

# ANALISIS SIMULASI PENGGUNAAN PENGUAT SOA DAN EDFA PADA SISTEM KOMUNIKASI OPTIK WDM-PON

Rauzatul Ahya<sup>1</sup>, Rachmawati<sup>2</sup>, Ipan Suandi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi  
Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: [rauzaatulahya2@gmail.com](mailto:rauzaatulahya2@gmail.com), [rachma@pnl.ac.id](mailto:rachma@pnl.ac.id), [ipan@pnl.ac.id](mailto:ipan@pnl.ac.id)

**Abstrak** –Perkembangan teknologi komunikasi saat ini semakin pesat karena banyaknya pengguna dalam penyaluran informasi serta peningkatan kebutuhan informasi. Salah satu teknologi yang sangat mendukung digunakan untuk kebutuhan tersebut adalah serat optik. Salah satu pengembangan teknologi serat optik yaitu *Wavelength Division Multiplexing* (WDM). Untuk mengatasi pelemahan daya sinyal pada sistem WDM dibutuhkan penguat optik (SOA dan EDFA). Performansi penguat optik dipengaruhi oleh implementasi posisinya yang terdiri dari *Booster Amplifier*, *Inline Amplifier*, *Pre Amplifier*. Analisis perbandingan performansi posisi penguat optik SOA dengan EDFA pada sistem WDM dibahas pada skripsi ini. Pengujian dilakukan menggunakan *software Optisystem 7.0* dengan menganalisis nilai *Q factor* dan BER pada panjang kabel 50 – 220 km dan *bitrate* 2.5 Gbps. Skema yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Booster Amplifier*, *Inline Amplifier*, dan *Pre Amplifier* untuk masing-masing satu penguat sehingga menghasilkan 6 iterasi. Hasil simulasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa performansi yang paling baik pada penguat SOA adalah dengan posisi *Inline* dimana nilai *Q factor* maksimal untuk 4 kanal yaitu 70,5337 dengan BER 0. Dan performansi yang paling baik pada penguat EDFA adalah dengan posisi *Pre* dimana nilai *Q factor* maksimal untuk 4 kanal yaitu 131,959 dengan BER 0.

**Kata-kata kunci:** WDM, SOA, EDFA, Implementasi posisi, *Q factor*, BER

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan layanan transmisi data dengan kecepatan tinggi dan *bandwidth* yang besar semakin meningkat pada sistem komunikasi optik. Sehingga untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut dibutuhkan sistem komunikasi yang mampu menampung kapasitas yang besar dengan performa yang baik untuk menangani beban jaringan pada jarak jauh (*long haul*).

*Wavelength Division Multiplexing Passive Optical Network* (WDM-PON) merupakan salah satu teknologi *multiplexing* dalam komunikasi serat optik yang bekerja dengan membawa sinyal informasi yang berbeda pada satu serat optik dengan menggunakan panjang gelombang (warna) cahaya laser yang berbeda. Dengan ini dapat meningkatkan kapasitas dan memungkinkan komunikasi dua arah pada satu fiber optik. Namun jarak transmisi antara *Transmitter* dan *Receiver* yang terlalu jauh sering kali membuat tingkatan daya sinyal pada sistem WDM menurun. Sehingga dibutuhkan sebuah *Optical Amplifier* untuk mengatasi hal tersebut, yang dikenal mampu menguatkan daya sinyal yang mengalami pelemahan sepanjang saluran transmisi optik akibat adanya *atenuasi*.

Terdapat beberapa jenis *optical amplifier* diantaranya yaitu EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*) dan SOA (*Semiconductor Optical Amplifier*). Salah satu yang mempengaruhi performansi penguat optik yaitu implementasi posisinya. Terdapat tiga implementasi posisi penguat optik yaitu *Booster Amplifier*, *Inline Amplifier*, dan *Pre-Amplifier*.

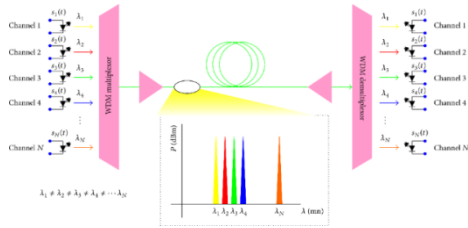
Pada penelitian ini peneliti akan menganalisis perbandingan performansi posisi penguat optik SOA dan EDFA pada sistem transmisi WDM menggunakan *Optisystem 7.0* pada jarak 50 km hingga 220 km, dan *bitrate* 2.5 Gbps. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui implementasi posisi penguat optik yang baik untuk sistem WDM. Mengingat pentingnya *backbone* jaringan sebagai infrastruktur komunikasi, maka perlu dilakukan desain dengan memperhatikan *Bit Error Rate* (BER), dan *Q-Factor* yang merupakan parameter kunci yang menentukan performa suatu link komunikasi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Teknologi WDM

Teknologi *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) pada dasarnya adalah teknologi transport untuk menyalurkan berbagai jenis trafik (data, suara, dan video) secara transparan, dengan menggunakan panjang gelombang yang berbeda-beda dalam suatu fiber tunggal secara bersamaan [4].

WDM merupakan perangkat yang dapat menambah kapasitas transmisi fiber secara signifikan dengan menggunakan lebih dari satu sumber cahaya yang beroperasi dengan panjang gelombang yang berbeda untuk mengirimkan beberapa informasi independen yang mengalir secara serentak di kabel *fiber* yang sama. Skema sistem WDM ditunjukkan pada Gambar 1.

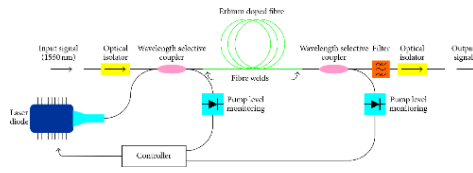


Gbr 1 Skema Sistem WDM

B. Optical Amplifier

1) EDFA

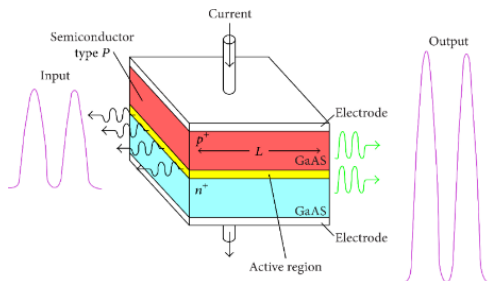
Erbium doped fiber amplifier (EDFA) adalah suatu jenis penguat sinyal dalam komunikasi optik yang mampu meningkatkan kualitas jaringan optik. EDFA merupakan optical amplifier (OA) yang dapat bekerja baik pada panjang gelombang 1550 nm, sehingga cocok digunakan untuk komunikasi long haul. OA ini mampu melakukan proses penguatan tanpa perlu melakukan konversi sinyal tersebut menjadi sinyal elektrik. EDFA merupakan serat optik aktif yang diberi doping unsur Erbium (Er3+) di dalam inti serat [3]. Skema penguatan EDFA dapat dilihat pada Gambar 2.



Gbr. 2 Skema Penguat EDFA

2) SOA

Semiconductor Optical Amplifier (SOA) merupakan penguat optik yang memanfaatkan rongga/ruangan cavity untuk penguatan cahaya. Prinsip kerja SOA yaitu arus elektrik dialirkan ke daerah aktif (Semiconductor Cavity) untuk merangsang elektron. Ketika cahaya foton lemah masuk ke daerah aktif akan menyebabkan elektron ini kehilangan energinya. Sehingga cahaya lemah yang masuk dikuatkan [5]. Skema penguat SOA dapat dilihat pada Gambar 3.



Gbr 3 Skema Penguat SOA

C. Implementasi Penguat Optik

1) Booster Amplifier

Booster Amplifier merupakan jenis penguat optik yang ditempatkan pada sisi pemancar. Karakteristik penguat optik ini memiliki noise figure yang kecil sehingga memberikan nilai SNR yang besar [1].

2) Inline Amplifier

Inline amplifier jenis aplikasi penguat optik yang mana penguat optik diletakkan diantara serat optik. Penguat optik inline dapat digunakan untuk memperkuat pelemahan sinyal cahaya, sehingga regenerasi sinyal cahaya tidak perlu lagi [1].

3) Pre-Amplifier

Pre amplifier adalah jenis aplikasi penguat optik yang diletakkan setelah serat optik atau pada sisi penerima. Pre amplifier berfungsi memperkuat sinyal cahaya yang dikirim melalui serat optik sebelum sinyal cahaya tersebut diterima oleh photodetector sehingga pelemahan SNR yang disebabkan oleh thermal noise di photodetector dapat ditekan [1].

D. Parameter Performansi

1) Q-Faktor

Q-Faktor adalah faktor kualitas yang akan menentukan bagus atau tidaknya kualitas suatu link berbasis WDM. Dalam sistem komunikasi serat optik, minimal ukuran Q-factor yang bagus dan sesuai standar adalah  $Q \geq 6$  atau  $10^{-12}$  dalam Bit Error Rate (BER) [2].

Q-Faktor dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Q = \frac{10 \frac{SNR}{20}}{2} \tag{1}$$

Keterangan :

- Q = Q Faktor
- SNR = Signal Noise to Ratio

2) Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate (BER) merupakan rasio perbandingan bit error dengan bit yang dikirimkan seluruhnya. BER didefinisikan sebagai tingkat di mana kesalahan terjadi dalam sistem transmisi. Secara umum pada jaringan komunikasi optik, nilai BER yang harus dipenuhi sesuai standar adalah  $BER \leq 10^{-12}$ . Artinya untuk setiap  $10^{12}$  bit data yang dikirim, hanya satu bit yang error. Bit Error Rate (BER) dapat dinyatakan dengan persamaan 2 [2].

$$BER = \frac{1}{Q\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{Q^2}{2}\right) \tag{2}$$

Keterangan :

- BER = Bit Error Rate
- Q = Q-Faktor

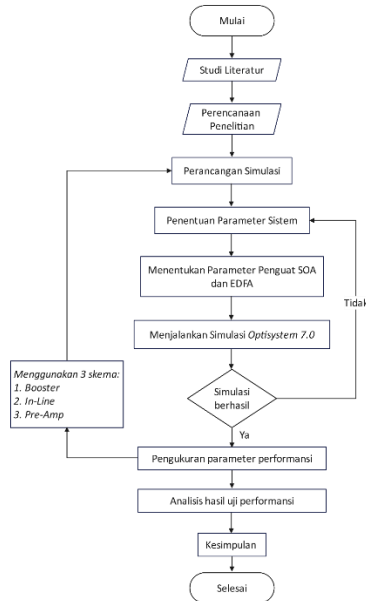
E. Software Optisystem

Software Optisystem merupakan piranti lunak desain yang memungkinkan pengguna untuk merencanakan, menguji, dan mensimulasikan jaringan optik modern. Optisystem menyediakan virtual komponen optik yang lengkap dan komprehensif sehingga pengguna dapat mendesain dan menganalisis sistem jaringan sesuai dengan nyata.

### III. METODOLOGI

#### A. Diagram Alir

Diagram alir merupakan suatu alur dalam bentuk gambar yang menjelaskan tahapan-tahapan dalam proses penelitian ini. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 5.



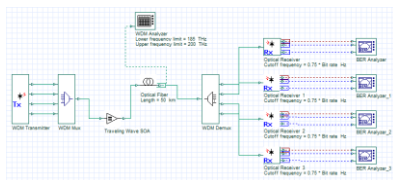
Gbr. 4 Diagram Alir

#### B. Metode Simulasi

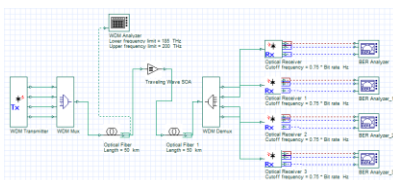
Metode simulasi pada penelitian ini menggunakan *Optisystem* sebagai *Software* simulasi perancangan jaringan dan digunakan untuk menganalisis nilai BER, dan *Q-Factor* untuk mengetahui performansi posisi penguat optik yang paling baik antara SOA dan EDFA pada sistem transmisi WDM.

#### C. Perancangan Simulasi

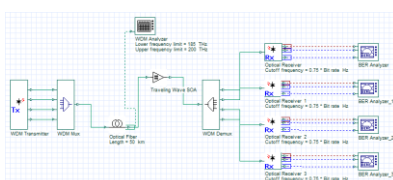
##### 1) SOA



Gbr. 5 SOA Booster

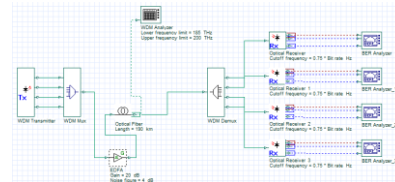


Gbr. 6 SOA Inline

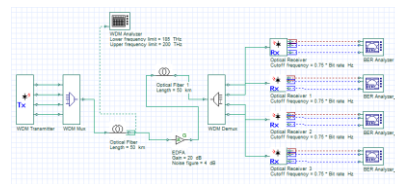


Gbr. 7 SOA Pre-amp

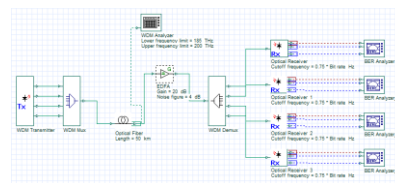
##### 2) EDFA



Gbr. 8 EDFA Booster



Gbr. 9 EDFA Inline



Gbr. 10 EDFA Pre-amp

#### D. Parameter Simulasi

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL I  
Parameter Simulasi

Parameter Global	Nilai
<i>Bitrate</i>	2,5 Gbps
<i>Sequence length</i>	128 Bit
<i>Sample per bit</i>	64
Parameter WDM Transmitter	Nilai
<i>Number of output Ports</i>	4 channel
<i>Frequency</i>	193.1-193.4 THz
<i>Frequency Spacing</i>	100 GHz
<i>WDM Transmitter Power</i>	0 dBm
<i>Modulation type</i>	NRZ
Parameter WDM Mux dan Demux	Nilai
<i>Bandwidth</i>	20 GHz
<i>Insertion Loss</i>	0.05 dB
Parameter SMF (ITU-T G.652)	Nilai
<i>Attenuation</i>	0.2 dB/km
<i>Reference Wavelength</i>	1550 nm
<i>Length</i>	(50, 100, 150, 220) km
<i>Dispersion</i>	17 ps/nm/km
<i>Dispersion Slope</i>	0.075 ps/nm <sup>2</sup> /km
Parameter Penguat Optik SOA	Nilai
<i>Injection Current</i>	0.2 Ampere
<i>Length</i>	0.0005 m
<i>Width</i>	3e-006 m
<i>Height</i>	8e-008 m
<i>Confinement factor [Γ]</i>	0.03
<i>Differential gain [Δg]</i>	2.78e-020 m <sup>2</sup>
Parameter Penguat Optik EDFA	Nilai
<i>Gain</i>	20 dB
<i>Power</i>	10 dBm
<i>Saturation Power</i>	10 dBm
<i>Noise Figure</i>	4
Parameter Receiver	Nilai
<i>Photodetector</i>	PIN
<i>Filter Type</i>	Low Pass Bessel Filter

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan dengan mengubah parameter jarak atau panjang kabel dari 50 km sampai 220 km. Jumlah kanal 4 dan *bitrate* 2.5 Gbps. Terdapat 3 skema yang akan di simulasikan yaitu *Booster*, *In-line* dan *Pre-Ampifier* untuk masing-masing penguat sehingga menghasilkan 6 iterasi.

Hasil dari penelitian ini diimplementasikan menggunakan *Optisystem 7.0* untuk mengetahui performansi posisi penguat optik yang paling baik antara SOA dan EDFA berdasarkan nilai *Q-Factor* dan BER.

A. SOA

TABEL II  
Hasil Simulasi SOA *Booster*

Jarak (Km)	Performansi	Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4
50	Q-Factor	40,5359	36,7202	45,2422	38,1224
	BER	0	1,43E-290	0	2,32275e-318
100	Q-Factor	23,7777	23,0848	24,5638	22,2004
	BER	0	3,16E-113	1,51E-128	1,64E-104
150	Q-Factor	3,15416	3,44065	3,14977	3,15461
	BER	0,000802602	0,000287028	0,000815435	0,000801625
220	Q-Factor	0	0	0	0
	BER	1	1	1	1

TABEL III  
Hasil Simulasi SOA *In-line*

Jarak (Km)	Performansi	Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4
50	Q-Factor	32,7034	67,0026	70,5337	49,6694
	BER	6,03E-230	0	0	0
100	Q-Factor	18,7925	11,428	13,4079	26,2361
	BER	3,87E-74	1,18E-26	2,22E-36	5,08E-147
150	Q-Factor	3,23324	3,56868	3,33492	3,36233
	BER	0,000610735	0,000176912	0,00042584	0,000385711
220	Q-Factor	0	0	0	0
	BER	1	1	1	1

TABEL IV  
Hasil Simulasi SOA *Pre-amp*

Jarak (Km)	Performansi	Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4
50	Q-Factor	23,3621	13,3376	17,3615	56,5385
	BER	4,03E-116	3,87E-36	5,43E-63	0
100	Q-Factor	30,6024	26,6856	26,3832	27,0092
	BER	5,68E-201	3,38E-152	1,04E-148	5,72E-156
	Q-Factor	0	3,6187	3,2049	3,3647

150	BER	1	0,000145947	0,000675186	0,000382352
	Q-Factor	0	0	0	0
220	BER	1	1	1	1

B. EDFA

TABEL V  
Hasil Simulasi EDFA *Booster*

Jarak (Km)	Performansi	Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4
50	Q-Factor	27,7513	15,446	19,6146	26,3393
	BER	6,62E-165	2,87E-49	4,46E-81	2,66E-148
100	Q-Factor	17,9688	11,0753	12,908	20,0517
	BER	1,26E-67	5,67E-24	1,54E-33	7,24E-87
150	Q-Factor	11,9839	7,8359	9,19923	14,7506
	BER	1,58E-28	1,60E-10	1,36E-15	1,15E-45
220	Q-Factor	2,85894	2,35846	2,47059	2,70966
	BER	0,002114	0,009004	0,006733	0,003365

TABEL VI  
Hasil Simulasi EDFA *In-line*

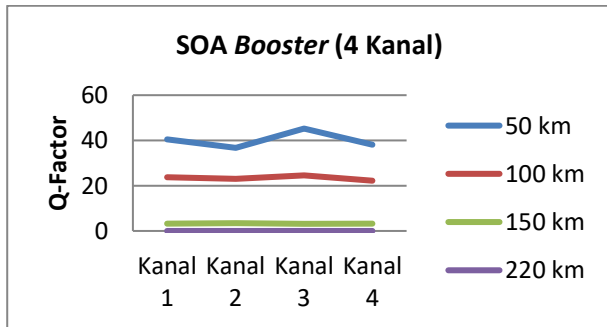
Jarak (Km)	Performansi	Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4
50	Q-Factor	75,5235	64,0727	59,9694	81,8358
	BER	0	0	0	0
100	Q-Factor	57,6508	68,8593	67,1775	61,5417
	BER	0	0	0	0
150	Q-Factor	31,8387	36,869	34,7159	32,8599
	BER	8,60E-218	6,64E-293	2,06E-259	3,74E-232
220	Q-Factor	3,0442	2,64931	2,68527	2,77636
	BER	0,00116507	0,00403079	0,00361781	0,00272584

TABEL VII  
Hasil Simulasi EDFA *Pre-amp*

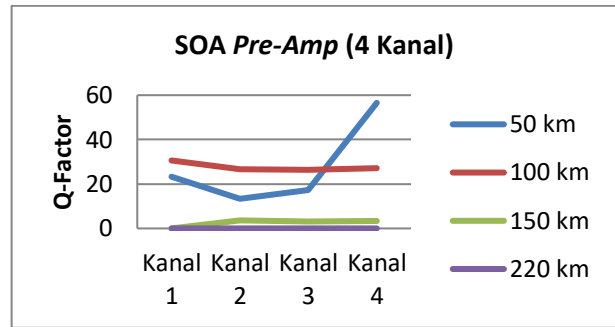
Jarak (Km)	Performansi	Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4
50	Q-Factor	116,298	131,959	129,164	114,779
	BER	0	0	0	0
100	Q-Factor	46,0855	51,6302	58,263	53,0831
	BER	0	0	0	0
150	Q-Factor	16,3181	19,3646	21,4687	17,5871
	BER	3,10E-55	6,89E-79	1,37E-99	1,35E-64
220	Q-Factor	2,36203	0	2,29468	2,14326
	BER	0,00875998	1	0,0108695	0,0159884

Berikut ditampilkan grafik hasil simulasi menggunakan penguat SOA dan EDFA dengan 3 skema penempatan penguat yaitu *Booster*, *Inline*, *Booster* dan *Pre-amp*.

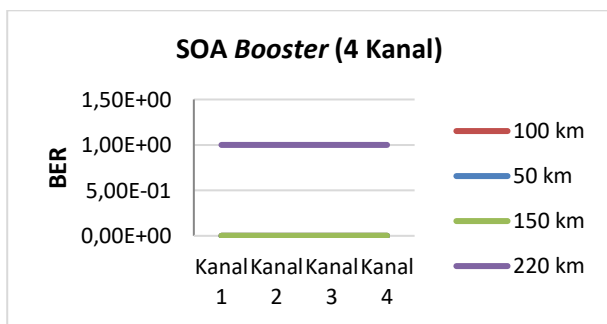
Gambar 13 dan Gambar 14 menunjukkan bahwa nilai *Q factor* maksimal untuk 4 kanal yaitu 70,5337 dengan BER 0. Skema ini masih memenuhi standar hingga panjang kabel 100 km.



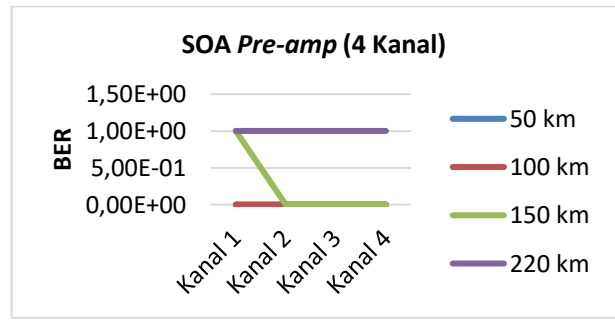
Gbr. 11 Q-Factor SOA *Booster*



Gbr. 15 Q-Factor SOA *Pre-amp*



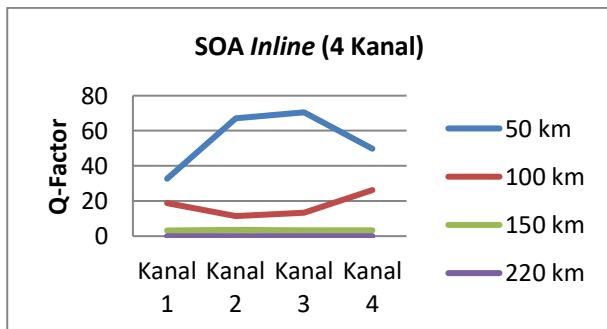
Gbr. 12 BER SOA *Booster*



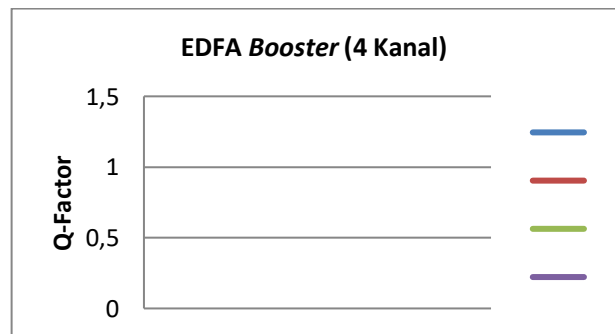
Gbr. 16 BER SOA *Pre-amp*

Grafik pada Gambar 11 dan Gambar 12 menunjukkan bahwa nilai *Q factor* maksimal untuk 4 kanal yaitu 45,2422 dengan BER 0.

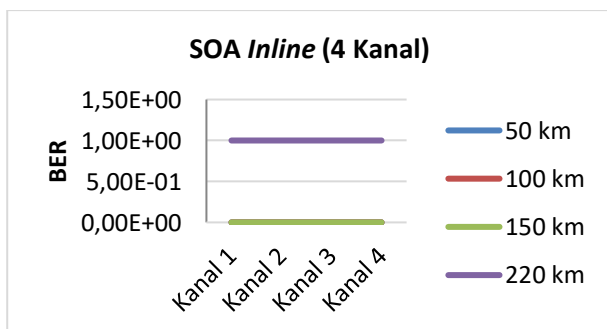
Gambar 15 dan Gambar 16 menunjukkan bahwa nilai *Q factor* maksimal untuk 4 kanal yaitu yaitu 56,5385 dengan BER 0. Skema ini masih memenuhi standar hingga panjang kabel 100 km.



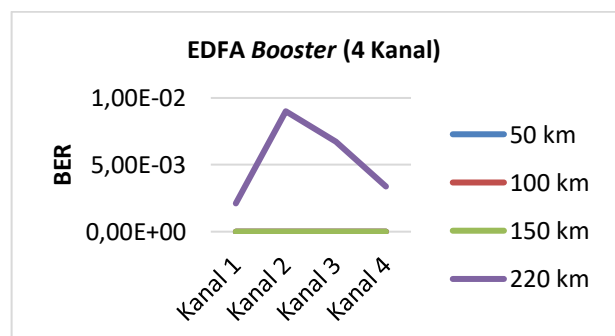
Gbr. 13 Q-Factor SOA *Booster*



Gbr. 17 Q-Factor EDFA *Booster*

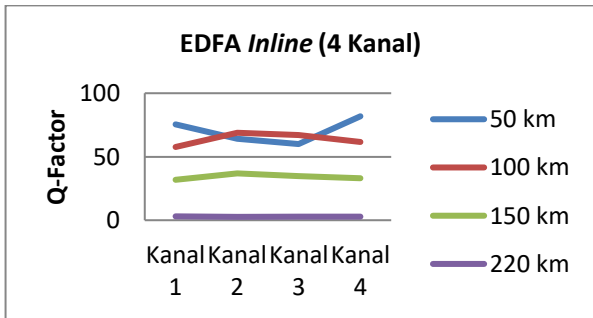


Gbr. 14 BER SOA *Booster*

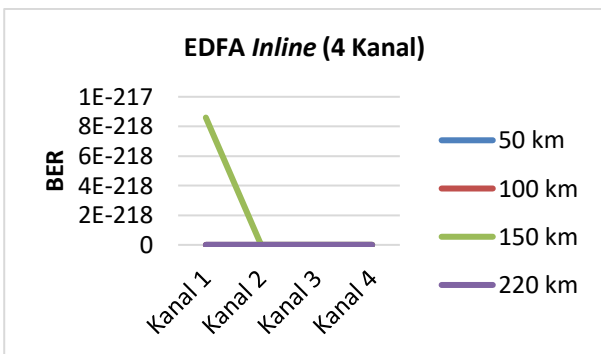


Gbr. 18 BER EDFA *Booster*

Gambar 17 dan Gambar 18 menunjukkan bahwa nilai  $Q$  factor maksimal untuk 4 kanal yaitu 27,7513 dengan BER  $6,62 \times 10^{-165}$ . Skema ini masih memenuhi standar hingga panjang kabel 150 km.

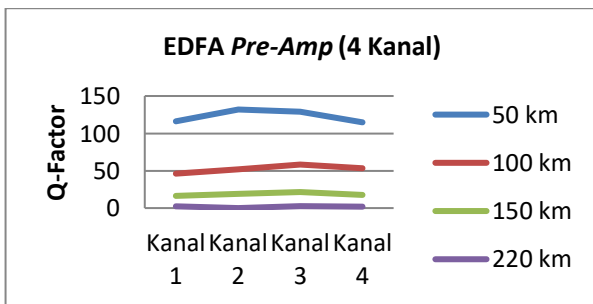


Gbr. 19 Q-Factor EDFA Booster

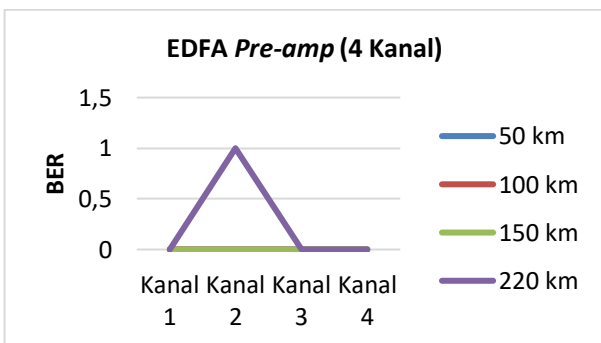


Gbr. 20 BER EDFA Inline

Gambar 19 dan Gambar 20 menunjukkan bahwa nilai  $Q$  factor maksimal untuk 4 kanal yaitu 81,8358 dengan BER 0. Skema ini masih memenuhi standar hingga panjang kabel 150 km.



Gbr. 21 Q-Factor EDFA Inline



Gbr. 22 BER EDFA Pre-amp

Gambar 21 dan Gambar 22 menunjukkan bahwa nilai  $Q$  factor maksimal untuk 4 kanal yaitu 131,959 dengan BER 0. Skema ini masih memenuhi standar hingga panjang kabel 150 km.

V. KESIMPULAN

1. Dari hasil simulasi penguat optik EDFA memiliki performansi yang paling baik yaitu pada skema *Pre-amp* dengan nilai  $Q$  factor maksimal untuk 4 kanal yaitu 131,989 dengan BER 0. Pada skema *Pre-amp* penguat optik EDFA mengalami penguatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua skema lainnya.
2. Hasil simulasi penguat optik SOA memiliki performansi yang paling baik yaitu pada skema *Inline* dengan nilai  $Q$  factor maksimal untuk 4 kanal yaitu 70,5337 dengan BER 0. Pada skema *Inline* penguat optik SOA mengalami penguatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua skema lainnya.
3. Perubahan jarak transmisi (panjang kabel) lebih mempengaruhi performansi penguat optik dibandingkan dengan perubahan jumlah kanal.
4. Nilai  $Q$  factor mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak transmisi.
5. Setelah melakukan perbandingan penguat optik SOA dengan EDFA, didapat bahwa performansi yang paling baik adalah penguat optik EDFA dengan posisi *Pre-amp* untuk panjang kabel 50 km hingga 220 km dengan bitrate 2.5 Gbps.

REFERENSI

- [1] Hasbrian Ikbal Reza HS, **Perancangan Jaringan Backbone Fiber Optik Menggunakan EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) Di Kabupaten Sleman**. Tugas Akhir. Yogyakarta : Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
- [2] Agrawal, G.P., 2012. *Fiber-optic communication systems* (Vol. 222). John Wiley & Sons.
- [3] Argakusumah, Rizky. Hambali, Akhmad. Pamukti, Brian., **Analisis Penguat Semiconductor Optical amplifier pada Link Optik**. e-Proceeding of Engineering : Vol.7, No.3 Desember 2020.
- [4] Anggraini, Dini, 2017. **Analisis Perancangan Sistem (Wavelength Division Multiplexing) WDM-PON Pada Teknologi XG-PON Dengan Menggunakan Software Optisystem**. Tugas Akhir. Pekanbaru : Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- [5] Sharaiha, A., 2004. *Semiconductor optical amplifiers for future optical networks*. Proceeding of the International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, pp: 165-166.