

PERANCANGAN DAN ANALISIS JARINGAN AKSES FIBER TO THE HOME (FTTH) DENGAN TEKNOLOGI *GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK* (GPON) DI PERUMAHAN GRAND SHARON

DESIGN AND ANALYSIS FIBER TO THE HOME (FTTH) NETWORK ACCESS WITH GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) TECHNOLOGY IN GRAND SHARON RESIDENTIAL

Daniel Fourman¹, Ir., Sugito.,S.Si., M.T.², Putu Yasa, S.T., M.T.³

¹Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, ²Fakultas Teknik Elektro, ³Telkom Indonesia

¹ danielfourmans@gmail.com, ² sugito@telkomuniversity.ac.id, ³ putu.yasa@gmail.com

Abstrak

Jaringan akses internet kini sudah beralih ke serat optik. Peralihan dari jaringan akses tembaga ke jaringan akses serat optik ini disebabkan oleh karena lebih baiknya layanan maupun keefisienan dalam distribusi pembangunan link optik ke rumah-rumah, yang kita kenal dengan *Fiber To The Home* (FTTH) yang menggunakan teknologi *Gigabyte Passive Optical Network* (GPON). Dalam Tugas Akhir ini dipilih Perumahan Grand Sharon sebagai lokasi penelitian.

Metode yang digunakan pada penelitian ini antara lain : survey lokasi, perancangan jalur dan perangkat, serta penelitian hasil dengan analisis *power link budget*, *rise time budget*, dan *bit error rate*. Analisis ini juga menggunakan *Optisystem7* untuk membandingkan hasil perhitungan software dengan perhitungan manual.

Hasil perhitungan *power link budget* dari sentral hingga jarak terjauh dari pelanggan, didapatkan hasil pada jalur *downstream* ODC-CJA-FBT sebesar -17,81698 dBm dan untuk jalur *downstream* FBG -17,6366 dBm. Kemudian pada jalur *upstream* ODC-CJA-FBT sebesar -19,832215 dBm dan untuk jalur *upstream* ODC-CJA-FBG sebesar -19,51655. Dimana hasil dari semua perhitungan tersebut masih berada dibawah sensitifitas penerima yaitu -28 dBm. Untuk BER jalur FBT dan FBG lebih kecil dari standar BER yaitu 10^{-9} dan *Q-Factor* yang didapat lebih besar dari standar komunikasi optik yaitu 6.

Kata Kunci: BER, FTTH, GPON, Perumahan Grand Sharon, *Link budget*.

Abstract

The internet access network has now switched to optical fiber. The transition from the copper access network to the fiber optic access network is due to better service and efficiency in the distribution of optical link development to homes, which we are familiar with *Fiber To The Home* (FTTH) that uses *Gigabyte Passive Optical Network* (GPON) technology. In this Final Project Grand Sharon Residential was chosen as the research location

The methods used in this study include: location survey, track and device design, and research results with analysis of *power link budget*, *rise time budget*, and *bit error rate*. This analysis also uses simulations using *Optisystem7* to compare results with manual calculation analysis

The results of the calculation *power link budget* from central to the farthest distance to the customer, are obtained results on the ODC-CJA-FBT downstream path is -17.81698 dBm and for the ODC-CJA-FBG downstream line of -17.6366 dBm. Then the ODC-CJA-FBT upstream line is equal to -19,832215 dBm and for the upstream ODC-CJA-FBG line is -19,51655. Where the results of all these calculations are still below the receiver sensitivity -28 dBm. For BER, the FBT and FBG paths are smaller than the BER standard which is 10^{-9} and the *Q-Factor* obtained is greater than the optical communication standard, which is 6.

Keywords : BER FTTH, GPON, Grand Sharon Residential, *Link budget*.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin pesat, terutama teknologi informasi dan komunikasi, memicu masyarakat modern untuk mendapatkan layanan yang cepat, mudah, dan efisien. Karena kebutuhan layanan masyarakat modern yang terus meningkat maka dibutuhkanlah sarana komunikasi yang mampu untuk melayani semua jenis layanan tersebut. Kebutuhan layanan pada masa kini tidak hanya suara, melainkan data dan video. Maka diperlukan sarana komunikasi handal yang mampu memberikan performansi yang baik.

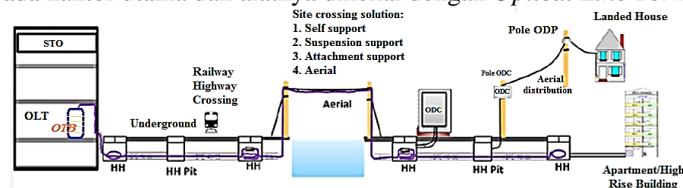
Keterbatasan jaringan akses tembaga yang dinilai belum cukup untuk dapat menampung kapasitas *bandwidth* yang besar, maka banyak operator ingin meningkatkan kualitas layanan mereka dengan cara membuat infrastruktur menggunakan *fiber optic* sebagai media transmisinya, juga dikenal dengan istilah *Fiber To The Home* (FTTH). Untuk merealisasikan visi misi tersebut, banyak operator merekomendasikan dan menggunakan teknologi GPON untuk jaringan FTTH. *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) adalah salah satu dari beberapa teknologi sistem komunikasi serat optik. GPON bermula dari *passive optical network* (PON) yang kemudian berevolusi dan berkembang hingga sampai tahap sekarang.

Berdasarkan jurnal sebelumnya dari Universitas Udayana yang sudah membahas analisa *rise time budget* dan *power link budget* dari STO sampai ke pelanggan, serta dari Universitas Telkom sendiri juga sudah ada jurnal tentang perancangan FTTH menggunakan GPON di perumahan Setraduta Bandung yang sama-sama membahas kelayakan link budget. Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini akan dipilih pembahasan yang lebih dikembangkan lagi dari segi topologi perumahan yang merupakan gabungan dua wilayah terpisah yang masih dalam satu kawasan Perumahan Grand Sharon yang diperkirakan membutuhkan layanan multimedia berkualitas bagus. Selanjutnya dilakukan perancangan jaringan akses dengan penentuan jalur dan penentuan perangkat yang akan digunakan. Analisis kelayakan sistem menggunakan teori perhitungan yaitu parameter *power link budget* dan *rise time budget* menjadi poin yang tidak kalah penting, juga serta akan dihitung nilai BER sebagai batas keberhasilan rancangan ini.

2 Konsep FTTH^[2]

FTTH merupakan suatu format transmisi sinyal optik dari pusat penyedia (provider) ke kawasan pengguna dengan menggunakan serat optik sebagai media kirimnya. Perkembangan teknologi ini tidak terlepas dari kemajuan teknologi serat optik yang dapat menggantikan penggunaan kabel tembaga. Dan juga munculnya layanan yang dikenal dengan istilah *Triple Play Service* yaitu pelanggan dapat menikmati layanan data, *voice*, dan *video* dalam satu infrastruktur yang membuat FTTH ini diminati.

Dalam perancangan jaringan FTTH terdapat batas maksimum agar layanan yang diterima pelanggan tetap dapat diterima dengan baik yaitu 20 km. Dimana jarak tersebut terukur mulai dari sisi penyedia layanan (*service provider*) yang terdapat pada kantor utama dan alatnya dikenal dengan *Optical Line Terminal* (OLT).



Gambar 2.5. Konfigurasi Fiber to the Home

2.1 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

Sesuai teknologi PON maka GPON yang merupakan evolusinya memiliki prinsip kerja dimana ketika informasi dikirim dari sisi OLT dengan serat optik tunggal, informasi akan didistribusikan dengan *splitter* yang memungkinkan informasi terbagi ke dalam beberapa percabangan, dan selanjutnya akan diterima *Optical Network Terminal* (ONT) yang terdapat di sisi pelanggan berada. Oleh sebab itu sesuai prinsip kerjanya tersebut maka PON dikenal memiliki sistem *point-to-multipoint*, yaitu pendistribusian informasi dari serat ke arsitektur *premise network* digunakan *splitter* sebagai perantaranya.

Arsitektur sistem GPON berdasarkan pada TDM (*Time Division Multiplexing*) sehingga mendukung layanan T1, E1, dan DS3. Berbeda dengan sistem multiplexer lainnya, GPON memiliki *layer Physical Media Dependent* (PMD) yang dilengkapi dengan *Forward Error Correction* (FEC).

ONT mempunyai kemampuan untuk mentransmisikan data di 3 mode *power*. Pada mode 1, ONT akan mentransmisikan pada kisaran daya *output* yang normal. Pada mode 2 dan 3 ONT akan mentransmisikan 3-6 dB lebih rendah daripada mode 1 yang mengizinkan OLT untuk memerintahkan ONT menurunkan dayanya. Apabila OLT mendeteksi sinyal dari ONT terlalu kuat atau sebaliknya, OLT akan memberi perintah ke ONT untuk menaikkan daya jika terdeteksi sinyal dari ONT yang terlalu lemah.

Kelayakan sistem GPON didasarkan pada persyaratan mulai dari perangkat hingga standar pengoperasiannya, antara lain sebagai berikut:

- beroperasi dengan *line rates* pada 2.488 Gbps *downstream* dan 1.244 Gbps *upstream* dalam sebuah serat, serta sistem GPON harus sesuai dengan ITU-T G.984x series (G.984.1/2//3/4).
- modul GPON dapat diekspansi, yang memungkinkan terbentuknya sistem perangkat yang fleksibel.
- sistem arsitektur GPON harus dalam satu rak yang terintegrasi untuk semua layanan, dimana dikontrol oleh sebuah *Network Management System* (NMS).

- d. arsitektur internal *backplane* perangkat GPON harus berbasis arsitektur *Internet Protocol* (IP), selanjutnya *switching* bersifat *non-blocking matrix*.

2.2 Power Link Budget [7]

Link power budget (LPB) dihitung sebagai syarat agar *link* yang kita rancang dayanya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. LPB dapat didefinisikan sebagai total redaman *link* optik yang diijinkan sepanjang sumber hingga di titik penerima yang didapat dari redaman kabel, redaman konektor, redaman penyambungan, serta *margin system*.

Untuk menghitung *Link power budget* dapat dihitung dengan rumus total redaman sebagai berikut:

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

- α_{tot} = Redaman Total sistem (dB)
- L = Panjang serat optik (Km)
- α_c = Redaman Konektor (dB/buah)
- α_s = Redaman sambungan (dB/sambungan)
- α_{serat} = Redaman serat optik (dB/ Km)
- Ns = Jumlah sambungan
- Nc = Jumlah konektor
- Sp = Redaman *Splitter* (dB)

Sedangkan untuk mencari nilai daya yang diterima di *photodetector* atau disisi pelanggan dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_{RX} = P_{TX} - \alpha_{tot} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

- α_{tot} = Redaman total sistem (dB)
- P_{RX} = Daya terima, sensitivitas penerima (dBm)
- P_{TX} = Daya kirim (dBm)

Adapun dikenal *redundancy* atau *margin system*. Bentuk persamaan untuk perhitungan margin daya adalah sebagai berikut :

$$M = (Pt - Pr) - \alpha_{total} - SM \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

- Pt = Daya keluaran sumber optik (dBm)
- Pr = Sensitivitas daya maksimum detektor (dBm)
- SM = Safety margin, berkisar 6-8 dB
- α_{tot} = Redaman Total sistem (dB)

Margin daya disyaratkan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol), margin daya adalah daya yang masih tersisa dari power transmit setelah dikurangi dari loss selama proses pentransmisian, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai sensitifitas *receiver*.

2.3 Rise Time Budget [4]

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 :

$$t_{system} = \sqrt{(t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2)} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

- | | |
|---|---|
| t_{tx} = Rise time transmitter (ns) | Dm = Dispersi Material (ps/nm.Km) |
| t_{rx} = Rise time receiver (ns) | N_2 = Indeks bias selubung |
| $t_{intermodal}$ = 0 (untuk single mode) | c = kecepatan rambat cahaya $3 \times 10^8 \text{ m/s}^2$ |
| $t_{intramodal}$ = $t_{material} + t_{waveguide}$ | $v = \sqrt{\frac{2\pi \cdot a \cdot n_1}{\lambda} \cdot (2\Delta s)}$ m/s |
| $t_{material}$ = $\Delta\sigma \times L \times Dm$ | a = Jari-jari inti (m) |
| $t_{waveguide}$ = $tw = \frac{L}{c} [n_2 + n_2 \cdot \Delta \cdot (\frac{vb}{dv})]$ | n_1 = indeks bias inti |
| $\Delta\sigma$ = Lebar Spektral (nm) | n_2 = indeks bias selubung |
| L = Panjang serat optik (Km) | |

2.4. Bit Error Rate ^[14]

Pengukuran kinerja suatu sistem komunikasi digital, yang salah satunya termasuk komunikasi serat optik, terdapat beberapa parameter dalam pengukurannya yaitu *eye patern* dan *Bit Error Rate* (BER) tentunya. BER adalah perbandingan banyaknya bit yang *error* terhadap total bit yang ditransmisikan dalam selang waktu satu detik dengan rentang 0 hingga 1. Persamaan BER secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$BER = \frac{N_e}{N_t} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$BER = Pe(Q) = \frac{1}{2} \left[1 - erf \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \right] \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-Q^2/2}}{Q} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Q = \frac{V_H - V_L}{\sigma_x} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

- BER = nilai *Bit Error Rate*
- Pe = probabilitas error
- Ne = jumlah bit yang error
- Nt = jumlah bit yang dikirim
- Q = kualitas
- VL = threshold atas
- VH = threshold atas
- σx = standar deviasi

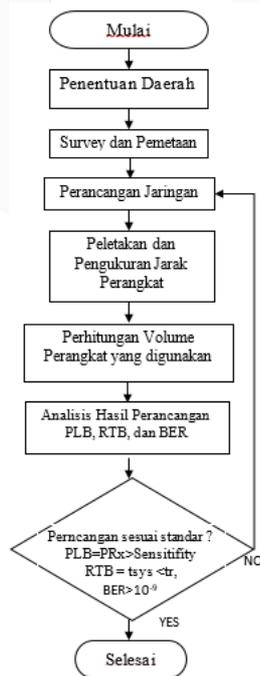
Kebutuhan BER juga berbeda-beda untuk setiap aplikasi. Seperti standar BER komunikasi suara dibutuhkan nilai dibawah 10⁻¹⁰, untuk komunikasi data dibutuhkan nilai dibawah 10⁻¹², sedangkan untuk komunikasi optik sendiri dibutuhkan nilai dibawah 10⁻⁹ agar *link* tersebut semakin baik kualitasnya.

2.5 Perancangan Simulasi dengan Software

Proses perancangan suatu *link* optik yang nantinya akan di implementasi, tentu diperlukan bantuan suatu *software* penunjang. Mulai dari survey, penggambaran lokasi, hingga simulasi dan penentuan BoQ bisa digunakan beberapa aplikasi *software* yang mempermudah perancang. Beberapa *software* yang digunakan antara lain :*Google Earth*, *AutoCAD*, dan *Optisystem*

3. Alur Perancangan

Dalam Tugas Akhir ini penulis membuat perancangan berdasarkan pada syarat batasan tertentu agar data yang dianalisa terpenuhi hasil yang optimal. Batasan perancangan jaringan serat optik tersebut dapat dilihat pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Jaringan Serat Optik

3.2 Penentuan Daerah

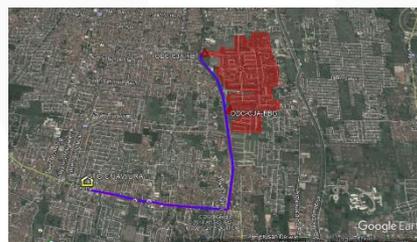
Pemilihan lokasi perancangan dipilih pada lokasi hunian baru yang bertujuan untuk mempermudah dalam pemilihan jalur kabel dikarenakan pada lokasi hunian lama memungkinkan adanya perangkat lama yang sudah terpasang. Oleh sebab itu penulis melakukan pengamatan pada hunian baru yang sedang dibangun. Perumahan Grand Sharon dipilih sebagai lokasi untuk pengimplementasian teknologi GPON pada jaringan akses FTTH.



Gambar 3.2 Denah Wilayah Perumahan Grand Sharon

Berdasarkan pada keadaan perumahan Grand Sharon dari segi tipe perumahan dan jumlah rumah yang terbangun maka dalam perancangan akan dipertimbangkan penarikan kabel dari STO terdekat. Untuk wilayah Perumahan Grand Sharon ini masuk dalam cakupan STO Cijaura yang berlokasi di Jl. Ciwastra No.245, Buahbatu, Kota Bandung, Jawa Barat 40286. Dari STO ini rute kabel yang diarahkan menuju lokasi pelanggan akan didistribusikan menggunakan kabel *feeder* menuju ke *Optical Distribution Cabinet* (ODC) yang berada di gerbang utama perumahan Grand Sharon.

Pada perancangan rute kabel ini akan dipilih lokasi yang paling baik dengan beberapa pertimbangan yaitu: jarak, ODC terdekat dengan lokasi, dan tentunya kapasitas ODC yang masih mencukupi. Ketika sudah didapatkan rute yang sesuai, perancangan dilanjutkan dengan penentuan kabel distribusi ke sisi pelanggan sehingga akan didapatkan jumlah pelanggan total yang menentukan jumlah ONT yang akan digunakan. Berikut dijabarkan menggunakan *Google Earth* rute kabel *feeder* dari STO Cijaura ke ODC pada perumahan Grand Sharon.



Gambar 3.3 Rute Kabel Feeder Grand Sharon

4. Analisis Kelayakan

4.1.1 Link Power Budget

Untuk menganalisis perhitungan *link power budget* disini akan diambil *sample* dari data dengan posisi jarak terjauh dari sentral ke pelanggan. Nilai redaman yang digunakan dalam perhitungan ini menggunakan standar dari PT.Telkom Indonesia yang sudah terlampir pada Bab 3.5.3. Berikut adalah analisis perhitungan *link power budget* disertai perhitungan lengkapnya yang dapat dilihat pada **Lampiran**

Perhitungan link power budget melalui ODC-CJA-FBT dan ODC-CJA-FBG dengan ONT terjauh:

a. Hasil Analisis Manual

$$\begin{aligned} P_{rx} \text{ Downstream FBT} &= -17,81698 \text{ dBm} \\ P_{rx} \text{ Downstream FBG} &= -17,6366 \text{ dBm} \\ P_{rx} \text{ Upstream FBT} &= -19,832215 \text{ dBm} \\ P_{rx} \text{ Upstream FBG} &= -19,51655 \text{ dBm} \end{aligned}$$

b. Hasil Analisis *Optisystem*

$$P_{rx} \text{ Downstream FBT} = -18,164 \text{ dBm}$$

$$\begin{aligned} P_{rx} \text{ Downstream FBG} &= -17,912 \text{ dBm} \\ P_{rx} \text{ Upstream FBT} &= -19,963 \text{ dBm} \\ P_{rx} \text{ Upstream FBG} &= -19,647 \text{ dBm} \end{aligned}$$

4.1.2 Rise Time Budget

Spesifikasi dari perangkat yang digunakan dalam perhitungan *rise time budget* dapat dilihat dalam tabel 3.2 dan 3.7. Dalam perancangan ini diambil dua *sample* perhitungan *rise time budget* ke ONT terjauh.

- Sample pertama dari link ODC-CJA-FBT dimana ONT terjauh pada link ini ada pada rumah Blok L nomor 365 yang berjarak 3,3439 km.
- Sample kedua yaitu dari link ODC-CJA-FBG dimana ONT terjauh ada pada rumah Blok M nomor 64 yang berjarak 2,534 km.

Perhitungan *rise time budget* dari kedua *sample* tersebut dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

Downstream

$$\text{Menggunakan NRZ ; } tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{2,488 \times 10^9} = 0,2813505 \text{ ns}$$

$$\text{Menggunakan RZ ; } tr = \frac{0,35}{Br} = \frac{0,35}{2,488 \times 10^9} = 0,1406752 \text{ ns}$$

Menentukan $t_{intra\text{modal}}$:

- Sample 1 = $t_{material1} = \Delta\sigma \times L \times Dm$
 $= 1 \text{ nm} \times 3,3439 \times 0,01364^{ns/nm.km}$
 $= 0,05483996 \text{ ns}$
- Sample 2 = $t_{material2} = \Delta\sigma \times L \times Dm$
 $= 1 \text{ nm} \times 2,534 \times 0,01364^{ns/nm.km}$
 $= 0,0415567 \text{ ns}$

$T_{intermodal} = 0$, karena serat optic yang digunakan adalah Single Mode

Sehingga perhitungan t_{system} untuk downstream adalah sebagi berikut :

$$\begin{aligned} t_{system1} &= (t_{tx}^2 + t_{material1}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \\ t_{system1} &= ((0,15)^2 + (0,05483996)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ t_{system1} &= 0,255944176 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{system2} &= (t_{tx}^2 + t_{material2}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \\ t_{system2} &= ((0,15)^2 + (0,0415567)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ t_{system2} &= 0,2534303836 \text{ ns} \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil yang didapat dari perhitungan t_{system} pada *sample* 1 yaitu sebesar 0,255944176 ns dan untuk *sample* 2 sebesar 0,2534303836 ns

Upstream

$$\text{Menggunakan NRZ ; } tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{1,244 \times 10^9} = 0,5627009646 \text{ ns}$$

$$\text{Menggunakan RZ ; } tr = \frac{0,35}{Br} = \frac{0,35}{1,244 \times 10^9} = 0,2813504823 \text{ ns}$$

Menentukan $t_{intra\text{modal}}$:

- Sample 1 = $t_{material1} = \Delta\sigma \times L \times Dm$
 $= 1 \text{ nm} \times 3,3439 \times 0,00356^{ns/nm.km}$
 $= 0,011904284 \text{ ns}$
- Sample 2 = $t_{material2} = \Delta\sigma \times L \times Dm$
 $= 1 \text{ nm} \times 2,534 \times 0,00356^{ns/nm.km}$
 $= 0,00902104 \text{ ns}$

$T_{intermodal} = 0$, karena serat optic yang digunakan adalah Single Mode

Sehingga perhitungan t_{system} untuk upstream adalah sebagi berikut :

$$\begin{aligned} t_{system1} &= (t_{tx}^2 + t_{material1}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \\ t_{system1} &= ((0,15)^2 + (0,011904284)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ t_{system1} &= 0,2768956442 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{system2} &= (t_{tx}^2 + t_{material2}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \\ t_{system2} &= ((0,15)^2 + (0,00902104)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ t_{system2} &= 0,2501627054 \text{ ns} \end{aligned}$$

4.1.3 Simulasi Bit Error Rate (BER)

Perhitungan BER pada perancangan FTTH ini menggunakan simulasi jaringan pada *Software OptiSystem*. Dalam simulasi ini dibutuhkan spesifikasi perangkat untuk menganalisis kelayakan link. Serta jarak antar perangkat secara keseluruhan yang telah dirancang di *Software AutoCad* dan *Google Earth*. Dari data-data tersebut maka diinputkan ke parameter-parameter yang ada di *OptiSystem* sehingga hasil analisis dapat mendekati kenyataan

Berikut hasil dari simulasi :

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut.

Berdasarkan hasil perhitungan dan hasil analisis dari perhitungan yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan seperti berikut :

1. Jumlah perangkat yang dibutuhkan dalam perancangan ini adalah OLT sebanyak 1 buah, ODC sebanyak 2 buah dengan total *passive splitter* 1:4 yang digunakan 45 buah, ODP dengan *passive splitter* 1:8 sebanyak 180 buah, ONT sebanyak 1403 buah, konektor jenis SC sebanyak 5406 buah, dan tiang yang dibutuhkan sebanyak 239 buah.
2. Link Perumahan Grand Sharon pada jalur ODC-CJA-FBT dan ODC-CJA-FBG, keduanya dinyatakan layak. Dapat dikatakan seperti itu karena dilihat dari analisa *link power budget* dari OLT hingga ONT terjauh pada jalur *downstream* FBT sebesar -17,81698 dBm dan untuk jalur *downstream* FBG -17,6366 dBm. Sedangkan dari analisa *link power budget* dari OLT hingga ONT terjauh pada jalur *upstream* FBT sebesar -19,832215 dBm dan untuk jalur *upstream* FBG sebesar -19,51655. Dimana hasil dari semua perhitungan tersebut masih berada dibawah sensitifitas penerima yaitu -29 dBm, sehingga kualitas informasi yang diterima disisi ONT masih baik.
3. Hasil perhitungan *rise time budget* pada perancangan ini juga lolos kelayakan sistem. Pada jalur FBT dan FBG dalam pengiriman *downstream* didapatkan nilai batas 0,2813505 ns dan *upstream* didapatkan nilai batas 0,5627009646 ns untuk pengkodean NRZ. Sedangkan untuk jenis pengkodean RZ tidak dijadikan karena pengkodean yang digunakan dalam rancangan ini adalah RZ. Dari semua hasil t_{sys} yang didapatkan masih dibawah nilai batas pengkodean t_r NRZ, sehingga dari segi batasan dispersi pada jalur ODC-CJA-FBT dan ODC-CJA-FBG layak.
4. Hasil simulasi *Optisystem* dalam analisis BER pada jalur *downstream* FBT didapatkan BER $4,89097 \times 10^{-91}$ dan *Q factor* 20,1999 ,pada jalur *downstream* FBG didapatkan hasil BER $2,35188 \times 10^{-96}$ dan *Q factor* 20,796. Kemudian hasil analisis BER pada jalur *upstream* FBT didapatkan BER $2,92139 \times 10^{-44}$ dan *Q factor* 13,9058 , pada jalur *upstream* FBG didapatkan BER $3,16697 \times 10^{-48}$ dan *Q factor* 14,5444. Dengan hasil yang sudah didapat tersebut maka nilai BER perancangan ini sangat baik, karena nilai standar BER komunikasi optic adalah 10^{-9} .

Saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tentunya tidak semua yang ada pada buku ini sempurna, melainkan masih ada poin-poin yang perlu ditambahkan dan dikembangkan lagi pada penelitian selanjutnya :

1. Tambahkan peramalan *demand* agar dapat memperkirakan kapasitas *bandwidth* yang dibutuhkan
2. Untuk analisis perancangan BER lakukan dengan perhitungan nilai BER melalui persamaan, dan kemudian hasilnya bisa dibandingkan dengan hasil yang didapat dari simulasi.

Daftar Pustaka:

1. Al-Adawiyah, Rabiha. *Evaluasi Perancangan Jaringan FTTH Dengan Teknologi GPON di Komplek Green Mansion Jakarta* [Jurnal]. Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2010
2. Julian M., A. *Perencanaan Desain Jaringan Metro FTTH di Universitas Indonesia*. Depok: Universitas Indonesia. 2012
3. Dwi, S. R. *Evaluasi Perancangan Jaringan FTTH dengan Teknologi GPON (Studi Kasus Plaza 1 Pondok Indah Jakarta Selatan)*. Bandung: Universitas Telkom. 2011.
4. Ramadhan, M. *Perancangan Jaringan Akses FTTH Menggunakan Teknologi GPON di Perumahan Setraduta Bandung*. Indonesia: Universitas Telkom. 2012.
5. Hambali, A. (26 Mei 2014). Retrieved From [Http://Ahambali.Staff.Telkomuniversity.Ac.Id/2014/05/](http://Ahambali.Staff.Telkomuniversity.Ac.Id/2014/05/)
6. ITU. (2005). *ITU-T Recommendation G.983.2*. ITU-T Study Group 15.
7. Keiser, G. *Optical Fiber Communications* (3rd Ed.). Singapore: Mc Graw Hill. 2000
8. Dr. Kenneth, S. P. [Http://Www.Telebyteusa.Com/](http://Www.Telebyteusa.Com/). (Telebyte) Retrieved Juli 01, 2015, From [Http://Www.Telebyteusa.Com/Foprimer/Foch2.Htm](http://Www.Telebyteusa.Com/Foprimer/Foch2.Htm) 2013.
9. Intech. (13 Juni 2013). [Http://Www.Intechopen.Com/](http://Www.Intechopen.Com/). (S. W. Harun, & H. Arof, Editors) Retrieved From [Http://Www.Intechopen.Com/Books/Current-Developments-In-Optical-Fiber-Technology/Faults-And-Novel-Countermeasures-For-Optical-Fiber-Connections-In-Fiber-To-The-Home-Networks](http://Www.Intechopen.Com/Books/Current-Developments-In-Optical-Fiber-Technology/Faults-And-Novel-Countermeasures-For-Optical-Fiber-Connections-In-Fiber-To-The-Home-Networks)
10. IBM Readbooks. (9 November 1998). [Http://Imedea.Uib-Csic.Es/~Salvador/Coms_Optiques/Adicional/Ibm/Ch06/06-04.Html](http://Imedea.Uib-Csic.Es/~Salvador/Coms_Optiques/Adicional/Ibm/Ch06/06-04.Html) Retrieved From [Http://Imedea.Uib-Csic.Es/~Salvador/Coms_Optiques/Adicional/Ibm/Ch06/06-04.Html](http://Imedea.Uib-Csic.Es/~Salvador/Coms_Optiques/Adicional/Ibm/Ch06/06-04.Html)
11. Pramanabawa, I. B. *Analisa Rise Time Budget dan Power Link Budget dari STO ke Pelanggan Infrastruktur GPON PT. Telekomunikasi Divisi Access Denpasar*. Indonesia: Universitas Udayana. 2013.
12. Google Inc. [Https://Developers.Google.Com/](https://Developers.Google.Com/). Retrieved From [Https://Developers.Google.Com/Earth/](https://Developers.Google.Com/Earth/)
13. Google. Retrieved From [Https://Support.Google.Com/Earth/Answer/20701?HI=Id](https://Support.Google.Com/Earth/Answer/20701?HI=Id) 2015.

14. Corporation Optiwave. "Optiwave Systems Inc". Retrieved From <https://optiwave.com/resources/system-requirements/minimum-and-recommended/>
15. Fiberhome Gpon Solution, Retrieved From <Http://Www.FiberopticTel.Com/Fiberhome-Gpon-Olt-An5516-04/>.
16. ZTE Cooperation. "ZXA10 C300: Optical Access Covergence Equipment – Product Description", 2011
17. ITU-T Recommendation G.652. "Characteristics of a single mode optical fibre and cable", 2009
18. ITU-T Recommendation G.657. "Characteristics of a bending loss insensitive single mode optical fibre and cable for the access network", 2009
19. Arcelect, Retrieved From https://www.arcelect.com/Calculating_fiber_loss_and_distance.pdf
20. OSP FTTH Telkom Indonesia Training, "Materi Training OSP-FTTH 19-21 Nov 2012".
21. ZTE Cooperation. "ZXA10 F660: Optical Access Covergence Equipment – Product Description", 2011

