

# ANALISIS PERFORMANSI PENGUAT OPTIK HYBRID MENGGUNAKAN TIGA POMPA PADA PENGUAT RAMAN

## *PERFORMANCE ANALYSIS HYBRID OPTICAL AMPLIFIER USING THREE PUMPS ON RAMAN AMPLIFIER*

Wahyu Nur Annisa<sup>1</sup>, Akhmad Hambali, Ir., MT.<sup>2</sup>, Denny darlis, S.Si, M.T<sup>3</sup>

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

<sup>3</sup> Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom  
[wnisa03@gmail.com](mailto:wnisa03@gmail.com)<sup>1</sup>, [hbl@myself.com](mailto:hbl@myself.com)<sup>2</sup>, [dennydarlis@gmail.com](mailto:dennydarlis@gmail.com)<sup>3</sup>

### Abstraksi

Komunikasi merupakan proses penyampaian informasi dari sumber informasi ke penerima informasi melalui suatu media. Media yang digunakan saat ini untuk transmisi jarak jauh terbuat dari bahan kaca atau disebut serat optik. Selama proses perambatan di sepanjang serat optik, cahaya akan mengalami pelemahan dan pelebaran sinyal. Hal ini disebabkan karena ketidakmurnian bahan serat yang menyerap dan menyebarkan cahaya, sehingga daya yang diterima akan berkurang.

Untuk mengatasi pelemahan dan pelebaran sinyal, dapat digunakan penguat optik tanpa konversi dari bentuk elektrik menjadi sinyal optik. Salah satu penguat optik tanpa konversi adalah penguat *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA) dengan *Raman Optical Amplifier* (ROA).

Sebuah sistem analisis penguat optik dengan menggunakan tiga pompa pada penguat raman telah berhasil dirancang dengan jumlah kanal 8 buah, spasi kanal 0.2 nm, dan jarak transmisi 50 km sistem DWDM dengan penguat hybrid EDFA-Raman menghasilkan performansi yang baik dengan menggunakan bitrate 2.5 Gbps menghasilkan BER 1,45E-121, gain penguat 20 dB dan noise figure 2 dB menghasilkan BER 2,90E-15, power input 10 mW menghasilkan BER sebesar 3,16E-15.

Kata kunci : DWDM, EDFA, ROA, BER

### ABSTRACT

Communication is the process of delivering information from a source of information to recipients of information through a medium. Media currently used for long distance transmission made of glass or so-called optical fiber. During the process of propagation along the optical fiber, the light will be weakened and the widening of the signal. This is because impurities fiber materials that absorb and scatter the light, so that the received power will be reduced.

To overcome the attenuation and widening signals, optical amplifiers can be used without conversion from electrical into optical signals form. One is the conversion of optical amplifier without amplifier Erbium doped Fiber Amplifier (EDFA) and Raman Optical Amplifier (ROA).

An analysis system using an optical amplifier with three pumps on the amplifier raman has successfully designed with a number of channels 8 pieces, channel spacing 0.2 nm, and the transmission distance of 50 km DWDM systems with amplifier hybrid EDFA-Raman produce a good performance by using bitrate 2.5 Gbps produce BER 1,45E-121, the amplifier gain of 20 dB and a noise figure of 2 dB generate BER 2,90E-15, power input 10 mW produce a BER of 3,16E-15.

Keywords: DWDM, EDFA, ROA, the BER

### 1. Pendahuluan

Serat optik menyediakan bandwidth yang jauh lebih lebar dimana frekuensinya mampu mencapai 10 THz untuk panjang gelombang pada jangkauan 1510 nm sampai dengan 1600 nm [1]. Serat optik yang mentransmisikan data dalam bentuk gelombang cahaya beresiko mengalami atenuasi. Atenuasi adalah besaran pelemahan informasi dari serat optik yang dinyatakan dalam desibel dan disebabkan oleh beberapa faktor utama yaitu absorpsi dan hamburan (scattering). Silica glass yang merupakan bahan pembuat fiber optik biasanya terbentuk dari silikon-dioksida (SiO<sub>2</sub>). Atenuasi menyebabkan pelemahan energi sehingga amplitudo gelombang yang sampai pada penerima menjadi lebih kecil dari pada amplitudo yang dikirimkan oleh pemancar.

Adanya pengaruh atenuasi pada serat optik menyebabkan terjadinya penurunan sinyal seiring bertambahnya jarak bila sinyal akan ditransmisikan dengan jarak yang lebih jauh maka sinyal tersebut harus diperkuat. Untuk memperkuat sinyal tersebut dibutuhkan penguat untuk mengembalikan kekuatan sinyal seperti semula. Ada beberapa jenis penguat seperti elektronik repeater, EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) dan ROA (Raman Optic Amplifier).

n

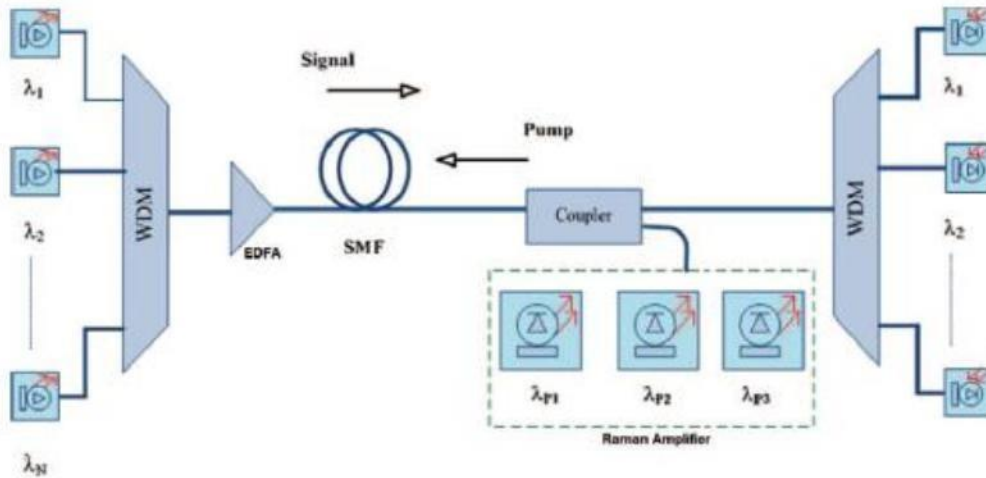
s

m

Satria Hanafie<sup>[1]</sup> telah mengajukan penguat optik hybrid EDFA-ROA yang memiliki performansi lebih baik, yakni menghasilkan BER 10<sup>-6</sup> disamping penguat Raman independen dengan BER 10<sup>-6</sup> pada parameter Dense Wavelength-Division Multiplexing (DWDM) yang sama.

M Luthfi<sup>[2]</sup> telah membahas salah satu teknik untuk meningkatkan penguatan dan perataan gain dengan menambahkan jumlah pompa kedalan serat optik.dengan menggunakan forward scheme, digunakan 11 pompa menghasilkan penguatan sebesar 12,08 dB dengan ripple 0,56 dB, dan bandwidth 83 nm.

**2. Perancangan Sistem**

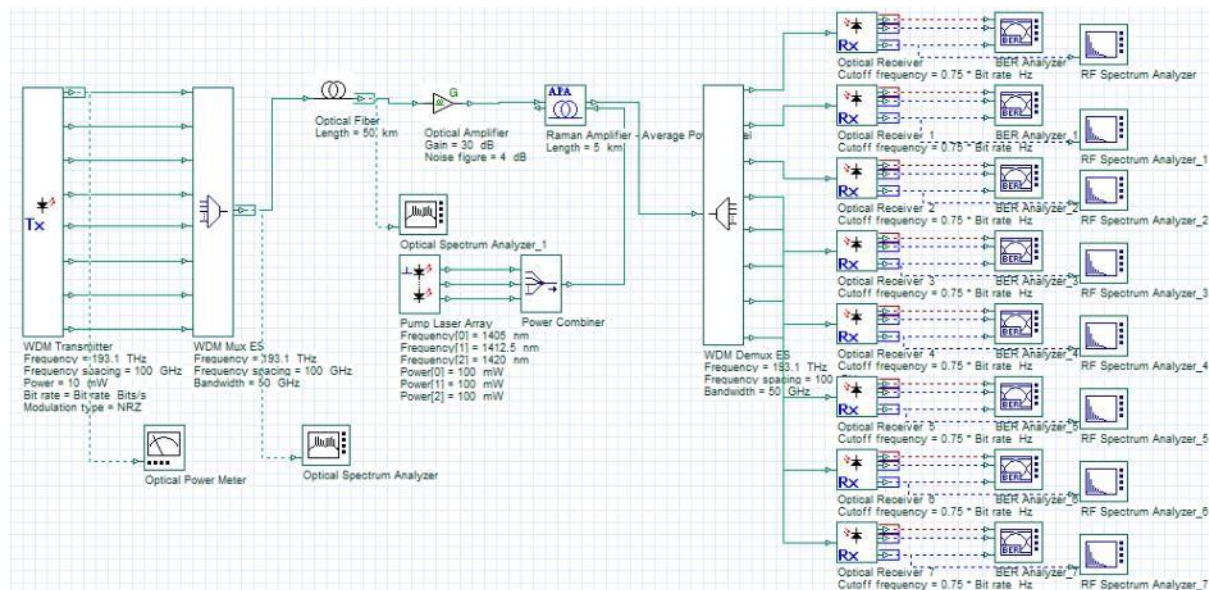


**Gambar 3.1** Model Umum Sistem<sup>[3]</sup>

Sinyal yang dikirimkan akan melewati multiplexer yang berfungsi untuk menggabungkan sinyal optik supaya dapat ditransmisikan melewati sebuah serat optik. Kemudian akan dikuatkan menggunakan penguat Optik hybrid EDFA-Raman. Dalam tugas akhir ini menggunakan tiga pompa pada penguat Raman. Sinyal sampai dipenerima melewati demultiplexer untuk dipisahkan sesuai dengan saat ditransmisikan.

**2.1 Pemodelan Sistem**

Tujuan simulasi ini adalah memanfaatkan kelebihan penguat EDFA dan Raman, dan menghilangkan kelemahan penguat EDFA dan Raman, dibentuk penguat optik hybrid dengan menggabungkan keduanya.



**Gambar 3.3** Konfigurasi Penguat Optik Hybrid EDFA-Raman

Gambar 3.3 menunjukkan simulasi tugas akhir yang dibuat menggunakan software OptiSystem 7.0. pada bagian transmitter ada 8 sinyal yang akan dimultiplexing dengan menggunakan multiplexer 8:1 agar dapat

ditransmisikan melalui serat optik. Sebagai media transmisi, serat optik yang dipakai adalah jenis standart ITU-T G.655 yang dioptimalkan untuk sistem komunikasi DWDM. Digunakan 3 panjang serat optik untuk simulasi yang berbeda yaitu 50 km, 80 km, 100 km.

Pada receiver digunakan APD (Avalanche Photodiode) karena memiliki sensitivitas yang tinggi dan dapat mengakomodasi bandwidth yang besar. kemudiandipasang BER analyzer untuk pengetesan performansi. Tujuan akhir dari simulasi ini adalah mengetahui performansi sistem DWDM menggunakan penguat optik hybrid EDFA-Raman berdasarkan variasi bitrate, power input, gain penguat dan jarak komunikasi terhadap BER.

**2.2 Parameter Sistem**

Parameter yang digunakan pada simulasi ini ada dua jenis, yaitu parameter tetap dan variabel. Parameter tetap seperti daya kirim, sensitivitas penerima, bandwidth per kanal dan margin daya ditentukan berdasarkan studi literatur. Sedangkan varibale seperti jumlah pompa pada penguat ROA ditentukan rentangnya agar diketahui pengaruhnya terhadap performansi sistem DWDM dengan menggunakan penguat hybrid EDFA-ROA. Tabel 3.1 dan tabel 3.2 menunjukkan parameter umum sistem DWDM dan serat optik yang digunakan. Sedangkan untukparameter penguat hybrid ditunjukkan pada tabel 3.3 dan tabel 3.4.

**Tabel 3.1 Parameter DWDM**

Parameter	Nilai	Satuan
Power Transmit	10	dBm
Sensitivitas penerima	-28	dBm
Margin daya	8	dB
Bandwidth per kanal	50	Ghz.km
Jumlah kanal	8	Buah
Spasi kanal	100	GHz
Bitrate per kanal	2.5, 5, 7.5, 10	Gbps

**Tabel 3.2 Serat optik standar ITU-T G.655**

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang serat	50, 80, 100	Km
Redaman serat	0.3	dB/km
Lamda referensi	1550	Nm
Dispersion	8	Ps/nm/km
Efektif coer area	80	$\mu\text{m}^2$

**Tabel 3.3 Parameter penguat hybrid EDFA-ROA**

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang serat Raman	5	Km
Power Pompa	100	mW
Lamda Pompa	1405, 1412.5, 1420	Nm
Gain Penguat	20, 30	dB
Noise Figure Penguat	2, 4	dB
Attenuation	0.3	dB/km

**2.3 Perhitungan Power Link Budget**

**Power Link Budget untuk jarak 50 km**

Fiber loss = 0.3 dB/km x 50 km = 15 dB  
 Connector loss = 2 buah x 0.2 dB = 0.4 dB  
 Splice loss = 24 buah x 0.05 = 1.25 dB  
 Total loss = 16.65 dB  
 Daya kirim = 10 dBm

Untuk mengkompensasi redaman pada optik yang terjadi karena komponen-komponen tambahan maka ditambahkan daya cadangan yang disebut margin sistem. Untuk simulasi ini, besar margin sistem adalah 8dB.

**Jarak transmisi maksimum tanpa penguat**

Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui jarak maksimum yang mampu dicapai, maka dapat diketahui apakah link ini memerlukan penguat atau tidak. Dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P_{\text{output}} = P_{\text{input}} - \alpha L - \sum (\alpha_i \times L_i) - \sum (\alpha_j \times L_j) - M$$

$$= \frac{10 - (28) - (2 \times 0.2) - (0.05 \times 24) - 8}{0.3}$$

$$= \frac{28.38}{0.3} = 94.6 \text{ dB}$$

**Power Link Budget untuk jarak 100 km**

Fiber loss	= 0.3 dB/km x 100 km	=	30	dB
Connector loss	= 2 buah x 0.2 dB	=	0.4	dB
Splice loss	= 49 buah x 0.05	=	2.45	dB
Total loss		=	32.85	dB
Daya kirim	= 10 dBm			

Untuk mengkompensasi redaman pada optik yang terjadi karena komponen-komponen tambahan maka ditambahkan daya cadangan yang disebut margin sistem. Untuk simulasi ini, besar margin sistem adalah 8dB.

**Jarak transmisi maksimum tanpa penguat**

Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui jarak maksimum yang mampu dicapai, maka dapat diketahui apakah link ini memerlukan penguat atau tidak. Dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P_{\text{margin}} = \frac{P_{\text{transmit}} - (\alpha_f \times L) - (\alpha_c \times N_c) - (\alpha_s \times N_s) - M}{0.3}$$

$$= \frac{10 - (28) - (2 \times 0.2) - (0.05 \times 49) - 8}{0.3}$$

$$= \frac{27.15}{0.3} = 90.5 \text{ dB}$$

**Power Link Budget untuk jarak 80 km**

Fiber loss	= 0.3 dB/km x 80 km	=	24	dB
Connector loss	= 2 buah x 0.2 dB	=	0.4	dB
Splice loss	= 39 buah x 0.05	=	1.95	dB
Total loss		=	26.35	dB
Daya kirim	= 10 dBm			

Untuk mengkompensasi redaman pada optik yang terjadi karena komponen-komponen tambahan maka ditambahkan daya cadangan yang disebut margin sistem. Untuk simulasi ini, besar margin sistem adalah 8dB.

**Jarak transmisi maksimum tanpa penguat**

Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui jarak maksimum yang mampu dicapai, maka dapat diketahui apakah link ini memerlukan penguat atau tidak. Dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P_{\text{margin}} = \frac{P_{\text{transmit}} - (\alpha_f \times L) - (\alpha_c \times N_c) - (\alpha_s \times N_s) - M}{0.3}$$

$$= \frac{10 - (24) - (2 \times 0.2) - (0.05 \times 39) - 8}{0.3}$$

$$= \frac{27.65}{0.3} = 92.16 \text{ dB}$$

**3. Hasil Simulasi dan Analisis**

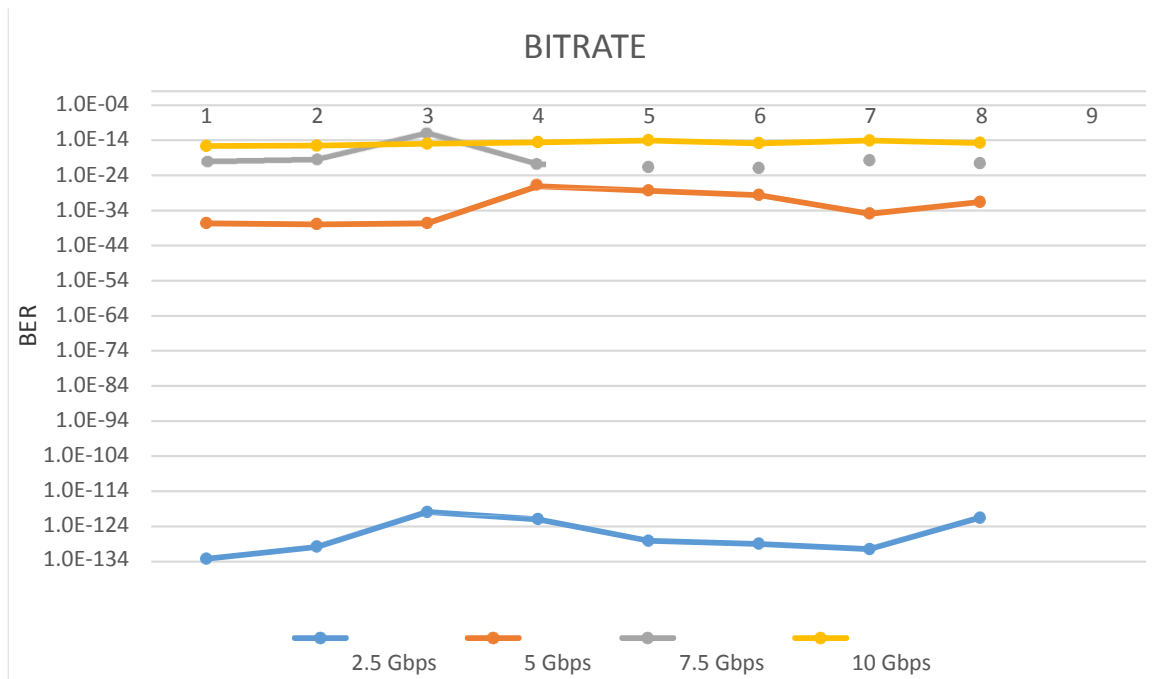
Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah menganalisis performnansi sistem DWDM menggunakan penguat optik hybrid. Performansi kinerja sistem dilihat dari nilai BER di penerima. Adapun parameter yang divariasikan adalah :

1. bitrate transmisi
2. jarak transmisi
3. power input transmitter
4. gain penguat dan noise figure

Dari keempat variabel tersebut dapat diambil kesimpulan penguat optik hybrid yang menghasilkan performansi terbaik, ditinjau dari nilai BER yang dihasilkan.

### 3.1 Analisis Pengaruh bitrate terhadap BER

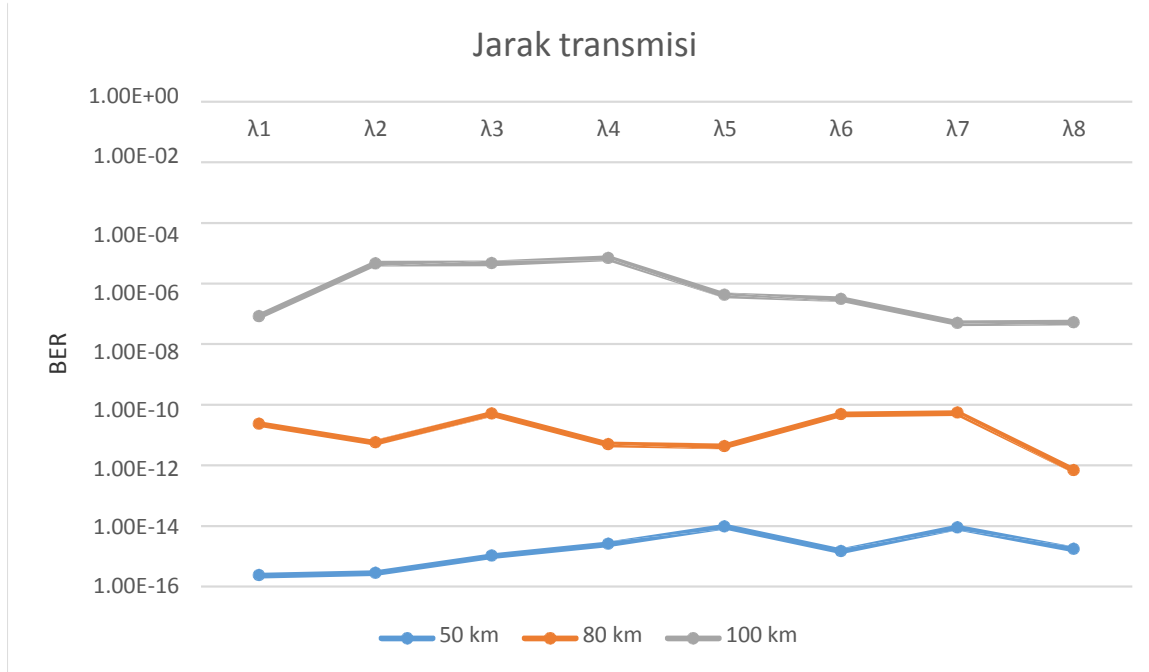
Terlihat pada gambar 3.1 Sistem DWDM yang menggunakan bitrate 10Gbps pada jarak transmisi 50km menghasilkan rata-rata minimum BER sebesar  $3,16E-15$ , sedangkan sistem DWDM yang menggunakan bitrate 2.5Gbps menghasilkan rata-rata minimum BER  $1,45E-121$ . Dari gambar 3.1 disimpulkan sistem DWDM akan menunjukkan performansi yang menurun jika menggunakan bitrate yang lebih tinggi.



Gambar 3.1 Grafik pengaruh bitrate terhadap BER

**3.2 Analisis jarak transmisi terhadap BER**

Jarak transmisi pada sistem DWDM berpenguat optik hybrid ini juga mempengaruhi performansi sistem. Dapat dilihat dari BER yang dihasilkan. Pada jarak transmisi 50 km menghasilkan nilai rata-rata minimal BER sebesar 3,16E-15, sedangkan pada jarak transmisi 80 km menghasilkan nilai rata-rata minimal BER sebesar 2,37E-11, pada jarak transmisi 100 km menghasilkan nilai rata-rata minimal BER sebesar 2,11E-06. Dengan menggunakan parameter sistem DWDM yang sama, yaitu 10 Gbps, dan power input 10 mW.



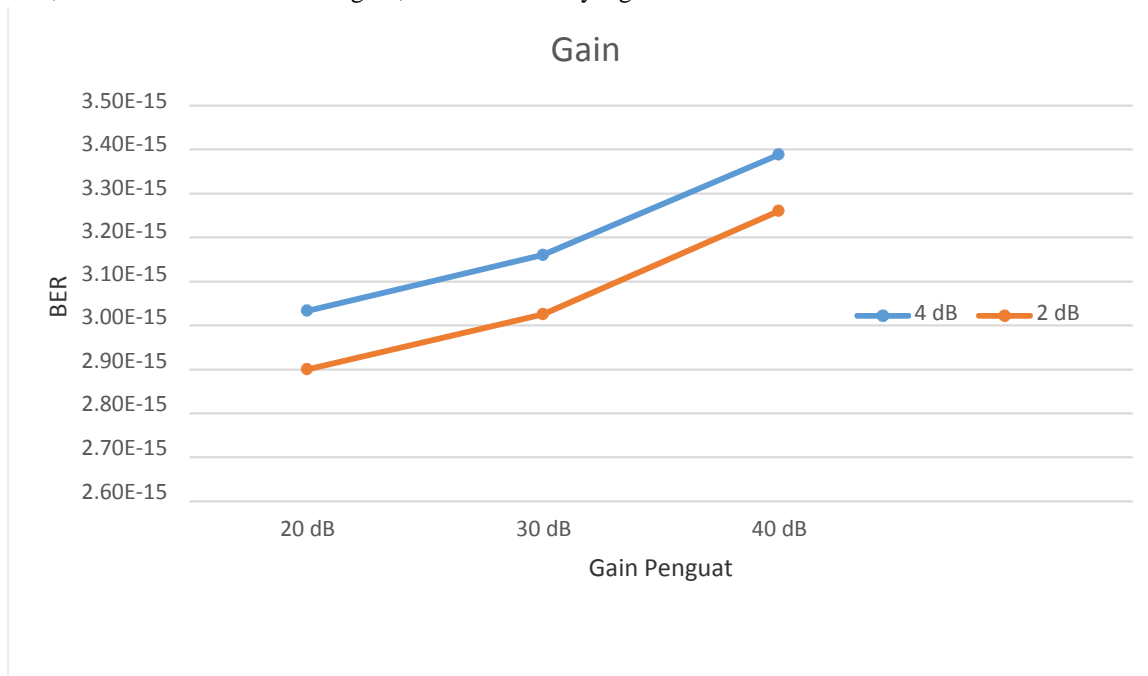
Gambar 3.2 Grafik pengaruh jarak transmisi terhadap BER

Semakin jauh jarak transmisi sistem DWDM berpenguat optik hybrid ini akan menghasilkan nilai BER yang besar. Hal ini bisa terjadi karena pengaruh serat optik yang digunakan. Semakin jauh jarak transmisi, maka redaman yang dihasilkan juga semakin besar oleh karena itu performansi sistem ini akan mengalami penurunan.

**3.3 Analisis Gain penguat terhadap BER**

Gain penguat juga dapat mempengaruhi performansi suatu sistem DWDM berpenguat optik hybrid ini. Nilai gain penguat optik berbanding terbalik dengan nilai BER yang dihasilkan. Semakin besar gain pada penguat maka semakin besar pula BER yang dihasilkan. Nilai BER yang menunjukkan performansi sistem yang baik adalah nilai BER yang mendekati nol.

Grafik berwarna biru menunjukkan besarnya Noise Figure yang diberikan yaitu 4 dB, sedangkan yang berwarna merah sebesar 2 dB. Besar nilai noise figure juga dapat mempengaruhi nilai BER. Nilai noise figure berbanding lurus dengan nilai BER, semakin kecil nilai noise figure, maka nilai BER yang dihasilkan akan kecil.



**Gambar 3.3 Grafik pengaruh Gain Penguat terhadap BER**

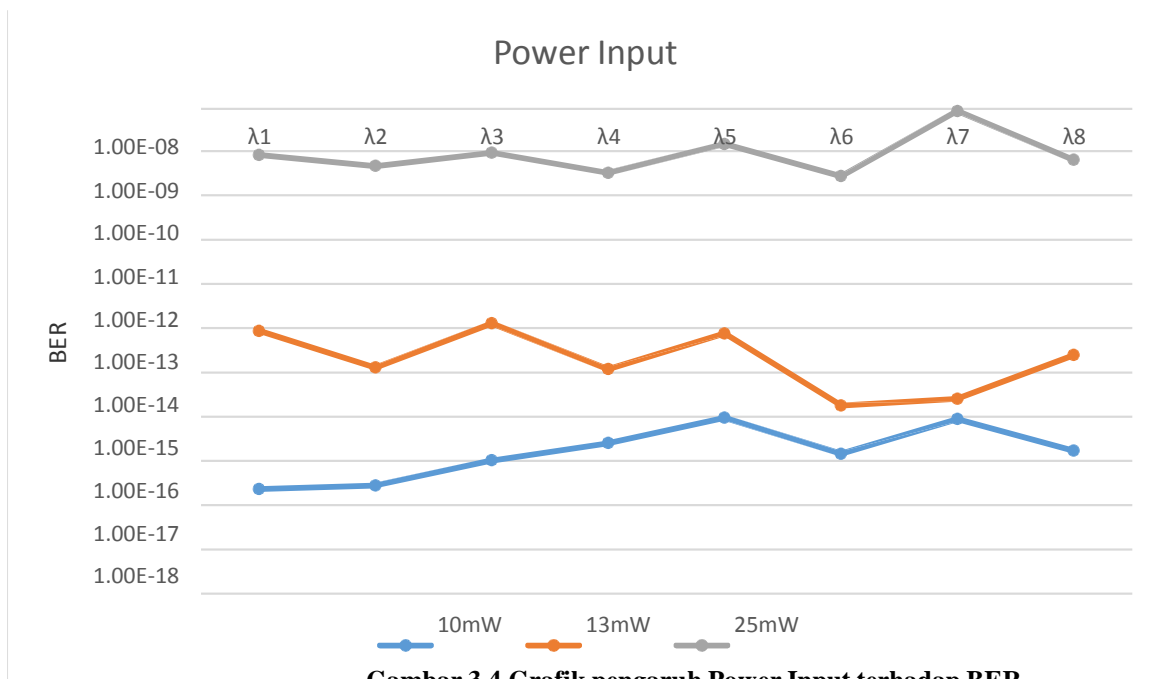
Dengan menggunakan parameter sistem DWDM yang sama, bitrate 10 Gbps dan power input 10 mW. Divariasikan gain penguat sebesar 20 dB, 30 dB, dan 40 dB, noise figure 4dB dan 2 dB. Dihasilkan nilai rata-rata minimal BER yang terkecil yaitu  $2,90E-15$  yaitu dengan menggunakan gain penguat sebesar 20 dB dan noise figure 2 dB. Sedangkan nilai rata-rata minimal BER yang terbesar yaitu  $3,39E-15$  yaitu dengan menggunakan gain penguat sebesar 40 dB dan noise figure 4 dB.

Dari hasil simulasi sistem DWDM dengan menggunakan penguat hybrid ini diketahui bahwa pemilihan nilai gain penguat pada sistem mempengaruhi performansi sistem yang dapat dilihat dari nilai BER. Gain penguat ini pada suatu nilai akan mengalami saturasi, jadi harus sangat hati-hati dalam memilih nilai gain penguat. Semakin besar gain penguat tidak menjamin performansi sistem akan semakin baik. Begitu juga dengan nilai noise figure, performansi sistem akan maksimal apabila menggunakan nilai noise figure yang kecil.

### 3.4 Analisis Power input terhadap BER

Gambar 4.7 menunjukkan pengaruh power input pada sistem DWDM berpenguat optik hybrid terhadap BER yang dihasilkan. Semakin besar power input tidak berarti membuat nilai BER menjadi semakin baik. Namun sebaliknya, semakin besar power input maka semakin besar pula nilai BER yang dihasilkan.

Dengan menggunakan bitrate 10 Gbps, dengan 8 buah kanal yang ditransmisikan sejauh 50 km, dan diberikan penguatan 30 dB. Sistem yang divariasikan power input pada transmitter sebesar 10mW, 13 mW, dan 25 mW. Pada power input 10 mW nilai rata-rata minimal BER adalah  $3,16E-15$ , sedangkan untuk power input 13 mW dihasilkan nilai rata-rata minimal BER sebesar  $4,24E-13$ , kemudian untuk power input 25mW dihasilkan nilai rata-rata minimal BER sebesar  $1,60E-08$ .



**Gambar 3.4 Grafik pengaruh Power Input terhadap BER**

Dari hasil simulasi sistem dengan variasi power input ini, dapat diambil kesimpulan bahwa performansi sistem terbaik terjadi saat sistem diberikan inputan sebesar 10 mW. Semakin besar power input yang diberikan membuat performansi sistem DWDM dengan penguat hybrid ini semakin menurun. Penggunaan power input yang terlalu tinggi akan mempengaruhi parameter sistem DWDM yang lain, BER semakin besar sedangkan Q faktor semakin kecil.

#### 4. Kesimpulan dan saran

##### 4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari tugas akhir ini adalah :

1. Sistem DWDM berpenguat optik hybrid ini menunjukkan performansi yang baik apabila menggunakan bitrate kecil 2,5 Gbps dimana menghasilkan BER sebesar  $1,45E-12$  pada jarak transmisi 50km. Sistem DWDM ini akan menunjukkan performansi yang menurun jika menggunakan bitrate yang lebih tinggi.
2. Sistem DWDM berpenguat optik hybrid ini menunjukkan performansi yang baik apabila menggunakan gain penguat 20 dB menghasilkan BER  $2,90E-15$  dengan sistem DWDM 10Gbps pada jarak transmisi 50 km. Nilai gain penguat optik ini berbanding lurus dengan nilai BER yang dihasilkan, semakin besar gain yang diberikan maka semakin besar nilai BER yang dihasilkan, menunjukkan performansi sistem yang menurun.
3. Sistem DWDM berpenguat optik hybrid ini menunjukkan performansi yang baik apabila diberikan power input sebesar 10 mW menghasilkan BER sebesar  $3,16E-15$  dengan sistem DWDM 10Gbps pada jarak transmisi 50 km. Nilai power input ini berbanding lurus dengan nilai BER yang dihasilkan, semakin besar power input maka semakin besar nilai BER yang dihasilkan, menunjukkan performansi sistem yang menurun.

##### 4.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan jarak transmisi yang lebih jauh dan kanal transmisi yang lebih banyak untuk meningkatkan performansi penguat optik hybrid pada sistem DWDM.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agrawal, G. P. 2002. Fiber Optic Communication System, Third Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Senior, J. M. 2009. Optical Fiber Communication Principles & Practice. Pearson Education Limited.
- [3] Hanafie, Satria. 2013. Analisis Perbandingan Performansi Sistem DWDM menggunakan Penguat SOA, EDFA, dan ROA berbasis Soliton. Tugas Akhir. Bandung: Jurusan Teknik Telekomunikasi I Telkom.
- [4] Luthfi, M. 2015. Analisis Perubahan Kerataan Gain pada Raman Optical Amplifier (ROA) yang di Cascade untuk Sistem Komunikasi Optik Jarak Jauh UW-WDM. Tugas Akhir. Bandung: Jurusan Teknik Telekomunikasi.
- [5] Baharuddin. Evaluasi Penerapan Penguat Optik EDFA\_Raman pada Sistem Komunikasi Fiber Optik. ISSN :0854-8471. No.29 Vol.2 ThnXV April 2008.
- [6] C. Headley and G.P. Agrawal, "Raman amplification in fiber optical communication systems", *Elsevier*, pp.41, eq.2.1.11, (2005).
- [7] Paschotta, Rudiger. 2009. "Amplified Spontaneous Emission." Encyclopedia of Laser Physics and Technology.



- [8] Varallyay, Zoltan, dkk. 2003. Broadband Raman amplifiers in modern telecommunication systems. Departement of Atomic Physics, Budapest University Technology and Economics.
- [9] C. Rivera, R. Olivares, M. Giraldi, A. Barbero, M. Pontes, M. Segatto, M. Martinez, J. Costa, "Numerical Simulations and Experimental Results of a Hybrid EDFA-Raman Amplifier", *SBMO/IEEE MTT-S International Microwave & Optoelectronics Conference (IMOC2009)*, (2009).
- [10] Ju Han Lee, "Performance Comparison of Various Configurations of Single-Pump Dispersion-Compensating Raman/EDFA Hybrid Amplifiers". *IEEE Photonis Technology Letters*, vol 17, No 4, (2005).
- [11] Matheus O. L. Beninca, Maria J. Pontes, Marcelo E. V. Segatto, "Design of a wideband Hybrid EDFA with a Fiber Raman Amplifier", *SBMO/IEEE MTT-S International Microwave & Optoelectronics Conference (IMOC2011)*, (2011)