

## PERFORMANSI EDFA DI SETIAP BIT RATE YANG DIKIRIMKAN DARI TRANSMITTER KE RECEIVER PADA JARAK 50 KM PADA SISTEM

PERFORMANCE EDFA TO ANY BITRATE THAT WAS FROM TRANSMITTER TO RECEIVER ON DISTANCE 50 KM IN OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

Lazuardi Ramadeanto<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  
Jln. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia

<sup>1</sup>[lazuardirama@gmail.com](mailto:lazuardirama@gmail.com), <sup>2</sup>[ahambali@telkomuniversity.ac.id](mailto:ahambali@telkomuniversity.ac.id),  
<sup>3</sup>[brianp@telkomuniversity.ac.id](mailto:brianp@telkomuniversity.ac.id)

### ABSTRAK

Penguat EDFA dibutuhkan untuk permasalahan komunikasi di Indonesia yang terbatas jarak dan waktu. EDFA merupakan penguat optik yang dibuat dengan cara mencampurkan ion erbium ke dalam serat optik. Supaya EDFA digunakan dengan efisien maka diperlukan penelitian performansi yang sesuai untuk *bit rate* tertentu. Karena jika tidak digunakan pada *bit rate* yang sesuai maka EDFA tersebut tidak akan efisien. Pada Tugas Akhir ini dilakukan uji performansi jaringan *transport* dengan 2 skenario. Skenario pertama yaitu tanpa penguat EDFA. Sedangkan skenario kedua yaitu dengan pemasangan penguat EDFA dan keduanya dianalisis mengenai variasi *bit rate*. Pengujian dilakukan perubahan variasi *bit rate* terhadap parameter nilai BER dan *Q Factor*. Hasil simulasi diperoleh performansi pada variasi *bit rate* di setiap skenario tidak jauh beda. Pada scenario dengan EDFA diperoleh hasil BER dan *Q Factor* yang paling optimal yaitu BER 5, 61 x 10<sup>-84</sup> dan *Q Factor* 19, 36.

**Kata Kunci :** DWDM, EDFA, BER, *Q Factor*, *Bit Rate*

### ABSTRACT

EDFA amplifiers are needed for communication problems in Indonesia that are limited in distance and time. EDFA is an optical amplifier made by mixing erbium ions into optical fibers. In order for EDFA to be used efficiently, appropriate performance research is required for certain bit rates. Because if it is not used at the corresponding bit rate then the EDFA will not be efficient. In this Final Task, there is a network transport performance test with 2 scenarios. The first scenario is without EDFA amplifier. While the second scenario is by installing EDFA amplifier and both are analyzed about bit rate variation. The test is done by changing the bit rate variation on BER value parameter and *Q Factor*. The simulation results obtained the performance on bit rate variation in each scenario is not much different. In the scenario with EDFA obtained the most optimal BER and *Q Factor* results are BER 5, 61 x 10<sup>-84</sup> and *Q Factor* 19, 36.

**Keyword :** DWDM, EDFA, BER, *Q Factor*, *Bit Rate*

### 1. Pendahuluan

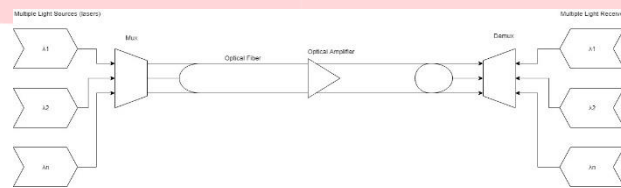
Dari permasalahan bentuk geografis Indonesia untuk pemasangan jaringan optik maka diusulkan sebuah solusi untuk jarak dan waktu dibutuhkan penguat sehingga kualitas sinyal informasi yang dikirimkan tetap baik. Maka dari itu, EDFA dibutuhkan untuk permasalahan komunikasi di Indonesia yang terbatas jarak dan waktu. EDFA merupakan penguat optik yang dibuat dengan cara mencampurkan ion erbium ke dalam serat optik. Supaya EDFA digunakan dengan efisien maka diperlukan penelitian performansi yang sesuai untuk *bit rate* tertentu. Karena jika tidak digunakan pada *bit rate* yang sesuai maka EDFA tersebut tidak akan efisien. Penelitian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini adalah analisis EDFA pada sistem komunikasi optik *long haul*. Parameter yang digunakan adalah jarak minimal, yaitu 50 km karena 50 km adalah standarisasi minimal ITU-T untuk sistem komunikasi long haul. Hasil dari penelitian ini adalah menentukan bit rate yang sesuai untuk digunakan di EDFA pada jarak 50 km.

### 2. Dasar Teori

#### A. Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)

*Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) merupakan teknologi terbaru dalam telekomunikasi dengan media kabel serat optik. Dimana *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) merupakan suatu metode penggabungan sinyal-sinyal optik dengan panjang gelombang operasi yang berbeda-beda yang ditransmisikan kedalam sebuah serat optik tunggal dengan memperkecil spasi antar kanal sehingga terjadi peningkatan jumlah kanal yang mampu dimultipleks.

Teknologi DWDM dinyatakan sebagai suatu teknologi jaringan *transport* yang memiliki kemampuan untuk membawa sejumlah panjang gelombang (4, 8, 16, 32, dan seterusnya) dalam satu fiber tunggal. Artinya, apabila dalam satu fiber itu dipakai empat gelombang, maka kecepatan transmisinya menjadi  $4 \times 10$  Gbps. Inti perbaikan dari DWDM ini terdapat pada infrastruktur yang digunakan, seperti jenis laser dan penguat. Perbaikan teknologi ini dipicu dengan adanya perkembangan teknologi fotonik, seperti penemuan EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*) sebagai penguat optik, dan laser dengan presisi yang lebih tinggi. Penemuan EDFA memungkinkan DWDM beroperasi pada daerah 1550 nm yang memiliki *attenuasi* rendah.



Gambar 1

## B. EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier)

EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*) adalah perangkat optik yang mampu memperkuat sinyal optik dengan adanya  $Er^{3+}$ , ion bumi yang langka yang sedang didoping dalam serat optik konvensional. Doping ion  $Er^{3+}$  ke dalam inti serat akan meningkatkan profil indeks bias sementara proses amplifikasi dicapai melalui stimulasi emisi oleh  $Er^{3+}$  setelah menyerap jumlah proporsional energi cahaya. Sifat dari  $Er^{3+}$  didasarkan pada spektrum atom. Ada banyak puncak penyerapan panjang gelombang antara 400 - 1600 nm. Umumnya pada band 980 nm dan 1480 nm digunakan dalam sistem komunikasi optik untuk melakukan tingginya angka penyerapan oleh  $Er^{3+}$ .

Pada dasarnya untuk prinsip kerjanya hampir sama dengan prinsip kerja laser, dimana transisi electron yang menepati tingkat energi yang lebih tinggi menuju ke tingkat yang lebih rendah, dan tentu saja elektron di tingkat yang lebih tinggi haruslah lebih banyak dibandingkan pada tingkat rendah, atau lebih dikenal dengan inversi populasi. Dengan demikian perpindahan itu akan memancarkan cahaya dengan intensitas yang tinggi. EDFA digunakan untuk pengembangan sistem komunikasi serat optik jarak jauh pada kecepatan tinggi dengan menggunakan teknik *Wavelength Division Multiplexing* (WDM).

Adapun karakteristik dari 3 jenis penguat di atas adalah :

- Booster (power) amplifier: low noise figure, High Psat.*
- In-line amplifier : high gain, high Psat.*
- Receiver preamplifier : low NF, high gain.*

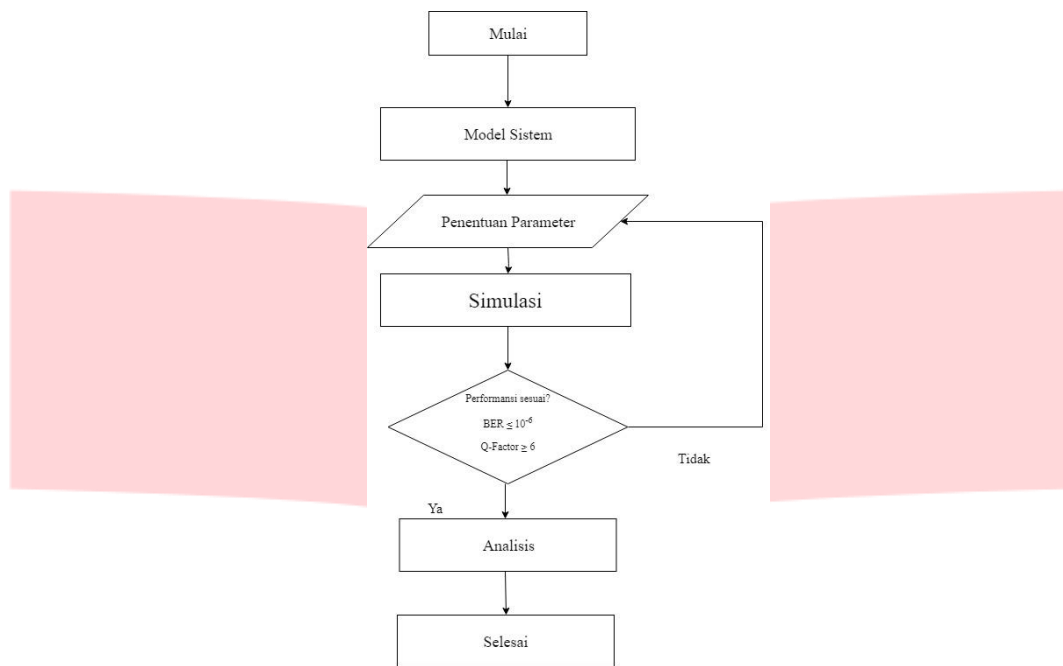
### a. Bit Error Rate

*Bit error rate* atau *bit error ratio* biasa disingkat dengan **BER**, merupakan sejumlah bit digital bernilai tinggi pada jaringan transmisi yang ditafsirkan sebagai keadaan rendah atau sebaliknya, kemudian dibagi dengan sejumlah bit yang diterima atau dikirim atau diproses selama beberapa periode yang telah ditetapkan.

Maka BER pada kasus ini ada 3 kesalahan penafsiran bit kemudian sebagai nilai BER yang dihasilkan adalah nilai kesalahan ini dibagi dengan sejumlah bit yang kirim yaitu 10 bit, sehingga didapatkan 0.3 atau 30%.

**Kesalahan bit**  $p$  **probabilitas**  $p$  adalah nilai harapan dari BER. BER ini dapat dianggap sebagai estimasi perkiraan probabilitas kesalahan bit. Perkiraan ini cukup akurat untuk interval waktu yang lama dipelajari dan sejumlah besar kesalahan bit.

## C. Pembahasan



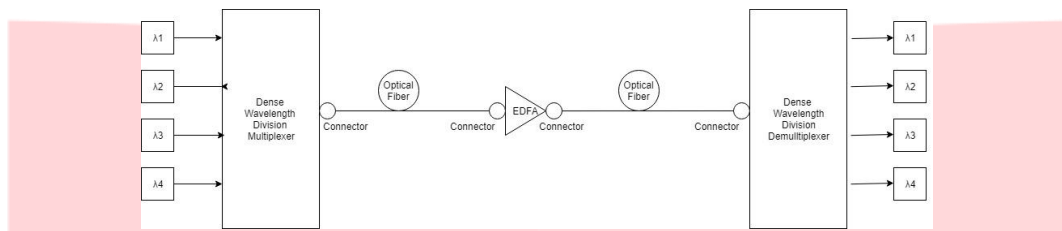
Gambar 2

- **Pemodelan**  
Pada diagram *process* ini adalah memulainya langkah untuk memulai simulasi dengan merancang model sistem long haul pada *opti system* dengan komponen-komponen yang tersedia pada *opti system*.
- **Perancangan Model Sistem**  
Pada diagram *process* ini adalah merancang model sistem sesuai dengan diagram blok yang sudah ada.
- **Penentuan Parameter**  
Pada diagram *input* ini adalah penentuan parameter yang sudah dihitung yaitu parameter bit rate dan jarak. Ketiga parameter bit rate tersebut akan digunakan untuk simulasi, sehingga menghasilkan BER yang berbeda.
- **Perhitungan**  
Pada diagram *process* ini adalah perhitungan PLB, SNR, Q-Factor, dan BER secara manual, sehingga hasilnya bisa digunakan untuk acuan langkah selanjutnya.
- **Simulasi**  
Pada diagram *process* ini adalah metode-metode yang digunakan pada simulasi. Di mana 4 kondisi dengan *bit rate* dan jarak berbeda yang akan dicari hasil BER yang sesuai. Kemudian dibuat grafik perbandingan antara 4 parameter bitrate yang sudah dilakukan simulasi sehingga bisa dilihat perbedaan nilai parameter yang lainnya.
- **Analisis Performansi**  
Pada diagram *decision* ini adalah analisa performansi pada hasil *output* yang sesuai. Jika hasil BER tidak menunjukkan  $10^{-6}$  maka proses simulasi akan diulang sampai hasil BER menunjukkan  $10^{-6}$ . Ketika hasil BER sudah sesuai maka langkah selanjutnya adalah menganalisa performansi di setiap parameter optiknya.

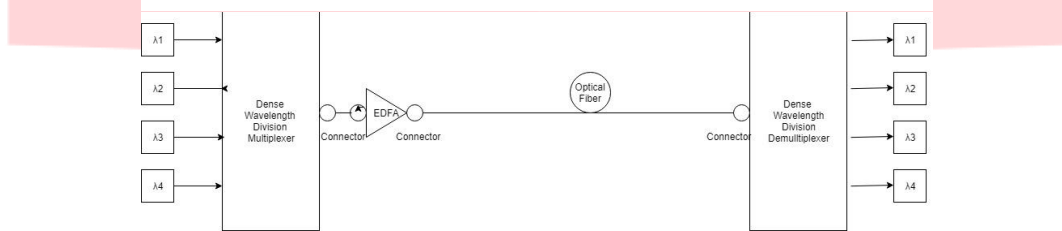
#### a. Perancangan Sistem

Model sistem DWDM dilakukan dengan 4 skenario yaitu dengan tanpa EDFA, dengan EDFA pada posisi *inline*, EDFA pada posisi *booster*, dan EDFA pada posisi *preamplifier* kemudian ada 4 skema yaitu bitrate 40 Gbps, 10 Gbps, 2,5 Gbps, dan 625 Mbps. Skema DWDM dengan penguat EDFA dibuat dengan menggunakan software optisystem 7.0. Pada bagian transmitter ada 4 buah bit generator yang masing –masing terhubung dengan sebuah optical pulse generator yaitu optical *secant- hyperbolic pulse* yang

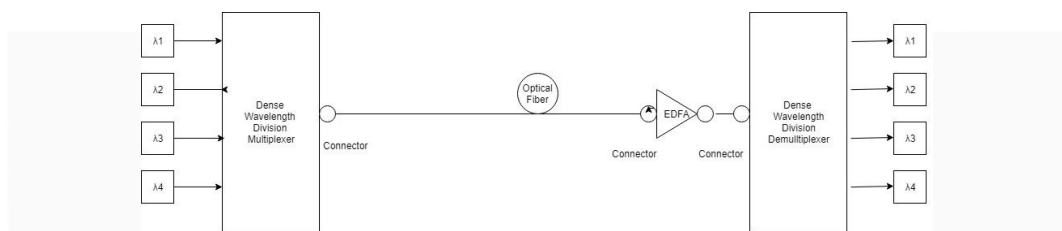
merepresentasikan sistem DWDM Soliton. Empat sinyal di multiplexing dan dilewatkan melalui serat optik jenis singlemode dengan panjang serat optik 50 km sebelum masuk ke demultiplexer. Pada bagian receiver di pasang BER analyzer dan Optical Spectrum Amplifier untuk pengetesan performansi. Tujuan akhir dari simulasi ini adalah membandingkan BER antara 4 *bitrate* tersebut.



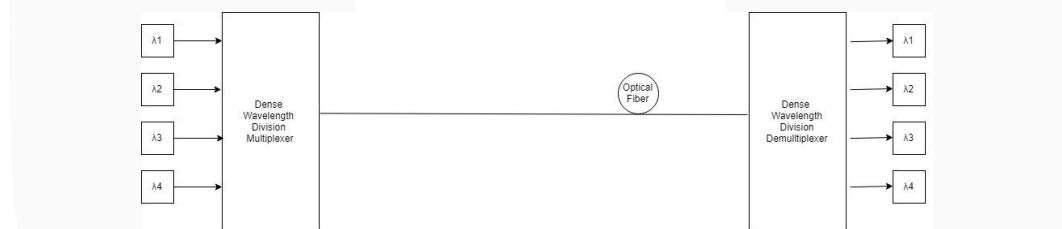
Gambar 3



Gambar 4



Gambar 5



Gambar 6

### b. Penentuan Parameter

Pada pensimulasian ini menggunakan satu paket *transmitter*, serat optik, *receiver*, penguat optik, konektor, *multiplexer demultiplexer*, *BER analyzer*, *Optical Power Meter*, dan *WDM analyzer*

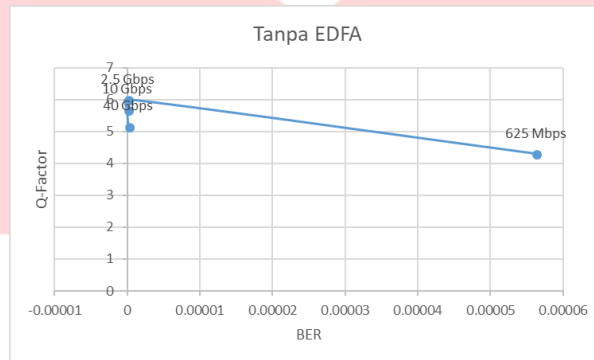
### c. Simulasi Sistem

Simulasi yang dilakukan ada 4 skenario yaitu dengan tanpa EDFA, dengan EDFA pada posisi *inline*, EDFA pada posisi *booster*, dan EDFA pada posisi *preamplifier* kemudian ada 4 skema yaitu *bitrate* 40 Gbps, 10 Gbps, 2,5 Gbps, dan 625 Mbps. Bertujuan untuk mengetahui perbedaan keluaran BER dan *Q-Factor* di setiap perbedaan *bitrate*.

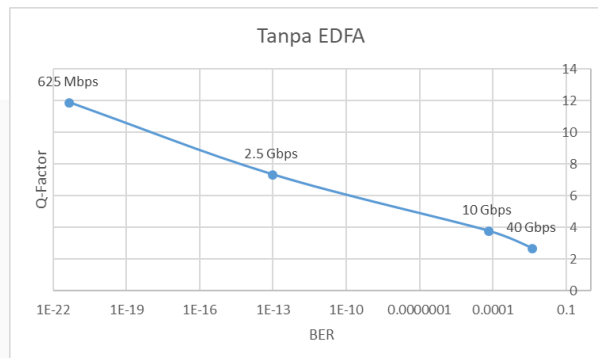
## D. Analisis

### A. Analisis Skenario I

Dilakukan simulasi pada pengujian pertama dengan skema variasi *bitrate* tanpa penguat EDFA, bertujuan untuk mengetahui performansi masing-masing variasi *bitrate*. Selanjutnya mengaplikasikan model sistem tersebut ke dalam *setup* simulasi menggunakan optik *simulator*. Pada pengujian ini divariasikan *bitrate* dari 625 Mbps, 2,5 Gbps, 10 Gbps, dan 40 Gbps. Jarak yang digunakan pada simulasi ini adalah 50 km.



(a)



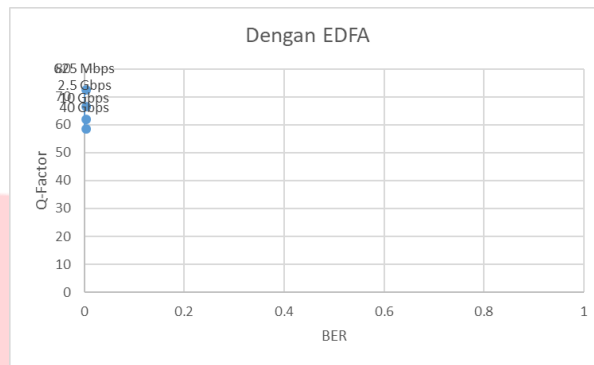
(a)

Gambar 7

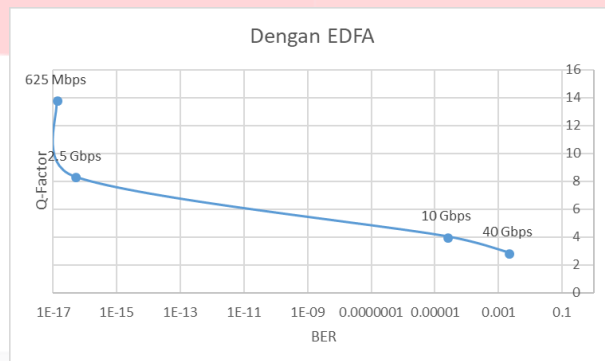
Gambar 7 menunjukkan hasil perhitungan manual dan perhitungan hasil simulasi didapatkan variasi hasil BER dan *Q-Factor*. Walaupun perhitungan manual dan perhitungan hasil simulasi berbeda didapatkan bahwa apabila nilai *Q-Factor* semakin tinggi maka nilai BER semakin rendah.

### B. Analisis Skenario II

Dilakukan simulasi pada pengujian pertama dengan skema variasi *bitrate* dengan penguat EDFA, bertujuan untuk mengetahui performansi masing-masing variasi *bitrate*. Selanjutnya mengaplikasikan model sistem tersebut ke dalam *setup* simulasi menggunakan optik *simulator*. Pada pengujian ini divariasikan *bitrate* dari 625 Mbps, 2,5 Gbps, 10 Gbps, dan 40 Gbps. Jarak yang digunakan pada simulasi ini adalah 50 km.



(a)



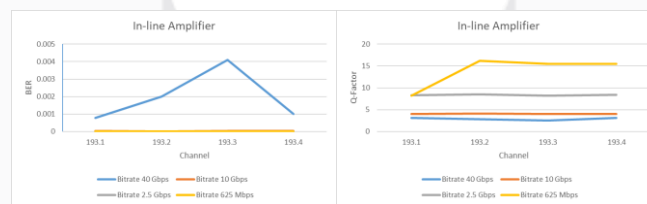
(b)

Gambar 8

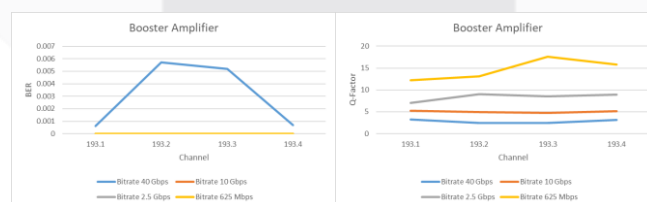
Gambar 8 menunjukkan hasil perhitungan manual dan perhitungan hasil simulasi didapatkan variasi hasil BER dan  $Q$ -Factor. Walaupun perhitungan manual dan perhitungan hasil simulasi berbeda didapatkan bahwa apabila nilai  $Q$ -Factor semakin tinggi maka nilai BER semakin rendah.

**C. Analisis Skenario Variasi Penempatan EDFA**

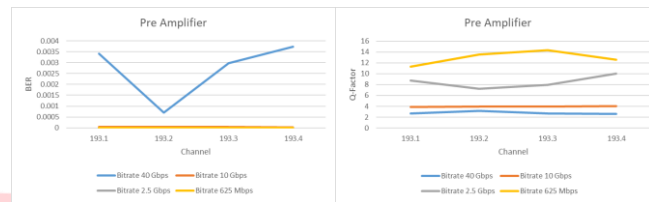
Dilakukan simulasi pada pengujian ketiga dengan skema variasi *bitrate* dengan penguat EDFA pada 3 penempatan yaitu *booster*, *in-line*, dan *pre-amplifier* bertujuan untuk mengetahui performansi masing-masing variasi *bitrate* dan posisi penguatnya. Selanjutnya mengaplikasikan model sistem tersebut ke dalam *setup* simulasi menggunakan optik *simulator*. Pada pengujian ini divariasikan *bitrate* dari 625 Mbps, 2,5 Gbps, 10 Gbps, dan 40 Gbps. Jarak yang digunakan pada simulasi ini adalah 50 km.



(a)



(b)



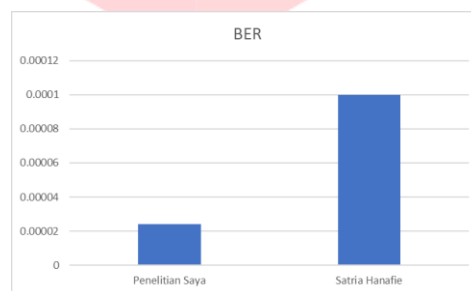
(c)

Gambar 9

Gambar 9 menunjukkan hasil BER dan  $Q$ -Factor. Bisa dilihat bahwa performansi penempatan EDFA yang paling optimal adalah pada *booster* karena memiliki nilai  $Q$ -Factor yang paling besar dan nilai BER yang paling kecil.

#### D. Perbandingan Dengan Penelitian Lain

- a. Dilakukan perbandingan penelitian sehingga dapat diketahui perbedaan hasil pada skema yang sama.



E.

F. Gambar 10

- G. Gambar 10 menunjukkan perbandingan hasil BER di 10 Gbps pada penelitian ini dengan penelitian Satria Hanafie. Bisa dilihat bahwa *bitrate* yang digunakan sama yaitu 10 Gbps tetapi memiliki hasil BER yang berbeda.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dari analisis 2 skenario yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Hasil analisis dari skenario 1 diketahui bahwa hasil BER dan  $Q$ -Factor yang sudah sesuai adalah pada *bitrate* 2,5 Gbps dan 625 Mbps. Untuk hasil paling sempurna adalah pada *bitrate* 625 Mbps. Hasil analisis dari skenario 2 diketahui bahwa hasil BER dan  $Q$ -Factor yang sudah sesuai adalah pada *bitrate* 2,5 Gbps dan 625 Mbps. Untuk hasil paling sempurna adalah pada *bitrate* 625 Mbps. Hasil parameter BER,  $Q$ -Factor, SNR dan daya terima dari kedua skenario lebih optimal apabila jaringan DWDM pada jarak 50 km dipasang penguat EDFA. Pada skema menggunakan penguat EDFA untuk jarak 50 km (*long-haul*) dengan *bitrate* 625 Mbps pada kanal 193.4 diperoleh nilai yang paling optimal dengan nilai  $Q$  Factor 15,64 dan BER  $1,83 \times 10^{-55}$ . Pada skema variasi penempatan EDFA hasil paling optimal adalah pada *booster* dengan nilai  $Q$  Factor 17,6085 dan BER  $1,0189 \times 10^{-69}$ . Faktor yang mempengaruhi penurunan nilai  $Q$  Factor adalah nilai atenuasi dan dispersi dari fiber optik yang menyebabkan penurunan daya sinyal dan terjadinya *Inter Symbol Interference (ISI)*.

#### Daftar Pustaka :

- [1]. Baharuddin "EVALUASI PENERAPAN PENGUAT OPTIK EDFA – RAMAN PADA SISTEM KOMUNIKASI FIBER OPTIK" No. 29 Vol.2 Thn. XV April 2008 ISSN: 0854-8471
- [2]. "Konsep Dasar Serat Optik dan Dense Wavelength Division Multiplexing" Universitas Sumatera Utara Tahun 2009.
- [3]. Farah Diana Binti Mahad and Abu Sahmah Bin Mohd Supa'at, "EDFA Gain Optimization for WDM System", Faculty of Electrical Engineering, University Teknologi Malaysia Johor Malaysia. Department of Optic and Telematic Engineering, 2009

- [4]. Toru Yoshikawa, Kazuro Okamura, Eisuke Otani, Takeo Okaniwa, Tatsuji Uchino, Masaru Fukushima, and Nobuyuki Kagi, "WDM Burst Mode Signal Amplification by Cascaded EDFA with Transient Control" Fitel Photonics Laboratory, Furukawa Electric Co., LTD. 5-1-9, Higashi-yawata, Hiratsuka, Kanagawa, 256-0016 Japan No. 11 Vol. 14 May 2006 Optics Express.
- [5]. Dita Mustika Oktiawati, "Analisa Gain dan Noise Figure Pada L – band EDFA Dalam Konfigurasi Double – Pass Pada Sistem Komunikasi Optik" , Fakultas Teknik Elektro, Universitas Indonesia Depok, 2010
- [6]. Desurvire, Erbium Doped Fiber Amplifiers, John Wiley (1994) Shoichi Sudo (eds.), Optical Fiber Amplifiers: Material, devices and applications, artech House Inc. (1997)
- [7] R.Pollock, Fundamental of optoelectronics, Irwin (1996)
- [8]. Analysis and performance evaluation of conventional WDM and DWDM by Avizit Basak, Zargis Talukder, Salman Ananda Chowdhury, Md. Rakibul Islam.(Published in Global Journal, USA).
- [9]. Suzuki, K.I, Masuda, H., Kawai, S. and Nakagawa, K.(1997) Bidirectional 10-channel 2.5Gbit/s WDM transmission over 250 km using 76nm (1531- 1607nm) gain-band bidirectional erbium-doped fiber amplifiers". Electronic Letters. vol33; pp.1967-1968; no 23. (1997).
- [10]. Optical Society of America "Fiber, Devices, and Systems for Optical Communications.
- [11]. Ramaswami R., and K.N.Sivarajan, "Optical Networks", San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
- [12]. S. Hanafie, "Analisis Perbandingan Performansi Sistem DWDM menggunakan Penguat SOA, EDFA dan ROA berbasis Soliton," in *Tugas Akhir*, Bandung, Universitas Telkom, 2013.
- [13]. I. Ardiansyah, "Analisis Performansi Penguat Optik Hybrid Dengan Array Waveguide Grating (AWG) Pada Jaringan Transport" in *Tugas Akhir*, Bandung, Universitas Telkom, 2017
- [14]. Hambali, A., & Pamukti, B. (2017, September). Performance analysis of hybrid optical amplifier in long-haul ultra-dense wavelength division multiplexing system. In Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCREC), 2017 International Conference on (pp. 80-83). IEEE.