

## ANALISIS PERBANDINGAN TEKNOLOGI GPON DAN XGSPON PADA PERANCANGAN JARINGAN AKSES FIBER TO THE HOME PERUMAHAN GREENWOOD SEMARANG

Yohandri Natan <sup>\*)</sup>, Sukiswo dan Teguh Prakoso

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

<sup>\*)</sup>E-mail: yohandrin2406@gmail.com

### Abstrak

Permintaan layanan telekomunikasi akan terus mengalami peningkatan, baik secara kuantitas maupun kualitas. Kebutuhan pelanggan yang semakin beragam juga menjadi salah satu faktor pendukung berkembangnya teknologi telekomunikasi. Salah satu teknologi yang dapat menjawab kebutuhan tersebut adalah Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON) dan X-Gigabit-capable Simetrical Passive Optical Network (XGSPON) pada layanan Fiber-to-The-Home (FTTH). Berdasarkan rekomendasi ITU-T G.984, GPON memiliki laju data downstream sebesar 2,5 Gbps dan 1,25 Gbps pada sisi upstream. Berdasarkan rekomendasi ITU-T G.9807, XGSPON memiliki laju data 10 Gbps baik untuk sisi downstream maupun upstream. Perencanaan jaringan FTTH merupakan hal yang penting. Perencanaan ini dapat dilakukan dengan dua sistem penggelaran kabel, yaitu aerial system atau duct system. Setelah perencanaan jaringan selesai dilakukan, perlu adanya simulasi untuk memastikan bahwa hasil perencanaan sudah memenuhi standar. Simulasi akan disimulasikan menggunakan Optisystem 7.0. Parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas jaringan terdiri dari rise time budget, rise time budget, q-factor, dan BER sesuai rekomendasi ITU-T dan standar PT. Telekomunikasi Indonesia.. Hasil simulasi menunjukkan bahwa hasil perencanaan jaringan duct system dan aerial system, baik untuk teknologi GPON dan XGSPON telah memenuhi standar yang berlaku dan layak untuk diimplementasikan.

**Kata Kunci:** GPON, XGSPON, ITU-T, OptiSystem, rise time budget, rise time budget, Q-factor, BER..

### Abstract

The demand of telecommunication services will have increment in quantity and quality. The needs of customer, which is becoming more complex, is one of the reason for technology development. One of the technologies that can fulfil these needs is Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON) and X-Gigabit-capable Simetrical Passive Optical Network (XGSPON) in Fiber-to-The-Home services (FTTH). Based on ITU-T recommendation G.984, GPON has 2,5 Gbps downstream bitrate and 1,25 Gbps upstream bitrate. On the other hand, according to ITU-T recommendation G.9807, XGSPON has 10 Gbps for both upstream and downstream bitrate. FTTH planning is important. FTTH network can be planned for aerial system or duct system. After the network planning is finished, the simulation is needed to ensure the plan fulfils the standards. This simulation is performed by Optisystem 7.0. The parameters for determining the network QoS are rise time budget, rise time budget, q-factor, and BER. These parameters based on ITU-T recommendations and PT. Telekomunikasi Indonesia's standard. The result shows that the network plan for both aerial and duct system, in each technology has fulfilled the requirements and can be implemented.

**Keyword:** GPON, XGSPON, ITU-T, Optisystem, QoS, rise time budget, rise time budget, Q-factor, BER.

### 1. Pendahuluan

Internet membawa pengaruh besar dalam berbagai bidang kehidupan manusia, mulai dari kehidupan sosial, akademik, pemerintahan, dan komunikasi. Permintaan masyarakat terhadap internet pun semakin meningkat setiap tahunnya. Seriring berjalannya waktu, masyarakat semakin membutuhkan komunikasi yang cepat dan handal, namun tetap terjangkau dari segi ekonomi maupun teknologi. Salah satu teknologi yang mampu melayani

permintaan masyarakat yang meningkat ini adalah *Gigabit-capable Passive Optical Network* (GPON) dan *X-Gigabit-capable Symetrical Passive Optical Network* (XGSPON) pada layanan *Fiber To The Home* (FTTH). FTTH merupakan layanan jaringan akses internet dengan menggunakan *fiber optic*. GPON merupakan salah satu teknologi *Fiber Optic* (FO) yang banyak digunakan saat ini. Teknologi ini menawarkan kecepatan 2,4 Gbps untuk layanan *downstream*. Standar yang mengatur mengenai GPON berdasarkan [1][2][3][4][5]. Sementara XGSPON

merupakan teknologi lanjutan dari GPON yang menawarkan kecepatan 10 Gbps baik untuk layanan *downstream* maupun *upstream*. Standar yang mengatur mengenai XGSPON berdasarkan [6][7][8]. Salah satu penyedia layanan internet yang menawarkan layanan FTTH dengan teknologi GPON adalah PT. Telekomunikasi Indonesia.

Penelitian ini berfokus pada pemodelan dan pembuatan simulasi FTTH pada Perumahan Greenwood di Kota Semarang menggunakan teknologi GPON dan XGSPON menggunakan Optisystem. Simulasi ini dilakukan berdasar hasil perancangan ulang jaringan FTTH Perumahan Greenwood Gunungpati Semarang dengan *aerial system* dan *duct system* [9][10].

Parameter unjuk kerja yang dipilih sebagai acuan penentuan kualitas jaringan FTTH meliputi *rise time budget*, *rise time budget*, *q-factor*, dan *Bit Error Rate* (BER). Parameter unjuk kerja ini dihitung dengan melakukan sampling pada ONT terdekat dari ODP terdekat dan ONT terjauh dari ODP terjauh dari masing-masing rute kabel. Standar yang digunakan pada perencanaan ulang jaringan FTTH ini adalah standar hasil rekomendasi ITU-T [1][2][3][4][5][6][7][8].

## 2. Metode

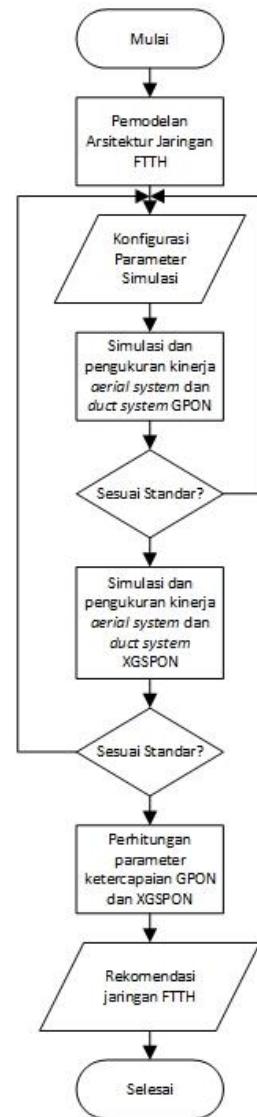
### 2.1. Pemodelan Jaringan

Pemodelan arsitektur jaringan FTTH pada simulasi ini berdasarkan keadaan sesungguhnya pada jaringan *existing* dan jaringan hasil perencanaan ulang. Pemodelan arsitektur jaringan ini memerlukan penyesuaian beberapa komponen yang digunakan pada simulator dengan perangkat jaringan sebenarnya sesuai dengan standar ITU-T [1][2][3][4][5][6][7][8]. Tabel 1 menunjukkan komponen pada simulator yang merepresentasikan perangkat sebenarnya.

Tabel 1 Representasi komponen Optisystem terhadap perangkat sebenarnya.

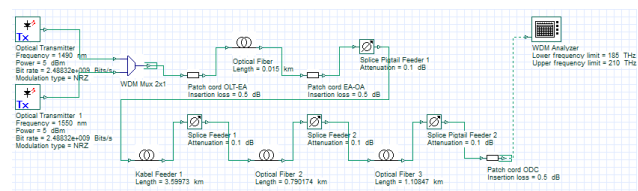
No	Perangkat Sebenarnya	Komponen pada Optisystem
1	Optical Line Terminal	Optical Transmitter
2	Optical Line Terminal	WDM Multiplexer
3	Patch cord	Connector
4	Splice	Optical Attenuator
5	Serat optik	Optical Fiber
6	Splitter pada ODC	Power Splitter 1x4
7	Splitter pada ODP	Power Splitter 1x8
8	Optical Network Terminal	WDM Demultiplexer
9	Optical Network Terminal	Optical Receiver

Pemodelan arsitektur jaringan ini dilakukan untuk lima variasi jaringan, yaitu jaringan *existing*, jaringan hasil perencanaan ulang *aerial system* GPON, jaringan hasil perencanaan ulang *duct system* GPON, jaringan hasil perencanaan ulang *aerial system* XGSPON, dan jaringan hasil perencanaan ulang *duct system* XGSPON. Gambar 1 menunjukkan diagram alir pembuatan simulasi.

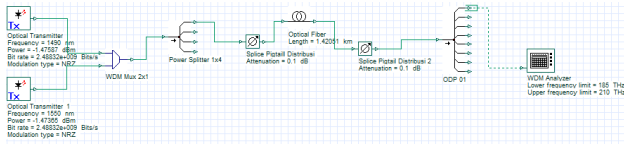


Gambar 1. Diagram Alir Simulasi

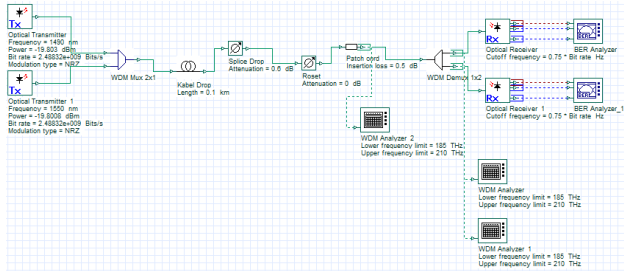
Pemodelan ini dilakukan dengan membagi jaringan ke dalam tiga segmen simulasi, yaitu OLT-ODC, ODC-ODP, ODP-ONT, agar hasil yang diperoleh lebih optimum. Secara garis besar arsitektur simulasi untuk kelima variasi jaringan ini sama, hanya berbeda pada nilai parameternya saja. Gambar 2 menunjukkan model simulasi OLT-ODC. Gambar 3 menunjukkan model simulasi ODC-ODP. Gambar 4 menunjukkan model simulasi ODP-ONT.



Gambar 2. Model simulasi OLT-ODC



Gambar 3. Model simulasi ODC-ODP



Gambar 4. Model simulasi ODP-ONT

2.2. Konfigurasi Parameter Simulasi

2.2.1. GPON

Perancangan jaringan FTTH dengan teknologi GPON mengacu pada standar ITU-T G.984[1][2][3][4][5]. Berdasarkan ITU-T G.984, GPON memiliki bit rate untuk downstream sebesar 2,48832 Gbps. Tabel 2 menunjukkan konfigurasi perangkat simulasi GPON.

Tabel 2. Konfigurasi perangkat simulasi GPON.

Perangkat	Komponen	Parameter	Nilai
OLT	Optical Transmitter	Frequency	Data/ Suara=1490 nm
		Power	Video = 1550 nm
		Extinction ratio	5 dBm
		Bit rate	10 dB
		Modulation type	2,48832 Gbps
		Transmitter type	NRZ
		Transmitter type	EML
		Bandwidth	10 THz
		Insertion loss	0 dB
		Depth	100 dB
WDM Multiplexer	WDM Multiplexer	Filter type	Bessel
		Filter order	2
		Frequency (0)	1490 nm
		Frequency (1)	1550 nm
		Attenuation	0,35 dB/km
		Loss	1,228809 dB
		Loss	1,3491006 dB
ODC	Optical Fiber Splitter 1x4	Photodetector	PIN
		Gain	3
		Responsivity	1 A/W
		Dark current	10 nA
		Insertion loss	0 dB
		Reference bit rate	2,48832 Gbps
		Reference bit rate	2,48832 Gbps
ODP	Optical Fiber Splitter 1x8	Bandwidth	10 THz
		Insertion loss	0 dB
		Depth	100 dB
		Filter type	Bessel
		Filter order	2
		Frequency (0)	1490 nm
		Frequency (1)	1550 nm
		Attenuation	0,5 dB
		Splice drop (OTP)	0,6 dB
		Roset	0 dB
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
		Reference bit rate	2,48832 Gbps
WDM Demultiplexer	WDM Demultiplexer	Bandwidth	10 THz
		Insertion loss	0 dB
		Depth	100 dB
		Filter type	Bessel
		Filter order	2
		Frequency (0)	1490 nm
		Frequency (1)	1550 nm

Tabel 2. (lanjutan).

Perangkat	Komponen	Parameter	Nilai
Connector	Attenuator	Insertion loss	0,5 dB
		Attenuation	Splice drop (OTP)=0,6 dB
			Roset = 0 dB

2.2.2. XGSPON

Perancangan jaringan FTTH dengan teknologi XGS-PON memiliki bit rate sebesar 9,95328 Gbps sesuai standar ITU-T G.9807 [6][7][8]. Tabel 3 menunjukkan konfigurasi perangkat simulasi XGSPON.

Tabel 3. Konfigurasi perangkat simulasi XGSPON

Perangkat	Komponen	Parameter	Nilai		
OLT	Optical Transmitter	Frequency	1577 nm		
		Power	5 dBm		
		Extinction ratio	10 dB		
		Bit rate	9,95328 Gbps		
		Modulation type	NRZ		
		Transmitter type	EML		
		Bandwidth	10 THz		
		Insertion loss	0 dB		
		Depth	100 dB		
		Filter type	Bessel		
WDM Multiplexer	WDM Multiplexer	Filter order	2		
		Frequency (0)	1577 nm		
		Attenuation	0,35 dB/km		
		Loss	1,228809 dB		
		Loss	1,3491006 dB		
		ODC	Optical Fiber Splitter 1x4	Photodetector	PIN
				Gain	3
Responsivity	1 A/W				
Dark current	10 nA				
Insertion loss	0 dB				
Reference bit rate	9,95328 Gbps				
Reference bit rate	9,95328 Gbps				
ODP	Optical Fiber Splitter 1x8			Bandwidth	10 THz
				Insertion loss	0 dB
				Depth	100 dB
		Filter type	Bessel		
		Filter order	2		
		Frequency (0)	1577 nm		
		Attenuation	0,5 dB		
		Splice drop (OTP)	0,6 dB		
		Roset	0 dB		
		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				
Reference bit rate	9,95328 Gbps				

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian Parameter Unjuk Kerja

Parameter unjuk kerja yang dijadikan acuan penilaian kualitas jaringan meliputi rise time budget, link power budget, Q-factor dan BER. Setelah pengujian masing-masing jaringan, selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap hasil simulasi. ONT yang akan dianalisis parameter unjuk kerjanya adalah ONT terdekat dari ODP terdekat dan ONT terjauh dari ODP terjauh masing-masing rute kabel, sehingga didapatkan kasus terbaik dan terburuk.

3.1.1. Rise time budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link fiber optic. Single-Mode-Fiber

(SMF) hanya mengalami masalah pada dispersi intramodal saja. Terdapat dua jenis dispersi intramodal, yaitu *chromatic dispersion* (dispersi material) dan *waveguide dispersion*. Degradasi total waktu transisi dari *link* digital tidak melebihi 70% dari suatu periode bit data *Non-Return-to-Zero* (NRZ) atau 35% dari satu periode bit data *Return-to-Zero* (RZ). Jika nilai  $t_{system}$  (*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 [11].

A. Jaringan Perancangan Ulang *Aerial system*

Pada subbab ini akan dilakukan analisis mengenai hasil simulasi *rise time budget* pada jaringan *aerial system* hasil perancangan ulang pada Perumahan Greenwood. Tabel 5 menunjukkan nilai *rise time budget* hasil simulasi jaringan perancangan ulang *aerial system* GPON dan XGSPON.

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai *rise time budget* yang dihasilkan oleh kedua teknologi sudah memenuhi standar yang berlaku. Standar untuk GPON bernilai  $\leq 0,28$  ns, sedangkan untuk XGSPON bernilai  $\leq 0,07$  ns [11]. Nilai  $t_{system}$  setiap ONT dapat dikatakan sama karena perbedaan terlihat pada digit ke tujuh di belakang koma.

Tabel 4. Hasil simulasi *rise time budget aerial system*.

Blok	ODP	ONT	$t_{system}$ GPON (ns)	$t_{system}$ XGSPON(ns)
Biru Muda	ODP 11	678	0,188669260	0,051205792
Biru Muda	ODP 06	794	0,188669173	0,051205470
Hijau	ODP 07	586	0,188669236	0,051205704
Hijau	ODP 02	639	0,188669216	0,051205630
Biru Tua	ODP 16	24	0,188669237	0,051205706
Biru Tua	ODP 04	10	0,188669195	0,051205552
Orange	ODP 15	131	0,188669250	0,051205756
Orange	ODP 01	4	0,188669193	0,051205545
Ungu	ODP 01	632	0,188669208	0,051205599
Ungu	ODP 05	782	0,188669167	0,051205448
Merah	ODP 16	632	0,188669221	0,051205650
Merah	ODP 21	131	0,188669204	0,051205585

B. Jaringan Perancangan Ulang *Duct system*

Pada subbab ini akan dilakukan analisis mengenai hasil simulasi *rise time budget* pada jaringan *duct system* hasil perancangan ulang pada Perumahan Greenwood. Tabel 5 menunjukkan nilai *rise time budget* hasil simulasi jaringan perancangan ulang *duct system* GPON dan XGSPON

Tabel 5. Hasil simulasi *rise time budget duct system*.

Blok	ODP	ONT	$t_{system}$ GPON (ns)	$t_{system}$ XGSPON(ns)
Biru Muda	ODP 01	674	0,188669306	0,051205963
Biru Muda	ODP 06	794	0,188669174	0,051205475
Hijau	ODP 05	623	0,188669308	0,051205968
Hijau	ODP 03	665	0,188669215	0,051205626
Biru Tua	ODP 04	13	0,188669323	0,051206023

Tabel 5. (lanjutan).

Blok	ODP	ONT	$t_{system}$ GPON (ns)	$t_{system}$ XGSPON(ns)
Biru Tua	ODP 02	28	0,188669204	0,051205586
Orange	ODP 04	76	0,188669360	0,051206161
Orange	ODP 01	105	0,188669206	0,051205592
Ungu	ODP 02	767	0,188669239	0,051205715
Ungu	ODP 05	782	0,188669168	0,051205452
Merah	ODP 21	144	0,188669237	0,051205708
Merah	ODP 01	3	0,188669194	0,051205549

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai *rise time budget* yang dihasilkan oleh kedua teknologi sudah memenuhi standar yang berlaku. Nilai  $t_{system}$  setiap ONT dapat dikatakan sama karena perbedaan terlihat pada digit ke tujuh di belakang koma.

3.1.2. *Link power budget*

*Link power budget* merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan jaringan FTTH. *Link power budget* merupakan syarat agar jaringan yang dirancang memiliki daya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan.

A. Jaringan Perancangan Ulang *Aerial system*

Bagian ini membahas hasil simulasi *link power budget* pada jaringan *aerial system*. Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai *link power budget* untuk teknologi GPON dan XGSPON yang dihasilkan memiliki rentang 22,86 – 23,14 dB. Nilai ini sudah memenuhi standar yang ditetapkan oleh PT. Telekomunikasi Indonesia sebesar  $\leq 25$  dB [12].

Tabel 6. *Link power budget aerial system*.

Blok	ODP	ONT	GPON 1490 nm (dB)	GPON 1550 nm (dB)	XGSPON (dB)
Biru Muda	ODP 11	678	23,14	23,14	23,14
Biru Muda	ODP 06	794	22,88	22,88	22,88
Hijau	ODP 07	586	23,07	23,07	23,07
Hijau	ODP 02	639	23,01	23,01	23,01
Biru Tua	ODP 16	24	23,07	23,07	23,07
Biru Tua	ODP 04	10	22,95	22,95	22,95
Orange	ODP 15	131	23,12	23,12	23,12
Orange	ODP 01	4	22,94	22,94	22,94
Ungu	ODP 01	632	22,99	22,99	22,99
Ungu	ODP 05	782	22,86	22,86	22,86
Merah	ODP 16	632	23,03	23,03	23,03
Merah	ODP 21	131	22,98	22,98	22,98

B. Jaringan Perancangan Ulang *Duct system*

Pada subbab ini akan dilakukan analisis mengenai hasil simulasi *link power budget* pada jaringan *duct system*. Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa nilai *link power budget* untuk teknologi GPON dan XGSPON yang dihasilkan memiliki rentang 22,87 – 23,45 dB. Nilai ini sudah memenuhi standar yang ditetapkan oleh PT. Telekomunikasi Indonesia sebesar  $\leq 25$  dB [12].

Tabel 7. Link power budget duct system.

Blok	ODP	ONT	GPON 1490 nm (dB)	GPON 1550 nm (dB)	XGSPON (dB)
Biru Muda	ODP 01	674	23,29	23,29	23,29
Biru Muda	ODP 06	794	22,88	22,88	22,88
Hijau	ODP 05	623	23,29	23,29	23,29
Hijau	ODP 03	665	23,01	23,01	23,01
Biru Tua	ODP 04	13	23,33	23,33	23,33
Biru Tua	ODP 02	28	22,98	22,98	22,98
Orange	ODP 04	76	23,45	23,45	23,45
Orange	ODP 01	105	22,98	22,98	22,98
Ungu	ODP 02	767	23,08	23,08	23,08
Ungu	ODP 05	782	22,87	22,87	22,87
Merah	ODP 21	144	23,08	23,08	23,08
Merah	ODP 01	3	22,95	22,95	22,95

3.1.3. Q-factor

Q-factor digunakan untuk menganalisis kualitas jaringan FTTH. Nilai Q-factor pada simulasi dapat dilihat pada komponen BER Analyzer. Bagian ini akan membahas Q-factor pada jaringan existing dan jaringan perancangan ulang dengan teknologi GPON dan XGSPON. Standar yang digunakan dalam analisis ini mengikuti standar ITU-T [1][2][3][4][5][6][7][8].

A. Jaringan Perancangan Ulang Aerial system

Pada subbab ini akan dibahas Q-factor pada jaringan hasil perancangan ulang menggunakan aerial system dengan teknologi GPON dan XGSPON. Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa nilai q-factor untuk kedua teknologi sudah memenuhi standar,  $\geq 6,3$  untuk GPON, dan  $\geq 3,09$  untuk XGSPON [2][8].

Tabel 8. Q-factor aerial system.

Blok	ODP	ONT	GPON 1490 nm	GPON 1550 nm	XGSPON
Biru Muda	ODP 11	678	10,80	11,19	5,38
Biru Muda	ODP 06	794	11,46	11,87	5,72
Hijau	ODP 07	586	10,97	11,37	5,47
Hijau	ODP 02	639	11,12	11,53	5,55
Biru Tua	ODP 16	24	10,97	11,36	5,47
Biru Tua	ODP 04	10	11,28	11,69	5,63
Orange	ODP 15	131	10,87	11,26	5,42
Orange	ODP 01	4	11,30	11,71	5,64
Ungu	ODP 01	632	11,19	11,59	5,58
Ungu	ODP 05	782	11,50	11,92	5,74
Merah	ODP 16	632	11,08	11,48	5,53
Merah	ODP 21	131	11,21	11,62	5,59

B. Jaringan Perancangan Ulang Duct system

Pada subbab ini akan dibahas Q-factor pada jaringan hasil perancangan ulang menggunakan duct system dengan teknologi GPON dan XGSPON. Pada Tabel 9 dapat dilihat bahwa nilai q-factor untuk kedua teknologi sudah memenuhi standar,  $\geq 6,3$  untuk GPON, dan  $\geq 3,09$  untuk XGSPON [2][8].

Tabel 9. Q-factor duct system.

Blok	ODP	ONT	GPON 1490 nm	GPON 1550 nm	XGSPON
Biru Muda	ODP 01	674	10,46	10,84	5,21
Biru Muda	ODP 06	794	11,45	11,86	5,71
Hijau	ODP 05	623	10,43	10,83	5,21
Hijau	ODP 03	665	11,13	11,53	5,55
Biru Tua	ODP 04	13	10,34	10,72	5,16
Biru Tua	ODP 02	28	11,21	11,62	5,59
Orange	ODP 04	76	10,07	10,45	5,03
Orange	ODP 01	105	11,20	11,61	5,59
Ungu	ODP 02	767	10,93	11,34	5,46
Ungu	ODP 05	782	11,50	11,91	5,73
Merah	ODP 21	144	10,96	11,36	5,47
Merah	ODP 01	3	11,29	11,70	5,63

3.1.4. BER

Bit Error Rate (BER) digunakan untuk mengetahui laju terjadinya kesalahan bit yang diterima. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai BER untuk teknologi GPON dan XGSPON, baik pada jaringan aerial system maupun duct system.

A. Jaringan Perancangan Ulang Aerial system

Bagian ini membahas BER pada jaringan hasil perancangan ulang menggunakan aerial system dengan teknologi GPON dan XGSPON. Hasil simulasi berdasarkan hasil perancangan [9]. Tabel 10 menunjukkan Nilai BER jaringan aerial system sudah memenuhi standar yang berlaku, yaitu sebesar  $\leq 1E-10$  untuk GPON dan  $\leq 1E-3$  untuk XGSPON [2][8].

Tabel 10. Nilai BER aerial system.

Blok	ODP	ONT	GPON 1490 nm	GPON 1550 nm	XGSPON
Biru Muda	ODP 11	678	1,67E-27	2,16E-29	3,67E-08
Biru Muda	ODP 06	794	1,09E-30	8,30E-33	5,48E-09
Hijau	ODP 07	586	2,65E-28	3,00E-30	2,24E-08
Hijau	ODP 02	639	4,88E-29	4,90E-31	1,45E-08
Biru Tua	ODP 16	24	2,76E-28	3,15E-30	2,26E-08
Biru Tua	ODP 04	10	7,92E-30	6,95E-32	9,11E-09
Orange	ODP 15	131	6,44E-28	1,04E-29	3,01E-08
Orange	ODP 01	4	6,62E-30	5,73E-32	8,70E-09
Ungu	ODP 01	632	2,41E-29	2,30E-31	1,21E-08
Ungu	ODP 05	782	6,32E-31	4,61E-33	4,77E-09
Merah	ODP 16	632	7,81E-29	8,10E-31	1,64E-08
Merah	ODP 21	131	1,74E-29	1,61E-31	1,11E-08

B. Jaringan Perancangan Ulang Duct system

Bagian ini akan membahas BER pada jaringan hasil perancangan ulang menggunakan duct system. Hasil simulasi berdasarkan hasil perancangan [10]. Tabel 11 menunjukkan Nilai BER jaringan duct system sudah memenuhi standar yang berlaku, yaitu sebesar  $\leq 1E-10$  untuk GPON dan  $\leq 1E-3$  untuk XGSPON [2][8].

Tabel 11. Nilai BER duct system.

Blok	ODP	ONT	GPON	GPON	XGSPON
			1490 nm	1550 nm	
Biru Muda	ODP 01	674	6,91E-26	1,14E-27	9,62E-08
Biru Muda	ODP 06	794	1,22E-30	9,36E-33	5,64E-09
Hijau	ODP 05	623	8,69E-26	1,26E-27	9,45E-08
Hijau	ODP 03	665	4,46E-29	4,44E-31	1,42E-08
Biru Tua	ODP 04	13	2,22E-25	4,12E-27	1,25E-07
Biru Tua	ODP 02	28	1,77E-29	1,64E-31	1,12E-08
Orange	ODP 04	76	3,72E-24	7,18E-26	2,48E-07
Orange	ODP 01	105	2,04E-29	1,97E-31	1,16E-08
Ungu	ODP 02	767	4,06E-28	3,96E-30	2,39E-08
Ungu	ODP 05	782	6,95E-31	5,11E-33	4,88E-09
Merah	ODP 21	144	2,90E-28	3,31E-30	2,29E-08
Merah	ODP 01	3	7,44E-30	6,50E-32	8,96E-09

### 3.2. Ketercapaian Parameter Unjuk Kerja GPON dan XGSPON

#### 3.2.1. Rise time budget

Tabel 12 menunjukkan perbandingan persentase ketercapaian hasil simulasi *rise time budget aerial system* antara teknologi GPON dan XGSPON. Tabel 13 menunjukkan perbandingan persentase ketercapaian hasil simulasi *rise time budget duct system* antara teknologi GPON dan XGSPON.

Tabel 12. Ketercapaian rise time budget aerial system.

Blok	ODP	ONT	GPON (%)	XGSPON (%)
Biru Muda	ODP 11	678	67,38	73,15
Biru Muda	ODP 06	794	67,38	73,15
Hijau	ODP 07	586	67,38	73,15
Hijau	ODP 02	639	67,38	73,15
Biru Tua	ODP 16	24	67,38	73,15
Biru Tua	ODP 04	10	67,38	73,15
Orange	ODP 15	131	67,38	73,15
Orange	ODP 01	4	67,38	73,15
Ungu	ODP 01	632	67,38	73,15
Ungu	ODP 05	782	67,38	73,15
Merah	ODP 16	632	67,38	73,15
Merah	ODP 21	131	67,38	73,15

Tabel 13. Ketercapaian rise time budget duct system.

Blok	ODP	ONT	GPON (%)	XGSPON (%)
Biru Muda	ODP 01	674	67,38	73,15
Biru Muda	ODP 06	794	67,38	73,15
Hijau	ODP 05	623	67,38	73,15
Hijau	ODP 03	665	67,38	73,15
Biru Tua	ODP 04	13	67,38	73,15
Biru Tua	ODP 02	28	67,38	73,15
Orange	ODP 04	76	67,38	73,15
Orange	ODP 01	105	67,38	73,15
Ungu	ODP 02	767	67,38	73,15
Ungu	ODP 05	782	67,38	73,15
Merah	ODP 21	144	67,38	73,15
Merah	ODP 01	3	67,38	73,15

Berdasarkan Tabel 12 dan 13 dapat dilihat bahwa Teknologi GPON memiliki ketercapaian 67,38% dari standar *rise time budget*  $t_r \leq 0,28$  ns. Sementara teknologi XGSPON memiliki ketercapaian 73,15% dari standar *rise time budget* sebesar  $t_r \leq 0,07$  ns. Semakin besar nilai ketercapaian tersebut menunjukkan semakin

mendekati ambang batas nilai *rise time budget* yang diizinkan. Semakin kecil persentase ketercapaian *rise time budget*, kualitas jaringan semakin baik.

#### 3.2.2. Link power budget

Tabel 14 menunjukkan perbandingan persentase ketercapaian hasil simulasi *link power budget aerial system* antara teknologi GPON dan XGSPON. Tabel 15 menunjukkan perbandingan persentase ketercapaian hasil simulasi *link power budget duct system* antara teknologi GPON dan XGSPON.

Tabel 14. Ketercapaian link power budget aerial system.

Blok	ODP	ONT	GPON	GPON	XGSPON (%)
			1490 nm (%)	1550 nm (%)	
Biru Muda	ODP 11	678	92,56	92,56	92,56
Biru Muda	ODP 06	794	91,52	91,52	91,52
Hijau	ODP 07	586	92,28	92,28	92,28
Hijau	ODP 02	639	92,04	92,04	92,04
Biru Tua	ODP 16	24	92,28	92,28	92,28
Biru Tua	ODP 04	10	91,80	91,80	91,80
Orange	ODP 15	131	92,48	92,48	92,48
Orange	ODP 01	4	91,76	91,76	91,76
Ungu	ODP 01	632	91,96	91,96	91,96
Ungu	ODP 05	782	91,44	91,44	91,44
Merah	ODP 16	632	92,12	92,12	92,12
Merah	ODP 21	131	91,92	91,92	91,92

Tabel 15. Ketercapaian link power budget duct system.

Blok	ODP	ONT	GPON	GPON	XGSPON (%)
			1490 nm (%)	1550 nm (%)	
Biru Muda	ODP 01	674	93,16	93,16	93,16
Biru Muda	ODP 06	794	91,52	91,52	91,52
Hijau	ODP 05	623	93,16	93,16	93,16
Hijau	ODP 03	665	92,04	92,04	92,04
Biru Tua	ODP 04	13	93,32	93,32	93,32
Biru Tua	ODP 02	28	91,92	91,92	91,92
Orange	ODP 04	76	93,80	93,80	93,80
Orange	ODP 01	105	91,92	91,92	91,92
Ungu	ODP 02	767	92,32	92,32	92,32
Ungu	ODP 05	782	92,48	92,48	92,48
Merah	ODP 21	144	92,32	92,32	92,32
Merah	ODP 01	3	91,80	91,80	91,80

Pada Tabel 14 dan 15 dapat dilihat bahwa ketercapaian *link power budget* yang dihasilkan memiliki nilai di antara 91-94% Hal ini menunjukkan bahwa kualitas jaringan sudah mendekati batas maksimum *link power budget*nya. Semakin kecil ketercapaian ini, maka kualitas jaringan semakin baik.

#### 3.2.3. Q-factor

Bagian ini membahas ketercapaian parameter *q-factor* pada teknologi GPON dan XGSPON dalam instalasi *aerial system* dan *duct system*. Tabel 16 menunjukkan ketercapaian *q-factor aerial system*. Sementara Tabel 17 menunjukkan ketercapaian *q-factor duct system*. Berdasarkan kedua tabel tersebut, dapat dilihat bahwa

persentase ketercapaian untuk setiap ONT melebihi 100%. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas jaringan berdasarkan *q-factor* sudah memenuhi standar yang ditetapkan ITU-T, baik untuk teknologi GPON maupun XGSPON. Persentase ketercapaian tertinggi dihasilkan oleh teknologi GPON dengan panjang gelombang 1550 nm.

Tabel 16. Ketercapaian *q-factor aerial system*.

Blok	ODP	ONT	GPON 1490 nm (%)	GPON 1550 nm (%)	XGSPON (%)
Biru Muda	ODP 11	678	171,47	177,69	174,20
Biru Muda	ODP 06	794	181,85	188,44	184,95
Hijau	ODP 07	586	174,13	180,45	177,06
Hijau	ODP 02	639	176,54	182,95	179,52
Biru Tua	ODP 16	24	174,07	180,39	176,99
Biru Tua	ODP 04	10	179,10	185,60	182,14
Orange	ODP 01	131	172,46	178,72	175,35
Orange	ODP 01	4	179,35	185,86	182,40
Ungu	ODP 01	632	177,54	183,98	180,54
Ungu	ODP 05	782	182,60	189,22	185,72
Merah	ODP 16	632	175,88	182,26	178,84
Merah	ODP 21	131	178,00	184,46	181,01

Tabel 17. Ketercapaian *q-factor duct system*.

Blok	ODP	ONT	GPON 1490 nm (%)	GPON 1550 nm (%)	XGSPON (%)
Biru Muda	ODP 01	674	166,01	172,03	168,50
Biru Muda	ODP 06	794	181,69	188,28	184,79
Hijau	ODP 05	623	165,62	171,88	168,60
Hijau	ODP 03	665	176,67	183,08	179,65
Biru Tua	ODP 04	13	164,19	170,15	166,90
Biru Tua	ODP 02	28	177,98	184,43	180,99
Orange	ODP 04	76	159,85	165,90	162,71
Orange	ODP 01	105	177,78	184,22	180,78
Ungu	ODP 02	767	173,52	180,07	176,68
Ungu	ODP 05	782	182,47	189,08	185,59
Merah	ODP 21	144	174,00	180,32	176,92
Merah	ODP 01	3	179,19	185,69	182,23

### 3.2.3. Bit Error Rate

Tabel 18 menunjukkan ketercapaian BER *aerial system*. Sementara, Tabel 19 menunjukkan ketercapaian BER *duct system*.

Tabel 18. Ketercapaian BER *aerial system*.

Blok	ODP	ONT	GPON 1490 nm (%)	GPON 1550 nm (%)	XGSPON (%)
Biru Muda	ODP 11	678	297,53	318,50	371,79
Biru Muda	ODP 06	794	332,91	356,46	413,05
Hijau	ODP 07	586	306,41	328,03	382,52
Hijau	ODP 02	639	314,57	336,78	391,91
Biru Tua	ODP 16	24	306,20	327,80	382,28
Biru Tua	ODP 04	10	323,35	346,20	402,03
Orange	ODP 15	131	302,13	322,02	376,09
Orange	ODP 01	4	324,21	347,13	403,03
Ungu	ODP 01	632	317,97	340,43	395,83
Ungu	ODP 05	782	335,55	359,29	416,09
Merah	ODP 16	632	312,31	334,35	389,30
Merah	ODP 21	131	319,56	342,13	397,67

Tabel 19. Ketercapaian BER *duct system*.

Blok	ODP	ONT	GPON 1490 nm (%)	GPON 1550 nm (%)	XGSPON (%)
Biru Muda	ODP 01	674	279,56	299,38	350,84
Biru Muda	ODP 06	794	332,36	355,87	412,42
Hijau	ODP 05	623	278,46	298,87	351,23
Hijau	ODP 03	665	315,01	337,25	392,42
Biru Tua	ODP 04	13	273,93	293,16	345,11
Biru Tua	ODP 02	28	319,48	342,04	397,57
Orange	ODP 04	76	260,33	279,38	330,28
Orange	ODP 01	105	318,79	341,17	396,77
Ungu	ODP 02	767	304,35	326,69	381,09
Ungu	ODP 05	782	335,09	358,79	415,56
Merah	ODP 21	144	305,97	327,55	382,02
Merah	ODP 01	3	323,65	346,52	402,38

Berdasarkan Tabel 18 dan 19 dapat dilihat bahwa persentase ketercapaian BER baik untuk teknologi GPON maupun XGSPON melebihi 100%, bahkan nilainya berkisar antara 200% hingga 400%. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas jaringan berdasarkan BER sudah memenuhi standar, bahkan dua hingga empat kali lipat lebih baik dari standar yang berlaku [2][8]. Semakin besar persentase ketercapaian, maka kualitas jaringan semakin baik.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data simulasi dapat disimpulkan bahwa hasil perancangan ulang perumahan Greenwood dengan *aerial system* dan *duct system* yang dilakukan sudah memenuhi standar yang ditetapkan, baik oleh PT. Telekomunikasi Indonesia maupun ITU-T, untuk semua parameter unjuk kerja yang ditetapkan, yaitu *rise time budget*, *link power budget*, *q-factor*, dan BER. Ketercapaian standar ini juga berlaku untuk kedua teknologi yang dianalisis, yaitu GPON dan XGSPON. Parameter unjuk kerja utama, *link power budget*, memiliki nilai di antara 22 hingga 23 dB yang mana berada di bawah ambang maksimum yang ditetapkan PT. Telekomunikasi Indonesia sebesar atau kurang dari 25 dB [12]. Ketercapaian *link power budget* pada GPON bernilai 67,38% dan pada XGSPON bernilai 73,15% yang mengindikasikan kualitas jaringan baik.

## Referensi

- [1] *Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON): General characteristics*, ITU-T Recommendation G.984.1, 2008.
- [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] *10-Gigabit-capable Symmetric Passive Optical Network (XGS-PON)*, ITU-T Recommendation G.9807.1 Amendment 1, 2017.
- [7] *10-Gigabit-capable Symmetric Passive Optical Network (XGS-PON); Reach Extension*, ITU-T Recommendation G.9807.2, 2017.
- [8] *Optical System Design and Engineering Considerations, ITU-T Series G Supplement 39*, 2016.
- [9] A. A. Dewi, "Perancangan Ulang Jaringan Akses Fiber to The Home Perumahan Greenwood Gunung Pati Semarang Menggunakan Algoritma Clustering K-Means pada Instalasi Kabel Drop Aerial", Laporan Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2019.
- [10] R. A. Yemima, "Perancangan Ulang Jaringan Akses Fiber to The Home Perumahan Greenwood Gunung Pati Semarang Menggunakan Algoritma Clustering K-Means pada Instalasi Kabel Drop Pedestal", Laporan Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2019.
- [11] 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.
- [12] *Panduan Desain FTTH*, PT Telekomunikasi Indonesia Tbk., Indonesia, 2012.