

Analisis Perbandingan CWDM Dengan Modulasi Eksternal Menggunakan Penguat EDFA dan Tanpa Penguat

Sri Utami¹, Dodi Zulherman², Fauza Khair³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
Purwokerto

¹14101030@ittelkom-pwt.ac.id, ²zulherman.dodi@ittelkom-pwt.ac.id, ³fauza.khair@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak

Dunia telekomunikasi terus berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap layanan telekomunikasi. Kebutuhan layanan yang semakin meningkat sehingga membutuhkan *bandwidth* yang lebih besar. Sistem CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*) dapat menjadi solusi untuk memenuhi kebutuhan *bandwidth* namun redaman dapat terjadi pada transmisi jarak jauh yang mengakibatkan performa sistem memburuk. Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan sisten CWDM dengan menggunakan 8 buah kanal dengan spasi kanal 20 nm dan panjang *link* 60 Km. Untuk mengatasi redaman menggunakan penguat EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*). Penelitian dilakukan dengan memvariasikan daya *laser* sebesar -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, dan 8 dBm. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada sistem CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*) tanpa menggunakan EDFA pada daya *laser* -8 dan -6 dBm nilai BER (*Bit Error Rate*) dan *Q-factor* tidak memenuhi standar. Nilai BER terbaik 1,33356E-21 dan *Q-factor* tertinggi dengan nilai 9,44999 pada panjang gelombang 1471 nm. Sedangkan daya terima tertinggi dengan nilai -6,475 dBm pada panjang gelombang 1551 nm dan 1571 nm. Penggunaan EDFA meningkatkan performa sistem menjadi lebih baik dengan daya *laser* -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, dan 8 dBm telah memenuhi standar yang telah ditentukan. Nilai BER terbaik 2,74239E-22 dan *Q-factor* terbaik 9,61193 pada panjang gelombang 1471 nm. Sedangkan daya terima tertinggi dengan nilai 3,555 dBm pada panjang gelombang 1591 nm. Berdasarkan hasil pengujian dan penganalisan, penggunaan penguat EDFA memberikan performa yang lebih baik pada transmisi jarak jauh sistem CWDM.

Kata Kunci : CWDM, EDFA, Daya Terima, *Q-factor*, BER.

Abstract

The world of telecommunications continues to grow in line with the increasing needs of the community towards telecommunications services. The need for services is increasing so requiring greater bandwidth. CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*) systems can be a solution to meet bandwidth requirements, but attenuation can occur in long-distance transmission resulting in deteriorating system performance. This research will be designing a CWDM system using 8 channels with 20 nm channel spacing and 60 km link length. To overcome damping using EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*) amplifier. The study was conducted by varying the laser power of -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, and 8 dB. Based on the results of tests that have been done on the CWDM system without using EDFA on -8 and -6 dB laser power BER (*Bit Error Rate*) and *Q-factor* values do not meet the standards. Best BER value 1.33356E-21 and highest *Q-factor* with value 9.44999 at 1471 nm wavelength. While the highest received power with a value of -6.475 dBm at 1551 nm and 1571 nm wavelength. The use of EDFA improves system performance for the better with laser power -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, and 8 dBm already meet predetermined standards. The best BER value is 2.74239E-22 and the best *Q-factor* is 9.61193 at 1471 nm wavelength. While the highest receiving power with a value of 3.555 dBm at 1591 nm wavelength. Based on testing and analyzing results, the use of EDFA amplifiers provides better performance for long-distance transmission of CWDM systems.

Keywords: CWDM, EDFA, Power Received, *Q-factor*, BER.

I. PENDAHULUAN

Sistem komunikasi serat optik memiliki kekurangan, salah satunya adalah efek *non-linier* pada jaringan transmisi. Efek *non-linier* didalam serat sangat mempengaruhi performa jaringan serat optik. Efek *non-linier* mengakibatkan pengurangan daya sinyal informasi yang ditransmisikan melalui serat optik sehingga mengakibatkan kerusakan atau gangguan pada sinyal informasi tersebut (Aldila, 2015).

Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) merupakan salah satu bentuk *multiplexing* pada komunikasi serat optik yang digunakan untuk mentransmisikan jarak jauh (*long haul*). Sehingga sinyal yang dikirimkan akan mengalami atenuasi atau sinyal menjadi lemah. Semakin jauh jarak transmisi maka atenuasi semakin besar. Akibatnya kualitas jaringan menurun, selain karena atenuasi melemahnya sinyal dapat terjadi karena adanya dispersi.

Redaman terjadi pada saat pengiriman informasi dapat terjadi karena adanya sambungan pada serat optik dan konektor yang digunakan. Oleh karena itu digunakan *amplifier* untuk menguatkan gelombang cahaya. Penguat optik yang sering digunakan adalah *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA), dan *Raman Optical Amplifier* (ROA).

Penelitian ini akan membahas mengenai efek yang ditimbulkan akibat dari penggunaan penguat optik *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA) pada sistem *Coarse Wavelength Division Multiplexing* (CWDM). Untuk mengetahui performa dari sistem CWDM dapat diketahui dari segi *Bit Error Rate* (BER), *Q-factor*, dan daya terima.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Paundra Aldila pada tahun 2015 yang berjudul “Analisa Efek *Non-linier* Di Sistem CWDM Pada Sistem Komunikasi Serat Optik” meneliti tentang pengaruh efek *non-linier* pada jaringan CWDM dengan jumlah kanal sebanyak 8 buah kanal. Dengan membandingkan jaringan yang linier dengan yang *non-linier* dan memvariasikan panjang serat optik yang digunakan serta pengaruh penggunaan penguat optik EDFA pada jaringan. Dengan memvariasikan panjang serat optik diperoleh hasil pada jarak 40 Km kondisi jaringan memburuk sehingga diperlukan penguat optik untuk mengatasinya. Hasil yang diperoleh dari perbandingan jaringan yang menggunakan penguat EDFA dengan jaringan yang tidak menggunakan penguat diperoleh hasil bahwa jaringan yang menggunakan penguat lebih baik dari sisi daya terima dan nilai BER. Sedangkan hasil antara jaringan CWDM dengan menggunakan efek *non-linier* mengalami penurunan jika dibandingkan dengan jaringan CWDM yang linier (Aldila, 2015).

Sedangkan pada penelitian Muchlis Abdul Muthalib, Norhana Arsad, Abang Anuar Ehsan dan Subbudin Shaari pada tahun 2015 yang berjudul “*CWDM Network Design 8 Channel Hybrid Amplifier SOA-EDFA*” meneliti tentang pengaruh yang ditimbulkan oleh penguat hibrida SOA-EDFA pada jaringan CWDM dengan panjang gelombang dari 1470 nm sampai dengan 1610 nm dan daya *input* 0 dBm sedangkan panjang serat optik 80 Km. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa penguat hibrida memiliki keuntungan yang lebih besar karena lebih stabil (Muthalib, Arsad, Ehsan, & Shaari, 2015).

Penelitian Mr. Tusharkant Panda, Jyoti Poddar, Sonu Priya dan Manisha Kumari pada tahun 2016 yang berjudul “*Performance Analysis of 4 Channel CWDM Using EDFA based on Extinction Ratio and Fiber Length*” meneliti tentang jaringan CWDM dengan jumlah kanal sebanyak 4 buah kanal pada sisi pengirim dan 4 buah kanal pada sisi penerima. Penelitian dilakukan dengan cara memvariasikan panjang serat optik dan *extinction ratio* dengan daya *input* tetap yaitu sebesar 10 dB. Jaringan CWDM menggunakan penguat optik EDFA dengan panjang EDFA 15 Km. Dengan mengamati nilai BER dan *Q-factor* diperoleh hasil nilai BER dapat mencapai 0 hingga panjang serat optik 40 Km (Panda, Poddar, Priya, & Kumari, 2016).

Penelitian Tushar Krishna Yaratha, Nitesh Reddy dan Aarthi G pada tahun 2015 yang berjudul “*WDM Optical Network Analysis Using EDFA and Raman Amplifier*” meneliti tentang jaringan WDM dengan modulasi internal dan tambahan *pump laser*. Penelitian dilakukan dengan cara membandingkan penguat EDFA dan *Raman amplifier* dengan mengamati nilai BER dengan variasi panjang serat optik diperoleh hasil yang menyatakan bahwa penguat Raman memiliki performa lebih baik dibandingkan penguat EDFA. Karena pada penguat EDFA daya *output* akan mengalami kenaikan tetapi kemudian akan mengalami penurunan kembali ketika daya pompa habis. Sedangkan pada penguat Raman tidak mengalami penurunan (Yaratha, Reddy, & G, 2015).

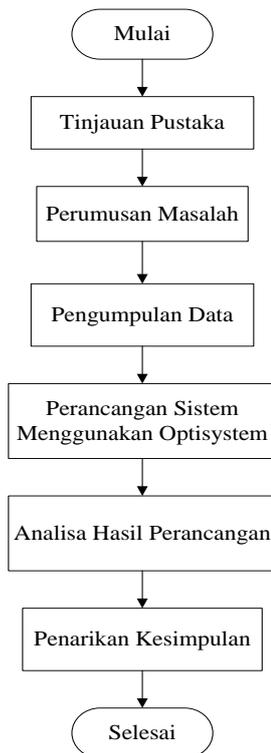
Penelitian Avizit Basa K, Md. Zargis Talukder dan Md. Rakibul islam pada tahun 2013 yang berjudul “*Performance Analysis and Comparison between Coarse WDM and Dense WDM*” meneliti tentang unjuk kerja dari CWDM dan DWDM dari fitur-fitur yang ada pada CWDM dan DWDM. Dengan membandingkan jumlah panjang gelombang tiap serat, spasi kanal, penerapan, jarak maksimal *link* diperoleh hasil DWDM memiliki unjuk kerja yang lebih baik dari CWDM karena memiliki *bandwidth* yang lebih besar, dan jarak transmisi yang lebih jauh. Pada CWDM memiliki jumlah *channel* yang lebih sedikit akan tetapi CWDM memerlukan daya yang lebih rendah jika dibandingkan dengan DWDM (Basa, Talukde, & islam, 2013).

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai CWDM dari sisi BER, *Q-factor*, dan daya terima dengan *bit rate* sebesar 10 Gbps. Perancangan sistem menggunakan 8 kanal dengan menggunakan modulasi eksternal dan panjang serat 60 Km spasi kanal yang digunakan 20 nm sesuai dengan standar ITU-T G.694.2. Rancangan menggunakan penguat EDFA sebagai penguat sinyal dalam transmisi dan variasi daya pada sisi pengirim dari -8 dBm sampai dengan 8 dBm. Dalam proses penelitian diharapkan dapat menganalisis performa CWDM dengan melihat parameter BER, *Q-factor*, dan daya terima yang akan disimulasikan menggunakan *software Optisystem 14*.

II. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan tinjauan pustaka dengan topik yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Tinjauan pustaka dilakukan untuk mendapatkan gambaran serta acuan penelitian yang akan dilakukan dan mendapatkan informasi mengenai penelitian sebelumnya. Sebagai sumber informasi bisa didapatkan dari buku, jurnal, dan internet.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Setelah mendapatkan referensi dari tinjauan pustaka yang telah dilakukan maka akan mendapatkan variasi metode, analisis, serta perancangan sistem pada penelitian yang akan dilakukan. Tahapan selanjutnya membuat rumusan masalah pada rancangan sistem CWDM yang nantinya akan dianalisa sesuai dengan rumusan masalah yang ada.

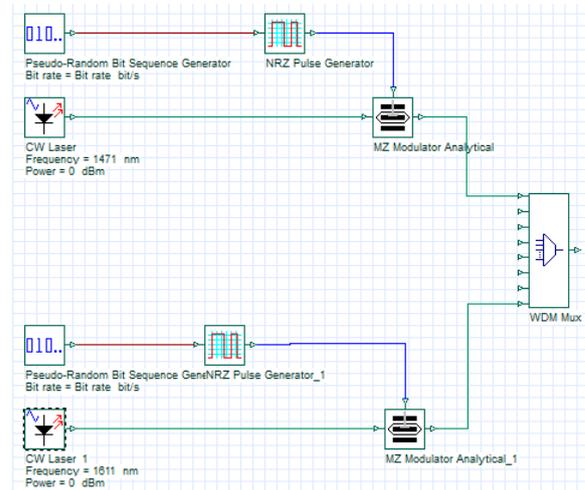
Pengumpulan data dilakukan guna memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian. Data berguna untuk landasan teori, perancangan sistem, dan untuk mendukung proses analisis. Data-data yang diperlukan diantaranya berupa parameter yang akan diteliti yaitu, daya terima, Q-faktor dan *Bit Error Rate* (BER) dari sistem CWDM.

Perancangan sistem CWDM dilakukan dengan bantuan *software Optisystem*. *Software Optisystem* merupakan *software* yang dapat digunakan untuk membuat simulasi jaringan pada sistem serat optik. Perancangan sistem dilakukan sesuai dengan rumusan masalah yang ada dan parameter-parameter yang akan dilakukan analisis sehingga nantinya akan mendapatkan data sesuai dengan yang dibutuhkan.

Analisis dilakukan setelah perancangan sistem CWDM selesai dan pengambilan data-data yang dibutuhkan dari sistem. Pengambilan data dilakukan dengan mengacu pada rumusan masalah dan parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya. Dari data yang dihasilkan oleh sistem CWDM kemudian dilakukan analisis. Dari analisis

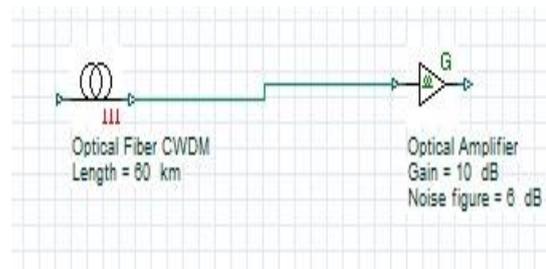
yang telah dilakukan terhadap sistem CWDM akan diambil kesimpulan-kesimpulan yang sesuai dengan hasil data dan analisa.

B. Diagram Blok Sistem



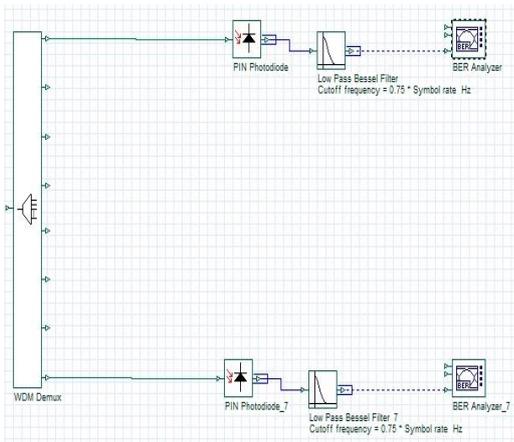
Gambar 2. Blok Pengirim

Blok pengirim terdiri dari *Pseudo-Random Binary Sequence* (PRBS), *CW laser*, *NRZ Pulse Generator* dan *Mach Zehnder Modulator*. PRBS mengirimkan bit-bit informasi berupa sinyal elektrik menuju *NRZ Pulse Generator* yang kemudian dikodekan oleh *NRZ Pulse Generator*, di sisi lain *CW laser* mengirimkan sinyal optik dengan panjang gelombang yang berbeda-beda tiap kanalanya. Selain panjang gelombang yang diatur pada bagian *CW laser* adalah dayanya. Sinyal yang berasal dari *Cw laser* dan PRBS menuju *Mach Zehnder Modulator* dan kemudian digabungkan ke dalam *WDM multiplexing* sebelum di transmisikan.



Gambar 3. Blok Transmisi

Blok transmisi tersiri dari komponen serat optik *Single Mode Fiber* dan penguat optik *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA). Yang perlu diatur pada serat optik adalah panjang serat. Sedangkan pada EDFA yang perlu diatur adalah berapa *gain* yang digunakan. Sinyal yang telah di *multiplexing* kemudian di transmisikan menggunakan media serat optik dan sinyal dikuatkan oleh EDFA.



Gambar 4. Blok Penerima

Blok penerima terdiri dari komponen *WDM demultiplexer*, *photodetector* dan *Low Pass Bessel Filter*. Sinyal yang telah ditransmisikan akan menuju *WDM demultiplexer* untuk dipisahkan sesuai dengan panjang gelombang masing-masing dan kemudian diterima oleh *photodetector* dan diubah menjadi sinyal elektrik. *Low Pass Bessel Filter* digunakan untuk menyaring *noise* yang muncul dari berkas cahaya pada saat proses transmisi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan mengamati nilai daya terima, BER, dan Q-faktor dari simulasi jaringan CWDM dengan variasi daya *input* dengan nilai -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, 8 dBm.

TABEL I. HASIL DAYA TERIMA, BER, DAN Q-FAKTOR TANPA MENGGUNAKAN EDFA

Tanpa EDFA			
Daya Laser	Daya Terima	BER	Q-Faktor
-8	-22,484	0,000740398	3,37179
-6	-20,414	2,62056E-05	4,22126
-4	-18,039	2,75007E-12	6,88551
-2	-16,466	4,32714E-14	7,44592
0	-14,444	2,66582E-16	8,08797
2	-12,476	4,68434E-18	8,55273
4	-10,423	1,18959E-18	8,71267
6	-8,424	1,63466E-19	8,93351
8	-6,475	1,33356E-21	9,44999

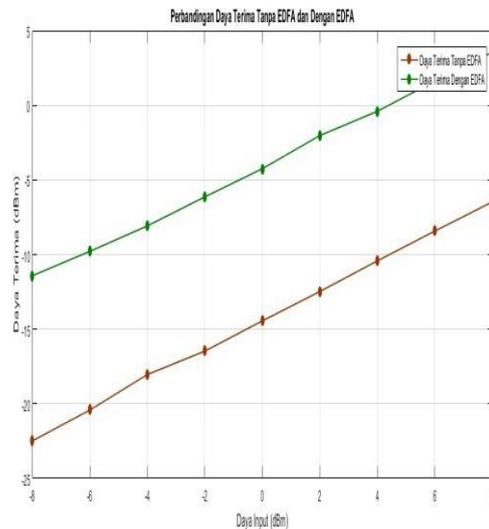
Pada tabel 1 menunjukkan hasil dari daya terima, BER, Q-faktor dari simulasi yang telah dilakukan. Daya terima merupakan besarnya daya yang diterima pada sisi *receiver*, besarnya daya dapat mempengaruhi performa dari sinyal yang diterima. Dari nilai Q-faktor dapat terlihat baik tidaknya kualitas sinyal optik pada sistem. Batas minimal dari Q-faktor yang baik adalah 6. Sedangkan BER merupakan rasio perbandingan jumlah bit yang dikirimkan dengan jumlah bit yang *error*. Standar nilai BER adalah $\leq 10^{-9}$.

Dari hasil yang telah didapat nilai BER dan Q-faktor pada jaringan CWDM tanpa penguat EDFA pada daya *laser* -8 dBm dan -6 dBm belum memenuhi standar yang ada. Nilai Q-faktor masih di bawah 6 dan nilai BER lebih besar dari 10^{-9} .

TABEL II. HASIL DAYA TERIMA, BER, DAN Q-FAKTOR DENGAN MENGGUNAKAN EDFA

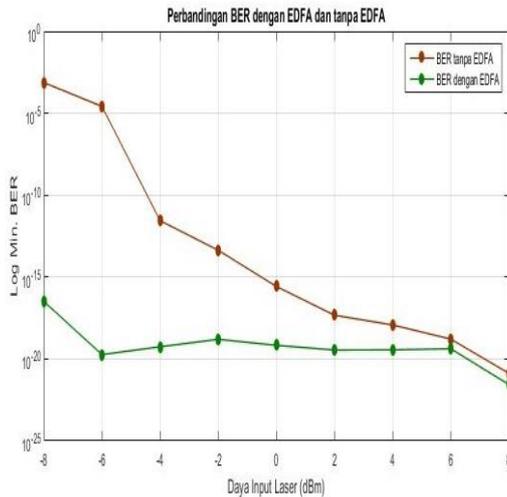
Dengan EDFA			
Daya Laser	Daya Terima	BER	Q-Faktor
-8	-11,419	3,26624E-17	8,33220
-6	-9,786	1,85174E-20	9,17243
-4	-8,082	5,55427E-20	9,05142
-2	-6,136	1,58375E-19	8,93603
0	-4,250	6,80579E-20	9,02817
2	-2,029	3,52868E-20	9,09734
4	-0,406	3,59655E-20	9,09535
6	1,627	4,21654E-20	9,07977
8	3,555	2,74239E-22	9,61193

Pada tabel 2 menunjukkan hasil dari daya terima, BER dan Q-faktor yang telah didapatkan dari simulasi dengan menambahkan penguat EDFA. Hasil yang diperoleh nilai daya terima, BER dan Q-faktor mengalami peningkatan.



Gambar 5. Perbandingan daya terima tanpa EDFA dan dengan EDFA

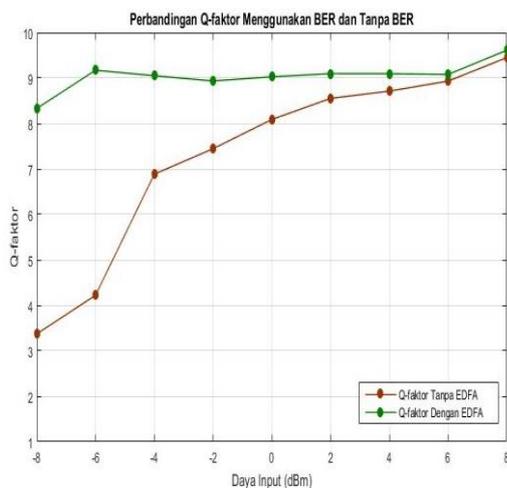
Dari gambar 5 dapat terlihat nilai daya terima yang didapatkan dengan memvariasikan daya laser. Jika daya laser ditingkatkan maka daya terima semakin meningkat. Selain itu daya terima yang menggunakan EDFA lebih baik jika dibandingkan dengan yang tidak menggunakan EDFA.



Gambar 6. Perbandingan nilai BER tanpa EDFA dan dengan EDFA

Nilai BER yang semakin kecil menunjukkan performa yang semakin baik. Dengan meningkatnya daya laser nilai BER semakin turun. Nilai BER pada sistem yang tidak menggunakan EDFA masih ada yang tidak memenuhi standar.

Nilai BER yang didapat dari rancangan sistem dengan penguat EDFA mendapatkan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan rancangan sistem tanpa penguat EDFA. Pada daya laser -8 dBm dan -6 dBm nilai BER telah memenuhi standar.



Gambar 7. Perbandingan nilai Q-faktor tanpa EDFA dan dengan EDFA

Gambar 7 menunjukkan nilai Q-faktor yang diperoleh dengan memvariasikan daya laser. Nilai Q-faktor dikatakan

baik jika nilainya diatas 6. Hasil yang didapatkan pada sistem dengan tidak menggunakan EDFA masih terdapat nilai Q-faktor yang kurang baik.

Nilai Q-faktor yang didapat dari rancangan sistem dengan penguat EDFA mendapatkan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan rancangan sistem tanpa penguat EDFA. Pada daya laser -8 dBm dan -6 dBm nilai Q-faktor sudah lebih besar dari 6.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian sistem, peningkatan daya CW laser akan meningkatkan performa sistem dengan menurunnya nilai BER dan meningkatkan nilai Q-factor serta daya terima. Perancangan CWDM tanpa menggunakan EDFA dengan daya laser -4, -2, 0, 2, 4, 6, 8 dBm memenuhi standar nilai BER dan Q-factor. Sedangkan pada daya laser -8 dan -6 dBm tidak memenuhi standar. Performa sistem lebih baik dengan penggunaan penguat EDFA. Dengan daya laser -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, dan 8 dBm telah memenuhi standar yang telah ditentukan. Nilai BER terbaik 2,74239E-22 dan Q-factor terbaik 9,61193 pada panjang gelombang 1471 nm. Sedangkan daya terima tertinggi dengan nilai 3,555 pada panjang gelombang 1591 nm. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji perbandingan penguat EDFA dengan penguat Raman untuk mengetahui perbandingan performa.

DAFTAR PUSTAKA

Aldila, P. (2015). Analisa Efek nonlinier di Sistem CWDM Pada Sistem Komunikasi Serat Optik. *Telkom University*, 1-7.

Basa, A., Talukde, Z., & islam, R. (2013). Performance Analysis and Comparison between Coarse WDM and Dense WDM. *Global Journal of Researches in Engineering Electrical and Electronics Engineering*, 51-52.

Muthalib, M. A., Arsad, N., Ehsan, A. A., & Shaari, S. (2015). CWDM Network Design 8 Channel Hybrid Amplifier SOA-EDFA. *scientific journal of PPI-UKM*, 19-21.

Panda, T., Poddar, J., Priya, S., & Kumari, M. (2016). Performance Analysis of 4 Channel CWDM Using EDFA based on Extinction Ratio and Fiber Length. 373-378.

Yaratha, T. K., Reddy, N., & G, A. (2013). WDM Optical Network Analysis Using EDFA and Raman Amplifier. *Indian journal of applied Research*, 346-349.