

PERANCANGAN DAN ANALISIS JARINGAN FIBER TO THE HOME STROOMNET DI BANDAR LAMPUNG

DESIGN AND ANALYSIS FIBER TO THE HOME STROOMNET IN BANDAR LAMPUNG

M. Irfansyah Prananda¹, Iman Hedi Santoso², Sugito³

^{1,2,3}Universitas Telkom, Bandung

irfansyahprananda@student.telkomuniversity.ac.id¹, imanhedis@telkomuniversity.ac.id²,

sugito@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Jaringan akses internet kini sudah beralih dari kabel tembaga ke serat optik, hal ini disebabkan serat optik memiliki layanan yang lebih baik dan pembangunan distribusi jaringan serat optik ke rumah-rumah lebih efisien, yang lebih dikenal dengan nama FTTH yang menggunakan teknologi GPON. Dalam Tugas Akhir ini dipilih beberapa cluster perumahan yang ada di Bandar Lampung untuk perencanaan dan analisis jaringan FTTH.

Metode yang dipilih pada penelitian ini adalah: survey, perancangan, simulasi, dan analisis. Kemudian penelitian hasil dengan analisis power link budget, rise time budget, dan bit error rate. Analisis ini menggunakan Optiwave Optisystem untuk mendapatkan perhitungan, dan Mapping cluster perumahan yang ada di Bandar Lampung menggunakan Google Earth dan menggunakan perangkat yaitu OLT,FDT,FAT dan ONT.

Hasil Perhitungan link power budget, total redaman yang dihasilkan mendapatkan nilai daya terima -17,28. Untuk nilai rise time budget mendapatkan nilai waktu batasan $2,8 \times 10^{-10}$ untuk pengkodean NRZ. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan $2,5171 \times 10^{-10}$. Hasil RTB bernilai baik karena tsystem yang lebih kecil dari batasan waktu tiap pengkodean NRZ. Untuk bit error rate nilai yang dihasilkan dari simulasi $1,15146 \times 10^{-22}$. Nilai BER pada rancangan tersebut memenuhi standar nilai minimum BER yang ditetapkan untuk optik, yaitu sebesar 1×10^{-9} . Nilai tersebut memenuhi standar ITU-T G.984.

Kata Kunci: FTTH, Link budget, BER, Rise time budget, GPON, Stroomnet, Bandar Lampung, ICON+.

Abstract

The internet access network has now switched from copper cables to fiber optic, this is due to fiber optic having better services and the construction of a more efficient distribution of fiber optic networks to home, which is better known as FTTH which uses GPON technology. In this final project selected several housing cluster in Bandar Lampung for FTTH network planning and analysis.

The methods chosen in this research are: survey, design, simulation, and analysis. Then research the results by analyzing the power link budget, rise time budget, and bit error rate. This analysis uses Optiwave Optisystem to get calculations, and Mapping housing clusters in Bandar Lampung using Google Earth and using OLT, FDT, FAT and ONT tools.

The results calculation of the link power budget, the total attenuation produced gets an acceptability value of -17.28. For the rise time budget value, the time limit value is 2.8×10^{-10} for NRZ. From the result of these calculation obtained $2,5171 \times 10^{-10}$. For the bit error rate the value generated from the simulation is 1.15146×10^{-22} . The BER value in the is 1×10^{-9} . All of these values meet the eligibility of ITU-T G.984.

Keywords: FTTH, Link budget, BER, Rise time budget, GPON, Stroomnet, Bandar Lampung, ICON+.

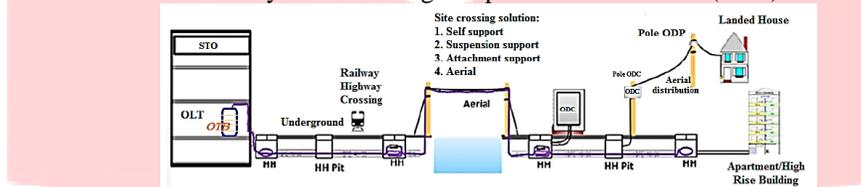
Pendahuluan

Penelitian ini akan membahas tentang perancangan dan analisis jaringan Fiber To The Home (FTTH) Stroomnet milik PT. Indonesia Comnets Plus di Wilayah Bandar Lampung, PT Indonesia Comnets Plus (ICON+) adalah instansi anak perusahaan milik PLN yang merupakan Lembaga listrik perusahaan negara, ICON+ merupakan Lembaga atau badan yang bergerak dalam bidang telekomunikasi serta perangkat jaringan internet yang media transmisinya adalah fiber optik, salah satu layanan milik ICON+ adalah Stroomnet, Stroomnet merupakan layanan internet yang media transmisinya fiber optik dan menggunakan tiang listrik milik PLN[1]. PLN mempunyai jaringan backbone di seluruh Indonesia, pada awalnya digunakan untuk data control pada jaringan listrik milik PLN, untuk mengoptimalkan backbone tersebut, dimanfaatkan juga layanan internet untuk masyarakat yaitu Stroomnet.

1. Konsep FTTH

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 dimintai[3].

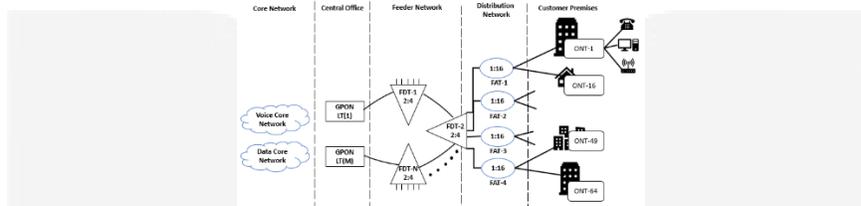
Dalam perancangan jaringan FTTH terdapat batas maksimum agar layanan yang diterima pelanggan tetap dapat diterima dengan baik yaitu 20 km. Dimana jarak tersebut terukur mulai dari sisi penyedia layanan (service provider) yang terdapat pada kantor utama dan alatnya dikenal dengan Optical Line Terminal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



Gambar 2.5 Konfigurasi Fiber To The Home[10]

1.1. Gigabit Passive Optical Network

GPON adalah singkatan dari Gigabit Passive Optical Network. GPON adalah mekanisme akses point-to-multipoint. Karakteristik utamanya adalah penggunaan spiltter pasif dalam jaringan distribusi serat optik, memungkinkan satu serat tunggal dari kantor pusat penyedia untuk melayani banyak rumah.



Gambar 2.11 Konfigurasi GPON

GPON menggunakan optical wavelength division multiplexing (WDM) sehingga serat tunggal dapat digunakan untuk data downstream dan upstream. Laser pada panjang gelombang (λ) 1490 nm mentransmisikan data downstream. Data upstream mentransmisikan pada panjang gelombang 1310 nm. Jika TV sedang didistribusikan panjang gelombang 1550 nm digunakan

1.2. Power Link Budget

Power Link Budget dihitung sebagai syarat agar link yang telah dirancang dayanya melebihi batas dari daya yang kita butuhkan. Power link budget dapat diartikan sebagai total redaman dari link optik yang diizinkan sepanjang sumber hingga ke titik penerima yang didapatkan dari redaman kabel, redaman konektor, redaman penyambungan, serta margin system.

Berikut untuk menghitung Power Link Budget bisa dihitung dengan rumus total redaman[4], yaitu :

$$a_{total} = L \cdot \alpha_f + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + N_{sp} \cdot \alpha_{sp} \tag{2.1}$$

Keterangan :

- α_{tot} = Redaman Total sumber (dB)
- L = Panjang serat optik (Km)
- α_f = Redaman Serat Optik (dB)
- N_c = Jumlah konektor
- α_c = Redaman konektor (dB/konektor)
- N_s = Jumlah sambungan
- α_s = Redaman sambungan (dB/sambungan)
- N_{sp} = Jumlah splitter
- α_{sp} = Redaman splitter (dB)

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

$$P_{Rx} = P_{Tx} - \alpha_{tot} \tag{2.2}$$

Keterangan :

- α_{tot} = Redaman total sumber (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:

$$M=(P_{tx} - P_{rx}) - \alpha_{total} - SM \tag{2.3}$$

Keterangan :

- P_{tx} = Daya keluaran sumber optik (dBm)
- P_{rx} = Sensitivitas daya maksimum detector (dBm)
- SM = *safety margin*, berkisar 3 dB
- α_{tot} = Redaman Total sistem (dB)

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

1.3. 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 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 RZ (*return-to-zero*). Satu periode bit didefinisikan sebagai resiprokal dari data rate. Untuk menghitung *Rise time budget* dapat dihitung dengan rumus[5] :

$$t_{system} = \sqrt{(t_{tx}^2 + t_{chromatic}^2 + t_{modal}^2 + t_{rx}^2)} \tag{2.4}$$

Keterangan :

- t_{tx} = Rise time Transmitter (ns)
- t_{rx} = Rise time receiver (ns)
- $t_{chromatic}$ = (Rt) *chromatic dispersion* (ns)
- t_{modal} = Tidak bernilai atau nol karena menggunakan optik *single mode*

Untuk *tchromatic* dicari dengan persamaan

$$Dt = D(\lambda) \cdot S \cdot L \tag{2.5}$$

Dimana

- Dt = Total *chromatic dispersion* (ps)
- $D(\lambda)$ = *Chromatic dispersion coefficient* (ps/nm.km)
- S = Lebar spectral laser (nm)
- L = Panjang jarak (km)

1.4. Bit Error Rate

Pengukuran kinerja suatu sistem komunikasi digital, yang salah satunya adalah komunikasi serat optik, terdapat beberapa parameter dalam pengukuran yaitu eye patern dan Bit Error Rate (BER) pastinya. BER adalah perbandingan banyaknya bit yang error terhadap total bit yang ditransmisikan dalam selang waktu satu detik dengan rentang 0 hingga 1. Berikut persamaan BER secara matematis[6] :

$$BER = \frac{N_e}{N_t} \tag{2.6}$$

$$BER = P_e(Q) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{Q/\sqrt{2}}^{\infty} e^{-x^2} dx \approx \frac{1}{2} [1 - \text{erf}(\frac{Q}{\sqrt{2}})] \tag{2.7}$$

$$Q = \frac{V_H - V_L}{\sigma_x} \tag{2.8}$$

Keterangan :

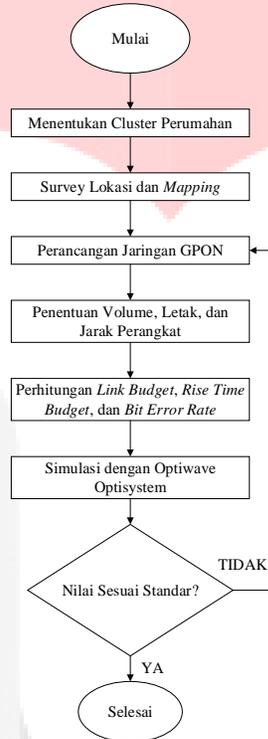
- BER = Nilai *Bit Error Rate*
- P_e = Probabilitas Error
- N_e = Jumlah bit yang error
- N_t = Jumlah bit yang dikirim
- Q = Kualitas

V_L = *threshold* atas
 V_H = *threshold* atas
 σ_x = 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.

3.1 Diagram Alir Perancangan

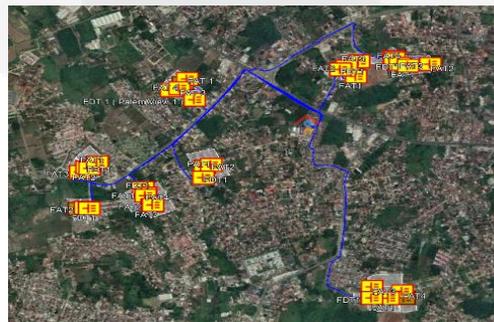
Dalam perancangan sistem *tracking* pendaki ini, terdapat diagram alir yang menggambarkan proses dan cara pengujian yang akan dilakukan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram Alir Perancangan Jaringan FTTH

3.2 Menentukan Cluster Perumahan

Menentukan *cluster* perumahan di Bandar Lampung yang akan dirancang jaringan FTTH Stroomnet difokuskan terlebih dahulu untuk perumahan yang dekat dengan lokasi OLT yaitu di PT PLN Wilayah Lampung yang terletak di kecamatan Rajabasa.



Gambar 3.2 Mapping Perumahan di Kecamatan Rajabasa

4. Tahap Pengujian

4.1 Link Power Budget

Pada perancangan jaringan FTTH di wilayah Bandar Lampung hanya difokuskan dengan jarak yang tidak terlalu jauh dengan OLT yang berada di PLN Distribusi Lampung, rancangan ini memiliki sekitar 8 cluster perumahan, akan tetapi akan diambil hanya jarak terjauh dan terdekat saja, jarak terjauhnya yaitu cluster Perumahan Bumi Puspa Kencana, dan jarak terdekatnya yaitu cluster Singgah Pay. Rancangan ini dimulai dari OLT / POP lalu menuju ke satu buah FDT yang dihubungkan dengan kabel feeder yang jaraknya telah ditentukan. FDT ini akan terhubung dengan masing-masing perangkat FAT yang ada di setiap cluster perumahan. Kabel yang digunakan untuk menghubungkan antara FDT dan FAT menggunakan kabel distribusi. Kemudian dari FAT menggunakan kabel drop untuk menghubungkan ke pelanggan-pelanggan pada cluster perumahan tersebut.

a. Hasil Analisis Manual

P_{Rx} Downstream Cluster Perumahan Bumi Puspa Kencana	= -17,28 dBm
P_{Rx} Downstream Cluster Singgah Pay	= -16,76 dBm
P_{Rx} Upstream Cluster Cluster Perumahan Bumi Puspa Kencana	= -17,44 dBm
P_{Rx} Upstream Cluster Singgah Pay	= -16,80 dBm

b. Hasil Analisis Optisystem

P_{Rx} Downstream Cluster Perumahan Bumi Puspa Kencana	= -17,717 dBm
P_{Rx} Downstream Cluster Singgah Pay	= -17,316 dBm
P_{Rx} Upstream Cluster Cluster Perumahan Bumi Puspa Kencana	= -18,092 dBm
P_{Rx} Upstream Cluster Singgah Pay	= -17,566 dBm

4.2 Rise Time Budget

Analisis mengenai rise time budget adalah suatu metode untuk menentukan batasan *disperse* pada suatu link fiber optik. *Rise time budget* berfungsi untuk perhitungan sistem digital. *Rise time budget* menggunakan dua jenis pengkodean, yaitu pengkodean NRZ (non-return-zero) dan RZ (return-zero). Nilai waktu sistem (T_{system}) yang didapatkan dari perhitungan dalam link *upstream* dan juga *downstream*, diharuskan berada dibawah nilai waktu batas (t). Untuk waktu batas dengan pengkodean NRZ bernilai 70% dari perioda bit, sedangkan untuk RZ bernilai 35% dari perioda bit. Satu perioda bit sama dengan kebalikan dari kecepatan data.

Spesifikasi dari perangkat yang digunakan dalam perhitungan *rise time budget* dapat dilihat dalam tabel 3.2 dan tabel 3.8. Dalam perancangan ini diambil dua *sample* perhitungan *rise time budget* ke ONT terjauh dan ONT terdekat.

- Sample pertama terjauh yaitu *cluster* perumahan Bumi Puspa Kencana dari link OLT-FDT-FAT-ONT yang berjarak sekitar 2,27 km.
- Sample kedua terdekat yaitu *cluster* Singgah Pay dari link OLT-FDT-FAT-ONT yang berjarak sekitar 0,48 km. Perhitungan kelayakan berdasarkan NRZ pada rancangan dari kedua sample tersebut dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

a. Downstream

$$\text{Menggunakan } t_{r,NRZ} = \frac{0,7}{2,488 \times 10^9} = 2,8 \times 10^{-10}$$

$$\text{Menggunakan } t_{r,RZ} = \frac{0,35}{2,488 \times 10^9} = 1,4 \times 10^{-10}$$

Kemudian perhitungan t_{system} untuk *downstream* adalah sebagai berikut :

- $t_{system1} = \sqrt{(ttx^2 + tchromatic^2 + tmodal^2 + trx^2)}$
 $t_{system1} = \sqrt{(1,5 \times 10^{-10})^2 + (2,9292 \times 10^{-11})^2 + (0)^2 + (2 \times 10^{-10})^2}$
 $t_{system1} = 2,5171 \times 10^{-10}$

- $t_{system2} = \sqrt{(ttx^2 + tchromatic^2 + tmodal^2 + trx^2)}$
 $t_{system2} = \sqrt{(1,5 \times 10^{-10})^2 + (6,1940 \times 10^{-12})^2 + (0)^2 + (2 \times 10^{-10})^2}$
 $t_{system2} = 2,5008 \times 10^{-10}$

Sesuai dengan hasil yang didapat dari perhitungan t_{system} pada *sample* 1 yaitu sebesar $2,5171 \times 10^{-10}$ ns dan untuk *sample* 2 sebesar $2,5008 \times 10^{-10}$ ns. Hasil t_{system} dari kedua *sample downstream* tersebut lebih kecil dari pada nilai $t_{r,NRZ}$ yaitu $2,8 \times 10^{-10}$ ns, hal ini membuktikan bahwa perancangan ini layak untuk digunakan.

Sedangkan hasil t_{system} dari kedua *sample* tersebut terhadap nilai t_r,RZ tidak berpengaruh dan tidak dijadikan acuan dalam perancangan ini dikarenakan rancangan ini menggunakan modulasi NRZ.

b. *Upstream*

$$\text{Menggunakan } t_r, NRZ = \frac{0,7}{1,244 \times 10^9} = 5,6 \times 10^{-10}$$

$$\text{Menggunakan } t_r, RZ = \frac{0,35}{1,244 \times 10^9} = 2,8 \times 10^{-10}$$

Kemudian perhitungan t_{system} untuk *upstream* adalah sebagai berikut :

- $t_{system1} = \sqrt{(ttx^2 + tchromatic^2 + tmodal^2 + trx^2)}$
 $t_{system1} = \sqrt{(1,5 \times 10^{-10})^2 + (-2,9707 \times 10^{-12})^2 + (0)^2 + (2 \times 10^{-10})^2}$
 $t_{system1} = 2,5002 \times 10^{-10}$
- $t_{system2} = \sqrt{(ttx^2 + tchromatic^2 + tmodal^2 + trx^2)}$
 $t_{system2} = \sqrt{(1,5 \times 10^{-10})^2 + (-6,2818 \times 10^{-13})^2 + (0)^2 + (2 \times 10^{-10})^2}$
 $t_{system2} = 2,5000 \times 10^{-10}$

Sesuai dengan hasil yang didapat dari perhitungan t_{system} pada *sample* 1 yaitu sebesar $2,5002 \times 10^{-10}$ ns dan untuk *sample* 2 sebesar $2,5000 \times 10^{-10}$ ns. Hasil t_{system} dari kedua *sample upstream* tersebut lebih kecil dari pada nilai t_r, NRZ yaitu $2,8 \times 10^{-10}$ ns, hal ini membuktikan bahwa perancangan ini layak untuk digunakan. Sedangkan hasil t_{system} dari kedua *sample* tersebut terhadap nilai t_r, RZ tidak berpengaruh dan tidak dijadikan acuan dalam perancangan ini dikarenakan rancangan ini menggunakan modulasi NRZ. Sehingga bisa disimpulkan bahwa perancangan ini dianggap layak jika dilihat dari nilai dispersi *upstream* maupun *downstream*.

4.3 Simulasi Bit Error Rate

Perhitungan BER pada perancangan jaringan FTTH Stroomnet ini menggunakan simulasi jaringan optik yaitu Optiwave OptiSystem. Dalam simulasi ini dibutuhkan spesifikasi perangkat untuk menganalisis kelayakan *link*, dan juga jarak antar perangkat secara keseluruhan menggunakan *mapping* dari *software* Google Earth Pro yang sudah dirancangan sebelumnya, dari data-data *mapping* tersebut maka diinputkan parameter-parameter pada OptiSystem sehingga hasil analisis dapat mendekati kenyataan

Simulasi yang dirancang adalah *downstream* dan *upstream* untuk jarak terjauh dan terdekat pada tiap rancangan. Elemen yang digunakan pada simulasi adalah sebagai berikut :

- *Transmitter* (Tx) sebagai OLT dengan daya sebesar 5 dBm untuk *downstream* dan *upstream*
- *Optical fiber single mode* tipe G.652d
- Konektor sebanyak 8 buah
- *Passive splitter* 1:4 dan 1:8
- *Receiver* (Tx) sebagai ONT

Parameter yang diatur ke konfigurasi yang dirancang pada OptiSystem :

- *Bit Rate* untuk konfigurasi *downstream* adalah 2,488 Gbps
- *Bit Rate* untuk konfigurasi *upstream* adalah 1,244 Gbps
- Panjang gelombang untuk *downstream* adalah 1490 nm
- Panjang gelombang untuk *upstream* adalah 1310 nm
- Power untuk *downstream* adalah 5 dBm
- Power untuk *upstream* adalah 5 dBm

Untuk menganalisis nilai BER pada Optisystem maka dibuat konfigurasi untuk *link upstream* dan *downstream*, kemudian dimasukkan ke parameter parameter sesuai dengan konfigurasi yang dibuat.

5. Kesimpulan dan Saran

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

1. Jumlah perangkat yang dibutuhkan dalam perancangan ini adalah OLT sebanyak 1 buah, FDT yang berisikan *passive splitter* 1:4 sebanyak 8 buah, FAT dengan *passive splitter* 1:8 sebanyak 13 buah, ONT sebanyak 77 buah, konektor jenis SC sebanyak 128 buah dan menggunakan sebanyak 251 tiang listrik milik PLN.
2. Perancangan *Cluster* Perumahan Bumi Puspa Kencana dan *Cluster* Singgah Pay Surya Estate yang melalui jalur OLT-FDT F01-FAT F01-ONT F01 dan OLT-FDT G01-FAT G01/G02, keduanya dinyatakan layak. Dapat

dibidang demikian dikarenakan dapat dilihat dari Analisa *link power budget* dari OLT hingga ke ONT pada *cluster* Perumahan Bumi Puspa Kencana pada jalur *downstream* sebesar $-17,28$ dBm dan untuk jalur *upstream* sebesar $-17,44$ dBm. Kemudian Analisa *link power budget* dari OLT hingga ONT pada *cluster* Singgah Pay Surya Estate pada jalur *downstream* sebesar $-16,76$ dBm dan untuk jalur *upstream* sebesar $-16,80$ dBm. Dimana hasil dari semua perhitungan tersebut masih berada dibawah sensitivitas penerima yaitu -29 dBm, sehingga kualitas informasi yang diterima pada sisi ONT masih baik.

3. Hasil perhitungan *rise time budget* pada perancangan ini juga lolos dari kelayakan sistem. Pada *cluster* Perumahan Bumi Puspa Kencana dan *cluster* Singgah Pay Surya Estate dalam pengiriman *downstream* didapatkan nilai batas yaitu $2,8 \times 10^{-10}$ ns dan *upstream* didapatkan nilai batas yaitu $5,6 \times 10^{-10}$ ns untuk pengkodean NRZ. Sedangkan untuk jenis pengkodean RZ tidak dijadikan karena pengkodean yang digunakan dalam rancangan ini adalah pengkodean NRZ. Dari semua hasil *tssystem* yang didapatkan masih dibawah nilai batas pengkodean NRZ, sehingga dari segi batasan dispersi pada *cluster* Perumahan Griya Puspa Kencana dan *cluster* Singgah Pay Surya Estate dianggap layak.
4. Hasil simulasi Optisystem dalam analisis BER pada rancangan *cluster* Perumahan Bumi Puspa Kencana pada jalur *downstream* didapatkan BER $1,15146 \times 10^{-22}$ dan Q-factor 9,72725, sedangkan pada jalur *upstream* didapatkan BER $8,41144 \times 10^{-23}$ dan Q-factor 9,7592. Kemudian pada rancangan *cluster* Singgah Pay Surya Estate pada jalur *downstream* didapatkan BER $5,61534 \times 10^{-27}$ dan Q-factor 10,6907, sedangkan pada jalur *upstream* didapatkan BER $1,89007 \times 10^{-28}$ dan Q-factor 11,0009. Dengan hasil yang sudah didapat tersebut maka nilai BER pada perancangan ini sangat baik, karena standar BER pada komunikasi optik adalah 1×10^{-9} .

Kemudian untuk saran yaitu :

1. Dalam melakukan perancangan FTTH supaya tidak memperbanyak sambungan kabel fiber optik karena akan mempengaruhi nilai redaman.
2. Merancang rancangan FTTH didaerah-daerah yang berpotensi untuk berkembang dan bisa meningkatkan kinerja dari masyarakat daerah tersebut.
3. Menghitung jarak dan survey dilakukan secara langsung agar data yang didapat lebih akurat.
4. Pada perancangan selanjutnya dilakukan optimasi agar lebih optimal.

Referensi:

- [1] ICON+, "Tentang Kami." <http://www.iconpln.co.id/about/>.
- [2] G. Wibisono, *Sistem Jaringan Fiber Optic*. Bandung: INFORMATIKA, 2020.
- [3] A. J. Maulana, "PERENCANAAN DESAIN JARINGAN METRO FTTH DI UNIVERSITAS INDONESIA," Universitas Indonesia, 2012.
- [4] R. P. S. Gandaatmaja, "ANALISIS SIMULASI PERFORMANSI MODULASI DIRECT DAN EKSTERNAL PADA JARINGAN FTTH DENGAN GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON)," 2014.
- [5] Gerd Keiser, *Optical Fiber Communications*. Singapore: Mc Graw Hill, 2000.
- [6] Widyantoro Tejo Mukti, "Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Link STO Arengka ke Perumahan Villa Melati Permai II," 2017.
- [7] D. Fourman, "Perancangan Dan Analisis Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di Perumahan Grand Sharon," Telkom University, 2019.
- [8] Google, "Persyaratan Sistem," *Konfigurasi sistem windows*. <https://support.google.com/earth/answer/21955?hl=id> (accessed Nov. 21, 2020).
- [9] Optiwave, "Minimum System Requirements," 2020. <https://optiwave.com/resources/system-requirements/minimum-and-recommended/> (accessed Dec. 07, 2020).
- [10] ZTE Corporation, "ZXA10 C300: Optical Access Covergence Equipment – Product Description," 2020.
- [11] ITU-T Recommendation G.652, "Characteristics of a single mode optical fibre and cable," 2020.
- [12] A. Electronic, "Calculating Fiber Loss and Distance Estimates," 2020.
- [13] Raisecom, "Raisecom PON Product," 2020.
- [14] O. N. T. Yuwana, "Perancangan Jaringan Fiber To the Home (FTTH) dengan Teknologi GPON di Kecamatan Cibeber Kota Cilegon," Universitas Islam Indonesia, 2017.
- [15] International Telecommunication Union, "ITU-T G.984," 2008.