

## PERANCANGAN DAN ANALISIS JARINGAN FIBER TO THE HOME DENGAN TEKNOLOGI GPON (*GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK*) DI AREA KELURAHAN SRAGEN TENGAH

### *DESIGN AND ANALYSIS FIBER TO THE HOME NETWORK WITH GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) TECHNOLOGY AT SRAGEN TENGAH AREA*

Haris Bacharudin Rahman<sup>1</sup>, Ir. Sugito, S.Si., M.T.<sup>2</sup>, Irvan Zulfi Akbar<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>3</sup>PT. Telkom Akses Witel Solo

<sup>1</sup>[harisbacharudin@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:harisbacharudin@students.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[sugito@telkomuniversity.ac.id](mailto:sugito@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[akbar.irvanzulfi@gmail.com](mailto:akbar.irvanzulfi@gmail.com)

#### Abstrak

Berkembangnya teknologi jaringan akses serat optik dari teknologi akses optik aktif hingga pasif semakin baik, salah satu diantaranya jaringan akses serat optik berbasis PON. GPON (Gigabit Passive Optical Network) merupakan suatu teknologi akses yang dikategorikan sebagai Broadband Access berbasis kabel serat optik. Perancangan FTTH memilih Kelurahan Sragen Tengah yang berada di wilayah PT. Telkom Witel Solo dengan menggunakan teknologi GPON

Dalam tugas akhir ini, dilakukan survey pengumpulan data menggunakan GPS. Kemudian dilakukan perancangan jaringan FTTH (*Fiber To The Home*) menggunakan teknologi GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) yang hasilnya nanti di uji kelayakan sistem dengan melihat parameter antara lain *Link Power Budget* dan *Rise Time Budget*. Nilai parameter tersebut dihitung secara manual dan akan dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *OptiSystem*. Lalu parameter lainnya adalah *Bit Error Rate* (BER) untuk performansi sistem, nilai ini dapat dilihat dengan simulasi perancangan pada *Optisystem*.

Hasil perhitungan manual *link power budget* adalah total redaman yang dihasilkan untuk jarak terjauh sebesar 19,91096 dB untuk *downstream* dan 4,78096 dB untuk *upstream*. Hasil perhitungan tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan oleh ITU-T dan PT. Telkom, yaitu sebesar 28 dBm. Berdasarkan nilai total redaman pada jarak terjauh didapatkan nilai daya terima sebesar - 22,91096 dBm untuk *downstream* dan -10,28096 dBm untuk *upstream*. Untuk nilai *rise time budget* didapatkan nilai waktu batasan sebesar 0,28135 ns dan hasil nilai  $t_{system}$  sebesar 0,252662379 ns untuk *downstream*. Dan didapatkan nilai waktu batasan sebesar 0,5627 ns dan hasil nilai  $t_{system}$  sebesar 0,250182259 ns untuk *upstream*. Hasil *rise time budget* yang didapatkan bernilai baik karena nilai  $t_{system}$  lebih kecil dari nilai batasan waktu. Untuk parameter performansi sistem yaitu BER yang dihasilkan dari simulasi pada *OptiSystem*, didapatkan nilai BER *downstream* sebesar  $3,50184 \times 10^{-128}$  dan  $1,58392 \times 10^{-242}$  untuk *upstream*. Nilai tersebut memenuhi nilai minimum BER untuk optik sebesar  $10^{-9}$ .

**Kata kunci:** *Bit Error Rate*, FTTH, GPON, Kelurahan Sragen Tengah, *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, *OptiSystem*

#### Abstract

*The development of fiber optic access network technology from active to passive optical access technology is getting better, one of which is competition for access to PON-based optical fiber. GPON (Gigabit Passive Optical Network) is an access technology that is categorized as Broadband Access based on fiber optic cable. The FTTH design chose Kelurahan Sragen Tengah in the area of PT. Telkom Witel Solo using GPON technology.*

*In this final project, data collection surveys using GPS were conducted. Then the FTT (Fiber To The Home) network design using GPON technology (Gigabit Passive Optical Network), the results of which will be tested for the feasibility of the system by looking at parameters such as Link Power Budget and Rise Time Budget. The parameter values are calculated manually and will be compared with the simulation results using OptiSystem software. Then the other parameter is the Bit Error Rate (BER) for system performance, this value can be seen with a design simulation at Optisystem.*

*The result of manual link power budget calculation is the total attenuation generated for the farthest distance of 19.91096 dB for downstream and 4.78096 dB for upstream. The calculation results meet the standards set by ITU-T and PT. Telkom, which is equal to 28 dBm. Based on the total attenuation value at the farthest distance, the value of receiving power is - 22.91096 dBm for downstream and -10.28096 dBm for upstream. For the rise time budget value, the time limit value is 0.28135 ns and the  $t_{system}$  value is 0.252662379 ns for downstream. And the time limit value obtained is 0.5627 ns and the result of  $t_{system}$  value is 0.250182259 ns for upstream. The obtained rise time budget results are good because the  $t_{system}$  value is smaller than the time limit value. For system performance parameters, namely BER, which is generated from a simulation at OptiSystem, the BER downstream value is  $3.50184 \times 10^{-128}$  and  $1.58392 \times 10^{-242}$  for upstream. This value satisfies the minimum value for optical BER of  $10^{-9}$ .*

**Keyword :** *Bit Error Rate*, FTTH, GPON, Kelurahan Sragen Tengah, *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, *OptiSystem*

## 1. Pendahuluan

*Fiber To The Home* memakai koneksi Internet *broadband* yang menggunakan kabel serat optik untuk pengguna personal atau rumahan. Seperti yang sudah diketahui, sistem berbasis optik dapat menghantarkan beragam informasi digital, seperti suara, video, data, dan sebagainya secara lebih efektif. Guna memenuhi kebutuhan itu diperlukan suatu jaringan yang handal, dengan kapasitas menampung *bandwidth* yang besar dengan kemudahan penambahan kapasitas, performansi yang lebih baik, tingkat ketersediaan yang tinggi, dan fleksibilitas yang baik. Metode akses *broadband* seperti ADSL dan LAN memiliki akses jarak dekat, *bandwidth* yang terbatas, dan tingkat keamanan yang tidak tinggi. Karena itu, perlu adanya teknologi jaringan akses serat optik.

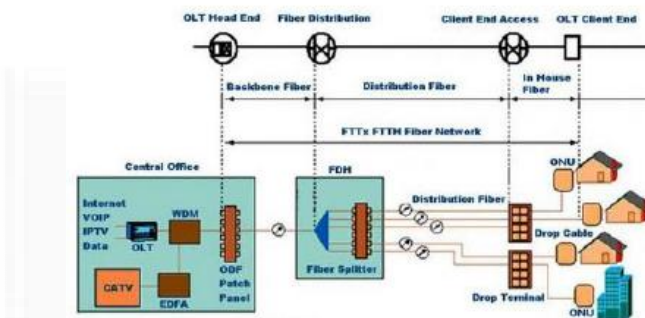
Agar dapat memenuhi tingkat kebutuhan masyarakat akan informasi dengan *bandwidth* yang lebih besar, industri telekomunikasi mulai memperkenalkan teknologi baru yang mampu memberikan layanan *broadband*. Sesuai dengan proyek PT. Telkom : TT.10. No:01/DINTEK/30/2002 untuk memaksimalkan medium transmisi optik sehingga penerapan jaringan optik secara umum dan FTTH secara khusus, dengan periode 25-50 tahun ke depan sejak dikeluarkan proyek tersebut, dapat meringankan kerja penyedia jaringan dalam hal perawatan dan perbaikan serta dari segi pelanggan dapat menikmati layanan yang beragam (tidak hanya telepon saja).

Berkembangnya teknologi jaringan akses serat optik dari teknologi akses optik aktif hingga pasif semakin baik, salah satu diantaranya jaringan akses serat optik berbasis PON. GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) merupakan suatu teknologi akses yang dikategorikan sebagai *Broadband Access* berbasis kabel serat optik. Dalam perancangan FTTH di wilayah PT.Telkom Witel Solo menggunakan teknologi GPON.

## 2. Dasar Teori dan Perancangan

### 2.1. Arsitektur *Fiber To The Home* (FTTH)

FTTH merupakan jaringan optik dari *provider* ke pelanggan. Multiplex dari sinyal optik dibawa ke *splitter* dalam sebuah alat yang dekat dengan lokasi pemakai. Jenis dan spesifikasi *splitter* juga berbeda-beda. Sehingga dengan menggunakan teknologi FTTH akan banyak pelanggan yang dapat menikmati layanan *triple play*. ONU (*Optical Network Unit*) harus diinstalasi pada akhir jaringan. Pada Gambar 2. dijelaskan mengenai topologi sistem FTTH.



Gambar 2.1 Arsitektur FTTH<sup>[2]</sup>

Jarak antara pusat layanan dengan pelanggan dapat berkisar 20 km. Dimana pusat pengantar disebut sebagai CO (*Central Office*), disini terdapat peralatan yang disebut dengan OLT (*Optical Line Terminal*). Kemudian dari OLT ini dihubungkan terlebih dahulu kepada Main Pos menggunakan FO (Fiber Optik), *Jumper Cable* (*Patch Cord*). Lalu setelah itu dihubungkan kepada Sub POS dan dihubungkan kepada ONU yang ditempatkan di rumah-rumah pelanggan melalui jaringan OTB (*Optical Distribution Network*). Perangkat ONU digunakan oleh pelanggan untuk layanan data (Internet), suara (Telepon), dan video (TV Kabel).

### 2.2. Network dan Komponen FTTH

Secara umum jaringan FTTH dapat dibagi menjadi 4 segmen catuan kabel selain perangkat aktif seperti OLT dan ONU/ONT, yaitu:

#### 1. Segmen A: Catuan kabel Feeder

Kabel Feeder adalah kabel fiber optik yang menghubungkan antara 2 perangkat yaitu ODF disisi STO dan ODC di *outdoor*. Kabel *feeder* yang keluar dari STO minimal kapasitas 96 core baik untuk untuk sistem Duct maupun *serial* dengan tipe kabel G. 652 D.

#### 2. Segmen B: Catuan kabel Distribusi

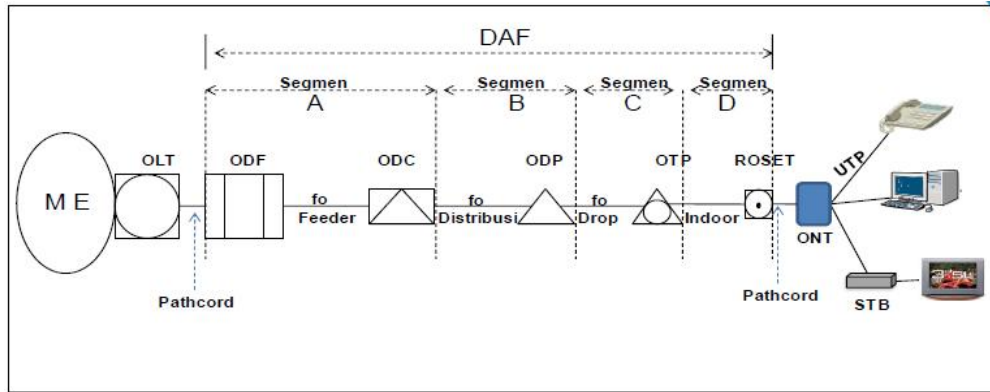
Kabel distribusi adalah kabel fiber optik yang menghubungkan antara 2 perangkat yaitu ODC dengan ODP, apabila kesulitan untuk penempatan ODC dan *demand* yang dekat dengan catuan STO dimungkinkan juga menggunakan sistem Fiber Catu Langsung (FCL).

#### 3. Segmen C: Catuan kabel Penanggal/Drop

Kabel penanggal adalah kabel fiber optik yang menghubungkan antara 2 perangkat yaitu ODP dengan OTP.

#### 4. Segmen D: Catuan kabel Rumah/Gedung

Kabel *indoor* adalah kabel fiber optik yang menghubungkan OTP dengan Roset.



Gambar 2.3 Segmen FTTH<sup>[2]</sup>

2.3. Gigabit Passive Optical Network<sup>[1]</sup>

GPON merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984 dan hingga kini bersaing dengan GEAPON (*Gigabit Ethernet PON*), yaitu PON versi IEEE yang berbasis teknologi Ethernet. GPON mempunyai dominansi pasar yang lebih tinggi dan *roll out* lebih cepat dibanding penetrasi GEAPON. Standar G.984 mendukung *bit rate* yang lebih tinggi, perbaikan keamanan, dan pilihan protokol layer 2 (ATM, GEM, atau Ethernet). Baik GPON ataupun GEAPON, menggunakan serat optik sebagai medium transmisi. Satu perangkat akan diletakkan pada sentral, kemudian akan mendistribusikan trafik *Triple Play* (Suara/VoIP, Multi Media/Digital Pay TV dan Data/Internet) hanya melalui media 1 *core* kabel optik disisi *subscriber* atau pelanggan.

Yang menjadi ciri khas dari teknologi ini dibanding teknologi optik lainnya semacam SDH adalah teknik distribusi trafik dilakukan secara pasif. Dari sentral hingga ke arah *subscriber* akan didistribusikan menggunakan splitter pasif (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64).

GPON menggunakan TDMA sebagai teknik *multiple access upstream* dengan *data rate* sebesar 1.2 Gbps dan menggunakan *broadcast* kearah *downstream* dengan data rate sebesar 2.5 Gbps. Model paketisasi data menggunakan GEM (GPON Encapsulation Methode) atau ATM cell untuk membawa layanan TDM dan *packet based*. GPON jadi memiliki efisiensi bandwidth yang lebih baik dari BPON (70 %), yaitu 93 %.

GPON merupakan teknologi FTTx yang dapat mengirimkan informasi sampai ke pelanggan menggunakan kabel optik. Prinsip kerja dari GPON, ketika data atau sinyal dikirimkan dari OLT, maka ada bagian yang bernama *splitter* yang berfungsi untuk memungkinkan serat optik tunggal dapat mengirim ke berbagai ONU, untuk ONU sendiri akan memberikan data-data dan sinyal yang diinginkan pelanggan. Pada prinsipnya, PON adalah sistem *point to multipoint*, yang menggunakan *splitter* sebagai pembagi jaringannya. Arsitektur sistem GPON berdasarkan pada TDM (*Time Division Multiplexing*) sehingga mendukung layanan T1, E1 dan DS3.

2.4. Parameter Kelayakan Perencanaan

1. Rise Time Budget<sup>[5]</sup>

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu *link* serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan.

$$t_r = \frac{0,7}{Br} \tag{1}$$

$$T_{material} = \Delta\sigma \cdot L \cdot Dm \tag{2}$$

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{material}^2 + t_{modus}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \tag{3}$$

Keterangan :

Br = Bit rate (Gbps)

t<sub>tx</sub> = Rise time transmitter (ns)

t<sub>rx</sub> = Rise time receiver (ns)

t<sub>modus</sub> = bernilai nol (untuk serat optik *single mode*)

t<sub>material</sub> = Δσ x L x Dm

Δσ = Lebar spektral (nm)

L = Panjang serat optik (Km)

Dm = Dispersi Material (ps/nm.Km)

2.6.1 Link Power Budget<sup>[4]</sup>

Link Power budget digunakan untuk mengetahui redaman total yang diijinkan daya keluar pemancar dan sensitivitas penerima. Batasan redaman total tersebut diperhitungkan dari redaman konetor, sambungan, dan redaman dari serat itu sendiri sehingga dengan perhitungan redaman tersebut akan berpengaruh pada:

1. Jarak transmisi pengirim dan penerima
2. Jumlah repeater yang dibutuhkan
3. Margin Loss yang diberikan

Untuk menghitung *Link power budget* dapat dihitung dengan rumus:

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \tag{4}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{tot} - SM \tag{5}$$

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{tot} - SM \tag{6}$$

Keterangan :



Pt	= Daya keluaran sumber optik ( dBm)	$\alpha$ s	= Redaman sambungan ( dB/sambungan)
Pr	= Sensitivitas daya maksimum detektor (dBm)	$\alpha$ serat	= Redaman serat optik ( dB/ Km)
SM	= Safety margin, 6 dB	Ns	= Jumlah sambungan
$\alpha$ tot	= Redaman Total sistem (dB)	Nc	= Jumlah konektor
L	= Panjang serat optik ( Km)	Sp	= Redaman Splitter (dB)
$\alpha$ c	= Redaman Konektor (dB/buah)	M	= Margin Daya

**2.5. Perancangan Sistem**

Sesuai diagram alir proses pengerjaan tugas akhir ini akan dimulai dengan menentukan lokasi yang akan dikerjakan. Penentuan lokasi dan jenis layanan merupakan 2 hal yang biasanya dilakukan oleh pihak bisnis dan untuk pihak bagian project hanya memberikan saran. Untuk eksekusi biasanya akan dilakukan setelah mendapat persetujuan dari PT. Telkom. Kemudian dilanjutkan dengan mengumpulkan kebutuhan bandwidth pelanggan.

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, kemudian melakukan perancangan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON. Selanjutnya melakukan spesifikasi perangkat yang akan diimplementasikan nantinya, menentukan jumlah dan letak perangkat.



Daerah Sragen adalah salah satu daerah pengembangan proyek penggelaran fiber optik dari tembaga menjadi FO. Project ini mempunyai skala daerah yang sangat luas, termasuk salah satunya di daerah ini. Kali ini lokasi yang akan dikerjakan adalah daerah Kelurahan Sragen Tengah di Kabupaten Sragen. Karena pada STO sudah didukung dengan teknologi GPON maka memungkinkan untuk diimplementasikan teknologi GPON pada FTTH. Lokasi Pengerjaan Tugas Akhir dalam Google Earth.



**Gambar 2.4** Lokasi Pengerjaan pada Google Earth

Setelah selesai menentukan posisi pengerjaan maka selanjutnya akan dilakukan proses pengumpulan data, dengan melakukan survey on site. Survey dilakukan dengan menggunakan GPS dengan tujuan untuk melihat daerah kerja secara langsung. Data yang dikumpulkan pada saat melakukan survey, antara lain seperti:

- a. menentukan posisi STO yang akan digunakan
- b. menentukan posisi ODC
- c. melihat posisi pelanggan dan pertumbuhan pelanggan
- d. menentukan skema penarikan kabel feeder dan distribusi
- e. menentukan posisi tiang

Survey lokasi ini dilakukan sebagai proses validasi perancangan yang sudah ada serta untuk menentukan posisi STO yang digunakan, menentukan posisi ODP, menentukan posisi ODC, melihat posisi pelanggan dan kemungkinan pertumbuhan pelanggan. Survey ini juga dilakukan untuk melihat akan ada penambahan atau pergeseran posisi ODP atau ODC. Pada proses survey lokasi ini atau tagging menggunakan GPS yang telah diinstal *Google Earth*. Tampilan Hasil Tagging Menggunakan GPS pada *Google Earth* pada halaman lampiran. Perancangan kali ini tidak ditemukan kesalahan besar hanya ada penambahan tiang dan pergeseran tiang yang kurang presisi dengan jalan.

Perlu diperhatikan sebelum merubah gambar dari google earth ke autocad pastikan reset terlebih dahulu view pada google earth. Supaya gambar yang kita dapat sesuai dengan utara mata angin dan pengambilan gambar tegak lurus supaya memudahkan pada realisasinya. Lalu langkah selanjutnya adalah proses copy gambar dari Google Earth ke AutoCad. Pada proses ini diusahakan desainnya sama jika tidak, setidaknya mendekati mengingat ruang gambar yang terbatas. Untuk hasil gambar pada Auto Cad dapat dilihat pada halaman lampiran.

Menentukan arsitektur GPON pada daerah perancangan yang akan dikerjakan merupakan tahapan yang penting supaya dapat mengetahui secara pasti perangkat dan jumlah core yang dibutuhkan. Diketahui saat melakukan survey lokasi didapatkan 1250 homepass. FTTH diketahui menggunakan 2 tahap dan passive splitter yang digunakan adalah 1:4 pada ODC dan 1:8 pada ODP. Maka dapat dirancang sebagai berikut.

1. Jumlah passive splitter pada ODP =  $746/8 = 94$
2. Jumlah core optik untuk kabel distribusi = 94
3. Jumlah core optik untuk kabel feeder =  $94/4 = 24$
4. Jumlah passive splitter di ODC = 24
5. Kapasitas ODC yang dibutuhkan = 96
6. Kabel distribusi yang digunakan adalah 4 jalur, maka digunakan kabel distribusi dengan kapasitas = 24 core

### 3. Analisis Kelayakan

#### 3.1. Link Power Budget

Perhitungan *link power budget* digunakan untuk mengetahui Batasan redaman total yang dapat ditolerir antara daya keluaran pemancar dan sensitivitas penerima. Daya yang dizinkan dalam teknologi GPON adalah sebesar -28 dBm. Perhitungan *link power budget* berdasarkan standar IEEE 802.3 a.h dan juga standarisasi yang dimiliki oleh PT. Telkom.

Perhitungan link power budget pada GPON akan dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk perhitungan *downstream* dan *upstream*. Selain itu, perhitungan ini dilakukan pada jarak terdekat dan jarak terjauh, karena teknologi GPON memiliki Panjang asimetrik dalam pentransmisiannya.. Panjang gelombang yang akan digunakan adalah 1310 nm untuk *upstream* sedangkan untuk 1490 nm untuk *downstream*.

Perhitungan link power budget dengan jarak terjauh 2,682 km

#### Downstream

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{tot}} &= L \cdot \alpha_{\text{serat}} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp_{1:4} + Sp_{1:8} \\ \alpha_{\text{tot}} &= (2,682 \times 0,28) + (4 \times 0,25) + (2 \times 0,2) + ((1 \times 7,25) + (1 \times 10,38)) \\ &= 0,75096 + 1 + 0,4 + 17,63 \\ &= 19,78096 \text{ dB}\end{aligned}$$

Nilai redaman tersebut berada dibawah nilai redaman maksimal yang ditentukan oleh ITU-T serta PT. Telkom, yaitu sebesar 28 dB, maka link ini memenuhi syarat dari sisi total redaman. Maka setelah itu didapatkan nilai  $P_{rx}$  seperti dibawah ini :

$$\begin{aligned}P_{rx} &= P_{tx} - \alpha_{\text{tot}} - SM \\ &= 3 - 19,78096 - 6 \\ &= - 22,78096 \text{ dBm}\end{aligned}$$

Maka,  $P_r \geq$  Sensitivitas detektor  
= - 22,78096 dBm  $\geq$  -29 dBm

Nilai  $P_{rx}$  harus lebih besar atau sama dengan sensitivitas detector agar penerima dapat bekerja dengan baik. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan bahwa nilai  $P_{rx}$  adalah -22,78096 dBm. Hal ini membuktikan bahwa perancangan dengan daya awal 3dB masih memenuhi persyaratan dari perangkat untuk nilai minimum daya terima yaitu sebesar -29 dBm dan ketentuan dari ITU-T dan PT. Telkom, yaitu nilai minimum untuk daya terima adalah sebesar -28 dBm.

Perhitungan untuk nilai margin adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}M &= (P_{tx} - P_{rx}) - \alpha_{\text{tot}} - SM \\ M &= (3 - (-29)) - 19,78096 - 6 \\ M &= 6,21904 \text{ dB}\end{aligned}$$

Nilai M yang didapatkan dari perhitungan diatas adalah sebesar 6,21904 dB. Nilai M yang didapatkan dari perhitungan tersebut masih berada diatas 0. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *link downstream* tersebut memenuhi kelayakan *link power budget*.

#### Upstream

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{tot}} &= L \cdot \alpha_{\text{serat}} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp_{1:4} + Sp_{1:8} \\ \alpha_{\text{tot}} &= (2,682 \times 0,35) + (4 \times 0,25) + (2 \times 0,2) + ((1 \times 1,25) + (1 \times 1,38)) \\ &= 0,9387 + 1 + 0,4 + 2,63 \\ &= 4,9687 \text{ dB}\end{aligned}$$

Nilai redaman tersebut berada dibawah nilai redaman maksimal yang ditentukan oleh ITU-T serta PT. Telkom, yaitu sebesar 28 dB, maka link ini memenuhi syarat dari sisi total redaman. Maka setelah itu didapatkan nilai  $P_{rx}$  seperti dibawah ini :

$$\begin{aligned}P_{rx} &= P_{tx} - \alpha_{\text{tot}} - SM \\ &= 0,5 - 4,9687 - 6 \\ &= -10,4687 \text{ dBm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka, } P_r &\geq \text{Sensitifitas detektor} \\ &= -10,4687 \text{ dBm} \geq -29 \text{ dBm}\end{aligned}$$

Nilai  $P_{rx}$  harus lebih besar atau sama dengan sensitivitas detector supaya penerima dapat bekerja dengan baik. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan bahwa nilai  $P_{rx}$  adalah -10,4687 dBm. Hal ini membuktikan bahwa perancangan dengan daya awal 0,5 dB masih memenuhi persyaratan dari perangkat untuk nilai minimum daya terima yaitu sebesar -29 dBm dan ketentuan dari ITU-T dan PT. Telkom, yaitu nilai minimum untuk daya terima adalah sebesar -28 dBm.

Perhitungan untuk nilai margin adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}M &= (P_{tx} - P_{rx}) - \alpha_{\text{tot}} - SM \\ M &= (0,5 - (-29)) - 10,4687 - 6 \\ M &= 13,0313 \text{ dB}\end{aligned}$$

Nilai M yang didapatkan dari perhitungan diatas adalah sebesar 13,0313 dB. Nilai M yang didapatkan dari perhitungan tersebut masih berada diatas 0. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *link upstream* tersebut memenuhi kelayakan *link power budget*.

### 3.2. Rise Time Budget

*Rise time budget* merupakan metode yang digunakan untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Metode ini sangatlah berguna untuk menganalisis sistem transmisi digital, yang bertujuan untuk menganalisis kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas yang diinginkan. Rise time budget sendiri menggunakan 2 jenis pengkodean, yaitu pengkodean NRZ (non-return-to-zero) dan pengkodean RZ (return-to-zero).

Spesifikasi alat untuk perhitungan *rise time budget* :

- Panjang Gelombang : 1310nm dan 1490nm
- Lebar Spektral (OLT/ONU) ( $\Delta\sigma$ ) : 1nm / 1nm
- Rise time sumber cahaya (OLT/ONU) ( $t_{tx}$ ) :  $150 \times 10^{-3} \text{ ns} / 200 \times 10^{-3} \text{ ns}$
- Dispersi material (1310) (Dm) : 3,56 ps/nm.Km
- Dispersi material (1490) (Dm) : 13,64 ps/nm.Km
- Rise time receiver (OLT/ONU) ( $t_{rx}$ ) :  $150 \times 10^{-3} \text{ ns} / 200 \times 10^{-3} \text{ ns}$
- Bit rate downstream : 2,488 Gbps
- Bit rate upstream : 1,244 Gbps

Perhitungan *rise time budget* dengan jarak terjauh 2,682 km:

#### Downstream

$$tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{2,488 \times 10^9} = 0,28135 \text{ ns}$$

menentukan  $T_{\text{material}}$

$$\begin{aligned}T_{\text{material}} &= \Delta\sigma \cdot L \cdot Dm \\ &= 1 \text{ nm} \cdot 2,682 \text{ km} \cdot 0,01364 / \text{nm Km} \\ &= 0,03658248 \text{ ns}\end{aligned}$$

$T_{\text{modul}} = 0$ , karena serat optik singlemode

$$\begin{aligned}\text{Maka, } t_{\text{system}} &= (t_{tx}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{modul}}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \\ &= [(0,15)^2 + (0,03658248)^2 + (0)^2 + (0,2)^2]^{1/2} \\ &= 0,252662379 \text{ ns}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, maka didapatkan  $t_{\text{system}}$  sebesar 0,252662379 ns. Nilai tersebut berada jauh dibawah nilai maksimum rise time sinyal NRZ yang bernilai 0.28135 ns. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem perencanaan jaringan FTTH ini memenuhi kelayakan *rise time budget* untuk *downstream*.

#### Upstream

$$tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{1,244 \times 10^9} = 0,5627 \text{ ns}$$

menentukan  $T_{\text{material}}$

$$T_{\text{material}} = \Delta\sigma \cdot L \cdot Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \cdot 2,682 \text{ km} \cdot 0,00356 \text{ ns/nm Km}$$

$$= 0,00954792 \text{ ns}$$

$T_{\text{modul}} = 0$ , karena serat optik singlemode

Maka,  $t_{\text{system}} = (t_{\text{rx}}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{modul}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2}$   
 $= [(0,15)^2 + (0,00954792)^2 + (0)^2 + (0,2)^2]^{1/2}$   
 $= 0,250182259 \text{ ns}$

Dari perhitungan diatas, maka didapatkan  $t_{\text{system}}$  sebesar 0,250182259 ns. Nilai tersebut berada jauh dibawah nilai maksimum rise time sinyal NRZ yang bernilai 0.5627 ns. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem perencanaan jaringan FTTH ini memenuhi kelayakan *rise time budget* untuk *upstream*.

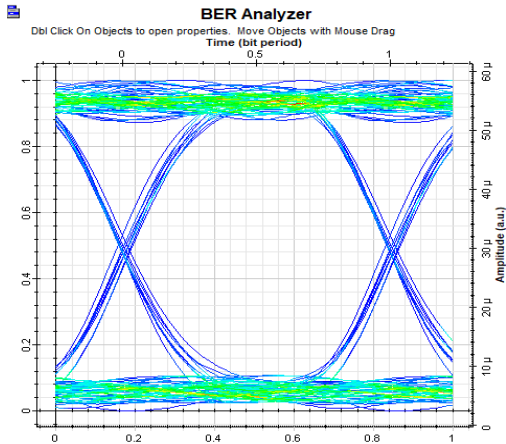
Analisis kelayakan sistem yang telah direncanakan seperti yang telah dilakukan pada bab perancangan dapat dilihat dari nilai Ttot pada hasil *Rise Time Budget*. Nilai Ttot yang diperoleh dari jarak terjauh yaitu 2,682 km sebesar 0,252662379 ns dan *equivalent rise time* (tr) sebesar 0,5834 ns untuk arah *downstream*. Sedangkan untuk *upstream* pada jarak terjauh 0,250182259 ns.

**3.3. Analisis BER menggunakan OptiSystem**

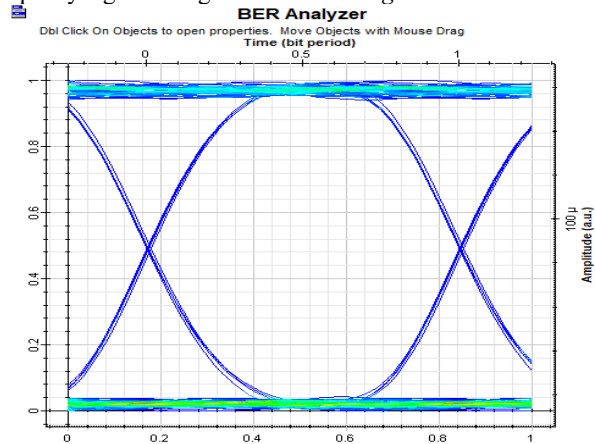
Pada perancangan ini perhitungan Bit Error Rate (BER) akan menggunakan simulasi dengan sebuah perangkat lunak berupa *OptiSystem*. Perangkat yang digunakan pada simulasi disesuaikan dengan spesifikasi perangkat asli yang digunakan supaya hasil yang didapatkan mendekati *real*. Simulasi yang akan dibuat adalah *link downstream* dan *upstream* untuk jarak OLT-ONT terjauh.

Berdasarkan perancangan tersebut hasil nilai BER yang didapatkan adalah sebesar  $4,16887 \times 10^{-98}$  dengan nilai maksimal Q faktor sebesar 20,9885. Karena nilai tersebut lebih kecil dari nilai BER ideal untuk transmisi pada serat optik sebesar  $10^{-9}$  sehingga bisa dikatakan performansi sistem pada perancangan ini sangat baik. Diagram mata untuk downstream dapat dilihat pada gambar berikut.

Untuk perancangan *link upstream*, letak ONT dengan jarak terjauh akan dijadikan sebagai *transmitter link upstream* karena dilihat dari sisi pelanggan maka pemakaian *passive splitter* digantikan dengan *passive combiner* dengan spesifikasi redaman adalah nilai redaman ideal. Lalu untuk port yang tidak digunakan diberikan *ground/null*.



Gambar 3.1 Diagram Mata untuk Downstream



Gambar 3.2 Diagram Mata untuk Upstream

**4. Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut.

1. Berdasarkan perhitungan kelayakan sistem *link power budget* didapatkan redaman total pada jarak terjauh yaitu 2.682 km sebesar 19,91096 dB arah *downstream* dengan nilai  $P_{\text{rx}}$  sebesar -22,91096 dBm dan untuk arah *upstream* redaman total sebesar 4,78096 dB dengan nilai  $P_{\text{rx}}$  sebesar -10,28096 dBm. Dari hasil perhitungan dapat diartikan bahwa masih berada diatas standar yang ditetapkan ITU-T dan PT. Telkom sebesar -28 dBm.
2. Berdasarkan perhitungan kelayakan sistem *rise time budget*. Didapatkan nilai batas maksimum untuk *downstream* sebesar 0,28135 ns dengan nilai  $t_{\text{system}}$  sebesar 0,252662379 ns dan nilai batas maksimum untuk *upstream* sebesar 0,5627 ns dengan nilai  $t_{\text{system}}$  sebesar 0,250182259 ns. Nilai  $t_{\text{system}}$  keduanya masih berada dibawah dari nilai batas maksimum yang didapatkan.
3. Jumlah perangkat yang dibutuhkan pada perancangan ini adalah OLT sebanyak satu buah yang diletakkan pada *Central Office*, ODC sebanyak satu buah yang diletakkan ditengah daerah perancangan, ONT sebanyak 750 buah yang diletakkan pada sisi pelanggan, ODP sebanyak 94 buah yang diletakkan pada tiang sepanjang jalur distribusi, *passive splitter* 1:4 sebanyak 1 buah yang berada pada ODC, *passive splitter* 1:8 sebanyak 94 buah pada setiap ODP. Untuk kabel *feeder* jenis serat G.652.D dengan kapasitas 288 *core* sepanjang 0,962 Km, kabel distribusi jenis serat G.652.D kapasitas 24 *core* sepanjang 5,688 Km, kabel drop yang digunakan untuk ODP sampai ONT/pelanggan 37,5 Km, jumlah tiang yang digunakan sebanyak 122 buah tiang eksisting dan 38 tiang baru.
4. Berdasarkan hasil simulasi perancangan dengan menggunakan perangkat lunak *OptiSystem* dengan melihat nilai BER, kualitas transmisi ini baik. Nilai BER yang didapatkan pada simulasi sebesar  $3,50184 \times 10^{-128}$  untuk



*downstream* dan  $1.58392 \times 10^{-242}$  atau mendekati nol untuk *upstream*. Nilai ideal untuk bit error rate pada serat optik adalah  $10^{-9}$ .

5. Pada perhitungan *Link Power Budget* yang telah diketahui, maka semakin panjang penggunaan kabel dan semakin banyaknya sambungan maka semakin besar redaman yang akan didapatkan.

Saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Diharapkan ditambahkan analisis parameter dari sisi biaya yaitu *Bill of Quantity*.
2. Pada perancangan ini hanya dapat memenuhi maksimal 768 homepass, diharapkan pada perancangan berikutnya bisa memenuhi 1250 homepass.

**Daftar Pustaka:**

- [1] Faruqi, Ismail. 2014. STUDI PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* (FTTH) DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK* (GPON) DI PERUMAHAN CBD POLONIA MEDAN [Jurnal]. Medan:Universitas Sumatera Utara
- [2] Gita, Ignitia. PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* (FTTH) DENGAN TEKNOLOGI *GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK* (GPON) DI PRIVATE VILLAGE, CIKONENG [Jurnal]. Bandung:Universitas Telkom
- [3] Pedoman Desain Jaringan FTTH PT.Telekomunikasi Indonesia Tbk. Vers.1
- [4] Pedoman Desain Jaringan FTTH PT.Telekomunikasi Indonesia Tbk. Tahun 2013
- [5] Ramadhan, Muhammad. 2012. PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* (FTTH) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK* (GPON) DI PERUMAHAN SETRADUTA BANDUNG [Jurnal]. Bandung : Institut Teknologi Telkom
- [6] Toago, Sembara P. PERANCANGAN JARINGAN *FIBER TO THE HOME* (FTTH) BERTEKNOLOGI *GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK* (GPON) DI PERUMAHAN CITRALAND PALU [Jurnal]. Palu:Universitas Tadulako