

# ANALISIS PERBANDINGAN TEKNOLOGI GPON DAN XGS-PON PADA PERANCANGAN JARINGAN AKSES FIBER TO THE HOME PERUMAHAN HARMONY RESIDENCE JANGLI

Stefani Dian Hutami <sup>\*)</sup>, Teguh Prakoso dan Imam Santoso

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

<sup>\*)E-mail: dianhutamistefani@yahoo.co.id</sup>

## Abstrak

Pembangunan infrastruktur serat optik akan semakin banyak dilakukan karena dinilai dapat memenuhi kebutuhan pelanggan akan data, suara, dan video yang semakin meningkat setiap waktunya. Untuk mendukung implementasi transmisi menggunakan serat optik, dikembangkan teknologi Next Generation Network yaitu Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON) dan 10-Gigabit-capable Passive Optical Network (XGS-PON). GPON mampu menyediakan laju data downstream sebesar 2,5Gbps sesuai ITU-T G.984 dan XGS-PON mampu menyediakan laju data secara simetris sebesar 10Gbps sesuai ITU-T G.9807. Rancangan akan disimulasikan menggunakan OptiSystem 7.0. Evaluasi rancangan dilakukan dengan membandingkan parameter kinerja hasil simulasi dengan standar yang telah ditetapkan PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. dan ITU-T. Hasil simulasi menunjukkan link power budget terbesar untuk rumah terjauh baik dengan GPON dan XGS-PON adalah 23,84dB. Hasil simulasi Q-factor untuk GPON adalah 9,55 dan XGS-PON adalah 4,24. Bit error rate hasil simulasi untuk GPON adalah  $6,4 \times 10^{-22}$  dan untuk XGS-PON adalah  $1,1 \times 10^{-5}$ . Rise time budget hasil simulasi untuk GPON adalah 0,19ns dan untuk XGS-PON adalah 0,05ns. Semua hasil simulasi telah memenuhi syarat dan standar untuk masing-masing parameter.

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

## Abstract

The development of fiber optic infrastructure will be increasingly carried out because it's considered to be able to fulfill customers' needs for data, voice, and video, which is also increasing. To support the implementation of the transmission using fiber optic, Next Generation Network is developed Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON) and 10-Gigabit-capable Passive Optical Network (XGS-PON). GPON can provide downstream data rate up to 2,5Gbps according to ITU-TG.984 and XGS-PON capable of providing symmetric data rate up to 10Gbps according to ITU-TG.9807. The design will be simulated using OptiSystem7.0. The design evaluation is comparing the performance parameters from the simulation and the standards set by PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. and ITU-T. The simulation result show that the highest value for the furthest customer site link power budget with GPON and XGS-PON are 23,84dB. Q-factor simulation result for GPON is 9,55 and for XGS-PON is 4,24. The result of simulation for bit error rate with GPON is  $6,4 \times 10^{-22}$  and with XGS-PON is  $1,1 \times 10^{-5}$ . Value of rise time budget according to the simulation and calculation with GPON is 0,19ns and with XGS-PON is 0,05ns. All results of the simulation have met the requirements and standards for each parameter.

**Keyword:** fiber optic, GPON, XGS-PON, OptiSystem, rise time budget, link power budget, Q-factor, BER.

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan bertumbuhnya teknologi, semakin meningkat pula permintaan pelanggan akan layanan yang dapat mencakup berbagai hal meliputi layanan suara, data, dan video (*triple play*). Untuk memenuhi permintaan tersebut, kebutuhan akan perangkat dan jaringan akses juga perlu ditingkatkan dengan kapasitas yang besar dan memadai, serta kualitas yang bagus. Oleh karena itu, PT Telekomunikasi Indonesia Tbk secara bertahap

membangun suatu infrastruktur jaringan dengan menggunakan serat optik sebagai media transmisinya. Teknologi ini disebut *fiber to the x* (FTTx).

Untuk mendukung implementasi transmisi menggunakan serat optik, dikembangkan teknologi *Next Generation Network* yaitu GPON dan XGS-PON. Teknologi GPON dan XGS-PON memungkinkan pelanggan mendapatkan fasilitas *narrowband* dan *broadband*. GPON mampu menyediakan laju data *downstream* sebesar 2,4 Gbps

sesuai ITU-T G.984 [1]-[7] dan XGS-PON mampu menyediakan laju data secara simetris 10 Gbps sesuai ITU-T G.9807 [8]-[9].

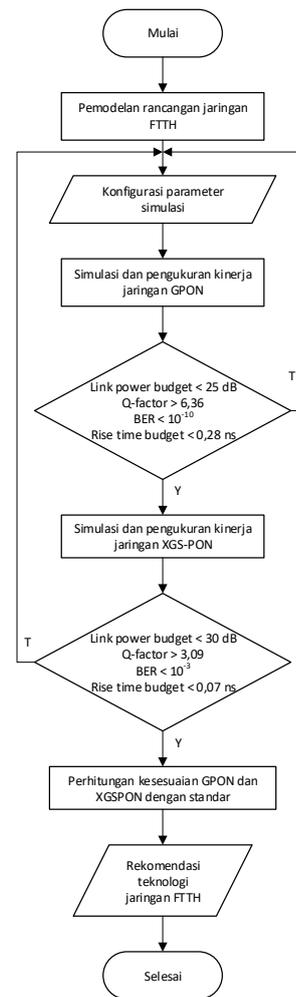
Pembangunan infrastruktur serat optik akan semakin banyak dilakukan karena teknologi serat optik dinilai dapat memenuhi kebutuhan pelanggan saat ini baik dengan menggunakan teknologi GPON atau XGS-PON. Pembangunan infrastruktur FTTH ini memerlukan berbagai komponen fisik mulai dari lokasi *service provider* 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.

Penelitian mengenai GPON dan analisis performansinya seperti pada [10]-[15]. Penelitian tentang XGS-PON juga telah dilakukan di RRC [14], [15] dan di Malaysia [16]. Penelitian tentang GPON dan FTTH yang menggunakan program OptiSystem telah dilakukan pada [17]-[19]. Namun belum ada penelitian yang membandingkan performansi teknologi GPON dan XGS-PON dalam jaringan FTTH. Penelitian kali ini bertujuan untuk melakukan simulasi jaringan akses FTTH pada Perumahan Harmony Residence Jangli, melakukan analisis perbandingan teknologi GPON dan XGS-PON pada perancangan, serta menguji kinerja rancangan jaringan.

## 2. Metode

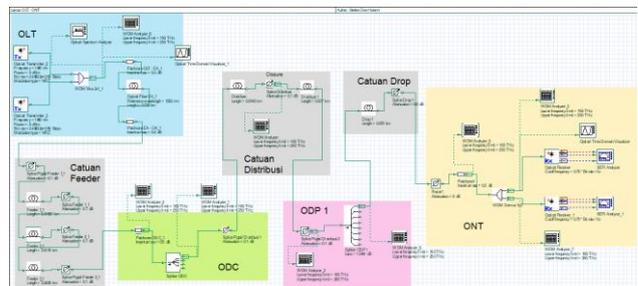
### 2.1. Pemodelan Jaringan

Pembuatan simulasi dilakukan dengan merujuk pada perancangan jaringan FTTH Perumahan Harmony Residence Jangli [20]. 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.

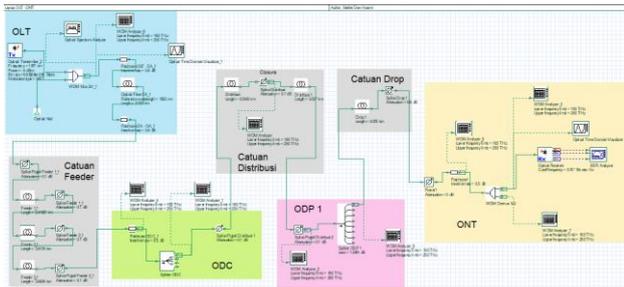


Gambar 1. Diagram Alir Simulasi

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
		Video = 1550 nm	
		Power	5 dBm
		Extinction ratio	10 dB
	WDM Multiplexer	Bit rate	2,48832 Gbps
		Modulation type	NRZ
		Transmitter type	EML
		Bandwidth	66 nm
		Insertion loss	0 dB
		Depth	100 dB
Connector	Filter type	Bessel	
	Filter order	2	
	Frequency (0)	1490 nm	
	Frequency (1)	1550 nm	
ODC	Optical Splitter	Number of output ports	4
		Insertion loss	6,0206 + 1,2994 dBm
ODP	Optical Splitter	Number of output ports	8
		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	2,48832 Gbps
ONT	WDM Multiplexer	Bandwidth	66 nm
		Insertion loss	0 dB
		Depth	100 dB
	Demultiplexer	Filter type	Bessel
		Filter order	2
		Frequency (0)	1490 nm
Connector Attenuator	Attenuation	Frequency (1)	1550 nm
		Insertion loss	0,5 dB
Connector Attenuator	Attenuation	Splice drop (OTP)=0,6 dB	
		Roset = 0 dB	

2.2.2. XGS-PON

Perancangan jaringan 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	66 nm	
		Insertion loss	0 dB	
		Depth	100 dB	
		Filter type	Bessel	
Connector	Connector	Filter order	2	
		Frequency (0)	1577 nm	
		Insertion loss	OLT – EA = 0,5 dB EA – OA = 0,5 dB	
		Number of output ports	4	
ODC	Optical Splitter	Insertion loss	6,0206 + 1,2994 dBm	
		Number of output ports	8	
ODP	Optical Splitter	Insertion loss	9,45 + 1,35 dBm	
		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	9,95328 Gbps	
	WDM Multiplexer	WDM Multiplexer	Bandwidth	66 nm
			Insertion loss	0 dB
			Depth	100 dB
			Filter type	Bessel
Connector Attenuator	Connector Attenuator	Filter order	2	
		Frequency (0)	1577 nm	
		Insertion loss	0,5 dB	
		Attenuation	Splice drop=0,6 dB Roset = 0 dB	

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian Parameter Kinerja Jaringan

Parameter yang akan diuji adalah link power budget, Q-factor dan BER, dan rise time budget. Setelah dilakukan pengujian akan dilakukan analisis terhadap hasil simulasi jaringan FTTH untuk Perumahan Harmony Residence Jangli, yang nantinya bisa direkomendasikan pada PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. untuk 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 batas ambang dari daya yang dibutuhkan. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan link power budget perancangan FTTH

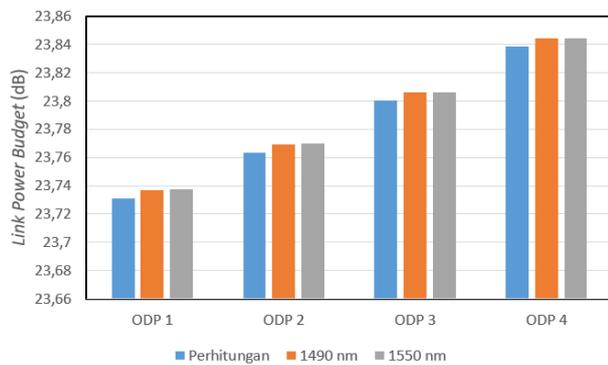
pada Perumahan Harmony Residence Jangli berdasarkan standar yang digunakan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. [21].

Tabel 3. Hasil perhitungan *link power budget*.

Nama ODP	Jarak OLT-ONT	Link Power Budget
ODP 1	8,003 km	23,7311 dB
ODP 2	8,096 km	23,7636 dB
ODP 3	8,2 km	23,8 dB
ODP 4	8,309 km	23,8382 dB

A. GPON

Pada simulasi jaringan FTTH dengan GPON, disimulasikan jaringan dengan dua panjang gelombang, yaitu 1490 nm dan 1550 nm. Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi untuk semua ODP pada perancangan jaringan FTTH pada Perumahan Harmony Residence.

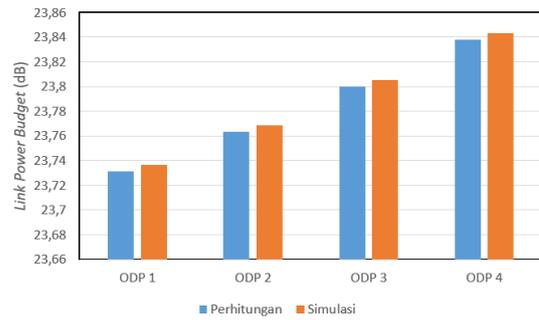


Gambar 4. Perbandingan *link power budget* GPON.

Standar yang ditetapkan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. adalah 25 dB dan ITU-T G.984 menentukan 26 dB. Dapat dilihat pada Gambar 4 nilai *link power budget* pada perancangan jaringan FTTH Perumahan Harmony Residence Jangli telah memenuhi syarat. Semakin jauh ODP maka semakin tinggi nilai *link power budget* yang berarti 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.

B. XGS-PON

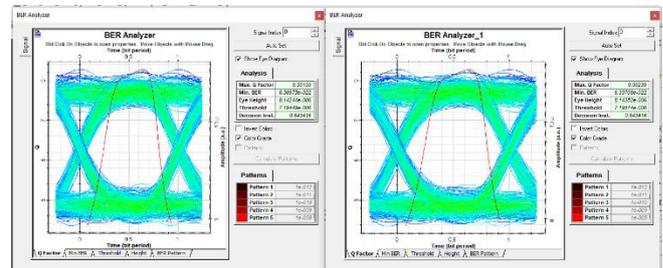
Pada simulasi jaringan FTTH dengan XGS-PON disimulasikan jaringan dengan panjang gelombang 1577 nm. Gambar 5 menunjukkan hasil simulasi untuk *link power budget* pada ONT untuk masing-masing ODP pada perancangan jaringan FTTH pada Perumahan Harmony Residence dengan XGS-PON.



Gambar 5. Perbandingan *link power budget* XGS-PON.

3.1.2. Q-factor dan BER

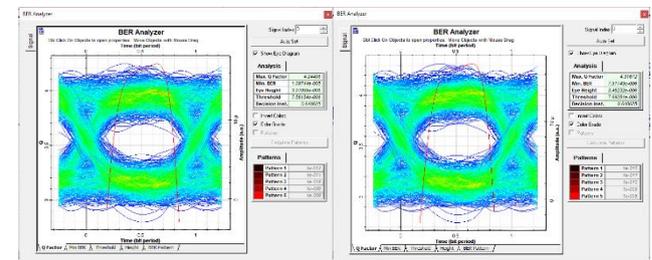
Q-factor digunakan untuk mengetahui faktor kualitas jaringan yang dirancang, atau yang biasa disebut dengan *signal-to-noise ratio* (SNR). BER digunakan untuk mengetahui probabilitas rata-rata kesalahan identifikasi bit. Pada perancangan jaringan FTTH Perumahan Harmony Residence Jangli terdapat empat ODP yang nantinya terhubung ke ONT pada masing-masing rumah. Semakin jauh jarak OLT menuju ONT maka nilai Q-factor akan semakin kecil dan nilai Min BER akan semakin besar. Nilai Q-factor dan BER pada 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 1

(b) ODP 4

Gambar 6. Eye diagram GPON.



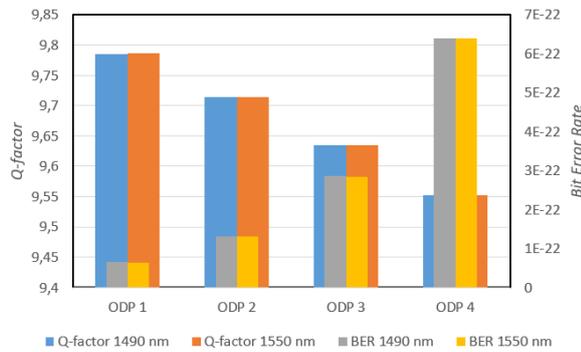
(a) ODP 1

(b) ODP 4

Gambar 7. Eye diagram XGS-PON.

A. GPON

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

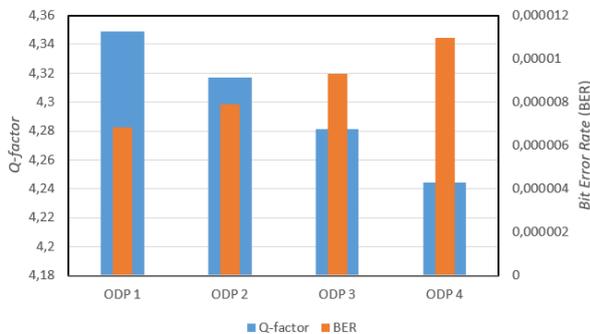


Gambar 8. Perbandingan *Q-factor* dan BER GPON.

Pada Gambar 8 dan dapat dilihat bahwa semakin besar jauh jarak OLT menuju ke ONT maka semakin kecil nilai Max *Q-factor* nya, hal ini berarti semakin jauh rumah maka semakin buruk kualitas sinyal yang diterima. Nilai *Q-factor* untuk semua ODP masih layak diimplementasikan karena masih memenuhi standar ITU-T. Seiring bertambahnya jarak maka nilai Min BER juga semakin bertambah, hal ini berarti semakin jauh rumah maka kemungkinan bit error akan semakin besar pula. Nilai Min BER hasil simulasi masih memenuhi syarat kelayakan yang diberikan rekomendasi ITU-T.

B. XGS-PON

Jaringan FTTH XGS-PON yang layak diimplementasikan adalah jaringan dengan *Q-factor* 3,09 dan BER  $10^{-3}$ . Standar yang digunakan mengacu pada ITU-T G.9807.x.



Gambar 9. Perbandingan *Q-factor* dan BER XGS-PON.

Sama seperti GPON, pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak OLT menuju ONT maka akan semakin kecil nilai *Q-factor*nya. Nilai *Q-factor* XGS-PON telah

memenuhi standar yang ditentukan oleh rekomendasi ITU-T G.9807.x, yaitu 3,09. Nilai Min BER pada XGS-PON meningkat seiring bertambahnya jarak OLT menuju ONT. Min BER telah memenuhi standar yang ditentukan oleh rekomendasi ITU-T G.9807.x, yaitu  $10^{-3}$ . Oleh karena itu, jaringan FTTH dengan teknologi XGS-PON telah layak untuk diterapkan pada perancangan jaringan FTTH Perumahan Harmony Residence Jangli.

3.1.3. Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link fiber optic. Secara umum, degradasi total waktu transisi dari 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) ≤ nilai tr (70% dari satu periode bit data NRZ atau 35% dari satu periode bit data RZ) maka dapat disimpulkan bahwa sistem tersebut layak [22]-[24].

A. 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).

$$t_r \leq \frac{0,7}{bitrate} \tag{1}$$

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):

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

$$t_{rx} = \frac{350}{B_{rx}} \tag{3}$$

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

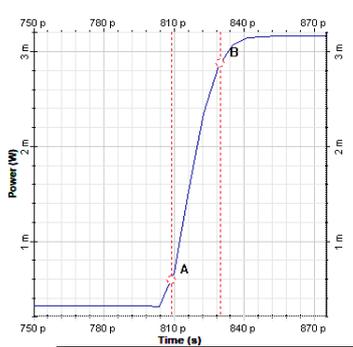
$L$  = Panjang kabel

$q$  = Rentang antara 0,5 – 1. (0,5 berarti steady state telah tercapai, sedangkan 1 berarti little mode mixing)

$B_{Rx}$  = Bandwidth 3dB (MHz)

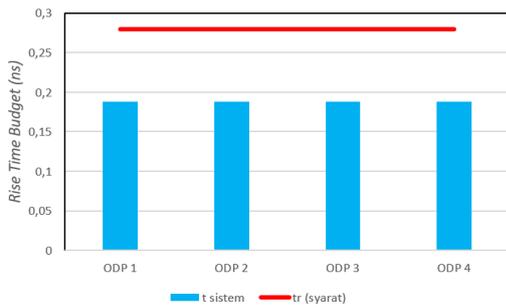
Nilai  $t_{tx}$  didapat dari hasil simulasi yaitu 20,2 ps, seperti terlihat pada Gambar 10. Jaringan FTTH pada perancangan menggunakan single mode fiber (SMF), sehingga tidak ada dispersi intermodal dan nilai  $t_{mod}$  adalah 0 s. Oleh karena itu dapat dihitung  $t_{sistem}$  downstream jaringan FTTH dengan persamaan (4) sebagai berikut:

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



Gambar 10. Waktu naik di sisi pegririm GPON.

Dengan persamaan (1) sampai (4), didapatkan nilai *rise time system* untuk semua ODP, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 11. Pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa  $t_{sistem}$  pada ONT yang terhubung ODP 1, ODP 2, ODP 3, dan ODP 4 adalah masing-masing 0,188 ns, sedangkan nilai  $t_r$  adalah 0,28 ns. Hal ini berarti jaringan telah layak digunakan berdasarkan *rise time* nya, karena  $t_{sistem} < t_r$ .

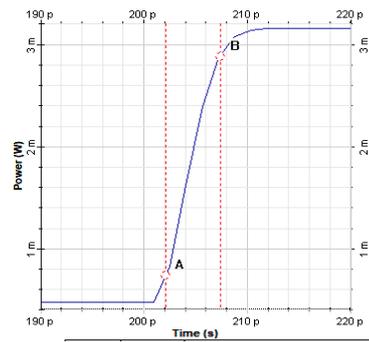


Gambar 11. Rise time budget GPON.

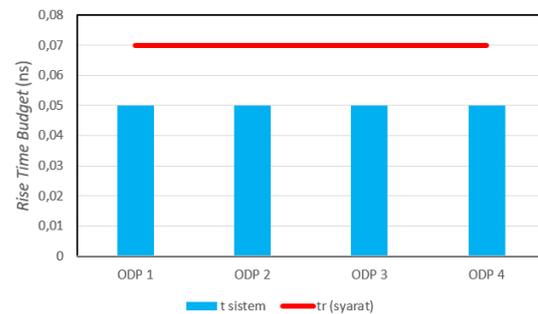
## B. XGS-PON

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 5,2 ps, seperti terlihat pada Gambar 12. Jaringan FTTH pada perancangan ini menggunakan *single mode fiber* (SMF), sehingga tidak ada disperse intermodal, dengan kata lain nilai  $t_{mod}$  adalah 0 s. 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 13 dapat dilihat bahwa  $t_{sistem}$  pada ONT yang terhubung ODP 1, ODP 2, ODP 3, dan ODP 4 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 12. Waktu naik di sisi pegririm XGS-PON.



Gambar 13. 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 oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. *link power budget* untuk GPON adalah 25 dB. Nilai *minimum sensitivity* jaringan akses FTTH dengan teknologi XGS-PON berdasarkan 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 sebelumnya. Jika diasumsikan daya pancar minimum pada *transmitter* pada GPON dan XGS-PON masing-masing adalah 5 dBm dan 2 dBm, maka *link power budget* yang memenuhi standar ITU-T adalah 26 dB dan 30 dB. Tabel perbandingan hasil simulasi *link power budget* dan standar dapat dilihat pada Tabel 4 untuk GPON dan Tabel 5 untuk XGS-PON.

Tabel 4. Perbandingan link power budget GPON.

Nama ODP	Standar ITU-T	Hasil Simulasi		Margin	
		1490 nm	1550 nm	1490 nm	1550 nm
ODP 1	26	23,74	23,74	2,26	2,26
ODP 2	26	23,77	23,77	2,23	2,23
ODP 3	26	23,81	23,81	2,19	2,19
ODP 4	26	23,84	23,84	2,16	2,16
Rata-rata margin				2,21	2,21

Nilai kesesuaian *link power budget* rancangan jaringan FTTH GPON dengan standar adalah sebagai berikut:

- (a) 1490 nm  

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{2,21}{26} \times 100 = 8,5\%$$
- (b) 1550 nm  

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{2,21}{26} \times 100 = 8,5\%$$

Tabel 5. Perbandingan *link power budget* XGS-PON.

Nama ODP	Standar ITU-T	Hasil Simulasi	Margin
ODP 1	30	23,74	6,26
ODP 2	30	23,77	6,23
ODP 3	30	23,81	6,19
ODP 4	30	23,84	6,16
Rata-rata margin			6,21

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

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{6,21}{30} \times 100 = 20,7\%$$

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 *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 GPON dan Tabel 7 untuk 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 1	6,36	9,78552	9,7864	3,42552	3,4264
ODP 2	6,36	9,71381	9,71469	3,35381	3,35469
ODP 3	6,36	9,63424	9,63511	3,27424	3,27511
ODP 4	6,36	9,55153	9,55239	3,19153	3,19239
Rata-rata margin				3,31	3,31

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

- (a) 1490 nm  

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{3,31}{6,36} \times 100 = 52,1\%$$
- (b) 1550 nm  

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{3,31}{6,36} \times 100 = 52,1\%$$

Tabel 7. Perbandingan *Q-factor* XGS-PON.

Nama ODP	Standar ITU-T	Hasil Simulasi	Margin
ODP 1	3,09	4,34883	1,25883
ODP 2	3,09	4,31672	1,22672
ODP 3	3,09	4,28109	1,19109
ODP 4	3,09	4,24406	1,15406
Rata-rata Margin			1,21

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

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{1,21}{3,09} \times 100 = 39,1\%$$

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

Tabel 8. Perbandingan *rise time budget* GPON.

Nama ODP	$t_r$ (ns)	$t_{sistem}$ (ns)	Margin (ns)
ODP 1	0,28	0,188	0,092
ODP 2	0,28	0,188	0,092
ODP 3	0,28	0,188	0,092
ODP 4	0,28	0,188	0,092
Rata-rata margin			0,092

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

$$\% = \frac{Margin}{Standar} \times 100 = \frac{0,092}{0,28} \times 100 = 32,9\%$$

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

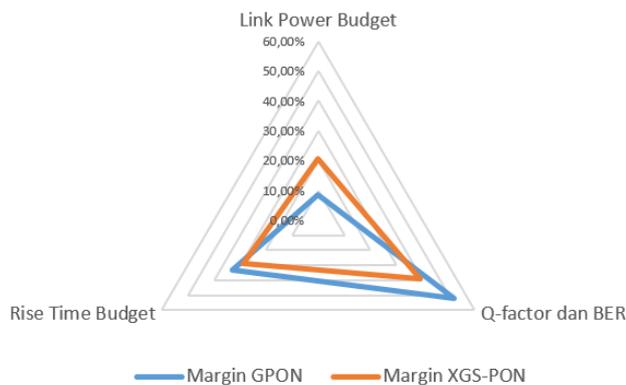
Nama ODP	$t_r$ (ns)	$t_{sistem}$ (ns)	Margin (ns)
ODP 1	0,07	0,05	0,02
ODP 2	0,07	0,05	0,02
ODP 3	0,07	0,05	0,02
ODP 4	0,07	0,05	0,02
Rata-rata margin			0,02

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

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

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 14.



Gambar 14. Grafik kesesuaian parameter kinerja.

#### 4. Kesimpulan

Simulasi perancangan jaringan akses FTTH Perumahan Harmony Residence Jangli 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 GPON, ITU-T G.9807.x untuk XGS-PON, dan ITU-T G.652 serta ITU-T G.657 untuk serat optik. Sebelum dilakukan pengujian pada simulasi terlebih dahulu dilakukan validasi simulasi. Berdasarkan validasi, simulasi telah dapat dilakukan dengan menggunakan *sequence length* sebanyak 1024 bit.

Perancangan jaringan akses FTTH disimulasikan dengan teknologi GPON dan XGS-PON. Jaringan akses FTTH dengan teknologi XGS-PON dapat menggunakan kembali arsitektur GPON. Pembeda 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 untuk video, sedangkan XGS-PON hanya menggunakan panjang gelombang 1577 nm untuk ketiga layanan.

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 52,1% (XGS-PON 39,1%), 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 20,7% (GPON 8,5%).

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*. 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]. F. Selmanovic dan E. Skaljo, "GPON in telecommunication network," *International Congress on Ultra Modern Telecommunication and Control System and Workshop*, Bosnia, 2010, hal 1012-1016.
- [11]. Sumanpreet dan S. Dewra, "Performance analysis of Gigabit Passive Optical Network using 2 Gbit/sec downstream transmission," *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, India, 2015, hal 743.
- [12]. M. Kaur dan E. D. Bansal, "Review: Passive optical networks current trends and future," *International Journal of Engineering Development and Research*, vol 5 no 2, India, 2017, hal 1238-1242.
- [13]. S. Sugumaran, P. Arulmozhivarman, M.S.R. Praneeth, P. Saikumar, dan A. Jabeena, "Performance analysis of 2,5 Gbps downlink GPON," *International Journal of Electrical Engineering, International Research House*, vol 7 no 1, India, hal 43-51.

- [14]. A. M. Mikaeil, W. Hu, S. B. Hussain, "Traffic-estimation-based low-latency XGS-PON mobile front-haul for small-cell C-RAN based on adaptive learning neural network," *Applied Science MDPI*, RRC, 2018, hal 1-15.
- [15]. *XGS-PON ONU Optical Transceiver SFP+ Module*, Accesslink WTD plus, RRC.
- [16]. D. Tarsono, A. Ahmad, K. Khairi, K. A. Sharif, M. H. Othman, N.A. Ngah, dan Z.A. Manaf, "Optical and network performance analysis of XGS-PON sistem over active co-existence PON system," *Scientific Research Publishing Optics and Photonics Journal*, vol 7, Malaysia, 2017, hal 40-48.
- [17]. A. Nugroho, "Perancangan jaringan fiber to the home (FTTH) dengan software OptiSystem konfigurasi upstream dan downstream untuk perumahan PDAM menggunakan teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON)," Laporan Tugas Akhir, Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Balikpapan, Balikpapan, 2018.
- [18]. J. S. A. Pla, "Design of Passive Optical Network," Master's Thesis, Departement of Telecommunication, Faculty of Electrical Engineering and Communication, BRNO University of Technology, BRNO, Czech Republic, 2011.
- [19]. I. A. Dinina, "Analisis perbandingan teknologi GPON dan XGPON untuk perancangan jaringan fiber to the home," Laporan Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2016.
- [20]. N. A. Adriel, "Perancangan jaringan akses fiber to the home perumahan harmony residence jangli menggunakan algoritma K-Means Clustering," Laporan Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2019.
- [21]. *Panduan Desain FTTH*, PT Telekomunikasi Indonesia Tbk., Indonesia, 2012.
- [22]. John M. Senior, *Optical Fiber Communication Principles and Practice*, edisi 3. Essex, England: Pearson Education Limited, 2009.
- [23]. Gerd Keiser, *Optical Fiber Communication*, edisi 2. Singapore: McGraw-Hill, Inc., 1991.
- [24]. Govind P. Agrawal, *Fiber-Optic Communication System*, edisi 3, New York, USA: John Wile & Sons, Inc., 2002.