

ANALISA KINERJA SISTEM KOMUNIKASI OPTIK JARAK JAUH DENGAN TEKNOLOGI DWDM DAN PENGUAT (EDFA)

PERFORMANCE ANALYSIS OF LONG HAUL OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM WITH TECHNOLOGY DWDM AND AMPLIFIER (EDFA)

Winda Friandawa¹, Ir.Akhad Hambali, M.T², Afief Dias Pambud, S.T., M.T³

^{1,2}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Komunikasi optik jarak jauh menyebabkan berkurangnya daya yang diterima pada sisi penerima, hal ini disebabkan oleh adanya dispersi dan redaman lainnya. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan daya yang diterima pada sisi penerima digunakan sebuah penguat agar pada sisi penerima sinyal yang dikirimkan dapat diterima dengan baik.

Pada Tugas Akhir ini, akan dilakukan pemodelan dan simulasi *link* DWDM menggunakan *software* Optisystem 7.0, kemudian akan dilakukan tiga skema yang ada pada *erbium doped fiber amplifier* (EDFA) tanpa menggunakan *Dispersion Compensation Fiber*. Tiga skema EDFA yaitu, *booster amplifier*, *In-line amplifier*, dan *pre amplifier*. EDFA dipilih pada Tugas Akhir ini karena EDFA dapat menguatkan sinyal optik tanpa mengubahnya menjadi sinyal elektrik terlebih dahulu. Pada Tugas Akhir ini, serat optik akan diatur panjangnya setiap 2 Km. Panjang *link* yang digunakan yaitu 72 Km, 142 Km dan 396 Km, *bitrate* yang digunakan yaitu 10 Gbps dan 40 Gbps, format modulasi yang digunakan yaitu NRZ dan RZ. Selanjutnya, hasil dari simulasi akan dilihat nilai dari Q faktor dan BER masing-masing skema EDFA, sehingga didapatkan nilai yang terbaik dari ketiga skema EDFA yang digunakan.

Dari hasil analisa yang dilakukan, penguat (EDFA) memiliki korelasi terhadap kinerja sistem DWDM ini, dimana didapatkan skema *booster amplifier* yang terbaik diantara ketiga skema EDFA yang ada karena pada skema *booster amplifier* Q faktor bernilai paling maksimal yaitu sebesar 7.70079 dan BER yang bernilai paling optimal yaitu sebesar 5.58823×10^{-15} yang terjadi pada saat kondisi panjang *link* 72 Km, *bitrate* 10 Gbps dan *line coding* RZ.

Kata Kunci: DWDM, EDFA, Q Faktor, BER.

Abstract

Distance optical communication leads to reduced power received at the receiver side, it is caused by the dispersion and attenuation others. Therefore, to optimize the received power at the receiver side to use an amplifier to be on the receiving the transmitted signal can be received well.

In this paper, we will do modeling and simulation using the DWDM link Optisystem 7.0 software, and then will be three existing schemes on erbium doped fiber amplifier (EDFA) without using Dispersion Compensation Fiber. Three schemes EDFA ie, booster amplifiers, In-line amplifier and pre-amplifier. EDFA been in this final project for EDFA can amplify optical signals without converting it into an electrical signal first. In this final project, the optical fiber length will be set every 2 Km. The length of the link used is 72 Km, 142 Km and 396 Km, bitrate used is 10 Gbps and 40 Gbps, modulation format used is NRZ and RZ. Furthermore, the results of the simulation will be the value of the Q factor and BER respectively EDFA scheme, so we get the best value of the three schemes EDFA used.

From the analysis conducted, the amplifier (EDFA) has a correlation to the performance of DWDM systems, where available schemes booster of the best among the three schemes EDFA that is because the scheme booster Q factor is worth the maximum is equal to 7.70079 and BER are worth at least the minimum that is equal 5.58823×10^{-15} that occurs when the condition of the link 72 Km length, bitrate and 10 Gbps RZ line coding.

Keyword: DWDM, EDFA, Q factor, BER

1. Pendahuluan

Dewasa ini, untuk meningkatkan pelayanan telekomunikasi digital, serat optik lebih dipilih sebagai media transmisi data. Namun, pada transmisi serat optik terkadang beberapa informasi dapat hilang, hal ini diakibatkan oleh rugi-rugi yang terjadi disepanjang kabel serat optik. Salah satu rugi-rugi tersebut adalah rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh dispersi disepanjang kabel serat optik. Dispersi ini mengakibatkan pulsa-pulsa yang ditransmisikan pada ujung serat optik menjadi melebar. Bila pulsa-pulsa tersebut diterima pada ujung yang lain akan membatasi jumlah pulsa-pulsa per unit waktu (*bit rate*) yang dapat dideteksi pada jarak tertentu. Penyebab dari dispersi ini bisa berbagai macam, salah satunya adalah jarak tempuh (panjang *link*) dari suatu serat optik.

Jarak yang semakin jauh biasanya menimbulkan dispersi yang lebih banyak juga, hal ini dikarenakan redaman/loss yang terjadi di sepanjang serat optik semakin banyak. Redaman/loss yang terjadi disepanjang kabel optik bisa berpengaruh terhadap daya terima, BER, dan faktor kualitas dari suatu serat optik. Untuk mengatasi masalah dispersi ini biasanya pada komunikasi serat optik dipasang sebuah penguat EDFA. EDFA berfungsi untuk menguatkan sinyal optik tanpa mengubahnya ke sinyal elektrik terlebih dahulu, EDFA memiliki kelebihan seperti toleransi penguat serat teradap panjang gelombang sinyal relatif lebih besar.

2. Dasar Teori

2.1 Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) merupakan pengembangan dari teknologi WDM yang juga memiliki kesamaan konsep seperti FDM (*Frequency Division Multiplexing*) yang menggabungkan beberapa frekuensi ke dalam satu kanal transmisi pada sistem komunikasi radio atau satelit. Sedangkan sistem kerja DWDM sendiri ialah menggabungkan beberapa panjang gelombang ke dalam satu serat optik. Dimana berbagai panjang gelombang (λ_1 - λ_n) tadi berasal dari beberapa sumber laser yang berbeda, kemudian mengalami proses multiplexing ke dalam satu serat optik yang sama[2].

Setiap panjang gelombang (λ) yang telah melalui proses *multiplexing*, akan ditransmisikan melalui sebuah serat optik yang sama menuju penerima. Di sisi penerima nantinya akan ditempatkan perangkat yang berfungsi untuk melakukan proses *demultiplexing*, yaitu proses pemisahan kembali beberapa panjang gelombang yang sebelumnya menjadi satu dalam serat optik kembali pada panjang gelombang masing-masing

2.2 Sumber Optik

Sumber optik terbagi menjadi dua jenis yaitu LED dan laser. Dalam Tugas Akhir ini, digunakan laser atau *light amplification by stimulated emission of radiation* sebagai sumber optik. Tersusun dari bahan semikonduktor (Dioda laser) yang memiliki koherenitas yang sangat baik, sehingga memiliki keunggulan untuk memancarkan cahaya pada panjang *link* yang jauh. Dengan keunggulan berupa koherenitas yang baik inilah penggunaan laser dikhususkan pada panjang *link* menengah hingga jauh, seperti pada *link long-haul* [5]. Dioda laser semikonduktor ini memiliki karakteristik radiasi emisi (pancaran cahaya) yang *coherent* (fasa dan periode) sehingga menyebabkan pancaran optik (cahaya) nya sangat *monochromatis* dan sangat terarah[9].

2.3 Format Pengkodean NRZ dan RZ [9]

Bandwidth kode NRZ sering digunakan sebagai referensi untuk kode-kode grup lainnya. Kode NRZ yang paling sederhana adalah NRZ level (NRZ-L). Pada sebuah serial aliran data, sebuah sinyal hidup mati (unipolar) dipresentasikan sebagai 1 jika melewati sebuah tegangan pulsa atau cahaya yang dimasukkan pada seluruh periode *bit*, dan 0 di mana tidak ada pulsa yang ditransmisikan. Kode-kode itu mudah dihasilkan dan dikodekan tetapi mereka tidak mempunyai *error detection* yang baik atau kemampuan mengoreksi dan tidak mempunyai *self clocking*.

Pada kode RZ, deretan *bit* yang akan ditransmisikan akan dikodekan dengan *bit* 1 menyatakan oleh pulsa positif dan *bit* 0 menyatakan dengan pulsa negatif. Untuk setiap *bit*, level sinyal akan kembali pada level nol (*return to zero*). Kode RZ memiliki keunggulan yaitu lebih sederhana, sedangkan kelemahannya adalah *bandwidth* yang diperlukan lebih lebar karena level sinyal berubah lebih cepat dari laju *bit*. Kode RZ diterapkan pada sistem komunikasi yang sederhana.

2.4 Serat Optik

Serat optik adalah *dielectric waveguide* yang dioperasikan pada frekuensi optik 10^{14} sampai 10^{15} . Serat optik adalah *dielectric waveguide* yang dioperasikan pada frekuensi optik 10^{14} sampai 10^{15} Hz. Perambatan cahaya pada serat optik bisa dideskripsikan sebagai sebuah kumpulan gelombang elektromagnetik terbimbing (*guided electromagnetic waves*) yang disebut sebagai *mode* dari *waveguide*. Masing-masing mode yang terbimbing tersebut adalah pola distribusi dari medan listrik dan magnet yang berulang sepanjang fiber dengan interval yang sama[7].

2.5 Erbium-doped Fiber Amplifier (EDFA)

Erbium-doped Fiber Amplifiers atau yang disingkat EDFA adalah perangkat yang memperkuat sinyal optik. Pada prinsipnya, laser digunakan untuk memompa serat erbijum doped dan atom - atom di serat akan berpindah pita energi dari tingkat terendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Sinyal optik yang melewati serat erbijum doped berfungsi sebagai perangsang sehingga terjadi emisi yang melepaskan energi foton. Energi tersebut bersifat koheren dan dengan demikian terjadi penguatan sinyal secara optik[4][5].

2.6 Q Faktor dan Bit Error Rate (BER)

2.6.1 Q Faktor

Q Faktor adalah faktor kualitas yang akan menentukan bagus atau tidaknya kualitas suatu *link* WDM. Dalam sistem komunikasi serat optik khususnya WDM, minimal ukuran Q Faktor yang bagus adalah 6, atau 10^{-9} dalam *Bit Error Rate* (BER)[1]. Nilai Q sendiri didapat dari persamaan (2.5) berikut ini:

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma_1} \quad (2.1)$$

Dimana μ_1 adalah level dari bit '1', μ_0 adalah level dari bit '0', σ_1 adalah standar deviasi bit '1', σ_0 adalah standar deviasi bit '0'[11].

2.6.2 Bit Error Rate (BER)

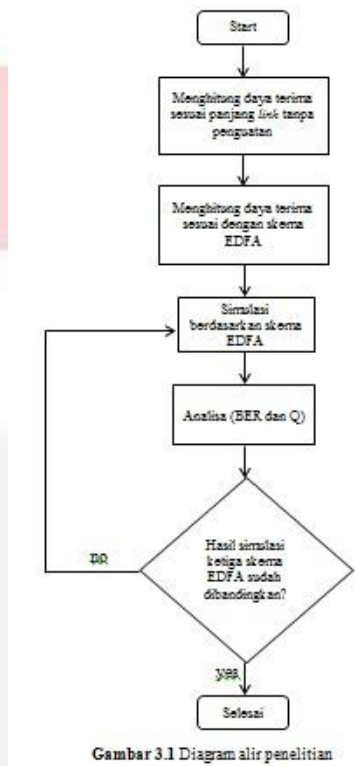
BER merupakan rasio perbandingan antara kesalahan atau kerusakan bit (*error*) dengan bit yang dikirimkan keseluruhan[1]. Sedangkan BER (*Bit Error Rate*) Test merupakan pengujian yang berfungsi untuk menguji seberapa banyak kesalahan pembacaan di sisi penerima pada setiap detik. Pembacaan nilai BER dapat dimisalkan dengan pemberlakuan BER sejumlah 10^{-13} , yang menandakan besarnya kemungkinan kesalahan pembacaan di sisi penerima sebesar 10^{-13} , atau dengan kata lain dalam 10^{13} yang dikirimkan, terdapat 1 bit yang mengalami kesalahan pembacaan atau penerimaan[8].

Nilai standar BER untuk *link* SONET adalah 10^{-12} dan untuk *link* generasi baru seperti *long-haul* BER yang direkomendasikan ada pada 10^{-15} [1]. Hubungan antara Q Faktor dan BER dapat dilihat dari persamaan (2.6) berikut ini[9]:

$$BER = -\operatorname{erfc}\left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right) \quad (2.2)$$

3. Pembahasan

3.1 Diagram Alir Penelitian



3.5 Menghitung Besar Daya Output EDFA Berdasarkan Gain

Besarnya *gain* EDFA sesuai dengan spesifikasi perangkat yang ada yaitu 10 dB - 20 dB. Untuk itu, akan dihitung besarnya daya *output* EDFA jika *gain* EDFA diubah dari 10 dB - 20 dB. Tabel 3.1 menunjukkan hubungan besar daya *output* EDFA dengan besar *gain*.

Tabel 3.1 Besar daya *output* EDFA sesuai *gain* pada skema *booster*

Gain (dB)	Pout (Watt)
10	0.01
11	0.012589254
12	0.015848932
13	0.019952623
14	0.025118864
15	0.031622777
16	0.039810717

17	0.050118723
18	0.063095734
19	0.079432823
20	0.1

Sesuai data perangkat yang ada, rentang *gain* EDFA untuk skema *inline amplifier* yaitu 5 dB - 22 dB. Tabel 3.2 menunjukkan besar daya *output* EDFA 1 sesuai dengan *gain* yang digunakan

Tabel 3.2 Besar daya *output* EDFA *inline* pada panjang *link* 72 Km

Gain (dB)	Pout (dBm)
5	0.000248
6	0.000313
7	0.000393
8	0.000495
9	0.000624
10	0.000785
11	0.000988
12	0.001244
13	0.001566
14	0.001972
15	0.002482
16	0.003125
17	0.003934
18	0.004953
19	0.006235
20	0.00785
21	0.009883
22	0.012441

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan pada perangkat lunak OptiSystem 7.0 dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pada skema *booster amplifier* EDFA diletakkan diposisi awal tepatnya setelah *multiplexer* dengan penguatan sebesar 20 dB dan daya pancar laser sebesar 0 dBm didapatkan hasil *Q* faktor maksimal pada skema *booster amplifier* bernilai 7.48501 dengan nilai BER sebesar 2.89237×10^{-14} , ketika panjang *link* yang digunakan 72 Km, *bitrate* 10 Gbps dan *line coding* RZ. Ini disebabkan oleh panjang *link* yang dilewati tidak terlalu panjang sehingga dispersi yang terjadi tidak banyak.
2. Pada skema *inline amplifier* EDFA diletakkan diposisi tengah dengan penguatan sebesar 22 dB dan daya pancar laser sebesar 0 dBm didapatkan hasil *Q* faktor maksimal pada skema *inline amplifier* bernilai 6.80237 dengan nilai BER sebesar 4.7015×10^{-12} , ketika panjang *link* yang digunakan 72 Km, *bitrate* 10 Gbps dan *line coding* RZ. Ini disebabkan oleh panjang *link* yang dilewati tidak terlalu panjang sehingga dispersi yang terjadi tidak banyak.

3. Pada skema *preamplifier* EDFA diletakkan diposisi akhir tepatnya sebelum *demultiplexer* dengan penguatan sebesar 22 dB dan daya pancar laser sebesar 0 dBm didapatkan hasil Q faktor maksimal pada skema *preamplifier* bernilai 4.48857 dan BER optimal yang bernilai 2.23144×10^{-6} , ketika panjang *link* yang digunakan 142 Km, *bitrate* 10 Gbps dan *line coding* NRZ. Ini disebabkan oleh panjang *link* yang dilewati tidak terlalu panjang sehingga dispersi yang terjadi tidak banyak.

5.DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alwyn, V. (2005). *Optical Network Design and Implementation*. Indianapolis: Cisco Press.
- [2] Cisco. (2001). *Introduction to DWDM Technology*. San Jose: USA
- [3] Baldwin, T., & Durand, S. (2001). IF Fiber Selection Criteria. *EVLA Memorandum No. 32, Ver.7*.
- [4] Hambali, A., & Syahriar, A. (2002). Analisa Karakteristik Gain Serat Optik Erbium Doped Amplifier Mode Tunggal. *Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT)*. Depok: Gunadarma University.
- [5] Keiser, G. (2009). *Optical Fiber Communications* (3rd ed.). Boston: McGraw Hill.
- [6] Keiser, G. (2014). *Optical Fiber Communications* (5th ed.). Boston: McGraw Hill.
- [7] Kumar, V., & Srivastava, M. (2014). Cross Phase Modulation: Analysis And Compensation Using Fiber Braggs Grating In WDM System. *The Clute Institute International Academic Conference* (hal. 443-450). Munich: The Clute Institute International Academic.
- [8] Leza, Y. M. (2011). *Analisis Perencanaan Sistem Transmisi Serat Optik DWDM PT. TELKOM INDONESIA, Tbk Link Jakarta-Banten*. Depok: Universitas Indonesia.
- [9] Murdika, U. (2012). *Superposisi Dua Laser Semikonduktor Terpolarisasi Pada Komunikasi Free Space Optiks Untuk Meningkatkan Intensitas Transmisi*. Depok: Universitas Indonesia.
- [10] Senior, J. M. (2009). *Optical Fiber Communications Principle and Practice* (3rd ed.). Essex: Prentice Hall.
- [11] White, K. (2003). Q Faktor : The Wrong Answer for Service Providers and NEMs. *White Paper*, 1-12.
- [12] Danaryani. (2015). *Studi Perancangan Jaringan Komunikasi Serat Optik DWDM L-Band dengan Penguat EDFA*. Jakarta : Politeknik Negeri Jakarta.
- [13] Finisar. (2010). *Introduction to Optical Amplifier*. California: Finisar.
- [14] Cisco. (2005). *DWDM Overview*. San Jose: USA