

PERANCANGAN FTTH MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MINI OLT PADA MSAN DI KAWASAN MARGAHAYU RAYA

DESIGN OF FTTH USING MINI OLT TECHNOLOGY ON MSAN IN MARGAHAYU RAYA AREA

Aa Rifqi Kamil Nur Syamsi¹, Tri Nopiani Damayanti, ST., MT.², Bambang Uripno, S.Stat.³

^{1,2}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

¹aarifqi888@gmail.com, ²damayanti@tass.telkomuniveristy.co.id, ³bambang.uripno@gmail.com

Abstrak

Fiber optik merupakan salah satu media transmisi yang mampu menyediakan bandwidth yang besar sehingga pelanggan lebih memilih fiber optik untuk memenuhi kebutuhan internetnya. Sehingga PT Telkom sebagai penyedia jasa layanan telekomunikasi mulai mengubah infrastruktur jaringan akses mereka yang semula menggunakan kabel tembaga dan semi fiber optik menjadi full fiber optik. Proses migrasi dari jaringan akses semi fiber optik menjadi full fiber dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah menggunakan teknologi Mini OLT.

Proses migrasi dengan menggunakan teknologi Mini OLT dilakukan agar infrastruktur dari jaringan akses Multi Service Access Node (MSAN) yang semi fiber optik dapat diubah menjadi full fiber optik. Teknologi Mini OLT juga dapat memberikan efisiensi pada proses migrasi karena dapat memanfaatkan infrastruktur dari jaringan akses MSAN sebelumnya. Pada perancangan Mini OLT akan digunakan fiber optik cadangan untuk teknologi MSAN yang berada pada kabinet MSAN. Selain tempat menyimpan Mini OLT nantinya, kabinet MSAN juga digunakan sebagai tempat untuk menggantikan fungsi dari ODC sehingga tidak perlu membangun ODC baru. Topologi jaringan selanjutnya akan diteruskan dengan kabel distribusi, ODP, kabel drop dan ONT seperti teknologi FTTH pada umumnya.

Berdasarkan dari beberapa analisa yang telah dilakukan, perancangan Mini OLT yang telah dibuat telah memenuhi standar kelayakan seperti nilai power link budget tidak melebihi batas minimal -25dB, rise time budget tidak melebihi batas minimal 70% NRZ dan bit error rate tidak melebihi 10^{-9} . Selain itu, analisa perbandingan antara Mini OLT dengan FTTH tanpa Mini OLT menunjukkan bahwa perancangan Mini OLT unggul pada parameter kelayakan power link budget, rise time budget dan bit error rate, serta unggul dalam BoQ.

Kata kunci: Multi Service Access Node (MSAN), Google Earth, Optisystem, GE Smallworld.

Abstract

Optical fiber is one of the transmission media that is able to provide large bandwidth therefore customers prefer optical fiber to meet their internet needs. PT Telkom as the provider of telecommunications services begins to change their access network infrastructure which originally used copper cables and semi-fiber optics to be full optical fiber. The process of migration from semi fiber optic access network to full fiber can be done in several ways, including using Mini OLT technology.

The migration process using Mini OLT technology is conducted so that the infrastructure of the Multi Service Access Node (MSAN) access network that is semi-optical fiber can be converted into full optical fiber. Mini OLT technology can also provide efficiency in the migration process because it can utilize the infrastructure of the previous MSAN access network. In this design of Mini OLT, backup optical fiber is used for MSAN technology which is located in the MSAN cabinet. Besides being Mini OLT storing places later, the MSAN cabinet is also used as a place to replace the functions of ODC so there is no need to build a new ODC. The network topology will then be forwarded with distribution cables, ODP, drop cables and ONTs such as FTTH technology in general.

Based on the analysis that has been done, the Mini OLT design has reached the feasibility standard such as the power link budget value does not exceed the minimum limit of -25dB, the rise time budget does not exceed the minimum limit of 70% NRZ and the bit error rate does not exceed 10^{-9} . In addition, comparative analysis between Mini OLT and FTTH without Mini OLT shows that the Mini OLT design is rather superior in the parameters of the feasibility of the power link budget, rise time budget and bit error rate, and superior in BoQ.

Keywords: *Multi Service Access Node (MSAN), Google Earth, Optisystem, GE Smallworld.*

1. Pendahuluan

Sebelum penggunaan teknologi *Gigabit Passive Optical Network (GPON)*, PT Telkom terlebih dahulu menggunakan teknologi *Multi Service Access Node (MSAN)* untuk melayani pelanggannya. MSAN merupakan teknologi yang memanfaatkan kabel tembaga pada segmen sekundernya. MSAN dapat memberikan layanan *Triple Play* yang menyalurkan layanan Internet, IPTV dan *Voice Packet*. Namun seiring dengan perkembangan zaman, kecepatan dan *bandwidth* dari teknologi MSAN dirasa masih kurang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan sehingga PT Telkom mulai menerapkan teknologi GPON yang dirasa lebih mampu memenuhi kebutuhan pelanggan.

PT Telkom sebagai penyedia jasa layanan telekomunikasi memiliki target untuk membangun seluruh jaringan akses mereka menjadi *full fiber* optik agar semua pelanggan dapat menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network (GPON)*. GPON merupakan teknologi FTTx yang dapat mengantarkan layanan hingga rumah pelanggan menggunakan fiber optik. GPON mampu memberikan layanan dengan kecepatan hingga 2.4 Gbps untuk *upstream* dan *downstream*. Proses migrasi menjadi *full fiber* optik dapat dilakukan dengan cara memasang infrastruktur baru yang mendukung teknologi GPON atau dengan cara menggabungkan infrastruktur yang sudah ada dengan perangkat baru yang dinamakan dengan teknologi Mini OLT.

Penelitian sebelumnya telah dibuat perancangan migrasi MSAN ke FTTH di Perumahan Baturaden dan Buana Citra Ciwastra [9]. Pada perancangan tersebut perancangan dilakukan dari STO Cijawura hingga ke rumah pelanggan. Namun, pada Proyek Akhir ini akan dilakukan perancangan dari MSAN hingga rumah pelanggan dengan menggunakan teknologi Mini OLT.

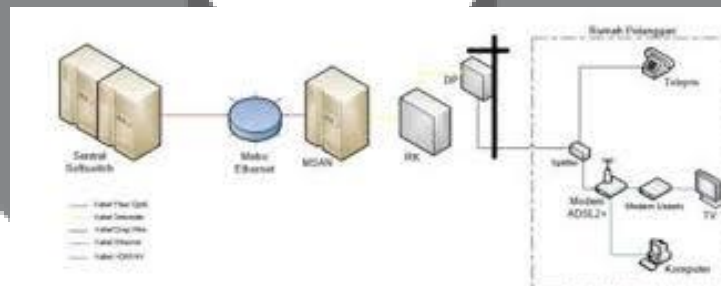
Pada proyek akhir ini akan dibuat perancangan jaringan dari teknologi Mini OLT dengan memanfaatkan infrastruktur dari teknologi MSAN yang sudah ada sehingga proses migrasi dapat lebih efisien dan pada perancangan ini juga akan ditambahkan perbandingan antara perancangan FTTH tanpa Mini OLT dengan perancangan FTTH dengan Mini OLT sebagai pertimbangan untuk melakukan migrasi fiber optik. Dalam perancangan ini akan ditetapkan spesifikasi perangkat, tata letak, jumlah perangkat yang digunakan, PLB, RTB dan BER. Aplikasi yang digunakan untuk perancangan di antaranya adalah *Google Earth, Optisystem dan GE Smallworld*.

Perancangan ini diharapkan dapat menjadi referensi penelitian dan menjadi solusi untuk mempercepat pembangunan jaringan fiber optik dengan memanfaatkan jaringan dari teknologi MSAN yang sudah ada.

2. Dasar Teori

2.1 Teknologi MSAN

MSAN merupakan salah satu implementasi dari teknologi dengan memanfaatkan jaringan kabel tembaga eksisting pada segmen sekundernya. MSAN digunakan untuk memberikan layanan *Triple Play* yang menyalurkan layanan HSPA (*High Speed Internet Access*), *Voice Packet* dan layanan *Internet Protocol Television (IPTV)* secara bersamaan[7].



Gambar 2.1 Konfigurasi Jaringan MSAN [7]

Struktur jaringan MSAN dapat dilihat Gambar 2.1 Pada Jaringan akses ini menggunakan kabel tembaga dan kabel fiber optik. *Softswitch* pada teknologi MSAN ini sudah *support* untuk kabel fiber optik.

Pada teknologi ini *softswitch* terhubung dengan *Metro Ethernet* menggunakan kabel fiber optik sehingga kecepatannya bisa mencapai 1 Gbps untuk menyalurkan komunikasi data, *voice*, dan video.

Dari *Metro Ethernet* menuju MSAN digunakan kabel fiber optik. Dari MSAN hingga *Drop Wire* menggunakan kabel sekunder yang merupakan kabel tembaga

2.2 Teknologi GPON

GPON merupakan bagian teknologi FTTH yang bisa berupa FTTH, FTTB, dan FTTC. Teknologi FTTH mengirimkan *services* sampai ke rumah pelanggan menggunakan kabel fiber optik.

Pada GPON, sebuah atau beberapa OLT, *interface* sentral dengan jaringan fiber optik, dihubungkan dengan beberapa ONU, *interface* pelanggan dengan jaringan serat optik, menggunakan pasif *Optical Distribution Network* (ODN), seperti *splitter*, *filter*, atau perangkat pasif optik lainnya. GPON mampu memberikan layanan dengan kecepatan 2.4 Gbps secara simetris (*upstream* dan *downstream*) atau 1.2 Gbps untuk *downstream* dan 2.4 Gbps untuk *upstream*[7].

GPON dapat memberikan layanan *Triple Play* yang meliputi layanan internet, IPTV dan *voice packet*. Teknologi GPON dapat menjangkau rumah pelanggan hingga jarak 20km dan teknologi GPON ini juga memiliki *split rasio* hingga 1:64.

Secara sederhana konfigurasi GPON terdiri dari tiga bagian utama yaitu OLT, ODN, dan ONT seperti terlihat pada gambar 2.2. GPON itu sendiri dapat dibuat konfigurasinya *Point to Point* atau *Point to Multipoin* tergantung dengan bentuk implementasi di lapangan. Gambar berikut adalah gambaran sederhana dari teknologi GPON[7].

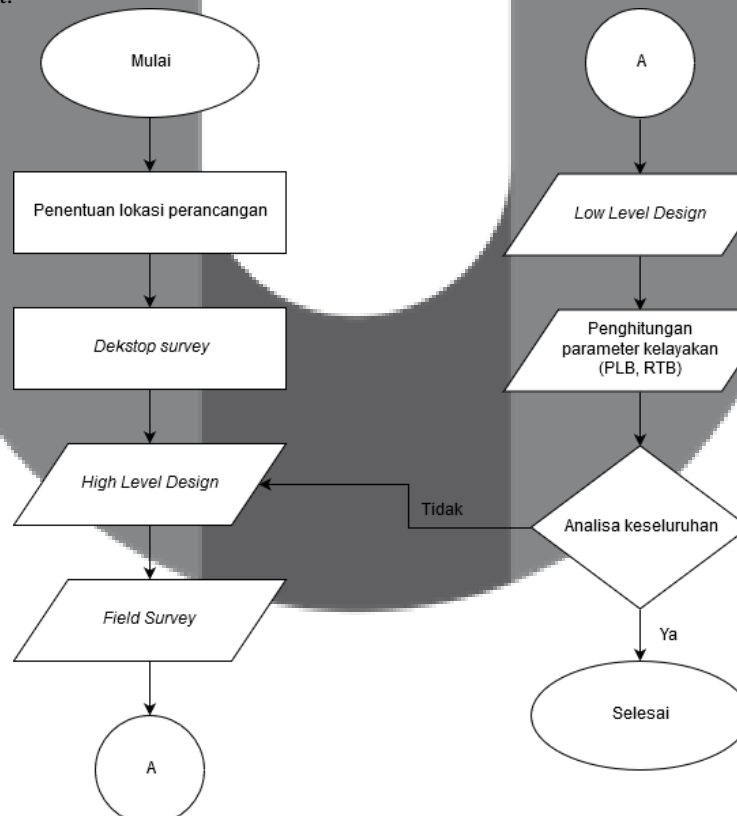


Gambar 2. 2 Konfigurasi Sistem GPON [7]

3. Pembahasan

3.1. Gambaran Umum Aplikasi

Flowchart pada gambar 3.1 merupakan diagram alir proses pengerjaan perancangan desain jaringan Mini OLT yang akan dibuat.



Gambar 3. 1 Flowchart pengerjaan perancangan

3.1.1. Penentuan Lokasi Perancangan

Untuk menentukan lokasi perancangan, dilakukan survei terlebih dahulu untuk mengetahui letak MSAN, Kondisi MSAN dan lokasi STO yang menjadi catuan MSAN tersebut.

3.1.2. Dekstop Survey

Pada tahap ini dilakukan *survey* untuk menentukan wilayah yang akan dibuat perancangan serta mencari tahu target pelanggan yang akan dilayani nantinya.

3.1.3. High Level Design

Pada tahap ini dilakukan identifikasi dari perangkat eksisting yang ada pada wilayah target perancangan agar dapat memanfaatkan perangkat eksisting yang masih bisa digunakan sehingga tidak perlu dilakukan pemasangan baru sehingga perancangan lebih efisien.

Pada tahap ini juga mulai dibuat perancangan pada *google earth* sebagai perancangan awal. Hasil dari perancangan *google earth* dihasilkan berupa *boundary* wilayah perancangan, jalur pengkabelan, letak tiang, letak ODC dan letak ODP.

3.1.4. Field Survey

Tahap selanjutnya adalah *field survey*. Pada tahap ini dilakukan survei ke wilayah daerah yang akan dilakukan perancangan. Survei bertujuan untuk mencari tahu kebenaran dari data eksisting dan mencari tahu kondisi dari lokasi rencana rute kabel dan lokasi rencana pemasangan ODP dan ODC.

3.1.5. Low Level Design

Untuk perancangan selanjutnya adalah *low level design*. Pada tahap ini dilakukan verifikasi hasil dari *field survey* sehingga akan dibuat ulang *design* yang lebih matang. Pada tahap ini perancangan dibuat pada *smallworld* sehingga hasil dari perancangan dapat diketahui *Bill of Quantity* (BoQ).

3.1.6. Perhitungan Parameter Kelayakan

Pada tahap ini akan dilakukan perhitunga parameter kelayakan suatu jaringan berupa *Power Link Budger* dan *Rise Time Budget*. Perhitungan akan dilakukan secara manual dengan menggunakan rumus. Hasil dari perhitungan akan dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan menggunakan *software*.

3.1.7. Analisa Keseluruhan

Pada tahap ini akan dilakukan Analisa keseluruhan dari semua perancangan yang telah dibuat pada aplikasi *Google Earth*, *GE Smallworld* dan *Optisystem* apakah sudah sesuai dengan ketentuan dari PT Telkom dan dilakukan juga analisa dari perhitungan manual *Power Link Budget* dan *Rise Time Budget* dengan menggunakan rumus.

3.2. Penentuan Lokasi Perancangan

Penentuan lokasi akan menentukan lokasi untuk letak MSAN yang akan dipasang Mini OLT. Untuk tahap ini dicari MSAN yang masih aktif dan memiliki ruang untuk dipasang Mini OLT. Pada tahap ini juga ditentukan *boundary* wilayah yang akan dibuat perancangan. Gambar 3.2 merupan letak MSAN yang akan dipasang dan *boundary* wilayah yang akan dibuat perancangan.



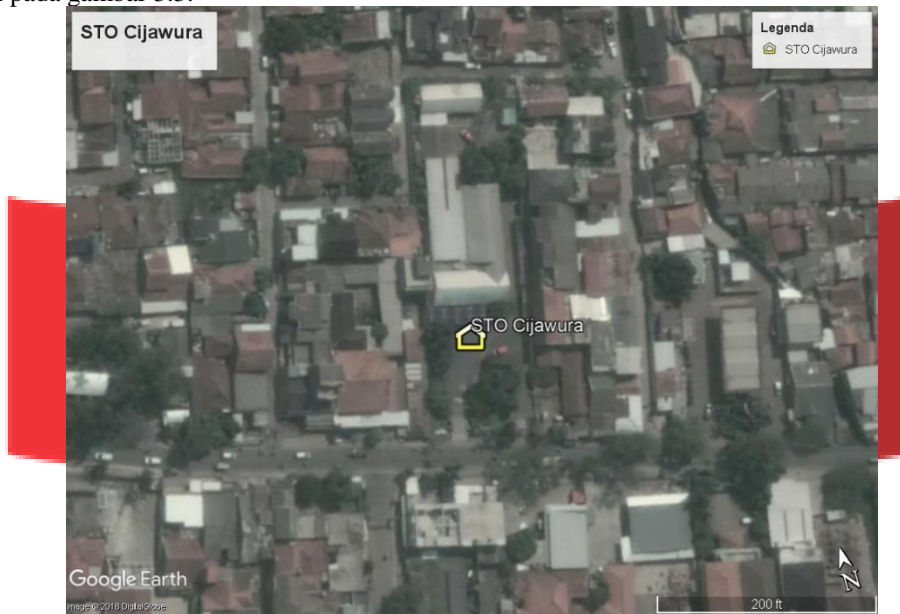
Gambar 3.2 Boundary & MSAN

Untuk kordinat dari MSAN sendiri ada pada titik kordinat sebagai berikut:

Tabel 3.1 titik kordinat MSAN

Nama Lokasi	Longitude	Latitude
MSAN MRBL	107.666491°	-6.947904°

MSAN dengan kode MRBL ini dicatu dari STO Cijawura. Lokasi STO Cijawura dapat dilihat dengan Google Earth seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 STO Cijawura

Untuk titik kordinat dari STO Cijawura adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 titik kordinat STO Cijawura

Nama Lokasi	Longitude	Latitude
STO Cijawura	107.662611°	-6.959843°

3.3. Data Jaringan FTTH Eksisting

Pada perancangan Mini OLT ini akan dibuat perbandingan antara perancangan FTTH tanpa Mini OLT dengan perancangan Mini OLT. Untuk perancangan FTTH tanpa Mini OLT akan digunakan data dari perancangan yang sudah eksisting. Perancangan yang akan digunakan adalah perancangan FTTH dari ODC dengan kode FDL. Gambar 3.4 adalah data lokasi ODC dan ODP FTTH Eksisting dilihat menggunakan google earth.



Gambar 3. 4 FTTH Eksisting (FDL)

Selain dari data lokasi ODC dan ODP pada FTTH Eksisting, diorlukan juga data tiang eksisting yang terdapat di kawasan yang akan dibuat perancangan. Gambar 3.5 adalah lokasi dari tiang eksisting yang terdapat di kawasan yang akan dibuat perancangan Mini OLT yaitu Margahayu Raya.

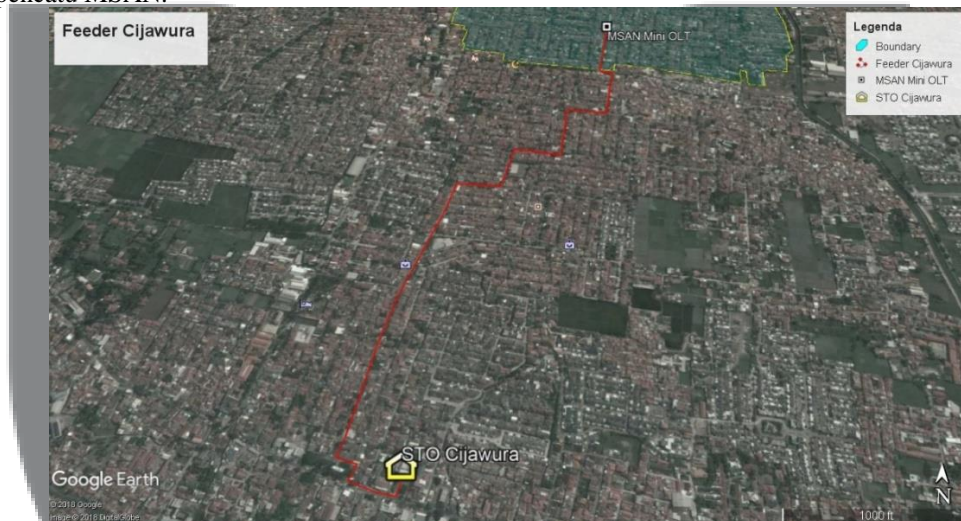


Gambar 3. 5 *Tiang Eksisting*

3.4. Perancangan Dengan Google Earth

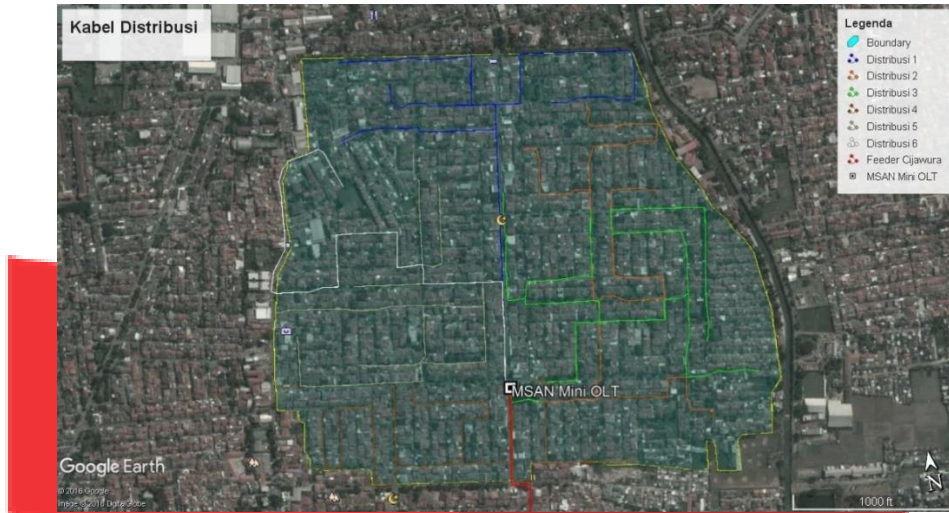
Perancangan dengan menggunakan aplikasi *Google Earth* bertujuan untuk membuat peletakan komponen dari perancangan diletakan dengan tepat dengan merujuk dari pemetaan pada *google earth* sehingga akan sesuai dengan keadaan dilapangan.

Perancangan dengan menggunakan *google earth* mencakup dari penentuan jalur kabel optik unuk MSAN, letak Mini OLT, jalur kabel distribusi dan peletakan ODP. Pada Gambar 3.6 merupakan hasil dari perancangan jalur kabel optik pencatu MSAN.



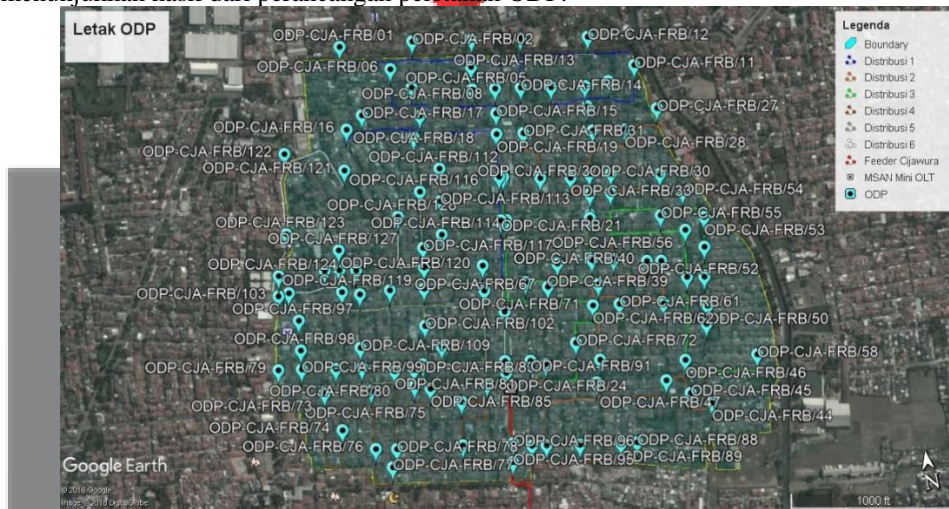
Gambar 3. 6 *feeder Cijawura*

Tahap selanjutnya adalah proses pembuatan jalur kabel distribusi untuk mencatu ODP. Gambar 3.7 menunjukkan hasil dari perancangan jalur distribusi.



Gambar 3. 7 Kabel Distribusi

Dan tahap terakhir dari perancangan dengan menggunakan *googe earth* adalah peletakan ODP. Pada Gambar 3.8 menunjukkan hasil dari perancangan peletakan ODP.

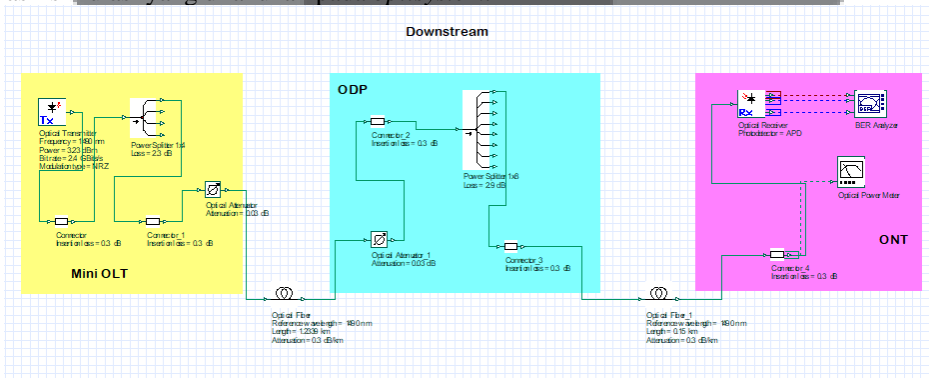


Gambar 3. 8 Peletakan ODP

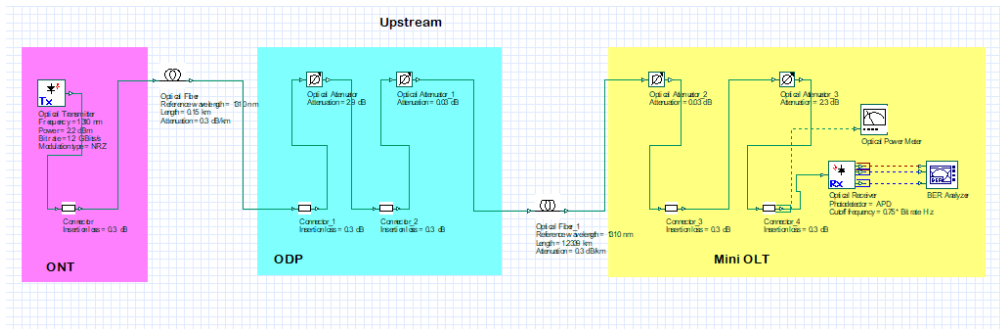
3.5. Perancangan Dengan *Optisystem*

Aplikasi selanjutnya yang akan digunakan untuk pembuatan perancangan kali ini adalah *Optisystem*. Pada aplikasi *optisystem* ini dibuat simulasi dari perancangan jaringan yang akan dibuat. Nilai yang diamati untuk perancangan kali ini dari hasil simulasi diantaranya nilai daya terima, dan BER.

Simulasi dilakukan dari titik pengirim hingga pelanggan terjauh dari setiap kabel distribusi yang terpasang. Simulasi juga dilakukan dari sisi *Downstream* dan *Upstream*. Gambar 3.9 sampai dengan Gambar 3.10 merupakan hasil simulasi yang dilakukan pada *optisystem*.



Gambar 3. 9 simulasi Downstream



Gambar 3. 10 simulasi Upstream

Hasil dari simulasi pada gambar 3.9 dan gambar 3.10. didapat nilai *power link budget* dan BER sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Hasil optisystem

Distribusi	Downstream		Upstream	
	Power Received	BER	Power Received	BER
1	-21.616 dBm	3.49E-148	-7.595 dBm	0
2	-21.577 dBm	2.18E-154	-7.556 dBm	0
3	-21.597 dBm	9.94E-149	-7.361 dBm	0
4	-21.542 dBm	3.23E-162	-7.465 dBm	0
5	-21.538 dBm	5.04E-146	-7.460 dBm	0
6	-21.649 dBm	5.73E-127	-7.626 dBm	0

3.6. Perhitungan *Power Link Budget*

Pada perhitunga *power link budget*, analisa perhitungan dilakukan pada jalur dari satu titik ke titik paling jauh. Jadi tidak semua jalur ke pelanggan dilakukan perhitungan. Perhitungan *power link budget* dilakukan pada sisi *downstream* dan *upstream*

1. *Power Link Budget Downstream*

Perhitungan *power link budget downstream* menganalisa jalur dari sisi sentral hingga ke rumah pelanggan terjauh. Untuk mendapatkan nilai daya yang diterima oleh ONT, terlebih dahulu dilakukan perhitungan redaman total *downstream*.

Diketahui:

- Panjang G.652.D (Distribusi 1) : 1,12497 Km
- Panjang G.652.D (Distribusi 2) : 0,99475 Km
- Panjang G.652.D (Distribusi 3) : 1,24993 Km
- Panjang G.652.D (Distribusi 4) : 0,87832 Km
- Panjang G.652.D (Distribusi 5) : 0,86355 Km
- Panjang G.652.D (Distribusi 6) : 1,2339 Km
- Panjang G.657 (Drop) : 0,15 Km
- Jumlah Konektor : 5 Buah
- Jumlah Sambungan : 2 Sambungan
- Jumlah *Splitter* (1:4) : 1 Buah
- Jumlah *Splitter* (1:8) : 1 Buah
- Redaman G.652.D : 0,3 dB/Km
- Redaman G.657 : 0,3 dB/Km
- Redaman Konektor : 0,3 dB
- Redaman Sambungan : 0,03 dB
- Redaman *Splitter* (1:4) : 8,3 dB
- Redaman *Splitter* (1:8) : 11,9 dB

(Diatribusi 3)

$$\begin{aligned}
 \alpha \text{ tot} &= (L \cdot \alpha \text{ serat}) + (N_c \cdot \alpha_c) + (N_s \cdot \alpha_s) + (S_p) \\
 &= ((1,24993 \times 0,3) + (0,15 \times 0,3)) + (5 \times 0,3) + (2 \times 0,03) + 8,3 + 11,9 \\
 &= 0,375 + 0,045 + 1,5 + 0,06 + 8,3 + 11,9 \text{ dB} \\
 &= 22,18 \text{ dB}
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

Setelah diketahui nilai dari redaman total jalur dari sentral hingga pelanggan, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai daya yang diterima ONT.

Diketahui:

- α tot : 22,18 dB
- Pt : 3,23 dBm
- SM : 2dB

$$\begin{aligned} Pr_x &= P_t - \alpha_{tot} - SM \\ &= 3,23 - 22,18 - 2 \text{ dBm} \\ &= -20,95 \text{ dBm} \end{aligned} \tag{3.2}$$

Jadi daya yang diterima oleh ONT adalah -20,95 dBm, untuk mengetahui apakah daya yang sampai tidak melebihi batas minimal dari daya yang dapat diterima ONT, maka dilakukan perhitungan Margin daya.

Diketahui:

- PT : 3,23 dBm
- Pr : -25 dBm
- α tot : 22,18 dB
- SM : 2 dB

$$\begin{aligned} M &= (P_t - P_r) - \alpha_{tot} - SM \\ &= (3,23 + 25) - 22,18 - 2 \text{ dBm} \\ &= 28,23 - 22,18 - 2 \text{ dBm} \\ &= 4,05 \text{ dBm} \end{aligned} \tag{3.3}$$

Dari hasil perhitungan Margin daya dapat diketahui bahwa daya yang diterima oleh ONT tidak melebihi nilai minimal dari daya yang bisa diterima oleh ONT karena nilai Margin daya lebih besar dari 0 (nol).

Perhitungan yang sama dilakukan untuk Distribusi 1 hingga Distribusi 6. Sehingga dapat diketahui nilai *power link budget downstream* dari Distribusi 1 hingga Distribusi 6 adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 4 Nilai *power link budget downstream*

Distribusi	α tot	Pr _x	M
1	22,145 dB	-20,915 dBm	4,085 dBm
2	22,108 dB	-20,878 dBm	4,122 dBm
3	22,18 dB	-20,95 dBm	4,05 dBm
4	22,068 dB	-20,838 dBm	4,162 dBm
5	22,064 dB	-20,834 dBm	4,166 dBm
6	22,175 dB	-20,945 dBm	4,055 dBm

2. Power Link Budget Upstream

Power link budget upstream menganalisa jalur dari sisi pelanggan terjauh ke sisi sentral. Untuk mengetahui nilai daya yang diterima oleh OLT, terlebih dahulu dilakukan perhitungan redaman total *upstream*. Perhitungan redaman untuk *upstream* sedikit berbeda dengan perhitungan pada *downstream*.

Perbedaannya terletak pada redaman *splitter*. Redaman *splitter* diganti menjadi redaman sambungan dikarenakan pada *upstream* jalurnya tidak terbagi oleh *splitter* 1:4 dan 1:8 akan tetapi langsung *n to n* atau dari satu titik ke titik yang lain.

Untuk mengubah redaman *splitter downstream* menjadi *upstream* dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Langkah pertama adalah mengubah redaman *splitter* dari dB

$$\begin{aligned} \text{Splitter 1:4} &= 8,3 \text{ dB} \\ 10 \log x &= 8,3 \\ \log x &= \frac{8,3}{10} \\ \log x &= 0,83 \\ x &= 10^{0,83} \\ x &= 6,76 \end{aligned} \tag{3.4}$$

Nilai x yang didapat dibagi dengan jumlah port keluaran *splitter* yaitu 4 port. Hasilnya disimpan dalam variabel z

$$\begin{aligned} x &= 6,76 \\ \frac{x}{4} &= \frac{6,76}{4} \\ z &= 1,69 \end{aligned} \tag{3.5}$$

Setelah nilai z didapat, tahap selanjutnya adalah mengubah kembali nilai z menjadi dB

$$\begin{aligned} z &= 1,69 \\ \log z &= 0,23 \end{aligned} \tag{3.6}$$

$$10 \log z = 2,3 \text{ dB}$$

Selanjutnya dilakukan juga perhitungan yang sama untuk *splitter* 1:8

$$\begin{aligned} \text{Splitter 1:8} &= 11,9 \text{ dB} \\ 10 \log x &= 11,9 \\ \log x &= \frac{11,9}{10} \\ \log x &= 1,19 \\ x &= 10^{1,19} \\ x &= 15,49 \end{aligned} \quad (3.7)$$

Nilai x yang didapat dibagi dengan jumlah port keluaran *splitter* yaitu 8 port. Hasilnya disimpan dalam variabel z

$$\begin{aligned} x &= 15,49 \\ \frac{x}{8} &= \frac{15,49}{8} \\ z &= 1,94 \text{ mW} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Setelah nilai z didapat, tahap selanjutnya adalah mengubah kembali nilai z menjadi dB

$$\begin{aligned} z &= 1,94 \\ \log z &= 0,29 \\ 10 \log z &= 2,9 \text{ dB} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Jadi diketahui bahwa nilai redaman dari *splitter* 1:4 pada *upstream* adalah 2,3 dB dan redaman *splitter* 1:8 pada *upstream* adalah 2,9.

Untuk mengetahui nilai daya yang diterima oleh OLT terlebih dahulu dilakukan perhitungan redaman total *upstream*.

Diketahui:

Panjang G.652.D (Distribusi 1):	1,12497 Km
Panjang G.652.D (Distribusi 2):	0,99475 Km
Panjang G.652.D (Distribusi 3):	1,24993 Km
Panjang G.652.D (Distribusi 4):	0,87832 Km
Panjang G.652.D (Distribusi 5):	0,86355 Km
Panjang G.652.D (Distribusi 6):	1,2339 Km
Panjang G.657 (Drop)	: 0,15 Km
Jumlah Konektor	: 5 Buah
Jumlah Sambungan	: 2 Sambungan
Jumlah <i>Splitter</i> (1:4)	: 1 Buah
Jumlah <i>Splitter</i> (1:8)	: 1 Buah
Redaman G.652.D	: 0,3 dB/Km
Redaman G.657	: 0,3 dB/Km
Redaman Konektor	: 0,3 dB
Redaman Sambungan	: 0,03 dB
Redaman <i>Splitter</i> (1:4)	: 2,3 dB
Redaman <i>Splitter</i> (1:8)	: 2,9 dB

(Distribusi 3)

$$\begin{aligned} \alpha \text{ tot} &= (L \cdot \alpha \text{ serat}) + (N_c \cdot \alpha_c) + (N_s \cdot \alpha_s) + (S_p) \\ &= ((1,24993 \times 0,3) + (0,15 \times 0,3)) + (5 \times 0,3) + (2 \times 0,03) + 2,3 + 2,9 \\ &= 0,375 + 0,045 + 1,5 + 0,06 + 2,3 + 2,9 \text{ dB} \\ &= 7,18 \text{ dB} \end{aligned} \quad (3.10)$$

Setelah diketahui nilai dari redaman total jalur dari pelanggan terjauh hingga sentral, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai daya yang diterima OLT.

Diketahui:

$$\begin{aligned} \alpha \text{ tot} &: 7,18 \text{ dB} \\ PT &: 2,2 \text{ dBm} \\ SM &: 2 \text{ dB} \\ Prx &= Pt - \alpha \text{ tot} - SM \\ &= 2,2 - 7,18 - 2 \text{ dBm} \\ &= -6,98 \text{ dBm} \end{aligned} \quad (3.11)$$

Jadi daya yang diterima oleh OLT adalah -6,98 dBm, untuk mengetahui apakah daya yang sampai tidak melebihi batas minimal dari daya yang dapat diterima OLT, maka dilakukan perhitungan Margin daya.

Diketahui:

Pt : 2,22 dBm

Pr : -25 dBm

α tot : 7,18 dB

SM : 2 dB

$$M = (Pt - Pr) - \alpha \text{ tot} - SM \quad (3.12)$$

$$= (2,2 + 25) - 7,18 - 2 \text{ dBm}$$

$$= 27,2 - 7,18 - 2 \text{ dBm}$$

$$= 18,02 \text{ dBm}$$

Dari hasil perhitungan Margin daya dapat diketahui bahwa daya yang diterima oleh ONT tidak melebihi nilai minimal dari daya yang bisa diterima oleh ONT karena nilai Margin daya lebih besar dari 0 (nol).

Perhitungan yang sama dilakukan untuk Distribusi 3 hingga Distribusi 6. Sehingga dapat diketahui nilai *power link budget upstream* dari Distribusi 1 hingga Distribusi 6 adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 5 Nilai power link budget upstream

Distribusi	α tot	Prx	M
1	7,145 dB	-6,945 dBm	18,055 dBm
2	7,103 dB	-6,903 dBm	18,097 dBm
3	7,18 dB	-6,98 dBm	18,02 dBm
4	7,068 dB	-6,868 dBm	18,132 dBm
5	7,064 dB	-6,864 dBm	18,136 dBm
6	7,175 dB	-6,975 dBm	18,025 dBm

3.7. Perhitungan Rise Time Budget

Metode analisa jaringan yang selanjutnya adalah *rise time budget*. *Rise time budget* adalah metode untuk 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.

Metode *rise time budget* yang digunakan adalah NRZ (*Non-Return-to-Zero*). Batas degradasi total waktu transisi dari *link* digital untuk NRZ adalah 70 persen dari satu periode bit NRZ sehingga nilainya tidak boleh melebihi 70 persen.

Untuk mengetahui nilai *rise time budget* dari perancangan yang dibuat, sebelumnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai *rise time material*

Diketahui:

Lebar *spectral* (σ) : 1 nm

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)

Panjang G.652.D (Distribusi 1) : 1,12497 Km

Panjang G.652.D (Distribusi 2) : 0,99475 Km

Panjang G.652.D (Distribusi 3) : 1,24993 Km

Panjang G.652.D (Distribusi 4) : 0,87832 Km

Panjang G.652.D (Distribusi 5) : 0,86355 Km

Panjang G.652.D (Distribusi 6) : 1,2339 Km

Panjang G.657 (Drop) : 0,15 Km

(Distribusi 3)

$$t_{\text{material}} = D_{\text{mat}} \times L \times 6 \quad (3.13)$$

$$t_{\text{material}} = ((1,24993 \times 0,018) + (0,15 \times 0,018)) \times 1$$

$$t_{\text{material}} = (0,0224 + 0,0027) \times 1$$

$$t_{\text{material}} = 0,0251 \text{ ns}$$

Setelah diketahui nilai dari T_{material} , selanjutnya adalah dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai *rise time budget*

Diketahui:

Rise time pengirim (t_{Tx}) : 0,15 ns

Rise time penerima (t_{Rx}) : 0,2 ns

Rise time material (t_{mat}) : 0,0251 ns

Rise time material (t_{mod}) : 0 ns

$$\begin{aligned}
 t_{total} &= \sqrt{t_{Tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{Rx}^2} & (3.14) \\
 t_{total} &= \sqrt{0,15^2 + 0,0251^2 + 0^2 + 0,2^2} \\
 t_{total} &= \sqrt{0,0225 + (6.3001 \times 10^{-4}) + 0 + 0,04} \\
 t_{total} &= \sqrt{0,063} \text{ ns} \\
 t_{total} &= 0,25 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya dilakukan perhitungan yang untuk Distribusi 1 hingga Distribusi 6. Sehingga didapat nilai *rise time budget downstream* untuk Distribusi 1 hingga Distribusi 6 adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 6 Nilai *rise time budget*

Distribusi	$T_{material}$	T_{total}
1	0,0229 ns	0,25 ns
2	0,0206 ns	0,25 ns
3	0,0251 ns	0,25 ns
4	0,0177 ns	0,25 ns
5	0,0182 ns	0,24 ns
6	0,0249 ns	0,25 ns

1. Rise Time Budget Downstream

Untuk mengetahui batasan nilai NRZ untuk *link downstream*, dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Diketahui:

- NRZ : 70%
- Bit Rate (Br) : 2,4 Gbps
- : $2,4 \times 10^{-9}$ bps

$$\begin{aligned}
 Tr &= \frac{70\%}{Br} & (3.15) \\
 Tr &= \frac{70\%}{2,4 \times 10^{-9}} \\
 Tr &= \frac{0,7}{2,4} \times 10^{-9} \\
 Tr &= 0,2814 \times 10^{-9} \text{ s} \\
 Tr &= 0,2814 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

2. Rise Time Budget Upstream

Untuk mengetahui batasan nilai NRZ untuk *link downstream*, dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Diketahui:

- NRZ : 70%
- Bit Rate (Br) : 1,2 Gbps
- : $1,2 \times 10^{-9}$ bps

$$\begin{aligned}
 Tr &= \frac{70\%}{Br} & (3.16) \\
 Tr &= \frac{70\%}{1,2 \times 10^{-9}} \\
 Tr &= \frac{0,7}{1,2} \times 10^{-9} \\
 Tr &= 0,5833 \times 10^{-9} \text{ s} \\
 Tr &= 0,5833 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

4. Analisa Hasil Perancangan

4.1. Analisa Kelayakan Sistem

Analisa kelayakan sistem ditinjau dari hasil perhitungan kelayakan berupa *power link budget*, *rise time budget* dan *bit error rate*.

4.1.1. Power Link Budget

Analisa *power link budget* dilakukan untuk mengetahui daya yang diterima tidak melebihi dari batas minimal daya yang dapat diterima oleh penerima. Biasanya diterapkan selisih pada batas minimal daya yang diterima oleh penerima agar menjaga kualitas dari layanan, sehingga dari batas minimal daya yang dapat diterima penerima -28 dBm, pada perancangan standar kelayakan dinaikan menjadi -25dBm.

Berikut *power link budget downstream* untuk distribusi 1 sampai distribusi 6 dari hasil perhitungan manual dengan persamaan 3.1 sampai 3.3 dan hasil simulasi menggunakan *optisystem*:

Tabel 4. 1 *power link budget downstream*

Power Link Budget Downstream				
Distribusi 1 sampai 6		Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
Perhitungan	<i>Optisystem</i>			
-20,915 dBm	-21.616 dBm	>	-25 dBm	Layak
-20,878 dBm	-21.577 dBm	>	-25 dBm	Layak
-20,95 dBm	-21.597 dBm	>	-25 dBm	Layak
-20,838 dBm	-21.542 dBm	>	-25 dBm	Layak
-20,834 dBm	-21.538 dBm	>	-25 dBm	Layak
-20,945 dBm	-21.649 dBm	>	-25 dBm	Layak

Sedangkan untuk *power link budget upstream* untuk distribusi 1 sampai distribusi 6 dari hasil perhitungan manual dengan persamaan 3.4 sampai 3.12 dan hasil simulasi menggunakan *optisystem*:

Tabel 4. 2 *power link budget upstream*

Power Link Budget Upstream				
Distribusi 1 sampai 6		Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
Perhitungan	<i>Optisystem</i>			
-6,945 dBm	-7.595 dBm	>	-25 dBm	Layak
-6,903 dBm	-7.556 dBm	>	-25 dBm	Layak
-6,98 dBm	-7.361 dBm	>	-25 dBm	Layak
-6,868 dBm	-7.465 dBm	>	-25 dBm	Layak
-6,864 dBm	-7.460 dBm	>	-25 dBm	Layak
-6,975 dBm	-7.626 dBm	>	-25 dBm	Layak

4.1.2. Rise Time Budget

Metode analisa jaringan yang selanjutnya adalah *rise time budget*. *Rise time budget* adalah metode untuk 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.

Metode *rise time budget* yang digunakan adalah NRZ (*Non-Return-to-Zero*). Batas degradasi total waktu transisi dari *link* digital untuk NRZ adalah 70 persen dari satu periode bit NRZ sehingga nilainya tidak boleh melebihi 70 persen.

Berikut nilai *rise time budget downstream* dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.13 sampai 3.14 dan batas NRZ untuk *downstream* dengan persamaan 3.15:

Tabel 4. 3 *rise time budget downstream*

Rise Time Budget Downstream				
Bit rate	Perhitungan Distribusi 1 ~ 6	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
Downstream (2,4 Gbps)	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
	0,24 ns	<	0,2814 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,2814 ns	Layak

Sedangkan nilai *rise time budget upstream* dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.13 sampai 3.14 dan batas NRZ untuk *upstream* dengan persamaan 3.16:

Tabel 4. 4 rise time budget upstream
Rise Time Budget Upstream

Bit rate	Perhitungan Distribusi 1 ~ 6	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
Upstream (1,2 Gbps)	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
	0,24 ns	<	0,5833 ns	Layak
	0,25 ns	<	0,5833 ns	Layak

4.1.3. Bit Error Rate

Nilai BER menunjukkan perbandingan antara daya pada Pr (daya terima) yang harus lebih besar atau sama dengan Ps (daya sensitivitas). Analisa BER dilakukan untuk mengetahui apakah jaringan yang telah dirancang dapat memenuhi standar dari minimal nilai BER yang telah ditentukan yaitu 10^{-9} .

Berikut nilai BER dari hasil simulasi dengan menggunakan aplikasi *optisystem*:

Tabel 4. 5 bit error rate

Distribusi	Hasil simulasi (<i>optisystem</i>)	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
1	3.49×10^{-148}	<	10^{-9}	Layak
2	2.18×10^{-154}	<	10^{-9}	Layak
3	9.94×10^{-149}	<	10^{-9}	Layak
4	3.23×10^{-162}	<	10^{-9}	Layak
5	5.04×10^{-146}	<	10^{-9}	Layak
6	5.73×10^{-127}	<	10^{-9}	Layak

4.2. Perbandingan Jaringan

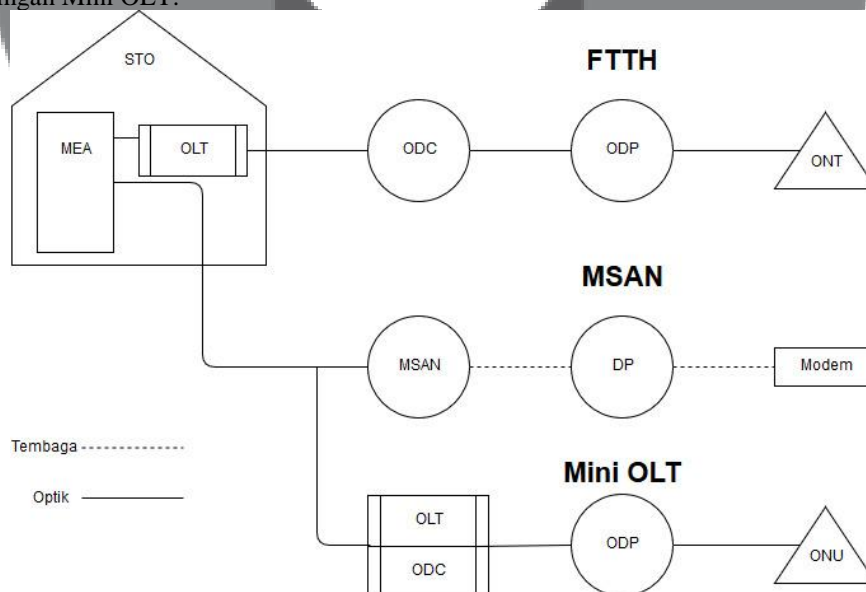
Pada proyek akhir ini akan dibuat perbandingan antara perancangan FTTH menggunakan teknologi Mini OLT dengan perancangan FTTH tanpa Mini OLT. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui perancangan mana yang lebih baik dalam beberapa aspek.

Pada proyek akhir ini dilakukan perbandingan antara FTTH menggunakan teknologi Mini OLT dengan FTTH tanpa Mini OLT (FTTH Eksisting) pada beberapa aspek diantaranya *power link budget*, *rise time budget*, BER dan BoQ.

4.2.1. Topologi Jaringan

Sebelum dilakukan perbandingan antara *power link budget*, *rise time budget*, BER dan BoQ antara perancangan Mini OLT dengan FTTH Eksisting, terlebih dahulu dilakukan perbandingan bentuk topologi jaringan dari perancangan Mini OLT dengan FTTH Eksisting.

Gambar 4.1 memperlihatkan Perbedaan bentuk topologi dari jaringan FTTH tanpa Mini OLT, jaringan MSAN dan jaringan Mini OLT.



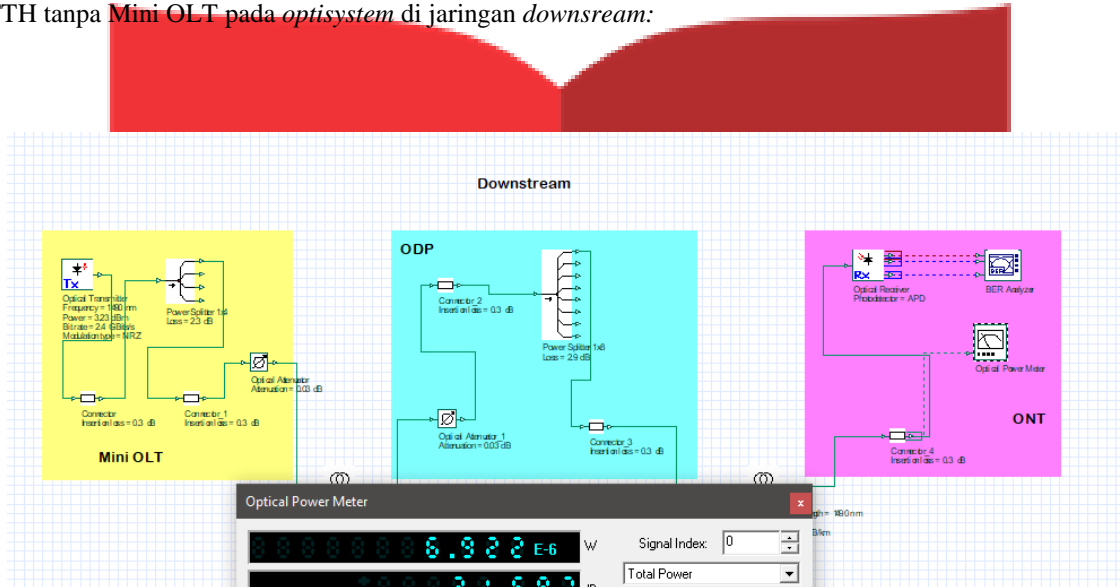
Gambar 4. 1 topologi jaringan

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa *core* optik yang digunakan Mini OLT adalah *core* optik cadangan dari teknologi MSAN, sehingga untuk pembangunan Mini OLT tidak memerlukan proses pemasangan kabel *feeder* baru, hal tersebut mampu mempercepat proses migrasi dan mengurangi biaya pembangunan jaringan.

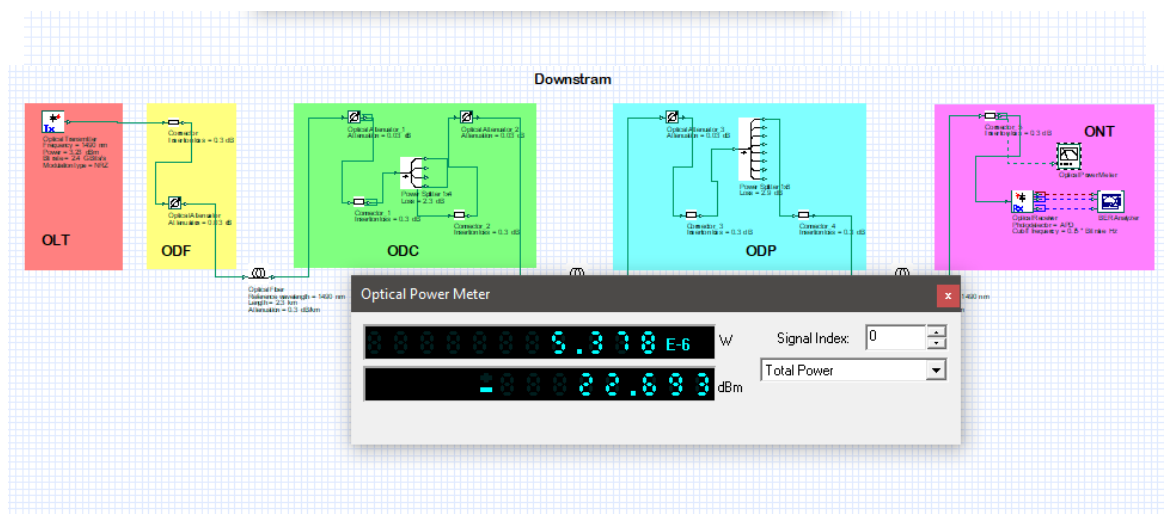
4.2.2. Power Link Budget

Proses perbandingan yang akan dilakukan adalah perbandingan *power link budget*, perbandingan dilakukan antara jalur *link* terjauh dari masing – masing perancangan.

Berikut perbandingan antara perancangan FTTH menggunakan teknologi Mini OLT dengan perancangan FTTH tanpa Mini OLT pada *optisystem* di jaringan *downstream*:

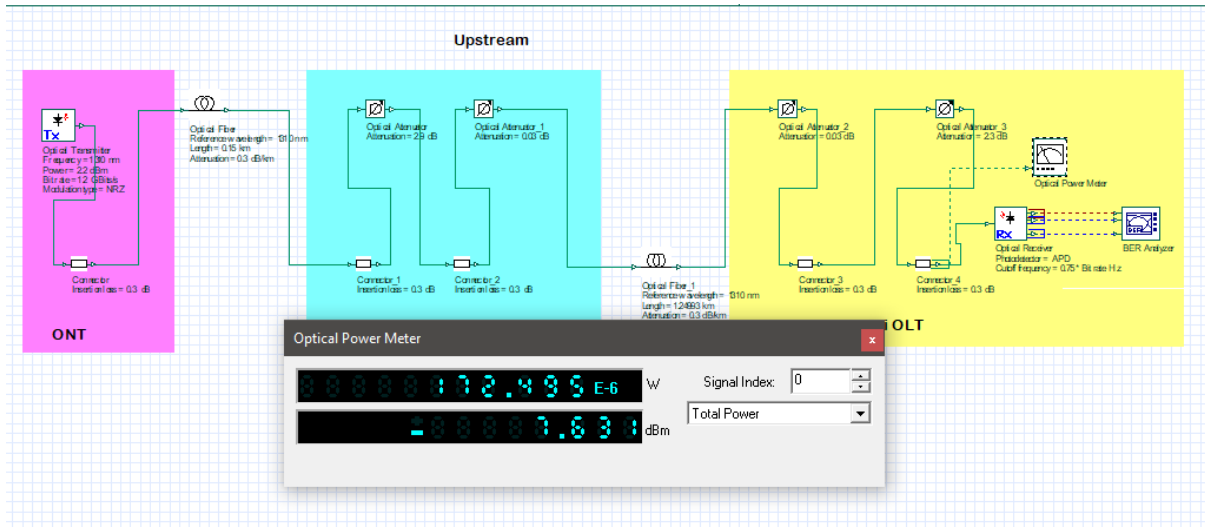


Gambar 4.2 Mini OLT Downstream

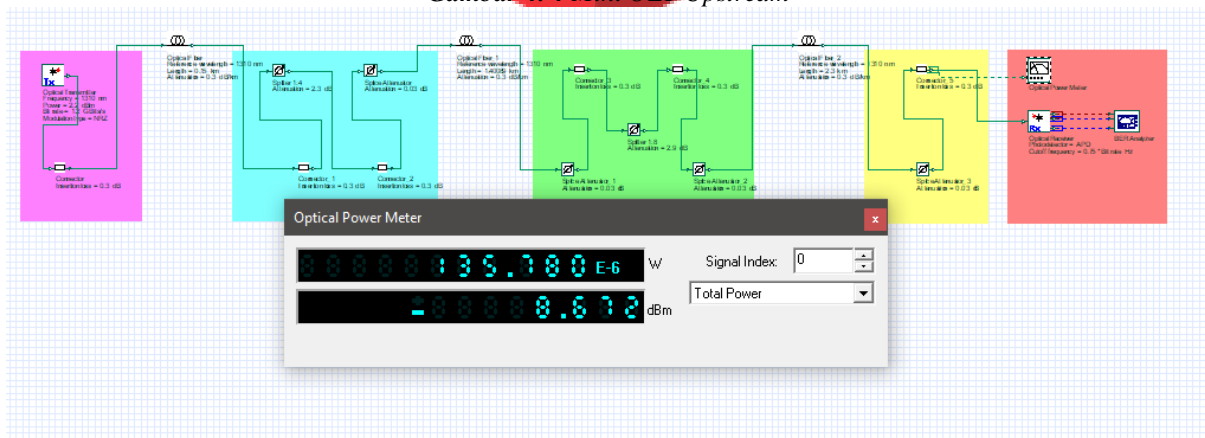


Gambar 4.3 FTTH Eksisting Downstream

Selanjutnya pada Gambar 4.4 dan 4.5 dilakukan perbandingan pada jaringan *upstream* dan hasilnya sebagai berikut:



Gambar 4.4 Mini OLT Upstream



Gambar 4.5 FTTH Eksisting Upstream

Perbandingan pada Gambar 4.2 sampai 4.5 dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.6 Perbandingan PLB Downstream

Power Link Budget Downstream		
Mini OLT	Perbandingan	FTTH Eksisting
-21,597 dBm	>	-22,693 dBm

Hasil dari perbandingan pada Tabel 4.6 terlihat bahwa untuk *power link budget downstream* perancangan Mini OLT lebih baik dari FTTH Eksisting karena nilai *power link budget* dari perancangan Mini OLT lebih besar dari FTTH Eksisting.

Tabel 4.7 Perbandingan PLB Upstream

Power Link Budget Upstream		
Mini OLT	Perbandingan	FTTH Eksisting
-7,631 dBm	>	-8,672 dBm

Hasil dari perbandingan pada Tabel 4.7 terlihat bahwa untuk *power link budget upstream* perancangan Mini OLT lebih baik dari FTTH Eksisting karena nilai *power link budget* dari perancangan Mini OLT lebih besar dari FTTH Eksisting.

4.2.3. Rise Time Budget

Perbandingan yang akan dilakukan selanjutnya adalah perbandingan nilai *rise time budget* dari *link* jaringan terjauh. Nilai *rise time budget* yang digunakan adalah nilai hasil dari perhitungan secara manual. Berikut perhitungan untuk perbandingan nilai *rise time budget* untuk perancang Mini OLT:

Diketahui:

Lebar *spectral* (σ) : 1 nm
 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)
 Panjang G.652.D (Distribusi 3) : 1,24993 Km
 Panjang G.657 (Drop) : 0,15 Km
 $t_{material} = D_{mat} \times L \times 6$ (4.1)
 $t_{material} = ((1,24993 \times 0,018) + (0,15 \times 0,018)) \times 1$
 $t_{material} = (0,0224 + 0,0027) \times 1$
 $t_{material} = 0,0251 \text{ ns}$

Diketahui:

Rise time pengirim (t_{Tx}) : 0,15 ns
 Rise time penerima (t_{Rx}) : 0,2 ns
 Rise time material (t_{mat}) : 0,0251 ns
 Rise time modal (t_{mod}) : 0 ns
 $t_{total} = \sqrt{t_{Tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{Rx}^2}$ (4.2)
 $t_{total} = \sqrt{0,15^2 + 0,0251^2 + 0^2 + 0,2^2}$
 $t_{total} = \sqrt{0,0225 + (6.3001 \times 10^{-4}) + 0 + 0,04}$
 $t_{total} = \sqrt{0,063}$
 $t_{total} = 0,25 \text{ ns}$

Selanjutnya perhitungan *rise time budget* dari FTTH Eksisting:

Diketahui:

Lebar *spectral* (σ) : 1 nm
 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)
 Panjang G.652.D (Feeder) : 2,30 Km
 Panjang G.652.D (Distribusi 4) : 1,40089 Km
 Panjang G.657 (Drop) : 0,15 Km
 $t_{material} = D_{mat} \times L \times 6$ (4.3)
 $t_{material} = ((2,30 \times 0,018) + (1,40089 \times 0,018) + (0,15 \times 0,018)) \times 1$
 $t_{material} = (0,0414 + 0,0252 + 0,0027) \times 1$
 $t_{material} = 0,0693 \text{ ns}$

Diketahui:

Rise time pengirim (t_{Tx}) : 0,15 ns
 Rise time penerima (t_{Rx}) : 0,2 ns
 Rise time material (t_{mat}) : 0,0693 ns
 Rise time modal (t_{mod}) : 0 ns
 $t_{total} = \sqrt{t_{Tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{Rx}^2}$ (4.4)
 $t_{total} = \sqrt{0,15^2 + 0,0693^2 + 0^2 + 0,2^2}$
 $t_{total} = \sqrt{0,0225 + (4,802 \times 10^{-3}) + 0 + 0,04}$
 $t_{total} = \sqrt{0,067}$
 $t_{total} = 0,258 \text{ ns}$

Hasil dari perhitungan *rise time budget* dengan persamaan (4.1) sampai (4.4) dapat dilihat pada tabel perbandingan 4.8:

Tabel 4. 8 Perbandingan *rise time budget*

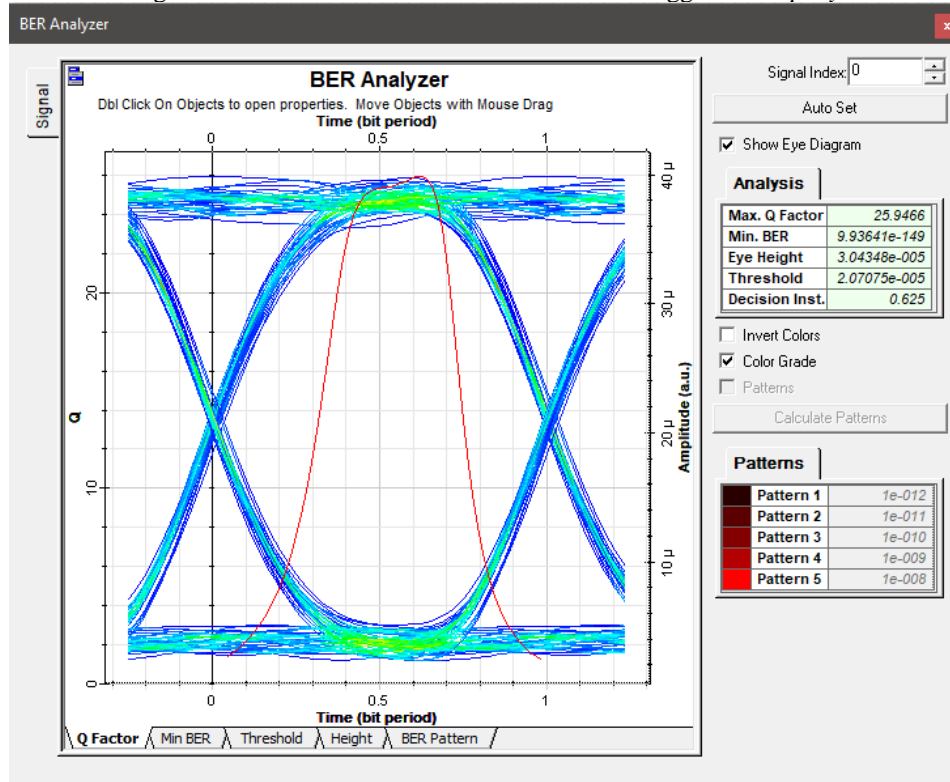
<i>Rise Time Budget</i>		
Mini OLT	Perbandingan	FTTH Eksisting
0,25 ns	<	0,258 ns

Dari Tabel 4.8 terlihat bahwa nilai *rise time budget* dari Mini OLT lebih kecil dari FTTH Eksisting, jadi dapat disimpulkan bahwa *rise time budget* perancangan Mini OLT lebih baik dari FTTH Eksisting.

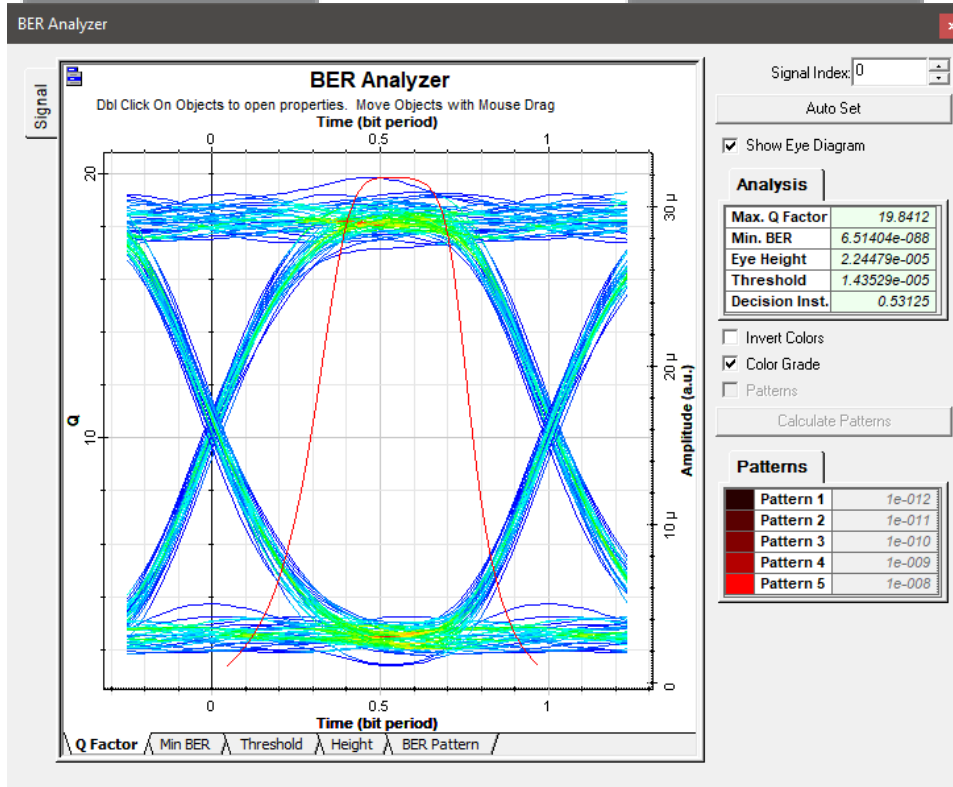
4.2.4. Bit Error Rate

Nilai BER menunjukkan perbandingan antara daya terima yang harus lebih besar atau sama dengan daya sensitivitas. Pada perbandingan kali ini nilai BER diperoleh dari hasil simulasi menggunakan *optisystem*.

Gambar 4.6 dan gambar 4.7 adalah nilai BER hasil simulasi menggunakan *optisystem*:



Gambar 4. 6 BER Mini OLT



Gambar 4. 7 BER FTTH Eksisting

Perbandingan pada Gambar 4.6 sampai 4.7 dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut:

Tabel 4. 9 Perbandingan BER

<i>Bit Error Rate</i>		
Mini OLT	Perbandingan	FTTH Eksisting
9.94×10^{-149}	<	6.51×10^{-88}

Dari Tabel 4.9 terlihat bahwa nilai *bit error rate* dari Mini OLT lebih kecil dari FTTH Eksisting, jadi dapat disimpulkan bahwa *bit error rate* perancangan Mini OLT lebih baik dari FTTH Eksisting.

4.2.5. *Bill of Quantity*

Pada suatu perancangan diperlukan *Bill of Quantity* / rencana anggaran dan biaya yang digunakan sebagai acuan rencana anggaran dan biaya yang diperlukan dalam membangun hasil perancangan jaringan. BoQ harus dibuat secara rinci untuk setiap bagian perangkat dan jasa yang diperlukan dari sentral hingga pelanggan.

Pada proyek akhir ini akan dibuat perbandingan BoQ antara perancangan Mini OLT dengan FTTH Eksisting. BoQ pada proyek akhir ini diperoleh dari hasil perancangan menggunakan *Smallworld*. Untuk perbandingan antara BoQ Mini OLT dengan FTTH Eksisting dapat dilihat pada tabel 4.10:

Tabel 4. 10 Perbandingan BoQ

<i>Bill of Quantity</i>			
Deskripsi	Mini OLT	Perbandingan	FTTH Eksisting
Pelanggan	1024	>	808
Total BoQ	Rp549.558.448,00;	<	Rp631.244.733,00;

Dari Tabel 4.10 dapat di lihat bahwa *Bill of Quantity* / Rencana Anggaran dan Biaya yang diperlukan untuk membangun jaringan Mini OLT lebih murah dari FTTH Eksisting walaupun jumlah pelanggan yang dapat dilayani Mini OLT lebih banyak dari FTTH Eksisting.

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa perancangan jaringan Mini OLT yang telah di paparkan pada BAB III dan BAB IV, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai *power link budget downstream* untuk jarak *link* terjauh berdasarkan hasil dari simulasi menggunakan *optisystem* adalah -21,597 dBm dan hasil dari perhitungan manual diperoleh -20,95. Sedangkan batas minimal kelayakan dari *power link budget* yang ditetapkan oleh PT Telkom Akses adalah -25 dBm. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa *power link budget downstream* dari perancangan jaringan Mini OLT layak untuk diterapkan.
- Hasil dari simulasi menggunakan *optisystem* untuk mengetahui nilai *power link budget upstream* dari jaringan terjauh pada perancangan Mini OLT adalah -7,361 dBm dan nilai *power link budget upstream* dari hasil perhitungan manual adalah -6,98 dBm. Sedangkan batas minimal kelayakan dari *power link budget* yang ditetapkan oleh PT Telkom Akses adalah -25 dBm. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa *power link budget upstream* dari perancangan jaringan Mini OLT layak untuk diterapkan.
- Batas nilai *rise time budget* untuk NRZ (*Non-Return-to-Zero*) adalah tidak melebihi 70% atau 0,2814 ns untuk *bit rate downstream* (2,4 GHz) dan 0,5833 ns untuk *bit rate upstream* (1,2 GHz). Sedangkan nilai *rise time budget* dari jarak terjauh pada perancangan jaringan Mini OLT sesuai dari perhitungan pada persamaan (3.13) dan (3.14) diperoleh adalah 0,25 ns, nilai tersebut tidak melebihi dari 70% batas dari nilai *rise time budget* NRZ. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan Mini OLT sudah layak ditinjau dari parameter *rise time budget*.
- Ditinjau dari hasil simulasi menggunakan *optisystem*, nilai *bit error rate* dari jarak terjauh pada perancangan jaringan Mini OLT adalah 9.94×10^{-149} . Sedangkan nilai maksimum dari BER yang diperbolehkan adalah 10^{-9} . Maka dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan Mini OLT sudah layak ditinjau dari parameter BER.
- Berdasarkan dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa perancangan jaringan Mini OLT lebih efisien dari FTTH tanpa Mini OLT karena pada perancangan jaringan Mini OLT digunakan *core* optik dari cadangan yang dimiliki dari teknologi MSAN sehingga menghemat *core* optik *feeser*. Selain itu, perancangan jaringan Mini OLT juga lebih efisien karena tidak perlu SiTAQ (*Site Aquitition*) untuk pemasangan ODC karena pada perancangan jaringan Mini OLT akan digunakan kabinet MSAN untuk menyimpan Mini OLT dan menggunakan kabinet MSAN sebagai fungsi dari ODC.
- Pada persamaan *power link budget downstream* perancangan Mini OLT baik dari FTTH Eksisting. Dilihat dari Tabel 4.6 nilai *power link budget downstream* dari Mini OLT adalah -21,597 dBm sedangkan FTTH Eksisting adalah -22,693 dBm. Terlihat bahwa nilai *power link budget downstream* dari perancangan Mini

- OLT lebih besar dari FTTH Eksisting. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan Mini OLT lebih unggul dari FTTH Eksisting ditinjau dari parameter *power link budget downstream*.
- g. Pada Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa nilai *power link budget upstream* perancangan Mini OLT lebih baik dari FTTH Eksisting. Pada perancangan Mini OLT nilai *power link budget upstream* adalah -7,631 dBm, sedangkan pada FTTH Eksisting nilai *power link budget upstream* adalah -8,672 dBm. Terlihat bahwa nilai *power link budget upstream* dari perancangan Mini OLT lebih besar dari FTTH Eksisting. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan Mini OLT lebih unggul dari FTTH Eksisting ditinjau dari parameter *power link budget upstream*.
 - h. Berdasarkan dari perhitungan dengan persamaan (4.1) dan (4.2), nilai dari *rise time budget* perancangan Mini OLT adalah 0,25 ns. Sedangkan berdasarkan dari perhitungan dengan persamaan (4.3) dan (4.4), nilai *rise time budget* dari FTTH Eksisting adalah 0,258 ns. Meskipun perbedaannya cukup kecil, dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan Mini OLT lebih unggul dari FTTH Eksisting ditinjau dari parameter *rise time budget*.
 - i. Hasil dari simulasi dengan menggunakan *optisystem* diperoleh nilai BER pada perancangan Mini OLT adalah 9.94×10^{-149} . Sedangkan hasil simulasi FTTH Eksisting diperoleh nilai BER 6.51×10^{-88} . Nilai BER dari FTTH Eksisting lebih besar dari nilai BER pada perancangan Mini OLT jadi dapat disimpulkan bahwa pada parameter BER perancangan Mini OLT lebih unggul dari FTTH Eksisting.
 - j. Pada parameter BoQ (*Bill of Quantity*), perancangan jaringan Mini OLT memerlukan dana sebesar Rp549.558.448,00; untuk melayani 1024 pelanggan. Sedangkan untuk FTTH tanpa Mini OLT memerlukan dana sebesar Rp631.244.733,00; untuk melayani 808 pelanggan. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa perancangan Mini OLT memerlukan dana lebih sedikit dari FTTH Eksisting walaupun perancangan Mini OLT melayani pelanggan lebih banyak. Sehingga perancangan Mini OLT lebih unggul dari FTTH Eksisting.

5.2. Saran

Berdasarkan dari hasil pengerjaan proyek akhir ini, penulis menemukan beberapa hal yang dapat disempurnakan dan dikembangkan lagi agar bisa menjadi lebih baik dari proyek akhir ini. Diharapkan saran ini dapat berguna bagi perancangan kedepannya, saran tersebut diantaranya:

- a. Perancangan jaringan dengan menggunakan teknologi Mini OLT sangat cocok dilakukan untuk proses migrasi di daerah yang sudah terpasang MSAN dan jarak antara MSAN dengan STO melebihi 20 km.
- b. Perancangan yang telah dibuat dapat di implementasikan sebagai cadangan apabila jaringan optik eksisting di kawasan Margahayu Raya telah terpakai semuanya dan memerlukan pemasangan baru.

Daftar Pustaka

- [1] Adiati, R.F. Kusumawardhani, A. & Setijono H. 2017. Analisa Parameter *Signal to Noise Rasio* dan *Bit Error Rate* dalam *Backbone* Komunikasi Fiber Optik Segmen Lamongan-Kebalen. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [2] Crisp, John & Elliott, Barry. 2005. Serat Optik: Sebuah Pengantar. Diterjemahkan oleh: Astranto, soni. Jakarta: Erlangga.
- [3] Damayanti, T.N. & Putri, H. 2014. Sistem Komunikasi Serat Optik. Bandung: HeryaMedia.
- [4] Dwi Hantoro, Gunadi & Karyada. 2013. Pengenalan FTTH. Jakarta: PT. Telkom.
- [5] Fauzi, L. 2018. Desain Jaringan Fiber To The Building Pada High Rise Building di Bandung Technoplex Living Apartement. Bandung: Universitas Telkom.
- [6] ITU-T. 2008. *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General Characteristics*.
- [7] Kholifah, N. & Ulfah, M. 2016. Perbandingan Kualitas Jaringan Teknologi MSAN dan GPON Pada Layanan Triple Play di PT. Telkom. Balikpapan: Politeknik Negri Balikpapan.
- [8] Opterna. Datasheet DSFO06022AR
- [9] Prihastanto, W.K. 2018. Perancangan Migrasi MSAN ke FTTH di Perumahan Baturaden dan Buana Citra Ciwastra. Bandung: Universitas Telkom
- [10] Rohimah, R. Damayanti, T.N. & Aryanti, Y. 2017. Perancangan Jaringan Fiber To The Home di STO Sukabumi Dengan Menggunakan Aplikasi GE Smallworld. Bandung: Universitas Telkom.
- [11] SKO, L. 2017. Modul Praktikum Sistem Komunikasi Optik Fakultas Ilmu Terapan. Bandung: Lab. SKO FIT Universitas Telkom.
- [12] Voksel Electronic. *Fiber Optic Cable*.
- [13] ZTE. ZXA10 C320 Datasheet.
- [14] ZTE. ZXHN F601 Datasheet.