



PERANCANGAN KAPASITAS JARINGAN *FIBER TO THE HOME* (FTTH)
PADA PERUMAHAN TAWANGANOM MAGETAN MENGGUNAKAN *OPTISYSTEM*

¹⁾YUS NAT ALI ²⁾RETNO DWIHAPSARI

^{1,2)}AKADEMI TEKNIK TELEKOMUNIKASI SANDHY PUTRA JAKARTA

¹⁾yus_nabila@yahoo.com ²⁾retnodwih7@gmail.com



ABSTRAK

Kebutuhan masyarakat saat ini akan akses internet yang cepat semakin meningkat. Jaringan akses tembaga yang digunakan selama ini dinilai masih belum bisa untuk menampung *bandwidth* yang besar dan kecepatan yang tinggi. Untuk dapat memenuhi kebutuhan *bandwidth* yang besar dan kecepatan yang tinggi diperlukan media akses yang dapat memenuhi hal tersebut. Saat ini PT. Telkom sedang membangun infrastruktur jaringan akses optik yaitu FTTH (*Fiber To The Home*) yang diintegrasikan dengan teknologi GPON yang dapat meningkatkan kapasitas *bandwidth* dan memberikan layanan *triple play* (voice, data, dan IPTV).

Pada penelitian ini penulis merancang kapasitas jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) pada Perumahan Tawanganom. Perancangan dimulai dengan mengumpulkan data berupa jumlah rumah dan kebutuhan perangkat dan spesifikasi perangkat kemudian disimulasikan menggunakan *Optisystem*. Setelah itu dianalisis berdasarkan parameter yang mempengaruhi kapasitas jaringan FTTH yaitu *rise time budget* dan BER (*Bit Error Rate*).

Hasil analisis *rise time* total untuk downlink didapat sebesar 0,2778 ns sampai 0,2779 ns dan nilai tersebut masih lebih kecil dari nilai *rise time* dengan format pengkodean NRZ sebesar 0,281350 ns. Hasil ini menunjukkan link sudah memenuhi standar kelayakan *rise time* dengan persinyalan NRZ. Untuk parameter BER yang dihasilkan *Optisystem* diperoleh nilai BER $1,11139 \times 10^{-154}$ pada ONT dengan jarak terdekat dan $6,80599 \times 10^{-178}$ pada ONT terjauhnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa simulasi berjalan dengan baik dan sesuai standar kelayakan minimum BER yang ditetapkan yaitu sebesar 10^{-9} .

Kata kunci : FTTH, *Rise time Budget*, BER, *Optisystem*

ABSTRACT

Public needs access service that is growing quickly. Copper access network which used today is not able to accommodate a large bandwidth and high speed. To get a quick access service, will require access media that has an enough large bandwidth in order to able to quickly access needs are met. Nowadays, PT. Telkom are building optical access network infrastructure, namely FTTH (*Fiber To The Home*) who be integrated with GPON technology to increase bandwidth capacity and provide triple play service (voice, data and IPTV).

In this final project, writer will design the network capacity *Fiber To The Home* (FTTH) on Tawanganom. Design begins with collect data number of house, number of device and device specification then simulated using *Optisystem*. Then analyzed based on parameters affecting FTTH network capacity the rise time budget and BER (*Bit Error Rate*).

The result of the analysis rise time total for downlink obtained of 0,2778 ns until 0,2779 ns and the value is still less than the rise time with NRZ signaling format of 0,281350 ns. This result indicates link already meet the standard of feasibility rise time with NRZ signaling. For the parameters generated from the simulation BER *Optisystem*, BER values obtained $1,11139 \times 10^{-154}$ for nearest ONT and $6,80599 \times 10^{-178}$ for farthest ONT, so it can be concluded that the simulation is running well and according to standard feasibility minimum performs set is as much as 10^{-9} .

Keyword : FTTH, *Rise time Budget*, BER, *Optisystem*

1. PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Keterbatasan jaringan akses tembaga yang saat ini dinilai masih belum mampu menampung *bandwidth* yang besar serta kecepatan yang tinggi, telah menekan penyedia layanan untuk membuat atau mengembangkan teknologi baru dari infrastruktur sebelumnya agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat modern yang biasa menggunakan internet sebagai pegangan utama atau alat bantu dalam mendapatkan informasi.

Saat ini, PT.Telkom sedang membangun infrastruktur untuk jaringan kabel serat optik sampai ke pelanggan terutama jaringan FTTH (*Fiber To The Home*). Jaringan FTTH (*Fiber To The Home*) ini akan diintegrasikan dengan teknologi *Gigabit Pasive Optical Network* (GPON). Teknologi ini selain dapat meningkatkan kapasitas *bandwidth* yang lebih besar, kecepatan akses yang lebih cepat, juga dapat memenuhi layanan *triple play* (*voice*, *data*/*video*, dan IPTV).

Pada penelitian ini penulis akan membuat sebuah perancangan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) di Perumahan Tawanganom Magetan. Perancangan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) yaitu dengan penentuan perangkat berupa spesifikasi perangkat, tata letak dan jumlah perangkat yang digunakan dan disimulasikan menggunakan *Optisystem*. Kemudian dilakukan evaluasi dan analisa terhadap jaringan yang telah dirancang berdasarkan parameter *rise time budget* yang memenuhi standar kelayakan jaringan optik yang ditetapkan oleh PT. Telkom

B. Maksud Dan Tujuan

Tujuan penulisan peneltian ini adalah dapat merencanakan suatu jaringan *Fiber To The Home* di Perumahan Tawanganom, Magetan Jawa Timur dan mengetahui perangkat apa saja yang digunakan dalam penerapan teknologi GPON sesuai kebutuhan lapangan dari ODC (*Optical Distribution Cabinet*) sampai ke ONU (*Optical Network Unit*) serta untuk mengetahui nilai analisis parameter kalayakan jaringan yaitu *rise time budget*

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perancangan FTTH di Perumahan Tawanganom, Magetan, Jawa Timur ?
2. Bagaimana pemakaian dan penempatan perangkat yang akan digunakan?
3. Bagaimana hasil simulasi perancangan FTTH menggunakan *Optisystem*?

4. Bagaimana menentukan kelayakan jaringan berupa *rise time budget*?

D. Batasan Masalah

1. Perancangan dilakukan di Perumahan Tawanganom, Magetan, Jawa Timur.
2. Perancangan ini menggunakan teknologi GPON
3. Hasil perancangan akan disimulasikan menggunakan *software Optisystem*.
4. Simulasi hanya dilakukan di 1 ODP
5. Parameter yang ditinjau adalah *rise time budget*.
6. Tidak membahas mengenai biaya perancangan.

3. DASAR TEORI

A. PENGERTIAN GPON

GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) adalah salah satu teknologi jaringan akses optik berbasis PON yang distandarisasi oleh ITU-T G.984 series.[1] Salah satu ciri khas teknologi GPON dibandingkan teknologi SDH adalah teknik pendistribusian *traffic*-nya dilakukan secara pasif.[6] Jadi, transmisi data dari OLT (*interface* sentral) sampai dengan ONU (*interface* pelanggan) dihubungkan menggunakan pasif *Optical Distribution Network* (ODN) yaitu pasif splitter.

Prinsip kerja dari GPON yaitu ketika data atau sinyal dikirimkan dari OLT, maka ada bagian yang bernama *splitter* yang berfungsi untuk memungkinkan serat optik tunggal dapat mengirim ke berbagai ONT. Untuk ONT sendiri akan memberikan data-data dan sinyal yang diinginkan oleh *user*.[2]

Tabel 1. Standar Teknologi GPON [2]

Karakteristik	GPON
Standarisasi	ITU - T 6.984
Frame	ATM / GEM
Speed Upstream	1.2 G / 2.4 G
Speed Downloadstream	1.2 G / 2.4 G
Service	Data, Voice, Video
Transmission Distance	10 km / 20 km
Number of Branches	64
Wavelength Up	1310 nm
Wavelength Down	1490 nm
Splitter	<i>Passive</i>

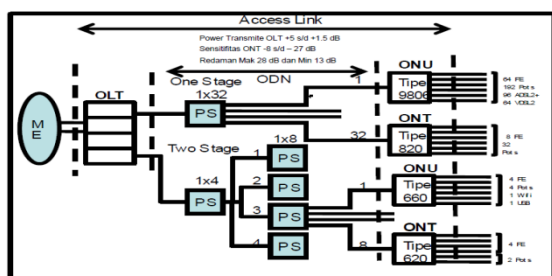
B. KELEBIHAN GPON

Adapun kelebihan dari teknologi GPON adalah :[2]

- a. Mendukung aplikasi *triple play* (voice, data, dan video) pada layanan FTTH
 - b. Dapat membagi *bandwidth* sampai dengan 32 ONT.
 - c. Biaya *maintenance* untuk *passive component* lebih murah
 - d. Mengurangi penggunaan kabel bila dibandingkan point to point.
 - e. Alokasi *bandwidth* dapat diatur.
 - f. Proses instalasi dan *upgrade* yang menjadi sederhana karena perangkat GPON dikemas dalam bentuk modular sehingga lebih mudah untuk menambah kapasitas dan proses instalasi lebih sederhana.
 - g. Biaya untuk pemasangan, pemeliharaan, dan pengembangan lebih efisien karena arsitekturnya lebih sederhana.
 - h. Transparan terhadap laju bit dan format data.
- GPON dapat secara fleksibel mentransferkan informasi dengan laju bit dan format yang berbeda karena setipe laju bit dan format data ditransmisikan melalui panjang gelombang yang berbeda. Laju bit 1.244 Gbit/s untuk *upstream* dan 2.488 Gbit/s untuk *downstream*

E. FTTH (FIBER TO THE HOME)

Fiber To The Home (FTTH) merupakan jaringan yang memakai serat optik sebagai akses jaringannya dan penempatan perangkat optoelektronik (umumnya berupa ONU) diletakkan di dalam rumah pelanggan. Terminal pelanggan dihubungkan ke ONU menggunakan kabel tembaga *indoor* dengan jarak yang cukup pendek. Definisi lain dari *Fiber To The Home* adalah suatu format penghantar sinyal optik dari pusat penyedia (*provider*) ke kawasan pengguna dengan menggunakan serat optik sebagai media penghantaran.[7]



Gambar 1. GPON-FTTH

F. Komponen Perangkat FTTH

1. Network Management System (NMS)

NMS merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk monitoring dan mengkonfigurasi perangkat GPON.

2. Optical Line Terminal (OLT)

OLT menyediakan interface antara sistem PON dengan penyedia layanan (*service provider*) data, video, dan jaringan telepon. Bagian ini akan membuat link ke sistem operasi penyedia layanan melalui *Network Management System* (NMS).[7] OLT mempunyai fungsi untuk mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik dan berfungsi sebagai alat multiplex.[4]

3. Optical Distribution Cabinet (ODC)

ODC (Optical Distribution Cabinet) merupakan ODC adalah suatu perangkat pasif yang berfungsi sebagai titik terminasi ujung kabel feeder dan pangkal kabel distribusi.

4. Optical Distribution Point (ODP)

ODP (*Optical Distribution Point*) merupakan sebuah perangkat yang menyimpan splitter yang berfungsi untuk mendistribusikan serat optik ke pelanggan.

5. Roset

Merupakan perangkat pasif yang diletakkan didalam rumah pelanggan dan merupakan titik terminasi akhir dari kabel serat optik yaitu *drop cable*.

6. Passive Splitter

Passive splitter adalah *optical fiber coupler* sederhana yang membagi sinyal optik menjadi beberapa *path* atau sinyal – sinyal kombinasi dalam satu *path*. Kapasitas distribusi dari splitter bermacam – macam yaitu 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, dan 1:64. Aplikasinya adalah *One Stage* 1:32 dan *Two Stage* 1:2 dan 1:16 atau 1:4 dan 1:8, Sehingga yang dipasang di ODC hanya 1:2 dan 1:4 saja.

7. Konektor

Konektor terdapat pada ujung dari serat optik yang terhubung langsung pada perangkat. Konektor pada serat optik terbuat dari material yang sederhana seperti plastik, karet dan kaca sehingga lebih praktis.[8]

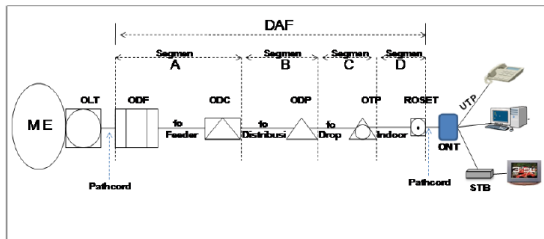
8. Optical Network Terminal (ONT)

ONT merupakan suatu *end device* atau last point jalur yang berasal dari STO atau OLT.[9] ONT adalah perangkat aktif yang dipasang disisi pelanggan dan berfungsi untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik serta sebagai alat demultiplex.

G. Pembagian Elemen Jaringan FTTH

Konfigurasi jaringan FTTH memiliki beberapa komponen dan *task region* network yang terdiri dari :[9]

1. Catuan Kabel *Feeder Network*
2. Catuan Kabel *Distribution Network*
3. Catuan Kabel Penanggal / *Drop Cable Network*
4. Catuan Kabel Rumah



Gambar 2. Elemen jaringan FTTH [4]

H. Parameter Kelayakan Hasil Perancangan

1. Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu *link* serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari *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*). Satu periode *bit* didefinisikan sebagai resiprokal dari *data rate*.

Untuk menghitung *Rise Time budget* dapat dihitung dengan rumus :[1]

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- t_{tx} = *Rise time transmitter* (ns)
- t_{rx} = *Rise time receiver* (ns)
- $t_{intermodal}$ = bernilai nol (untuk serat optik *single mode*)
- $t_{intramodal} = t_{material} + t_{waveguide}$
- $t_{material} = \Delta\sigma \times L \times Dm \dots\dots\dots (2.2)$
- $t_{waveguide} = \frac{L}{c} [n_2 + n_1 \Delta d (\frac{v_b}{dv})] \dots\dots\dots (2.3)$
- $\Delta s = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} \dots\dots\dots (2.4)$
- $V = \frac{2\pi \times a}{\lambda} n_1 (2\Delta s)^{1/2} \dots\dots\dots (2.5)$
- $u_c = 2V^{1/2} \dots\dots\dots (2.6)$
- $d(\frac{v_b}{dv}) = 1 + (\frac{u_c^2}{v^2}) \dots\dots\dots (2.7)$
- $\Delta\sigma$ = Lebar Spektral (nm)
- L = Panjang serat optik (Km)
- Dm = Dispersi Material (ps/nm.Km)
- c = kecepatan rambat cahaya 3×10^8
- a = Jari-jari inti
- n_1 = indeks bias inti
- n_2 = Indeks bias selubung

2. Bit Error Rate (BER)

Bit error rate merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Sensitivitas merupakan daya optik minimum dari sinyal yang datang pada *bit error rate* yang dibutuhkan. Kebutuhan akan BER berbeda-beda pada setiap aplikasi, sebagai contoh pada aplikasi

komunikasi membutuhkan BER bernilai 10^{-10} atau lebih baik, pada beberapa komunikasi data membutuhkan BER bernilai sama atau lebih baik dari 10^{-12} . BER untuk system komunikasi optik sebesar 10^{-9} . Faktor-faktor yang mempengaruhi BER antara lain *noise*, interferensi, distorsi, sinkronisasi bit, redaman, *multipath fading*, dll.[1] Bit Error Rate (BER) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$BER = Pe(Q) = \frac{1}{Q\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{Q^2}{2}) \dots\dots\dots (2.9)$$

$$BER = \frac{N_e}{N_t} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$Q = \frac{V_H - V_L}{\sigma_x} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

- Pe = *Probabiliti Error*
- Q = *Quantum Noise*
- N_e = jumlah bit yang error
- N_t = jumlah bit yang dikirim
- V_L = *threshold* bawah
- V_H = *threshold* atas
- σ_x = standar deviasi

I. Optisystem

Optisystem merupakan sebuah *software* yang didesain untuk merencanakan, menguji, dan mensimulasikan hampir semua jenis jaringan serat optik. *Software* ini dikembangkan oleh perusahaan bernama *Optiwave Company*. *Optisystem* diciptakan untuk memenuhi kebutuhan penelitian para ilmuwan, insinyur telekomunikasi optik, *system integrator*, mahasiswa dan berbagai pengguna lainnya.[5] Banyak hal yang bisa dilakukan dalam *software* ini seperti desain jaringan, menghitung parameter, melakukan evaluasi performansi sistem dan lainnya.

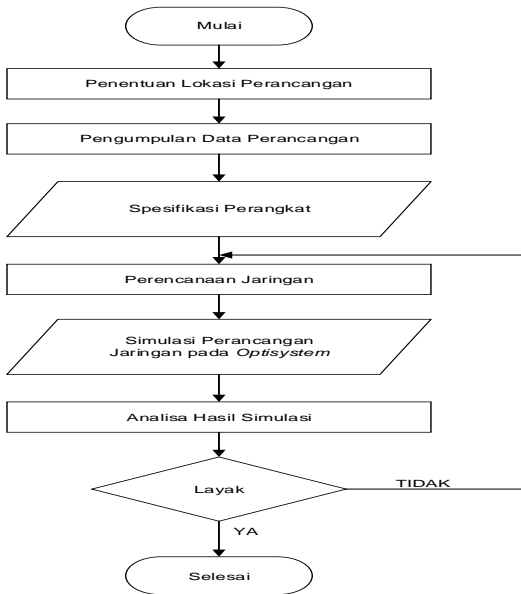
Pada *software* ini terdapat sebuah *library* yang didalamnya terdapat banyak jenis perangkat yang bisa kita gunakan misalnya alat ukur *Optical Power Meter (OPM)* untuk melihat loss di setiap poin, *Optical Time Domain Reflector (OTDR)* untuk mengidentifikasi *fault location* atau mendiagnosa dari keseluruhan serat optik apabila ada sambungan atau konektor pada saat instalasi yang kurang baik, dan masih banyak lagi perangkat yang lain.[7] *Optisystem* menyediakan berbagai layanan pada sistem komunikasi serat optik mulai dari CATV, WDM, GPON, SONET/SDH hingga *free space optic*. [5]

3. PERENCANAAN JARINGAN FTTH DI PERUMAHAN TAWANGANOM MAGETAN

A. Diagram Alir Perancangan

Langkah awal dari pengerjaan penelitian ini adalah menentukan lokasi perancangan. Lokasi yang dipilih adalah Perumahan Tawanganom yang terletak di Kabupaten Magetan, Jawa Timur. Kemudian dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk perancangan seperti jumlah rumah serta perangkat yang digunakan oleh PT. Telkom. Peletakan perangkat dipengaruhi oleh jumlah rumah

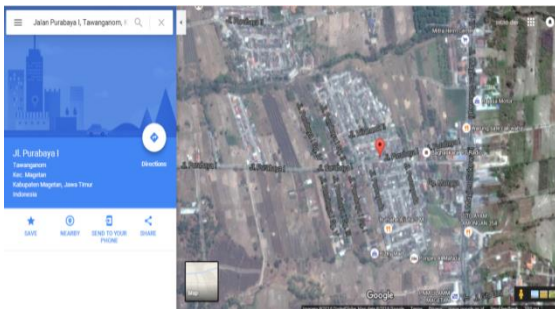
pada perumahan tersebut. Setelah data untuk perancangan jaringan terkumpul, perancangan jaringan FTTH sudah bisa dilakukan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan

B. Peta Lokasi Perumahan Tawanganom

Perumahan Tawanganom merupakan perumahan yang terletak di Kabupaten Magetan, Jawa Timur. Perumahan ini memiliki luas wilayah kurang lebih 20 hektar dengan 14 hektarnya telah dibangun hunian dan 6 hektar masih berupa lahan kosong. Jumlah hunian pada perumahan ini sebanyak 442 rumah dengan berbagai tipe. Jaraknya kurang lebih 2,46 km dari STO Magetan.



Gambar 3.2 Peta lokasi Perumahan Tawanganom

C. Penghitungan Kebutuhan Core Serat Optik

Pada perancangan ini akan dibangun jaringan dengan jumlah pelanggan sebanyak 442 pelanggan dan akan dibangun dengan konfigurasi *two stage* dengan *passive splitter* 1:4 di ODC dan 1:8 di ODP. Untuk mengetahui jumlah kebutuhan *passive splitter* yang dibutuhkan di ODP digunakan perhitungan sebagai berikut :

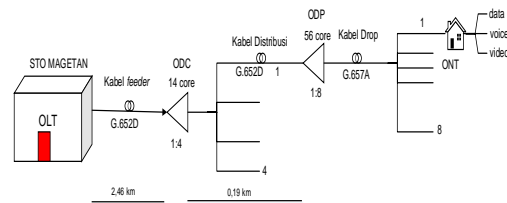
$$\text{Jumlah } \textit{passive splitter} \text{ di ODP} = \frac{442}{8} = 56 \text{ buah}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapat jumlah *passive splitter* di ODP adalah sebanyak 56 buah dan jumlah core serat optik untuk kabel distribusi sebanyak 56 core. Selanjutnya adalah menghitung jumlah *passive splitter* yang diperlukan di ODC dan jumlah core serat optik untuk kabel *feeder*. Perhitungannya didapat dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Jumlah } \textit{passive splitter} \text{ di ODC} = \frac{56}{4} = 14 \text{ buah}$$

Dengan melihat perhitungan diatas didapat jumlah *passive splitter* yang dibutuhkan di ODC adalah 14 buah dan jumlah core serat optik untuk kabel *feeder* adalah sebanyak 14 core.

D. Konfigurasi Jaringan

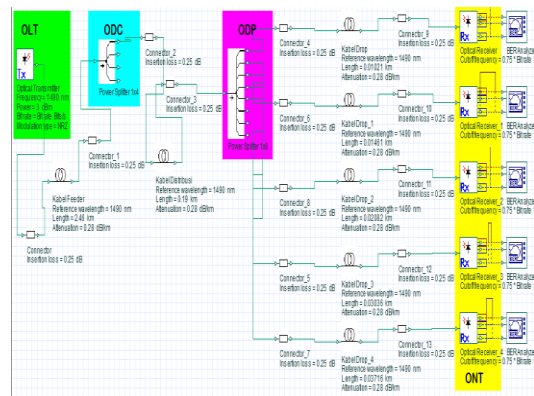


Gambar 3.3 Konfigurasi jaringan FTTH di Perumahan Tawanganom

Berdasarkan gambar konfigurasi diatas, dari OLT menuju ke ODC ditarik kabel *feeder* G.652D berjumlah 14 core. Kemudian dari 14 core kabel *feeder* tersebut di split dengan *passive splitter* 1:4 berjumlah 14 buah. Dari ODC disebarkan ke ODP dengan kabel distribusi G.652D sebanyak 56 core dan *passive splitter* 1:8 sebanyak 56 buah. Dari ODP ke diteruskan ke pelanggan dengan kabel serat optik G.657A dengan jumlah sama dengan jumlah rumah di Perumahan Tawanganom, yaitu 442 buah.

E. Simulasi Perancangan

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengatur parameter layout yang digunakan pada Optisystem diatur dengan bit rate sebesar 2,488 Gbps dan sensitifitas – 28 dBm.



Gambar 3.4 Konfigurasi Jaringan FTTH pada Optisystem

4. ANALISA PERANCANGAN KAPASITAS JARINGAN FTTH

A. Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Pada perancangan ini akan diuraikan perhitungan rise time budget untuk beberapa ONT dengan jarak yang berbeda. Berikut adalah uraiannya :

a. Dispersi pada ONT yang berjarak 2,66021 km

$$\begin{aligned}
 t_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\
 &= 1 \text{ nm} \times 2,66021 \text{ km} \times 0,01364 \text{ ns/nm.Km} \\
 &= 0,036285 \text{ ns} \\
 t_{\text{intermodal}} &= 0 \text{ (karena menggunakan serat optik single mode)} \\
 t_{\text{total}} &= (t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} \\
 &= 1,1 \times ((0,15)^2 + (0,036285)^2 + 0^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\
 &= 0,2778 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

b. Dispersi untuk ONT yang berjarak 2,66461 km

$$\begin{aligned}
 t_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\
 &= 1 \text{ nm} \times 2,66461 \text{ km} \times 0,01364 \text{ ns/nm.Km} \\
 &= 0,036345 \text{ ns} \\
 t_{\text{intermodal}} &= 0 \text{ (karena menggunakan serat optik single mode)} \\
 t_{\text{total}} &= (t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} \\
 &= 1,1 \times ((0,15)^2 + (0,036345)^2 + 0^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\
 &= 0,2778 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

c. Dispersi untuk ONT yang berjarak 2,67082 km

$$\begin{aligned}
 t_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\
 &= 1 \text{ nm} \times 2,67082 \text{ km} \times 0,01364 \text{ ns/nm.Km} \\
 &= 0,036429 \text{ ns} \\
 t_{\text{intermodal}} &= 0 \text{ (karena menggunakan serat optik single mode)} \\
 t_{\text{total}} &= (t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} \\
 &= 1,1 \times ((0,15)^2 + (0,036429)^2 + 0^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\
 &= 0,2779 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

d. Dispersi untuk ONT yang berjarak 2,68036 km

$$\begin{aligned}
 t_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\
 &= 1 \text{ nm} \times 2,68036 \text{ km} \times 0,01364 \text{ ns/nm.Km} \\
 &= 0,03656011 \text{ ns} \\
 t_{\text{intermodal}} &= 0 \text{ (karena menggunakan serat optik single mode)} \\
 t_{\text{total}} &= (t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} \\
 &= 1,1 \times ((0,15)^2 + (0,03656011)^2 + 0^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\
 &= 0,2779 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

e. Dispersi untuk ONT yang berjarak 2,68716 km

$$\begin{aligned}
 t_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\
 &= 1 \text{ nm} \times 2,68716 \text{ km} \times 0,01364 \text{ ns/nm.Km} \\
 &= 0,03665286 \text{ ns} \\
 t_{\text{intermodal}} &= 0 \text{ (karena menggunakan serat optik single mode)} \\
 t_{\text{total}} &= (t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} \\
 &= 1,1 \times ((0,15)^2 + (0,03665286)^2 + 0^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\
 &= 0,2779 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

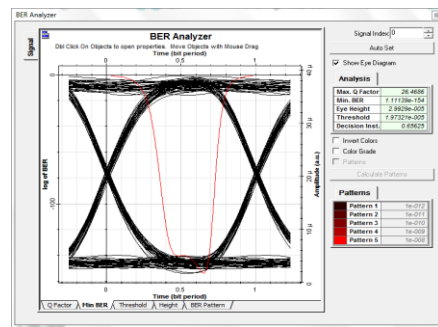
Setelah dilakukan perhitungan rise time berdasarkan link dari OLT sampai ke ONT kemudian dilakukan analisis rise time menurut perangkat. Pada standar perangkat GPON, bit rate untuk downstream adalah 2,488 Gbps. Dalam perancangan jaringan FTTH ini digunakan tipe format persinyalan NRZ. Nilai rise time total untuk tipe format persinyalan NRZ tidak boleh lebih dari 70 persen dari periode bit NRZ.

$$\text{Nilai rise time} = \frac{0,7}{\text{Bit rate}} = \frac{0,7}{2,488 \times 10^9} = 0,281350 \text{ ns}$$

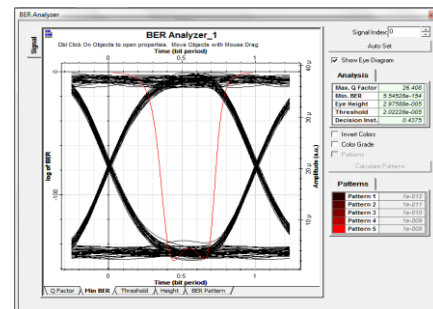
Dari kedua hasil tersebut diketahui bahwa nilai rise time total berdasarkan link sebesar 0,2778 ns sampai 0,2779 ns, nilai tersebut masih lebih kecil dari nilai rise time perangkat sebesar 0,281350 ns. Dapat disimpulkan bahwa jaringan FTTH yang dirancang ini telah memenuhi standar kelayakan rise time budget untuk downlink dengan format persinyalan NRZ.

B. BER Hasil Simulasi

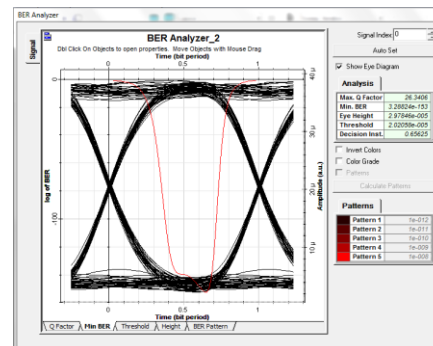
Berdasarkan simulasi dengan Optisystem diperoleh nilai BER (Bit Error Rate) untuk 5 ONT dengan jarak yang berbeda adalah sebagai berikut :



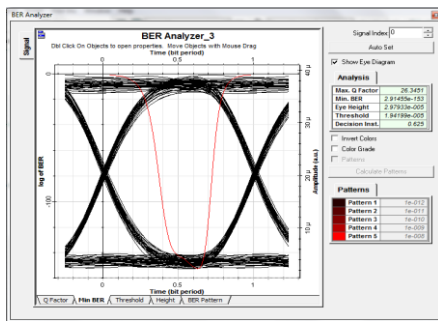
Gambar 4.1 Eye Diagram Pada ONT 1 yang berjarak 2,66021 km



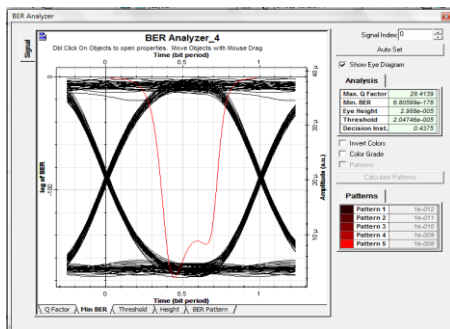
Gambar 4.2 Eye Diagram Pada ONT 2 yang berjarak 2,66461 km



Gambar 4.3 Eye Diagram Pada ONT 3 yang berjarak 2,67082 km



Gambar 4.4 Eye Diagram Pada ONT 4 yang berjarak 2,68036 km



Gambar 4.5 Eye Diagram Pada ONT 5 yang berjarak 2,68716 km

Berdasarkan gambar *Eye Diagram* hasil simulasi *Optisystem* diatas dapat dilihat bahwa bentuk *eye diagram* bisa terlihat dengan jelas. Hal ini menunjukkan bahwa dispersi pada link FTTH yang dirancang ini bernilai kecil. Dengan nilai dispersi yang kecil maka didapatkan *bandwidth* yang lebar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa simulasi menggunakan *Optisystem* berjalan dengan baik.

Setelah dilakukan analisa terhadap *Eye Diagram* hasil *Optisystem*, kemudian dilakukan analisa terhadap nilai BER hasil simulasi dengan *Optisystem* untuk mengetahui kelayakan jaringan yang telah dirancang.

No	N	O	Nilai BER
1	NT 1	O	$1,1139 \times 10^{-154}$
2	NT 2	O	$5,54526 \times 10^{-154}$
3	NT 3	O	$3,28824 \times 10^{-153}$
4	NT 4	O	$2,91455 \times 10^{-153}$
5	NT 5	O	$6,80599 \times 10^{-178}$

Tabel 4.1 Nilai BER hasil simulasi *Optisystem*

Standar minimum BER yang ditetapkan oleh PT.Telkom adalah 10^{-9} . Berdasarkan hasil tabel 4.2 diatas diketahui bahwa nilai hasil simulasi sudah bagus. Dari 10^{154} bit yang dikirim terdapat 1,11139 \approx 2 bit yang eror. Sedangkan waktu yang diperlukan untuk mengirim data sebanyak 10^{154} bit dengan bit rate 2,488 Gbps adalah $0,4019 \times 10^{145}$ detik. Pada penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya juga menunjukkan nilai BER hasil simulasi menggunakan *Optisystem* bernilai sangat kecil.[16,17,18] Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa simulasi menggunakan *Optisystem* bekerja dengan baik dengan nilai performansi jaringan yang baik sesuai dengan standar yang ditetapkan PT.Telkom.

Tabel 4.2 Perbandingan BER hasil simulasi dengan perhitungan manual

No	ONT	Nilai BER berdasarkan simulasi	Nilai BER berdasarkan perhitungan
1	ONT 1	$1,11139 \times 10^{-154}$	$6,035 \times 10^{-106}$
2	ONT 2	$5,54526 \times 10^{-154}$	$7,3996 \times 10^{-106}$
3	ONT 3	$3,28824 \times 10^{-153}$	$7,5134 \times 10^{-106}$
4	ONT 4	$2,91455 \times 10^{-153}$	$1,1632 \times 10^{-105}$
5	ONT 5	$6,80599 \times 10^{-178}$	$1,4471 \times 10^{-105}$

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai BER simulasi dan hasil perhitungan menunjukkan hasil yang berbeda. Meskipun keduanya menunjukkan hasil yang berbeda namun nilai tersebut masih berada pada batas standar kelayakan jaringan FTTH yang telah ditetapkan sehingga dapat dikatakan bahwa jaringan ini memiliki performansi yang baik.

C. Analisa Perancangan Keseluruhan

Berdasarkan hasil perhitungan manual diperoleh nilai rise time budget berdasarkan link dari OLT sampai ke ONT sebesar 0,2778 ns sampai 0,2779 ns. Nilai tersebut masih lebih kecil dari nilai rise time berdasarkan perangkat dengan format persinyalan NRZ sebesar 0,281350 ns. Bentuk *Eye Diagram* hasil simulasi dengan *Optisystem* juga menunjukkan bahwa nilai dispersi pada link FTTH yang dirancang bernilai kecil, sehingga link FTTH ini dapat menampung bandwidth yang besar. Nilai BER hasil simulasi *Optisystem* dan hasil perhitungan juga menunjukkan nilai yang memenuhi standar minimum BER sebesar 10^{-9} . Dari hasil ini menunjukkan bahwa perancangan jaringan yang dibuat sudah layak untuk diterapkan.

5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, analisis, dan perhitungan yang dilakukan pada perancangan kapasitas jaringan FTTH di Perumahan Tawanganom Magetan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari perhitungan *rise time budget* pada downlink didapat nilai 0,2778 ns sampai 0,2779 ns. Nilai tersebut masih lebih kecil dibandingkan nilai *rise time* dengan format persinyalan sebesar 0,281350 ns sehingga dapat disimpulkan bahwa jaringan yang dirancang sudah memenuhi standar kelayakan *rise time budget*.
2. Berdasarkan *Eye Diagram* hasil simulasi *Optisystem* diketahui bahwa *link* FTTH yang dirancang mempunyai nilai dispersi yang kecil, sehingga dapat dikatakan *link* FTTH yang dirancang ini dapat menampung *bandwidth* yang besar.
3. Berdasarkan hasil simulasi *Optisystem* diperoleh nilai BER untuk *downstream* sebesar $1,11139 \times 10^{-154}$ untuk ONT 1; $5,54526 \times 10^{-154}$ untuk ONT 2; $3,28824 \times 10^{-153}$ untuk ONT 3; $2,91455 \times 10^{-153}$ untuk ONT 4 dan $6,80599 \times 10^{-178}$ untuk ONT 5. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai BER pada jaringan FTTH yang dirancang telah memenuhi standar minimum BER sebesar 10^{-9} dan dapat dikatakan bahwa performansi jaringan yang dibuat ini sangat baik.
4. Pada perancangan jaringan FTTH di perumahan Tawanganom ini dibutuhkan 14 core kabel *feeder*, 14 buah pasif splitter 1:4, 56 core kabel distribusi dan 56 buah pasif splitter 1:8.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ignatia Gita Dwi Pratiwi. Perancangan Jaringan Akses *Fiber To The Home* (FTTH) dengan Teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) di Private Village, Cikoneng. Skripsi, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University, Bandung, 2015.
- [2] Ivan Demak Lamsihar, Perancangan Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) Menggunakan *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) Untuk Perumahan Jingga Bandung. Skripsi, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University, Bandung, 2015.
- [3] Angga Julian Maulana. Perencanaan Desain Jaringan Metro FTTH di Universitas Indonesia. Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok. 2012.
- [4] Yus Natali. Teknologi dan Implementasi FTTH. Kuliah Teknik Perencanaan Jaringan Akses Optik. Jurusan Teknik Telekomunikasi, Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta, Jakarta. 2015.
- [5] "OptiSystem" Optical Optical Communication System and Amplifier Design Software. Dokumen Teknis. Optiwave. 2009.
- [6] Anes Astriani. Perencanaan *Fiber To The Building* (FTTB) pada Apartement North Land Resident Jakarta Utara STO Pademangan. Proyek akhir, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta, Jakarta, 2014.
- [7] Mohamad Indra Yanuardin. Perancangan Jaringan FTTH (*Fiber To The Home*). Proyek Akhir, Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University, Bandung. 2016.
- [8] Aidynal Mustari. Perancangan dan Desain Jaringan Lokal Akses Fiber (JARLOKAF) Dengan Teknologi PON Konfigurasi Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH). Diakses https://www.academia.edu/4925341/PERANCANGAN_DAN_DESAIN_JARINGAN_LOKAL_AKSES_FIBER_JARLOKAF_DENGAN_TEKNOLOGI_PON_KONFIGURASI_JARINGAN_FIBER_TO_THE_HOME_FTTH , 25 April 2016
- [9] Muhammad Alfarizi. Pembuatan Desain Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) Pada Perumahan Buah Batu Square Bandung. Proyek Akhir, Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University, Bandung. 2015
- [10] Hani Dwi Putri. Perancangan Jaringan Akses *Fiber To The Home* (FTTH) Menggunakan Teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) Di Apartemen Buah Batu Park. Skripsi, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2011.
- [11] PT.Telkom Akses Indonesia. Modul-3 Design FTTH. Pp.1 – 99, 2013. Dokumen Teknis.
- [12] Luthfi Bahtiar. Rancang Bangun Aplikasi Perhitungan Link Budget Pada Jaringan FTTH Berbasis Android. Proyek Akhir, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta, Jakarta, 2014.
- [13] Tamsil Hariri. Dasar Transmisi Optik. Kuliah Sistem Komunikasi Serat Optik. Jurusan Teknik Telekomunikasi, Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta, Jakarta, 2014.

- [14] “EIA/TIA 568 For Fiber Optics” Guidance To Fiber Optics & Premises Cabling. Diakses dari <http://thefoa.org>, 13 Juni 2016.
- [15] M.S. Ab-Rahman, L. Al-Hakim Azizan, S.A.C. Aziz and K. Jumari, The Eye Diagram Analysis of Restoration Scheme in FTTH-PON. *Journal of Applied Sciences*, 11: 840-847. 2011.
- [16] Silmina Fahrani Komalin. Perancangan Jaringan Akses *Fiber To Home* (FTTH) Dengan Teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) Di Wilayah Permata Buah Batu II. Skripsi, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom, Bandung, 2015.
- [17] Popy Azwar, Emansa Hasri Putra, Rika Susanti. Analisis Simulasi Rancangan Fiber Optik Untuk Internet Kampus Politeknik Caltex Riau Menggunakan *Optisystem*. Jurnal, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru.
- [18] Ridhwan Prawira Surya Gandaatmaja. Analisis Performansi Modulasi *Direct* dan Eksternal Pada Jaringan FTTH Dengan *Gigabit Passive Optical Network* (GPON). Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, 2011
- [19] ITU-T Rec. G.984.1 (03/2008).
- [20] Keiser, Gerd. “*FTTX Concepts and Applications*.” Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. 2006.