

ANALISIS KOMPENSASI DISPERSI MENGGUNAKAN PENGUAT RAMAN PADA JARINGAN WDM (WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING) DALAM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

Roby Ikhsan, Romi Fadli Syahputra, Saktioto*

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: saktioto@ieee.org

ABSTRACT

The discovery of optical fiber cause widespread revolution of communication system. Optical fiber communication has excellency on data transmission speed, security, flexibility, and broadly bandwidth. The applying of WDM network can broaden the bandwidth so that the transmission performance becomes more splendid. Although some factors such as dispersion, attenuation, and scattering can hinder the performance of fiber optic on sending data. Moreover dispersion can wreck data and spread pulse as it travels alongs fiber so that causing interference. There is some methods of dispersion compensation. In this paper, Fiber Raman Amplifier is used on WDM network to strengthen signal which is sent to detector. This research utilize simulation approachment with various bandwidth and length fiber. The results show lowest BER value and highest Q-factor at bandwidth frequency of 30 GHz and fiber length of 20 km.

Keywords: WDM, Fiber Raman Amplifier, Dispersion Compensation, Optical Fiber Communication.

ABSTRAK

Penemuan serat ispe menyebabkan terjadinya revolusi besar dalam isper komunikasi. Komunikasi serat ispe memiliki keunggulan dalam kecepatan transmisi data, keamanan, fleksibilitas, dan penyediaan bandwidth yang lebih lebar. Penggunaan jaringan WDM dapat memperbesar nilai bandwidth sehingga kinerja transmisi menjadi lebih baik. Namun, beberapa isper seperti isperse, atenuasi, dan hamburan dapat menghambat kinerja serat ispe dalam mengirimkan data. Terlebih lagi, isperse dapat merusak data dan menyebarkan pulsa saat melintasi serat sehingga terjadi interferensi. Telah banyak ditemukan metode sebagai kompensasi dispersi. Dalam makalah ini akan dibahas tentang jaringan WDM yang menerapkan Penguat Raman untuk memperkuat sinyal yang dikirim ke detektor. Penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi dengan memvariasikan frekuensi bandwidth dan panjang serat optik. Hasil simulasi menunjukkan nilai BER terendah dan Q-factor tertinggi tercipta pada frekuensi bandwidth 30 GHz dan panjang serat 20 km.

Kata kunci: WDM, Penguat Raman, Kompensasi Dispersi, Komunikasi Serat Optik.

PENDAHULUAN

Komunikasi merupakan suatu proses penyampaian informasi dari satu pihak ke pihak lain melalui suatu media. Pemakaian kawat tembaga sebagai media transmisi dalam sistem komunikasi tidak lagi memungkinkan untuk digunakan dalam transmisi data jarak jauh dengan kapasitas besar dan kecepatan yang tinggi. Dengan kendala inilah pemakaian kawat tembaga sebagai media transmisi digantikan oleh serat optik dengan kemampuan yang lebih tinggi [1].

Pada saat sekarang ini dibutuhkan pengembangan sistem komunikasi yang besar

dengan laju perkembangan sistem telekomunikasi yang tinggi. Hal ini menyebabkan naiknya penggunaan Wavelength Division Multiplexing (WDM) dalam pengembangan jaringan optik. Sistem WDM mampu mentransmisikan data melalui suatu serat optik dan mengirim beberapa sinyal dengan panjang gelombang yang berbeda. Channel informasi yang berbeda dapat ditambahkan ke lokasi yang berbeda dengan menggunakan *multiplexer*. Penambahan ini dapat menambah fleksibilitas sistem WDM [2, 3, 4]. Pengiriman sejumlah sinyal dibutuhkan bandwidth yang lebar dalam komunikasi optik. Hadirnya sistem WDM dapat memenuhi

kebutuhan ini. Walaupun komunikasi ini tetap mengalami beberapa hambatan seperti dispersi. Dispersi merupakan suatu distorsi pada berkas cahaya yang melintas di dalam inti serat optik yang disebabkan oleh adanya mode (modus) dan panjang gelombang ataupun kecepatan yang berbeda. Dispersi menyebabkan terjadinya *loss* pada saat pengiriman data.

Terdapat beberapa teknik yang sudah dikembangkan sebagai kompensasi dispersi seperti penggunaan FBG [5, 6, 7, 8, 9]; Chirp Grating [10]; dan orthogonal frequency division multiplexing [11]. Teknik lain yang digunakan adalah penggunaan penguat optik. Penguat semikonduktor (SOA) dapat digunakan untuk memperkuat jaringan dengan lebar bandwidth di atas 20 GHz [12]. Dalam makalah ini akan dilakukan kompensasi dispersi dengan menggunakan penguat Raman (FRA).

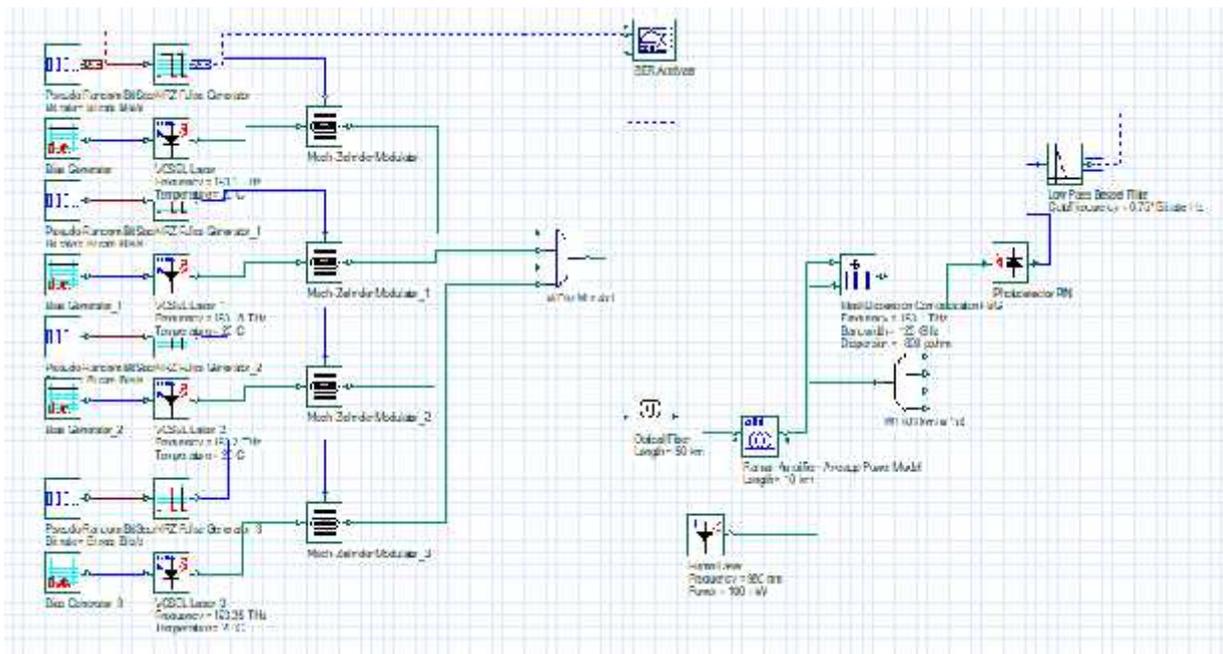
METODE PENELITIAN

Sistem dioperasikan secara komunikasi optik yang terdiri dari sebuah transmitter, medium transmisi, dan detektor. Sistem mentransmisikan informasi dari transmitter menuju detektor melalui serat optik. Simulasi

ini menggunakan empat buah rangkaian transmitter yang memiliki spesifikasi *spacing channel* yang sama sebesar 50 GHz. Sinyal input berbentuk data elektrik dalam bentuk data bit 0 dan 1 yang dibangkitkan oleh *non-return-to-zero* (NRZ) *pseudo random binary sequence*. Sinyal input ini dimodulasi dengan laser *Vertical Cavity Emitting Laser* (VCEL) oleh *Mach-Zehnder Modulator* (MZM). Input sinyal VCEL memiliki frekuensi sebesar 193,1; 193,15; 193,2; dan 193,25 THz dan temperatur 20°C. MZM memodulasi sinyal listrik dan sinyal cahaya, kemudian menghasilkan sinyal keluaran optik yang dikirimkan ke multiplexer 4x1.

Serat optik yang digunakan adalah *Single Mode Fiber* (SMF) karena dapat menghasilkan laju data lebih cepat, dispersi lebih sedikit, dan juga bisa beroperasi untuk jarak yang jauh sehingga cocok digunakan sebagai saluran transmisi. Dalam desain jaringan transmisi ini, SMF dioperasikan dengan dispersi 16,75 ps/nm.km dan atenuasi 0,3 dB/km. Dalam simulasi dengan variasi frekuensi bandwidth digunakan serat sepanjang 50 km.

Simulasi menggunakan *Fiber Bragg Grating* (FBG) sebagai kompensasi dispersi dan penguat optik sebagai kompensasi rugi linier serat (atenuasi) yang dapat dilihat pada

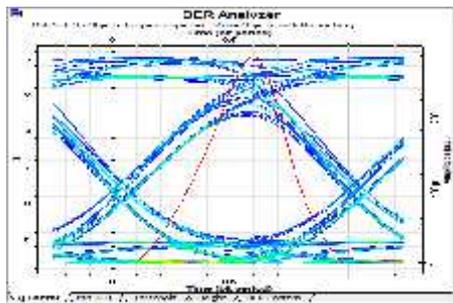


Gambar 1. Model simulasi sistem WDM dengan Penguat Raman

Gambar 1. Rangkaian didesain untuk panjang serat 50 km dan digandengkan dengan Penguat Raman (frekuensi 980 nm dan daya 100 mW), atenuasi serat 0,3 dB/km, dan frekuensi keempat *channel* yaitu 193.1 THz, 193.15 THz, 193.2 THz and 193.25 THz.

Pada bagian detektor, fotodetektor PIN dihubungkan ke keluaran untuk mendeteksi sinyal optik. Sinyal optik diubah kembali menjadi sinyal elektrik dan dikirimkan ke low pass Bessel filter yang hanya meloloskan sinyal berfrekuensi rendah dan menahan sinyal berfrekuensi tinggi. BER analyzer digunakan untuk mengukur laju bit yang *error* dan *Q-factor* dari desain sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

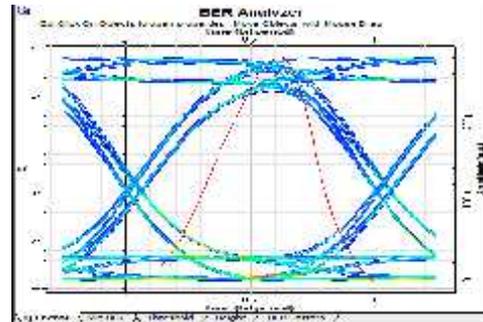


Gambar 2. Diagram mata pada bandwidth 10 GHz.

Simulasi pertama dilakukan dengan panjang serat optik dijaga konstan sepanjang 50 km dan bandwidth sebesar 10 GHz. Pada lebar bandwidth ini didapatkan nilai Q-factor sebesar 7,07. Nilai ini sudah memenuhi standar International [13] yaitu minimal bernilai 6 untuk sebagai acuan dapat tidaknya suatu rangkaian optik digunakan. Diagram mata (*eye diagram*) pada kondisi ini ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil ini lebih baik jika dibandingkan dengan sistem WDM penguat SOA [12] dimana pada lebar bandwidth yang sama Q-factor hanya bernilai 4,18. Diagram mata pada sistem Raman juga lebih halus dan tidak banyak terjadi pelebaran sinyal.

Jika bandwidth dinaikkan hingga angka 20 GHz, Q-factor mengalami peningkatan dan terjadi penurunan nilai BER. Pada lebar

bandwidth ini didapatkan nilai Q-factor sebesar 10,65 dan nilai BER 8,60E-27. Diagram matanya (Gambar 3) lebih halus dan lebih sedikit sinyal yang melebar jika dibandingkan dengan bandwidth 10 GHz. Untuk lebar bandwidth di atas 20 GHz hingga 50 GHz, nilai Q-factor mulai stabil.



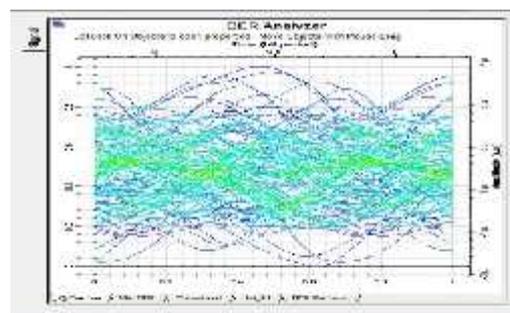
Gambar 3. Diagram mata pada Bandwidth 20 GHz.

Nilai Q-factor dan BER untuk variasi lebar bandwidth dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Nilai Q-factor dan BER terhadap variasi bandwidth.

No	Bandwidth (GHz)	Q-factor	BER
1.	10	7,07	7,26E-13
2.	20	10,65	8,60E-27
3.	30	11,16	3,16E-29
4.	40	11,05	1,04E-28
5.	50	10,81	1,54E-27

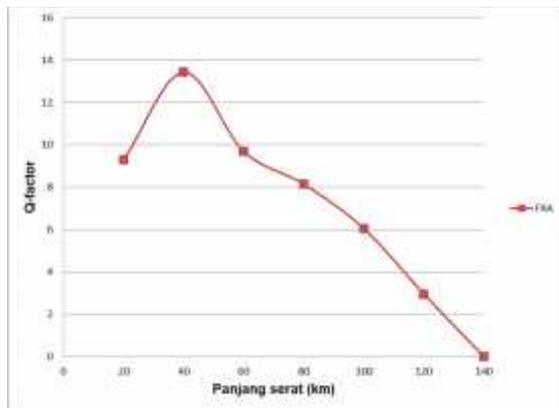
Gambar diagram mata untuk rangkaian tanpa penguat Raman dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Diagram mata untuk sistem WDM tanpa penguat Raman.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa diagram mata pada sistem tanpa penguat Raman berbentuk acak dan tidak teratur. Hal ini menandakan sinyal tidak dapat sampai ke detektor. Dengan adanya penguat Raman, bentuk diagram mata menjadi teratur dan menjadi lebih halus sehingga hal ini membuktikan bahwa penguat Raman dapat dijadikan sebagai kompensasi dispersi.

Simulasi kedua dilakukan dengan lebar bandwidth dijaga konstan sebesar 50 GHz dan diawali dengan panjang serat optik 20 km. Pada panjang serat ini didapatkan nilai Q-factor sebesar 9,29. Nilai Q-factor dan BER untuk setiap panjang serat optik dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Grafik Q-factor terhadap panjang serat optik.

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai Q-factor maksimum berada pada panjang serat 40 km. Nilai Q-factor mengalami penurunan untuk panjang serat di atas 40 km. Hal ini menunjukkan terjadinya dispersi pada sinyal yang merambat di dalam serat optik. Sistem masih dikatakan masih bagus untuk panjang serat di bawah 100 km, sedangkan untuk panjang di atas itu tidak memenuhi aturan internasional mengenai komunikasi [13] dimana nilai Q-factor lebih kecil dari angka 6.

KESIMPULAN

Dalam makalah ini dibahas tentang jaringan WDM dengan menggunakan penguat Raman sebagai kompensasi dispersi. Sistem

rangkaian didesain untuk panjang serat optik 50 km dimana frekuensi keempat *channel* yaitu 193,1; 193,15; 193,2; dan 193,25 THz dengan jarak *channel* yang sama sebesar 50 GHz. Simulasi pertama dijalankan dengan serat optik sepanjang 50 km. Pada lebar bandwidth 20 GHz didapatkan nilai BER terkecil dan Q-factor terbesar. Pada 10 GHz pertama, Q-factor mengalami kenaikan hingga mulai stabil setelah mencapai 20 GHz. Simulasi kedua dijalankan dengan menjaga nilai bandwidth sebesar 50 GHz. Dengan menggunakan parameter yang diatur, sistem dapat mengirim sinyal hingga jarak 100 km. Hal ini dibuktikan oleh nilai Q-factor yang bernilai di bawah angka 6 untuk jarak di atas 100 km.

REFERENSI

1. Efriyanda, O., Faiza, D., & Hadi, A. (2014). Analisis Kinerja Sistem Komunikasi Serat Optik dengan Menggunakan Metode Power Link Budget dan Rise Time Budget pada PT. Telkom (Studi Kasus Link Batusangkar-Lintau). *Jurnal Vokasional Teknik Elektronika & Informatika (VOTEKNIKA)*, 2(2): 80-86
2. Senior, J. M. & Cusworth, S. D. (1989). Devices for Wavelength Multiplexing and Demultiplexing. *Optoelectronics, IEEE Proceedings*, 136(3) : 183-202.
3. Keiser, E. G. (1999). A Review of WDM Technology and Applications. *Optical Fiber Technology*, 5: 339.
4. Bujari, S. S. (2012). A survey on simulation of MEMS optical switch for WDM applications. *World Journal of Science and Technology*, 2(10): 39-43.
5. Othman, M. A., Ismail M. M., Sulaiman, H. A., Misran, M. H., Said, M. A. M., Rahim, Y. A., Che Pee, A. N., & Motsidi, M. R. (2012). An Analysis of 10 Gbits/s Optical Transmission System using Fiber

- Bragg Grating (FBG). *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, **2(7)**: 55-61.
6. Prashad, B., Mallick, B., & Parida, A. K. (2014). Fiber Bragg Grating as a Dispersion Compensator in an Optical Transmission System using Optisystem Software. *International Research Journal of engineering and Technology (IRJET)*, **2(6)**: 9-14.
 7. Kumar, K., Jaiswal, A. K., Kumar, M., & Agrawal, N. (2014). Performance Analysis of dispersion compensation using Fiber Bragg Grating (FBG) in Optical Communication. *International Journal of Current Engineering and Technology*, **4(3)**: 1527-1531.
 8. Singh, H., Sharma, N., & Bharti, R. (2015). Analysis of Fiber Bragg Grating as Dispersion Compensator. *International Journal of Engineering Research (IJOER)*, **1(3)**: 31-35.
 9. Sharma, A., Singh, S., & Sharma, B. (2013). Investigations on Dispersion Compensation using Fiber Braggs Grating. *International Journal of Computer Applications*, **73(2)**: 34-43
 10. Mohammadi, S. O., Mozzaffari, S., & Shahidi, M. M. (2011). Simulation of a Transmission System to Compensate Dispersion in an Optical Fiber by Chirp Gratings. *International Journal of the Physical Sciences*, **6(32)**: 7354 – 7360.
 11. Lowery, A. J., Du, L., & Armstrong, J. (2006). Orthogonal Frequency Division Multiplexing for Adaptive Dispersion Compensation in Long Haul WDM Systems. OFC OSA.
 12. Hossain, M. S., Howlader, S., & Basak, R. (2015). Investigating the Q-factor and BER of a WDM System in Optical Fiber Communication Network by using SOA. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, **13(1)**: 315-322.
 13. International Telecommunication Union – TG. 691.