

# Analisis 1,28 Tbps *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) Menggunakan Modulasi Eksternal dan Deteksi Langsung

Unggul Riyadi<sup>1</sup>, Fauza Khair<sup>2</sup>, Dodi Zulherman<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto  
Purwokerto

<sup>1</sup>unggul.riyadi20@gmail.com, <sup>2</sup>fauza.khair@ittelkom-pwt.ac.id, <sup>3</sup>zulherman.dodi@ittelkom-pwt.ac.id

## Abstrak

Teknologi telekomunikasi semakin berkembang pesat yang diiringi peningkatan kebutuhan layanan seperti *bandwidth* yang besar, akses data berkecepatan tinggi, dan kinerja sistem yang baik. Sistem DWDM dapat menjadi pilihan untuk memenuhi kebutuhan tersebut, tetapi penggunaan sistem DWDM dalam pentransmisian jarak jauh seringkali mengalami degradasi sinyal yang dapat memperburuk kinerja sistem. Adanya degradasi sinyal dapat diatasi menggunakan penguat EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*). Pada penelitian ini dilakukan perancangan model *link* DWDM menggunakan OptiSystem 14. Rancangan DWDM menggunakan 32 kanal, spasi kanal 200 GHz, dan *bitrate* 40 Gbps per kanal. Panjang link yang digunakan sejauh 180 km dengan penguat EDFA. Penelitian dilakukan dengan variasi daya pada *laser* sebesar -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, dan 8 dBm. Dari hasil analisis yang dilakukan, perubahan variasi daya berpengaruh terhadap kinerja sistem. DWDM dengan nilai daya *laser* -6, -4, -2, 0, 2, 4, dan 6 dBm memenuhi standar nilai *Q-factor* dan BER (*Bit Error Rate*). Sedangkan pada daya *laser* -8 dBm tidak memenuhi standar yang telah ditentukan. *Q-factor* tertinggi bernilai 18,9987 dan BER  $5,56068 \times 10^{-81}$  pada panjang gelombang 1552,52 nm, sedangkan *Q-factor* terendah bernilai 5,74574 dan BER  $4,36829 \times 10^{-9}$  pada panjang gelombang 1573,71 nm. Penelitian menunjukkan bahwa semakin besar daya *laser* yang digunakan maka kinerja sistem semakin baik.

**Kata Kunci :** DWDM, EDFA, *Q-factor*, BER.

---

## Abstract

*Telecommunications technology is growing rapidly, this raises the need for such a large bandwidth, high-speed data access, and good system performance. DWDM systems can be an option to meet those needs, in the form of long haul transmissions that can occur, but the use of DWDM systems in remote transmissions often suffers signal degradation that can aggravate system performance. The presence of signal degradation that can be overcome using an EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier). In this research, we use OptiSystem 14 to design and simulate the DWDM link model. DWDM system is designed with 32 channels, 200 GHz channel spacing, and 40 Gbps bit rate per channel. We design the DWDM link with length 180 km and use EDFA amplifier with in line model. The research was conducted with variation of power on laser equal to -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, and 8 dBm. From the results of the analysis, changes in power variations. DWDM systems using laser power value -6, -4, -2, 0, 2, 4, and 6 dBm meet the standard of *Q-factor* and BER (Bit Error Rate). While at -8 dBm laser power does not meet the predetermined standards. Based on result, we got the highest *Q-factor* about 18,9987 and the best BER about  $5,56068 \times 10^{-81}$  for wavelength 1552,52 nm. In other hand, the lowest *Q-factor* about 5,74574 and the highest BER  $4,36829 \times 10^{-9}$  for wavelength 1573,71 nm. Research shows the greater the laser power used then the system performance is good.*

**Keywords :** DWDM, EDFA, *Q-factor*, BER.

---

## I. PENDAHULUAN

Teknologi telekomunikasi semakin berkembang pesat, hal ini disebabkan banyak pengguna dalam menyalurkan informasi, serta peningkatan kebutuhan informasi. *Bandwidth* yang besar dan kecepatan pengiriman yang tinggi untuk jarak jauh menjadi kebutuhan untuk proses transmisi.

Serat optik menjadi pilihan utama untuk mengatasi masalah tersebut. Selain kecepatan tinggi dalam mentransmisikan data, serat optik juga memiliki *bandwidth* yang besar dan tahan terhadap interferensi.

Pemanfaatan *bandwidth* pada serat optik diterapkan menggunakan metode teknik *multiplexing*. Teknik tersebut

merupakan teknologi dari serat optik yang memiliki prinsip kerja dengan mentransmisikan sinyal dalam jumlah yang banyak melalui satu serat optik. Salah satu teknologi yang menggunakan teknik *multiplexing* adalah *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) yang dikembangkan untuk mentransmisikan gelombang dalam jumlah yang sebanyak-banyaknya melalui satu saluran dengan mempersempit spasi kanal. DWDM menggunakan panjang gelombang 1500nm – 1600nm dengan redaman minimum untuk transmisi jarak yang jauh. Sehingga dapat dikatakan bahwa teknologi DWDM sangat baik untuk diterapkan dalam jaringan telekomunikasi jarak jauh, serta mengantisipasi trafik yang tinggi, dan kebutuhan *bandwidth* yang besar. Namun, sistem DWDM seringkali terjadi gangguan dalam proses transmisi sinyal seperti efek *non-linier* dan dispersi. Efek *non-linier* merupakan efek yang dapat memperburuk kinerja sistem pada saat mentransmisikan sinyal informasi sehingga mempengaruhi performa sistem, penggunaan kanal dan degradasi sinyal akibat efek *non-linier*. Degradasi sinyal dapat diatasi dengan menggunakan penguat optik dalam sistem DWDM, seperti *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA). EDFA merupakan komponen yang digunakan untuk memperkuat sinyal pada saat ditransmisikan dan dapat digunakan pada jarak ratusan kilometer. Dalam penggunaannya EDFA dapat memperoleh kerataan penguatan, degradasi sinyal yang kecil, dan kualitas *diagram eye* yang baik.

Penelitian penguat EDFA pada sistem DWDM telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penelitian yang dilakukan oleh (Moses, 2015) menganalisis teknik modulasi pada sistem DWDM menggunakan 16 kanal pada jarak 100 km dengan *bitrate* 10 Gbps dan spasi kanal sebesar 50 GHz, serta menggunakan tiga penguat optik yang berbeda yaitu EDFA, SOA, dan Raman. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa modulasi internal memiliki kinerja yang kurang baik terhadap penggunaan penguat optik yang berbeda, terutama pada penguat SOA. (Moses & B, 2015)

Penelitian yang dilakukan oleh (Senthamizhselvan, 2014) menganalisis kinerja DWDM terdiri dari 20 kanal dengan daya *input* 7 dBm, spasi kanal 100 GHz pada jarak 100 km menggunakan format modulasi NRZ dan RZ, serta penggunaan DCF. Penelitian tersebut menghasilkan nilai BER  $1,70442 \times 10^{-06}$  untuk format modulasi NRZ, sedangkan nilai BER pada format modulasi RZ bernilai  $7,50674 \times 10^{-19}$ . Hasil yang didapat menyatakan bahwa format modulasi NRZ tidak memenuhi standar dalam sistem DWDM. (Senthamizhselvan, Ramachandran, & Rajasekar, 2014)

Penelitian yang dilakukan oleh (Cho, 2015) melakukan simulasi dan optimasi terhadap sistem DWDM dengan 32 kanal pada jarak 55 km menggunakan 2 penguat EDFA. Pada sisi *transmitter* menggunakan CW *Laser*, sedangkan pada *receiver* menggunakan PIN *photo diode*. Skenario pertama menggunakan spasi kanal 25 GHz dan menghasilkan nilai *Q-factor* sebesar 5 dan nilai BER sebesar  $1,12 \times 10^{-07}$ . Hasil tersebut belum memenuhi standar sistem DWDM, kemudian dilakukan optimasi dengan memperbesar spasi

kanal sebesar 150 GHz dan menghasilkan nilai *Q-factor* bernilai 51,85 dan BER bernilai 0. (Cho & Kim, 2015)

Penelitian oleh (Friandawa, 2017) melakukan pemodelan dan simulasi *link* DWDM menggunakan tiga skema EDFA yaitu *booster amplifier*, *in-line amplifier*, dan *pre amplifier*. Dari hasil analisa penelitian yang dilakukan menyatakan bahwa skema *booster amplifier* memiliki kinerja yang paling baik diantara ketiga skema EDFA. *Q-factor* bernilai paling maksimal yaitu 7,70079 dan BER yang bernilai paling optimal yaitu  $5,58823 \times 10^{-15}$  pada panjang *link* 72 km, *bitrate* 10 Gbps dan *line coding* RZ. (Friandawa, Hambali, & Pambud, 2017)

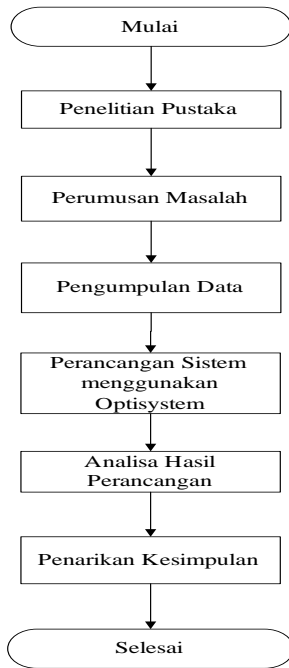
Penelitian yang dilakukan oleh (Waseer, 2014) melakukan analisis terhadap simulasi sistem DWDM. Pada sisi pengirim menggunakan CW *Laser*, sisi penerima menggunakan detektor PIN, dan penggunaan penguat EDFA dan Raman pada transmisi. Simulasi dilakukan dengan jarak *link* yaitu 60, 100, 120, 150 dan 170 km. Hasil simulasi menyatakan EDFA memiliki kinerja yang baik pada panjang *link* 60 km, sedangkan Raman mampu memberikan kinerja yang baik pada jarak 150 km. (Waseer, Halepoto, & Joyo, 2014)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, penelitian ini membahas unjuk kerja sistem DWDM berdasarkan parameter *Q-factor* dan *Bit Error Rate* (BER). Model rancangan yang kami usulkan menggunakan *bit rate* sebesar 40 Gbps. Perancangan menggunakan 32 kanal dengan modulasi eksternal dan deteksi langsung. Pada bagian pengirim menggunakan CW *Laser*, sedangkan pada bagian penerima menggunakan detektor APD. Spasi kanal yang digunakan sebesar 200 GHz. Panjang *link* 180 km yang terdiri dari SMF sepanjang 150 km dan DCF sepanjang 30 km. Adapun penambahan EDFA yang digunakan sebagai penguat sinyal dalam proses transmisi sistem DWDM. Penelitian ini dilakukan dengan variasi daya di sisi *transmitter* dengan nilai -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, dan 8 dBm. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menganalisis performansi DWDM pada parameter *Q-factor* dan *Bit Error Rate* (BER) yang disimulasikan melalui *software* OptiSystem 14.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan seperti ditampilkan pada diagram alir Gambar 1. Penelitian dimulai dengan mencari kajian tentang DWDM pada penelitian-penelitian sebelumnya. Penelitian pustaka dilakukan untuk mendapat gambaran dan informasi tentang penelitian sebelumnya, sehingga nantinya pustaka tersebut menjadi acuan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

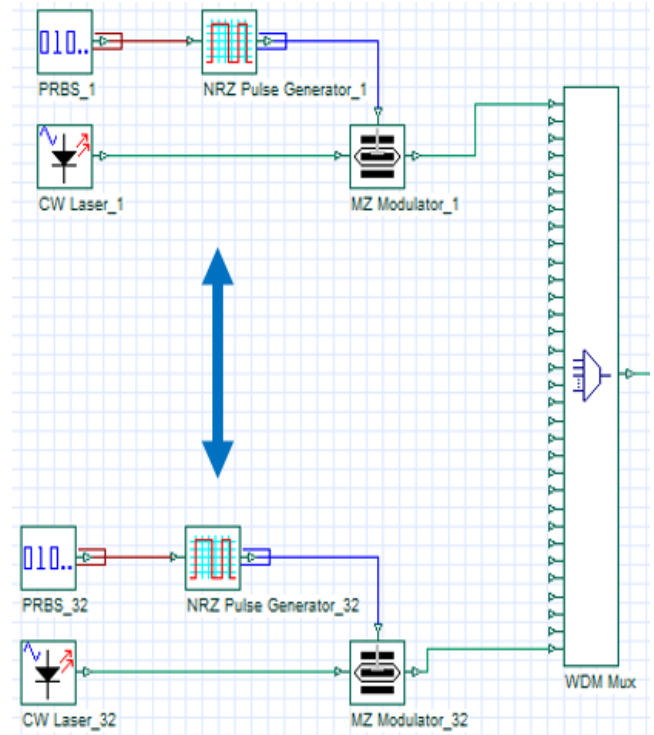
Setelah memperoleh referensi dari penelitian pustaka, muncul ide penelitian dari pustaka yang telah diteliti. Perumusan masalah dilakukan dengan beberapa pertimbangan baik dari segi metode, hasil penelitian, dan analisis penelitian yang akan dilakukan.

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan sebagai bahan dan landasan bagi penulis dalam melakukan perancangan sistem. Perancangan sistem DWDM dilakukan dengan menggunakan *software* OptiSystem. Perancangan sistem DWDM dilakukan berdasarkan rumusan masalah yang akan dikaji, serta beberapa parameter yang telah ditentukan dalam sistem.

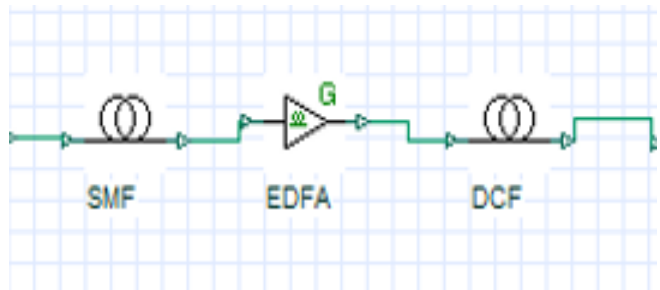
Analisa hasil perancangan dianalisa dengan memperhatikan bagaimana perancangan dibuat sesuai dengan rumusan masalah. Penarikan kesimpulan diambil dengan memperhatikan rumusan masalah yang telah dikaji dalam penelitian dan memperhatikan hasil dari rancangan sistem DWDM.

**B. Diagram Blok Sistem**

Blok pengirim terdiri dari *CW Laser*, *Mach Zehnder Modulator*, *NRZ Pulse Generator* dan *Pseudo-Random Binary Sequence (PRBS)*. Pertama, PRBS mengirimkan bit-bit informasi berupa sinyal elektrik menuju *NRZ Pulse Generator* untuk dikodekan. Di sisi lain *CW Laser* mengirimkan sinyal optik, pada komponen ini terdapat parameter yang diatur yaitu daya dan panjang gelombang. Setelah itu sinyal yang dikirim PRBS dan *CW Laser* menuju *Mach Zehnder Modulator* dan dimultipleksikan ke dalam *WDM Multiplexing* untuk ditransmisikan.

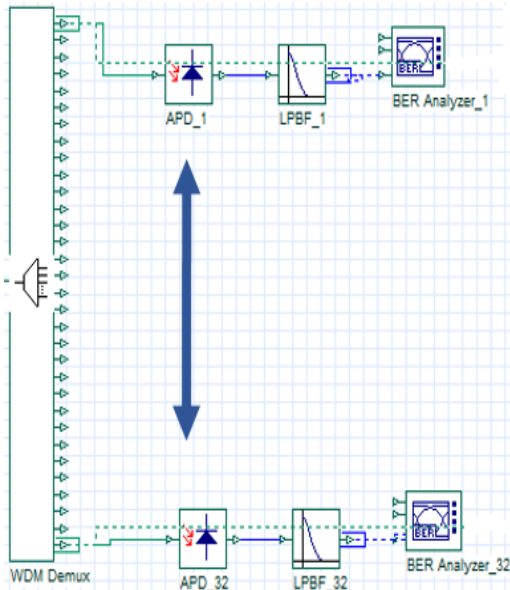


Gambar 2. Blok pengirim



Gambar 3. Blok Transmisi

Blok transmisi terdiri dari *Single Mode Fiber (SMF)*, *Dispersion Compensating Fiber (DCF)* dan penguat *Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)*. Sinyal ditransmisikan di sepanjang serat optik menggunakan penguat. Setelah melewati blok transmisi, sinyal didemultipleksikan pada komponen *WDM Demultiplexing* dan ditujukan ke tujuan masing-masing pada bagian penerima.



Gambar 4. Blok Penerima

Blok penerima terdiri dari *photodetector* dan *Low Pass Bessel Filter*. Sinyal yang menuju *photodetector* didemodulasi ke bentuk sinyal semula, pada *photodetector* menggunakan filter *Low Pass Bessel Filter*, filter ini berada pada sisi penerima yang digunakan untuk menyaring noise dari sinyal yang muncul dari berkas cahaya pada saat proses transmisi.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

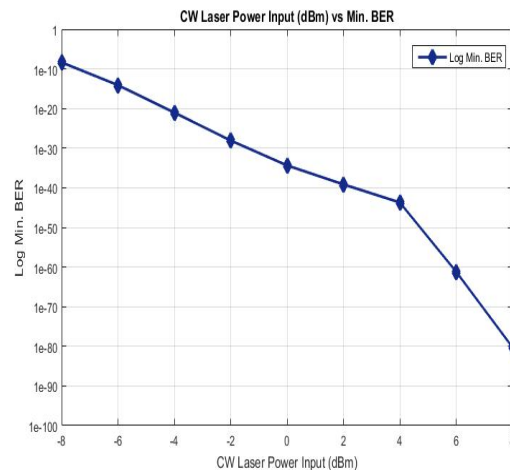
Hasil penelitian yang telah dilakukan mencakup *Q-factor* dan BER dari simulasi jaringan DWDM. Variasi yang dilakukan berupa daya di sisi *transmitter* dengan nilai -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, dan 8 dBm.

Pada tabel 1 menunjukkan hasil dari *maximum Q-factor* dan *minimum BER* dari simulasi yang dilakukan. *Q-factor* merupakan faktor kualitas yang menentukan bagus tidaknya kualitas sinyal optik dalam sistem DWDM. Standar ukuran *Q-factor* yang baik adalah 6. Sedangkan, *Bit Error Rate* (BER) merupakan rasio perbandingan bit yang mengalami *error* dengan keseluruhan *bit* yang dikirim. Standar nilai BER dalam sistem DWDM yaitu dengan nilai  $\leq 10^{-9}$ .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem DWDM dengan nilai daya *laser* -6, -4, -2, 0, 2, 4, dan 6 dBm memenuhi standar nilai *Q-factor* dan BER. Sedangkan pada daya *laser* -8 dBm tidak memenuhi standar yang telah ditentukan.

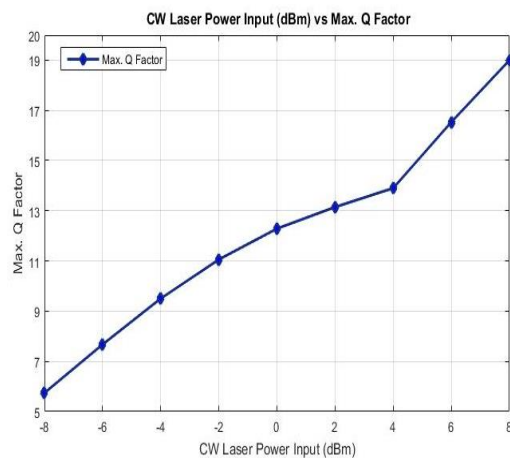
TABEL I. HASIL *Q-FACTOR* DAN BER DENGAN VARIASI DAYA LASER

Daya Laser	Max. <i>Q-factor</i>	Min. BER
-8	5,74574	$4,36829 \times 10^{-09}$
-6	7,67428	$7,99102 \times 10^{-15}$
-4	9,50452	$9,54554 \times 10^{-22}$
-2	11,0611	$8,3327 \times 10^{-29}$
0	12,2883	$4,42232 \times 10^{-35}$
2	13,1489	$7,2409 \times 10^{-40}$
4	13,903	$1,99742 \times 10^{-44}$
6	16,5343	$6,68192 \times 10^{-62}$
8	18,9987	$5,56068 \times 10^{-81}$



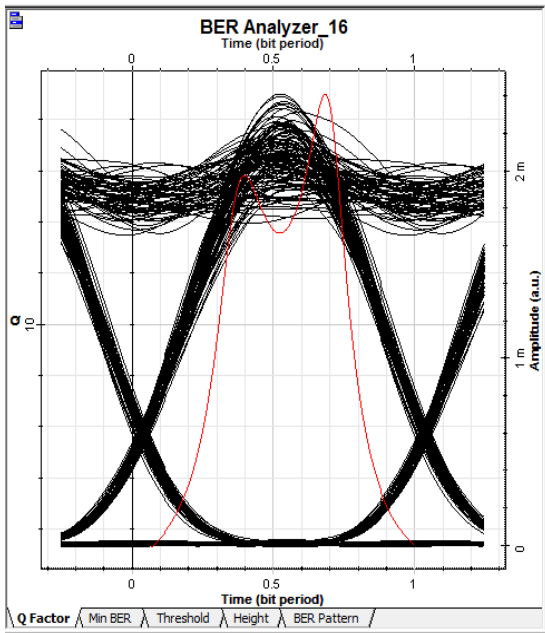
Gambar 5. Pengaruh Daya *Laser* Terhadap BER

Pada gambar 5 menunjukkan nilai BER yang didapatkan dengan memvariasikan daya *laser*. BER dianggap baik jika nilainya semakin kecil. Nilai BER semakin baik ketika daya *laser* ditingkatkan.



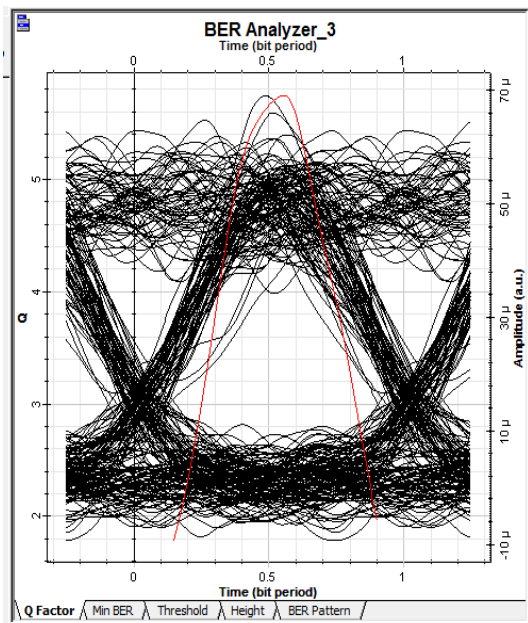
Gambar 6. Pengaruh Daya *Laser* Terhadap *Q-factor*

Pada gambar 6 menunjukkan nilai *Q-factor* yang didapatkan dengan variasi daya laser. Semakin besar nilai *Q-factor*, semakin baik juga kinerja sistem. Nilai *Q-factor* semakin baik ketika daya laser ditingkatkan.



Gambar 7. Eye diagram daya laser 8 dBm

Pada Gambar 7 menunjukkan *eye diagram* daya laser 8 dBm dengan panjang gelombang 1552,52 nm. Nilai *Q-factor* yang dihasilkan adalah 18,9987, sedangkan nilai BER yang dihasilkan adalah  $5,56068 \times 10^{-81}$ .



Gambar 8. Eye diagram daya laser -8 dBm

Pada gambar 8 menunjukkan *eye diagram* daya laser -8 dBm dengan panjang gelombang 1557,71 nm. Nilai *Q-factor* yang dihasilkan adalah 5,74574, sedangkan nilai BER yang dihasilkan adalah  $4,36829 \times 10^{-09}$ .

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian terhadap rancangan, peningkatan daya CW laser akan memperkecil nilai BER minimum dan memperbesar nilai *Q-factor* maksimum sehingga kinerja sistem akan lebih baik sebanding dengan peningkatan daya CW-laser. Perancangan DWDM dengan nilai daya laser -6, -4, -2, 0, 2, 4, dan 6 dBm memenuhi standar nilai *Q-factor* dan BER. Sedangkan pada daya laser -8 tidak memenuhi standar yang telah ditentukan. *Q-factor* tertinggi bernilai 18,9987 dan BER  $5,56068 \times 10^{-81}$  pada panjang gelombang 1552,52 nm, sedangkan *Q-factor* terendah bernilai 5,74574 dan BER  $4,36829 \times 10^{-09}$  pada panjang gelombang 1573,71 nm. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji penggunaan penguat Raman sebagai pengganti EDFA.

#### DAFTAR PUSTAKA

Cho, H., & Kim, W. (2015). Simulation and optimization of the performance of 32 channel dwdm system. *International Journal of Photonics and Optical Technology*, 1(1), 1-3.

Friandawa, W., Hambali, A., & Pambud, A. D. (2017). Analisa kinerja sistem komunikasi optik jarak jauh dengan teknologi DWDM dan penguat (EDFA). *e-Proceeding of Engineering*, 4, 361-165.

Moses, B. D., & B, L. G. (2015). Analysis of intensity modulation techniques in DWDM transmission systems. *International Journal for Scientific Research & Development*, 3(4), 144-117.

Senthamizhselvan, V., Ramachandran, R., & Rajasekar, R. (2014). Performance analysis of DWDM based fiber optic communication with different modulation schemes and dispersion compensation fiber. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(3), 187-290.

Waseer, T. A., Halepoto, I. A., & Joyo, M. A. (2014). Quantifying the q-factor and minimizing ber in 32-channel DWDM system design using EDFA and raman amplifiers. *Mehran University Research Journal of Engineering & Technology*, 38, 1-8.