

## ANALISIS PERBANDINGAN TEKNOLOGI GPON DAN XGS-PON PADA PERANCANGAN ULANG JARINGAN AKSES FIBER TO THE HOME PERUMAHAN MEGA BUKIT RESIDENCE BANYUMANIK

Samuel Pangihutan Hutagalung<sup>\*)</sup>, Imam Santoso dan Ajub Ajulian Zahra

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>Email: sam.galung@gmail.com

### Abstrak

Dewasa ini layanan jaringan akses internet telah 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 atau yang disebut Fiber To The Home (FTTH). Teknologi GPON mampu menyediakan laju data downstream sebesar 2,5 Gbps sesuai dengan/menurut ITU-T G.984 dan XGS-PON mampu menyediakan laju data secara simetris untuk downstream dan upstream sebesar 10 Gbps sesuai dengan/menurut ITU-T G.9807. Rancangan disimulasikan menggunakan software OptiSystem 7.0. Evaluasi rancangan dilakukan dengan membandingkan parameter kinerja rise time budget, link power budget, Q-factor, dan BER dari simulasi, perhitungan, serta standar yang telah ditetapkan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. dan ITU-T. Hasil simulasi menunjukkan total redaman terbesar untuk rumah terjauh baik dengan GPON adalah 22,867 dB dan XGS-PON adalah 22,85 dB. Hasil simulasi Q-factor untuk GPON adalah 11,4991 dan XGS-PON adalah 5,61271. Hasil simulasi BER untuk GPON adalah  $6,66384 \times 10^{-31}$  dan XGS-PON adalah  $9,95898 \times 10^{-9}$ . Hasil simulasi Rise time budget untuk GPON adalah 0,1875 ns dan untuk XGS-PON adalah 0,05 ns.

**Kata Kunci:** OptiSystem, serat optik, GPON, XGS-PON, rise time budget, link power budget, Q-factor, BER.

### Abstract

Nowadays internet access network services have switched to optical fiber. The transition from copper access networks to fiber optic access networks is due to better services and efficiency in the distribution of the construction of optical links to home or so-called Fiber To The Home (FTTH). GPON technology is able to provide downstream data rates of 2.5 Gbps according to ITU-T G.984 and XGS-PON is capable of providing data rates symmetrically for downstream and upstream of 10 Gbps according to ITU-T G.9807. The design was simulated using OptiSystem 7.0 software. The design evaluation was done by comparing the rise time budget performance parameters, link power budget, Q-factor, and BER from the simulations, calculations, as well as standards that was set by PT Telekomunikasi Indonesia Tbk and ITU-T. The Simulation results showed the largest total attenuation for the farthest house both with GPON was 22.867 dB and XGS-PON was 22.850 dB. The Q-factor simulation result for GPON was 11.4991 and for XGS-PON was 5.61271. The BER simulation result for GPON was  $6.66384 \times 10^{-31}$  and for XGS-PON was  $9.95898 \times 10^{-9}$ . Rise time budget simulation result for GPON was 0.1875 ns and for XGS-PON was 0.05 ns.

**Keywords:** OptiSystem, optical fiber, GPON, XGS-PON, rise time budget, link power budget, Q-factor, BER

### 1. Pendahuluan

Serat optik adalah salah satu media transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas besar dengan keandalan yang tinggi. Teknologi penggunaan kabel serat optik sebagai media transmisi dalam sistem telekomunikasi kemudian disebut JARLOKAF (Jaringan Lokal Akses Fiber). JARLOKAF menawarkan kecepatan transfer data lebih cepat dari jaringan kabel tembaga dan dapat menjangkau jarak yang ekstrem. Salah satu perkembangan JARLOKAF yaitu FTTH (Fiber To The

Home) yang letak titik konversi optik berada di rumah pelanggan.

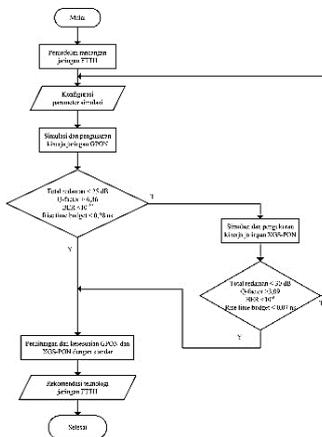
Salah satu teknologi yang ditawarkan untuk melayani permintaan masyarakat adalah Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON) dan 10-Gigabit-capable Passive Optical Network (XGS-PON) pada layanan Fiber To The Home (FTTH). Teknologi GPON dan XGS-PON memungkinkan pelanggan mendapatkan fasilitas layanan narrowband dan broadband. GPON mampu menyediakan laju data upstream sebesar 1,2 Gbps dan downstream

sebesar 2,4 Gbps sesuai dengan standar ITU-T G.984 [1]-[7]. Pada teknologi XGS-PON mampu menyediakan laju data *upstream* dan *downstream* secara simetris sebesar 10 Gbps sesuai dengan standar ITU-T G.9807 [8]-[9].

Pembangunan infrastruktur serat optik akan semakin banyak dilakukan karena teknologi serat optik dinilai dapat memenuhi kebutuhan pelanggan saat ini baik dengan menggunakan teknologi GPON atau XGS-PON. Pembangunan infrastruktur FTTH ini memerlukan berbagai komponen fisik mulai dari lokasi *service provider* sampai dengan pelanggan sebagai *end user*. Untuk memastikan kesiapan komponen fisik dan layanan yang dibangun telah sesuai dengan standar yang ada, maka perlu dilakukan proses simulasi terlebih dahulu untuk memastikan perancangan telah layak diimplementasikan pada lokasi yang sebenarnya.

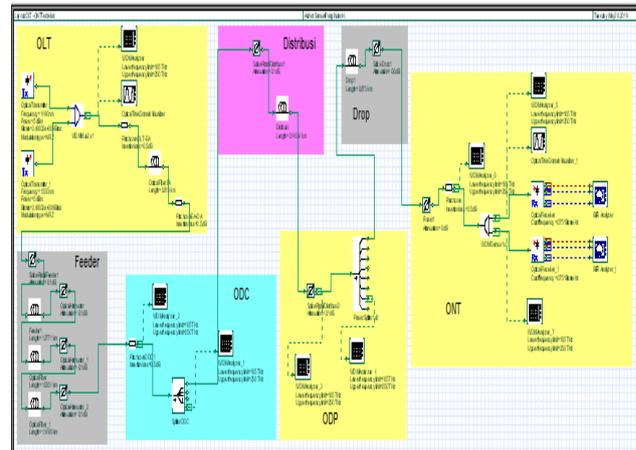
**2. Metode**  
**2.1. Pemodelan Jaringan**

Pembuatan simulasi dilakukan dengan merujuk pada perancangan jaringan akses FTTH Perumahan Mega Bukit Residence Banyumanik [10]. Simulasi perancangan dilakukan dengan perangkat lunak OptiSystem 7.0. Terdapat dua teknologi yang akan disimulasikan, yaitu GPON dan XGS-PON. Tujuan dilakukannya simulasi dengan dua teknologi adalah untuk mengetahui teknologi mana yang lebih sesuai jika akan diimplementasikan pada perumahan. Selanjutnya akan dilakukan pengujian dan analisis pada jaringan FTTH. Parameter-parameter yang digunakan untuk pengukuran kinerja jaringan meliputi *rise time budget*, *link power budget*, serta BER dan *Q-Factor*. Pengukuran kinerja jaringan dilakukan dengan mengacu pada standar yang dimiliki PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. dan ITU-T. Sementara untuk keseluruhan perancangan simulasi, dibuat berdasarkan diagram alir dengan ditampilkan dalam bentuk tahapan-tahapan yang sistematis. Diagram alir perancangan simulasi secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.

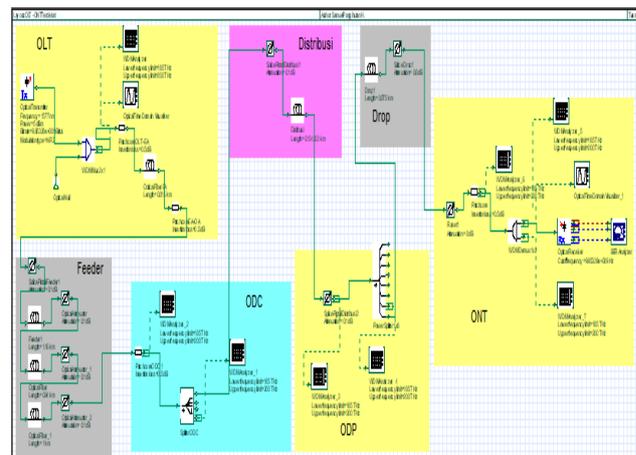


Gambar 1. Diagram Alir Simulasi

Pada simulasi perancangan jaringan FTTH, terdapat beberapa blok simulasi, yaitu blok OLT sebagai pengirim sinyal *downstream*, ONT sebagai penerima sinyal *downstream*, dan ODN. ODN sendiri terdiri dari ODC, ODP, dan blok catuan (*feeder*, distribusi, dan *drop*). Model simulasi perancangan dapat dilihat pada Gambar 2 untuk GPON dan Gambar 3 untuk XGS-PON.



Gambar 2. Pemodelan jaringan akses FTTH GPON



Gambar 3. Pemodelan jaringan akses FTTH XGS-PON

**2.2. Konfigurasi Parameter Simulasi**  
**2.2.1. GPON**

Perancangan jaringan FTTH dengan teknologi GPON mengacu pada standar ITU-T G.984.x. Berdasarkan ITU-T G.984.x, *bit rate* untuk *downstream* pada GPON adalah 2,48832 Gbps.

Tabel 1. Konfigurasi perangkat simulasi GPON

Perangkat	Komponen	Parameter	Nilai
OLT	Optical Transmitter	Frequency	Data dan Suara = 1490 nm
		Power	5 dBm
		Extinction ratio	10 dB

Tabel 1. (lanjutan)

Perangkat	Komponen	Parameter	Nilai
OLT	Optical Transmitter	Bit rate	2,48832 Gbps
		Modulation type	NRZ
	WDM Multiplexer	Transmitter type	
		Bandwidth	10 THz
		Insertion loss	0 dB
		Depth	100 dB
		Filter type	Bessel
		Frequency (0)	1490 nm
	Connector	Frequency (1)	1550 nm
		Insertion loss	OLT-EA=0,5 dB EA-OA= 0,5 dB
ODC	Optical Splitter	Number of output ports	4
		Insertion loss	6,0206+1,2994 dBm
ODP	Optical Splitter	Number of output ports	8
ONT	Optical Receiver	Photodetector	PIN
		Gain	3
		Responsivity	1 A/W
		Dark current	10 nA
		Insertion loss	0 dB
		Reference bit rate	2,48832 Gbps
	WDM Multiplexer	Bandwidth	10 THz
		Insertion loss	0 dB
		Depth	100 dB
		Filter type	Bessel
	WDM Demultiplexer	Filter order	2
		Frequency (0)	1490 nm
	Connector Attenuator	Frequency (1)	1550 nm
		Insertion loss	0,5 dB
		Attenuation	Splice drop (OTP)= 0,6 dB Roset = 0 dB

2.2.2. XGS-PON

Perancangan jaringan akses FTTH dengan teknologi XGS-PON mengacu pada standar ITU-T G.9807.x. Berdasarkan ITU-T G.9807.x, bit rate untuk downstream pada XGS-PON adalah 9,95328 Gbps.

Tabel 2. Konfigurasi perangkat simulasi XGS-PON

Perangkat	Komponen	Parameter	Nilai
OLT	Optical Transmitter	Frequency	1577 nm
		Power	5 dBm
		Extinction ratio	10 dB
		Bit rate	9,95328 Gbps
	WDM Multiplexer	Modulation type	NRZ
		Transmitter type	EML
		Bandwidth	10 THz
		Insertion loss	0 dB
		Depth	100 dB
		Filter type	Bessel
Connector	Filter order	2	
	Frequency (0)	1577 nm	
ODC	Optical Splitter	Insertion loss	OLT-EA= 0,5 dB EA-OA=0,5 Db
		Number of output ports	4
ODP	Connector Optical Splitter	Insertion loss	6,0206 + 1,2994 dBm
		Number of output ports	0,5 dB 8

Tabel 2. (lanjutan)

Perangkat	Komponen	Parameter	Nilai
ODP	Optical Splitter	Insertion loss	9,45 + 1,35 dBm
ONT	Optical Receiver	Photodetector	PIN
		Gain	3
		Responsivity	1 A/W
		Dark current	10 nA
		Insertion loss	0 dB
		Reference bit rate	9,95328 Gbps
	WDM Multiplexer	Bandwidth	10 THz
		Insertion loss	0 dB
		Depth	100 dB
		Filter type	Bessel
Connector	Filter order	2	
	Frequency (0)	1577 nm	

3. Analisis Hasil Simulasi

3.1. Pengujian Parameter Kinerja Jaringan

Parameter yang diuji adalah link power budget, Q-factor dan BER, dan rise time budget. Setelah dilaksanakan pengujian, dilaksanakan analisis terhadap hasil simulasi jaringan akses FTTH untuk Perumahan Mega Bukit Residence Banyumanik yang nantinya dapat direkomendasikan kepada PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. untuk dapat diimplementasikan.

3.1.1. Link Power Budget

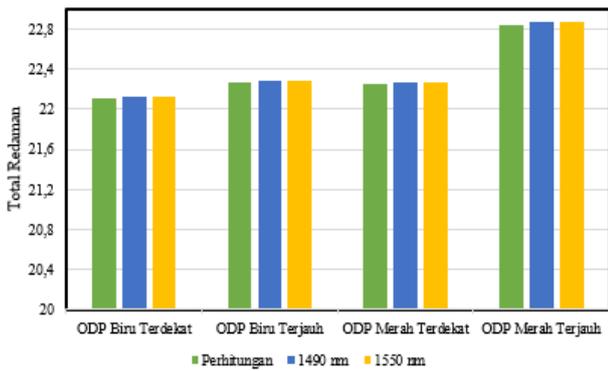
Perhitungan link power budget menjadi salah satu pertimbangan penting dalam perencanaan jaringan serat optik. Link power budget dihitung sebagai syarat agar jaringan yang dirancang memiliki daya melebihi ambang batas dari daya yang dibutuhkan. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan total redaman perancangan FTTH pada Perumahan Mega Bukit Residence Banyumanik berdasarkan standar yang digunakan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk [11].

Tabel 3. Hasil perhitungan total redaman

Nama ODP	Jarak OLT-ONT	Total Redaman
ODP Biru Terdekat	3,68324 km	22,10488 dB
ODP Biru Terjauh	3,817332 km	22,2605635 dB
ODP Merah Terdekat	3,80607 km	22,24787 dB
ODP Merah Terjauh	4,08277 km	22,84472 dB

3.1.3.1. GPON

Pada simulasi jaringan akses FTTH dengan GPON, disimulasikan jaringan dengan dua panjang gelombang, yaitu 1490 nm dan 1550 nm. Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi untuk masing-masing ODP pada perancangan jaringan akses FTTH pada Perumahan Mega Bukit Residence Banyumanik.

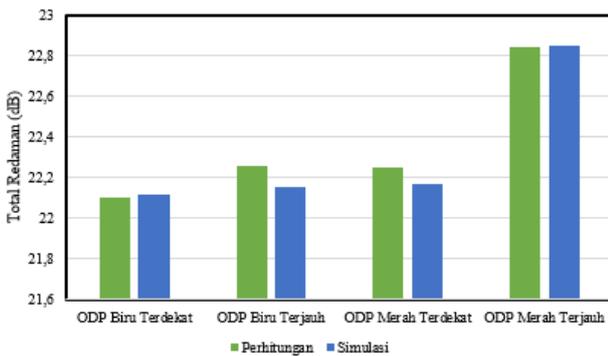


Gambar 4. Perbandingan total redaman GPON

Standar yang ditetapkan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. adalah 25 dB dan ITU-T G.984 menentukan 26 dB. Pada Gambar 4 dapat dilihat nilai total redaman pada perancangan jaringan akses FTTH Perumahan Mega Bukit Residence Banyumanik. Semakin jauh letak ODP maka semakin besar redamannya. Hal ini dikarenakan semakin jauh letak ODP atau ONT pada rumah pelanggan berarti semakin panjang pula kabel serat optik yang digunakan, sehingga redaman yang dihasilkan akan semakin besar.

### 3.1.3.2. XGS-PON

Pada simulasi jaringan akses FTTH dengan XGS-PON dimulasikan jaringan dengan panjang gelombang 1577 nm. Gambar 5 menunjukkan hasil simulasi untuk masing-masing ODP pada perancangan jaringan akses FTTH pada Perumahan Mega Bukit Residence Banyumanik.

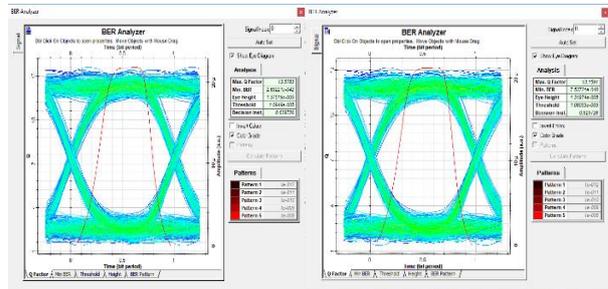


Gambar 5. Perbandingan total redaman XGS-PON

### 3.1.2. Q-factor dan BER

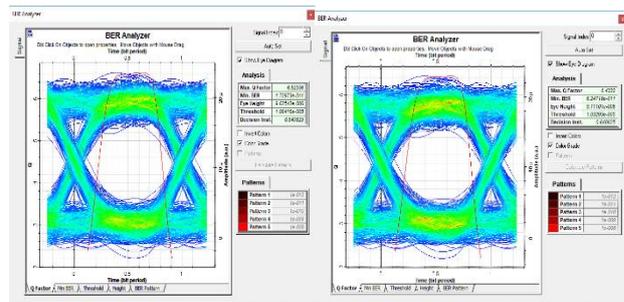
Q-factor digunakan untuk mengetahui faktor kualitas jaringan yang dirancang, atau yang biasa disebut dengan *signal-to-noise ratio* (SNR). BER digunakan untuk mengetahui probabilitas rata-rata kesalahan identifikasi bit. Pada perancangan jaringan akses FTTH Perumahan Mega Bukit Residence Banyumanik yang terhubung ke ONT pada masing-masing rumah pelanggan. Semakin jauh

jarak OLT dengan ONT maka nilai Q-factor akan semakin kecil dan nilai Min BER akan semakin besar. Nilai Q-factor dan BER pada software OptiSystem dapat dilihat juga dengan *eye diagram* seperti contoh pada Gambar 6 untuk *eye diagram* GPON dan Gambar 7 untuk *eye diagram* XGS-PON.



(a) ODP Biru Terdekat (b) ODP Merah Terjauh

Gambar 6. Eye diagram GPON.

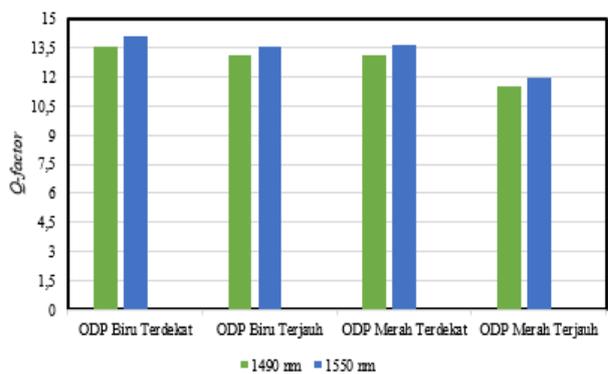


(a) ODP Biru Terdekat (b) ODP Merah Terjauh

Gambar 7. Eye diagram XGS-PON.

### 3.1.2.1. GPON

Jaringan akses FTTH GPON yang baik dan layak untuk diimplementasikan adalah jaringan dengan nilai Q-factornya lebih dari atau sama dengan 6,3 dan Min BERnya lebih dari atau sama dengan  $10^{-10}$ . Standar yang digunakan mengacu pada ITU-T G.984.x.



Gambar 8. Perbandingan Q-factor GPON

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai jarak OLT dengan ONT maka semakin kecil nilai Max  $Q$ -factornya, hal ini berarti semakin jauh rumah maka semakin buruk kualitas sinyal yang diterima. Nilai  $Q$ -factor untuk semua ODP layak untuk diimplementasikan karena memenuhi standar ITU-T.

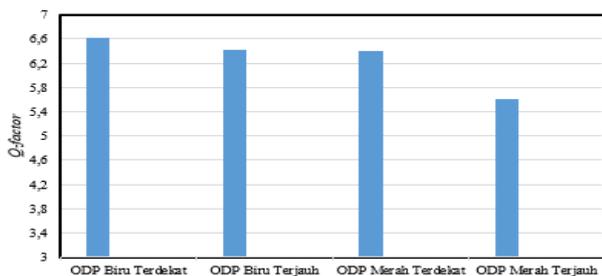


Gambar 9. Perbandingan Bit Error Rate GPON

Pada Gambar 9 dapat dilihat seiring bertambahnya jarak maka nilai Min BER semakin bertambah, hal ini berarti semakin jauh rumah maka kemungkinan bit error akan semakin besar. Dari hasil simulasi, nilai Min BER masih memenuhi syarat kelayakan yang diberikan rekomendasi ITU-T.

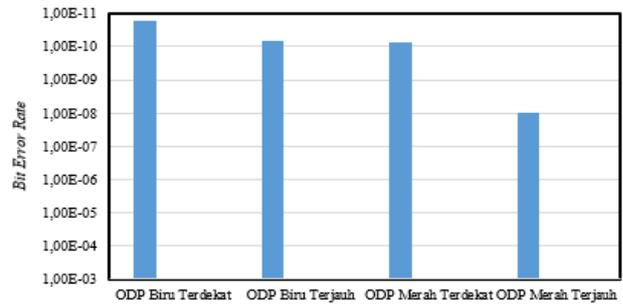
### 3.1.2.2 XGS-PON

Jaringan akses FTTH XGS-PON yang baik dan layak untuk diimplementasikan adalah jaringan dengan nilai  $Q$ -factornya lebih dari atau sama dengan 3,09 dan Min BERnya lebih dari atau sama dengan  $10^{-3}$ . Standar yang digunakan mengacu pada ITU-T G.9807.x



Gambar 10. Perbandingan  $Q$ -factor XGS-PON

Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai jarak OLT dengan ONT maka semakin kecil nilai Max  $Q$ -factornya, hal ini berarti semakin jauh rumah maka semakin buruk kualitas sinyal yang diterima. Nilai  $Q$ -factor untuk semua ODP layak untuk diimplementasikan karena memenuhi standar ITU-T.



Gambar 11. Perbandingan Bit Error Rate XGS-PON

Pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya jarak maka nilai Min BER semakin bertambah, hal ini berarti semakin jauh rumah maka kemungkinan bit error akan semakin besar. Dari hasil simulasi, nilai Min BER masih memenuhi syarat kelayakan yang diberikan rekomendasi ITU-T.

### 3.1.3. Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan disperse suatu link fiber optic. Secara umum, degradasi total waktu transisi link digital tidak melebihi 70% dari satu periode bit data Non-Return-to-Zero (NRZ), atau 35% dari satu periode bit data Return-to-Zero (RZ). Jika nilai tsistem (rise time budget)  $\leq$  nilai  $t_r$  (70% dari satu periode bit data NRZ atau 35% dari satu periode bit data RZ) maka dapat disimpulkan bahwa sistem tersebut layak [16]-[18].

#### 3.1.3.1 GPON

Pada simulasi jaringan FTTH dengan GPON, digunakan bit rate sebesar 2,48832 Gbps. Format digital yang digunakan adalah format Non-Return-to-Zero (NRZ).

$$t_r \leq \frac{0,7}{bitrate} \quad (1)$$

Untuk mencari nilai rise time budget sistem, terlebih dahulu perlu dicari nilai  $t_{cd}$ ,  $t_{tx}$ , dan  $t_{rx}$ . Perhitungan  $t_{cd}$ ,  $t_{tx}$ , dan  $t_{rx}$  dapat menggunakan persamaan (2) dan (3):

$$t_{cd} = \sigma_\lambda \times L \times |D_{mat}(\lambda)| \quad (2)$$

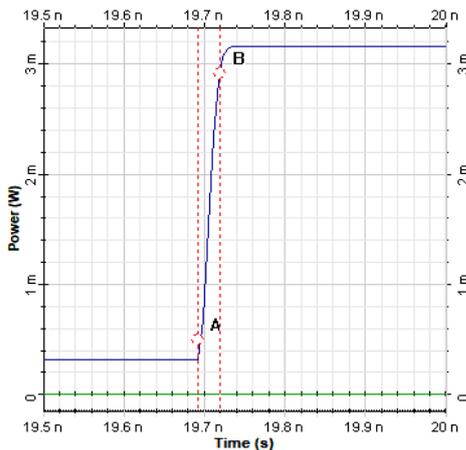
$$t_{rx} = \frac{350}{B_{rx}} \quad (3)$$

dimana  $D_{mat}$  adalah parameter dispersi material (ps/nm.km),  $\sigma_\lambda$  adalah lebar spektral sumber optik (nm), dan L adalah panjang kabel (km).

- $L$  = Panjang kabel
- $q$  = Rentang antara 0,5 – 1. (0,5 berarti steady state telah tercapai, sedangkan 1 berarti little mode mixing)
- $B_{Rx}$  = Bandwidth 3dB (MHz)

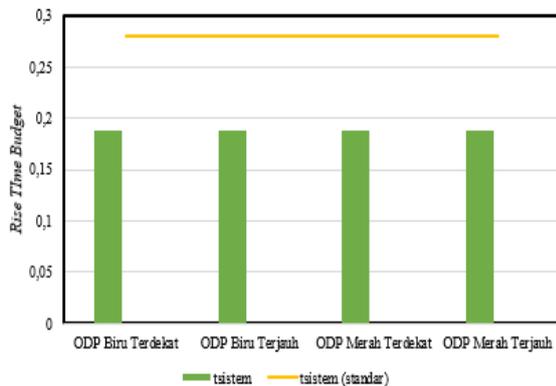
Nilai  $t_{tx}$  didapat dari hasil simulasi yaitu 27,3 ps, seperti terlihat pada Gambar 12. Jaringan FTTH pada perancangan menggunakan *single mode fiber* (SMF), sehingga tidak ada dispersi intermodal dan nilai  $t_{mod}$  adalah 0 s. Oleh karena itu dapat dihitung  $t_{sistem}$  downstream jaringan FTTH dengan persamaan (4) sebagai berikut:

$$t_{sistem} = [t_{tx}^2 + t_{mod}^2 + t_{cd}^2 + t_{rx}^2]^{1/2} \quad (4)$$



Gambar 12. Rise time pada sisi pengirim GPON

Dengan persamaan (1) sampai (4), didapatkan nilai *rise time system* untuk semua ODP, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 13. Pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa  $t_{sistem}$  pada ONT yang terhubung ODP Biru Terdekat, ODP Biru Terjauh, ODP Merah Terdekat, dan ODP Merah Terjauh adalah masing-masing 0,1875 ns, sedangkan nilai  $t_r$  adalah 0,28 ns. Hal ini berarti jaringan telah layak digunakan berdasarkan *rise time* nya, karena  $t_{sistem} < t_r$ .



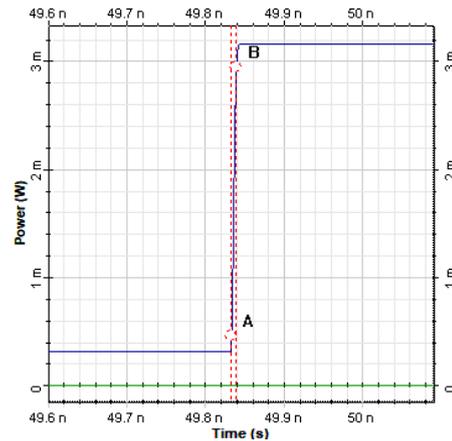
Gambar 13. Perbandingan *rise time budget* GPON

### 3.1.3.2 XGS-PON

Pada simulasi jaringan FTTH dengan XGS-PON, digunakan *bit rate* sebesar 9,95328 Gbps. Format digital yang digunakan adalah format *Non-Return-to-Zero* (NRZ). Untuk format NRZ, syarat kelayakan untuk nilai *rise time budget* adalah 70% dibagi dengan *bit rate*. Untuk mencari

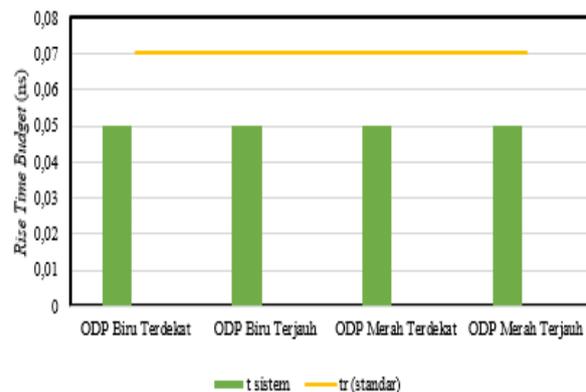
nilai *rise time budget* sistem, terlebih dahulu perlu dicari nilai  $t_{cd}$ ,  $t_{PMD}$ , dan  $t_{rx}$  seperti pada GPON.

Nilai  $t_{tx}$  didapat dari hasil simulasi yaitu 7,87 ps, seperti terlihat pada Gambar 14. Jaringan FTTH pada perancangan ini menggunakan *single mode fiber* (SMF), sehingga tidak ada disperse intermodal, dengan kata lain nilai  $t_{mod}$  adalah 0 s.



Gambar 14. Rise time pada sisi pengirim XGS-PON

Dengan cara yang sama dengan GPON, didapatkan nilai *rise time system* untuk semua ODP XGS-PON, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 13. Pada Gambar 15 dapat dilihat bahwa  $t_{sistem}$  pada ONT yang terhubung ODP Biru Terdekat, ODP Biru Terjauh, ODP Merah Terdekat, dan ODP Merah Terjauh adalah masing-masing 0,05 ns, sedangkan nilai  $t_r$  adalah 0,07 ns. Hal ini berarti jaringan telah layak digunakan berdasarkan *rise time* nya, karena  $t_{sistem} < t_r$ .



Gambar 15. Rise time budget XGS-PON

## 3.2. Perbandingan Kinerja GPON dan XGS-PON

### 3.2.1. Perbandingan Link Power Budget

Berdasarkan ITU-T *Recommendation* G.984.2, jaringan akses FTTH dengan teknologi GPON memiliki nilai

minimum sensitivity sebesar -21 dBm dan berdasarkan standar yang ditentukan PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. nilai total redaman untuk GPON adalah 25 dB. Nilai minimum sensitivity jaringan akses dengan teknologi XGS-PON berdasarkan standar ITU-T Recommendation G.9807.1 adalah -28 dBm, sedangkan PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. belum memiliki standar untuk teknologi XGS-PON, karena belum pernah diimplementasikan. Jika diasumsikan daya pancar minimum pada transmitter pada GPON dan XGS-PON masing-masing adalah 5 dBm dan 2 dBm, maka nilai total redaman yang memenuhi standar ITU-T adalah 26 dB dan 30 dB. Tabel perbandingan hasil simulasi total redaman dan standar dapat dilihat pada Tabel 4 untuk teknologi GPON dan Tabel 5 untuk teknologi XGS-PON.

Tabel 4. Perbandingan total redaman GPON.

Nama ODP	Standar ITU-T	Hasil Simulasi		Margin	
		1490 nm	1550 nm	1490 nm	1550 nm
ODP Biru Terdekat	26	22,125	22,127	3,875	3,873
ODP Biru Terjauh	26	22,180	22,182	3,720	3,718
ODP Merah Terdekat	26	22,167	22,170	3,733	3,730
ODP Merah Terjauh	26	22,264	22,267	3,136	3,133
		Rata-rata margin		3,616	3,6135

Nilai kesesuaian total redaman rancangan jaringan akses FTTH GPON dengan standar adalah sebagai berikut:

(a) 1490 nm  

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{3,616}{26} \times 100 = 13,908\%$$

(b) 1550 nm  

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{3,6135}{26} \times 100 = 13,898\%$$

Tabel 5. Perbandingan total redaman XGS-PON.

Nama ODP	Standar ITU-T	Hasil Simulasi	Margin
ODP Biru Terdekat	30	22,120	7,880
ODP Biru Terjauh	30	22,156	7,744
ODP Merah Terdekat	30	22,166	7,734
ODP Merah Terjauh	30	22,250	7,150
		Rata-rata margin	
			7,627

Nilai kesesuaian total redaman rancangan jaringan akses FTTH XGS-PON dengan standar adalah sebagai berikut:

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{7,627}{30} \times 100 = 25,423\%$$

Berdasarkan perhitungan untuk kesesuaian pada jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON dan XGS-PON, untuk parameter link power budget, XGS-PON memiliki nilai yang paling baik karena memiliki nilai margin yang paling sesuai dengan standar yang ditentukan

### 3.2.2. Perbandingan Q-factor

Berdasarkan ITU-T Recommendation G.984.2 jaringan akses FTTH dengan teknologi GPON harus memenuhi

syarat nilai Q-factor sebesar 6,36. Syarat Q-factor jaringan akses FTTH dengan teknologi XGS-PON berdasarkan ITU-T Recommendation G.9807.1 adalah 3,09. Perbandingan Q-factor hasil simulasi dengan standar dapat dilihat pada Tabel 6 untuk teknologi GPON dan Tabel 7 untuk teknologi XGS-PON.

Tabel 6. Perbandingan Q-factor GPON.

Nama ODP	Standar ITU-T	Hasil Simulasi		Margin	
		1490 nm	1550 nm	1490 nm	1550 nm
ODP Biru Terdekat	6,36	13,5783	14,0697	7,2183	7,7097
ODP Biru Terjauh	6,36	13,1209	13,5873	6,7609	7,2273
ODP Merah Terdekat	6,36	13,1498	13,6260	6,7898	7,2660
ODP Merah Terjauh	6,36	11,4991	11,9161	5,1391	5,5561
		Rata-rata margin		6,47702	6,93977

Nilai kesesuaian Q-factor rancangan jaringan FTTH GPON dengan standar adalah sebagai berikut:

(a) 1490 nm  

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{6,477025}{6,36} \times 100 = 101,84\%$$

(b) 1550 nm  

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{6,93977}{6,36} \times 100 = 110,912\%$$

Tabel 7. Perbandingan Q-factor XGS-PON.

Nama ODP	Standar ITU-T	Hasil Simulasi	Margin
ODP Biru Terdekat	3,09	6,62556	3,53556
ODP Biru Terjauh	3,09	6,42395	3,33395
ODP Merah Terdekat	3,09	6,40943	3,31943
ODP Merah Terjauh	3,09	5,61271	2,52271
		Rata-rata margin	
			3,1779125

Nilai kesesuaian Q-factor rancangan jaringan FTTH XGS-PON dengan standar adalah sebagai berikut:

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{3,177912}{3,09} \times 100 = 102,845\%$$

Berdasarkan perhitungan untuk kesesuaian pada jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON dan XGS-PON, untuk parameter Q-factor, GPON memiliki nilai yang paling baik karena memiliki nilai margin yang paling sesuai dengan standar yang ditentukan.

### 3.2.3. Perbandingan Rise Time Budget

Berdasarkan perhitungan, didapatkan  $t_r \leq 0,28$  ns untuk jaringan akses FTTH dengan GPON dan  $t_r \leq 0,07$  ns untuk XGS-PON. Perbandingan rise time budget hasil simulasi dengan standar dapat dilihat pada Tabel 8 untuk teknologi GPON dan Tabel 8 untuk teknologi XGS-PON.

Tabel 8. Perbandingan rise time budget GPON.

Nama ODP	$t_r$ (ns)	$t_{sistem}$ (ns)	Margin (ns)
ODP Biru Terdekat	0,28	0,1875	0,0925
ODP Biru Terjauh	0,28	0,1875	0,0925
ODP Merah Terdekat	0,28	0,1875	0,0925
ODP Merah Terjauh	0,28	0,1875	0,0925
		Rata-rata margin	
			0,0925

Nilai kesesuaian *rise time budget* rancangan jaringan FTTH GPON dengan standar adalah sebagai berikut:

$$\% = \frac{\text{Margin}}{\text{Standar}} \times 100 = \frac{0,0925}{0,28} \times 100 = 33,035\%$$

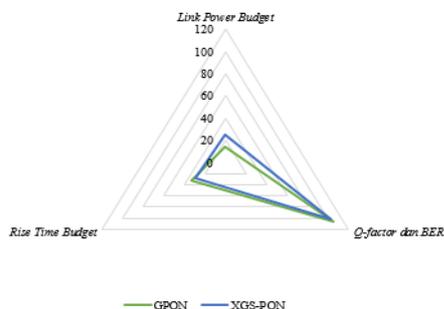
Tabel 9. Perbandingan *rise time budget* XGS-PON

Nama ODP	$t_r$ (ns)	$t_{sistem}$ (ns)	Margin (ns)
ODP Biru Terdekat	0,07	0,05	0,02
ODP Biru Terjauh	0,07	0,05	0,02
ODP Merah Terdekat	0,07	0,05	0,02
ODP Merah Terjauh	0,07	0,05	0,02
Rata-rata margin			0,02

Nilai kesesuaian *rise time budget* rancangan jaringan FTTH XGS-PON dengan standar adalah sebagai berikut:

$$\% = \frac{\text{Margin}}{\text{Standar}} \times 100 = \frac{0,02}{0,07} \times 100 = 28,6\%$$

Berdasarkan perhitungan untuk penyesuaian *margin rise time budget* pada jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON dan XGS-PON, didapatkan bahwa untuk parameter *rise time budget*, GPON memiliki nilai yang lebih baik karena memiliki nilai *margin rise time budget* hasil simulasi yang tinggi terhadap standar yang ditentukan. Ilustrasi perbandingan teknologi GPON dan XGS-PON berdasarkan parameter yang diujikan dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik kesesuaian parameter kinerja

#### 4. Kesimpulan

Simulasi perancangan jaringan akses FTTH Perumahan Mega Bukit Residence Banyumanik dilakukan dengan mengacu pada instalasi FTTH yang ditetapkan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. Parameter-parameter teknologi yang digunakan pada simulasi perancangan mengacu pada standar ITU-T G.984.x untuk teknologi GPON, ITU-T G.9807.x untuk teknologi XGS-PON, dan ITU-T G.652 serta ITU-T G.625 untuk serat optik.

Perancangan jaringan akses FTTH disimulasikan dengan teknologi GPON dan XGS-PON. Jaringan akses FTTH dengan teknologi XGS-PON dapat menggunakan kembali arsitektur GPON. Perbedaan utama dari kedua teknologi tersebut ialah *bitrate* GPON 2,48832 Gbps dan XGS-PON

9,95328 Gbps. Selain itu, GPON menggunakan dua panjang gelombang, yaitu 1490 nm untuk layanan data dan suara dan 1550 nm untuk video, sedangkan XGS-PON menggunakan panjang gelombang 1577 nm untuk ketiga layanan tersebut.

Berdasarkan analisis pengujian parameter kinerja jaringan, teknologi GPON dan XGS-PON telah layak untuk diimplementasikan karena telah memenuhi standar yang ditentukan PT Telekomunikasi Indonesia dan ITU-T untuk keempat parameter yang diuji, yaitu *link power budget*, *Q-factor*, *bit error rate*, dan *rise time budget*. Pada perbandingan kesesuaian teknologi dengan standar, didapatkan GPON lebih direkomendasikan untuk diimplementasikan pada Perumahan Harmony Residence Jangli. GPON memiliki persentase *margin* terhadap standar yang lebih tinggi dibandingkan dengan XGS-PON pada tiga parameter kinerja, yaitu *Q-factor* dan BER 105,48% (XGS-PON 102,85%), serta *rise time budget* 32,9% (XGS-PON 28,6%). XGS-PON memiliki persentase *margin* terhadap standar yang lebih tinggi hanya pada parameter *link power budget*, yaitu 25,42% (GPON 13,90%).

Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan membandingkan hasil perancangan dan simulasi dengan hasil pengukuran pada implementasi perangkat sesungguhnya. Hal lain yang dapat dikembangkan adalah menambahkan parameter-parameter kinerja yang diujikan atau parameter yang mempengaruhinya, seperti dispersi dan *noise*. Melakukan simulasi untuk setiap ONT agar hasilnya lebih akurat. Selain itu juga dapat dilakukan perbandingan jaringan FTTH GPON dengan teknologi yang lain seperti EPON yang standarnya ditetapkan oleh IEEE.

#### Referensi

- [1] *Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON): General characteristics*, ITU-T Recommendation G.984.1 Amendment 2, 2012.
- [2] *Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification*, ITU-T Recommendation G.984.2 Amendment 2, 2008.
- [3] *Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON): Transmission convergence layer specification*, ITU-T Recommendation G.984.3, 2014.
- [4] *Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON): Clarification of scope of application*, ITU-T Recommendation G.984.4 Amendment 3, 2010.
- [5] *Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON): Enhancement band*, ITU-T Recommendation G.984.5 Amendment 1, 2012.
- [6] *Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON): Reach extension*, ITU-T Recommendation G.984.6 Amendment 2, 2012.
- [7] *Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON): Long reach*, ITU-T Recommendation G.984.7, 2010.

- [8] *10-Gigabit-capable Symmetric Passive Optical Network (XGS-PON)*, ITU-T Recommendation G.9807.1 Amendment 1, 2017.
- [9] *10-Gigabit-capable Symmetric Passive Optical Network (XGS-PON); Reach Extension*, ITU-T Recommendation G.9807.2, 2017.
- [10] T. J. Mularaja, "Perancangan jaringan akses fiber to the home perumahan mega bukit residence banyumanik menggunakan algoritma fuzzy c-means clustering," Laporan Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2019.
- [11] *Panduan Desain FTTH*, PT Telekomunikasi Indonesia Tbk., Indonesia, 2012.