

## KONSUMSI DAYA PADA *SPLITTER* UNTUK JARINGAN *OPTICAL NEXT GENERATION*

### *POWER CONSUMPTION ON SPLITTER FOR NEXT GENERATION OPTICAL NETWORK*

Taufik Abdurrahman<sup>1</sup>, Akhmad Hambali, Ir., M.T.<sup>2</sup>, Brian Pamukti S.T., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,2</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>taufikabdurrahman@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>ahambali@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>brianp@telkomuniversity.ac.id

#### ABSTRAK

Kebutuhan akan *data rate* yang tinggi semakin meningkat dalam jaringan telekomunikasi untuk dapat melayani aplikasi *high bandwidth* yang memuaskan. Dengan meningkatkan kebutuhan *data rate*, isu konsumsi daya membutuhkan solusi untuk *energy efficiency*. *Energy efficiency* telah menjadi aspek yang sangat penting dalam *network design* karena meningkatnya konsumsi energi pada saat transmisi berkaitan dengan performansi dari sistem.

Evolusi teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) ke *Next Generation Passive Optical Network stage 2* (NGPON2) merupakan langkah dalam memberikan layanan yang lebih baik karena mampu memberikan peningkatan *bandwidth* dan *quality of service* (QOS) untuk layanan konektivitas *best-effort high speed* dengan lebih banyak *split ratio* dan jangkauan yang lebih jauh. Dalam penelitian ini akan merancang dan mensimulasikan jaringan *Bidirectional* NGPON2 dengan teknik TWDM yang memiliki total *bitrate* 40 Gbps untuk *downstream* dan 10 Gbps untuk *upstream* dengan menggunakan kombinasi *passive splitter 3 stage* pada jarak 30 km. Pendekatan untuk mendapatkan hasil menggunakan perhitungan *link power budget*, BER dan *Q-Factor* serta mengacu kepada standar ITU-T.

Berdasarkan dari hasil simulasi, kombinasi terbaik untuk 64 ONU adalah (1:4, 1:4, 1:4) dengan *Q-Factor* = 11,20 dan BER =  $2,68 \times 10^{-21}$  disisi *downstream* serta *Q-Factor* = 10,69 dan BER =  $2,83 \times 10^{-20}$  disisi *upstream*. (1:2, 1:8, 1:8) untuk 128 ONU dengan *Q-Factor* = 13,59 dan BER =  $2,98 \times 10^{-34}$  disisi *downstream* serta *Q-Factor* = 13,06 dan BER =  $5,34 \times 10^{-31}$  disisi *upstream*. (1:4, 1:4, 1:16) untuk 256 ONU dengan *Q-Factor* = 8,38 dan BER =  $7,73 \times 10^{-13}$  disisi *downstream* dan *Q-Factor* = 7,24 dan BER =  $1,08 \times 10^{-12}$  disisi *upstream*. Rata-rata *Link Power Budget* untuk 64, 126 dan 256 ONU berturut-turut adalah 27,3 dBm, 30,1 dBm dan 33,2 dBm. Nilai dari *Q-Factor* dan BER menunjukkan bahwa sistem memenuhi standar kelayakan operasi dan nilai *Link Power Budget* memenuhi standar yang ditetapkan ITU-T ODN classes.

**Kata Kunci:** NGPON2, *Bandwidth*, BER, *Link Power Budget*, *Q-Factor*

#### ABSTRACT

*The need for high data rate is increasing in telecommunication network to be able to serve high bandwidth applications with good quality. By increasing the data rate requirement, power consumption needs solution for energy efficiency. Energy efficiency has become a very important aspect in network design because of the increasing of energy consumption when transmission related to the performance of system.*

The evolution of Gigabit Passive Optical Network (GPON) technology to Next Generation Passive Optical Network stage 2 (NGPON2) is a step in delivering better services that deliver bandwidth and quality of service (QoS) for high-speed best-effort connectivity services with more split ratio and further range. In this research will design and simulate Bidirectional NGPON2 network with TWDM technique which has total bitrate 40 Gbps for downstream and 10 Gbps for upstream by using 3 stage combination passive splitter at 30 km distance. Approach to get results using power link budget calculations, BER and Q factors then refers to the ITU-T standard.

Based on simulation results, best combination for 64 ONU is (1:4, 1:4, 1:4) with Q-Factor = 11,20 and BER =  $2,68 \times 10^{-21}$  at downstream then Q-Factor = 10,69 and BER =  $2,83 \times 10^{-20}$  at upstream. (1:2, 1:8, 1:8) for 128 ONU with Q-Factor = 13,59 and BER =  $2,98 \times 10^{-34}$  at downstream then Q-Factor = 13,06 and BER =  $5,34 \times 10^{-31}$  at upstream and (1:4, 1:4, 1:16) for 256 ONU with Q-Factor = 8,38 and BER =  $7,73 \times 10^{-13}$  at downstream and Q Factor = 7,24 and BER =  $1,08 \times 10^{-12}$  at upstream. The value of Q-Factor and BER indicates that the system meets the operating feasibility standards and the value of Link Power Budget meets ITU-T defined standards for ODN classes.

## 1. Pendahuluan

Penelitian terbaru telah menemukan bahwa sistem mengkonsumsi lebih banyak daya dibandingkan kebutuhan minimum yang ditunjukkan oleh BELL LAB[1]. Pada saat yang bersamaan, keinginan mencari solusi untuk efisiensi konsumsi energi pada saat transmisi semakin meningkat karena berhubungan dengan performansi suatu sistem. Efisiensi energi menjadi faktor penting ketika menganalisis *operational expenditures* dan *carbon footprint* dari *next generation optical network*[2]. *Passive optical network* (PON) menjadi jaringan yang dapat diandalkan untuk mengatur *broadband access* karena memiliki *cost-effective* dan potensi *bandwidth* yang tidak terbatas[1]. Peningkatan *power consumption* dapat diredam dengan memanfaatkan efisiensi komponen dimana 15% dari sebuah jaringan[5][6]. *Power consumption* yang dibutuhkan oleh *user* dengan kapasitas yang besar bisa dihemat menggunakan *split ratio* yang lebih besar[2]. Pada tahun 2003, *International Telecommunication Union* (ITU-T) mengembangkan dan mengesahkan *Gigabite Passive Optical Network* (GPON) menjadi teknologi serat optik[7]. Teknologi ini digunakan di Indonesia namun untuk performansinya dinilai masih kurang untuk memenuhi kebutuhan *user*. Dengan hadirnya teknologi *Next Generation Passive Optical Network 2* (NGPON2) diharapkan mampu memenuhi kebutuhan *Bandwidth* yang lebih besar dimasa yang akan datang.

Teknologi GPON adalah teknologi yang digunakan dalam implementasi FTTH yang mendukung *triple play* (*voice, data, video*). Pada April 2012, *Time and Wavelength Division Multiplexing* PON (TWDM-PON) direkomendasikan sebagai solusi utama untuk merancang dan melaksanakan NG-PON2 [7].

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan penelitian pada *bidirectional* NGPON2 menggunakan TWDM-PON dengan 4 *stacks* OLT. Penelitian ini fokus pada konsumsi daya dengan kombinasi *passive splitter* untuk 3 *stage* pada jarak 30 km. 3 *stage passive splitter* ideal untuk penelitian ini karena memberikan kemungkinan kombinasi yang beragam dengan *split ratio* yang umum digunakan. Pendekatan untuk mendapatkan hasilnya menggunakan perhitungan *power link budget*, BER dan Q-Factor.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Next Generation Passive Optical Network Stage 2

*Passive Optical Network* (PON) dalam perkembangannya berkaitan dengan kemajuan dalam inovasi *mutiplexing*. Pada awalnya PON dimanfaatkan dengan teknik *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) yang lebih dikenal dengan A-PON dan B-PON, dengan kapasitas transmisi 155 dan 622 Mbit/s untuk *upstream/downstream*, yang mengacu pada standar ITU-T G.983.1/x. Lalu penggunaan *Time Division Multiplexing* (TDM) memungkinkan untuk mencapai kecepatan transmisi 2.5/1.5 Gbit/s (*downstream/upstream*) yang mengacu pada standar G-PON (ITU-T G.984). TDM memacu perkembangan PON sampai ke 10/2.5 Gbit/s (*downstream/upstream*) yang mengacu pada standar XG-PON1/NG-PON1 (ITU-T G.987), dan 10/10 Gbit/s untuk *downstream* dan *upstream* yang mengacu pada standar NG-PON2 (ITU-T G.989) [7][8]. Berikut ini adalah *requirement* dari sistem NG-PON2 [5], mendukung:

- *Multiple wavelength channel* dengan arsitektur TWDM
- 4 s.d 8 TWDM *channel*, dapat dikonfigurasi untuk pengembangan/penambahan setiap *channel*-nya, sebagai contoh: “*pay as you grow*” atau pengadaan dilakukan ketika ada penambahan *channel* yang berada di OLT.
- *bitrate* dari setiap *channel downstream* dan *upstream* [4]:
  - 10 Gbit/s *downstream* dan 10 Gbit/s *upstream*
  - 10 Gbit/s *downstream* dan 2.5 Gbit/s *upstream*
  - 2.5 Gbit/s *downstream* dan 2.5 Gbit/s *upstream*
- Kemampuan mencapai 60 km,
- Mendukung untuk *split ratio* paling tidak 1:256.

### 2.2 Time and Wavelength Division Multiplexing

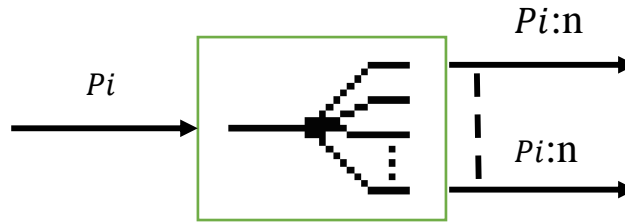
TWDM adalah pengembangan dari teknologi TDM-PON dimana sejumlah informasi dibagi ke dalam beberapa *time slot* dan ditransmisikan secara simultan melalui satu serat optik dengan menggunakan panjang gelombang yang berbeda-beda. TWDM menggunakan panjang gelombang 1596-1603 nm, *spasi* antar panjang gelombang 100 GHz, menggunakan *Scrambled NRZ* sebagai *Optical Pulse Generator*. Panjang link TWDM-PON adalah  $\geq 20$  km. Minimum nilai BER adalah  $10^{-9}$  setara dengan nilai SNR sebesar 10.56[10].

Perbedaan TWDM dan TDM adalah jumlah panjang gelombang yang digunakan pada TWDM lebih dari satu. Menurut standar ITU-T Rec G.989.1 dengan metode *stacking* 4 XG-PON dan menggunakan empat pasang panjang gelombang  $\{(\lambda_1-\lambda_5), (\lambda_2-\lambda_6), (\lambda_3-\lambda_7), (\lambda_4-\lambda_8)\}$  di sisi *transmitter* dan sisi *receiver* [4] menghasilkan 40 Gbps (4 x 10 Gbps) arah *downstream* dan 10 (4 x 2.5 Gbps) Gbps arah *upstream*. Hal ini menjadikan TWDM-PON sebagai dasar *Next Generation Passive Optical Network Stage 2* (NG-PON2).

### 2.3 Splitter

*Splitter* adalah perangkat pasif yang memiliki fungsi sebagai pembagi informasi sinyal optik (gelombang cahaya). Selain itu *splitter* juga mampu merutekan dan mengkombinasikan sinyal optik. 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. Rekomendasikan yang digunakan di Indonesia sampai 1:32 secara total dengan kombinasi, yaitu:

1. One stage  $\rightarrow$  1:32
2. Two Stage  $\rightarrow$  1:2 dan 1:16 atau 1:4 dan 1:8



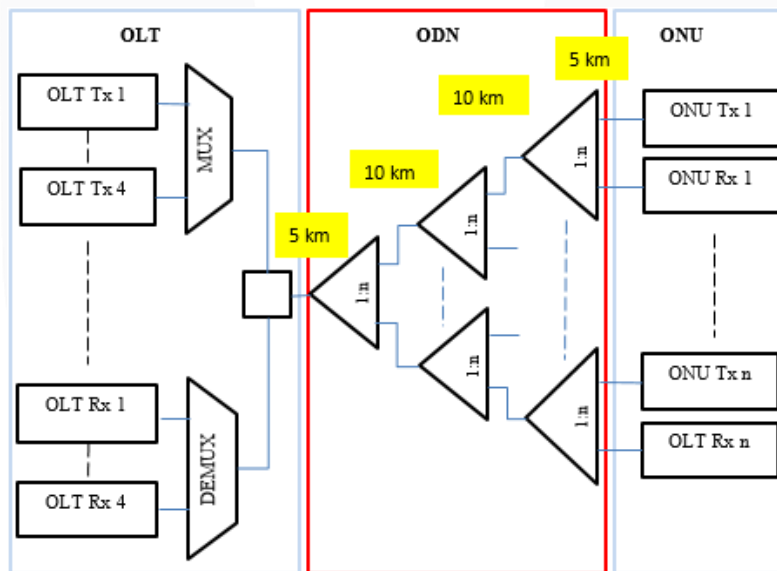
Gambar 1. Blok diagram *passive splitter*

Jika terdapat *splitter* dengan *ratio* 1:n maka ketika ada daya masuk, maka keluaran *splitter* adalah daya masukan dibagi *ratio* dari *splitter* tersebut. Semakin besar *splitter ratio* yang digunakan maka semakin kecil daya keluarannya.

### 3. Pembahasan

#### 3.1 Perancangan Sistem Pada Proses Penyisipan dan Ekstraksi

*Next Generation Passive Optical Network stage 2* (NG-PON2) tersusun dari tiga blok utama yaitu blok *Optical Line Termination* (OLT), blok *Optical Distribution Network* (ODN), dan blok *Optical Network Unit* (ONU) seperti yang terlihat pada Gambar 2. Pada penelitian ini menggunakan OLT empat *channel wavelength* dengan panjang gelombang setiap *channel*-nya berbeda dan nilai *bitrate* tiap *channel*-nya sebesar 10 Gbps untuk *downstream* dan 5 Gbps untuk *upstream*. Pada sisi ODN menggunakan jarak transmisi 30 km menggunakan *split ratio* 1:64, 1:128, 1:256 dengan kombinasi tiga *stage power splitter bidirectional*.



Gambar 2. Model Sistem

Pada umumnya teknologi G-PON menyediakan beberapa *slot* untuk dihubungkan dengan kabel *feeder*, dimana setiap *feeder* dapat dibagi lagi sebanyak 2 kali pada ODN. Titik pembagi pertama terletak pada ODC dengan menggunakan *splitter* pasif 1:2 dan titik kedua terletak pada ODP yang menggunakan *splitter* pasif 1:8. Sehingga satu *feeder* dapat menampung 16 ONU. Oleh karena itu dengan 4 kabel *feeder* jumlah ONU dalam keseluruhan sistem ini yaitu 64 ONU. Sedangkan pada perancangan ini menggunakan tiga *stage power splitter bidirectional* yang terletak pada jarak 5 km, 15 km, dan 25 km yang bertujuan agar dapat mencakup jarak transmisi hingga 30 km.

Tabel 1. Parameter OLT

<i>Parameter</i>	<i>Unit</i>	<i>Value</i>
<b>Transmitter</b>		
<i>Launch power</i>	dBm	5 & 9
<i>Line code</i>	-	NRZ
<i>Wavelength band</i>	nm	1555.75 - 1658.17
<i>Number of channel</i>	-	4
<i>Channel spacing</i>	GHz	100
<i>Nominal line rate</i>	Gbps	10
<b>Receiver</b>		
<i>Bandwidth Rx</i>	GHz	20
<i>Wavelength band</i>	nm	1535.82 – 1538.19
<i>Gain</i>	-	3
<i>Responsivity</i>	A/W	1
<i>Ionization ratio</i>	-	0.9
<b>AWG</b>		
<i>Number of input Mux</i>	-	4
<i>Number of output Demux</i>	-	4
<i>Frequency Mux</i>	nm	1555.75
<i>Frequency Demux</i>	nm	1535.82
<i>Bandwidth</i>	GHz	20
<i>Frequency spacing</i>	GHz	100

Tabel 2. Parameter ONU

<i>Parameter</i>	<i>Unit</i>	<i>Value</i>
<b>Transmitter</b>		
<i>Launch power</i>	dBm	5 & 9
<i>Line code</i>	-	NRZ
<i>Wavelength band</i>	nm	1535.82 – 1538.19
<i>Nominal line rate</i>	Gbps	2.5
<i>Number of channel</i>	-	4
<i>Channel spacing</i>	GHz	100
<b>Receiver</b>		
<i>Wavelength band</i>	nm	1555.75 - 1658.17
<i>Bandwidth</i>	GHz	20
<i>Gain</i>	-	3
<i>Responsivity</i>	A/W	1
<i>Ionization ratio</i>	-	0.9
<i>Dark current</i>	nA	10

Tabel 3. Parameter ODN

<i>Parameter</i>	<i>Unit</i>	<i>Value</i>
<b>Optical Fiber</b>		

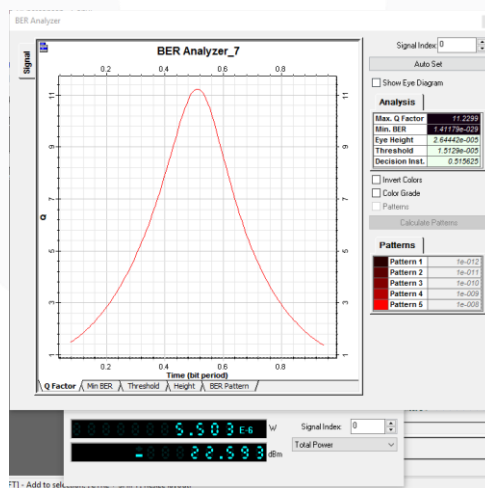
Reference wavelength	nm	1550
Length	km	30
Attenuation	dB/km	0.2
<b>Splitter</b>		
Splitter output ports	-	2, 4, 8 dan 16
Max. Insertion loss	dB	3
Return loss	dB	65

**4. Analisis**

**4.1 Analisis Konsumsi Daya dan Performansi**

Tabel 4. Hasil Splitter 64 ONU

ONU	Power (dBm)	Kombinasi	Arah Transmisi	Q-Factor (dBm)	BER	Power Received (dBm)
64	5	1:2,1:4,1:8	Dowstream	10,87	2,96E-19	-22,49
			Upstream	10,60	4,77E-18	-21,93
		1:2,1:2,1:16	Dowstream	10,73	7,44E-20	-22,57
			Upstream	10,29	1,33E-17	-22,45
		1:4, 1:4, 1:4	Dowstream	11,20	2,68E-21	-22,55
			Upstream	10,69	2,83E-20	-22,12

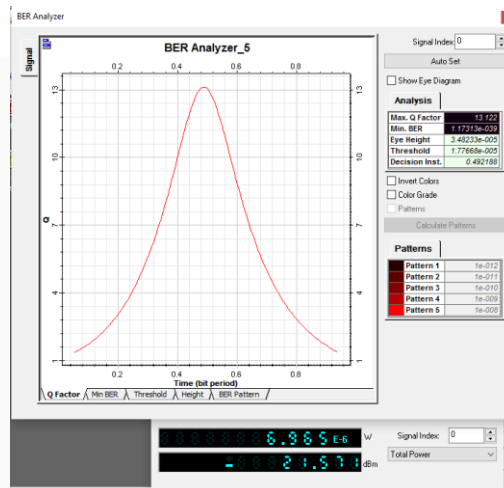


Gambar 3. Hasil Simulasi

Kombinasi untuk 64 ONU pada jaringan NGPON2 40 Gbps memiliki kelayakan karena telah memenuhi standar kelayakan operasi dengan kombinasi terbaik adalah (1:4, 1:4, 1:4) dengan  $Q$ -Factor = 11,20 dan  $Power Received = -22,5$  dBm serta  $BER = 2,68 \times 10^{-21}$  disisi *downstream* dan  $Q$ -Factor = 10,69,  $Power Received = -22,12$  dBm, dan  $BER = 2,83 \times 10^{-20}$  disisi *upstream*, setelahnya diikuti oleh kombinasi (1:2, 1:4, 1:8) dan (1:2, 1:2, 1:16).

Tabel 5. Hasil *Splitter* 128 ONU

ONU	Power (dBm)	Kombinasi	Arah Transmisi	Q-Factor (dBm)	BER	Power Received (dBm)
128	9	1:2, 1:4, 1:16	Dowstream	13,02	6,52E-31	-22,58
			Upstream	12,44	3,25E-27	-21,33
		1:2, 1:8, 1:8	Dowstream	13,59	2,98E-34	-21,57
			Upstream	13,06	5,34E-31	-20,61
		1:4, 1:4, 1:8	Dowstream	13,15	1,64E-27	-21,63
			Upstream	12,32	1,99E-27	-21,14

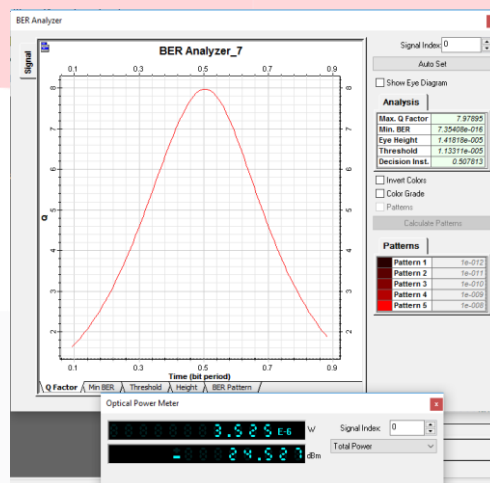


Gambar 4. Hasil Simulasi

Kombinasi untuk 128 ONU pada jaringan NGPON2 40 Gbps memiliki kelayakan karena telah memenuhi standar kelayakan operasi dengan kombinasi terbaik adalah (1:2, 1:8, 1:8) dengan  $Q$ -Factor = 13,59 dan  $Power Received = -21,57$  dBm serta  $BER = 2,98 \times 10^{-34}$  disisi *downstream* dan  $Q$ -Factor = 13,06,  $Power Received = -20,61$  dBm, dan  $BER = 5,34 \times 10^{-31}$  disisi *upstream*, setelahnya diikuti oleh kombinasi (1:2, 1:4, 1:16) dan (1:4, 1:4, 1:8).

Tabel 6. Hasil *Splitter* 256 ONU

ONU	Power (dBm)	Kombinasi	Arah Transmisi	Q-Factor (dBm)	BER	Power Received (dBm)
256	9	1:2, 1:8, 1:16	Downstream	7,64	1,07E-15	-24,48
			Upstream	7,39	5,22E-12	-23,78
		1:4, 1:4, 1:16	Downstream	8,38	7,73E-13	-24,53
			Upstream	7,24	1,80E-12	-23,93
		1:4, 1:8, 1:8	Downstream	7,91	2,84E-15	-24,60
			Upstream	7,42	1,42E-12	-24,13



Gambar 5. Hasil Simulasi

Kombinasi untuk 256 ONU pada jaringan NGPON2 40 Gbps memiliki kelayakan karena telah memenuhi standar kelayakan operasi dengan kombinasi terbaik adalah (1:4, 1:4, 1:16) dengan  $Q$ -Factor = 8,38 dan  $Power\ Received = -24,53\text{ dBm}$  serta  $BER = 7,73 \times 10^{-13}$  disisi *downstream* dan  $Q$ -Factor = 7,24,  $Power\ Received = -23,93\text{ dBm}$ , dan  $BER = 1,08 \times 10^{-12}$  disisi *upstream*, setelahnya diikuti oleh kombinasi (1:4, 1:8, 1:8) dan (1:2, 1:8, 1:16).

## 5. Kesimpulan

Kombinasi *splitter* untuk 64, 128 dan 256 memiliki konsumsi daya dan performansi sesuai standar dengan menggunakan *launch power* 5 dBm untuk 64 ONU dan 9 dBm untuk 128 dan 256 ONU. Kombinasi terbaik untuk 64 ONU adalah (1:4, 1:4, 1:4), (1:2, 1:8, 1:8) untuk 128 ONU dan (1:4, 1:4, 1:16) untuk 256 ONU.



**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Memon, Areez Khalil, A. M. Khan, S. H. Abbas, G. Kumar, A. L. Memon, "40Gbps DQPSK *Transmission System for High Data Rate Energy Efficient Next Generation Passive Optical Network (NG-PON)*," [2017 International Conference on Innovations in Electrical Engineering and Computational Technologies \(ICIEECT\)](#), pp. 1-8, 2017
- [2] Sofie Lambert, Bart Lannoo, Didier Colle, Mario Pickavet, Julio Montalvo, Jose A. Torrijos, Peter Vetter, "Power consumption evaluation for next-generation passive optical networks", *Digital Communications - Green ICT (TIWDC) 2013 24th Tyrrhenian International Workshop on*, pp. 1-4, 2013
- [3] ITU-T, G.984.2 *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) Layer*, March 2003.
- [4] Juan Camilo Velasquez Micolta "Analysis of performance and tolerances of the second generation passive optical network (NG-PON2) for FTTH systems" [Thesis]. Spanyol, 2014.
- [5] K. I. Christensen et al., "The next frontier for communications networks: Power management," Elsevier Comput. Commun. Vol. 27, pp. 1758-1770, Aug. 2004.
- [6] J. Russo, "Network technology energy efficiency," presented at the Berkeley Symp. Energy Efficient Electron. Syst. Berkeley, CA, Jun. 2009.
- [7] ITU-T, "40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): General requirements," International Telecommunication Union, 2013.
- [8] ITU-T, "40-Gigabit-capable passive optical networks 2 (NG-PON2): Physical media dependent (PMD) layer specification," International Telecommunication Union, 2014.
- [9] ITU-T, "40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): Transmission convergence layer specification," International Telecommunication Union, 2015.
- [10] 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.
- [11] ITU-T, "40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): Definitions, abbreviations and acronyms," International Telecommunication Union, 2015.
- [12] Arpan, Rizky Maulana, "Simulasi dan Analisis Sistem 160 G TWDM-PON pada Teknologi Next Generation Passive Optical Network Stage 2 (NG-PON2)", Telkom University, 2015.