

# ANALISIS TEKNOLOGI GPON UNTUK PERLUASAN JARINGAN *FIBER TO THE HOME* (FTTH)

Abdul Hamid Alfauzi<sup>\*)</sup>, Imam Santoso, and Teguh Prakoso

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

<sup>\*)</sup>E-mail: [abdulhamid9726@gmail.com](mailto:abdulhamid9726@gmail.com)

## Abstrak

Untuk memenuhi kebutuhan pelanggan untuk mendapatkan layanan suara, *video* dan data, PT Telekomunikasi Indonesia Tbk menawarkan serat optik pada jaringan lokal *fiber optic* (JARLOKAF) yang disebut *Fiber to the Home* (FTTH). Teknologi yang digunakan adalah teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON). Penelitian ini membahas tentang teknologi GPON untuk perluasan jaringan FTTH di Perumahan Manggis. Penelitian ini dimulai dengan memilih lokasi yang ingin diperluas, lalu dilakukan survei lokasi untuk dijadikan dasar dalam melakukan desain jaringan, setelah desain sudah dibuat maka dilakukan pemilihan perangkat dan spesifikasi, lalu membuat simulasi jaringan menggunakan Optisystem. Dari hasil simulasi didapatkan nilai *rise time budget* arah *upstream* sebesar 0,38 ns dan arah *downstream* sebesar 0,19 ns, nilai tersebut sudah sesuai karena kurang dari 70% satu periode bit NRZ. Nilai *link power budget* sebesar 22,15 dB, sudah sesuai karena kurang dari standar yaitu 25 dB. Daya terima pada jarak terjauh untuk *upstream* sebesar -19,36 dBm dan *downstream* sebesar -20,91 sudah sesuai karena lebih dari standar yaitu -28 dBm. Nilai BER dan *Q-factor* untuk jarak terjauh arah *upstream* sebesar  $8,28 \times 10^{-19}$  dan 9,03 sedangkan arah *downstream* sebesar  $4,40 \times 10^{-46}$  dan 14,38 untuk panjang gelombang 1490 nm serta  $2,81 \times 10^{-47}$  dan 14,42 untuk panjang gelombang 1550 nm. Standar BER adalah lebih kecil dari  $10^{-10}$  dan *Q-factor* lebih besar dari 6,3, sehingga hasil simulasi sudah sesuai standar. Dari hasil simulasi, jaringan yang dibuat sudah layak diterapkan karena sudah sesuai dengan standar (yang ditentukan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk dan ITU-T).

*Kata Kunci: FTTH, GPON, parameter unjuk kerja*

## Abstract

In fulfil the customers need to voice, video and data services, PT Telekomunikasi Indonesia Tbk offer fiber optic in optical fiber access network (JARLOKAF) called *Fiber to the Home* (FTTH). The technology used is *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) technology. This research discusses on GPON technology for the expansion of FTTH networks at Perumahan Manggis. This research starts with choosing a location to be expand, survey the location for the design of the network, select the device and their specification, and simulate the network using Optisystem. The results of the simulation obtained value *rise time budget* of 0,38 ns upstream direction and downstream direction by 0,19 ns, the value is appropriate because it is less than 70% of the bit period NRZ. Value of *link power budget* of 22,15 dB is appropriate because the standard is less than 25 dB. Received power at the farthest distance of -19,36 dBm for the upstream and downstream of -20,91 is appropriate because the standard is more than -28 dBm. BER and *Q-factor* for the furthest distance upstream direction is  $8,28 \times 10^{-19}$  and 9,03 at the 1310 nm, then the downstream direction is  $4,40 \times 10^{-46}$  and 14,38 at the 1490 nm and  $2,81 \times 10^{-47}$  and 14,42 at the 1550 nm. Standard BER is smaller than  $10^{-10}$  and *Q-factor* greater than 6.3, so that the simulation results are already compliant. Base on simulation results, the network is conformity with the standards (from PT Telekomunikasi Indonesia Tbk and ITU-T).

*Keywords: FTTH, GPON, performance parametes*

## 1. Pendahuluan

Dalam melayani kebutuhan masyarakat untuk mendapatkan layanan suara, *video*, dan data, PT Telekomunikasi Indonesia Tbk membangun sebuah

infrastruktur jaringan menggunakan *fiber optic* sebagai media transmisi. *Fiber optic* (serat optik) merupakan salah satu media transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas yang sangat besar dan teknologinya disebut Jaringan Lokal *Fiber Optic*

(JARLOKAF) [1]. Jaringan optik menawarkan kelajuan *transfer* data lebih cepat dari jaringan kabel tembaga dan dapat menjangkau jarak yang jauh [2]. Infrastruktur kabel optik yang dibangun dari sentral sampai ke *end-user* disebut sebagai jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) [3]. FTTH merupakan pengembangan dari JARLOKAF [1]. Kemampuan FTTH tersebut dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dalam mendapatkan layanan yang handal.

Pada jaringan FTTH, teknologi yang digunakan adalah teknologi GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) yang merupakan salah satu teknologi yang menggunakan sistem komunikasi serat optik. GPON merupakan pengembangan dari teknologi PON (*Passive Optical Network*) dengan sumber informasi dari sentral lalu didistribusikan ke pelanggan menggunakan *splitter* sehingga dapat memungkinkan informasi dikirimkan ke banyak pelanggan melalui beberapa percabangan [3]. Dalam perancangan jalur FTTH, PT Telekomunikasi Indonesia dituntut untuk membangun jaringan lebih luas untuk memenuhi kebutuhan pelanggan yang lebih banyak. Di Perumahan Manggis sudah terdapat jaringan FTTH, akan tetapi layanan dari PT Telekomunikasi Indonesia Tbk di Perumahan Manggis belum menyeluruh, sehingga dibutuhkan perluasan jaringan agar seluruh pelanggan di Perumahan Manggis mendapatkan pelayanan.

Pada Penelitian terdahulu telah dilakukan beberapa perancangan jaringan akses *Fiber to the Home* (FTTH) menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) antara lain di Perumahan Legok Indah Tangerang [4], Wilayah Permata Buah Batu 1 Bandung [3], Perumahan Batununggal Bandung [5] dan di Meranti, Banyumanik, Semarang [1]. Dengan melihat latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian di Perumahan Manggis Palur dengan melakukan perluasan jaringan FTTH dengan teknologi GPON di daerah tersebut. Yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah dilakukan perluasan dari jaringan yang sudah ada. Dengan perluasan didapatkan jaringan yang lebih jauh jangkauannya.

## 2. Metode

### 2.1. Langkah Penelitian

penelitian ini menjelaskan tentang analisis teknologi GPON yang digunakan untuk perluasan jaringan, sehingga diketahui kualitas teknologi GPON untuk jaringan tersebut. Jaringan dibuat dengan melakukan survei terhadap lokasi yang diperluas jangkauannya. Perangkat yang digunakan yaitu Google Earth dan Optisystem. Secara umum, langkah dari penelitian ini dapat digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 1.

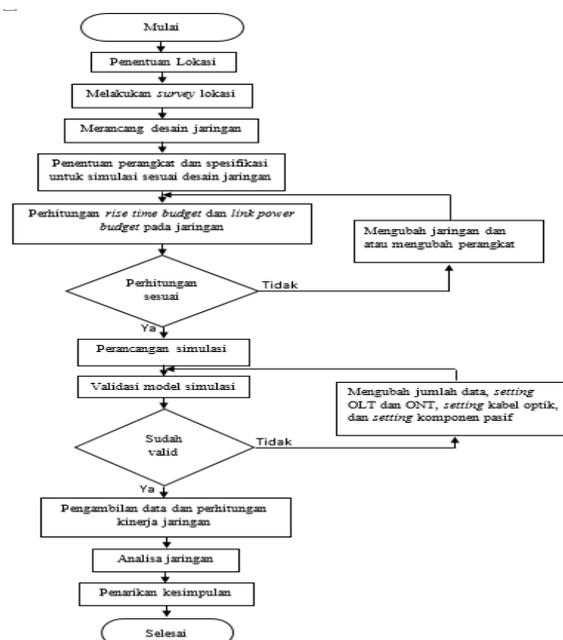
### 2.2. Perancangan Jaringan FTTH

Area yang dilakukan perluasan jaringan FTTH merupakan wilayah kerja PT Telekomunikasi Indonesia Tbk, yaitu di

Perumahan Manggis di Kecamatan Palur, Kabupaten Karanganyar. Pada perluasan ini menggunakan kabel optik dengan panjang 3,89945 km yang menghubungkan antara OLT pada STO dengan ONT pada pelanggan. ODC yang digunakan hanya satu buah, dan untuk ODP yang digunakan ada 3 ODP dengan 2 ODP *closure* dan 1 ODP *wall on pole* dengan kapasitas masing-masing ODP memiliki kapasitas maksimal 16 pelanggan. Tiang *existing* yang digunakan berjumlah 11 tiang dan tiang baru yang digunakan berjumlah 1 tiang. Hasil dari perancangan jaringan FTTH ditunjukkan oleh Gambar 2.

### 2.3. Desain Jaringan

Desain jaringan dibuat berdasarkan survei yang dilakukan. Survei tersebut antara lain survei *on desk* dan survei *on site*.



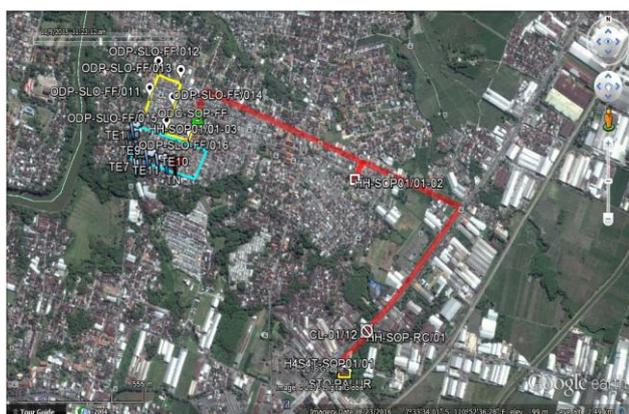
Gambar 1. Langkah Penelitian Analisis Teknologi GPON dan XGPON untuk Perluasan Jaringan FTTH

Survei *on desk* yaitu survei yang dilakukan dengan melihat perangkat *existing* yang ada pada lokasi menggunakan *google view* atau *google earth*. Hasil dari survei *on desk* antara lain mengetahui kabel *feeder* dan kabel distribusi *existing*. Karena jaringan sudah ada sehingga dilakukan pengukuran pada kabel *existing*. Di Perumahan manggis hanya terdapat kabel *feeder existing* saja, untuk kabel distribusi *existing* tidak ditemukan sehingga dilakukan penarikan kabel baru pada ODC.

Untuk survei *on site* merupakan survei lokasi secara langsung. Survei ini bertujuan untuk mengetahui data *existing* dari survei *on desk* yang bisa digunakan. Data hasil survei *on site* berupa tiang *existing* di lokasi yang bisa dipakai, pengukuran kabel *existing* dan membuat desain jaringan sementara. Untuk pengukuran kabel *feeder*, didapatkan nilai redamannya sebesar 1,93 dB. Kabel *feeder*

masih layak untuk digunakan karena memiliki redaman pada pengukuran lebih kecil dari pada *link power budget* pada feeder yaitu 2,02 dB, dengan panjang kabel feeder 2,631 km, 4 *splicing*, dan 2 konektor. Lalu dari hasil survei didapatkan desain sementara yang dapat dilihat pada gambar 2.

Berdasarkan desain pada gambar 2, dapat dilakukan pemilihan tiang yang digunakan untuk menempatkan ODP dengan cara menghitung *Homepass*. *homepass* merupakan jumlah rumah yang dilewati jaringan dan dapat dijangkau oleh tiang. Tiang yang akan digunakan untuk menempatkan ODP merupakan tiang dengan jumlah *homepass* terbanyak. Tabel 1 merupakan jumlah *homepass* dan tiang *existing*.



Gambar 2. Desain Sementara Jaringan FTTH

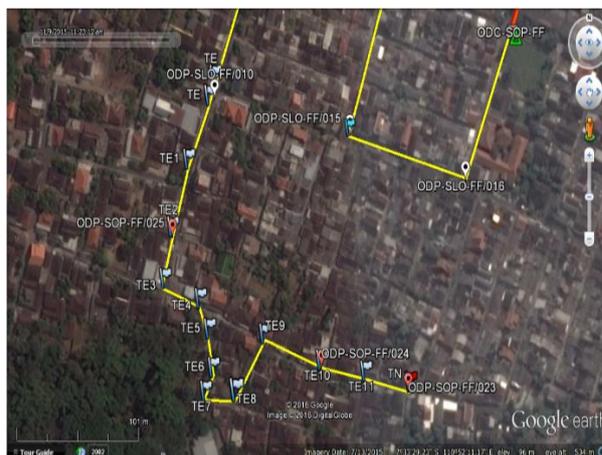
Gambar 2 memiliki skala 1:555 meter. Untuk garis merah merupakan jalur kabel feeder, sedangkan garis kuning merupakan jalur kabel distribusi. TE merupakan tiang *existing* yang siap digunakan sedangkan TN merupakan tiang baru yang dipasang pada jaringan. Garis biru merupakan area yang akan dilakukan perluasan jaringan.

Tabel 1. Data Homepass

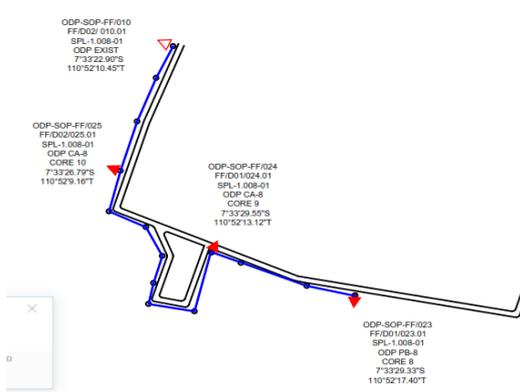
Tiang Existing	Jumlah Rumah
TE 1	35
TE 2	38
TE 3	31
TE 4	32
TE 5	19
TE 6	18
TE 7	25
TE 8	27
TE 9	50
TE 10	60
TE 11	57
TN	63

Dari hasil tabel 1 didapatkan tiang yang dipilih untuk menempatkan ODP, yaitu tiang 2 (TE 2), tiang 10 (TE 10) dan tiang baru (TN). Setelah didapatkan tiang untuk menempatkan ODP maka didapatkan desain jaringan berupa kabel distribusi, tiang yang akan dipakai dalam jaringan dan tiang yang dipilih untuk menempatkan ODP.

Setelah dilakukan pemilihan tiang untuk menempatkan ODP maka didapatkan desain perluasan jaringan FTTH di Perumahan Manggis. Untuk desain tersebut dapat dilihat pada gambar 3 dengan skala 1:101 meter, dan untuk skema perluasan jaringan tersebut dapat dilihat pada gambar 4. Garis kuning pada gambar 3 merupakan kabel distribusi yang akan dibangun pada jaringan baru.



Gambar 3. Desain Jaringan FTTH



Gambar 4. Skema Perluasan Jaringan

#### 2.4. Perangkat dan Spesifikasi

Dalam pembuatan simulasi, parameter yang digunakan sebagai *input* simulasi merupakan parameter dari perangkat yang memiliki standar yang direkomendasikan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. Perangkat tersebut antara lain *Optical Line Terminal* (OLT), kabel serat optik, *passive optical splitter*, konektor, adaptor, dan *Optical Network Terminal* (ONT).

Penelitian ini memilih OLT dan ONT yang disesuaikan dengan standar ITU-T G.984 dan ITU-T G.987 [6],[7]. Sehingga, perangkat OLT dan ONT yang digunakan adalah ZTE ZXA10 C300 untuk OLT dan ZTE ZXHN F660 untuk ONT, dan keduanya merupakan buatan ZTE. Untuk mengetahui spesifikasi OLT dapat dilihat pada tabel 2 dan untuk ONT dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2. Spesifikasi ZTE ZXCA10 C300 [8]

Parameters	Specification
Support	IPTV, VoIP, HSI, VPN, mobile backhaul, etc 1550 nm for third party CATV broadcasting
Standard	GPON = ITU-T G.984.x XG-PON1 = ITU-T G.987.x
Split ratio	Up to 1:128
Physical reach	20 km
GPON transceiver power	Min +3 dBm and max +7 dBm
XG-PON1 transceiver power	Min +2 dBm and max +6 dBm
Receiver sensitivity	Better than -28 dBm
Power supply	-48V (± 20%) or -60V (± 20%)

Tabel 3. Spesifikasi ZTE ZXHN F660 [9]

Parameters	Specification
Support	IPTV, internet and HD video services
Standard	GPON = ITU-T G.984.x XG-PON1 = ITU-T G.987.x
GPON transceiver power	Min +2 dBm and max +5 dBm
XG-PON1 transceiver power	Min +2 dBm and max +5 dBm
Receiver sensitivity	Better than -28 dBm
Power input	12V DC 1,5A

Kabel *Single-Mode Fiber* (SMF) dengan standar ITU-T G.652.D dan ITU-T G.657.A1 adalah kabel yang digunakan pada perancangan jaringan ini [10],[11]. Dalam simulasi, kabel yang digunakan merupakan kabel yang dibuat oleh Teldor dengan spesifikasi kabel dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Kabel SMF Teldor [10]

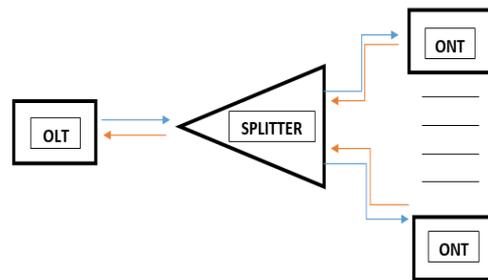
Parameters	Units	ITU-T G.652.D max	ITU-T G.657.A1 max
Attenuation	dB/km	≤ 0,40 at 1310 nm	≤ 0,40 at 1310 nm
		≤ 0,30 at 1550 nm	≤ 0,30 at 1550 nm
		≤ 3,5 at 1285-1330 nm	≤ 3,5 at 1285-1330 nm
Dispersion	ps/(nm.km)	0 at 1460-1530 nm	0 at 1460-1530 nm
		≤ 18 at 1530-1565 nm	≤ 18 at 1530-1565 nm
		≤ 22 at 1565-1625 nm	≤ 22 at 1565-1625 nm
Zero dispersion slope	ps/(nm <sup>2</sup> .km)	≤ 0,092	≤ 0,092
PMD coeff.	ps/sqrt(km)	≤ 0,2	≤ 0,2

Perancangan ini menggunakan *splitter two stage* 1:4 dan 1:8. PT Telekomunikasi Indonesia Tbk merekomendasikan *splitter* tersebut dan salah satu *splitter* yang digunakan merupakan buatan dari 3M dengan spesifikasi *splitter* yaitu pada *splitter* 1:4 memiliki *insertion loss* maksimal 7,1 dB sedangkan untuk *splitter* 1:8 memiliki *insertion loss* maksimal 10,5 dB [13].

Perancangan ini menggunakan konektor dan adaptor dengan jenis SC/UPC [12]. Konektor yang digunakan merupakan buatan Huber Suhner dan untuk adaptor yang digunakan merupakan adaptor yang dibuat oleh Kimtech Communication. Pada perancangan ini konektor yang digunakan memiliki *insertion loss* sebesar 0,25 dB dan *return loss* 50 dB [14], sedangkan untuk adaptor memiliki *insertion loss* 0,25 dB dan *return loss* 50 dB [15].

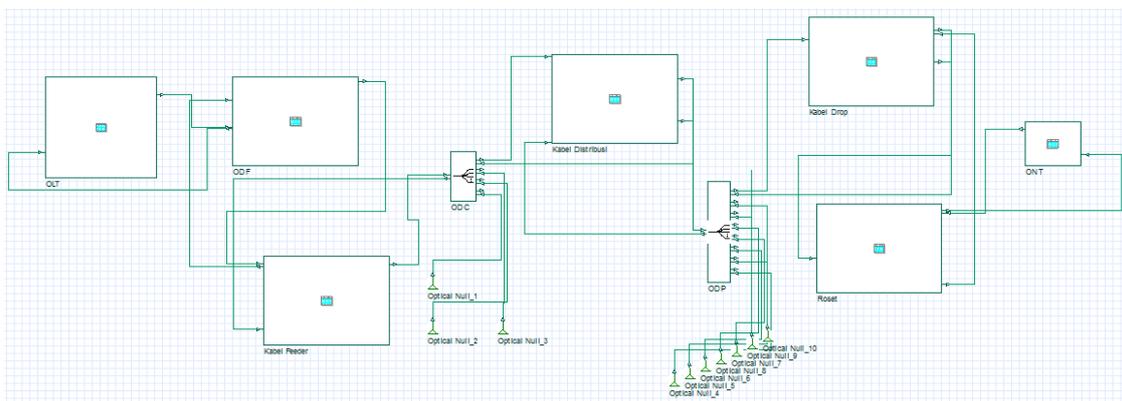
2.5. Pembuatan Simulasi

Pada pembuatan simulasi ini menggunakan teknologi GPON untuk merancang perluasan jaringan FTTH. Gambar 5 menunjukkan skema umum jaringan FTTH yang menggunakan teknologi GPON.



Gambar 5. Skema Umum Jaringan FTTH yang menggunakan teknologi GPON

Dari perangkat dan spesifikasi yang ditentukan dan disesuaikan dengan desain perluasan jaringan, didapatkan rancangan simulasi seperti pada 6.



Gambar 6. Simulasi Jaringan

Tabel 5. Hasil Perhitungan Rise time budget

Nama ONT	Jarak STO – ONT (km)	$t_r$ (ns)*	$t_{sistem}$ (ns)*	$t_r$ (ns)**	$t_{sistem}$ (ns)**	$t_{sistem}$ (ns)**
ONT 1	3.50645	0,28	0,19	0,56	0,38	0,38
ONT 2	3.54645	0,28	0,19	0,56	0,38	0,38
ONT 3	3.59645	0,28	0,19	0,56	0,38	0,38
ONT 4	3.74445	0,28	0,19	0,56	0,38	0,38
ONT 5	3.78445	0,28	0,19	0,56	0,38	0,38
ONT 6	3.83445	0,28	0,19	0,56	0,38	0,38
ONT 7	3.80945	0,28	0,19	0,56	0,38	0,38
ONT 8	3.84945	0,28	0,19	0,56	0,38	0,38
ONT 9	3.89945	0,28	0,19	0,56	0,38	0,38

$t_r$  = 70% dari satu periode bit data NRZ

$t_{sistem}$  = rise time budget sistem

\* = Downstream

\*\* = Upstream

Tabel 5. Hasil Perhitungan dan Simulasi Link power budget

Nama ONT	Jarak STO – ONT (km)	$P_{rx, hitung}^*$ (dBm)	$P_{rx, hitung}^{\wedge}$ (dBm)	$P_{rx}^*$ (dBm)	$P_{rx}^{**}$ (dBm)	$P_{rx}^{\wedge}$ (dBm)	Galat * (dBm)	Galat ** (dBm)	Galat ^{\wedge} (dBm)
ONT 1	3.50645	-19.03	-20.03	-19.27	-19.27	-20.82	0.23	0.23	0.78
ONT 2	3.54645	-19.04	-20.04	-19.27	-19.27	-20.82	0.22	0.22	0.77
ONT 3	3.59645	-19.06	-20.06	-19.27	-19.27	-20.82	0.21	0.21	0.76
ONT 4	3.74445	-19.10	-20.10	-19.34	-19.34	-20.89	0.23	0.23	0.78
ONT 5	3.78445	-19.12	-20.12	-19.34	-19.34	-20.89	0.22	0.22	0.77
ONT 6	3.83445	-19.13	-20.13	-19.34	-19.34	-20.89	0.21	0.21	0.76
ONT 7	3.80945	-19.12	-20.12	-19.36	-19.36	-20.91	0.23	0.23	0.78
ONT 8	3.84945	-19.13	-20.13	-19.36	-19.36	-20.91	0.22	0.22	0.77
ONT 9	3.89945	-19.15	-20.15	-19.36	-19.36	-20.91	0.21	0.21	0.76
<b>Galat rata-rata</b>							<b>0,22</b>	<b>0,22</b>	<b>0,77</b>

$P_{rx, hitung}$  = Daya terima perhitungan

$P_{rx}^*$  = Daya terima simulasi arah downstream pada panjang gelombang 1490 nm

$P_{rx}^{**}$  = Daya terima simulasi arah downstream pada panjang gelombang 1550 nm

$P_{rx}^{\wedge}$  = Daya terima simulasi arah upstream pada panjang gelombang 1310 nm

|Galat|\* = Galat GPON pada panjang gelombang 1490 nm

|Galat|\*\* = Galat GPON pada panjang gelombang 1550 nm

|Galat|^{\wedge} = Galat XGPON pada panjang gelombang 1310 nm

### 3. Hasil dan Analisa

#### 3.1. Rise time budget

Untuk hasil perhitungan *rise time budget* dapat dilihat pada tabel 5. Dari tabel 5 didapatkan bahwa nilai dari  $t_r$  pada GPON lebih besar dari pada  $t_{sistem}$  (*rise time budget* pada sistem). Pada arah *downstream*, nilai  $t_{sistem}$  sebesar 0,19 ns dan  $t_r$  sebesar 0,28 ns. pada arah *upstream*, nilai  $t_{sistem}$

sebesar 0,38 ns dan  $t_r$  sebesar 0,56 ns. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai  $t_r$  (70% dari satu periode bit data NRZ) lebih besar sama dengan nilai  $t_{sistem}$  [16].

#### 3.2. Link power budget

Untuk hasil perhitungan *link power budget* adalah 22,15 dB pada arah *upstream* dan *downstream*. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai *link power budget*

sudah sesuai dengan standar dari PT Telekomunikasi Indonesia Tbk yaitu sebesar 25 dB [12]. Setelah dihitung besar *link power budget* maka dapat diketahui besar daya terima pada sisi penerima. Tabel 6 merupakan hasil dari perhitungan dan simulasi daya terima pada arah *upstream* dan *downstream*. Dari tabel 6 diketahui bahwa daya terima pada simulasi dan perhitungan, untuk arah *upstream* maupun *downstream*, memiliki nilai yang lebih kecil dari daya terima pada perhitungan. Galat rata-rata pada *upstream* sebesar 0,77 dB dan pada *downstream* sebesar 0,22 dB. Galat terjadi karena dilakukan pembulatan angka pada simulasi maupun perhitungan. Dengan nilai galat tersebut masih diperbolehkan karena daya terima pada hasil perhitungan lebih besar dari daya terima dari hasil simulasi. Dari nilai galat yang didapatkan akan dijadikan *penalty* daya, sehingga *link power budget* maksimal pada *upstream* adalah 24,23 dB dan pada *downstream* adalah 24,78 dB. Besar daya terima pada *upstream* maupun *downstream* baik untuk perhitungan maupun simulasi sudah sesuai dengan standar ITU-T yaitu lebih besar dari -28 dBm [6],[7].

### 3.3. Q-factor

Untuk memperoleh Q-factor pada arah arah downstream dan upstream didapatkan dari simulasi. Nilai Q-factor dapat dilihat pada tabel 7. Dari tabel 7, dapat diketahui bahwa nilai Q-factor terbesar mempunyai panjang gelombang yang paling besar. Hal tersebut terjadi karena pengaruh dispersi. Semakin besar panjang gelombang maka pengaruh dari dispersi juga akan semakin besar. Q-factor pada simulasi bernilai lebih dari 6,3 yang berarti sudah sesuai dengan standart ITU-T. Nilai Q-factor harus lebih besaar dari 6,3 supaya mendapatkan BER yang bernilai  $10^{-10}$  [6],[7].

### 3.4. Bit Error Rate (BER)

Hasil perhitungan dan simulasi BER pada arah *upstream* maupun *downstream* dapat dilihat pada tabel 8. Dari tabel 8 , dapat diketahui bahwa nilai BER sangat kecil. Nilai BER yang sangat kecil disebabkan oleh *noise* yang ada pada jaringan berpengaruh sangat kecil terhadap nilai BER. Noise akan berpengaruh jika besar daya terima lebih dari sama dengan -21 dBm. Dari hasil perhitungan dan simulasi dapat dicari galatnya. Galat rata-rata pada *downstream* dengan panjang gelombang 1490 nm sebesar 0,05 dan untuk panjang gelombang 1550 nm sebesar 0,06. Untuk *upstream* dengan panjang gelombang 1310 nm memiliki galat rata-rata sebesar 0,08. Untuk nilai BER pada perhitungan dan simulasi sudah memenuhi standar dari ITU-T yaitu tidak melebihi  $10^{-10}$  [6],[7].

## 4. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis, didapatkan kesimpulan untuk penggunaan teknologi GPON pada perluasan jaringan FTTH sudah layak untuk digunakan. Kelayakan tersebut berdasarkan nilai *rise time budget* untuk sistem maupun perhitungan sudah sesuai dengan standar ITU-T yaitu sebesar 0,19 ns pada *downstream* dan 0,38 ns pada *upstream*. Untuk *link power budget* sebesar 22,15 dB sudah sesuai dengan standar. Daya terima pada simulasi maupun perhitungan sudah sesuai standar dengan nilai lebih besar dari pada -28 dB. Untuk nilai BER dan Q-factor sudah sesuai dengan standar ITU-T yaitu nilai BER minimal tidak lebih dari  $10^{-10}$  dan nilai Q-factor lebih dari 6,3

Tabel 7. Hasil Simulasi Q-factor Arah Downstream dan Upstream

Nama ONT	Q-factor*	Q-factor**	Q-factor^
ONT 1	14.38	14.42	9.01
ONT 2	14.38	14.42	9.01
ONT 3	14.38	14.42	9.01
ONT 4	14.38	14.42	9.03
ONT 5	14.38	14.42	9.03
ONT 6	14.38	14.42	9.03
ONT 7	14.38	14.42	9.03
ONT 8	14.38	14.42	9.03
ONT 9	14.38	14.42	9.03

Q-factor\* = Q-factor GPON downstream pada panjang gelombang 1490 nm

Q-factor\*\* = Q-factor GPON downstream pada panjang gelombang 1550 nm

Q-factor^ = Q-factor GPON upstream pada panjang gelombang 1310 nm

Tabel 8. Hasil Perhitungan dan Simulasi BER Arah Downstream dan upstream

Nama ONT	BER <sub>hitung</sub> <sup>*</sup>	BER <sub>hitung</sub> <sup>**</sup>	BER <sub>hitung</sub> <sup>^</sup>	BER <sub>sim</sub> <sup>*</sup>	BER <sub>sim</sub> <sup>**</sup>	BER <sub>sim</sub> <sup>^</sup>	Galat  <sup>*</sup>	Galat  <sup>**</sup>	Galat  <sup>^</sup>
ONT 1	3.05 x 10 <sup>-47</sup>	1.82 x 10 <sup>-47</sup>	8.75 x 10 <sup>-20</sup>	3.42 x 10 <sup>-47</sup>	2.08 x 10 <sup>-47</sup>	1.06 x 10 <sup>-19</sup>	0.05	0.06	0.08
ONT 2	3.05 x 10 <sup>-47</sup>	1.82 x 10 <sup>-47</sup>	8.75 x 10 <sup>-20</sup>	3.42 x 10 <sup>-47</sup>	2.08 x 10 <sup>-47</sup>	1.06 x 10 <sup>-19</sup>	0.05	0.06	0.08
ONT 3	3.05 x 10 <sup>-47</sup>	1.82 x 10 <sup>-47</sup>	8.75 x 10 <sup>-20</sup>	3.42 x 10 <sup>-47</sup>	2.08 x 10 <sup>-47</sup>	1.06 x 10 <sup>-19</sup>	0.05	0.06	0.08
ONT 4	5.32 x 10 <sup>-46</sup>	2.31 x 10 <sup>-47</sup>	7.10 x 10 <sup>-20</sup>	5.96 x 10 <sup>-46</sup>	2.63 x 10 <sup>-47</sup>	8.57 x 10 <sup>-19</sup>	0.05	0.06	0.08
ONT 5	5.32 x 10 <sup>-46</sup>	2.31 x 10 <sup>-47</sup>	7.10 x 10 <sup>-20</sup>	5.96 x 10 <sup>-46</sup>	2.63 x 10 <sup>-47</sup>	8.57 x 10 <sup>-19</sup>	0.05	0.06	0.08
ONT 6	5.32 x 10 <sup>-46</sup>	2.31 x 10 <sup>-47</sup>	7.10 x 10 <sup>-20</sup>	5.96 x 10 <sup>-46</sup>	2.63 x 10 <sup>-47</sup>	8.57 x 10 <sup>-19</sup>	0.05	0.06	0.08
ONT 7	3.91 x 10 <sup>-46</sup>	2.47 x 10 <sup>-47</sup>	6.87 x 10 <sup>-20</sup>	4.40 x 10 <sup>-46</sup>	2.81 x 10 <sup>-47</sup>	8.28 x 10 <sup>-19</sup>	0.05	0.06	0.08
ONT 8	3.91 x 10 <sup>-46</sup>	2.47 x 10 <sup>-47</sup>	6.87 x 10 <sup>-20</sup>	4.40 x 10 <sup>-46</sup>	2.81 x 10 <sup>-47</sup>	8.28 x 10 <sup>-19</sup>	0.05	0.06	0.08
ONT 9	3.91 x 10 <sup>-46</sup>	2.47 x 10 <sup>-47</sup>	6.87 x 10 <sup>-20</sup>	4.40 x 10 <sup>-46</sup>	2.81 x 10 <sup>-47</sup>	8.28 x 10 <sup>-19</sup>	0.05	0.06	0.08
<b>Galat rata-rata</b>							<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>

BER<sub>hitung</sub><sup>\*</sup> = BER perhitungan GPON downstream pada panjang gelombang 1490 nm  
 BER<sub>hitung</sub><sup>\*\*</sup> = BER perhitungan GPON downstream pada panjang gelombang 1550 nm  
 BER<sub>hitung</sub><sup>^</sup> = BER perhitungan GPON upstream pada panjang gelombang 1310 nm  
 BER<sub>sim</sub><sup>\*</sup> = BER simulasi GPON downstream pada panjang gelombang 1490 nm  
 BER<sub>sim</sub><sup>\*\*</sup> = BER simulasi GPON downstream pada panjang gelombang 1550 nm  
 BER<sub>sim</sub><sup>^</sup> = BER simulasi GPON upstream pada panjang gelombang 1310 nm  
 Galat<sup>\*</sup> = Galat GPON downstream pada panjang gelombang 1490 nm  
 Galat<sup>\*\*</sup> = Galat GPON downstream pada panjang gelombang 1550 nm  
 Galat<sup>^</sup> = Galat GPON upstream pada panjang gelombang 1310 nm

Referensi

[1]. Brilian Dermawan, “Analisis Jaringan FTTH (Fiber to the Home) Berteknologi GPON (Gigabit Passive Optical Network)”, Laporan Tugas Akhir. Universitas Diponegoro, 2016.

[2]. M.A.Othman, M.M.Ismail, H.A.Sulaiman, M.H.Misran, M.A.M.Said, “Fiber To The Home (FTTH) Design and Analysis using OCDMA Structure”, International Journal of Engineering and Industries (IJEI), vol. 3, no. 4, pp. 36-48, 2012.

[3]. Amri Khoirul Fath, “Perancangan Jaringan Fiber to the Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di Wilayah Permata Buah Batu 1 Bandung”, Conference Paper, Universitas Telkom, 2015.

[4]. Dian Ratna Kumala, “Simulasi Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) di Perumahan Legok Indah Menggunakan Simulasi Optisystem”, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

[5]. Nur Rizki Yulizar, “Analisis Perancangan Teknologi Hybrid GPON dan XGPON di Perumahan Batununggal”, Tugas Akhir. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, 2015.

[6]. *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification*, ITU-T Standard G.984.2, 2003.

[7]. *10-Gigabit-capable Passive Optical Network (XG-PON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification*, ITU-T Standard G.987.2, 2010.

[8]. ZTE, China, *ZXA10 C300 xPON OLT Products*, Tersedia: <http://enterprise.zte.com.cn/>. Diakses: 15 April 2016.

[9]. ZTE, China, *ZXHN F660 PON ONT Products*, Tersedia: <http://enterprise.zte.com.cn/>. Diakses: 15 April 2016.

[10]. *Characteristics of a Single-Mode Optical Fibre and Cable*, ITU-T Standard G.652, 2003.

[11]. *Characteristics of a Bending-loss Insensitive Single-Mode Optical Fibre and Cable for the Access Network*, ITU-T Standard G.657.

[12]. *Panduan Desa FTTH*, PT Telekomunikasi Indonesia Tbk, 2012.

[13]. 3M, United States, *3M™ Splitter Rack Mount Shelves Products*, Tersedia: <http://solutions.3m.com/>. Diakses: 17 April 2016.

[14]. Huber Suhner, Austria, *SC/UPC Connector Products*, Tersedia: <http://hubersuhner.com/>. Diakses: 18 April 2016.

[15]. Kimtech Communication, Thailand, *SC/UPC Adapter Products*, Tersedia: <http://kimtech.co.th/>. Diakses: 19 April 2016.

[16]. Keiser G., *Optical Fiber Communication*, 3rd Edition. Singapore: McGraw-Hill, 2000.