

**ANALISA DAN OPTIMASI JARINGAN *FIBER TO THE HOME (FTTH)* DI PERUMAHAN
CIGANITRI INDAH RESIDENCE KABUPATEN BANDUNG**

***ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF FIBER TO THE HOME (FTTH) NETWORK
IN CIGANITRI INDAH RESIDENCE HOUSING, BANDUNG DISTRICT***

Muhammad Rifqi Farisan^[1], Tri Nopiani Damayanti, S.T., M.T.^[2], Adi Putra Satya, S.T.^[3]
Program Studi D3 Teknologi Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi No.1 Dayeuhkolof Bandung 40257 Indonesia
kikifarisan39@gmail.com, damayanti@tass.telkomuniversity.ac.id, aputrasatya@gmail.com

Abstrak

Dalam penelitian ini dilakukan analisa dan optimasi jaringan FTTH di perumahan Ciganitri Kabupaten Bandung berdasarkan data dari pelanggan komplain dan juga meliputi perhitungan parameter kelayakan jaringan yaitu *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, dan *Bit Error Rate (BER)* dengan bantuan *software Optisystem*. Pada jaringan FTTH di perumahan Ciganitri Kabupaten Bandung telah terpasang perangkat GPON bersentral di STO Telkom Cijaura dan memiliki perangkat 1 ODC dengan *passive splitter* 1:32 serta memiliki 123 ONT.

Hasil uji *link* terbukti bahwa jaringan yang telah terimplementasi FTTH ini belum memenuhi standar jaringan yang ditentukan oleh PT. Telkom. Pada panjang gelombang 1550 nm (*Downstream*) memiliki nilai BER sebesar 0.000203179, nilai *power link budget* dengan perhitungan manual sebesar -26.425 dBm, perhitungan dengan *Optisystem* sebesar -34.901 dBm dan *rise time budget* sebesar 0.2681 ns. Pada panjang gelombang 1310 nm (*Upstream*) memiliki nilai BER sebesar 0, nilai *power link budget* dengan perhitungan manual sebesar -26.803 dBm, perhitungan dengan *Optisystem* sebesar -29.247 dBm, dan *rise time budget* sebesar 0,2505 ns. Berdasarkan data dari beberapa laporan pelanggan yang komplain mengenai buruknya performa jaringan akses, maka perlu dilakukan analisis serta optimasi di beberapa titik distribusi, dan juga perlu merubah konfigurasi pada jaringan FTTH.

Hasil uji *link* setelah optimasi terbukti bahwa jaringan yang telah terimplementasi FTTH ini sudah memenuhi standar jaringan yang ditentukan oleh PT. Telkom. Pada panjang gelombang 1550 nm (*Downstream*) memiliki nilai BER sebesar 8.13489×10^{-35} , nilai *power link budget* dengan perhitungan manual sebesar -26.605 dBm, perhitungan dengan *Optisystem* sebesar -20.772 dBm dan *rise time budget* sebesar 0.2681 ns. Pada panjang gelombang 1310 nm (*Upstream*) memiliki nilai BER sebesar 0, nilai *power link budget* dengan perhitungan manual sebesar -26.983 dBm, perhitungan dengan *Optisystem* sebesar -3.431 dBm, dan *rise time budget* sebesar 0,2505 ns.

Kata Kunci: FTTH, *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, *Bit Error Rate*.

Abstract

In this research, an analysis and optimization of the FTTH network will be carried out in Ciganitri housing in Bandung Regency based on data from customer complaints and also includes calculation of network feasibility parameters, namely Power Link Budget, Rise Time Budget, and Bit Error Rate (BER) with the help of Optisystem software. The FTTH network in Ciganitri housing in Bandung Regency has a centralized GPON device installed at STO Telkom Cijaura and has 1 ODC device with 1:32 passive splitter and 123 ONT.

The link test results prove that the network that has been implemented by FTTH has not met the network standards set by PT. Telkom. At a wavelength of 1550 nm (Downstream) it has a BER value of 0.000203179, a power link budget value with a manual calculation of -26,425 dBm, a calculation with Optisystem of -34,901 dBm and a rise time budget of 0.2681 ns. At a wavelength of 1310 nm (Upstream) it has a BER value of 0, a value of a power link budget with a manual calculation of -26,803 dBm, an Optisystem calculation of -29,247 dBm, and a rise time budget of 0,2505 ns. Based on data from several customer reports that complain about the poor performance of the access network, it is necessary to analyze and optimize at several distribution points, and also need to change the configuration on the FTTH network.

The link test results after optimization proved that the network that has been implemented by FTTH has met the network standards set by PT. Telkom. At a wavelength of 1550 nm (Downstream) it has an BER value of 8.13489×10^{-35} , a power link budget value with a manual calculation of -26,605 dBm, a calculation with Optisystem of -20,772 dBm and a rise time budget of 0.2681 ns. At a wavelength of 1310 nm (Upstream) it has a BER value of 0, a value of the power link budget with a manual calculation of -26,983 dBm, an Optisystem calculation of -3,431 dBm, and a rise time budget of 0,2505 ns.

Keywords: FTTH, *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, *Bit Error Rate*.

1. Pendahuluan

Teknologi fiber optik merupakan teknologi informasi dan telekomunikasi yang pertumbuhannya sangat cepat dengan melihat perkembangan dan permintaan layanan internet yang semakin meningkat. Perkembangan ini ditandai dengan bertambahnya jumlah pelanggan setiap tahunnya dan dengan pentingnya kebutuhan masyarakat modern akan informasi digital.

Fiber To The Home adalah jaringan yang terdiri dari perangkat aktif OLT (*Optical Line Termination*) dan ONT (*Optical Network Termination*) yang dihubungkan dengan media *fiber optic* dan perangkat pendukung lainnya atau yang biasa disebut ODN (*Optical Distribution Network*) seperti ODC, ODP, *Splitter*, ODF. FTTH ini merupakan teknologi akses jaringan tetap yang sekarang sedang menjadi primadona (*hot*). Hal ini dibuktikan dengan banyaknya *vendor-vendor* asing yang masuk ke Indonesia baik dari China, Jepang dan Korea ditambah juga dengan semakin banyaknya layanan yang membutuhkan jaringan pita lebar.^[1]

Berdasarkan data dari sejumlah pelanggan yang mengajukan *complain* mengenai buruknya performansi jaringan akses di perumahan Ciganitri Indah Residence, maka dilakukanlah analisa khusus serta optimasi untuk jaringan yang telah di bangun berupa perhitungan nilai *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, serta *BER (Bit Error Rate)* dan juga melakukan analisis pengukuran dan perhitungan pada *link* jaringan distribusi yang sudah terimplementasi di Perumahan Ciganitri Indah Residence Kabupaten Bandung.

Tahapan optimasi yang dilakukan dalam penelitian ini berupa penggantian konfigurasi jaringan FTTH yang sebelumnya menggunakan konfigurasi *One stage* menjadi konfigurasi *Two Stage* dikarenakan jika terjadi gangguan di satu titik distribusi maka seluruhnya juga mengalami gangguan. Penelitian ini juga bertujuan untuk melakukan optimasi pada *link* jaringan distribusi yang belum memenuhi standar ketentuan PT. Telkom.

Standarisasi kelayakan jaringan *End-to-End* yang sesuai dengan ketentuan PT. Telkom meliputi nilai *Power Link Budget Downstream* ataupun *Upstream* yang berada di *range* -13 sampai -28 dBm, nilai *Rise Time Budget Downstream* tidak melebihi 0.2917 ns dan *Upstream* tidak melebihi 0.5833 ns, nilai *Q-Factor* tidak kurang dari 6, serta nilai *Bit Error Rate* yang lebih kecil 10^{-9} .

2. Dasar teori

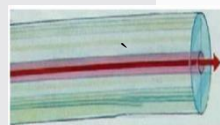
2.1 Fiber Optik

Fiber Optic adalah sebuah teknologi kabel yang menggunakan benang (serat kaca atau plastik) untuk mengirimkan data. Kabel *fiber optic* terdiri dari seikat benang kaca, yang masing-masing mampu mentransmisi pesan modulasi ke gelombang cahaya. Koneksi *fiber optic* ini sangat stabil, tidak terpengaruh terhadap cuaca apa yang terjadi. Kecepatan transfer datanya pun mencapai 100mbps.^[1]

2.2 Jenis-jenis Fiber Optik

1. Single-mode fiber

Mempunyai inti yang kecil (berdiameter 0.00035 inch atau 9 micron) dan berfungsi mengirimkan sinar laser inframerah (panjang gelombang 1300-1550 nanometer).



Gambar 2. 1 Single-mode fiber

2. Multi-mode fiber

Mempunyai inti yang lebih besar (berdiameter 0.0025 inch atau 62.5 micron).



Gambar 2. 2 Multi-mode fiber

2.3 Arsitektur jaringan dan topologi FTTx

Jaringan kabel fiber optik memiliki dua perangkat aktif (Opto Elektrik) yang dipasang di *Central Office* dan di lokasi pelanggan berada. Berdasarkan lokasi penempatan perangkat aktif yang terpasang dilokasi pelanggan maka terdapat konfigurasi sebagai berikut :

2.3.1 *Fiber To The Zone (FTTZ)*

Fiber to the Zone (FTTZ) adalah implementasi dari jaringan akses broadband fiber optik yang diterapkan di daerah yang jauh dari sentral. TKO terletak di suatu tempat diluar bangunan, baik dalam kabinet dengan kapasitas besar. Terminal pelanggan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa kilometer. *FTTZ* umumnya diterapkan pada daerah perumahan yang letaknya jauh dari sentral atau bila infrastruktur duct pada arah yang bersangkutan, sudah tidak lagi memenuhi lagi untuk ditambahkan dengan kabel tembaga.^[1]

2.3.2 *Fiber To The Curb (FTTC)*

Fiber to the Curb (FTTC) adalah implementasi dari jaringan akses broadband fiber optik. TKO terletak di suatu tempat diluar bangunan, didalam akabinet dan diatas tiang dengan kapasitas lebih kecil. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa ratus meter. *FTTC* dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis yang letaknya berkumpul di suatu area terbatas namun tidak berbentuk gedung-gedung bertingkat atau bagi pelanggan perumahan yang pada waktu dekat akan menjadi pelanggan jasa hiburan.^[1]

2.3.3 *Fiber To The Building (FTTB)*

Fiber to the Building (FTTB) adalah arsitektur jaringan kabel fiber optik yang di distribusikan ke suatu bangunan gedung. Perkembangan *FTTB* sendiri tidak terlepas dari kemajuan perkembangan teknologi serat optik yang menggantikan penggunaan kabel konvensional (tembaga) dan juga didorong oleh keinginan untuk mendapatkan peningkatan layanan yang dikenal dengan istilah *Triple Play Services* yaitu layanan akan akses internet yang cepat, suara (VOIP) dan video dalam satu infrastruktur pada unit pelanggan.^[1]

2.3.4 *Fiber To The Home (FTTH)*

Fiber to the Home (FTTH) adalah suatu format penghantaran isyarat optik dari pusat penyedia (*provider*) ke kawasan pengguna dengan menggunakan serat optik sebagai medium penghantaran. Perkembangan teknologi ini tidak terlepas dari kemajuan perkembangan teknologi serat optik yang dapat menggantikan kabel konvensional. Dan juga didorong oleh keinginan untuk mendapatkan layanan yang dikenal dengan istilah *Triple Play Services* yaitu layanan akan akses internet yang cepat, suara (jaringan telepon, PSTN) dan video (TV Kabel) dalam satu infrastruktur pada unit pelanggan.^[1]

2.3.5 *Fiber To The Tower (FTTT)*

Fiber to The Tower adalah salah satu jenis pengembangan dari jaringan FTTx. Secara umum jaringan FTTx yaitu jaringan local yang berbasis *fiber optic* dimana dalam sistem ini terdapat 2 buah atau lebih perangkat aktif, dimana 1 perangkat aktif yang dipasang di sisi sentral yang berfungsi untuk mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik dan 1 perangkat lagi dipasang di dekat pelanggan atau di lokasi pelanggan itu sendiri yang berfungsi mengubah kembali dari sinyal optik menjadi sinyal elektrik, dimana lokasi perangkat aktif disisi pelanggan disebut juga titik konversi optik (TKO), dengan demikian TKO adalah batas akhir kabel optik ke arah pelanggan yang berfungsi sebagai lokasi konversi sinyal optik ke sinyal elektrik. Daerah dimana para pelanggan terhubung dengan suatu TKO disebut daerah akses fiber (DAF).^[2]

2.4 Keunggulan *Fiber To The Home*

Teknologi *Fiber To The Home (FTTH)* merupakan jaringan optik dari pusat penyedia dan disalurkan ke pelanggan dan *passive splitter* yang digunakan biasanya digunakan 1:8, yaitu dengan sinyal multiplex dibagi ke 8 rumah yang berbeda. Jarak antara sentral ke pelanggan dapat mencapai jarak maksimal yaitu 20 kilometer *Fiber to the Home* memiliki beberapa keunggulan, antara lain :

1. FTTH menawarkan layanan pelanggan berupa data, video dan suara.

2. FTTH memiliki *bandwith* (lebar pita) yang lebih besar.
3. FTTH memiliki karakteristik lebih aman karena serat optik tidak mudah terbakar
4. FTTH mendukung pengembangan jaringan masa depan.
5. FTTH tidak memerlukan *repeater* (penguat sinyal).

2.5 Perangkat *Fiber To The Home*

2.5.1 *Network Management System*

Network Management System merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk monitoring dan mengkonfigurasi perangkat GPON. NMS memiliki jalur langsung ke OLT yang dapat dikonfigurasi langsung secara jarak jauh dan ada beberapa konfigurasi NMS yang dapat dilakukan seperti konfigurasi perangkat OLT dan ONT. Selain itu NMS dapat mengatur layanan GPON seperti VOIP, dan IPTV. Menggunakan *platform Windows* dan bersifat GUI (*Graphical User Interface*) maupun *command line*.

2.5.2 *Optical Line Terminal (OLT)*

Optical Line Termination adalah suatu perangkat aktif yang berada di *central office* yang mempunyai fungsi sebagai mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik, lalu menyapaikan informasi ke pelanggan hingga mencapai jarak 20 Km.^[8]



Gambar 2. 3 Perangkat OLT

2.5.3 *Optical Distribution Cabinet (ODC)*

Optical Distribution Cabinet (ODC) merupakan suatu perangkat pasif yang diinstalasi di luar STO atau sentral (*Outdoor*) dan biasanya diinstalasi didalam ruangan (*Indoor*).



Gambar 2. 4 Perangkat ODC

2.5.4 *Passive Splitter*

Passive Splitter (PS) adalah suatu perangkat pasif yang berfungsi untuk membagi informasi sinyal optik. Kapasitas distribusi dari *Passive Splitter* bermacam-macam yaitu 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, dan 1:32 tergantung pada kebutuhan pelanggan.



Gambar 2. 5 *Passive Splitter*

2.5.5 *Optical Distribution Point (ODP)*

ODP merupakan sebuah perangkat yang menyimpan *splitter* yang fungsinya untuk mendistribusikan serat optik ke pelanggan. ODP merupakan titik pembagian Instalasi atau terminasi yang pembagiannya memakai *splitter* dan langsung siap menuju *Home Passed* atau titik rumah

pelanggan. Terminasi yang baik dari fiber optic adalah persyaratan utama untuk menjamin kemampuan transmisi pada kabel fiber optik.



Gambar 2. 6 Perangkat ODP

2.5.6 Roset

Roset adalah titik yang dimana tambahan akhir dari suatu alur jaringan fiber optik yaitu *Drop Cable* yang menggunakan fiber optik tipe G.652D dan hanya terdapat konektor beserta *patch cord* untuk sambungan ke *Optical Network Terminal* (ONT).



Gambar 2. 7 Roset Fiber Optik

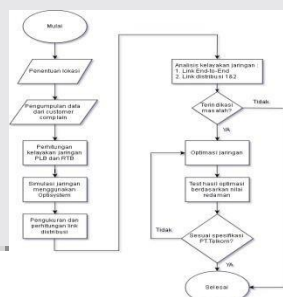
2.5.7 Optical Network Terminal (ONT)

ONT adalah suatu *end device* atau *last point* jalur serat optik yang berasal dari STO atau OLT. Perangkat ini menyediakan *interface* antara jaringan optik dengan pelanggan untuk layanan data, suara dan video. Sinyal optik yang ditransmisikan melalui ODP diubah oleh ONU menjadi sinyal elektrik yang diperlukan untuk *service* pelanggan.

3. Model Sistem

3.1 Blok Diagram Sistem

Pada bagian ini akan dirancang diagram alir dalam proses pengerjaan proyek akhir. Ini berfungsi sebagai panduan dalam proses pengerjaan agar sesuai dengan hal yang direncanakan. Diagram alirnya adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Diagram alir pengerjaan proyek akhir

3.2 Penentuan lokasi penelitian

Menentukan lokasi untuk analisa optimasi jaringan FTTH, Pada proyek akhir ini telah ditentukan lokasi untuk analisa optimasi jaringan FTTH yaitu di Perumahan Ciganitri Kabupaten Bandung. Perumahan Ciganitri merupakan salah satu perumahan di kabupaten Bandung yang telah terimplementasi oleh jaringan FTTH. Permintaan pelanggan untuk memiliki layanan teknologi *broadband* yang handal dan *bandwith* yang tinggi adalah salah satu faktor modernisasi akses jaringan sehingga dilakukanlah perancangan jaringan FTTH pada perumahan ini.



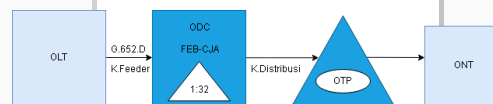
Gambar 3. 2 Boundary perumahan-Ciganitri Kabupaten Bandung

3.3 Pengumpulan data

3.3.1 Kondisi Jaringan Eksisting Sebelum Optimasi

Pada OLT yang berada di STO Telkom Cijaura telah terpasang serat optik dengan 1 *core* ke beberapa titik ODC. Perumahan Ciganitri memiliki satu ODC yang terhubung dengan sentral atau OLT di STO Cijaura yaitu ODC-FEB-CJA. Serat optik yang digunakan adalah jenis G.652.D untuk jenis kabel feeder.

Pada Gambar 3.3 menunjukkan konfigurasi jaringan FTTH yang digunakan pada perumahan Ciganitri sebelum dilakukannya optimasi. Jenis *passive splitter* yang digunakan merupakan jenis *one stage* yaitu *passive splitter* 1:32 untuk membagi daya keluaran yang masing-masing akan diteruskan ke pelanggan di perangkat ONT.

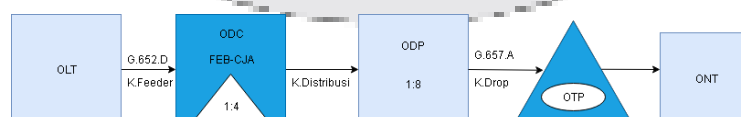


Gambar 3.3 Konfigurasi jaringan FTTH sebelum optimasi.

3.3.2 Kondisi Jaringan Eksisting Setelah Optimasi

Pada Gambar 3.4 menunjukkan konfigurasi jaringan FTTH yang digunakan pada perumahan Ciganitri setelah dilakukan optimasi. Jenis *passive splitter* yang digunakan merupakan jenis *two stage* yaitu *passive splitter* 1:4 untuk membagi daya keluaran yang masing-masing akan diteruskan ke perangkat ODP. Pada ODP terdapat *passive splitter* 1:8 yang akan diteruskan ke pelanggan di perangkat ONT.

Perangkat yang telah terimplementasi di perumahan Ciganitri yaitu 1 unit ODC dan 16 ODP dengan total pelanggan yang terinstalasi sampai ke unit pelanggan 123 ONT. Jenis kabel yang digunakan dari STO sampai dengan ODC-CJA-FEB adalah kabel feeder menggunakan serat optik *singlemode* G.652.D. Sedangkan jenis kabel yang digunakan dari ODP ke masing-masing ONT yaitu menggunakan kabel G.657.



Gambar 3.4 Konfigurasi jaringan FTTH setelah optimasi.

3.3.3 Standard Operational Procedure

PT.Telkom mempunyai Standar Operational Procedure (SOP) dan standard ITU-T yang harus dilakukan dan dipenuhi pada saat pengoperasian yang dilakukan di lapangan.

3.4 Perhitungan kelayakan jaringan End-to-end

3.4.1 Parameter Power Link Budget Sebelum Optimasi

Perhitungan dihitung berdasarkan *link* jarak terjauh dengan total jarak dari STO-ONT adalah 5.395 km (OLT-ODC 4.61 km, ODC-ODP 0.685 km, dan ODP-ONT 0.1 km).

Downstream (1550 nm)

$$\alpha_{tot} = L. \alpha_{serat} + N_c. \alpha_c + N_s. \alpha_s + SP + \text{Redaman Instalasi}$$

$$\alpha_{tot} = (4.61 \times 0.28) + (0.685 \times 0.28) + (0.1 \times 0.28) + (6 \times 0.2) + (4 \times 0.1) + (17.45) + 2.86497$$

$$\alpha_{tot} = 23.425 \text{ dB}$$

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkanlah nilai dari redaman total jalur dari sentral hingga ke pelanggan yaitu 23.575 dB

$$\text{Sehingga} : Pr_x = P_{tx} - \alpha_{tot} - SM$$

$$= 3 - 23.425 - 6$$

$$= -26.425 \text{ dBm}$$

$$\text{Maka} : Pr_x \leq \text{Sensitifitas Detektor } (-29 \text{ dBm})$$

$$: -26.425 \text{ dBm} \leq \text{Sensitifitas Detektor } (-29 \text{ dBm})$$

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai daya yang diterima di ONT (Pr_x) dari perhitungan *downstream* menghasilkan nilai yang masih berada diatas -29 dBm. Hal ini dinyatakan bahwa *link* diatas memenuhi kelayakan *power link budget*.

Upstream (1310 nm)

$$\alpha_{tot} = L. \alpha_{serat} + N_c. \alpha_c + N_s. \alpha_s + SP$$

$$\alpha_{tot} = (4.61 \times 0.35) + (0.685 \times 0.35) + (0.1 \times 0.35) + (6 \times 0.2) + (4 \times 0.1) + (17.45) + 2.86497$$

$$\alpha_{tot} = 23.803 \text{ dB}$$

$$\text{Sehingga} : Pr_x = P_{tx} - \alpha_{tot} - SM$$

$$= 3 - 23.803 - 6$$

$$= -26.803 \text{ dBm}$$

$$\text{Maka} : Pr_x \leq \text{Sensitifitas Detektor } (-29 \text{ dBm})$$

$$: -26.803 \text{ dBm} \leq \text{Sensitifitas Detektor } (-29 \text{ dBm})$$

Setelah dilakukan perhitungan nilai Pr_x yang diperoleh dari hasil perhitungan *upstream* menghasilkan nilai yang masih berada diatas -29 dBm. Hal ini berarti link diatas memenuhi kelayakan *power link budget*. Nilai *link power budget* diperlukan untuk mengantisipasi adanya perubahan parameter komponen karena usia operasi sehingga menyebabkan degradasi.

3.4.2 Parameter Rise Time Budget Sebelum Optimasi

Analisis *rise time budget* merupakan metode untuk menentukan batasan *dispersi* suatu link serat optik. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisis apakah untuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Pada umumnya degradasi total waktu transisi dari suatu link digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ (*Non - return to zero*) atau 35 persen dari satu periode bit untuk data RZ (*Return - to - Zero*). Perhitungan *Rise Time Budget* ini dilakukan pada link jarak terjauh yang terhubung pada ODP-1. Total jarak dari STO -ONT adalah 5.395 km (OLT-ODC 4.61 km, ODC-ODP 0.685 km, dan ODP-ONT 0.1 km).

Downstream (1550 nm)

Bit Rate downstream (Br) = 2,4 Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$t_r = 0,7/Br = 0,7/2,4 \times 10^9 = 0,2917 \text{ ns}$$

Menentukan nilai T:

$$\begin{aligned} T_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times D_m \\ &= 1 \text{ nm} \times 5.395 \text{ km} \times 0.018 \text{ ns/nm.Km} = 0.09711 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$T_{\text{modus}} = 0, \text{ karena serat optik Single Mode}$$

Sehingga perhitungan t_{total} untuk *downstream* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t_{\text{total}} &= (t_x^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{modus}}^2 + t_r^2)^{1/2} \\ &= [(0.15)^2 + (0.09711)^2 + 0^2 + (0.2)^2]^{1/2} \\ &= 0.2681 \text{ ns} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan, maka didapatkan nilai *rise time budget* total sebesar 0.2681 ns dan masih dibawah maksimum *rise time* dari bit rate sinyal NRZ sebesar 0.2917 ns dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi *rise time budget*.

Upstream (1310 nm)

Bit Rate downstream (Br) = 1.2 Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$t_r = 0,7/Br = 0,7/1,2 \times 10^9 = 0,5833 \text{ ns}$$

Menentukan nilai T:

$$\begin{aligned} T_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times D_m \\ &= 1 \text{ nm} \times 5.395 \text{ km} \times 0.003 \text{ ns/nm.Km} = 0.01618 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$T_{\text{modus}} = 0, \text{ karena serat optik Single Mode}$$

Sehingga perhitungan t_{total} untuk *upstream* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t_{\text{total}} &= (t_x^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{modus}}^2 + t_r^2)^{1/2} \\ &= [(0.2)^2 + (0.01618)^2 + 0^2 + (0.15)^2]^{1/2} \\ &= 0.2505 \text{ ns} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, maka didapatkanlah *rise time budget* total sebesar 0,2505 ns nilai tersebut masih dibawah minimum *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0,5833 ns. Jadi dapat disimpulkan bahwa sistem tersebut memenuhi *rise time budget*.

3.4.3 Parameter Power Link Budget Setelah Optimasi

Perhitungan dihitung berdasarkan *link* jarak terjauh dengan total jarak dari STO- ONT adalah 5.395 km (OLT-ODC 4.61 km, ODC-ODP 0.685 km, dan ODP-ONT 0.1 km).

Downstream (1550 nm)

$$\begin{aligned} \alpha_{tot} &= L. \alpha_{serat} + N_c. \alpha_c + N_s. \alpha_s + SP + \text{Redaman Instalasi} \\ \alpha_{tot} &= (4.61 \times 0.28) + (0.685 \times 0.28) + (0.1 \times 0.28) + (6 \times 0.2) + (4 \times 0.1) + \\ &\quad (10.38 + 7.25) + 2.86497 \\ \alpha_{tot} &= 23.605 \text{ dB} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkanlah nilai dari redaman total jalur dari sentral hingga ke pelanggan yaitu 23.575 dB

$$\begin{aligned} \text{Sehingga} \quad : \text{Prx} &= P_{tx} - \alpha_{tot} - SM \\ &= 3 - 23.605 - 6 \\ &= -26.605 \text{ dBm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka} \quad : \text{Prx} &\leq \text{Sensitifitas Detektor (-29 dBm)} \\ : -26.605 \text{ dBm} &\leq \text{Sensitifitas Detektor (-29 dBm)} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai daya yang diterima di ONT (Prx) dari perhitungan *downstream* menghasilkan nilai yang masih berada diatas -29 dBm. Hal ini dinyatakan bahwa *link* diatas memenuhi kelayakan *power link budget*.

Upstream (1310 nm)

$$\begin{aligned} \alpha_{tot} &= L. \alpha_{serat} + N_c. \alpha_c + N_s. \alpha_s + SP \\ \alpha_{tot} &= (4.61 \times 0.35) + (0.685 \times 0.35) + (0.1 \times 0.35) + (6 \times 0.2) + (4 \times 0.1) + \\ &\quad (10.38 + 7.25) + 2.86497 \\ \alpha_{tot} &= 23.983 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga} \quad : \text{Prx} &= P_{tx} - \alpha_{tot} - SM \\ &= 3 - 23.983 - 6 \\ &= -26.983 \text{ dBm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka} \quad : \text{Prx} &\leq \text{Sensitifitas Detektor (-29 dBm)} \\ : -26.983 \text{ dBm} &\leq \text{Sensitifitas Detektor (-29 dBm)} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan nilai Prx yang diperoleh dari hasil perhitungan *upstream* menghasilkan nilai yang masih berada diatas -29 dBm. Hal ini berarti *link* diatas

memenuhi kelayakan *power link budget*. Nilai *link power budget* diperlukan untuk mengantisipasi adanya perubahan parameter komponen karena usia operasi sehingga menyebabkan degradasi.

3.4.4 Parameter Rise Time Budget Setelah Optimasi

Analisis *rise time budget* merupakan metode untuk menentukan batasan *dispersi* suatu link serat optik. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisis apakah untuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Pada umumnya degradasi total waktu transisi dari suatu link digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ (*Non – return to zero*) atau 35 persen dari satu periode bit untuk data RZ (*Return – to – Zero*). Perhitungan *Rise Time Budget* ini dilakukan pada link jarak terjauh yang terhubung pada ODP-1. Total jarak dari STO -ONT adalah 5.395 km (OLT-ODC 4.61 km, ODC-ODP 0.685 km, dan ODP-ONT 0.1 km).

Downstream (1550 nm)

Bit Rate downstream (Br) = 2,4 Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$t_r = 0,7/Br = 0,7/2,4 \times 10^9 = 0,2917 ns$$

Menentukan nilai T:

$$\begin{aligned} T_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times D_m \\ &= 1nm \times 5.395km \times 0.018 \text{ ns/nm.Km} = 0.09711 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$T_{\text{modus}} = 0, \text{ karena serat optik Single Mode}$$

Sehingga perhitungan t_{total} untuk *downstream* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t_{\text{total}} &= (t_x^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{modus}}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \\ &= [(0.15)^2 + (0.09711)^2 + 0^2 + (0.2)^2]^{1/2} \\ &= 0.2681 \text{ ns} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan, maka didapatkan nilai *rise time budget* total sebesar 0.2676 ns dan masih dibawah maksimum *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0.2917 ns dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi *rise time budget*.

Upstream (1310 nm)

Bit Rate downstream (Br) = 1.2 Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$t_r = 0,7/Br = 0,7/1,2 \times 10^9 = 0,5833 ns$$

Menentukan nilai T:

$$\begin{aligned} T_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times D_m \\ &= 1nm \times 5.395km \times 0.003 \text{ ns/nm.Km} = 0.01618 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$T_{\text{modus}} = 0, \text{ karena serat optik Single Mode}$$

Sehingga perhitungan t_{total} untuk *upstream* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t_{total} &= (t_{tx}^2 + t_{material}^2 + t_{modus}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \\ &= [(0.2)^2 + (0.01618)^2 + 0^2 + (0.15)^2]^{1/2} \\ &= 0.2505 \text{ ns} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, maka didapatkanlah *rise time budget* total sebesar 0,2505 ns nilai tersebut masih dibawah minimum *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0,5833 ns. Jadi dapat disimpulkan bahwa sistem tersebut memenuhi *rise time budget*.

3.5 Simulasi *Optisystem*

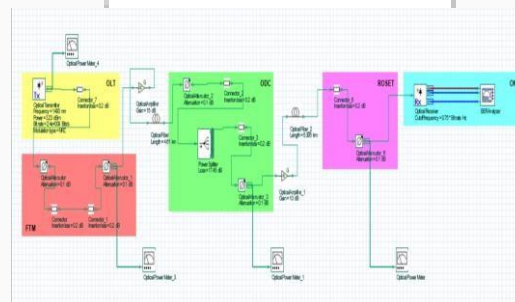
Pada analisa optimasi jaringan FTTH ini dibuatlah simulasi jaringan dengan menggunakan sebuah perangkat lunak yaitu *Optisystem*. Seluruh elemen perangkat yang digunakan dalam simulasi disesuaikan dengan spesifikasi perangkat asli untuk mendapatkan hasil yang mendekati *real*. Simulasi yang dibuat adalah *link downstream* dan *upstream* untuk *link* jarak terjauh yang bertujuan untuk mengetahui *Bit Error Rate* (BER) dari jaringan yang sudah terimplementasi.

3.5.1 Simulasi *Link Optik* sebelum optimasi

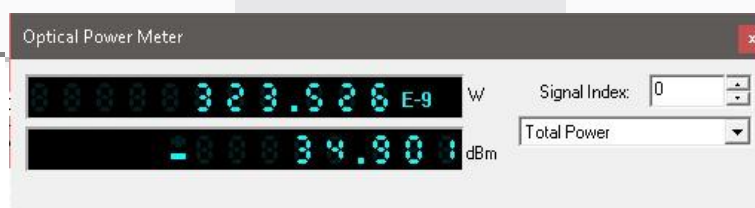
Downstream

Simulasi *link* optik untuk *dowsntream* menggunakan panjang gelombang 1550 nm sesuai dengan yang digunakan pada *link* serat optik di Perumahan Ciganitri Kabupaten Bandung. Jarak OLT sampai dengan ONT terjauh 5.395 km (OLT-ODC 4.61 km, ODC-ODP 0.685 km, ODP-ONT 0.1 km).

Link optik dari OLT yang terdapat pada *transmitter* adalah sebagai sumber cahaya, serta ODC yang terdapat *passive splitter* 1:32. Pada blok ONT terdapat *receiver* yang akan merubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik sehingga dapat digunakan oleh pelanggan.

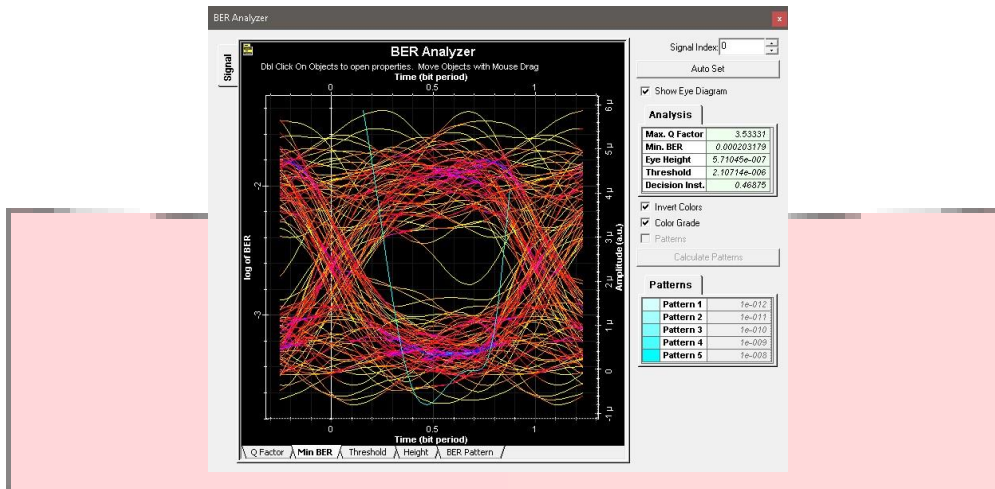


Gambar 3.5 *Link downstream* pada *Optisystem* sebelum optimasi.



Gambar 3.6 Daya terima *receiver downstream*

Gambar 3.6 menunjukkan daya terima yang terukur pada *optisystem* sebesar -34.901 dBm. Nilai tersebut belum memenuhi standar kelayakan yang digunakan oleh PT.Telkom.

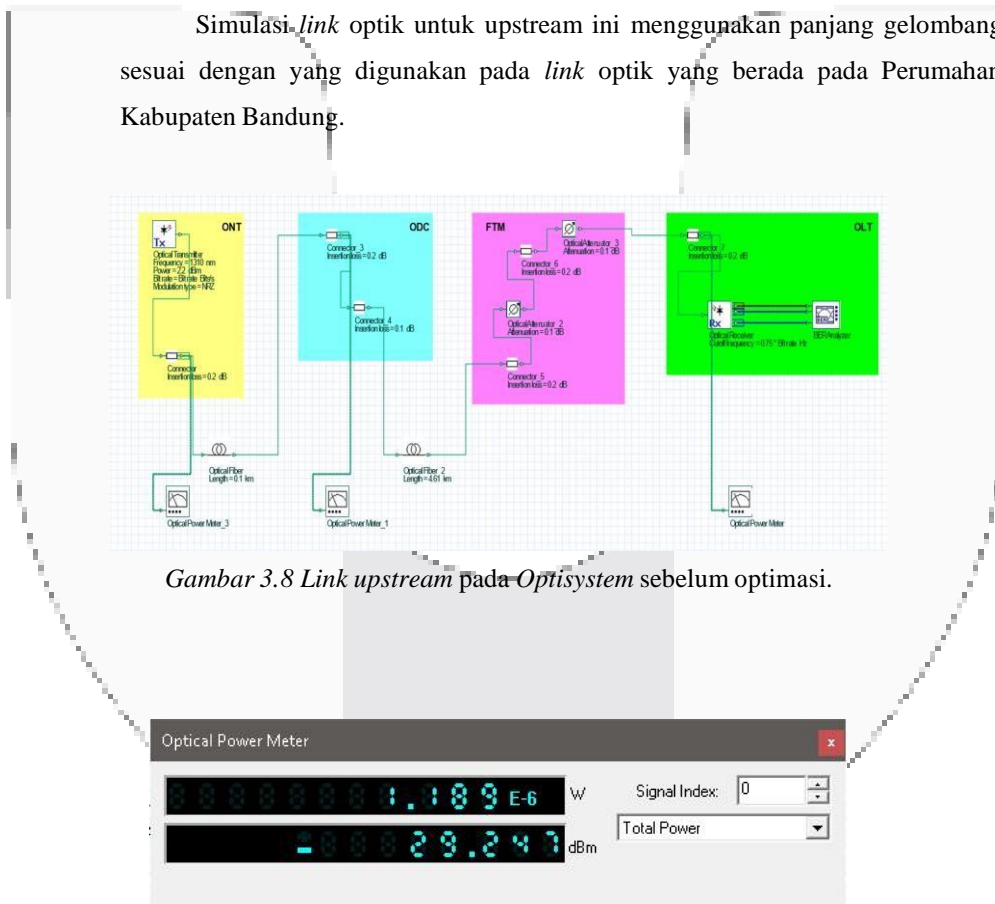


Gambar 3.7 BER Analyzer Optisystem pada link downstream sebelum optimasi.

Dari simulasi tersebut dapat disimpulkan bahwa performansi berjalan tidak baik dan ditunjukkan oleh diagram mata yang dapat dilihat pada Gambar 3.7.

Upstream

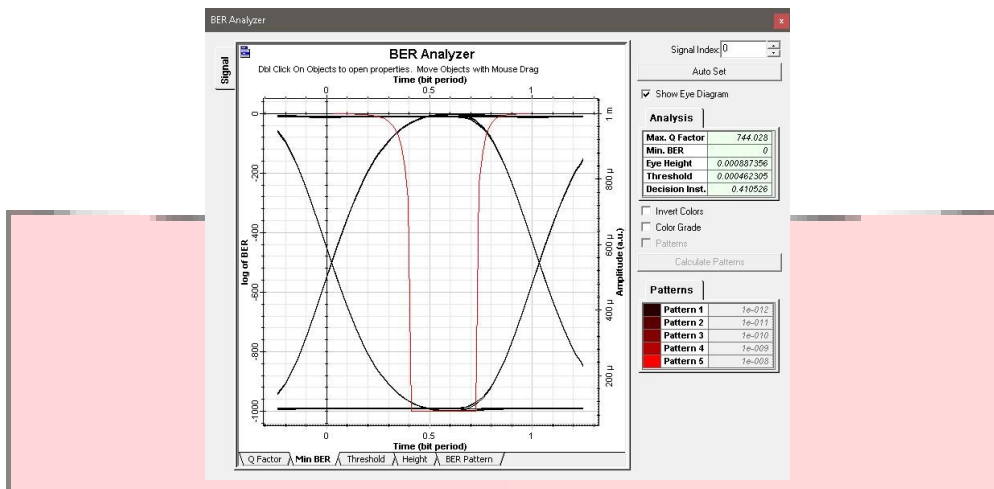
Simulasi link optik untuk upstream ini menggunakan panjang gelombang 1310 nm sesuai dengan yang digunakan pada link optik yang berada pada Perumahan Ciganitri Kabupaten Bandung.



Gambar 3.8 Link upstream pada Optisystem sebelum optimasi.

Gambar 3.9 Daya terima receiver upstream.

Gambar 3.9 menunjukkan daya terima yang telah terukur pada optisystem yaitu -29.247 dBm.



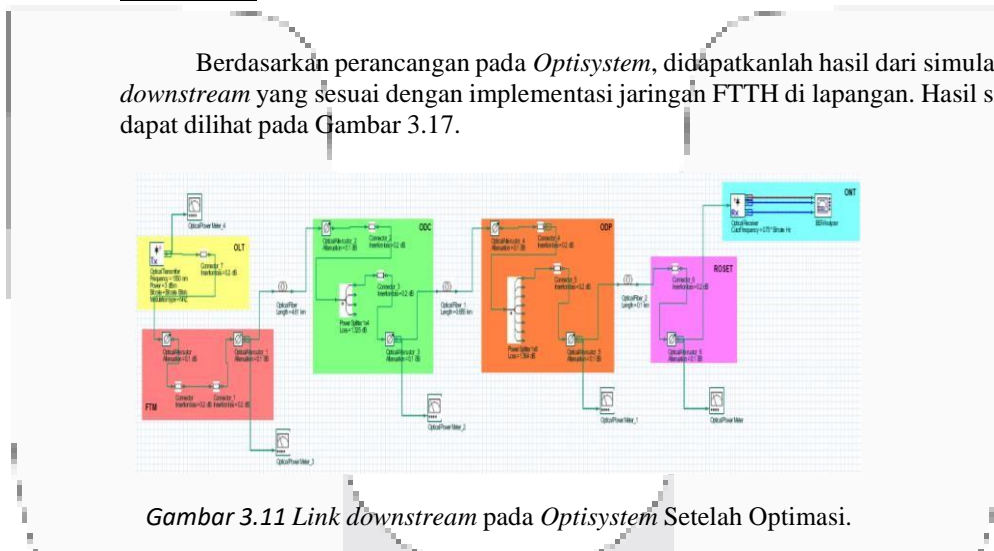
Gambar 3.10 BER Analyzer-Optisystem pada link upstream sebelum optimasi.

Gambar 3.10 Menunjukkan diagram mata hasil dari perancangan link upstream pada Optisystem sebelum optimasi.

3.5.2 Simulasi Link Optik setelah optimasi

Downstream

Berdasarkan perancangan pada Optisystem, didapatkanlah hasil dari simulasi link downstream yang sesuai dengan implementasi jaringan FTTH di lapangan. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.17.



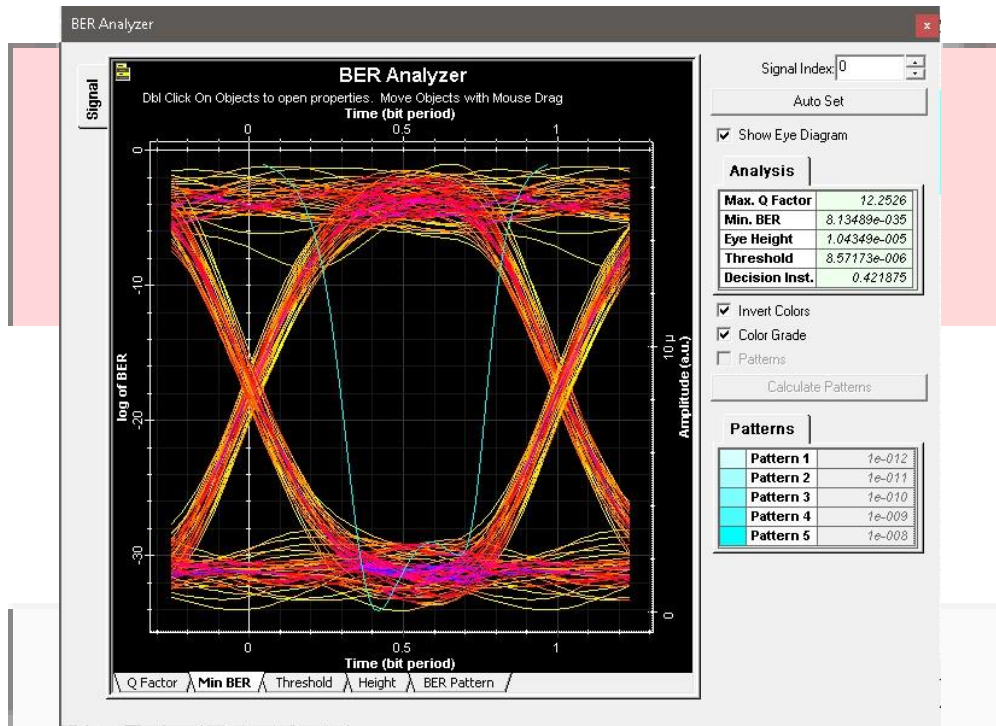
Gambar 3.11 Link downstream pada Optisystem Setelah Optimasi.



Gambar 3.12 Daya terima receiver downstream.

Gambar 3.18 menunjukkan daya terima yang terukur pada optisystem sebesar -20.772 dBm. Dengan berdasarkan hasil simulasi tersebut, maka didapatkanlah nilai BER dari diagram mata yaitu sebesar 8.13489×10^{-35} .

Nilai BER tersebut lebih kecil dari nilai BER standar yang telah ditentukan oleh PT.Telkom yaitu sebesar 10^{-9} dan dapat disimpulkan bahwa nilai BER yang telah terimplementasi telah berjalan dengan baik.

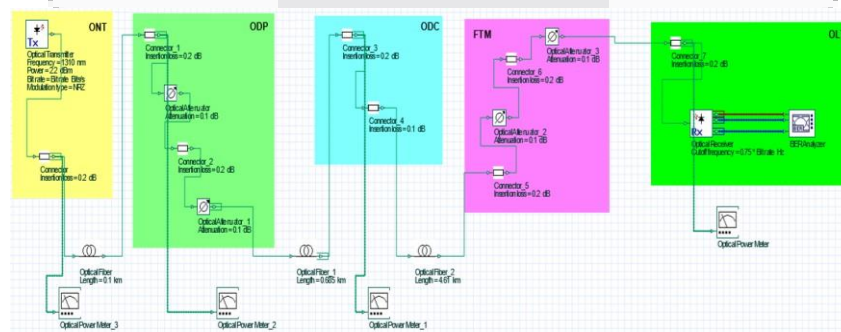


Gambar 3.13 BER Analyzer Optisystem pada link downstream Setelah Optimasi.

Upstream

Simulasi link optik untuk upstream ini menggunakan panjang gelombang 1310 nm sesuai dengan yang digunakan pada link optik yang berada pada Perumahan Ciganitri Kabupaten Bandung. Pada simulasi ini menggunakan daya pancar pada ONT yang berupa transmitter untuk daya link upstream sebesar 3 dB. Untuk serat optik diberi redaman sebesar 0,2 dB pada masing-masing serat optik. Jumlah konektor yang digunakan dalam simulasi upstream ini adalah 6 buah dan masing-masing redaman 0,2 dB.

Berdasarkan perancangan pada Optisystem, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.14.

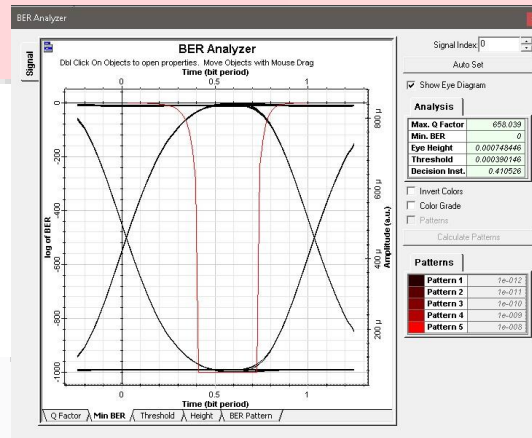


Gambar 3.14 Link upstream pada Optisystem Setelah Optimasi.



Gambar 3.15 Daya terima receiver upstream.

Gambar 3.15 menunjukkan daya terima yang telah terukur pada *optisystem* yaitu -3.431 dBm. Berdasarkan hasil dari simulasi tersebut, didapatkanlah nilai BER sebesar 0 nilai tersebut lebih kecil dari BER standar yang ditentukan PT.Telkom 10^{-9} .



Gambar 3.16 BER Analyzer Optisystem pada link upstream Setelah Optimasi.

4. Hasil analisis dan optimasi

4.1 Analisa kelayakan jaringan Link optik End-to-end

4.1.1 Analisis perhitungan dan simulasi

Berdasarkan analisis perhitungan menggunakan persamaan sistematis dan juga analisis simulasi dengan menggunakan software Optisystem setelah optimasi maka, dapat disimpulkan bahwa keduanya memiliki hasil yang sesuai dengan standar ketentuan. Hasil dari perhitungan parameter link power budget untuk link jarak terjauh pada link downstream adalah -20.772 dBm dan pada link upstream adalah -3.431 dBm. Hasil perhitungan BER dengan menggunakan software Optisystem untuk link downstream didapatkan nilai BER sebesar 8.13489×10^{-35} .

4.1.2 Analisis Pengukuran Distribusi 1

Pengukuran nilai redaman distribusi satu *core-1* adalah -13.44 dBm dan untuk *core-3* adalah -15.37 dBm

4.1.3 Analisis Pengukuran Distribusi 2

Pengukuran nilai redaman setelah optimasi pada link distribusi dua *core-1* adalah -17.08 dBm dan untuk *core-3* adalah -24.82 dBm.

5. Kesimpulan dan saran

5.1 Kesimpulan

- a) Nilai *power link budget Downstream* di Perumahan Ciganitri Kabupaten Bandung untuk link terjauh berdasarkan nilai dari simulasi menggunakan *Optisystem* adalah -20.772 dBm, dan hasil dari perhitungan manual diperoleh -26.605 dBm. Untuk *Upstream* dari simulasi menggunakan *Optisystem* bernilai -3.431 dBm, dan hasil dari perhitungan manual diperoleh -26.983 dBm. Sedangkan batas minimal kelayakan dari *power link budget* yang ditetapkan oleh PT Telkom adalah -28 dBm. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa *power link budget Downstream* dan *Upstream* dari perancangan jaringan FTTH layak untuk digunakan.
- b) Batas nilai *rise time budget* untuk NRZ (*non-return-to-zero*) adalah tidak melebihi 70% atau 0.2917 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 proyek akhir ini diperoleh nilai 0.2681 ns untuk konfigurasi *downstream*. Sedangkan untuk konfigurasi *Upstream* diperoleh nilai 0.2505 ns. Nilai tersebut tidak melebihi dari 70% batas dari nilai *Rise Time Budget* NRZ. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan pada Proyek Akhir ini sudah layak ditinjau dari Parameter *Rise Time Budget*.
- c) Ditinjau dari hasil simulasi menggunakan *Optisystem*, nilai *Bit Error Rate* dari jarak terjauh pada perancangan jaringan akses FTTH ini adalah 8.13489×10^{-35} . Sedangkan nilai maksimum BER yang diperbolehkan adalah 10^{-9} . Maka dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan FTTH pada proyek akhir ini sudah layak ditinjau dari Parameter BER.
- d) Pengukuran nilai redaman distribusi satu *core-1* adalah -13.44 dBm dan untuk *core-3* adalah -15.37 dBm.
- e) Pengukuran nilai redaman sebelum optimasi pada *link* distribusi dua *core-1* adalah -36.12 dBm dan untuk *core-3* adalah -29.51 dBm, nilai pengukuran ini tinggi karena tidak berada di range yang ditentukan -13 sampai -28 dBm.
- f) Pengukuran nilai redaman setelah optimasi pada *link* distribusi dua *core-1* adalah -17.08 dBm dan untuk *core-3* adalah -24.82 dBm.

5.1 Saran

- a) Dalam melakukan pengukuran dan perhitungan diharapkan agar SDM dapat memperhatikan standar operasional.
- b) Pada saat waktu pemberian data diharapkan untuk dapat memaksimalkan waktu agar penelitian dapat berjalan dengan baik.
- c) Untuk penelitian selanjutnya diharapkan agar dapat mengembangkan ke teknologi baru.

Daftar Pustaka

- [1] O. Nur and T. Yuwana, "PERANCANGAN JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) DENGAN TEKNOLOGI GPON DI KECAMATAN CIBEBER" mencapai derajat Sarjana S1 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta," 2017.
- [2] A. Hambali and I. Mt, "PERANCANGAN DESAIN FIBER TO THE TOWER (FTTF) UNTUK KOMUNIKASI BROADCAST SEBAGAI BACKHAUL JARINGAN PARIZ VAN JAVA TV BANDUNG DESIGN FIBER TO THE TOWER (FTTF) FOR BROADCAST COMMUNICATION AS A NETWORK BACKHAUL OF PARIZ VAN JAVA TV BANDUNG," vol. 4, no. 1, pp. 154–164, 2017.
- [3] Roni. "Pengertian FTTH (Fiber To The Home)". 30 Juli 2017
<http://ronikurus02.blogspot.com/2017/07/pengertian-ftth-fiber-to-home.html>
- [4] T. N. Damayanti and H. Putri, "PERFORMANCE COMPARISON OF TRANSMISSION," pp. 356–368, 2016.
- [5] Praseptyo, Agung. "Struktur Kabel Serat Optik". 30 April 2015
<http://agungelektro.blogspot.com/2015/04/struktur-kabel-serat-optik.html>
- [6] A. Liana *et al.*, "PERANCANGAN JARINGAN AKSES FIBER TO THE HOME MENGGUNAKAN TEKNOLOGI GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK DI GARDEN VILLAS RESIDENCE BANDUNG DESIGN OF FIBER TO THE HOME ACCESS NETWORK USING GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK TECHNOLOGY AT GARDEN VILLAS RESIDENCE BANDUNG," vol. 2, no. 3, pp. 1397–1404, 2016
- [7] U. M. Buana and U. M. Buana, "Jurnal Teknologi Elektro , Universitas Mercu Buana PERANCANGAN JARINGAN FTTH KONFIGURASI BUS DUAL STAGE PASSIVE SPLITTER UNDERGROUND ACCESS DI CLUSTER MISSISIPI , JAKARTA GARDEN CITY" Alven Delano Program Studi Teknik Elektro Dian Widi Astuti Program Studi Teknik Elektro ISSN : 2086 - 9479," vol. 8, no. 3, pp. 222–233, 2017.
- [8] B. H. Prabowo, "PERANCANGAN JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) DI PERUMAHAN TAMAN KOPO INDAH 5 BANDUNG PERANCANGAN JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) DI PERUMAHAN TAMAN KOPO INDAH 5 BANDUNG," no. December, 2015.
- [9] R. Sipil, "KAJIAN QUANTITY SURVEYOR PADA TAHAP PRE CONTRACT DAN POST CONTRACT STUDY KASUS PROYEK AD-PREMIER OFFICE – JAKARTA Mawardi Amin 1 , Agus Susanto 2 .," vol. 4, no. 1, pp. 27–38, 2015.