

Perancangan Jaringan FTTH Dengan Teknologi GPON Menggunakan Simulasi OptiSystem Studi Kasus: Perumahan Permata Air Dingin Kota Padang

1st Fakhri Ramadhan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ffakhri@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Nachwan Mufti Adriansyah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

nachwanma@telkomuniversity.co.id

3rd Akhmad Hambali
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ahambali@telkomuniversity.co.id

Abstrak — Paper ini bertujuan untuk merancang jaringan Fiber to the Home (FTTH) yang berbasis Gigabit Passive Optical Network (GPON) dengan bantuan simulasi menggunakan perangkat lunak OptiSystem di Perumahan Permata Air Dingin. FTTH merupakan teknologi dari jaringan serat optik yang memungkinkan pengiriman data dengan kecepatan yang tinggi hingga ke rumah pelanggan melalui serat optik. GPON adalah salah satu teknologi standar yang digunakan dalam pengimplementasian FTTH, yang membagi bandwidth dengan efisien untuk berbagai pengguna di Perumahan Permata. Dalam perancangan ini menggunakan simulasi OptiSystem yang digunakan sebagai alat untuk menganalisis dan mengoptimalkan kinerja jalur jaringan FTTH berbasis GPON dalam skenario lingkungan perumahan. Simulasi menggunakan OptiSystem dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti level daya terima, Q-factor, dan kecepatan transfer data. Hasil yang didapat dari perancangan ini yaitu untuk perhitungan LPB dengan metode perhitungan matematis yaitu $-18,064$ dBm untuk jalur downlink dengan jarak terjauh, $-18,229$ dBm untuk jarak terjauh. Jalur uplink $-18,901$ dBm untuk jarak terdekat dan $-19,107$ dBm untuk jarak terjauh. Untuk modulasi yang digunakan adalah NRZ karena sudah t_{sys} harus lebih kecil dari nilai t_r . Nilai dari hasil kedua metode perhitungan tersebut sudah memenuhi standar kelayakan sebuah jaringan yang telah ditentukan oleh PT. Telkom Akses.

Kata kunci— ftth, gpon, optisystem, parameter

I. PENDAHULUAN

Permintaan dan kebutuhan penggunaan akan konektivitas internet saat ini yang semakin meningkat sehingga mendorong perkembangan teknologi jaringan. Desain jaringan FTTH yang efektif dan efisien dengan mengadopsi teknologi GPON menjadi krusial, terutama di Perumahan Permata Air Dingin yang memiliki populasi padat. Perumahan Permata Air Dingin merupakan perumahan yang berada di Kelurahan Balai Gadang, Kecamatan Koto Tangah, Kota Padang. Memiliki gerbang masuk perumahan, rumah dengan berbagai bentuk dan tipe,

jalur listrik, fiber optik, dan infrastruktur penunjang lainnya. Penelitian ini bertujuan merancang jalur jaringan distribusi FTTH. Dalam perancangan jaringan ini berfokus pada optimasi kinerja jaringan di lingkungan Perumahan Permata Air Dingin. Simulasi OptiSystem akan digunakan untuk menganalisis dan mengoptimalkan level daya terima, termasuk faktor-faktor seperti kekuatan sinyal, Q-factor, dan BER[1]. Perancangan diharapkan dapat memberikan panduan bagi pengembangan infrastruktur jaringan FTTH di perumahan serupa di masa yang akan datang, meningkatkan pemahaman tentang perancangan jaringan FTTH berbasis GPON dengan menggunakan simulasi OptiSystem. Selain itu, juga diharapkan dapat memberikan manfaat dalam peningkatan kualitas layanan di Perumahan Permata Air Dingin dan mendorong ke arah yang lebih baik dan efisien.

II. KAJIAN TEORI

A. Fiber Optik

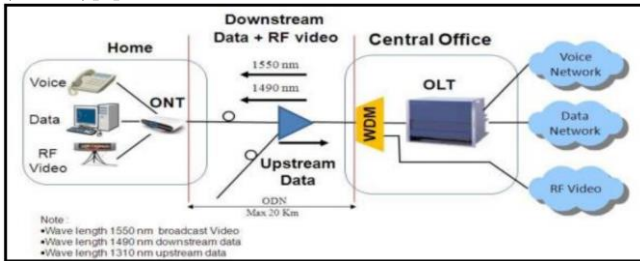
Merupakan media transmisi yang dapat merambatkan cahaya, yang terbuat dari kaca atau plastik sebagai media transmisinya. Fiber Optik memiliki kelebihan dibandingkan dengan media transmisi lainnya seperti kabel tembaga dan udara. Kelebihannya antara lain bandwidth yang lebih besar, tahan terhadap gangguan elektromagnetik, noise transmisi yang lebih rendah, dan biayanya lebih murah. Dengan menggunakan serat optik, sinyal dapat dikirimkan dengan kecepatan cahaya, yang menjadikannya teknologi yang sangat diandalkan dalam industri telekomunikasi untuk mengirimkan data, suara, dan video dalam skala yang besar dan dengan kualitas yang tinggi[1].

B. Fiber To The Home (FTTH)

FTTH adalah teknologi jaringan yang menggunakan serat optik untuk menghubungkan rumah atau gedung secara langsung ke jaringan. Perkembangan teknologi ini tidak lepas dari kemajuan perkembangan teknologi serat optik yang dapat menggantikan penggunaan kabel tembaga dengan kelengkapannya dalam menyediakan layanan[1].

C. Gigabit Passive Optical Network (GPON)

GPON atau Gigabyte Passive Optical Network merupakan sebuah arsitektur point-to-multipoint yang menggunakan media transmisi berupa kabel fiber optik. GPON mampu mendukung koneksi internet yang cepat, stabil dan murah. Teknologi GPON ini memiliki kecepatan 2,488 Gbps. GPON dikembangkan dan distandarisasi oleh International Telecommunication Union-Telecommunication (ITU-T)[1].



GAMBAR 1 Konfigurasi GPON

melakukan pengamatan, selanjutnya yaitu menganalisis parameter-parameter yang telah ditentukan.



GAMBAR 2 Flow Chart Perancangan

D. OptiSystem

OptiSystem adalah sebuah *software* simulasi yang digunakan untuk mendesain jalur jaringan Fiber Optik yang belum diimplementasikan secara nyata di lapangan. *Software* ini digunakan untuk melakukan perhitungan dan analisis Loss dan Power Budget. OptiSystem dilengkapi dengan antarmuka pengguna grafis yang komprehensif, termasuk tata letak proyek, komponen netlist, model komponen, dan tampilan grafis. OptiSystem digunakan untuk merancang dan mensimulasikan jaringan fiber optik sebelum diimplementasikan secara nyata. *Software* ini juga memberikan tingkat keakuratan perhitungan yang baik. Untuk mendapatkan tingkat keakuratan tersebut, perbandingan dengan nilai data nyata yang diperoleh melalui pengukuran seringkali diperlukan[5].

C. Link Power Budget (LPB)

LPB adalah suatu nilai yang menentukan apakah suatu sistem komunikasi optik dapat bekerja dan berjalan dengan baik atau tidak. Karena LPB adalah sebagai penentu apakah pelanggan dapat menerima daya sinyal yang dikirimkan dengan baik atau tidak. Tujuan dilakukannya perhitungan LPB juga sebagai parameter desain yang dipilih dapat menghasilkan sinyal optik hingga sampai ke pelanggan sesuai standar ketentuan yang berlaku[2]. Perhitungan LPB dengan rumus:

$$\alpha_T = L, \alpha_{serat} + N_c, \alpha_c + N_s, \alpha_s + S_p \dots \dots \dots (1)$$

$$Pr = Pt - \alpha_T \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- α_T = Total loss (dB)
- α_{serat} = Redaman serat optik (dB/Km)
- α_c = Redaman konektor (dB/buah)
- α_s = Redaman sambungan (dB)
- S_p = Redaman splitter (dB)
- L = Panjang serat optik (Kilometer)
- N_c = Jumlah konektor
- N_s = Jumlah sambungan
- Pr = Power Receive (dBm)
- Pt = Power Transmit (dBm)

III. METODE

A. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan jaringan ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop
Laptop atau perangkat keras yang digunakan dalam perencanaan ini adalah: Dell Latitude E6410 Intel® Core™ i7 CPU, 4 GB RAM, 2,7 GHz.
2. Google Earth
Yang digunakan adalah Google Earth Pro versi 7.3.6 sebagai perangkat lunak untuk pemetaan atau *drafting*.
3. OptiSystem

Digunakan untuk mensimulasikan suatu jaringan akses yang sudah dirancang dari *transmitter* sampai ke *receiver*. Versi yang digunakan dalam perancangan ini adalah OptiSystem 20.

B. Tahapan Perancangan

Untuk membuat suatu perancangan, khususnya pada jaringan akses FTTH, perlu dilakukan beberapa tahapan. Dengan flowchart berikut diharapkan dapat menggambarkan mengenai tahapan-tahapan perancangan yang akan dilakukan. Berikut merupakan flowchart dari perancangan jaringan FTTH yang dilakukan. Setelah

TABEL 1. Nilai Standar Redaman

No	Redaman	Nilai
1	Redaman Serat Optik	0,28&0,35 /Km
2	Redaman Konektor	0,25 dB
3	Redaman Sambungan	0,10 dB
4	Redaman Splitter 1:2	3,70 dB
5	Redaman Splitter 1:4	7,25 dB
6	Redaman Splitter 1:8	10,38 dB
7	Redaman Splitter 1:16	14,10 dB
8	Daya transmit sinyal optik (Pr)	3 dBm
9	Panjang Gelombang Downstream	1490
10	Panjang Gelombang Upstream	1310

D. Rise Time Budget (RTB)

RTB merupakan metode untuk menentukan batas dispersi pada saluran transmisi yang bertujuan untuk menganalisis kinerja dari sistem dan apakah memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan[2]. Berikut rumus perhitungan RTB:

$$t_f = D \cdot \sigma_\lambda \cdot L \dots\dots\dots(3)$$

$$t_{sys} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- t_{tx} = Rise Time sumber optik (ns)
- σ_λ = Lebar spektral (nm)
- D = Koefisien Chromatic (ns/nm.km)
- t_{rx} = Rise Time detector optik (ns)

Tabel 2. Parameter RTB

No	Parameter	Nilai
1	Rise Time sumber optik (t_{tx})	0,15 ns
2	Lebar spektral (σ_λ)	1 nm
3	Koefisien Chromatic(D)	1310 nm (Upstream) = 0,0035 ns/(nm.km) 1490 nm (Downstream) = 0,01364 ns/(nm.km)
4	Detector optik (t_{rx})	0,2 ns

E. Q-factor

Q-factor merupakan penentu baik atau buruknya suatu sistem. Nilai minimum dari Q-factor adalah 6[3].

F. Bit Error Rate (BER)

BER merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam proses pengiriman sinyal. Sensitivitas merupakan daya optik minimum dari sinyal yang datang pada bit error yang dibutuhkan. Komunikasi optik membutuhkan BER senilai 10^{-9} [4]

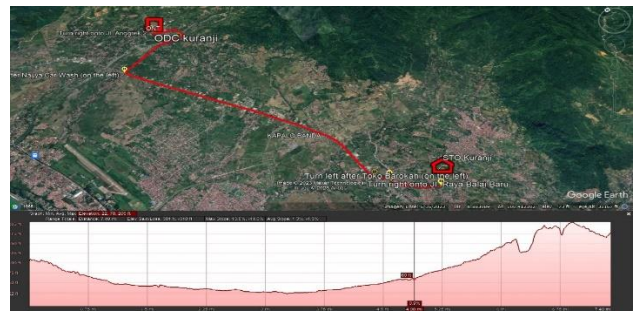
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Drafting dengan Google Earth

Perancangan jalur distribusi jaringan FTTH di perumahan Permata Air Dingin selain mengikuti spesifikasi perangkat yang sudah ditentukan oleh penyedia layanan, selanjutnya yaitu melakukan pemetaan menggunakan Google Earth sebagai pemetaan karena Google Earth menggunakan citra satelit yang akurat.

Dengan bantuan Google Earth ini, dapat melihat jalur yang lebih luas untuk memperoleh tata letak perumahan dan lingkungan sekitar. Melalui visualisasi yang akurat dari satelit, dapat dilihat kondisi topografi dan distribusi sehingga dapat menentukan titik ODP yang optimal berdasarkan faktor-faktor seperti aksesibilitas, jarak antar atau ke rumah dan kemampuan untuk mencapai seluruh perumahan.

1. Jarak dari STO menuju ODC sekitar 12 Km dengan OLT transmitter dari Kuranji dan ODC juga berkode Kuranji atau KJI seperti pada gambar 3.



GAMBAR 3

Jalur Kabel dari STO-ODC

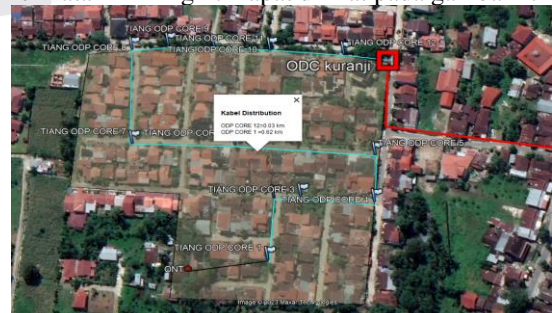
2. Berikut merupakan ODC yang digunakan pada perancangan ini bertipe Pole seperti pada gambar 4



GAMBAR 4.

ODC KJI dari STO Kuranji

3. Ploting Rumah, tujuannya adalah memperjelas batas-batas antar rumah dan akses jalan di dalam perumahan Permata Air Dingin. Dapat dilihat pada gambar 4.



GAMBAR 5

Batas Perumahan Permata Air Dingin

4. Penentuan letak titik ODP dan ONT, dapat dilihat kabel dari ODP menuju ONT sekitar 60 meter atau 0,06 km. dapat dilihat pada gambar 5.



GAMBAR 6
Radius Jangkauan Kabel ODP-ONT

5. Berikut merupakan ODP yang digunakan pada perancangan ini bertipe Pole seperti pada gambar 7.



GAMBAR 7.
ODP KJI Bertipe PoleB. Pengukuran Jarak Antar Perangkat

Setelah tahap drafting menggunakan Google Earth selesai, didapatkan hasil jarak dari OLT ke ODC yaitu ±12 Km. Jarak antara ODC ke masing-masing ODP setiap jalur dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

TABEL 3.
Jarak ODC ke ODP

NO	ODP CORE	JARAK(METER)	Kilometer
1	ODP CORE 12	30	0,03
2	ODP CORE 11	90	0,09
3	ODP CORE 10	130	0,13
4	ODP CORE 9	160	0,16
5	ODP CORE 8	190	0,19
6	ODP CORE 7	270	0,27
7	ODP CORE 6	350	0,35
8	ODP CORE 5	450	0,45
9	ODP CORE 4	490	0,49
10	ODP CORE 3	550	0,55
11	ODP CORE 2	570	0,57

12	ODP CORE 1	620	0,62
----	------------	-----	------

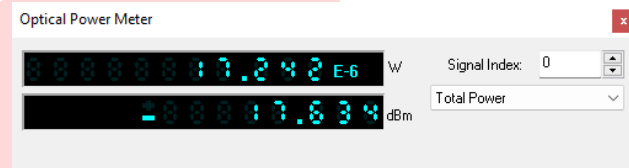
B. Perhitungan *Power Link Budget* (LPB)

Perhitungan LPB diukur pada jalur uplink dan downlink. Dengan redaman untuk uplink sebesar 0,35 dB dan downlink sebesar 0,28 dB. Perhitungan LPB baik secara matematis maupun simulasi menggunakan power dari OLT sebesar 5 dB.

6. Simulasi Pengukuran Uplink

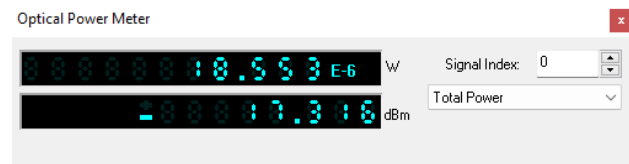


GAMBAR 8.
Hasil OPM Uplink Jarak Terdekat

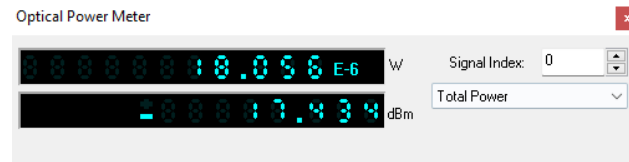


GAMBAR 9.
Hasil OPM Uplink Jarak Terjauh

7. Simulasi Pengukuran Downlink



GAMBAR 10.
Hasil OPM Downlink Jarak Terdekat



GAMBAR 11.
Hasil OPM Uplink Jarak Terjauh

Perhitungan matematis LPB menggunakan rumus (1) dan (2), baik pada jarak terjauh, maupun jarak terdekat. Dengan tetap mengaju pada standar redaman pada tabel I. Setelah mendapat hasil dari kedua metode perhitungan tersebut, dapat dibandingkan dengan jelas pada tabel 4 berikut. Dari kedua metode perhitungan tersebut, terdapat juga perbedaan hasil yang didapatkan.

TABEL 4.
Hasil Perhitungan LPB

Skenario	Target	Matematis	Simulasi	Selisih
Jarak Terdekat (12,09 km)		-18,901 dBm	-17,515 dBm	1,386 dBm
Jarak Terjauh (12,68 km)	≥ -28,0	-19,107 dBm	-17,634 dBm	1,473 dBm

C. Perhitungan Rise Time Budget (RTB)

Perhitungan RTB hanya diukur pada jalur uplink dan downlink saja. Dengan menggunakan rumus (3) dan (4). Dengan tetap mengacu pada tabel II.

8. Uplink

$$t_f = (0,0035 \text{ ns/nm.km}) \times (1 \text{ nm}) \times (12,65 \text{ km}) = 0,044275 \text{ ns}$$

$$t_{sys} = \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,044275^2} = 0,25389 \text{ ns} = 0,25 \text{ ns}$$

9. Downlink

$$t_f = (0,01364 \text{ ns/nm.km}) \times (1 \text{ nm}) \times (12,65 \text{ km}) = 0,0172546 \text{ ns}$$

$$t_{sys} = \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,0172546^2} = 0,25059 \text{ ns} = 0,25 \text{ ns}$$

Untuk teknologi yang digunakan pada perencanaan ini, itu GPON, nilai bit rate pada jalur uplink sebesar 1,25 Gbps dan untuk downlink memiliki bit rate sebesar 2,4 Gbps seperti perhitungan berikut:

10. Uplink

$$t_r = \frac{0,7}{BR} = \frac{0,7}{1,25 \times 10^9} = 0,56 \text{ ns}$$

11. Downlink

$$t_r = \frac{0,7}{BR} = \frac{0,7}{2,4 \times 10^9} = 0,29 \text{ ns}$$

Setelah perhitungan bit rate, dapat disimpulkan bahwa memenuhi standar kelayakan yaitu $0,25 \text{ ns} < 0,56 \text{ ns}$ untuk uplink dan $0,25 \text{ ns} < 0,29 \text{ ns}$ untuk downlink. Berikut adalah perhitungan untuk penentuan modulasi yang akan digunakan nantinya.

12. Non Return to Zero (NRZ)

- Bit rate downlink

$$t_r = \frac{0,7}{BR} = \frac{0,7}{2,4 \times 10^9} = 0,29 \text{ ns}$$

- Bit rate uplink

$$t_r = \frac{0,7}{BR} = \frac{0,7}{1,25 \times 10^9} = 0,56 \text{ ns}$$

13. Return to Zero (RZ)

- Bit rate downlink

$$t_r = \frac{0,7}{BR} = \frac{0,35}{2,4 \times 10^9} = 0,14 \text{ ns}$$

- Bit rate uplink

$$t_r = \frac{0,7}{BR} = \frac{0,35}{1,25 \times 10^9} = 0,28 \text{ ns}$$

nilai t_{sys} harus lebih kecil dari nilai t_r

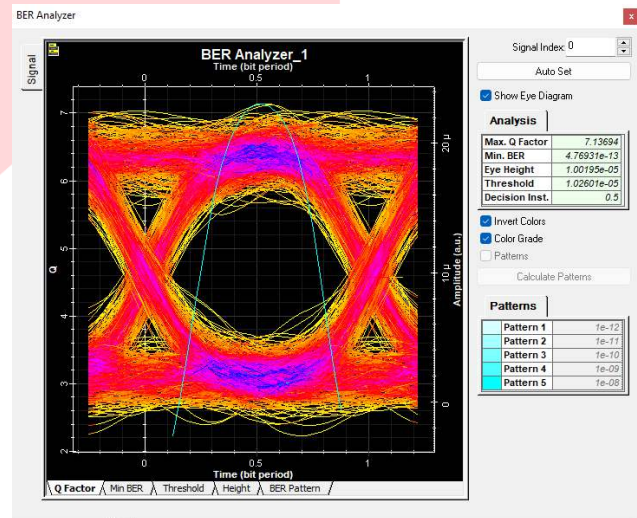
	t_{sys}	t_r	
		NRZ	RZ
Downslink	0,26 ns	0,29 ns	0,14 ns
Uplink	0,25 ns	0,56 ns	0,28 ns

Dari hasil perhitungan bit rate di atas, dapat disimpulkan bahwa modulasi yang digunakan adalah modulasi NRZ

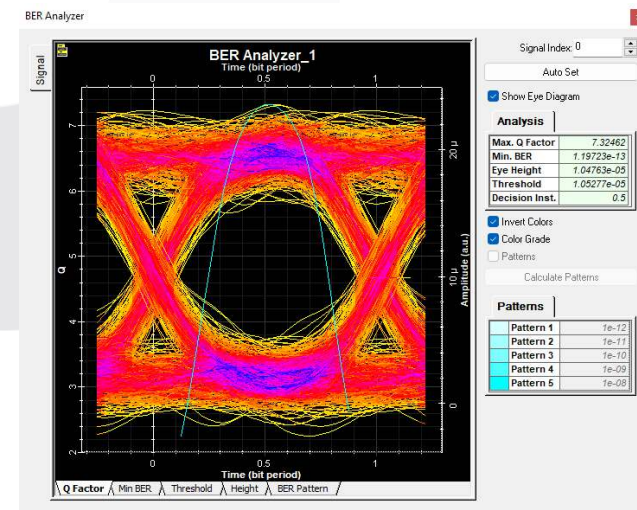
D. Q-factor dan Bit Error Rate (BER)

Berikut merupakan hasil perhitungan simulasi menggunakan perangkat lunak OptriSystem untuk perhitungan Q-factor dan BER.

14. Uplink

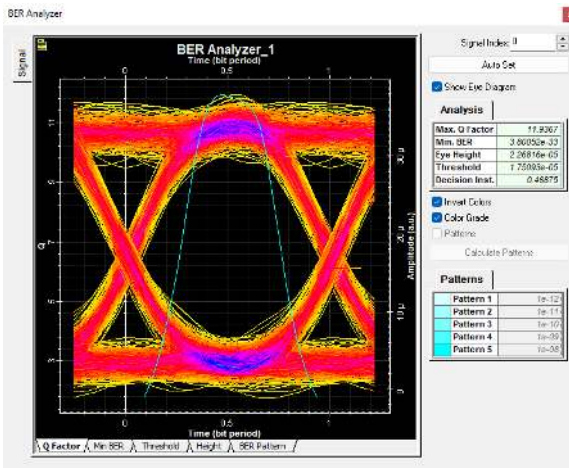


GAMBAR 12. Hasil Simulasi Uplink Terjauh

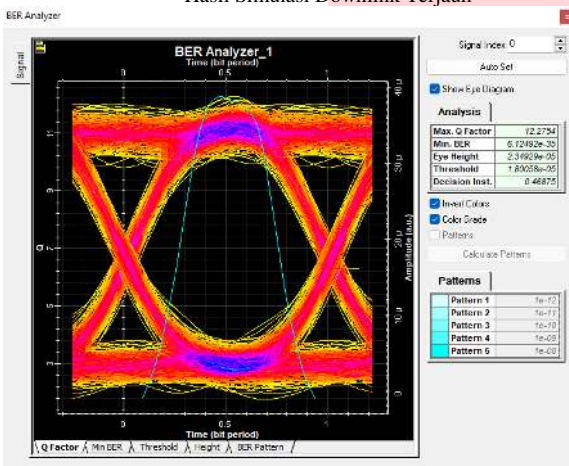


GAMBAR 13. Hasil Simulasi Uplink Terdekat

15. Downlink



GAMBAR 14.
Hasil Simulasi Downlink Terjauh



GAMBAR 15.
Hasil Simulasi Downlink Terdekat

Maka dapat disimpulkan bahwa hasil untuk nilai Q-Factor dan BER untuk jarak terdekat dan terjauh terpenuhi. Dikarenakan sudah sesuai dengan target sesuai standar yang telah ditetapkan 6 untuk Q-Factor dan BER lebih kecil dari 10^{-9} .

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah perancangan jaringan FTTH dengan menggunakan teknologi GPON di Perumahan Permata Air Dingin, di Kelurahan Balai Gadang, Kecamatan Koto Tangah, Kota Padang didapatkan bahwa untuk di perumahan tersebut membutuhkan 1 unit OLT yang berasal dari STO Kuranji, 1 unit ODC berkode KJI karena berasal dari STO kuranji, dan 12 unit ODP bertipe Pole. Berdasarkan proses *drafting* didapatkan jarak OLT ke ODC

sejauh 7,40 mil atau sekitar 12 Km. Untuk jarak dari ODC ke ODP terdekat yaitu 0,03 Km. Sedangkan jarak untuk ke ODP terjauh yaitu 0,062 Km. Total dari OLT ke ONT terdekat 12,09 Km dan 12,68 Km untuk jarak terjauhnya. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil LPB sebesar -18,064 dBm untuk jarak terdekat dengan gelombang downlink dan -18,229 dBm untuk jarak terjauh. Sedangkan untuk gelombang uplink jarak terdekat yaitu sebesar -18,901 dBm, untuk jarak terjauh yaitu sebesar -19,107 dBm. Hasil perhitungan untuk RTB didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan modulasi yang cocok yaitu NRZ karena nilai t_{sys} harus lebih kecil dari nilai t_r . Nilai tersebut sudah sesuai standar yang sudah ditetapkan yaitu dibawah 0,56 ns untuk jalur uplink dan 0,29 untuk jalur downlink. Sedangkan untuk hasil Q-factor dan BER juga sudah memenuhi standar karena sudah melebihi 6 untuk Q-factor dan BER senilai 10^{-9} . Dari semua kedua metode perhitungan tersebut terdapat selisih perhitungan. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya keterbatasan pada perangkat yang digunakan saat simulasi, baik dari segi perangkat lunak maupun keras.

REFERENSI

- [1] Y. Arliansyah *et al.*, "Perancangan jaringan akses fiber to the home (ftth) menggunakan teknologi gigabit passive optical network (gpon) di cluster tebet jakarta," vol. 8, no. 6, pp. 1–11, 2016.
- [2] T. Anggita, L. B. Rahman, A. Akbar, M. A. Laagu, and C. Apriono, "Perancangan dan Analisa Kinerja Fiber to the Building (FTTB) untuk Mendukung Smart Building di Daerah Urban," *Elkha*, vol. 12, no. 1, p. 32, 2020, doi: 10.26418/elkha.v12i1.37781.
- [3] E. Safrianti and W. T. Mukti, "FTTH Network Expansion Modeling and Link Budget for Housing Locations," *Int. J. Electr. Energy Power Syst. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 22–26, 2019, doi: 10.31258/ijeepse.2.1.22-26.
- [4] D. Dunggio, B. P. Asmara, and S. Abdussamad, "Perancangan Jaringan Distribusi FTTH Menggunakan Teknologi GPON Di Perumahan Griya Dulomo Indah," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 28–33, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i2.10073.
- [5] P. Azwar, E. H. Putra, and R. Susanti, "Analisis Simulasi Rancangan Jaringan Fiber Optik Untuk Internet Kampus Politeknik Caltex Riau Menggunakan OptiSystem," *JAE Politek. Caltex Riau*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2010.