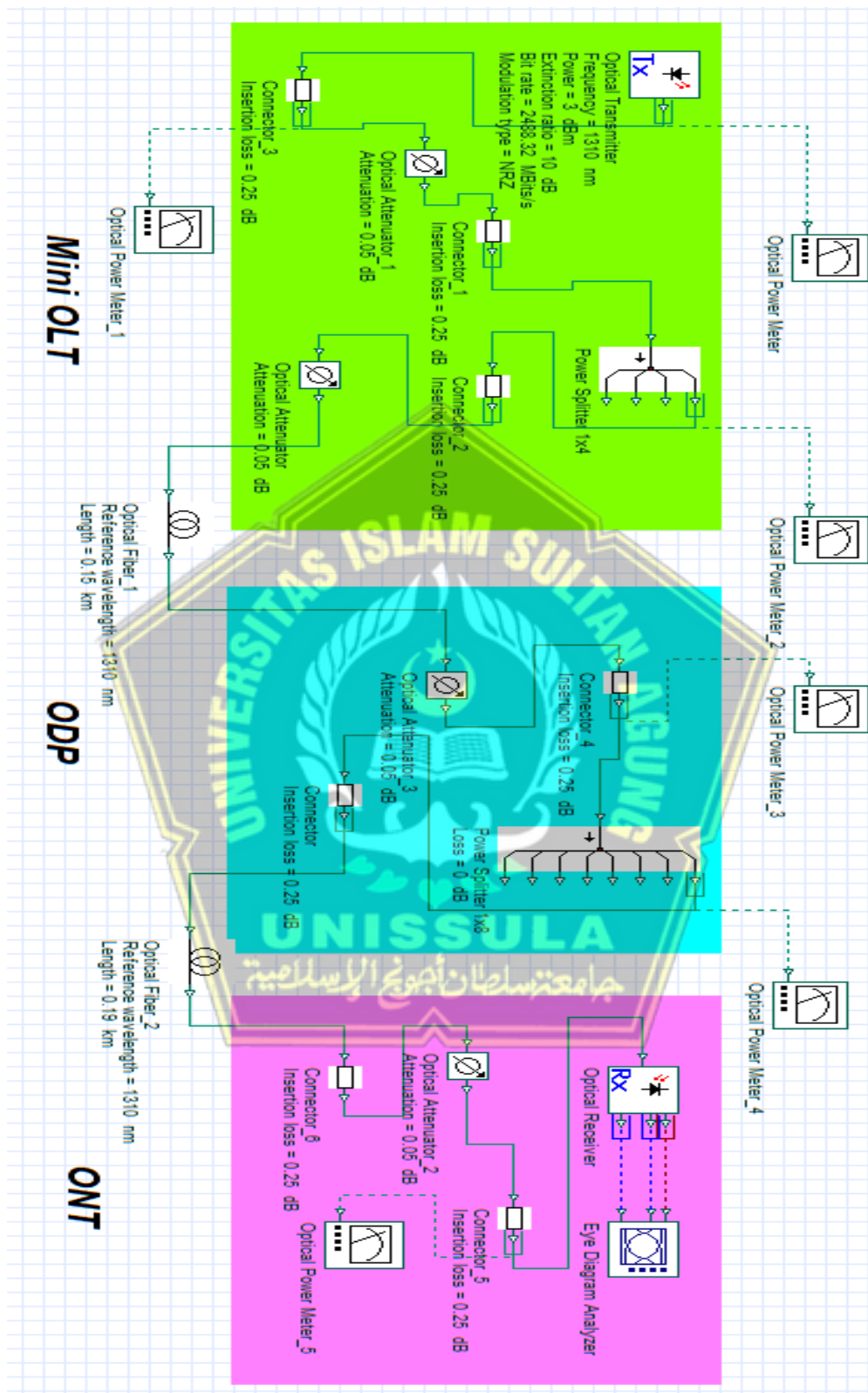


Gambar 3. 4 Perencanaan sampel pelanggan untuk setiap ODP

3.2.2 Simulasi Jaringan FTTH dengan menggunakan Software *OptiSystem*

Optisystem digunakan untuk mendesain dan jaringan fiber optik sebelum diimplementasikan secara real. Software *Optisystem* ini lebih mudah diperoleh sehingga semua orang dapat mensimulasikan dan menghitung loss pada perangkat optik tanpa mengeluarkan biaya yang tinggi, dan mendapatkan tingkat keakuratan perhitungan menggunakan software *Optisystem*. Dalam mendapatkan tingkat keakuratan ini memerlukan perbandingan nilai data real yang diperoleh melalui pengukuran. Setelah melakukan simulasi di lakukan dengan perhitungan dengan rumus *Power link budget*, *Rise Time Budget* dan *Bit Error rate*.

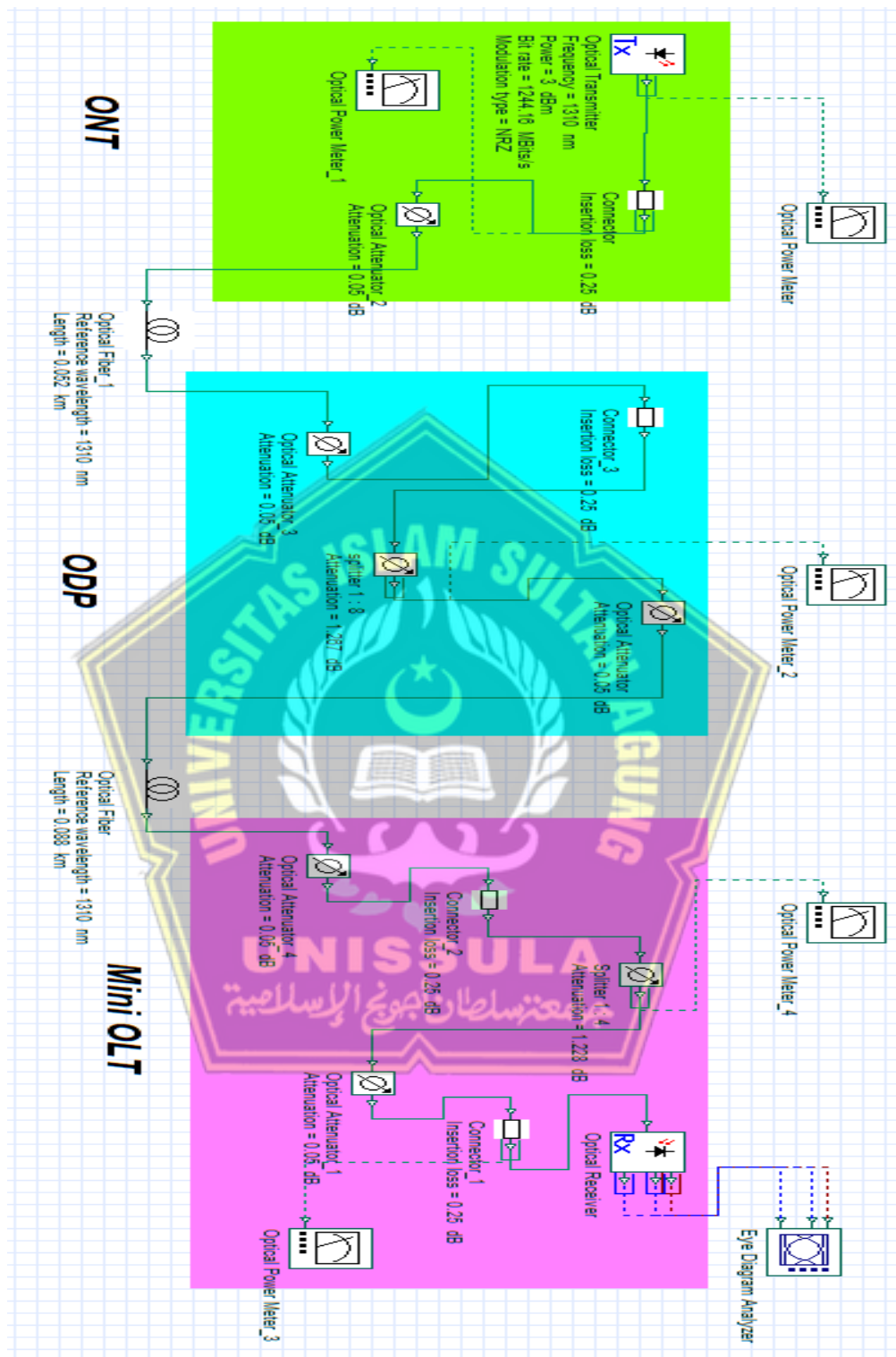
Simulasi dirancang dari titik pengirim hingga titik pelanggan terjauh dari setiap kabel distribusi yang terpasang serta merancang Simulasi sisi *Downstream* dan *Upstream*. Gambar 3.5 dan dengan Gambar 3.6 merupakan rancangan jaringan FTTH, simulasi dilakukan di *software optisystem*.



Gambar 3. 5 Konfigurasi *Downstream* jaringan FTTH dengan Mini OLT

Pada Gambar 3.5 merupakan Rangkaian jaringan FTTH Konfigurasi *Downstream*. Pada rangkaian tersebut di bagi menjadi 3 blok yang pertama *Optical Line Termination* (OLT) menggunakan modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) pada *Pseudo Random Binary Sequence* (PRBS) dengan Bit Rate yang digunakan 2,488 Gbps Untuk konfigurasi *Downstream* selanjutnya diteruskan ke blok *Non-Return To Zero* (NRZ) untuk memodulasi sinyal sesuai batas standar 70 %. Sinyal dari Blok *Non-Return To Zero* (NRZ) di modulasi pada modulator *Mach Zehnder* dengan Extration Ratio 8.2 dB sesuai standar ITU-T G.984.2 dan kemudian sinyal tersebut di tumpangkan kepada berkas cahaya yang di hasilkan oleh CW Laser dengan Frekuensi 1490 nm dan Power 3 dBm sebagai sinyal *Carrier*. Transmitter pada *Optical Line Termination* (OLT) menggunakan type *External Modulated Laser* (EML).

Dari *Optical Line Termination* (OLT) digunakan kabel patch core dengan ada sambungan yang memiliki redaman 0,5 dB dan konektor memiliki redaman 0,25 dB selanjutnya dihubungkan ke *Optical Distribusi Cabinet* (ODC) dengan Splitter 1:4 yang memiliki redaman sebesar 7,25 dB. Sebelum menuju blok 2 yaitu *Optical Distribusi Panel* (ODP) menggunakan kabel Distribusi G.652.D memiliki redaman 0.3 dB/Km. pada ODP terdapat splitter 1:8 memiliki redaman sebesar 10.3 dB setiap Portnya. Selanjutnya menuju ke blok ke 3 yaitu *Optical Network Terminal*. Dari ODP menuju ke ONT dihubungkan kabel *Dropcore* single core G.657.A memiliki redaman 0.3 dB/Km. pada blok 3 terdapat dua konektor dan satu sambungan yang memiliki redaman 0,25 dB untuk konektor sedangkan sambungan 0,5 dB. Komponen pendukung mengetahui redaman menggunakan *Optical Power Meter* (OPM). Dan mengetahui nilai *Bit Error Rate* menggunakan diagram *eye analyzer*.



Gambar 3. 6 Konfigurasi *Upstream* jaringan FTTH dengan Mini OLT

Pada Gambar 3.6 merupakan Rangkaian jaringan FTTH Konfigurasi *Upstream*. Perbedaannya terdapat pada redaman *splitter*. Kerugian *splitter* harus diubah menjadi bentuk *link loss* dikarenakan *splitter* tidak berbagi jalur untuk *upstream* 1:4 dan 1:8, namun langsung dari n ke n. Perhitungan dibawah ini merupakan perhitungan yaitu bertujuan untuk mengubah rugi-rugi daya pada *splitter downstream* menjadi *upstream*. Pada rangkaian tersebut di bagi menjadi 3 blok yang pertama *Optical Line Termination (OLT)* menggunakan modulasi *Binary Phase Shift Keying (BPSK)* pada *Pseudo Random Binary Sequence (PRBS)* dengan Bit Rate yang digunakan 1,244 Gbps Untuk konfigurasi *Upstream* selanjutnya diteruskan ke blok *Non-Return To Zero (NRZ)* untuk memodulasi sinyal sesuai batas standar 70 %. Sinyal dari Blok *Non-Return To Zero (NRZ)* di modulasi pada modulator *Mach Zehnder* dengan Extration Ratio 8.2 dB sesuai standar ITU-T G.984.2 dan kemudian sinyal tersebut di tumpangkan kepada berkas cahaya yang di hasilkan oleh CW Laser dengan Frekuensi 1310 nm dan Power 3 dBm sebagai sinyal *Carrier*. Transmitter pada *Optical Line Termination (OLT)* menggunakan type *External Modulated Laser (EML)*.

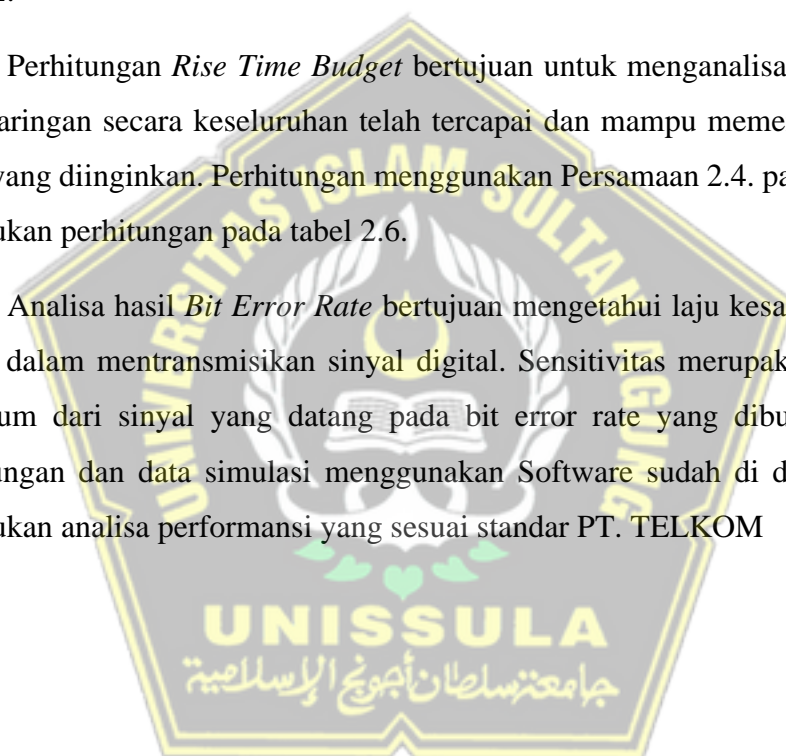
Dari *Optical Line Termination (OLT)* Selanjutnya digunakan kabel patch core dengan ada sambungan yang memiliki redaman 0,5 dB dan konektor memiliki redaman 0,25 dB selanjutnya dihubungkan ke *Optical Distribusi Panel (ODP)* redaman Splitter 1:8 pada konfigurasi *Upstream* yaitu memiliki redaman sebesar 1,228 dB. menggunakan kabel Distribusi G.652.D memiliki redaman 0.3 dB/Km Sebelum menuju blok 2 yaitu *Optical Distribusi Cabinet (ODC)* . pada ODP terdapat splitter 1:8 memiliki redaman sebesar 1,267 dB. Selanjutnya menuju ke blok ke 3 yaitu Optical Network Terminal. Dari ODP menuju ke ONT dihubungkan kabel Dropcore single core G.657.A memiliki redaman 0.3 dB/Km. pada blok 3 terdapat dua konektor dan satu sambungan yang memiliki redaman 0,25 dB untuk konektor sedangkan sambungan 0,5 dB. Komponen pendukung mengetahui redaman menggunakan Optical Power Meter (OPM). Dan mengetahui nilai Bit Error Rate menggunakan diagram eye analyzer.

3.2.3 Perhitungan Untuk Analisa Performansi Jaringan FTTH

Perhitungan *Power Link Budget* tujuan menghitung anggaran daya yang diperlukan *receiver* sehingga level daya terima tidak kurang dari sensitivitas minimum. Perhitungan Total Tujuan melakukan perhitungan *Power Link Budget* yaitu untuk menentukan apakah komponen dan parameter desain yang dipilih dapat menghasilkan daya sinyal hingga di pelanggan sesuai dengan tuntutan persyaratan performansi yang sesuai. Perhitungan tersebut menggunakan Persamaan pada 2.1 dan 2.2.

Perhitungan *Rise Time Budget* bertujuan untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Perhitungan menggunakan Persamaan 2.4. paramater untuk melakukan perhitungan pada tabel 2.6.

Analisa hasil *Bit Error Rate* bertujuan mengetahui laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Sensitivitas merupakan daya optik minimum dari sinyal yang datang pada bit error rate yang dibutuhkan.. Data perhitungan dan data simulasi menggunakan Software sudah di dapatkan maka melakukan analisa performansi yang sesuai standar PT. TELKOM



BAB IV

DATA DAN ANALISA

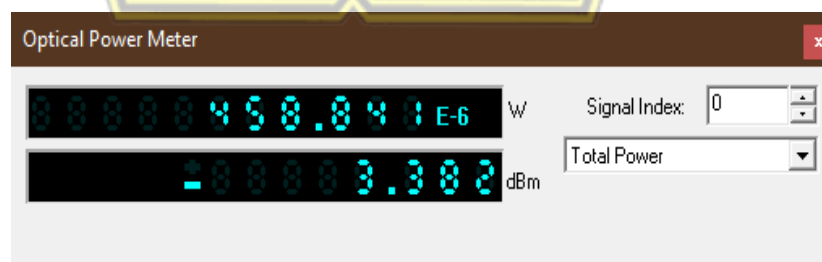
2.2 Hasil Simulasi Perencanaan Jaringan FTTH Dengan *Software OptiSystem*

Pada *Software Optisystem* digunakan untuk membuat desain perencanaan jaringan FTTH dan melakukan simulasi dan mengambil data hasil simulasi yaitu nilai daya yang diterima ONT dan *bit error rate*.

Simulasi ini dilakukan yaitu dari titik pengirim yaitu OLT sampai ke titik pelanggan yaitu ONT dari Setiap kabel distribusi yang terpasang. simulasi ini dilakukan yaitu dari sisi *Downstream* dan *Upstream*. Gambar 4.1 dan gambar 4.2 merupakan hasil simulasi yang dilakukan.



Gambar 4.1 Hasil OPM konfigurasi *Downstream* pada distribusi 1 pelanggan 1



Gambar 4.2 Hasil OPM konfigurasi *Upstream* pada distribusi 1 pelanggan 1

Di bawah ini merupakan hasil simulasi pada tabel 4.1 mengambil hasil simulasi yaitu *power received* dan BER pada simulasi konfigurasi *downstream* dan *upstream*

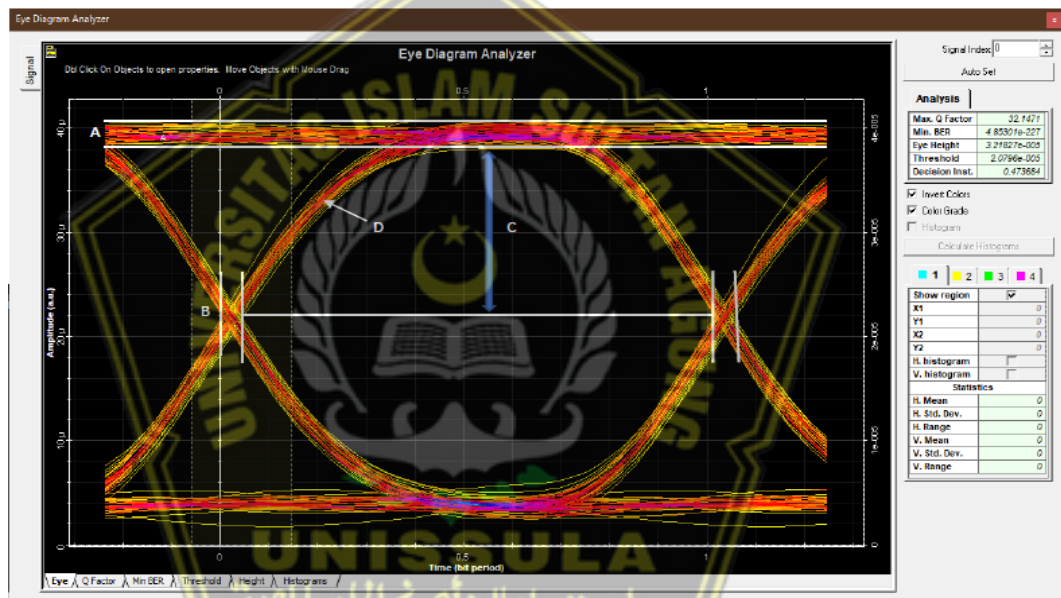
Tabel 4. 1 Hasil simulasi menggunakan *Software OptiSystem*

Distribusi		Downstream		Upstream	
ODP	Pelanggan	Power Received ($< - 21$ dBm)	BER ($< 10^{-10}$)	Power Received ($< - 24$ dBm)	BER
ODP-GBU-FG-001	pelanggan 1	-16,64	$4,85e^{-227}$	-3,382	0
	pelanggan 2	-16,64	$4,85e^{-227}$	-3,382	0
	pelanggan 3	-16,64	$2,24e^{-172}$	-3,384	0
	pelanggan 4	-16,69	$3,38e^{-192}$	-3,442	0
ODP-GBU-FG-002	pelanggan 1	-16,731	$2,71e^{-187}$	-3,475	0
	pelanggan 2	-16,763	$8,17e^{-180}$	-3,505	0
	pelanggan 3	-16,782	$2,09e^{-148}$	-3,525	0
	pelanggan 4	-16,803	$1,40e^{-146}$	-3,547	0
ODP-GBU-FG-003	pelanggan 1	-16,967	$8,98e^{-168}$	-3,710	0
	pelanggan 2	-16,957	$2,25e^{-192}$	-3,700	0
	pelanggan 3	-16,963	$1,96e^{-171}$	-3,706	0
	pelanggan 4	-16,962	$3,67e^{-154}$	-3,706	0
ODP-GBU-FG-004	pelanggan 1	-17,043	$2,83e^{-135}$	-3,787	0
	pelanggan 2	-17,063	$6,76e^{-145}$	-3,807	0
	pelanggan 3	-17,101	$2,77e^{-137}$	-3,846	0
	pelanggan 4	-17,038	$2,32e^{-134}$	-3,782	0
ODP-GBU-FG-005	pelanggan 1	-17,185	$1,33e^{-131}$	-3,392	0
	pelanggan 2	-17,192	$1,83e^{-123}$	-3,906	0
	pelanggan 3	-17,191	$1,31e^{-135}$	-3,935	0
	pelanggan 4	-17,207	$2,63e^{-128}$	-3,950	0
ODP-GBU-FG-006	pelanggan 1	-17,289	$1,32e^{-132}$	-4,033	0
	pelanggan 2	-17,277	$1,00e^{-177}$	-4,021	0
	pelanggan 3	-17,287	$8,73e^{-117}$	-4,030	0
	pelanggan 4	-17,296	$6,12e^{-157}$	-4,039	0

Pada Tabel 4.1 merupakan hasil simulasi menggunakan *Software Optisystem* untuk nilai *Power received* telah memenuhi standar ITU-T G.984 yaitu $- 21$ dBm untuk downstream dan -24 dBm untuk nilai dari *Bit Error Rate* nilai yang dihasilkan sangat bagus dan memenuhi standart ITU-T G.984 yaitu 10^{-10} .

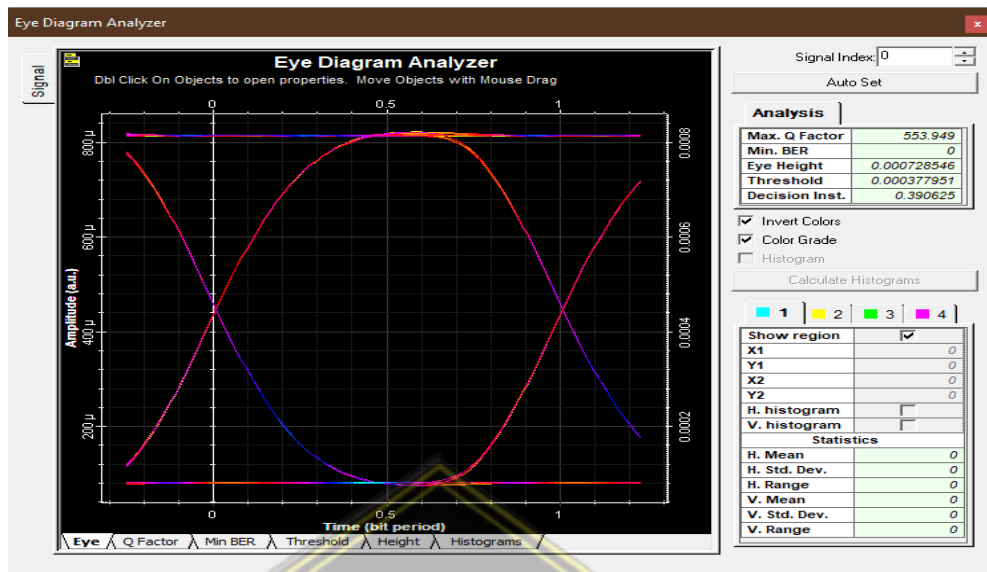
2.3 Analisa BER (*Bit Error Rate*)

Nilai BER menunjukkan perbandingan antara nilai daya terima lebih besar atau sama dengan nilai sensitivitas. nilai BER yang harus dipenuhi adalah tidak boleh lebih dari besar 1×10^{-10} ($BER \leq 1 \times 10^{-10}$) sedangkan untuk nilai Q-Factor harus lebih dari 6 ($Q \geq 6$). Hasil Gambar 4.3 dan 4.4 yaitu hasil gambar *Eye Diagram analyzer* pada Software *Optisystem* untuk konfigurasi *Downstream* dan *Upstream*. Hasil dari simulasi menunjukan bahwa nilai BER dan Q factor memenuhi syarat untuk jaringan FTTH dan bagus.



Gambar 4. 3 *Eye Diagram Analyzer* konfigurasi *downstream* distribusi 1 pelanggan 1

Pada Gambar 4.3 merupakan hasil dari simulasi konfigurasi jaringan FTTH pada *eye diagram analyzer* di hasilkan nilai *Bit Error rate* yaitu $4,85e^{-227}$ nilai tersebut ideal sekali dan layak diterapkan. Titik A merupakan jumlah distorsi pada. Titik B merupakan lebar ukuran Jitter dan variasi waktu persilangan nol. Untuk titik C merupakan rasio signal-to-noise pada titik sampling sedangkan pada titik D merupakan kemiringan menunjukan sensitivitas terhadap kesalahan waktu dan jika semakin kecil ukuran maka semakin bagus. Dan semakin *eye diagram* Terbuka maka semakin bagus nilai SNR nya.



Gambar 4. 4 *Eye Diagram Analyzer* konfigurasi *Upstream* distribusi 1 pelanggan 1

Pada Gambar 4.3 merupakan hasil dari dari simulasi konfigurasi *Upstream* jaringan FTTH pada *eye diagram analyzer* di hasilkan nilai *Bit Error rate* yaitu 0 dikarenakan untuk konfigurasi *Upstream* tidak ada pembagian pada splitter. Perbedaannya terdapat pada redaman *splitter*. Kerugian *splitter* harus diubah menjadi bentuk *link loss* dikarenakan *splitter* tidak berbagi jalur untuk *upstream* 1:4 dan 1:8, namun langsung dari n ke n. Pada hasil yang di dapat pada simulasi dikatakan layak.

Tabel 4. 2 Hasil BER *downstream* dan Q faktor pada simulasi

Distribusi	Pelanggan	BER (5e-10)	Q Factor (1-6)
	Pelanggan 2	4,85e ⁻²²⁷	32,1471
	Pelanggan 3	2,24e ⁻¹⁷²	27,9637
	Pelanggan 4	3,38e ⁻¹⁹²	29,7816
2	Pelanggan 1	2,71e ⁻¹⁸⁷	29,1648
	Pelanggan 2	8,17e ⁻¹⁸⁰	28,569
	Pelanggan 3	2,09e ⁻¹⁴⁸	25,9178
	Pelanggan 4	1,40e ⁻¹⁴⁶	25,7553
3	Pelanggan 1	8,98e ⁻¹⁶⁸	27,5826
	Pelanggan 2	2,25e ⁻¹⁹²	29,5628
	Pelanggan 3	1,96e ⁻¹⁷¹	27,8861
	Pelanggan 4	3,67e ⁻¹⁵⁴	26,6833
4	Pelanggan 1	2,83e ⁻¹³⁵	24,7256
	Pelanggan 2	6,76e ⁻¹⁴⁵	25,6047
	Pelanggan 3	2,77e ⁻¹³⁷	24,9118
	Pelanggan 4	2,32e ⁻¹³⁴	24,6406
5	Pelanggan 1	1,33e ⁻¹³¹	24,3816
	Pelanggan 2	1,83e ⁻¹²³	23,6013
	Pelanggan 3	1,31e ⁻¹³⁵	24,7567
	Pelanggan 4	2,63e ⁻¹²⁸	24,0687
6	Pelanggan 1	1,32e ⁻¹³²	24,4762
	Pelanggan 2	1,00e ⁻¹⁷⁷	28,4002
	Pelanggan 3	8,73e ⁻¹¹⁷	22,9426
	Pelanggan 4	6,12e ⁻¹⁵⁷	26,6642

Pada Tabel 4.2 merupakan hasil *Bit Error Rate* pada konfigurasi jaringan FTTH pada simulasi Software Optisystem. nilai yang dihasilkan merupakan nilainya sangat bagus atau ideal dikarenakan jarak transmisi jaringan terbilang tidak terpaut jauh dan redaman yang dihasilkan terbilang bagus. penyebab yang mempengaruhi nilai *Bit Error Rate* tidak bagus karena ada pengaruh pada saluran transmisi yaitu Noise, Interferensi, distorsi, sinkronisasi bit, Redaman, dan lain lain.

2.4 Analisa Hasil Perhitungan *Power Link Budget* dan *Rise Time Budget*

2.4.4 Perhitungan *Power Link Budget*

Perhitungan *power link budget* dilakukan semua distribusi. Namun perhitungan ini mengambil sampel perhitungan *power link budget* pada distribusi 1. Perhitungan *power link budget* dilakukan pada sisi *downstream* dan *upstream*.

2.4.4.1 *Power Link Budget downstream*

Perhitungan *power link budget* yaitu untuk menganalisa jalur dari sisi OLT hingga rumah pelanggan. Untuk mendapatkan nilai daya yang diterima oleh ONT yaitu terlebih dahulu melakukan perhitungan redaman total pada sisi *Downstream*.

Distribusi 1

Tabel 4. 3 Parameter Perhitungan *Power Link Budget Downstream* Distribusi 1

Parameter	Keterangan
Pt	3 dBm
Panjang Serat Optik G.652.D	52 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 1)	88 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 2)	88 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 3)	90 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 4)	282 m
Jumlah konektor	7 buah
Jumlah Sambungan	4 buah
Redaman Sambungan	0,05 dBm
Redaman Konektor jenis SC/UPC	0,25 dBm
Redaman Splitter 1:4	7,25 dBm
Redaman Splitter 1:8	10,3 dBm
Redaman G.652.D	0,3 dBm/km
Redaman G.657.A2	0,3 dBm/km

Pelanggan 1

$$\begin{aligned}
 a_{total} &= (L \cdot a_{serat}) + (N_c \cdot a_c) + (N_s \cdot a_s) + (a_{sp}) \\
 &= (0,052 \times 0,3) + (0,08 \times 0,3) + (7 \times 0,25) + (4 \times 0,05) + (7,25) + (10,3) \\
 &= 19,539 \text{ dBm} \\
 P_r &= P_t - a_{total} \\
 &= 3 - 19,539 \\
 &= - 16.539 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= (P_t - P_r) - a_{total} - SM \\
 &= (3 + 21) - 19,539 - 3 \\
 &= 1,461 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Pelanggan 2

$$\begin{aligned}
 a_{total} &= (L \cdot a_{serat}) + (N_c \cdot a_c) + (N_s \cdot a_s) + (a_{sp}) \\
 &= (0,052 \times 0,3) + (0,08 \times 0,3) + (7 \times 0,25) + (4 \times 0,05) + (7,25) + (10,3) \\
 &= 19,539 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_t - a_{total} \\
 &= 3 - 19,539 \\
 &= -16,539 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= (P_t - P_r) - a_{total} - SM \\
 &= (3 + 21) - 19,539 - 3 \\
 &= 1,461 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Pelanggan 3

$$\begin{aligned}
 a_{total} &= (L \cdot a_{serat}) + (N_c \cdot a_c) + (N_s \cdot a_s) + (a_{sp}) \\
 &= (0,052 \times 0,3) + (0,09 \times 0,3) + (7 \times 0,25) + (4 \times 0,05) + (7,25) + (10,3) \\
 &= 19,542 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_t - a_{total} \\
 &= 3 - 19,542 \\
 &= -16,542 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= (P_t - P_r) - a_{total} - SM \\
 &= (3 + 21) - 19,542 - 3 \\
 &= 1,458 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Pelanggan 4

$$\begin{aligned}
 a_{total} &= (L \cdot a_{serat}) + (N_c \cdot a_c) + (N_s \cdot a_s) + (a_{sp}) \\
 &= (0,052 \times 0,3) + (0,282 \times 0,3) + (7 \times 0,25) + (4 \times 0,05) + (7,25) + (10,3) \\
 &= 19,600 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_t - a_{total} \\
 &= 3 - 19,600 \\
 &= -16,600 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= (P_t - P_r) - a_{total} - SM \\
 &= (3 + 21) - 19,600 - 3 \\
 &= 1,4 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai dari redaman total jalur dari sentral hingga pelanggan menggunakan Persamaan 2.1, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai daya yang diterima ONT dengan menggunakan persamaan 2.2. untuk mengetahui apakah daya yang sampai tidak melebihi batas minimal dari daya

yang dapat diterima ONT, maka dilakukan perhitungan Margin daya dengan menggunakan persamaan 2.3.

Dari hasil perhitungan pada distribusi 1 di ketahui bahwa daya yang diterima oleh ONT tidak melebihi standart yaitu -21 dBm yang telah ditetapkan dan nilai Margin daya lebih besar dari 0 (nol).

Tabel 4. 4 Hasil perhitungan *power link budget downstream*

Distribusi	Pelanggan	Prx (dBm)	Prx (-21 dBm)	M
1	Pelanggan 1	19,539	-16,539	1,461
	Pelanggan 2	19,539	-16,539	1,461
	Pelanggan 3	19,542	-16,542	1,458
	Pelanggan 4	19,600	-16,600	1,4
2	Pelanggan 1	19,663	-16,663	1,367
	Pelanggan 2	19,644	-16,644	1,336
	Pelanggan 3	19,683	-16,683	1,317
	Pelanggan 4	19,705	-16,705	1,295
3	Pelanggan 1	19,868	-16,686	1,132
	Pelanggan 2	19,859	-16,859	1,141
	Pelanggan 3	19,864	-16,864	1,136
	Pelanggan 4	19,864	-16,864	1,136
4	Pelanggan 1	19,964	-16,964	1,054
	Pelanggan 2	19,965	-16,965	1,035
	Pelanggan 3	20,004	-17,004	0,996
	Pelanggan 4	19,641	-16,941	1,059
5	Pelanggan 1	20,086	-17,086	0,914
	Pelanggan 2	20,094	-17,094	0,906
	Pelanggan 3	20,093	-17,093	0,907
	Pelanggan 4	20,109	-17,109	0,891
6	Pelanggan 1	20,191	-17,191	0,809
	Pelanggan 2	20,179	-17,179	0,821
	Pelanggan 3	20,188	-17,188	0,812
	Pelanggan 4	20,198	-17,198	0,802

Pada tabel 4.4 merupakan hasil perhitungan *Power Link Budget Downstream* mendapatkan hasil yang sesuai standart yaitu -21 dBm. Penyebab Redaman link tersebut menjadi bertambah besar, hal ini menunjukkan adanya penurunan kualitas link. Secara fisik, hal ini disebabkan dari kabel atau dari penyambungan, misalnya

redaman konektor yang semakin besar, kepekaan optik yang semakin melemah, dan daya keluaran pengirim yang semakin menurun dan kualitas kabel optik yang banyak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya dan pengaruh dari jarak link tersebut.

4.3.1.2 Power Link Budget Upstream

Power link budget upstream yaitu memiliki tujuan untuk analisis jalur dari sisi pelanggan terjauh ke sisi sentral atau OLT sedangkan untuk mengetahui nilai daya yang diterima oleh OLT, terlebih dahulu melakukan perhitungan redaman total *upstream*. Pada perhitungan redaman untuk *upstream* berbeda dengan perhitungan pada *downstream*.

Perbedaannya terdapat pada redaman *splitter*. Kerugian *splitter* harus diubah menjadi bentuk *link loss* dikarenakan *splitter* tidak berbagi jalur untuk *upstream* 1:4 dan 1:8, namun langsung dari n ke n. Perhitungan dibawah ini merupakan perhitungan yaitu bertujuan untuk mengubah rugi-rugi daya pada *splitter downstream* menjadi *upstream* sebagai berikut:

Langkah pertama yaitu mengubah redaman splitter 1:4 dB

$$\text{Splitter 1 : 4} = 7,25 \text{ dB}$$

$$10 \log x = 7,25$$

$$\log x = \frac{7,25}{10}$$

$$\log x = 0,725$$

$$x = 10^{0,725}$$

$$x = 5,308 \text{ mW}$$

Nilai x yaitu 5,308 mW akan dibagi dengan jumlah port pada keluaran splitter yaitu 4, selanjutnya disimpan oleh variabel z

$$x = 5,308$$

$$\frac{x}{4} = \frac{5,308}{4}$$

$$z = 1,327 \text{ mW}$$

selanjutnya didapatkan nilai Z yaitu 1,327 mW dari perhitungan di atas, dirubah menjadi dB.

$$z = 1,327$$

$$10 \log z = 1,228 \text{ dBm}$$

Selanjutnya melakukan hal yang sama dengan perhitungan splitter 1 : 4 sedangkan untuk perhitungan ini untuk splitter 1 : 8

$$\text{Splitter 1 : 4} = 10,3 \text{ dB}$$

$$10 \log x = 10,3$$

$$\log x = \frac{10,3}{10}$$

$$\log x = 1,03$$

$$x = 10^{1,03}$$

$$x = 10,715 \text{ mW}$$

Nilai x yaitu 10,715 mW akan dibagi dengan jumlah port pada keluaran splitter yaitu 4, selanjutnya disimpan oleh variabel z.

$$x = 10,715$$

$$\frac{x}{4} = \frac{10,715}{4}$$

$$z = 1,339 \text{ mW}$$

selanjutnya didapatkan nilai Z yaitu 1,339 mW dari perhitungan di atas, dirubah menjadi dB.

$$z = 1,339$$

$$10 \log z = 1,267 \text{ dBm}$$

Pada persamaan diatas merupakan persamaan merubah redaman spliter 1:4 dan 1:8 menjadi *Link loss*. Perhitungan diatas hasil diketahui nilai redaman *Upstream* yaitu *splitter* 1 : 4 yaitu 1,228 dBm dan *splitter* 1 : 8 yaitu 1,267 dBm. Dan selanjutnya melakukan perhitungan *power link budget* dengan menggunakan persamaan 2.1, 2.2 dan 2.3.

Distribusi 1

Tabel 4.5 Parameter perhitungan *Power Link Budget Upstream* distribusi 1

Parameter	Keterangan
Pt	3 dBm
Panjang Serat Optik G.652.D	52 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 1)	88 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 2)	88 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 3)	90 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 4)	282 m
Jumlah konektor	4 buah
Jumlah Sambungan	5 buah
Redaman Sambungan	0,05 dBm
Redaman Konektor jenis SC/UPC	0,25 dBm
Redaman Splitter 1:4	1,228 dBm
Redaman Splitter 1:8	1,267 dBm
Redaman G.652.D	0,3 dBm/km
Redaman G.657.A2	0,3 dBm/km
Safety Margin	3 dB

Pelanggan 1

$$\begin{aligned}
 a_{total} &= (L \cdot a_{serat}) + (N_c \cdot a_c) + (N_s \cdot a_s) + (a_{sp}) \\
 &= (0,052 \times 0,3) + (0,08 \times 0,3) + (4 \times 0,25) + (5 \times 0,05) + (1,228) + (1,267) \\
 &= 3,784 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_t - a_{total} \\
 &= 0,404 - 3,784 \\
 &= -3,38 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= (P_t - P_r) - a_{total} - SM \\
 &= (0,404 + 24) - 3,784 - 3 \\
 &= 17,260 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Pelanggan 2

$$\begin{aligned}
 a_{total} &= (L \cdot a_{serat}) + (N_c \cdot a_c) + (N_s \cdot a_s) + (a_{sp}) \\
 &= (0,052 \times 0,3) + (0,08 \times 0,3) + (4 \times 0,25) + (5 \times 0,05) + (1,228) + (1,267) \\
 &= 3,784 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_t - a_{total} \\
 &= 0,404 - 3,784 \\
 &= -3,38 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= (P_t - P_r) - a_{total} - SM \\
 &= (0,404 + 24) - 3,784 - 3 \\
 &= 17,260 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Pelanggan 3

$$\begin{aligned}
 a_{total} &= (L \cdot a_{serat}) + (N_c \cdot a_c) + (N_s \cdot a_s) + (a_{sp}) \\
 &= (0,052 \times 0,3) + (0,09 \times 0,3) + (4 \times 0,25) + (5 \times 0,05) + (1,228) + (1,267) \\
 &= 3,787 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_t - a_{total} \\
 &= 0,404 - 3,787 \\
 &= -3,383 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= (P_t - P_r) - a_{total} - SM \\
 &= (0,404 + 24) - 3,787 - 3 \\
 &= 17,617 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Pelanggan 4

$$\begin{aligned}
 a_{total} &= (L \cdot a_{serat}) + (N_c \cdot a_c) + (N_s \cdot a_s) + (a_{sp}) \\
 &= (0,052 \times 0,3) + (0,282 \times 0,3) + (4 \times 0,25) + (5 \times 0,05) + (1,228) + (1,267) \\
 &= 3,845 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_t - a_{total} \\
 &= 0,404 - 3,845 \\
 &= -3,441 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= (P_t - P_r) - a_{total} - SM \\
 &= (0,404 + 24) - 3,845 - 3 \\
 &= 17,559 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai dari redaman total jalur dari pelanggan terjauh hingga sentral menggunakan persamaan 2.1, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai daya yang diterima OLT dengan persamaan 2.2 untuk mengetahui apakah daya yang sampai tidak melebihi batas minimal dari daya yang dapat diterima OLT, maka dilakukan perhitungan Margin daya dengan menggunakan persamaan 2.3

Dari hasil perhitungan pada distribusi 1 di ketahui bahwa daya yang diterima oleh ONT tidak melebihi standart yaitu -24 dBm yang telah ditetapkan dan nilai Margin daya lebih besar dari 0 (nol).

Tabel 4. 6 Hasil perhitungan *power link budget upstream*

	Pelanggan 1	3,784	-3,380	17,404
	Pelanggan 2	3,784	-3,380	17,620
	Pelanggan 3	3,787	-3,383	17,617
	Pelanggan 4	3,845	-3,441	17,559
2	Pelanggan 1	3,878	-3,474	17,526
	Pelanggan 2	3,909	-3,505	17,495
	Pelanggan 3	3,928	-3,524	17,476
	Pelanggan 4	3,950	-3,546	17,454
3	Pelanggan 1	4,113	-3,709	17,291
	Pelanggan 2	4,104	-3,700	17,300
	Pelanggan 3	4,109	-3,705	17,295
	Pelanggan 4	4,109	-3,705	17,295
4	Pelanggan 1	4,191	-3,787	17,213
	Pelanggan 2	4,210	-3,806	17,194
	Pelanggan 3	4,249	-3,845	17,155
	Pelanggan 4	4,186	-3,782	17,218
5	Pelanggan 1	4,331	-3,927	17,073
	Pelanggan 2	4,339	-3,935	17,063
	Pelanggan 3	4,338	-3,934	17,066
	Pelanggan 4	4,354	-3,946	17,050
6	Pelanggan 1	4,436	-4,032	16,968
	Pelanggan 2	4,424	-4,020	16,980
	Pelanggan 3	4,433	-4,029	16,971
	Pelanggan 4	4,443	-4,039	16,961

Pada tabel 4.5 merupakan hasil perhitungan *Power Link Budget Upstream* mendapatkan hasil yang sesuai standart yaitu -24 dBm. Pada hasil perhitungan didapatkan nilai redaman yang berbeda dengan konfigurasi *Downstream* karena Perbedaannya terdapat pada redaman *splitter*. Kerugian *splitter* harus diubah menjadi bentuk *link loss* dikarenakan *splitter* tidak berbagi jalur untuk *upstream* 1:4 dan 1:8, namun langsung dari n ke n. Penyebab Redaman link tersebut menjadi bertambah besar, hal ini menunjukkan adanya penurunan kualitas link. Secara fisik, hal ini disebabkan dari kabel atau dari penyambungan, misalnya redaman konektor yang semakin besar, kepekaan optik yang semakin melemah, dan daya keluaran

pengirim yang semakin menurun dan kualitas kabel optik yang banyak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya dan pengaruh dari jarak link tersebut.

4.3.2 Perhitungan *Rise Time Budget*

Metode menganalisa sebuah jaringan yang selanjutnya adalah *rise time budget*. *rise time budget* yaitu metode untuk menentukan batasan dispersi yang terdapat pada suatu link serat optik. perhitunngan *rise time budget* bertujuan untuk mengetahui apakah link yang telah dirancang sudah memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan.

4.3.2.1 Perhitungan *Rise Time Budget Downstream*

Perhitungan dibawah ini guna mengetahui batasan nilai NRZ untuk link *downstream*, dilakukan perhitungan sebagai berikut. Diketahui:

$$Tr = \frac{70\%}{Br}$$

$$Tr = \frac{70\%}{2,4 \times 10^{-9}}$$

$$Tr = \frac{0,7}{2,4} \times 10^{-9}$$

$$Tr = 0,2814 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

$$Tr = 0,2814 \text{ ns}$$

Selanjutnya mealakukan perhitungan untuk mencari nilai *rise time* material dan dilanjutkan untuk perhitungan total *rise time budget*. Dibawah ini merupakan perhitungan distribusi 1 dengan parameter pada tabel dan rumus atas sebagai berikut.

Distribusi 1

Tabel 4.7 Parameter perhitungan *Rise Time Budget Downstream* distribusi 1

Parameter	Keterangan
Panjang Serat Optik G.652.D	52 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 1)	88 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 2)	88 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 3)	90 m
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 4)	282 m

Parameter	Keterangan
<i>Dispersion material G.652.D @1310~1550</i>	3,2 ~ 18 ps/(nm.km)
<i>Dispersion material G.657 @1310~1550</i>	3,2 ~ 18 ps/(nm.km)
Lebar Spectral	1 nm
Rise Time sumber optik	0,15 ns
Rise Time detektor optik	0,25 ns

Pelanggan 1

Perhitungan t_{material} ;

$$t_{\text{material}} = D \times L \times \sigma$$

$$t_{\text{material}} = (18 \cdot 10^{-3}) \times (0,052 + 0,08) \times 1$$

$$t_{\text{material}} = 23,78 \times 10^{-4} \text{ ns}$$

setelah didapatkan nilai t_{material} , tahap selanjutnya melakukan perhitungan

untuk mengetahui nilai *rise time budget*.

$$t_{\text{total}} = \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{mat}}^2 + t_{\text{mod}}^2 + t_{\text{Rx}}^2}$$

$$t_{\text{total}} = \sqrt{0,15^2 + 0,002378^2 + 0^2 + 0,2^2}$$

$$t_{\text{total}} = 0,25 \text{ ns}$$

Pelanggan 2

Perhitungan t_{material} ;

$$t_{\text{material}} = D \times L \times \sigma$$

$$t_{\text{material}} = (18 \cdot 10^{-3}) \times (0,052 + 0,08) \times 1$$

$$t_{\text{material}} = 23,78 \times 10^{-4} \text{ ns}$$

setelah didapatkan nilai t_{material} , tahap selanjutnya melakukan perhitungan

untuk mengetahui nilai *rise time budget*.

$$t_{\text{total}} = \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{mat}}^2 + t_{\text{mod}}^2 + t_{\text{Rx}}^2}$$

$$t_{\text{total}} = \sqrt{0,15^2 + 0,002378^2 + 0^2 + 0,2^2}$$

$$t_{\text{total}} = 0,25 \text{ ns}$$

Pelanggan 3

Perhitungan t_{material} ;

$$t_{\text{material}} = D \times L \times \sigma$$

$$t_{\text{material}} = (18 \cdot 10^{-3}) \times (0,052 + 0,09) \times 11$$

$$t_{\text{material}} = 25,56 \times 10^{-4} \text{ ns}$$

setelah didapatkan nilai t_{material} , tahap selanjutnya melakukan perhitungan

untuk mengetahui nilai *rise time budget*.

$$t_{\text{total}} = \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{mat}}^2 + t_{\text{mod}}^2 + t_{\text{Rx}}^2}$$

$$t_{total} = \sqrt{0,15^2 + 0,002556^2 + 0^2 + 0,2^2}$$

$$t_{total} = 0,25 \text{ ns}$$

Pelanggan 4

Perhitungan $t_{material}$;

$$t_{material} = D \times L \times \sigma$$

$$t_{material} = (18 \cdot 10^{-3}) \times (0,052 + 0,282) \times 1$$

$$t_{material} = 59,76 \times 10^{-4} \text{ ns}$$

setelah didapatkan nilai $t_{material}$, tahap selanjutnya melakukan perhitungan untuk mengetahui nilai *rise time budget*.

$$t_{total} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{Rx}^2}$$

$$t_{total} = \sqrt{0,15^2 + 0,005976^2 + 0^2 + 0,2^2}$$

$$t_{total} = 0,25 \text{ ns}$$

Perhitungan yang sama seperti perhitungan atas yaitu perhitungan *rise time material* dan *rise time budget* setiap distribusi dengan sampel 4 pelanggan sehingga. Dapat diketahui hasil nilai *Rise time budget* dari distribusi 1 hingga distribusi 6 adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan $t_{material}$ dan t_{system} *Downstream*

Distribusi	Pelanggan	$t_{material}$	t_{system}
1	Pelanggan 1	$23,78 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
	Pelanggan 2	$23,78 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
	Pelanggan 3	$25,56 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
	Pelanggan 4	$59,76 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
2	Pelanggan 1	$80,28 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
	Pelanggan 2	$98,82 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
	Pelanggan 3	$103 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
	Pelanggan 4	$123,3 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
3	Pelanggan 1	$221,2 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
	Pelanggan 2	$215,6 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
	Pelanggan 3	$218,9 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
	Pelanggan 4	$218,7 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,25 \text{ ns}$
4	Pelanggan 1	$267,6 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,251 \text{ ns}$
	Pelanggan 2	$279,5 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,251 \text{ ns}$
	Pelanggan 3	$302,7 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,251 \text{ ns}$
	Pelanggan 4	$264,9 \times 10^{-4} \text{ ns}$	$0,251 \text{ ns}$
Distribusi	Pelanggan	$t_{material}$	$t_{system} < 0,2814 \text{ ns}$

5	Pelanggan 1	352×10^{-4} ns	0,252 ns
	Pelanggan 2	$356,4 \times 10^{-4}$ ns	0,251 ns
	Pelanggan 3	356×10^{-4} ns	0,252 ns
	Pelanggan 4	$365,7 \times 10^{-4}$ ns	0,252 ns
6	Pelanggan 1	352×10^{-4} ns	0,253 ns
	Pelanggan 2	$356,4 \times 10^{-4}$ ns	0,253 ns
	Pelanggan 3	356×10^{-4} ns	0,253 ns
	Pelanggan 4	$365,7 \times 10^{-4}$ ns	0,253 ns

Hasil Perhitungan *Rise Time Budget* konfigurasi *downstream* dapat dilakukan menggunakan rumus persamaan 2.4 dan Parameter yang diperlukan untuk melakukan perhitungan *Rise Time Budget* dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan hasilnya pada Tabel 4.8. kelayakan sistem untuk *Rise Time Budget*, pengkodean NRZ dapat dilakukan dengan $t_{system} < 70\%$. Maka pengkodean NRZ 2,4 Gbps ini diperoleh sebesar 0,2814 ns untuk konfigurasi *downstream*.

4.3.2.2 Perhitungan *Rise Time Budget Upstream*

Perhitungan dibawah ini guna mengetahui batasan nilai NRZ untuk link downstream, dilakukan perhitungan sebagai berikut. Diketahui:

$$Tr = \frac{70\%}{Br}$$

$$Tr = \frac{70\%}{1,2 \times 10^{-9}}$$

$$Tr = \frac{0,7}{1,2} \times 10^{-9}$$

$$Tr = 0,5833 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

$$Tr = 0,5833 \text{ ns}$$

Selanjutnya melakukan perhitungan untuk mencari nilai *rise time* material dan dilanjutkan untuk perhitungan total *rise time budget*. Dibawah ini merupakan perhitungan distribusi 1 dengan parameter pada tabel dan rumus sebagai berikut ;

Distribusi 1

Tabel 4. 9 Parameter perhitungan *Rise Time Budget Upstream* Distribusi 1

Parameter	Keterangan
Panjang Serat Optik G.652.D	0,052 km
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 1)	0,08 Km
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 2)	0,08 Km
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 3)	0,09 Km
Panjang Serat Optik G.657.A2 (pelanggan 4)	0,282 Km
Dispersi material G.652.D @ 1310~1550	3,2 ~ 18 ps/(nm.km)
Dispersi material G.657 @ 1310~1550	3,2 ~ 18 ps/(nm.km)
Lebar Spectral	1 nm
Rise Time sumber optik	0,15 ns
Rise Time detektor optik	0,25 ns

Pelanggan 1

Perhitungan t_{material} ;

$$t_{\text{material}} = D \times L \times \sigma$$

$$t_{\text{material}} = (3,2 \cdot 10^{-3}) \times (0,052 + 0,08) \times 1$$

$$t_{\text{material}} = 4,224 \times 10^{-4} \text{ ns}$$

setelah didapatkan nilai t_{material} , tahap selanjutnya melakukan perhitungan untuk mengetahui nilai rise time budget.

$$t_{\text{total}} = \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{mat}}^2 + t_{\text{mod}}^2 + t_{\text{Rx}}^2}$$

$$t_{\text{total}} = \sqrt{0,15^2 + 0,0004224^2 + 0^2 + 0,2^2}$$

$$t_{\text{total}} = 0,250 \text{ ns}$$

Pelanggan 2

Perhitungan t_{material} ;

$$t_{\text{material}} = D \times L \times \sigma$$

$$t_{\text{material}} = (3,2 \cdot 10^{-3}) \times (0,052 + 0,08) \times 1$$

$$t_{\text{material}} = 4,224 \times 10^{-4} \text{ ns}$$

setelah didapatkan nilai t_{material} , tahap selanjutnya melakukan perhitungan untuk mengetahui nilai rise time budget.

$$t_{\text{total}} = \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{mat}}^2 + t_{\text{mod}}^2 + t_{\text{Rx}}^2}$$

$$t_{\text{total}} = \sqrt{0,15^2 + 0,0004224^2 + 0^2 + 0,2^2}$$

$$t_{\text{total}} = 0,250 \text{ ns}$$

Pelanggan 3

Perhitungan t_{material} ;

$$t_{\text{material}} = D \times L \times \sigma$$

$$t_{\text{material}} = (3,2 \cdot 10^{-3}) \times (0,052 + 0,09) \times 1$$

$$t_{\text{material}} = 4,544 \times 10^{-4} \text{ ns}$$

setelah didapatkan nilai t_{material} , tahap selanjutnya melakukan perhitungan untuk mengetahui nilai rise time budget.

$$t_{\text{total}} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{Rx}^2}$$

$$t_{\text{total}} = \sqrt{0,15^2 + 0,0004544^2 + 0^2 + 0,2^2}$$

$$t_{\text{total}} = 0,250 \text{ ns}$$

Pelanggan 4

Perhitungan t_{material} ;

$$t_{\text{material}} = D \times L \times \sigma$$

$$t_{\text{material}} = (3,2 \cdot 10^{-3}) \times (0,052 + 0,282) \times 1$$

$$t_{\text{material}} = 10,68 \times 10^{-4} \text{ ns}$$

setelah didapatkan nilai t_{material} , tahap selanjutnya melakukan perhitungan untuk mengetahui nilai rise time budget.

$$t_{\text{total}} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{Rx}^2}$$

$$t_{\text{total}} = \sqrt{0,15^2 + 0,001068^2 + 0^2 + 0,2^2}$$

$$t_{\text{total}} = 0,250 \text{ ns}$$

Perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas yaitu perhitungan *rise time material* dan *rise time budget* setiap distribusi dengan sampel 4 pelanggan sehingga. Dapat diketahui hasil nilai *Rise time budget* dari distribusi 1 hingga distribusi 6 adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan t_{material} dan t_{system} *upstream*

Distribusi	Pelanggan	t_{material}	$t_{\text{system}} < 0,5833 \text{ ns}$
1	Pelanggan 1	$4,224 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 2	$4,224 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 3	$4,544 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 4	$10,68 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
2	Pelanggan 1	$14,27 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 2	$17,56 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 3	$19,61 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 4	$21,92 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
3	Pelanggan 1	$39,34 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 2	$38,33 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 3	$38,92 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 4	$38,89 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
4	Pelanggan 1	$38,62 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 2	$49,69 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 3	$53,82 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns

Distribusi	Pelanggan	$t_{material}$	$t_{system} < 0,5833 \text{ ns}$
	Pelanggan 4	$47,09 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
5	Pelanggan 1	$62,59 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 2	$63,36 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 3	$66,24 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
	Pelanggan 4	$65,02 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,25 ns
6	Pelanggan 1	$73,76 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,253 ns
	Pelanggan 2	$72,52 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,253 ns
	Pelanggan 3	$73,48 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,253 ns
	Pelanggan 4	$74,46 \times 10^{-4} \text{ ns}$	0,253 ns

Hasil Perhitungan *Rise Time Budget* konfigurasi *downstream* dapat dilakukan menggunakan rumus persamaan 2.4 dan Parameter yang diperlukan untuk melakukan perhitungan *Rise Time Budget* dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan hasilnya pada Tabel 4.10. kelayakan sistem untuk *Rise Time Budget*, pengkodean NRZ dapat dilakukan dengan $t_{system} < 70\%$. Maka pengkodean NRZ 1,2 Gbps ini diperoleh sebesar 0,5833 ns untuk konfigurasi *downstream*.

4.4 Analisa Kelayakan Sistem Hasil Perencanaan

Analisa kelayakan sistem didapatkan dari hasil perencanaan simulasi dan hasil perhitungan kelayakan *Power Link Budget*, *Rise Time Budget* dan *Bit Error Rate*.

4.4.1 *Power Link Budget*

Analisa *power link budget* di lakukan yang memiliki tujuan yaitu mengetahui daya yang diterima tidak melebihi dari batas minimal daya yang dapat diterima oleh penerima. untuk menjaga kualitas maka diberi batas selisih nilai yang diterima oleh penerima. batas minimal daya yang dapat diterima penerima sesuai standart ITU.G.984.2. untuk ODN Class A untuk *downstream* 2,4 Gbps yaitu -21 dBm, sedangkan untuk *upstream* 1,2 Gbps yaitu -24 dBm.

Berikut hasil *power link budget downstream* dan *upstream* untuk distribusi 1-6 dari hasil Perhitungan pada subab 4.3.1.1 dan 4.3.1.2 serta hasil simulasi *Optisystem*. untuk perancangan jaringan FTTH dari segi perhitungan dan simulasi menurut kriteria layak sesuai standar ITU-G.984.2 maupun standar dari perusahaan.

Tabel 4. 11 *Power link budget downstream*

<i>Power Link Budget Downstream</i>					
Distribusi	Perhitungan	<i>Optisystem</i>	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
1	-16,539	-16,64	>	-21 dBm	Layak
	-16,539	-16,64	>	-21 dBm	Layak
	-16,542	-16,64	>	-21 dBm	Layak
	-16,6	-16,69	>	-21 dBm	Layak
2	-16,663	-16,731	>	-21 dBm	Layak
	-16,644	-16,763	>	-21 dBm	Layak
	-16,683	-16,782	>	-21 dBm	Layak
	-16,705	-16,803	>	-21 dBm	Layak
3	-16,686	-16,967	>	-21 dBm	Layak
	-16,859	-16,957	>	-21 dBm	Layak
	-16,864	-16,963	>	-21 dBm	Layak
	-16,864	-16,962	>	-21 dBm	Layak
4	-16,964	-17,043	>	-21 dBm	Layak
	-16,965	-17,063	>	-21 dBm	Layak
	-17,004	-17,101	>	-21 dBm	Layak
	-16,941	-17,038	>	-21 dBm	Layak
5	-17,086	-17,185	>	-21 dBm	Layak
	-17,094	-17,192	>	-21 dBm	Layak
	-17,093	-17,191	>	-21 dBm	Layak
	-17,109	-17,207	>	-21 dBm	Layak
6	-17,191	-17,289	>	-21 dBm	Layak
	-17,179	-17,277	>	-21 dBm	Layak
	-17,188	-17,287	>	-21 dBm	Layak
	-17,198	-17,296	>	-21 dBm	Layak

Berikut hasil *power link budget downstream* untuk distribusi 1-6 dari hasil Perhitungan pada subab 4.3.1.1 dan hasil simulasi *Optisystem*. untuk perancangan jaringan FTTH dari segi perhitungan dan simulasi menurut kriteria layak sesuai standar ITU-G.984.2 maupun standar dari perusahaan.

Hasil perencanaan jaringan FTTH konfigurasi *Downstream* pada tabel 4.11. hasil perhitungan dengan hasil simulasi tidak terdapat perbedaan yang jauh yang memiliki nilai < 1 dbm setiap distribusi. Sedangkan perbandingan nilai perhitungan dan nilai simulasi dengan standar kelayakan sesuai standart ITU

G.984.2 yaitu < -21 dBm dapat dikatakan layak. Ada perihal yang mempengaruhi redaman yang terlalu tinggi yang tidak sesuai standar yaitu adanya bending pada kabel fiber optik dan sambungan yang tidak sesuai standar dan jarak dan ada pula kasus jika redaman terlalu bagus sampai dari OLT sampai ke ONT dari pihak *maintenance* memberi *attenuator* yang diletakan pada Roset dan nilai redaman bervariasi dari 5 dB, 10 dB disesuaikan oleh kebutuhan.

Tabel 4. 12 *Power Link Budget Upstream*

<i>Power Link Budget Upstream</i>					
Distribusi	Perhitungan	<i>Optisystem</i>	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
1	-3,38	-3,382	>	-24 dBm	Layak
	-3,38	-3,382	>	-24 dBm	Layak
	-3,383	-3,384	>	-24 dBm	Layak
	-3,441	-3,442	>	-24 dBm	Layak
2	-3,474	-3,475	>	-24 dBm	Layak
	-3,505	-3,505	>	-24 dbm	Layak
	-3,524	-3,525	>	-24 dBm	Layak
	-3,546	-3,547	>	-24 dBm	Layak
3	-3,709	-3,71	>	-24 dBm	Layak
	-3,7	-3,7	>	-24 dBm	Layak
	-3,705	-3,706	>	-24 dBm	Layak
	-3,705	-3,706	>	-24 dBm	Layak
4	-3,787	-3,787	>	-24 dBm	Layak
	-3,806	-3,807	>	-24 dBm	Layak
	-3,845	-3,846	>	-24 dBm	Layak
	-3,782	-3,782	>	-24 dBm	Layak
5	-3,927	-3,392	>	-24 dBm	Layak
	-3,935	-3,906	>	-24 dBm	Layak
	-3,934	-3,935	>	-24 dBm	Layak
	-3,946	-3,95	>	-24 dBm	Layak
6	-4,032	-4,033	>	-24 dBm	Layak
	-4,02	-4,021	>	-24 dBm	Layak
	-4,029	-4,03	>	-24 dBm	Layak
	-4,039	-4,039	>	-24 dBm	Layak

Hasil *power link budget upstream* untuk distribusi 1-6 dari hasil Perhitungan Perhitungan pada subbab 4.3.1.2 dan hasil simulasi *Optisystem*. untuk perancangan

jaringan FTTH dari segi perhitungan dan simulasi menurut kriteria layak sesuai standar ITU-G.984.2 maupun standar dari perusahaan.

Hasil perencanaan jaringan FTTH konfigurasi *Upstream* pada tabel 4.12. hasil perhitungan dengan hasil simulasi tidak terdapat perbedaan yang jauh yang memiliki nilai $< 0,5$ dbm setiap distribusi. Sedangkan perbandingan nilai perhitungan dan nilai simulasi dengan standar kelayakan sesuai standart ITU G.984.2 yaitu $< - 24$ dBm dapat di katakan layak.

4.4.2 Rise Time Budget

Rise Time Analysis dilakukan dari sisi *downstream* dan *upstream*. metode ini bertujuan menentukan batasan dispersi yang terdapat pada suatu link serat optik. Tujuan dari perhitungan rise time budget adalah untuk mengetahui apakah link yang telah dirancang sudah memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Pada perencanaan ini Menggunakan NRZ (*Non-Return-to-Zero*). Batas degradasi total waktu transisi dari link digital untuk NRZ yaitu 70 persen dari satu periode bit NRZ sehingga nilainya tidak boleh melebihi 70 persen.

Pada tabel 4.13 Di bawah ini merupakan hasil *rise time budget downstream* dari hasil perhitungan pada subab 4.3.2.1 dibandingkan dengan standar kelayakan yang ditetapkan. hasil perhitungan *Rise Time Budget Downstream* dikatakan layak tidak melebihi NRZ 70%

Tabel 4. 13 *Rise Time Budget Downstream*

<i>Rise Time Budget Downstream (2,4 Gbps)</i>				
Distribusi	Perhitungan	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
1	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak
2	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak

Distribusi	Perhitungan	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
3	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak
4	0,251 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,251 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,251 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,251 ns	<	0,2814 ns	Layak
5	0,252 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,251 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,252 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,252 ns	<	0,2814 ns	Layak
6	0,253 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,253 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,253 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,253 ns	<	0,2814 ns	Layak

Pada tabel 4.14 Di bawah ini merupakan *rise time budget Upstream* dari hasil perhitungan pada subab 4.3.2.2 dan dibandingkan dengan standar kelayakan yang ditetapkan dibandingkan dengan standar kelayakan yang ditetapkan. hasil perhitungan *Rise Time Budget Upstream* dikatakan layak tidak melebihi NRZ 70%.

Tabel 4. 14 *Rise Time Budget Upstream*

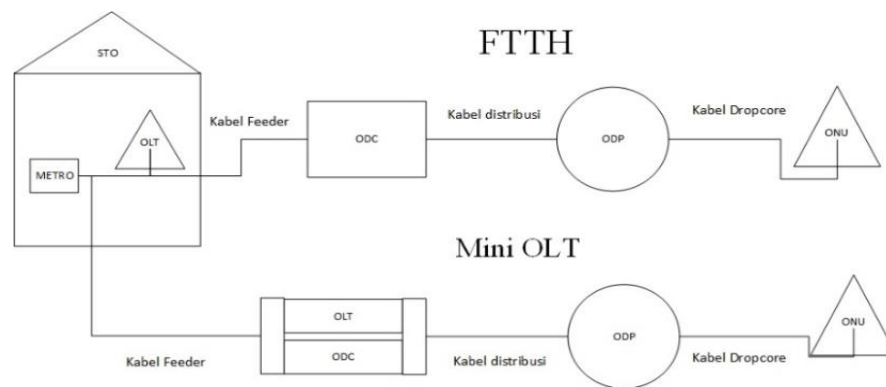
Distribusi	<i>Rise Time Budget Upstream</i> Perhitungan	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
1	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
2	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
3	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak

Distribusi	Perhitungan	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
4	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
5	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak
6	0,253 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,253 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,253 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,253 ns	<	0,5833 ns	Layak

4.5 Analisa Keseluruhan Perencanaan Jaringan FTTH

Pada penelitian tugas akhir ini yaitu analisa perencanaan jaringan *Fiber To The Home* dengan teknologi mini OLT di daerah perdesaan. Mini OLT sendiri yaitu teknologi baru yang bertujuan untuk menyalurkan jaringan fiber optik ke daerah-daerah yang jauh dari sentral atau metro. Mini OLT di letakkan pada daerah yang jauh yang lebih dari 5-10 km dari kantor.

Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan analisa perencanaan jaringan FTTH dengan menggunakan teknologi Mini OLT dengan parameter-parameter kelayakan diantaranya *power link budget*, *rise time budget* dan *Bit Error Rate*. Melakukan perbandingan bentuk topologi jaringan FTTH Eksisting dengan teknologi Mini OLT yaitu pada gambar di bawah ini. Namun dengan kondisi dan syarat agar terjadinya jaringan fiber optik yang layak sesuai dengan standar yang ditetapkan.



Gambar 4. 5 Topologi jaringan FTTH

Berdasarkan hasil dari simulasi pada tabel 4.1 yang diperoleh adanya selisih nilai rata rata setiap distribusi sebesar $< 0,5$ dBm dengan hasil perhitungan pada tabel 4.4. Hasil nilai redaman konfigurasi *Downstream* dari simulasi didapatkan kelayakan pada semua jalur distribusi 1 hingga distribusi 6 nilai redaman sekitar -16 dBm sampai -17 dBm telah memenuhi nilai standar < -21 dBm. Sedangkan hasil perhitungan konfigurasi *Downstream* didapatkan kelayakan pada pada semua jalur dari distribusi 1 hingga distribusi 6 karena memenuhi standar yang $- 21$ dBm. Oleh karna itu untuk konfigurasi *downstream*. pada perencanaan ini memenuhi standar kelayakan pada tabel 4.11. Untuk konfigurasi *upstream* tabel 4.6 hasil perhitungan dan hasil dari simulasi pada tabel 4.1 yang diperoleh tidak ada perbedaan yang terpaut jauh di setiap distribusi. Hasil perhitungan dan hasil simulasi didapatkan kelayakan karena memenuhi nilai standar yaitu -24 dBm pada perencanaan ini memenuhi standar kelayakan pada tabel 4.12

Perhitungan *Rise Time Budget* konfigurasi *downstream* dapat dilakukan menggunakan rumus persamaan 2.4 dan Parameter yang diperlukan untuk melakukan perhitungan *Rise Time Budget* dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan hasilnya pada Tabel 4.7 Berdasarkan Tabel 4.12 kelayakan sistem untuk *Rise Time Budget*, pengkodean NRZ dapat dilakukan dengan $t_{system} < 70\%$. Maka pengkodean NRZ 2,4 Gbps ini diperoleh sebesar 0,2814 ns untuk konfigurasi *downstream*. Meninjau hasil perhitungan *rise time budget* didapat hasil pada distribusi 1 hingga distribusi 3 yaitu $0,250$ ns $< 0,2814$ ns, distribusi 4 dihasilkan $0,251$ ns $< 0,2814$, distribusi

5 dihasilkan $0,252 \text{ ns} < 0,2814$ dan distribusi 6 dihasilkan $0,253 \text{ ns} < 0,2814$. Maka pada distribusi 1 hingga distribusi 6 memenuhi kelayakan tidak melebihi pengkodean NRZ yaitu $0,2814 \text{ ns}$.

Rise Time Budget konfigurasi *upstream* dapat melakukan perhitungan menggunakan rumus persamaan 2.4. Parameter yang diperlukan untuk melakukan perhitungan *Rise Time Budget* dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan hasilnya pada Tabel 4.9 Berdasarkan Tabel 4.13 kelayakan sistem untuk *Rise Time Budget*, pengkodean NRZ dapat dilakukan dengan $t_{system} < 70\%$. Maka pengkodean NRZ 1,2 Gbps ini diperoleh sebesar $0,5833 \text{ ns}$ untuk konfigurasi *upstream*. Meninjau hasil perhitungan *rise time budget* didapat hasil pada distribusi 1 hingga distribusi 5 yaitu $0,250 \text{ ns} < 0,5833 \text{ ns}$, sedangkan untuk distribusi 6 dihasilkan $0,253 \text{ ns} < 0,5833 \text{ ns}$. Maka pada distribusi 1 hingga distribusi 6 memenuhi kelayakan tidak melebihi pengkodean NRZ yaitu $0,5833 \text{ ns}$.

Nilai BER yang dihasilkan pada simulasi pada Tabel 4.2 Berdasarkan hasil Min BER dan *Q-factor* yang dihasilkan simulasi perencanaan pada distribusi 1 hingga 6 memenuhi standar kelayakan karena memenuhi standar Minimal. BER dan *Q-factor* dimana nilai standar BER adalah 10^{-10} dan nilai standar *Q-factor* adalah 6. Demikian penjelasan mengapa nilai *bit error rate* tidak boleh melebihi 10^{-10} yang dimana sudah sesuai standar ITU-T G.984.2 untuk konfigurasi *downstream* dengan bit rate 2,4 Gbps. Pada simulasi dihasilkan nilai *bit error rate* $4,85e^{-227}$, hasil perhitungan kesalahan bit rate pada perencanaan ini harus lebih kecil atau sama dengan 0.2488 bit dalam pengiriman 2.488.320.000 bit sinyal. Pada hasil *eye diagram analyzer* pada konfigurasi *downstream* seperti pada gambar 4.3 di ketahui nilai yang dihasilkan $4,85e^{-227}$ merupakan nilai yang dikatakan bagus karena sesuai standar yang ditentukan pada standar ITU-T G.984.2 yaitu $< 10^{-10}$.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisa perencanaan jaringan FTTH dengan teknologi Mini OLT yang sudah di jelaskan pada BAB III dan BAB IV diperoleh kesimpulan;

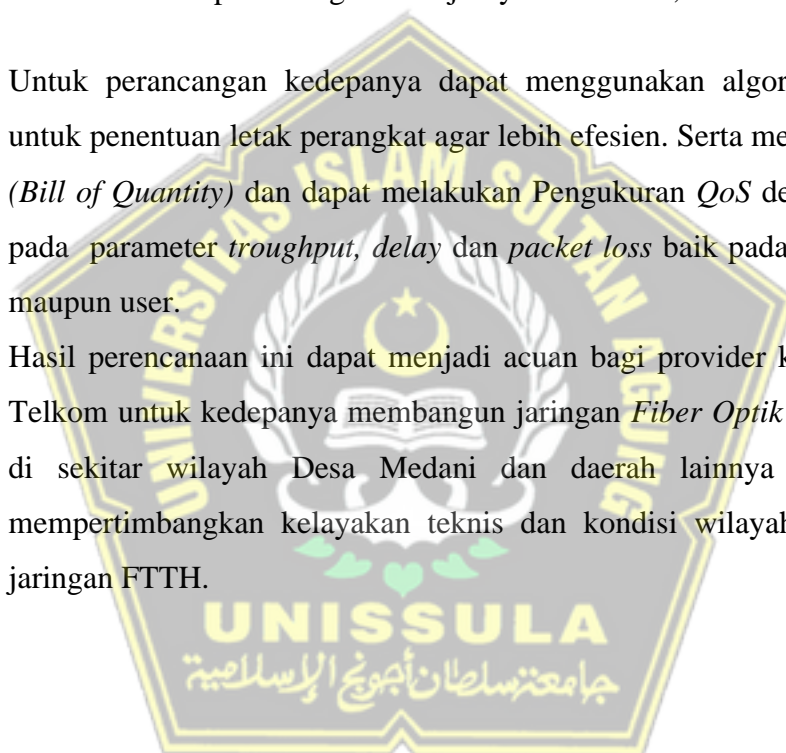
1. Perencanaan jaringan FTTH pada Desa Medani yaitu terdapat 6 perangkat ODP. Dan pengambilan sampel 4 pelanggan dengan ngacak disetiap ODP yaitu terdapat pada gambar 3.3 dan 3.4. Untuk klasifikasi ODN yang digunakan yaitu *Class A+*.
2. Hasil simulasi *optisystem* mendapatkan nilai *bit error rate* dari jarak terjauh pada perancangan jaringan Mini OLT adalah $8,73 \times 10^{-17}$. Standar nilai BER adalah 10^{-10} . Maka dapat disimpulkan nilai *rise time budget* yang dihasilkan bahwa perencanaan jaringan FTTH dengan teknologi Mini OLT dinyatakan layak dan dapat diterapkan
3. Nilai *power link budget downstream* terjauh didapatkan nilai redaman di perhitungan yaitu -17,198 dBm dan pada simulasi di dapatkan nilai -17,296 dbm Dan Nilai *power link budget upstream* terjauh didapatkan nilai redaman di perhitungan yaitu -4,039 dBm dan pada simulasi di dapatkan nilai -4,039 dbm. pada standar ITU G.984.2 yaitu -21 dBm. Maka dapat disimpulkan nilai redaman yang dihasilkan bahwa perencanaan jaringan FTTH dengan teknologi Mini OLT dapat diterapkan.
4. Nilai *rise time budget* yaitu tidak melebihi 70% atau 0,2814 ns pada bit rate *downstream* (2,4 Gbps) dan 0,5833 ns pada bit rate *upstream* (1,2 Gbps). Nilai *rise time budget* dari jarak terjauh pada perancangan jaringan Mini OLT adalah 0,25 ns, nilai tersebut tidak melebihi dari 70% batas dari nilai *rise time budget* NRZ. Maka dapat disimpulkan nilai *rise time budget* yang

dihasilkan bahwa perencanaan jaringan FTTH dengan teknologi Mini OLT dinyatakan layak dan dapat diterapkan.

5.2 Saran

Bedasarkan dari hasil penelitian ini Penulis menemukan beberapa hal yang dapat diperbaiki dan dikembangkan lebih lanjut agar menjadi lebih unggul dari penelitian ini dan berdasarkan hasil penelitian ini. Saran-saran yang diharapkan dapat membantu untuk perancangan selanjutnya antara lain;

1. Untuk perancangan kedepanya dapat menggunakan algoritma genetika untuk penentuan letak perangkat agar lebih efisien. Serta menghitung *BoQ* (*Bill of Quantity*) dan dapat melakukan Pengukuran *QoS* dengan merujuk pada parameter *troughput*, *delay* dan *packet loss* baik pada sisi penerima maupun user.
2. Hasil perencanaan ini dapat menjadi acuan bagi provider khususnya PT. Telkom untuk kedepanya membangun jaringan *Fiber Optik To The Home* di sekitar wilayah Desa Medani dan daerah lainnya namun tetap mempertimbangkan kelayakan teknis dan kondisi wilayah pada sistem jaringan FTTH.



Daftar Pustaka

- [1] P. C. Suryandari, “Analisis Performansi Jaringan Indihome Fiber Di Purwokerto,” *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 93–104, 2021, doi: 10.20895/jtece.v2i2.112.
- [2] S. Ridho, A. Nur Aulia Yusuf, S. Andra, D. Nikken Sulastrie Sirin, and C. Apriono, “Perancangan Jaringan Fiber to the Home (FTTH) pada Perumahan di Daerah Urban (Fiber to the Home (FTTH) Network Design at Housing in Urban Areas),” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 1, pp. 94–103, 2020, doi: 10.22146/jnteti.v9i1.138.
- [3] A. R. K. N. Syamsi, “Perancangan FTTH Menggunakan Teknologi Mini OLT pada MSAN di Kawasan Margahayu Raya,” *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 334–354, 2019.
- [4] E. C. Hidayat, I. Budi, P. Jati, and E. M. Ismail, “Analisa Link Budget Perancangan Jaringan Fiber To The Home Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Networks Di Perumahan Citraland Tegal,” vol. 2, no. Kimu 2, pp. 1–9, 2022.
- [5] M. S. Mauludin and I. Rahmawati, “Analisa Jaringan FttH Sto Johar Ke Mg Telkom Akses Digital Life Regional Iv Jateng,” vol. 11, no. 2, pp. 43–51, 2018.
- [6] P. Muliandhi, E. H. Faradiba, and B. A. Nugroho, “Analisa Konfigurasi Jaringan FTTH dengan Perangkat OLT Mini untuk Layanan Indihome di PT. Telkom Akses Witel Semarang,” *Elektrika*, vol. 12, no. 1, p. 7, 2020, doi: 10.26623/elektrika.v12i1.1977.
- [7] L. C. Donald J. Sterling, *Technician’s Guide to Fiber Optics*. 2012.
- [8] T. corporate University, “Konfigurasi Fiber To The Home (FTTH).” Telkom Corporate University, p. 40, 2019.
- [9] F. Ilhamirosa, J. P. Hapsari, and M. Ismail, “Link Budget Analisis Fiber To the Home Pada Wilayah Efisien Di Puri Anjasmoro Kecamatan Semarang

Barat,” pp. 189–196, 2019.

- [10] A. Grami, “Communication Networks,” *Introd. to Digit. Commun.*, pp. 457–491, 2016, doi: 10.1016/b978-0-12-407682-2.00011-9.
- [11] Y. Yustini, A. A. Asril, H. N. Nawi, R. Hafizt, and A. Warman, “Implementasi dan Performansi Jaringan Fiber To The Home dengan Teknologi GPON.,” *J. Teknol. Elekterika*, vol. 5, no. 2, p. 59, 2021, doi: 10.31963/elekterika.v5i2.3032.
- [12] D. Systems, “G.984.2: Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Physical media dependent (PMD) layer specification,” *Itu-T*, 2019, [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2-201908-I/en>.
- [13] R. Purba and C. E. Suharyanto, “Perancangan Jaringan Fiber To the Home (FttH) Dengan teknologi GPON di wilayah tanjung uma kota batam,” *J. Comasie*, vol. 4, no. 1, pp. 104–110, 2021.
- [14] G. P. Agrawal, *FIBER-OPTIC COMMUNICATION SYSTEMS*, 4th ed. Rochester, New York: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2010.
- [15] D. Wulansari and T. Wiguna, “Pada Perumahan Royal Kopo Bandung Design of Fiber To the Home Access Network Using,” vol. 5, no. 2, pp. 1644–1660, 2019.