

ANALISIS PERFORMANSI PENGARUH SPLITTER PADA SISTEM NG-PON2

Performance Analysis of Splitter Influence for NG-PON2 System

Muhammad Afrizal¹, Ir. Akhmad Hambali, M.T², M. Irfan Maulana, S.T., M.T³

1,2,3, Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[1m.afrizaal@gmail.com](mailto:m.afrizaal@gmail.com), [2ahambali@telkomuniversity.ac.id](mailto:ahambali@telkomuniversity.ac.id),

[3muhammadirfanm@telkomuniversity.ac.id](mailto:muhammadirfanm@telkomuniversity.ac.id)

ABSTRAK

Salah satu teknologi yang berkembang saat ini adalah NG-PON2. NG-PON2 diharapkan mampu menyalurkan data transmisi dengan lebih efisien dan handal. NG-PON2 merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T. NG-PON2 diharapkan mampu menyediakan layanan *broadband* yang semakin berkembang di masa depan untuk melayani kebutuhan pelanggan yang meningkat baik di layanan *data*, *voice*, dan *video*. Dalam penelitian ini penulis ingin mengembangkan penelitian dengan cara menganalisa performansi pengaruh *splitter* pada sistem NG-PON2 dengan menggunakan jarak 60 km. Dari hasil simulasi, dilakukan analisis sistem dengan parameter pengukuran *link power budget*, *Q factor*, dan BER serta mengacu pada standar ITU-T. Penelitian ini akan menggunakan *software* simulasi optik untuk mempermudah dalam proses analisa data. Berdasarkan hasil simulasi, 2 ONU, 4 ONU, 8 ONU, dan 16 ONU memiliki kelayakan karena telah memenuhi standar kelayakan operasi namun untuk 16 ONU memiliki kelayakan terbaik dengan *Q-Factor* = 7,4844 dan *Power Received* = -28,190 dBm serta BER = $3,4131 \times 10^{-14}$ disisi *downstream* dan *Q-Factor* = 6,4450 dan *Power Received* = -28,342 dBm serta BER = $5,3161 \times 10^{-11}$ disisi *upstream*.

Kata kunci: NG-PON2, *splitter*, *Link Power Budget*, *BER*, *Q-factor*.

ABSTRACT

One of the technologies that is currently developing is NG-PON2. NG-PON2 is expected to be able to channel data transmission more efficiently and reliably. NG-PON2 is one of the technologies developed by ITU-T. In this study different from previous researchers who discussed the power consumption of splitters for next generation optical networks. In this study the author wants to develop research by analyzing the performance of the effect of splitters on NG-PON2 systems using a distance of 60 km. From the simulation results, a system analysis is carried out with measurement parameters of link power budget, Q factor, and BER and refers to the ITU-T standard. Based on the simulation, 2 ONU, 4 ONU, 8 ONU, dan 16 ONU have eligibility because they have met the operational feasibility standard but for 16 ONU has the best feasibility with *Q-Factor* = 7,4844 and *Power Received* = -28,190 dBm and BER = $3,4131 \times 10^{-14}$ on the downstream side and *Q-Factor* = 6,4450 and *Power Received* = -28,342 dBm and BER = $5,3161 \times 10^{-11}$ on the upstream side.

Keywords: NG-PON2, *splitter*, *Link Power Budget*, *BER*, *Q-factor*.

1. Pendahuluan

Next Generation Passive Optical Network stage 2) NG-PON2 merupakan perkembangan teknologi dari GPON. NG-PON2 diharapkan mampu menyalurkan data transmisi secara lebih efektif dan optimal. NG-PON2 merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh *International Telecommunication Union* (ITU-T). NG-PON2 diharapkan mampu menyediakan layanan *broadband* yang semakin berkembang di masa depan untuk melayani kebutuhan pelanggan yang meningkat baik di layanan *data*, *voice*, dan *video*. NG-PON2 menjadi teknologi baru yang dikenalkan pada 2014 lalu oleh IEEE dan ITU-T bersama-sama dengan *Full Services Access Network* (FSAN) menjadikan teknologi lanjutan ini dianggap sebagai *long-term next generation*. Teknologi NG-PON2 yang telah diusungkan oleh FSAN ini memiliki kapasitas transmisi minimum untuk *downstream* 40 Gbit/s dan untuk *upstream* 10 Gbit/s. Penggunaan kapasitas transmisi 80 Gbit/s telah dianalisa terhadap kapasitas transmisi 40 Gbit/s pada jarak 40 km[5], dimana kapasitas transmisi 80 Gbit/s memiliki nilai parameter *Q factor* dan BER yang lebih baik.

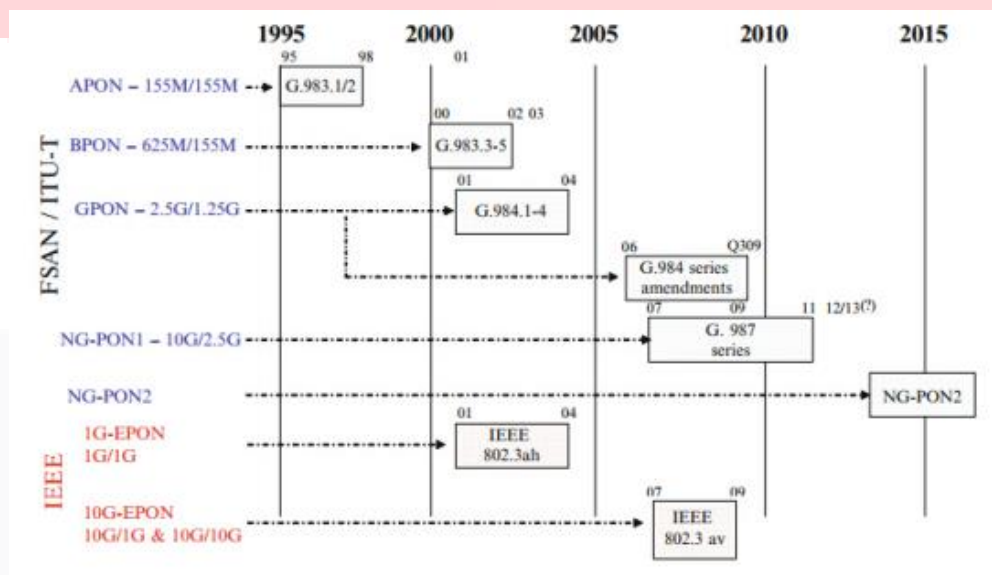
Pada penelitian sebelumnya yang membahas mengenai konsumsi daya pada *splitter* untuk jaringan *optical next generation*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi *splitter* untuk 64, 128, 256 memiliki konsumsi daya dan performansi sesuai standar dengan menggunakan *launch power* 5 dBm untuk 64 ONU dan 9 dBm untuk 128 ONU dan 256 ONU[6].

Pada penelitian ini berbeda dengan peneliti sebelumnya yang membahas mengenai konsumsi daya pada *splitter* untuk jaringan *optical next generation*. Pada penelitian sebelumnya, jarak transmisi yang digunakan adalah 30 km. Dalam penelitian ini penulis ingin mengembangkan pengelitan dengan cara menganalisa performansi pengaruh *splitter* pada sistem NG-PON2 dengan menggunakan jarak 60 km. Dari hasil simulasi, dilakukan analisis sistem dengan parameter pengukuran *link power budget*, *Q factor*, dan BER serta mengacu pada standar ITU-T. Penelitian ini akan menggunakan *software* simulasi optik untuk mempermudah dalam proses analisa data.

2. Konsep Dasar

2.1 Standar PON

Lembaga Full Service Access Network (FSAN) sudah banyak melakukan pengembangan teknologi PON dari berbagai teknologi seperti BPON, GPON, XG-PON, XGS-PON hingga NG-PON2[2]. Pada gambar 1 ditunjukkan evolusi teknologi PON hingga saat ini.



Gambar 1 Evolusi Teknologi PON[1]

2.2 Splitter

Splitter merupakan komponen pasif yang dapat membagi daya optik dari satu input serat ke dua atau beberapa output serat. *Splitter* pada PON dikatakan pasif sebab optimasi tidak dilakukan terhadap daya yang digunakan terhadap pelanggan yang jaraknya berbeda dari node *splitter*, sehingga sifatnya *idle* dan cara kerjanya membagi daya optik sama rata[7].

Kapasitas distribusi dari *splitter* bermacam-macam yaitu 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, dan 1:64 dan dengan 2 seperti 2:16 dan 2:32. Rekomendasi yang digunakan di Indonesia sampai 1:32 secara total dengan kombinasi[14], yaitu:

1. *One Stage* = 1:32
2. *Two Stage* = 1:2 dan 1:16 atau 1:4 dan 1:8

Adapun spesifikasi untuk *passive optical splitter* dapat dilihat pada tabel 1 [10].

Tabel 1 Spesifikasi *Splitter*

<i>Splitter</i>	Redaman
Splitter 1:2	4 dB
Splitter 1:4	7,6 dB
Splitter 1:8	11 dB
Splitter 1:16	14,5 dB
Splitter 1:32	18,0 dB
Splitter 1:64	21,5 dB

2.3 Link Power Budget

Link power budget (LPB) dihitung sebagai syarat agar *link* yang kita rancang dayanya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. LPB dapat didefinisikan sebagai total redaman *link* optik yang diijinkan sepanjang sumber hingga di titik penerima yang didapat dari redaman kabel, redaman konektor, redaman penyambungan, serta *margin system*. [11]

Untuk menghitung *Link power budget* dapat dihitung dengan rumus total redaman yang ditunjukkan pada persamaan 2.1

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \quad (1)$$

Keterangan:

α_{tot}	= Redaman Total sistem (dB)
L	= Panjang serat optik (Km)
α_c	= Redaman Konektor (dB/buah)
α_s	= Redaman sambungan (dB/sambungan)
α_{serat}	= Redaman serat optik (dB/ Km)
N_s	= Jumlah sambungan
N_c	= Jumlah konektor
S_p	= Redaman Splitter (dB)

Sedangkan untuk mencari nilai daya yang diterima di *photodetector* atau disisi pelanggan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2

$$PRx = PTx - \alpha_{tot} \quad (2)$$

Keterangan:

α_{tot}	= Redaman total sistem (dB)
PRx	= Daya terima, sensitivitas penerima (dBm)
PTx	= Daya kirim (dBm)

2.4 Signal to Noise Ratio (SNR)

Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan perbandingan daya sinyal terhadap daya noise pada satu titik yang sama. Semakin besar nilai SNR maka menandakan sistem tersebut bekerja dengan baik.

SNR dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SNR = \frac{(P_{in} R M)^2}{2q P_{in} R M^2 F(M) B_e + \frac{4K_B T B_e}{R_L}} \quad (3)$$

Dimana, P_{in} adalah daya yang diterima APD (*watt*), R adalah *Responsitivity* (A/W), M adalah *Avalanche Photodiode Gain*, q adalah *Electron Charge* ($1,69 \times 10^{-19} C$), F(M) adalah *Noise Figure*, B_e adalah *Receiver Electrical Bandwidth* (Hz), K_B adalah konstanta *Boltzmann's* ($1,38 \times 10^{-23} J/K$), T adalah suhu ruangan (300 K), dan R adalah Resistansi (Ω).

2.5 Q-Factor

Q-factor adalah faktor kualitas yang akan menentukan kelayakan suatu link bagus atau tidak. Nilai *Q-factor* minimal suatu *link* optik bekerja adalah 6. Berikut formula untuk mengetahui nilai *Q-factor* pada sebuah *link* optik:

$$Q = \frac{SNR}{2} \quad (4)$$

2.6 Bit Error Rate (BER)

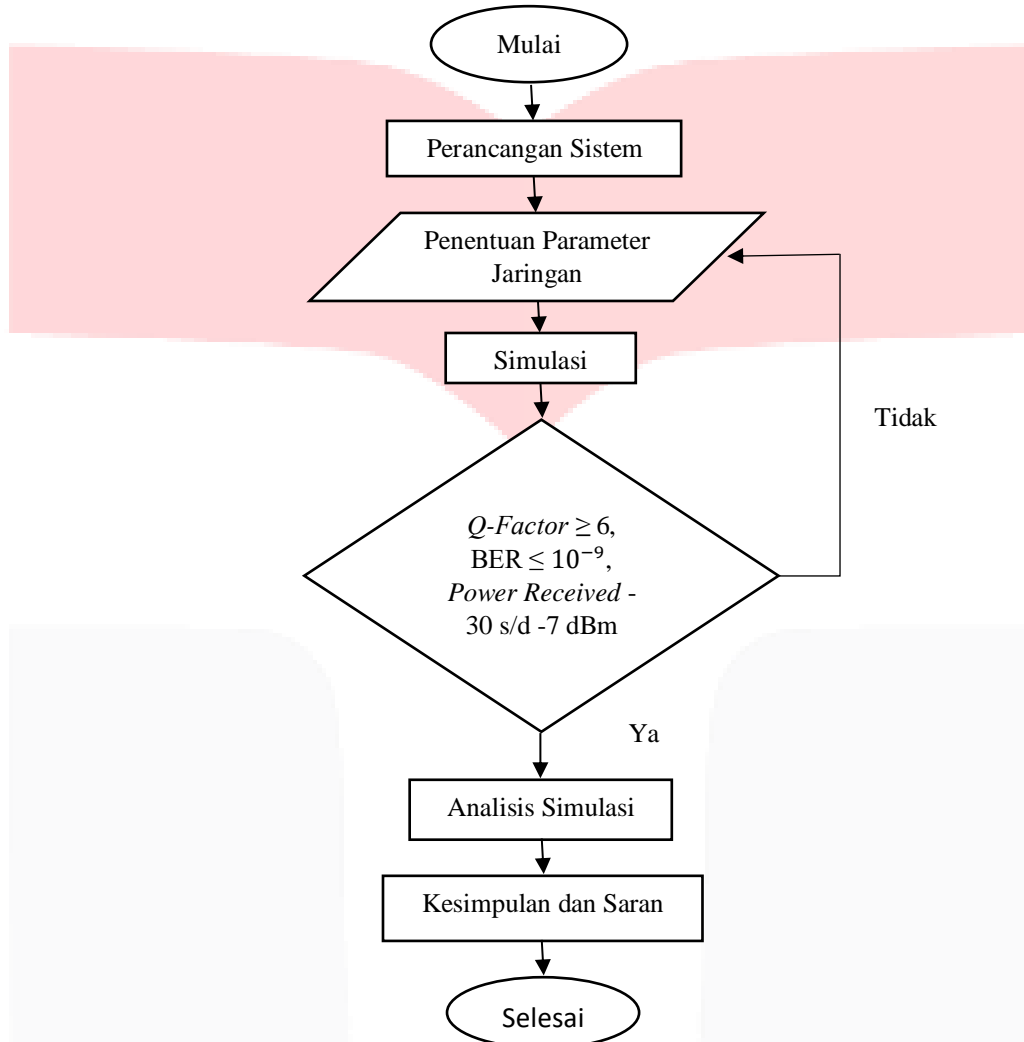
BER merupakan rasio perbandingan *bit error* dengan bit yang dikirimkan keseluruhan. Sedangkan BER *test* adalah pengujian yang bertujuan menguji seberapa banyak kesalahan pembacaan yang diterima setiap detik. Hubungan matematis dengan BER bila nilai *threshold* diatur ke nilai optimumnya yang dapat diekspresikan dengan persamaan berikut:

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \cong \frac{1}{Q\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Q^2}{2}} \quad (5)$$

3. Perencanaan Simulasi

3.1 Diagram Alir penelitian

Pada tugas akhir ini akan dilakukan perancangan jaringan NG-PON2 dengan menggunakan *software*. Pada perancangan melakukan analisis hasil simulasi dengan *bitrate* 40 Gbps *downstream* dan 10 Gbps *upstream*. Diagram alir dari proses yang dilakukan selama penelitian berlangsung dapat dilihat pada gambar 3.1

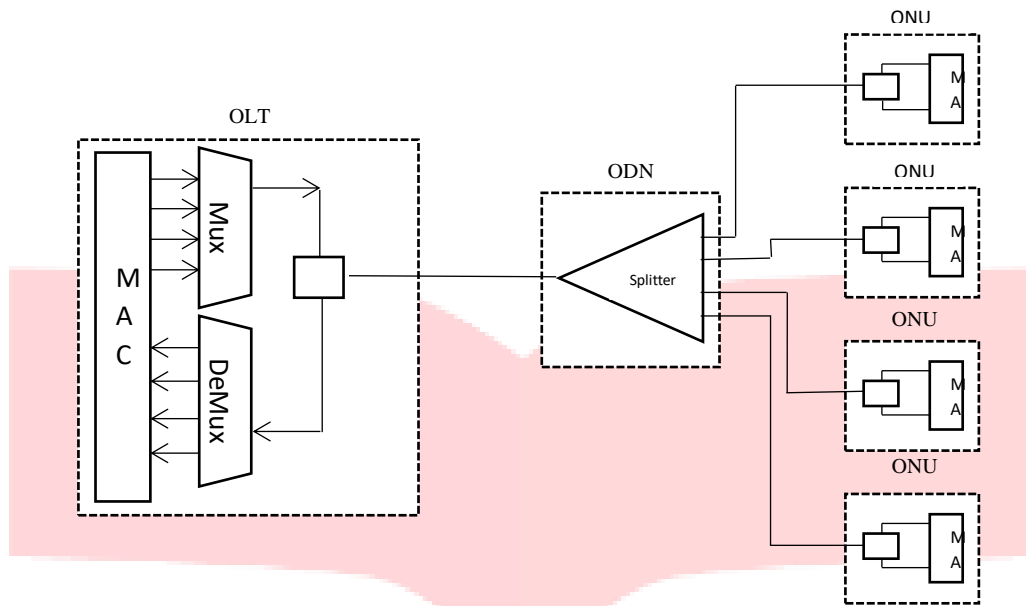


Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Setiap skenario dengan menggunakan *user* sebanyak 2, 4, 8, 16, 32 64, 128, dan 256. Kemudian dilakukan pengambilan data berdasarkan parameter pengujian yang ditentukan yaitu *Link Power Budget*, *Q-Factor*, BER, *Power Receive*. Hasil yang didapat mengacu pada spesifikasi yang ditentukan sesuai dengan standar yang ditetapkan yaitu *Q-Factor* minimum 6, $BER \leq 10^{-9}$, *Power Received* sebesar -30 dBm sampai dengan -7 dBm. Setelah pengambilan data dan analisis simulasi, kemudian hasil analisis simulasi tersebut dikelompokkan. Selanjutnya, dilakukan penarikan kesimpulan yang merupakan langkah akhir dalam penelitian.

3.2 Model System

Pada perancangan sistem yang akan diuji dibentuk diagram model sistem seperti gambar 3.



Gambar 3 Model Sistem Penelitian

Perancangan model sistem penelitian pada gambar 3 berisi tiga blok utama yang terdiri dari blok OLT, blok ODN, dan blok ONU. Pada penelitian ini menggunakan OLT tiga *channel wavelength* dengan panjang gelombang setiap *channel*-nya berbeda dan nilai *bitrate* tiap *channel*-nya sebesar 40 Gbps untuk *downstream* dan 10 Gbps untuk *upstream*. Pada sisi ODN menggunakan jarak transmisi 60 km menggunakan *split ratio* 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, 1:128, 1:256 dengan kombinasi dua *stage power splitter bidirectional*.

3.3 Parameter Simulasi

Setelah perencanaan model sistem selesai dilakukan, selanjutnya adalah menentukan parameter jaringan yang sesuai dengan ketentuan ITU-T G.989.1 dan G3989.2, seperti jarak serat optik, *bitrate*, dan *sensitivitas* daya penerima. Parameter-parameter yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2 mengenai parameter OLT, tabel 3 mengenai parameter ODN, dan tabel 4 mengenai parameter ONU.

Tabel 2 Parameter OLT

Parameter	Unit	Value
Transmitter		
Launch Power	dBm	5
Line Code	-	NRZ
Wavelength Band	nm	1596,34 - 1602,31
Number of Channel	-	4
Channel Spacing	GHz	100
Nominal Line Rate	Gbit/s	10
Receiver		
Bandwidth Rx	GHz	20
Wavelength Band	nm	1536,68 - 1538,19
Gain	-	3
Responsivity	A/W	1
Ionization Ratio	-	0,9
Dark Current	nA	10

Tabel 3 Parameter ODN

Parameter	Unit	Value
Optical Fiber		
Type	-	Single Mode
Reference Wavelength	nm	1550

<i>Length</i>	km	60
<i>Attenuation</i>	dB/km	0.2
<i>Splitter</i>		
<i>Splitter Output Ports</i>	-	2, 4, 8, 16, 32, 64
<i>Max. Insertion Loss</i>	dB	3
<i>Return Loss</i>	dB	65

Tabel 4 Parameter ONU

<i>Parameter</i>	<i>Unit</i>	<i>Value</i>
<i>Transmitter</i>		
<i>Launch Power</i>	dBm	5
<i>Line Code</i>	-	NRZ
<i>Wavelength Band</i>	nm	1532,68 – 1538,19
<i>Number of Channel</i>	-	8
<i>Channel Spacing</i>	GHz	100
<i>Nominal Line Rate</i>	Gbit/s	10
<i>Receiver</i>		
<i>Sensitivity</i>	dBm	-28
<i>Bandwidth Rx</i>	GHz	20
<i>Wavelength Band</i>	nm	1596,34 – 1602,31
<i>Gain</i>	-	3
<i>Responsivity</i>	A/W	1
<i>Ionization Ratio</i>	-	0,9
<i>Dark Current</i>	nA	10

3.4 Perhitungan Performansi

Hasil perhitungan untuk seluruh skenario dengan menggunakan rumus yang sama dapat dilihat pada tabel 5. perhitungan tidak dipengaruhi oleh *channel spacing* dan faktor *non-linieritas fiber*. Hal tersebut memungkinkan adanya perbedaan nilai parameter performansi anatar perhitungan manual dengan simulasi.

Tabel 5 Hasil Perhitungan

Skenario	<i>User</i>	a_{total} (dB)	PRx (dBm)	<i>Q-Factor</i>	BER
1	2	16	-11	34,47	0
2	4	19,6	-14,6	72,1	0
3	8	23,6	-18,6	29,23	0
4	16	27,2	-22,2	40,22	0
5	32	30,6	-25,6	5,84	$2,68 \times 10^{-9}$
6	64	34,1	-29,1	2,61	$5,07 \times 10^{-3}$
7	128	37,6	-32,6	1,16	0,1754
8	256	41,1	-36,1	0,51	0,6868

4 Simulasi dan analisis Sistem

Dari hasil simulasi pada masing-masing skenario dapat dirangkum dalam tabel dibawah

Tabel 6 Hasil Simulasi *Downstream*

Downstream				
User	Power Received	Q-Factor	BER	Kesimpulan
2	-19.24	23.644	-1.23E+02	Sistem Layak
4	-22.17	16.659	-6.19E+01	Sistem Layak
8	-25.26	11.251	-2.90E+01	Sistem Layak
16	-29.19	7.484	-1.35E+01	Sistem Layak

32	-31.2	4.746	-6.01E+00	BER, Q-Factor, PRx tidak terpenuhi
64	-34.29	2.820	-2.6283688	BER, Q-Factor, PRx tidak terpenuhi
128	-37.3	0.000	0.00E+00	BER, Q-Factor, PRx tidak terpenuhi
256	-40.316	0.000	0.00E+00	BER, Q-Factor, PRx tidak terpenuhi

Tabel 7 Hasil Simulasi *Upstream*

Upstream				
User	Power Received	Q-Factor	BER	Kesimpulan
2	-19.39	19.384	-8.33E+01	Sistem Layak
4	-22.32	14.079	-4.46E+01	Sistem Layak
8	-25.41	9.643	-2.16E+01	Sistem Layak
16	-28.32	6.445	-1.03E+01	Sistem Layak
32	-31.35	4.056	-4.63E+00	BER, Q-Factor, PRx tidak terpenuhi
64	-34.44	0.000	0	BER, Q-Factor, PRx tidak terpenuhi
128	-37.38	0.000	0.00E+00	BER, Q-Factor, PRx tidak terpenuhi
256	-40.06	0.000	0.00E+00	BER, Q-Factor, PRx tidak terpenuhi

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Untuk 2 ONU pada jaringan NG-PON2 40 Gbps memiliki kelayakan karena telah memenuhi standar kelayakan operasi dengan $Q\text{-Factor} = 23,6441$ dan $Power\ Received = -19,239$ dBm serta $BER = 6,1867 \times 10^{-124}$ disisi *downstream* dan $Q\text{-Factor} = 19,3836$ dan $Power\ Received = -19,39$ dBm serta $BER = 4,6331 \times 10^{-84}$ disisi *upstream*.
2. Untuk 4 ONU pada jaringan NG-PON2 40 Gbps memiliki kelayakan karena telah memenuhi standar kelayakan operasi dengan $Q\text{-Factor} = 16,6585$ dan $Power\ Received = -22,171$ dBm serta $BER = 1,2037 \times 10^{-62}$ disisi *downstream* dan $Q\text{-Factor} = 14,079$ dan $Power\ Received = -22,322$ dBm serta $BER = 7,4632 \times 10^{-29}$ disisi *upstream*.
3. Untuk 8 ONU pada jaringan NG-PON2 40 Gbps memiliki kelayakan karena telah memenuhi standar kelayakan operasi dengan $Q\text{-Factor} = 11,2506$ dan $Power\ Received = -19,239$ dBm serta $BER = 1,0688 \times 10^{-29}$ disisi *downstream* dan $Q\text{-Factor} = 9,6434$ dan $Power\ Received = -19,39$ dBm serta $BER = 2,366 \times 10^{-22}$ disisi *upstream*.
4. Untuk 16 ONU pada jaringan NG-PON2 40 Gbps memiliki kelayakan karena telah memenuhi standar kelayakan operasi dengan $Q\text{-Factor} = 7,4844$ dan $Power\ Received = -28,190$ dBm serta $BER = 3,4131 \times 10^{-14}$ disisi *downstream* dan $Q\text{-Factor} = 6,4450$ dan $Power\ Received = -28,342$ dBm serta $BER = 5,3161 \times 10^{-11}$ disisi *upstream*.
5. Untuk 32 ONU, 64 ONU, 128 ONU, dan 256 ONU pada jaringan NG-PON2 40 Gbps tidak memiliki kelayakan karena tidak memenuhi standar kelayakan operasi sistem.

5.2 Saran

Untuk penelitian berikutnya diharapkan dapat melakukan uji performansi dengan menggunakan *amplifier* (penguat) dan dengan menambahkan daya transmisi yang berbeda pada sisi *downstream* dan *upstream*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "FS.COM," [Online]. Available: <http://www.fs.com/comparison-of-epon-and-gpon-aid-457.html>. [accessed 27 Mei 2019].
- [2] "FSAN," [Online]. Available: <http://www.fsan.org>. [Accessed 27 Mei 2019].
- [3] "Huawei Technologies," 2010. [Online]. Available: www.huawei.com. [Accessed 28 Mei 2019].
- [4] 14. Keiser, G. Optical Fiber Communications (3rd Ed.). Singapore: Mc Graw Hill. 2000

- [5] A. S. Putri, A. Hambali dan A. D. Pambudi, Simulasi dan Analisis Pengaruh Agregasi OLT pada Performansi Jaringan NG-PON2, Bandung: Telkom University. 2017.
- [6] Abdurrahman, T. Konsumsi Daya Pada Splitter Untuk Jaringan Optical Next Generation, Bandung, Indonesia: Telkom University, 2018.
- [7] Akhmad Hambali, 2014. Jaringan Akses (GPON dan Gepon). [Online]. Available: <http://ahambali.staff.telkomuniversity.ac.id>. [Accessed 27 Mei 2019]
- [8] B. Pamukti, Evaluation of Performance NG-PON2 using Arrayed Waveguide Grating and Dispersion Compensation Fibre, Bandung, Indonesia: Telkom University, 2016.
- [9] G. Keiser, "Chapter 11 Optical Amplifier," dalam Optical Fiber Communication Fifth Edition, Singapore, Mc Graw Hill Education, 2015, p.398
- [10] Hexatronic Cables & Interconnect Systems, AB. 2018. "Fiber Optic Splitter Modules – RDJ 901 200". Hexatronic.
- [11] ITU-T, "G.989.1 : 40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): General requirements," International Telecommunication Union, 2013.
- [12] ITU-T, "G.989.1 : 40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): General requirements Amandement 1," International Telecommunication Union, 2015.
- [13] M. Carroll, Z. Ye dan D. Remein, "FSAN & ITU-T Activities on Next Generation PON Stage-2 (NG-PON2), IEEE 802.3 NGEAPON ad hoc meeting (Beijing, March 2014)," FSAN (Full Service Access Network), Beijing, 2014.
- [14] Ramadhan, M. Perancangan Jaringan Akses FTTH Menggunakan Teknologi GPON di Perumahan Setraduta Bandung. Indonesia: Universitas Telkom. 2012.
- [15] S. Bindhaiq, A. S. M. Supa'at, N. Zulkifli, A. B. Mohammad, R. Q. Shaddad, M. A. Elmagzoub dan A. Faisal, "Recent development on time and wavelength-division multiplexed passive optical network (TWDM-PON) for next-generation passive optical network stage 2 (NG-PON2)," 2014.
- [16] Telkom Indonesia, PT. 2012. "Modul 1 - Overview Jaringan FTTx". PT. Telkom Indonesia.