

SIMULASI KINERJA PENGUAT OPTIS TIPE ERBIUM DOPED FIBER AMPLIFIERS (EDFA) BERDASARKAN TEKNIK PEMOMPAAN

Moh. Yanuar Siddiq^{*)}, Imam Santoso, and Ajub Ajulian Zahra

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} Email: yanuarsiddiq@gmail.com

Abstrak

Sistem komunikasi serat optis adalah suatu sistem komunikasi yang menggunakan kabel serat optis sebagai saluran transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas besar dan tingkat keandalan yang tinggi. Akan tetapi, daya sinyal informasi yang dikirimkan melalui serat optis akan mengalami penurunan yang disebabkan oleh redaman di sepanjang serat dan pada titik persambungan serat optis. Salah satu upaya untuk mencegah penurunan daya sinyal informasi adalah dengan memasang penguat optis. Mengacu pada hal tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan analisis kinerja penguat optis tipe EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifiers) berdasarkan teknik pemompaan. Dengan menggunakan bantuan perangkat lunak optis dimungkinkan untuk diketahui kinerja penguatannya sebelum diterapkan pada sistem komunikasi serat optis. Untuk mengetahui kinerja penguatan EDFA ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan yaitu berupa gain, noise figure, dan daya ASE (Amplified Spontaneous Emission). Pada penelitian ini akan dilakukan analisis pengaruh dari berbagai teknik pemompaan dan panjang gelombang pompa terhadap parameter kinerja penguatan EDFA. Teknik pemompaan yang digunakan pada penelitian ini ada 3 yaitu teknik pemompaan maju, teknik pemompaan mundur, dan teknik pemompaan dua arah. Secara keseluruhan teknik pemompaan yang paling baik kinerjanya adalah teknik pemompaan maju dengan panjang gelombang pompa 980 nm karena menghasilkan gain yang tinggi sebesar 35,63643 dB dan noise figure yang sangat kecil sebesar 4,36313 dB.

Kata kunci: Serat Optis, EDFA, Gain, Noise Figure, Daya ASE

Abstract

Optical fiber communication system is a communication system that utilizes optical fiber cable as the transmission channel to deliver information with a large capacity and high reliability levels. However, the information signal power sent through an optical fiber will decline due to attenuation along the fiber and at the junction point of the optical fiber. One of the efforts to prevent the loss of information signal power is by installing an optical amplifier. Referring to that, the analysis conducted in this research is performance analysis of an optical amplifier EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifiers) type based on its pumping techniques. With the help of optical software, it is possible to know the performance gains before being applied to the optical fiber communication system. To determine the performance of the EDFA gain, there are several parameters that need to be considered such as gain, noise figure, and the power of ASE (Amplified Spontaneous Emission). In this research, the analysis of the effects of various pumping techniques and the pump wavelength on EDFA gain performance parameters. There are three pumping techniques will be conducted used in this study that are forward pumping technique, backward pumping technique, and bidirectional pumping technique. Overall pumping techniques is the most excellent performance in the forward pumping for the pump wavelength of 980 nm because it produces high gain of 35,63643 dB and very small noise figure of 4,36313 dB.

Keywords: Optical Fiber, EDFA, Gain, Noise Figure, ASE Power

1. Pendahuluan

Pada sistem komunikasi serat optis terdapat komponen utama optis seperti pengirim, serat optis, dan penerima. Selain itu juga terdapat komponen pendukung optis seperti *coupler*, konektor, isolator, dan penguat optis. Dari beberapa komponen pendukung tersebut, salah satu yang

mempunyai peran penting adalah penguat optis. Tidak seperti yang ada pada teknologi sebelumnya, penguat optis dapat menguatkan sinyal optis secara langsung tanpa mengubahnya ke dalam bentuk sinyal elektrik. Jenis penguat optis yang digunakan saat ini adalah *erbium doped fiber amplifier*. *Erbium doped fiber amplifiers* (EDFA) merupakan penguat optis yang proses

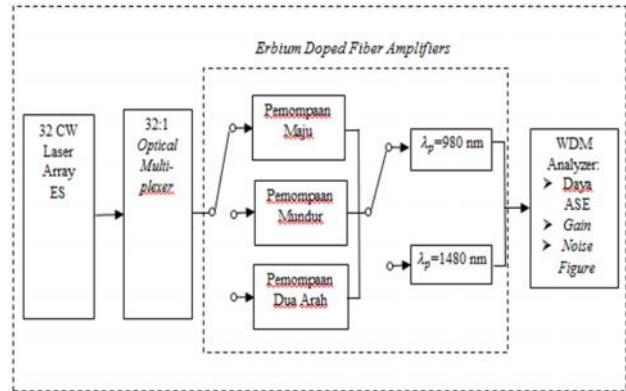
penguatannya dilakukan dengan menyisipkan unsur *erbium* ke dalam inti serat optis dan kemudian dipompa menggunakan pemompa laser. Karena penguat optis jenis EDFA ini sangat dibutuhkan untuk transmisi jarak jauh maka perlu diketahui kinerjanya yang dipengaruhi oleh daya pompa, panjang serat penguat, panjang gelombang cahaya masukan, teknik pemompaan, dan panjang gelombang pompa.

Sebelumnya terdapat penelitian pada EDFA dengan beberapa parameter yang dapat mempengaruhi kinerja penguatannya^[8]. Selain itu ada penelitian yang membandingkan karakteristik penguat optis antara EDFA dan ROA (*Raman Optical Amplifier*)^[13]. Dan ada juga penelitian yang menginvestigasi kinerja penguatan pada EDFA untuk banyak kanal dalam kondisi pompa dioptimalkan^[4]. Dalam penelitian lainnya dibahas tentang analisis kinerja EDFA dengan konfigurasi pemompaan yang berbeda pada laju data yang tinggi^[6].

Bersumber pada hal tersebut maka dalam penelitian ini masih membahas tentang kinerja penguat EDFA yang diamati berdasarkan pada teknik pemompaan. Terdapat tiga jenis teknik pemompaan yang digunakan pada penguatan EDFA yaitu teknik pemompaan maju, pemompaan mundur, dan pemompaan dua arah. Adapun panjang gelombang pompa yang digunakan adalah 980 nm dan 1480 nm. Parameter kinerja yang akan diamati adalah daya ASE (*Amplified Spontaneous Emission*), *gain*, dan *noise figure* dalam satuan desibel.

2. Metode

Gambar 1 merupakan diagram blok simulasi dimana pada penelitian ini menggunakan 32 sumber cahaya laser sebagai sinyal masukan yang berada dalam pita konvensional (*C-band*) dengan rentang panjang gelombang 1530 nm hingga 1554,8 nm dan jarak antar kanal 100 GHz (0,8 nm). Daya sinyal masukan sebesar -30 dBm dan akan dikuatkan dengan EDFA. Terdapat tiga teknik pemompaan yang digunakan EDFA yaitu teknik pemompaan maju, pemompaan mundur, dan pemompaan dua arah. Sedangkan panjang gelombang pompa yang digunakan adalah 980 nm dan 1480 nm. Daya *amplified spontaneous emission* (ASE), *gain*, dan *noise figure* adalah hasil yang akan diamati dengan memvariasikan teknik pemompaan, panjang gelombang pompa, panjang *Erbium Doped Fiber* (EDF), dan daya pompa.



Gambar 1 Diagram Blok Perbandingan Kinerja EDFA

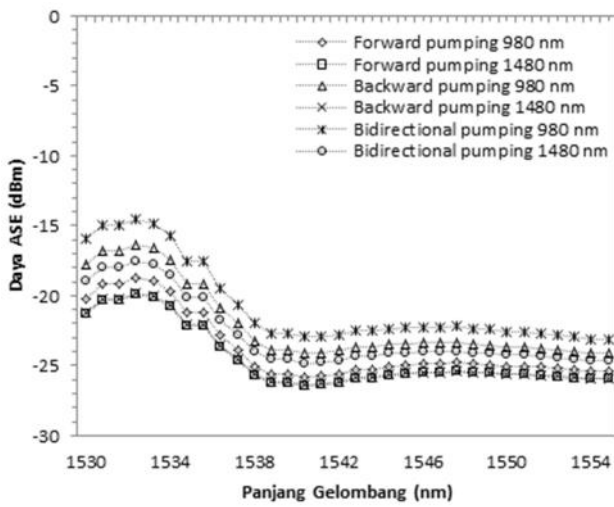
3. Hasil dan Analisa

3.1. Hasil Simulasi Daya ASE (*Amplified Spontaneous Emission*)

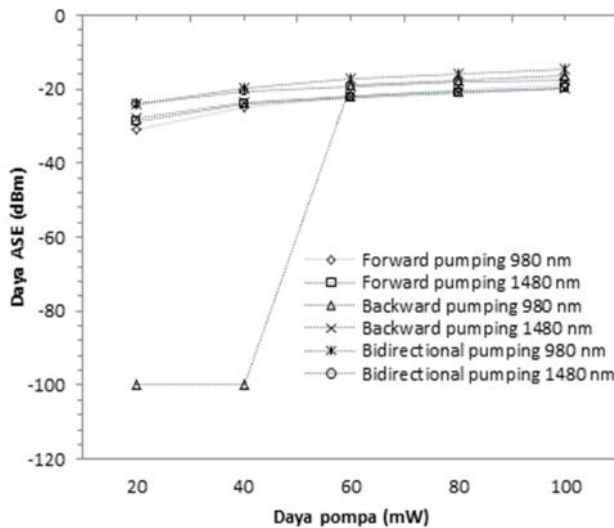
Gambar 2 merupakan grafik karakteristik daya ASE terhadap panjang gelombang sinyal masukan. Grafik tersebut menunjukkan bahwa puncak daya ASE untuk seluruh teknik pemompaan dan panjang gelombang pompa terjadi pada daerah panjang gelombang 1532,4 nm. Teknik pemompaan dua arah dengan panjang gelombang pompa 980 nm menghasilkan daya ASE yang paling besar yaitu sebesar -14,5399 dBm. Sedangkan daya ASE yang paling rendah dihasilkan oleh teknik pemompaan mundur dengan panjang gelombang pompa 1480 nm yaitu sebesar -26,3431 dBm.

Daya ASE dipengaruhi oleh besarnya daya pompa yang diberikan. Adapun besarnya nilai daya ASE pada masing-masing teknik pemompaan EDFA dengan daya pompa yang telah ditentukan (20, 40, 60, 80, dan 100 mW) dapat dilihat pada gambar 8. Panjang gelombang sinyal masukan yang dipilih adalah 1532,4 nm karena menghasilkan daya ASE yang paling besar..

Gambar 3 menunjukkan bahwa pemompaan mundur dengan panjang gelombang pompa 980 nm pada daya pompa 20 mW dan 40 mW menghasilkan daya ASE yang sangat kecil yaitu sebesar -100 dB. Daya ASE tertinggi pada daya pompa 20 mW hingga 100 mW dihasilkan oleh teknik pemompaan dua arah dengan panjang gelombang pompa 980 nm.



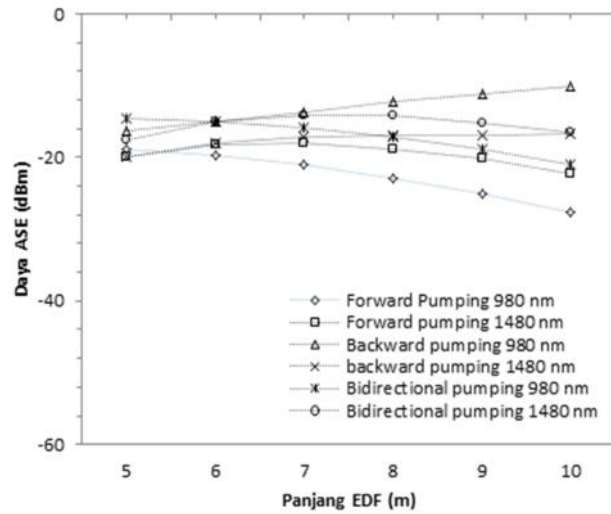
Gambar2 Daya ASE Sebagai Fungsi Panjang Gelombang Sinyal Masukan



Gambar 3 Daya ASE Sebagai Fungsi Daya Pompa

Selain panjang gelombang sinyal masukan dan daya pompa, parameter lain yang mempengaruhi besarnya nilai daya ASE adalah panjang EDF. Gambar4 merupakan grafik pengaruh daya ASE pada masing-masing teknik pemompaan EDFA terhadap perubahan panjang EDF yang telah ditentukan (5, 6, 7, 8, 9, dan 10 m).

Gambar 4 menunjukkan bahwa daya ASE tertinggi dihasilkan oleh teknik pemompaan dua arah dengan panjang gelombang pompa 980 nm pada panjang EDF 5 m dan 6 m. Sedangkan daya ASE tertinggi pada perubahan panjang EDF 7 m hingga 10 m dihasilkan oleh teknik pemompaan mundur dengan panjang gelombang pompa 980 nm.



Gambar 4 Daya ASE Sebagai Fungsi Panjang EDF

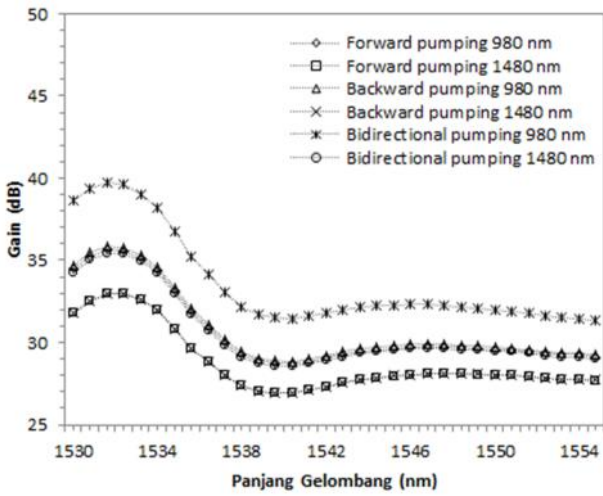
3.2 Hasil Simulasi Gain dan Noise Figure

Gain dan noise figure merupakan parameter yang sangat penting dalam penguat optis. Gain menentukan kuatnya sinyal yang ditransmisikan, dan berpengaruh pada daya keluaran yang menunjukkan seberapa jauh sinyal dapat ditransmisikan. Noise figure menentukan tingkat kualitas sinyal yang diterima pada penerima.

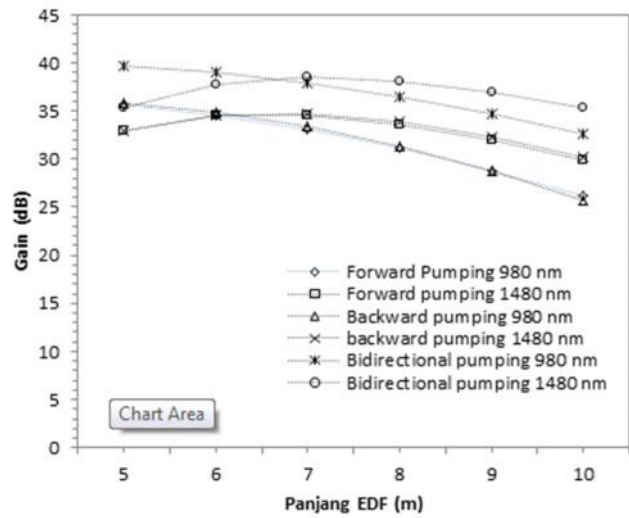
Gambar 5 merupakan grafik karakteristik gain sebagai fungsi panjang gelombang sinyal masukan yang menunjukkan bahwa nilai gain maksimum untuk seluruh teknik pemompaan dan panjang gelombang pompa terjadi pada daerah panjang gelombang 1531,6 nm. Teknik pemompaan dua arah dengan panjang gelombang pompa 980 nm menghasilkan nilai gain yang paling tinggi yaitu sebesar 39,726572 dB.

Salah satu parameter yang mempengaruhi besarnya nilai gain adalah daya pompa. Adapun besarnya nilai gain pada masing-masing teknik pemompaan EDFA dengan daya pompa yang telah ditentukan (20, 40, 60, 80, dan 100 mW) dapat dilihat pada gambar 11. Panjang gelombang sinyal masukan yang dipilih adalah 1531,6 nm karena pada daerah tersebut menghasilkan nilai gain yang maksimum.

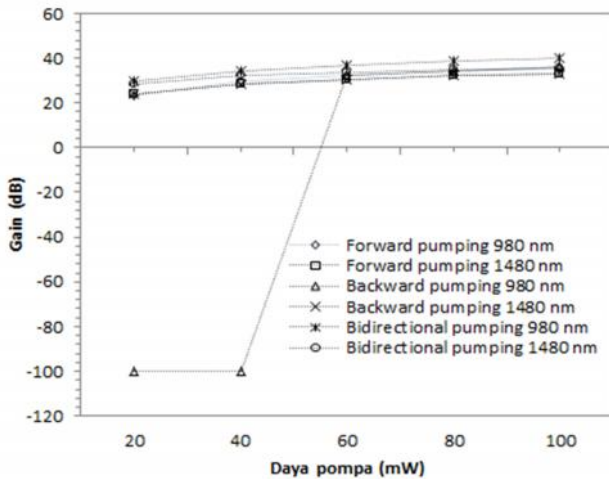
Gambar 6 menunjukkan bahwa untuk teknik pemompaan mundur dengan panjang gelombang pompa 980 nm pada daya pompa 20 mW dan 40 mW menghasilkan pelemahan yang sangat besar yaitu -100 dB. Nilai gain yang paling tinggi dihasilkan oleh teknik pemompaan dua arah dengan panjang gelombang pompa 980 nm. Untuk teknik pemompaan maju dan pemompaan mundur pada panjang gelombang pompa 980 nm menghasilkan nilai gain yang hampir sama. Begitu juga pada panjang gelombang pompa 1480 nm.



Gambar 5 Gain Sebagai Fungsi Panjang Gelombang Sinyal Masukan



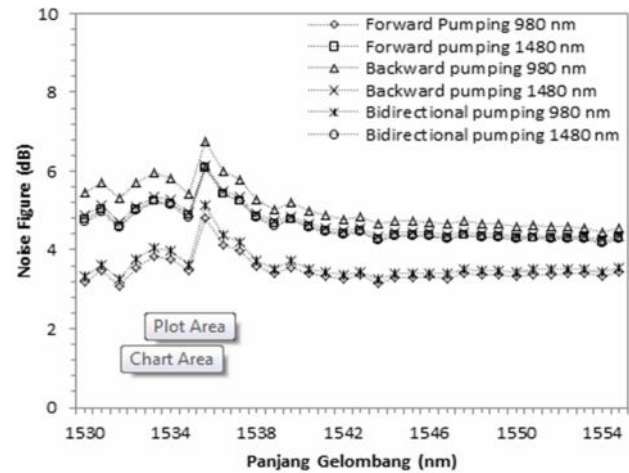
Gambar 6 Gain Sebagai Fungsi Panjang EDF



Gambar 7 Gain Sebagai Fungsi Daya Pompa

Parameter lain yang mempengaruhi nilai *gain* adalah panjang EDF. Gambar 7 merupakan hasil simulasi nilai *gain* pada masing-masing teknik pemompaan EDFA dengan panjang EDF yang telah ditentukan (5, 6, 7, 8, 9, dan 10:

Gambar 7 menunjukkan bahwa *gain* tertinggi dihasilkan oleh teknik pemompaan dua arah untuk panjang gelombang pompa 980 nm pada panjang EDF 5 m dan 6 m. Sedangkan *gain* tertinggi pada perubahan panjang EDF 7 m hingga 10 m dihasilkan oleh teknik pemompaan dua arah untuk panjang gelombang pompa 1480 nm. Untuk teknik pemompaan maju dan pemompaan mundur pada panjang gelombang pompa 980 nm menghasilkan nilai *gain* yang hampir sama. Begitu juga pada panjang gelombang pompa 1480 nm.

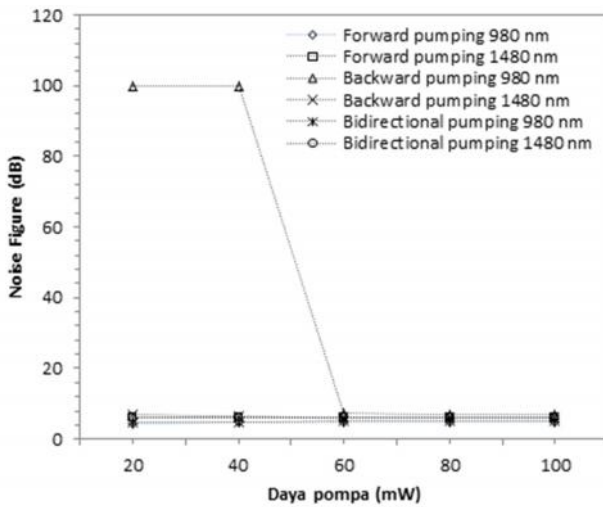


Gambar 8 Noise Figure Sebagai Fungsi Panjang Gelombang Sinyal Masukan

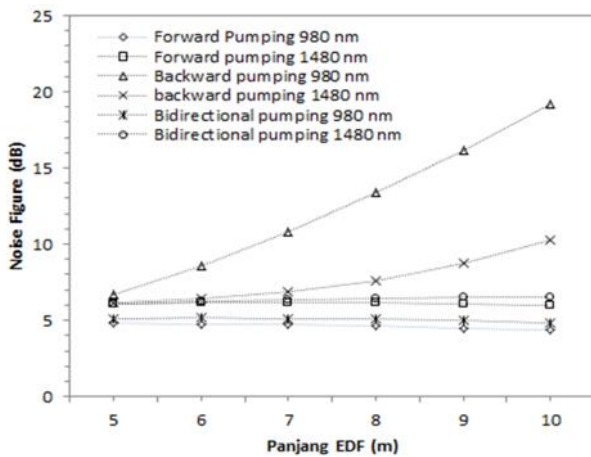
Gambar 8 merupakan grafik karakteristik *noise figure* sebagai fungsi panjang gelombang sinyal masukan yang menunjukkan bahwa nilai *noise figure* tertinggi untuk seluruh teknik pemompaan dan panjang gelombang pompa terjadi pada daerah panjang gelombang 1535,6 nm. Teknik pemompaan mundur dengan panjang gelombang pompa 980 nm menghasilkan nilai *noise figure* yang paling tinggi yaitu sebesar 6,74933 dB. Sedangkan *noise figure* terendah dihasilkan oleh teknik pemompaan maju dengan panjang gelombang pompa 980 nm yaitu sebesar 3,08128 dB.

Salah satu parameter yang mempengaruhi besarnya nilai *noise figure* adalah daya pompa. Adapun besarnya nilai *noise figure* pada masing-masing teknik pemompaan EDFA dengan daya pompa yang telah ditentukan (20, 40, 60, 80, dan 100 mW) dapat dilihat pada gambar 14 Panjang gelombang sinyal masukan yang dipilih adalah

1535,6 nm karena pada daerah tersebut menghasilkan *noise figure* yang tertinggi.



Gambar 9 *Noise Figure* Sebagai Fungsi Daya Pompa



Gambar 10 *Noise Figure* Sebagai Fungsi Panjang EDF

Gambar 9 menunjukkan bahwa untuk teknik pemompaan mundur dengan panjang gelombang pompa 980 nm pada daya pompa 20 mW dan 40 mW menghasilkan *noise figure* yang sangat besar yaitu 100 dB. *Noise figure* yang paling tinggi dihasilkan oleh teknik pemompaan mundur dengan panjang gelombang pompa 980 nm. Sedangkan *noise figure* terendah dihasilkan oleh teknik pemompaan maju dengan panjang gelombang pompa 980 nm.

Parameter lain yang mempengaruhi nilai *noise figure* adalah panjang EDF. Berikut adalah gambar 15 yang merupakan hasil simulasi nilai *noise figure* pada masing-masing teknik pemompaan EDFA dengan panjang EDF yang telah ditentukan:

Gambar 10 menunjukkan bahwa *noise figure* tertinggi dihasilkan oleh teknik pemompaan mundur untuk panjang gelombang pompa 980 nm. Sedangkan *noise figure*

terendah dihasilkan oleh teknik pemompaan maju dengan panjang gelombang pompa 980 nm. Untuk teknik pemompaan maju dan pemompaan dua arah menghasilkan *noise figure* yang hampir sama. Sedangkan untuk teknik pemompaan mundur menghasilkan *noise figure* yang cenderung meningkat ketika panjang EDF semakin besar.

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan pembahasan yang telah dilakukan, teknik pemompaan mundur dengan panjang gelombang pompa 980 nm membutuhkan daya pompa lebih besar dari 40 mW untuk menghasilkan penguatan dan *noise figure* yang kecil. Daya ASE dan *gain* tertinggi dihasilkan oleh teknik pemompaan dua arah dengan panjang gelombang pompa 980 nm pada panjang EDF 5 m dan 6 m. Sedangkan pada panjang EDF 7 m hingga 10 m, daya ASE tertinggi dihasilkan oleh teknik pemompaan mundur dengan panjang gelombang pompa 980 nm dan *gain* tertinggi dihasilkan oleh teknik pemompaan dua arah dengan panjang gelombang pompa 1480 nm. *Noise figure* tertinggi dihasilkan oleh teknik pemompaan mundur dengan panjang gelombang pompa 980 nm. Sedangkan *noise figure* terendah dihasilkan oleh teknik pemompaan maju dengan panjang gelombang pompa 980 nm.

Penelitian ini dapat dikembangkan untuk menganalisis kinerja penguatan pada EDFA dengan kombinasi teknik pemompaan dua tingkat dan dapat juga dikembangkan dengan menerapkan EDFA pada jaringan sistem komunikasi serat optis.

Referensi

- [1]. Agrawal, Govind P. *Fiber – Optic Communication System*. 3rd. Wiley & Sons, Inc. 2002.
- [2]. Duttin, Harry J.R. *Understanding optical communications*. New York. IBM Corporation, International Technical Support Organization. 1998.
- [3]. LN Binh, Calvin Huan Li. *EDFA Matlab Simulink Model*. Technical Report Department Of Electrical And Computer System Engineering Monash University.
- [4]. M. Pal, M.C. Paul, A. Dhar, A. Pal, R. Sen, K. dasgupta and S.K. Bhadra. 2007. *Investigation of the optical gain and noise figure for multichannel amplification in EDFA under optimized pump condition*. Elsevier. pp.407-412.
- [5]. P.C. Becker, N.A. Olsson and J.R. Simpson. *Erbium-Doped Fiber Amplifiers: Fundamentals and Technology*. Academic Press, New York, 1999.
- [6]. Prachi Shukla, Kanwar Preet Kaur. 2013. *Performance Analysis of EDFA for different Pumping Configuration at High Data Rate*. International Journal of Engineering and Advanced Technology. Volume 2, Issue 5.
- [7]. Pramono, Sholeh Hadi. *Metode Perataan Penguatan Erbium Doped Fiber Amplifiers (EDFA) C-Band Pada Panjang Gelombang ITU-Standard*. Laporan Disertasi Teknik Elektro Universitas Indonesia. 2009.

- [8]. Rajneesh Kaler, R.S. Kaler.2011.*Gain and Noise figure performance of erbium doped fiber amplifiers (EDFAs) and Compact EDFAs*. Elsevier, pp.443-440.
- [9]. Rodhiah, Hana Adha. *Analisis Kinerja Jaringan DWDM Berdasarkan Perbedaan Tipe Serat Optik Menggunakan Cisco Transport Planner Release 9.2*. Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Undip. 2014.
- [10]. Swain, Kumar Sushanta.*Analysis Of WDM Network Based On EDFA Pumping And Dispersion Compensation Using Optisystem*. A Thesis Department Of Electronics And Communication Engineering Nasional Institute Of Technology Rourkela.2012.
- [11]. Tambunan, David R.*Simulasi Software Optiwave Untuk Perataan Penguatan C-Band Erbium Doped Fiber Amplifiers Oleh Filter Akusto-Optik Yang Dapat Diatur*.Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Indonesia.2011.
- [12]. Wati, Siti Zahra.*Analisis Perluasan Jaringan Serat Optik Di Universitas Indonesia*. Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Indonesia. 2009.
- [13]. Wilman, Aldi, *Analisis Perbandingan Karakteristik Penguat Optis Antara EDFA dan ROA Pada Sistem Komunikasi Serat Optis*, Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Institut Teknologi Telkom, 2009.