

PENGEMBANGAN SIMULATOR *ERBIUM DOPED FIBER AMPLIFIER* (EDFA) UNTUK MENGETAHUI KARAKTERISTIK GAIN MATERIAL AKTIF TZB:ER

Rudi Susanto¹, Herliyani Hasanah²
Prodi Studi Teknik Informatika, STMIK Duta Bangsa Surakarta, Indonesia
rudi_susanto@stmikdb.ac.id

ABSTRAK

Makalah ini membahas tentang pengembangan simulator *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA) untuk mengetahui karakteristik gain material aktif TZB:Er. Komposisi material aktif TZB:Er adalah $55\text{TeO}_2\text{-}2\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-(}43\text{-x)ZnO-xEr}_2\text{O}_3$ dengan variasi % mol Er_2O_3 adalah 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 dan 3,0. Tahapan pengembangan terdiri tiga tahap yaitu pertama melakukan kajian formulasi model matematis dan persiapan data, kedua perancangan *flowchart* dan *interface* dan ketiga pembuatan simulator dan analisis hasil. Data Input simulator meliputi parameter sinyal, parameter pompa dan parameter EDFA. Input parameter sinyal akan meliputi panjang gelombang, frekuensi sinyal, daya sinyal, *absorption cross section*, *emission cross section*, daya saturasi. Input parameter pompa meliputi panjang gelombang 980 nm dan 1480 nm. Input parameter EDFA adalah panjang material aktif. Perancangan meliputi *flowchart* dan *interface* dari simulator EDFA. Berdasarkan perancangan *interface* tampilan gain akan disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara panjang gelombang dan penguatan.

Kata kunci : Simulator, EDFA, penguatan, *flowchart*, Interface

ABSTRACT

This paper discusses the development of the Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA) simulator to find out the characteristics of the active material gain TZB: Er. The composition of the active material TZB: Er is $55\text{TeO}_2\text{-}2\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-(}43\text{-x) ZnO-xEr}_2\text{O}_3$ with variation of mol% Er_2O_3 is 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5 and 3.0. The development stage consists of three stages, firstly doing the study of mathematical model formulation and data preparation, second is the design of the *flowchart* and the *interface* and the three is simulator making and analysis. The input data of simulator includes signal parameters, pump parameters and EDFA parameters. The input signal parameters will include wavelength, signal frequency, signal power, cross section absorption, emission cross section, saturation power. Input pump parameters include wavelength 980 nm and 1480 nm. Input parameter of EDFA is active material length. The design includes the *flowchart* and *interface* of the EDFA simulator. Based on the design of the display *interface* the gain will be presented in graphical form the relationship between wavelength and gain.

Keywords: Simulator, EDFA, gain, *flowchart*, Interface

PENDAHULUAN

Sistem jaringan komunikasi serat optik memiliki penguat yang dikenal dengan *optical amplifier* terbuat dari serat optik yang didadah dengan unsur-unsur tanah jarang seperti Erbium (Er), Neodium (Nd) dan unsur lain yang berasal dari golongan lantanida. *Optical amplifier* yang didadah dengan Erbium dikenal dengan *Erbium Doped Fiber Amplifier* atau EDFA [1]. Alasan pemilihan EDFA sebagai *Optical amplifier* dapat bekerja dengan baik untuk menguatkan sinyal dengan panjang gelombang $1.5\mu\text{m}$ sehingga lebih efisien, karena daerah kerja dengan panjang gelombang $1.5\mu\text{m}$ memiliki *loss* yang paling kecil [2]. Keunggulan lain EDFA adalah kemudahan dalam penyambungan dengan jaringan fiber optik dengan *loss* yang rendah, karakteristik *noise*

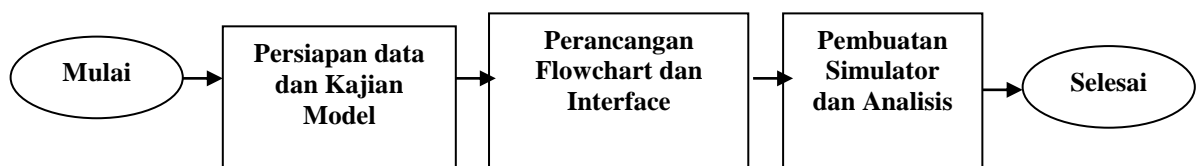
yang rendah memiliki karakteristik penguatan yang tidak sensitif terhadap polarisasi sehingga tidak terpengaruh oleh medan listrik dan medan magnet [3]. Disamping itu daya penguatan yang tinggi dari EDFA sehingga sesuai untuk penerapan jaringan optik jarak jauh.

Parameter utama dalam mendesain sebuah *device* EDFA adalah komposisi bahan serat optik, karakteristik serat optik sebagai pandu gelombang, konsentrasi ion erbium, panjang serat yang digunakan, sumber pemompa, serta penggunaan komponen aktif atau pasif yang terintegrasi[2]. Parameter tersebut digunakan untuk mendapatkan EDFA yang memiliki gain yang besar dalam aplikasinya sebagai *optical amplifier*. Gain yang besar dapat diperoleh dengan menggunakan serat *Erbium Doped Fiber* (EDF) yang lebih panjang atau dengan konsentrasi erbium yang besar, dan dapat pula diusahakan dengan menggunakan daya pemompa yang lebih besar[2]. Namun dengan pemilihan faktor tersebut yang semakin besar, maka *noise figure* yang dihasilkan juga akan semakin besar [4]. Sehingga kita harus memperhatikan nilai optimum setiap parameter untuk mendapatkan hasil keluaran EDFA yang sesuai dengan aplikasi yang diinginkan.

Sejalan dengan hal tersebut di atas, fabrikasi dan karakterisasi kaca tellurite yang didadah ion erbium telah berhasil dilakukan [5][6][7][8] dengan komposisi $55\text{TeO}_2 - 2\text{Bi}_2\text{O}_3 - (43-x)\text{ZnO} - x\text{Er}_2\text{O}_3$ (TZB:Er) dengan variasi % mol Er_2O_3 adalah 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 dan 3,0 Hasilnya menunjukkan bahwa nilai indeks bias kaca yang meningkat dari 1,90 sampai dengan 1,98 seiring kenaikan konsentrasi Er_2O_3 . Selain itu, dalam [5] penambahan Er_2O_3 meningkatkan probabilitas absorpsi dengan metode membanding dengan nilai *cross section*. Dari hasil tersebut diketahui bahwa kaca tellurite yang didadah dengan Er^{3+} merupakan material yang menjanjikan untuk *optical amplifier* pada rentang 1,5 μm . Berdasarkan kondisi tersebut diperlukan penelitian berkelanjutan untuk mengetahui karakteristik gain dari komposisi EDFA yang telah dihasilkan sebelumnya. Untuk tujuan tersebut perlu dibuat simulator EDFA sehingga memudahkan analisis gain pada material aktif TZB:Er.

METODE

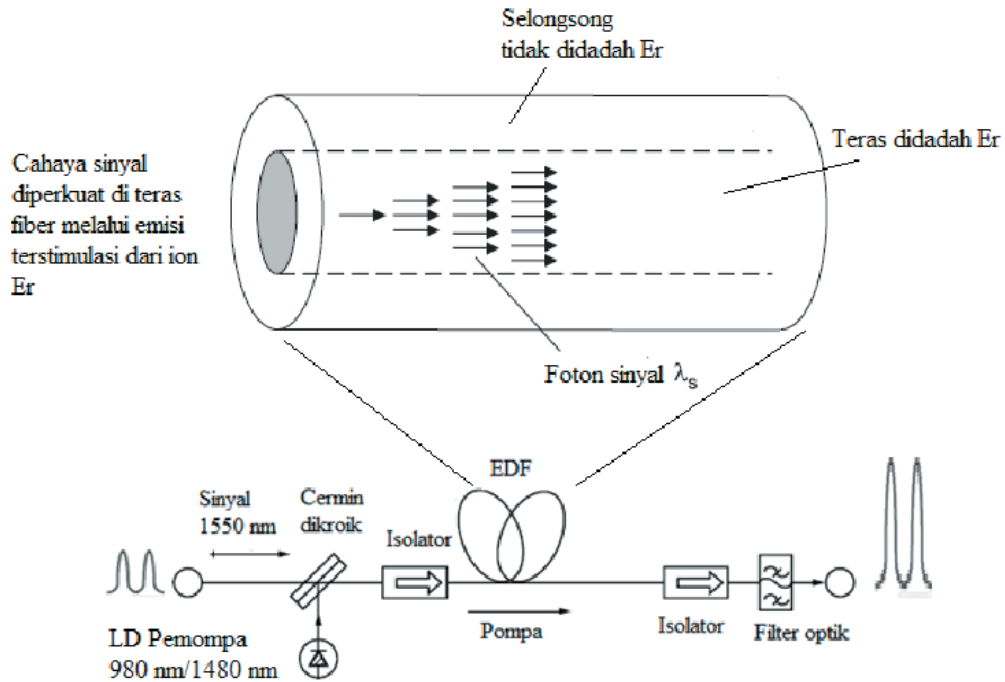
Tujuan pengembangan simulator *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA) untuk mengetahui karakteristik gain material aktif TZB:Er. Komposisi material aktif TZB:Er adalah $55\text{TeO}_2 - 2\text{Bi}_2\text{O}_3 - (43-x)\text{ZnO} - x\text{Er}_2\text{O}_3$ dengan variasi % mol Er_2O_3 adalah 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 dan 3,0. Untuk tujuan ini, tahapan pengembangan dibagi menjadi tiga tahap pelaksanaan pertama melakukan kajian formulasi model matematis dan persiapan data, kedua perancangan *flowchart* dan *interface* dan ketiga pembuatan simulator dan analisis hasil, seperti pada Gambar 1. Dalam makalah ini akan di paparkan bagian kajian model dan persiapan data serta perancangan yang meliputi *flowchart* dan tampilan layar simulator.



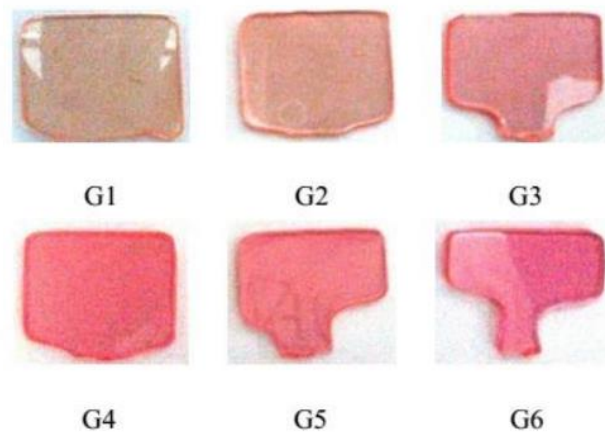
Gambar 1. Tahapan Pengembangan Simulator EDFA

HASIL

Sebuah EDFA terdiri atas bagian kecil fiber yang mempunyai sejumlah kecil *rare earth* element erbium terkontrol yang ditambahkan pada kaca dalam bentuk ion Er^{3+} . Hal ini diilustrasikan pada Gambar 2 [3][9]. Sumber pemompa (*pump source*) merupakan sumber cahaya yang mengaktifkan *Erbium Doped Fiber* untuk menghasilkan penguatan optik dan sumber pemompa berupa dioda laser semikonduktor dengan panjang gelombang 980 nm dan 1480 nm. Material aktif (*active medium*) merupakan *device* dengan komposisi $55\text{TeO}_2 - 2\text{Bi}_2\text{O}_3 - (43-x)\text{ZnO} - x\text{Er}_2\text{O}_3$ (TZB:Er) dengan variasi % mol Er_2O_3 adalah 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 dan 3,0 Gambar 3 [5].



Gambar 2. Skema Erbium Doped Fibre Amplifier



Gambar 3. Material aktif dengan komposisi $55\text{TeO}_2 - 2\text{Bi}_2\text{O}_3 - (43-x)\text{ZnO} - x\text{Er}_2\text{O}_3$ (TZB:Er)

Hasil penguatan EDFA tergantung pada parameter parameter fisik dari EDFA itu sendiri seperti % mol Erbium(Er_2O_3) yang digunakan untuk *doping device* material aktif yang digunakan. Selain itu, parameter kunci yang sangat mempengaruhi terhadap penguatan EDFA antara lain : *fluorescence life times* (τ), *cross section* (σ), densitas Erbium (ρ) dan daya saturasi (P_{sat}). Data *cross section* (σ), densitas Erbium (ρ) material aktif disajikan dalam Tabel 1[5] sedangkan P_{sat} dapat dicari dengan persamaan 1 [3]. Dengan, h adalah Konstanta Planck ($6.63 \times 10^{-34} \text{ W.s}^2$), ν_s adalah Frekuensi sinyal, A adalah Radius pada modus fundamental, τ adalah *Life time* dan σ adalah *cross section*.

$$P_{\text{sat}} = \frac{h\nu_s A}{\sigma\tau}$$

1

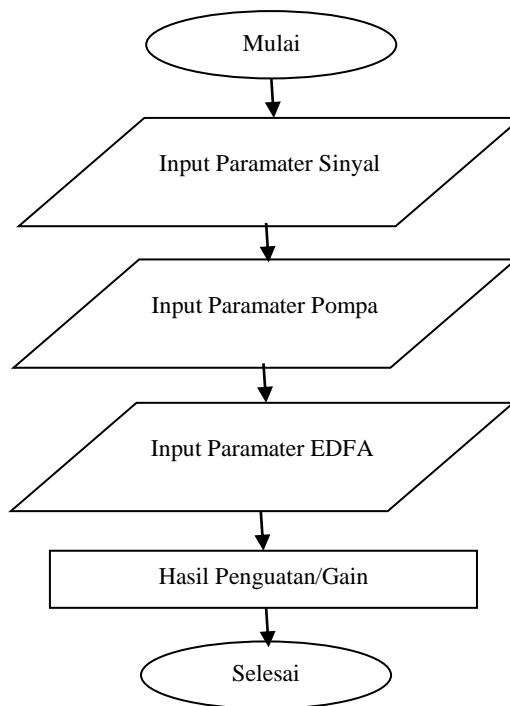
Tabel. Nilai *cross section* (σ) dan densitas (ρ) material aktif

Komposisi	ρ (gr/cm ³)	Cross Section(σ)	Panjang Gelombang Puncak (nm)
x=0,5	5,581	161,732	976,9
x=1,0	5,701	174,448	977,7
x=1,5	5,534	175,021	977,9
x=2,0	5,640	175,576	977,6
x=2,5	5,790	176,284	977,5
x=3,0	5,874	176,913	977,7

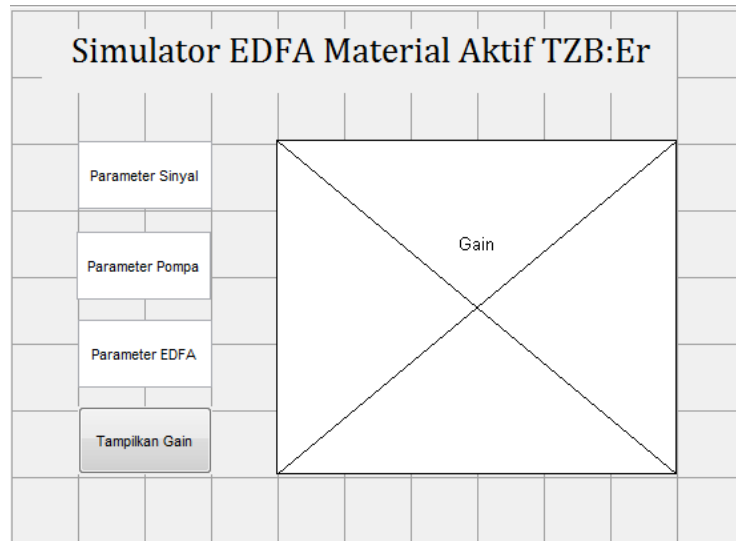
Penguatan sinyal optik oleh *Erbium Doped Fiber Amplifier* pada prinsipnya sama seperti pembangkitan sinar laser yaitu pemanfaatan emisi atau pancaran yang terjadi akibat ransangan (*stimulated emission*). Pada penguatan sinyal optik yang dilakukan EDFA pada dasarnya memanfaatkan daya pemompa berupa laser yang diberikan pada material aktif. Berikut ini adalah pemodelan yang digunakan untuk memperoleh penguatan (G), dalam hal ini penguatan maksimum sebagai fungsi daya sinyal pompa output (P_p^{out}), daya sinyal pompa input (P_p^{in}) dan daya pompa absorpsi $P_p^{in} - P_p^{out}$. Setelah dilakukan modifikasi maka penguatan di modelkan dengan persamaan 2 [1]

$$G = \frac{P_s^{in}}{P_s^{out}} = \exp(\rho\sigma L) \tag{2}$$

Berdasarkan pembahasan kajian formulasi model matematis dan persiapan data di atas maka perancangan *flowchart* simulator EDFA disajikan seperti Gambar 4. Input parameter sinyal akan meliputi panjang gelombang, frekuensi sinyal, daya sinyal, *absorption cross section*, *emission cross section*, daya saturasi. Input parameter pompa akan meliputi 980 nm dan 1480 nm. Input parameter EDFA adalah panjang material aktif. Pada Gambar 5 disajikan perancangan *interface* aplikasi dimana tampilan gain dirancang dalam bentuk grafik hubungan antara panjang gelombang dan gain.



Gambar 4. Perancangan *Flowchart* Simulator EDFA



Gambar 5. Perancangan *Interface* Simulator EDFA

Hasil perancangan Gambar 4 dan Gambar 5 dapat digunakan dalam pembuatan simulator EDFA dengan menggunakan program Matlab. Input data panjang gelombang menggunakan spektrum absorpsi dan emisi untuk panjang gelombang 400 nm sampai 1100nm [5], maka dapat dihitung besar gain maksimum pada rentang panjang gelombang tersebut. Dengan demikian pengembangan simulator EDFA ini berguna untuk mengetahui gain pada material aktif dengan komposisi $55\text{TeO}_2 - 2\text{Bi}_2\text{O}_3 - (43-x)\text{ZnO} - x\text{Er}_2\text{O}_3$ (TZB:Er) dengan variasi % mol Er_2O_3 adalah 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 dan 3,0

SIMPULAN

Telah berhasil dirancang simulator *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA) untuk mengetahui karakteristik gain material aktif TZB:Er. Perancangan meliputi flowchart dan interface simulator EDFA. Input simulator berupa parameter sinyal, parameter pompa dan parameter EDFA. Input parameter sinyal akan meliputi panjang gelombang, frekuensi sinyal, daya sinyal, *absorption cross section*, *emission cross section*, daya saturasi. Input parameter pompa akan meliputi 980 nm dan 1480 nm. Input parameter EDFA adalah panjang material aktif. Berdasarkan perancangan *interface* tampilan gain akan disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara panjang gelombang dan gain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM), Direktorat Jendral Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (RISTEKDIKTI) yang telah mendanai penelitian ini serta LPPM STMIK Duta Bangsa Surakarta yang memfasilitasi terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hambali, Akhmad dan Ary Syahriar. 2002. Analisa Karakteristik Gain Serat Optik Erbium Doped Amplifier Mode Tunggal. *Proceeding computer dan sistem intelejen (KOMMIT 2002)*
- [2] Samijayani, Octarina Nur dan Ary Syahriar. 2008. Aplikasi In-line Amplifier EDFA Pada Sistem Transmisi Panjang Gelombang Tunggal dan Transmisi Berbasis WDM. *Konferensi dan Temu Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Indonesia 21-23 Mei 2008, Jakarta*
- [3] Kuswanto, Heru. 2011. *Penguat Serat Optik Terhadap Erbium, Prinsip Dan Permodelan*. Yogyakarta : Pusat Pengembangan Instruksional Sains (P2IS) FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

- [4] Hossain, Sajid et al. 2014. Investigating the Gain Characteristics of EDFA and its Application in WDM System. *American Academic & Scholarly Research Journal* Vol. 6, No.3, May 2014
- [5] Susanto, Rudi dan Marzuki, Ahmad. 2014. Investigating the Gain Characteristics of Erbium Doped Tellurite Glasses for fiber amplifiers. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)* ISSN: 2349-2163 Issue 10, Volume 2 (October 2015)
- [6] Susanto, Rudi. 2016. Pengembangan Aplikasi Berbasis Matlab Untuk Menganalisis Sifat Lasing Kaca Te-Zn-Bi Yang Terdadah Ion Er^{3+} . *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)* Vol 06, No 01, Juni 2016
- [7] Susanto, Rudi dkk. 2016. Analisis Pengaruh Variasi Erbium Terhadap Indeks Bias dan Energy Gap Kaca Er:TZBN Untuk Aplikasi Optical Amplifier. *Jurnal Sainstech Politeknik Indonusa Surakarta* ISSN : 2355-5009 Vol. 1 Nomor 5 Juni Tahun 2016
- [8] Susanto, Rudi dan Hasanah, Herliyani. 2017. Analisis Sifat Lasing Bahan Optical Amplifier untuk Sistem Komunikasi Optik Menggunakan Aplikasi berbasis MATLAB. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*. Print ISSN: 2442-8868, Online ISSN: 2442-904x
- [9] Kour, Avneet et al. 2016. Gain Flattening Of Erbium Doped Fiber Amplifier - A Review. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)* Volume 5, Issue 12, December 2016 ISSN: 2278 – 7798