

## ANALISIS SIMULASI SISTEM NG-PON2 DENGAN KONSEP OLT TX DAN RX MENGGUNAKAN SEMICONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIER (SOA)

ANALYSIS OF NG-PON2 SYSTEM SIMULATION WITH OLT TX AND RX CONCEPT USING SEMICONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIER (SOA)

Najib Asqolani Akbar<sup>1</sup>, Akhmad Hambali<sup>2</sup>, Brian Pamukti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1,2,3</sup> Jln. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia

<sup>1</sup>najibasqolani.akbar@gmail.com, <sup>2</sup>bphambali@gmail.com, <sup>3</sup>briantp@telkomuniversity.ac.id

### ABSTRAK

Keterbatasan bandwidth merupakan salah satu permasalahan pada teknologi GPON. Pengembangan teknologi ini terus dilakukan hingga ditemukannya teknologi NG-PON2. NG-PON2 merupakan teknologi yang menggunakan *Time and Wavelength Division Multiplexing* (TWDM) sebagai solusi utamanya karena mampu meningkatkan bandwidth hingga 40 Gbps.

Pada Tugas Akhir ini, dilakukan perancangan dan simulasi jaringan *bidirectional* menggunakan penguat SOA. Digunakannya empat stacking *Optical Line Termination* (OLT). *Bitrate* yang digunakan adalah 10 Gbps untuk *downstream* dan 2,5 Gbps untuk *upstream*. Jenis penempatan penguat SOA adalah *booster amplifier* pada arah *downstream* dan *pre-amplifier* pada arah *upstream*.

Berdasarkan dari hasil simulasi, didapatkan bahwa semua nilai parameter performansi berada pada standarnya masing-masing setelah digunakan penguat SOA yaitu pada -28 dBm sampai dengan -7 dBm. Pengaruh pada *Power Received* adalah meningkatkan nilai *Power Received* yang tanpa menggunakan penguat pada tiap panjang link yang digunakan. Sedangkan pengaruh pada OSNR adalah adanya ketidaklinieran penguatan daya sinyal dan daya *noise* pada arah *downstream* yang membuat menurunnya nilai OSNR setelah digunakannya penguat, walaupun masih berada diatas standar OSNR yaitu minimal 30 dBm. Sedangkan pengaruh pada nilai *Q-Factor* meningkatkan *Q-Factor* secara efektif yaitu di atas nilai 6 yang membuat nilai *Q-Factor* dari tiap kanal dinyatakan ideal untuk dijadikan link komunikasi. Sedangkan pengaruh pada nilai BER adalah sama seperti *Q-Factor*, yang membuat peningkatan dan mengangkat nilainya menjadi di atas standar untuk NG-PON2 yaitu  $10^{-9}$  karena nilai BER mengikuti nilai *Q-Factor*-nya. Jarak terjauh yang dapat digunakan setelah menggunakan penguat SOA adalah 65 km.

**Kata kunci:** *Optical Line Termination (OLT), NG-PON2, Semiconductor Optical Amplifier (SOA)*

### ABSTRACT

*Bandwidth limitation is one of the problems in G-PON technology. Development of this technology continues to be done until the discovery of NG-PON2 technology. NG-PON2 is a technology that uses Time and Wavelength Division Multiplexing (TWDM) as the main solution because it can increase bandwidth up to 40 Gbps.*

*In this final project, design and simulation of network bidirectional using SOA. It used four stacking Optical Line Termination (OLT). The bitrate used is 10 Gbps for downstream and 2.5 Gbps for upstream. The type of placement of the SOA reinforcement is in-line amplifier in the direction of downstream and upstream.*

*Based on the simulation results, it is found that all values of performance parameters are in their respective standards after SOA reinforcement is used at -28 dBm to -7 dBm. While the effect on OSNR is the non-linearity of signal strength and power noise in the direction of downstream which makes the decrease of OSNR value after use of the amplifier, although it is still above the OSNR standard of at least 30 dBm. The effect on the value of Q-Factor increases Q-Factor effectively above the value 6 which makes the Q-Factor value of each channel declared ideal for link communication. While the effect on the value of BER is the same as Q-Factor, which makes the increase and raised its value to be above the standard for NG-PON2 is  $10^{-9}$  because the value of BER follows the Q-Factor value. The farthest distance that can be used after using the SOA reinforcement is 65 km.*

**Keywords:** *Optical Line Termination (OLT), NG-PON2, Semiconductor Optical Amplifier (SOA)*







<i>Number of Channel</i>	4	-
<i>Power</i>	3	dBm
<i>Line Code</i>	NRZ	-
<i>Nominal Line Rate</i>	10	Gbps

Pada table diatas dijelaskan parameter-parameter yang digunakan pada blok *Optical Line Termination* (OLT) sesuai dengan spesifikasi dari Standar ITU-T G.989.2 dengan karakteristik Gbps arah *downstream* dan 2.48832 Gbps arah *upstream* pada OLT[3].

### 3.1.2. *Optical Distribution Network (ODN)*

Tabel 3 *Singlemode splitter specification*[9]

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>				<i>Unit</i>
<i>Wavelength range</i>	1550 ± 30	1310 ± 30	1550 ± 30	1550 ± 30	nm
<i>Number of ports</i>	1x2	1x4	1x8	1x16	-
<i>Insertion loss (Ave.)</i>	3.7	7.25	10.2	14.10	dB
<i>Instertion loss (Max.)</i>	3.7	7.25	10.2	14.10	dB
<i>Return loss</i>	≤ -50	≤ -50	≤ -50	≤ -50	dB

Blok ODN terdiri atas tiga komponen utama yaitu serat optik berjenis single mode fiber (SMF) standar ITU-T G.652.C, passive splitter dengan dua tahap pembagi 1x2 dan 1x4 (skenario 1)/1x8 (skenario 2)/1x16 (skenario 3), serta penguat optik tipe SOA dengan jenis penempatan in-line amplifier pada sisi upstream dan downstream. Penggunaan dua tahap pembagi passive splitter bertujuan untuk merepresentasikan bahwa dalam blok ODN menggunakan dua blok penyusun utama yaitu blok Optical Distribution Cabinet (ODC) dan Optical Distribution Point (ODP). Spesifikasi yang digunakan pada blok ODC sesuai standar yang tercantum pada Tabel 3. Dan berikut adalah spesifikasi penguat SOA yang digunakan seperti yang terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4 *SOA Specification*[7]

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>Injection Current</i>	0.043	A
<i>Optical Confinement Factor</i>	0,25	-
<i>Loss</i>	4000	1/m
<i>Gain</i>	15	dB

### 3.1.3. *Optical Network Unit (ONU)*

Blok ONU memiliki bagian penyusun utama yang mirip seperti blok OLT, yaitu ONU transmitter dan ONU receiver. Pada ONU transmitter terdiri dari Optical Source berupa WDM Transmitter, dan dua buah Dynamic Y Select. Sedangkan pada ONU receiver terdiri dari Optical Filter, Photodetector, Electrical Filter, dan 3R Regenerator. Adapun parameter yang digunakan pada blok ONU pada Tabel 5.

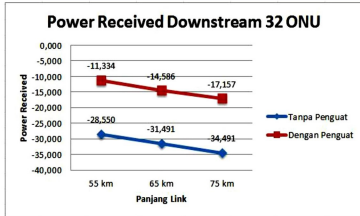
Tabel 5 Parameter *Optical Network Unit (ONU)*

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>Transmitter</i>		
<i>Wavelength band</i>	1532,68 - 1535,04	nm
<i>Channel Spacing</i>	100	GHz
<i>Number of Channel</i>	4	-
<i>Power</i>	5	dBm
<i>Line Code</i>	NRZ	-
<i>Nominal Line Rate</i>	2,5	Gbps
<i>Receiver</i>		
<i>Wavelength band</i>	1596,34 - 1598,89	nm
<i>Bandwidth</i>	20	GHz
<i>Gain</i>	10	-
<i>Responsivity</i>	1	A/W
<i>Ionization Ratio</i>	0,9	-
<i>Dark Current</i>	10	nA

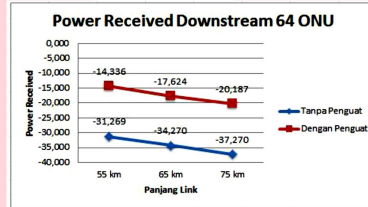
## 4. ANALISIS HASIL SIMULASI SISTEM

Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisa kinerja teknologi NG-PON2 (TWDM-PON) di sisi OLT yang menggunakan penguat SOA dengan membandingkan BER, Q-Factor, Power Received, dan OSNR dengan standarnya masing-masing menggunakan tiga buah skenario yang berdasarkan pada panjang link dan jumlah user sebagai parameter ujinya. Terdapat tiga buah panjang *link* yang digunakan untuk pengujian yaitu 55 km, 65 km, dan 75 km. Sedangkan untuk jumlah *user* akan direpresentasikan pada jumlah ONU yang dipisah pada setiap skenario yaitu 32, 64, dan 128.

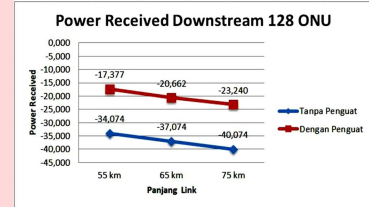
4.1. Analisa Pengaruh pada Power Received



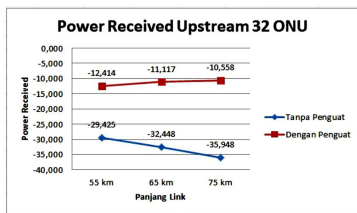
Gambar 9 (a) PR-32-DS



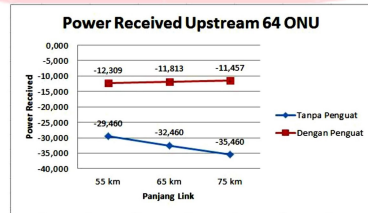
Gambar 10 (a) PR-64-DS



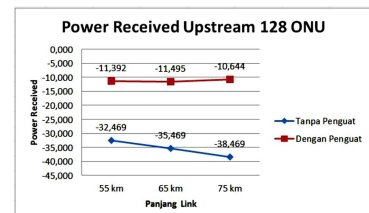
Gambar 11 (a) PR-128-DS



Gambar 9 (b) PR-32-US



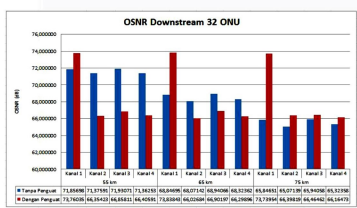
Gambar 10 (b) PR-64-US



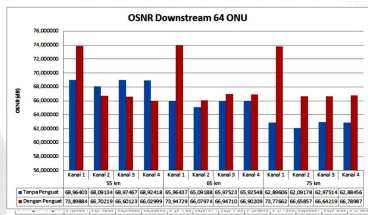
Gambar 11 (b) PR-128-US

Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 merupakan nilai daya terima rata-rata dari empat buah panjang gelombang pada arah *downstream* (a) dan *upstream* (b). Dari grafik tersebut, pada arah *downstream* dapat dilihat bahwa pada jarak di atas 40 km, sistem yang tanpamenggunakan penguat SOA, daya terima berada di bawah nilai receiver sensitivity sistem. Karena pada NG-PON2 jarak maksimum sistem tanpa menggunakan penguat adalah 40 km[3]. Namun setelah digunakan penguat SOA, daya terima rata-rata menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Selain itu, menurunnya daya yang terbaca di penerima berbanding lurus dengan panjang link yang digunakan. Pada arah *upstream*, dapat dilihat bahwa pada jarak 40 km, sistem yang tanpa menggunakan penguat SOA, berada tipis di atas nilai *receiver sensitivity* sistem dan pada jarak 55 km sudah berada di bawah nilai *receiver sensitivity*-nya. Sama seperti arah *downstream*, daya terima rata-rata menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan setelah sistem menggunakan penguat SOA.

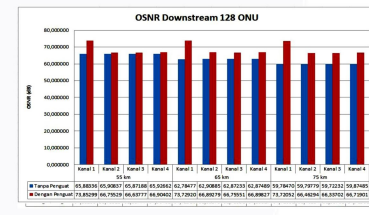
4.3. Analisis Pengaruh pada OSNR



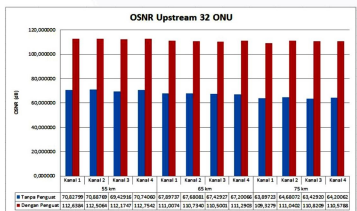
Gambar 12 (a) OSNR-32-DS



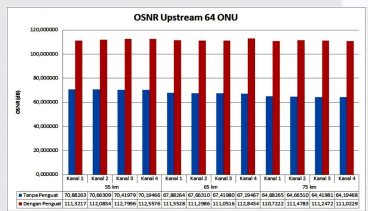
Gambar 13 (a) OSNR-64-DS



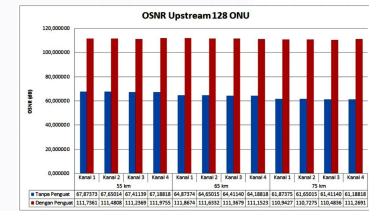
Gambar 14 (a) OSNR-128-DS



Gambar 12 (b) OSNR-32-US



Gambar 13 (b) OSNR-64-US



Gambar 14 (b) OSNR-128-US

Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14 merupakan nilai OSNR dari empat buah panjang gelombang pada arah *downstream* (a) dan *upstream* (b). Tidak ada standarisasi pada sistem NG-PON2 untuk nilai OSNR. Namun, pada komunikasi optik modern, nilai OSNR dari sinyal yang ditransmisikan adalah minimal 30 dB. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa semua kanal pada semua panjang link yang digunakan berada di atas nilai 30 dB baik tanpa penguat dan dengan penguat, yang berarti nilai OSNR tiap





penguat SOA, nilai BER tidak linier. Pada sistem yang menggunakan penguat SOA, nilai BER juga tidak linier, namun tetap berada di atas standar yang telah ditetapkan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Nilai Power Received terbaik yang tanpa menggunakan penguat pada arah downstream adalah -28,527 dBm. Sedangkan, pada arah upstream, nilai Power Received terbaik adalah -29,113 dBm, yang mana keduanya pada sistem 32 ONU dengan jarak 55 km.
2. Nilai Power Received terbaik yang menggunakan penguat pada arah downstream adalah -11,240 dBm pada jarak 55 km. Sedangkan, pada arah upstream, nilai Power Received terbaik adalah -9,672 dBm pada jarak 75 km, yang mana keduanya juga pada sistem 32 ONU.
3. Nilai OSNR terbaik yang tanpa menggunakan penguat pada arah downstream adalah 71,930715 dB pada kanal 3 pada jarak 55 km. Sedangkan, pada arah upstream, nilai terbaiknya adalah 70,887699 dB pada kanal 2 pada jarak 55 km. Keduanya pada sistem 32 ONU.
4. Nilai OSNR terbaik yang menggunakan penguat pada arah downstream adalah 73,947297 dB pada kanal 1 pada jarak 65 km. Sedangkan pada arah upstream, nilai terbaiknya adalah 112,799601 dB pada kanal 3 pada jarak 55 km. Keduanya pada sistem 64 ONU.
5. Nilai Q-Factor terbaik yang tanpa menggunakan penguat pada arah downstream adalah 3,4090 pada kanal 4 pada jarak 55 km. Sedangkan, pada arah upstream, nilai terbaiknya adalah 6,6790 pada kanal 2 pada jarak 55 km. Keduanya pada sistem 32 ONU.
6. Nilai Q-Factor terbaik yang menggunakan penguat pada arah downstream adalah 14,3206 pada kanal 1 pada sistem 32 ONU dengan jarak 65 km. Sedangkan, pada arah upstream, nilai terbaiknya adalah 10,4801 pada kanal 4 pada sistem 64 ONU dengan jarak 75 km.
7. Nilai BER terbaik yang tanpa menggunakan penguat pada arah downstream adalah 3,19582E-04. Sedangkan, pada arah upstream, nilai terbaiknya adalah 1,19092E-11. Keduanya pada jarak 55 km pada sistem 32 ONU.
8. Nilai BER terbaik yang menggunakan penguat pada arah downstream adalah 5,90497E-47 pada jarak 65 km. Sedangkan, pada arah upstream, nilai terbaiknya adalah 1,67325E-36 pada jarak 55 km. Keduanya pada sistem 32 ONU.
9. Jarak terjauh yang dapat dicapai jaringan NG-PON2 yang menggunakan penguat SOA dengan tanpa kehilangan kualitas dan tetap di atas standar yang ditetapkan, baik pada sisi downstream maupun pada sisi upstream yaitu 65 km, baik pada sistem dengan 32 ONU, 64 ONU, dan 128 ONU.

### 5.2 Saran

1. Melakukan uji performansi dengan menggunakan lebih dari 4 stacking OLT.
2. Analisa penggunaan *photodetector* dan penguat dengan jenis yang berbeda pada NG-PON2 (TWDM-PON).
3. Analisa penggunaan jenis penempatan penguat yang terbaik pada NG-PON2 (TWDM-PON).

## REFERENSI

- [1] Yuanqiu Luo dkk. 2013. Time- and Wavelength-Division Multiplexed Passive Optical Network (TWDM-PON) for Next-Generation PON Stage 2 (NG-PON2). *Journal of Lightwave Technology*, vol. 31, pp. 587-593
- [2] R. Bonk dkk. 2015. Beneficial OLT Transmitter and Receiver Concepts for NG-PON2 Using Semiconductor Optical Amplifiers [Invited]. *J. Opt. Commun. Netw.*, vol. 7, no. 3
- [3] ITU-T, G.989.2 40-Gigabit-capable passive optical networks 2 (NG-PON2): Physical media dependent (PMD) layer specification, December 2014.
- [4] ITU-T, G.984.1 Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): General characteristics, Maret 2018.
- [5] M. J. Connolly. 2002. *Semiconductor Optical Amplifiers*. Boston, MA: Springer-Verlag.
- [6] Elyadi, Mohammed Ahmed (2013). *Next Generation Passive Optical Network stage Two*. Gaza: The Islamic University.
- [7] M. Settembre, F. Matera, V. Hagele, I. Gabitov, A. W. Mattheus, dan S. Turitsyn, Cascaded optical communication systems with in-line semiconductor optical amplifiers, *Journal of Lightwave Technology*, Vol. 15, pp. 962-967, 1997.
- [8] Agrawal, G. P. 2002. *Fiber Optic Communication Systems*, Third Edition. John Wiley and Sons, Inc. 47-48
- [9] ITU-T, G.989.2 Amd 1: 40-Gigabit-capable passive optical networks 2 (NGPON2): Physical media dependent (PMD) layer specification Amendment 1, International Telecommunication Union, 2016.