

PENGARUH FOUR WAVE MIXING PADA SERAT OPTIK G.652 DAN G.655 DALAM DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING

Afiat Utama Ashar¹, Akhmad Hambali², Leanna Vidya Yovita³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) memungkinkan pengiriman banyak kanal informasi dalam satu jalur serat optik, namun dapat memungkinkan terjadinya efek ketidaklinieran optik yaitu Four Wave Mixing (FWM). FWM menghasilkan sinyal baru pada frekuensi saluran. Sinyal-sinyal yang dihasilkan ini dapat menyebabkan degradasi pada saluran DWDM.

Simulasi telah dilakukan dalam tugas akhir ini untuk melihat efek Four Wave Mixing pada serat single mode berdasarkan rekomendasi ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization sector) yaitu G.652 dan G.655 dalam daerah panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm dengan menggunakan software Matlab R2009a. Penelitian difokuskan pada daya FWM yang dihasilkan dan pengaruhnya terhadap Bit Error Rate (BER). Sistem dirancang dengan beberapa jumlah kanal sistem DWDM dipadukan dengan spasi kanal yang sama namun besarnya bervariasi. Serat optik digunakan sepanjang 25 km.

Dari hasil simulasi diperoleh bahwa serat G.652 menghasilkan efek FWM relatif lebih kecil dibandingkan serat G.655 pada daerah panjang gelombang 1550 nm. Pada daerah panjang gelombang 1310 nm, serat G.652 menghasilkan efek FWM relatif lebih besar dibandingkan serat G.655. Daya FWM yang dihasilkan ini tidak berpengaruh besar terhadap nilai BER. Untuk semua kondisi yang ditentukan, BER 10⁻⁵ dicapai untuk nilai Signal to Noise Ratio (SNR) sebesar 9,5 dB.

Kata Kunci : Dense Wavelength Dense Multiplexing, Four Wave Mixing, G.652, G.655, daya keluaran, Bit Error Rate, Signal to Noise Ratio.

Abstract

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) enables the delivery of many channels information in a single fiber-optic lines, but may allow the nonlinearity effect called Four Wave Mixing (FWM). FWM generates new signals at channel frequencies. The resulting signals can cause degradation of the DWDM channels.

Simulations have been performed in this thesis to see the effects of Four Wave Mixing in single mode fiber based ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization sector) recommendation, the G.652 and G.655 in 1310 nm and 1550 nm wavelength region by using Matlab R2009a software. The research focused on FWM generated power and the impact on the Bit Error Rate (BER). The system is designed with a number of channel DWDM system combined with the same channel spacing, but the amount is varies. Fiber optics are used along 25 km.

From the simulation results, it is obtained that the FWM effect of G.652 fiber is relatively smaller than G.655 fiber at 1550 nm wavelength region. At 1310 nm wavelength region, the FWM effect of G.652 fiber is relatively larger than G.655 fibers. This FWM generated power does not affect the BER value. For all the conditions specified, BER 10⁻⁵ is achieved for the value of Signal to Noise Ratio (SNR) 9.5 dB.

Keywords : Dense Wavelength Dense Multiplexing, Four Wave Mixing, G.652, G.655, output power, Bit Error Rate, Signal to Noise Ratio.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) memungkinkan terjadinya efek ketidaklinieran optik. Salah satu yang utama adalah efek *Four Wave Mixing* (FWM). Efek FWM menghasilkan sinyal baru pada frekuensi saluran dengan berinteraksinya sinyal input melalui suseptibilitas orde ketiga dari serat optik. Sinyal-sinyal yang dihasilkan ini dapat menurunkan kinerja sistem melalui *crosstalk*. *Crosstalk* terjadi saat frekuensi yang dihasilkan melalui FWM bertumpukan dengan frekuensi asal dari saluran yang tersedia. Hal ini menyebabkan degradasi pada saluran DWDM^{[3][7]}.

Beberapa penelitian mengenai FWM telah dilakukan. Perbandingan kinerja Four Wave Mixing berdasarkan spasi kanal yang berbeda (6.25 GHz, 10 GHz, 20 GHz, 25 GHz, 75 GHz) telah dilakukan dengan melihat spektrum sinyal keluaran, *eye-diagram*, *Bit Error Rate* (BER), dan *Q-factor*. Hasil yang diperoleh yaitu spasi 75 GHz memiliki BER terendah dan memberi kinerja sistem yang lebih baik^[3]. Amarpal Singh dkk. juga telah meneliti FWM dengan nilai dispersi serat optik 0 – 12 ps/nm.km dan spasi kanal 20 GHz. Dalam jurnalnya, 8 kanal DWDM sistem komunikasi optik telah disimulasikan dan *power penalty* akibat kanal tetangga telah dihitung^[7].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, pengaruh jenis serat optik dan pengaruh jumlah kanal terhadap efek FWM yang digunakan tidak menjadi titik fokus penelitian. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan diteliti pengaruh serat optik yang berbeda terhadap efek FWM dengan jumlah kanal yang bervariasi dan jarak spasi antar kanal sama namun beragam. Jenis serat optik yang digunakan berdasarkan rekomendasi ITU-T yaitu G.652 dan G.655. Hal yang diamati adalah BER dan daya pada penerima pada daerah panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm.

1.2 Tujuan

Dari penjelasan di atas, tujuan Tugas Akhir ini dilakukan yaitu untuk membandingkan efek FWM yang timbul pada serat optik G.652 dan G.655 dengan pengaruh jumlah kanal dengan spasi kanal yang bervariasi pada daerah panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm.

1.3 Rumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti dalam Tugas Akhir ini yaitu:

- a. Mengetahui pengaruh jumlah kanal yang berbeda terhadap efek FWM.
- b. Mengetahui pengaruh perubahan spasi kanal terhadap efek FWM.
- c. Mengetahui nilai BER dengan adanya pengaruh daya FWM pada kanal.
- d. Membandingkan efek FWM pada daerah panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm.
- e. Membandingkan serat G.652 dan G.655 terhadap efek FWM dengan sistem yang telah dirancang.

1.4 Batasan Masalah

Pada Tugas Akhir ini terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut :

- a. Parameter yang diamati adalah daya dan BER pada penerima.
- b. Serat optik yang digunakan adalah serat G.652 dan G.655 sesuai rekomendasi ITU-T.
- c. Spasi kanal yang digunakan adalah 25 GHz, 100 GHz, dan 200 GHz.
- d. Jumlah kanal yang digunakan adalah 4, 8, 16, 64, dan 80 kanal.
- e. Daerah panjang gelombang yang digunakan yaitu 1310 nm dan 1550 nm.
- f. Panjang *link* optik pada DWDM yaitu 25 km.
- g. Daya pemancar yang digunakan tiap kanal adalah sama, yaitu 1 miliwatt atau 0 dBm.
- h. Tidak membahas secara detail mengenai *Dense Wavelength Division Multiplexing*.
- i. Simulasi menggunakan *software* Matlab R2009a.

1.5 Metode Penelitian

Metodologi penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Studi Literatur
Proses pembelajaran teori-teori yang digunakan dan pengumpulan literatur-literatur berupa buku referensi, artikel-artikel, serta jurnal-jurnal untuk mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
- b. Simulasi
Simulasi dilakukan dengan menggunakan *Software* Matlab R2009a.
- c. Analisis
Analisis dilakukan setelah diperoleh hasil simulasi dengan melihat hasil simulasi yang telah diperoleh.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada Tugas Akhir ini terdiri dari 5 bab yaitu :

Bab I. Pendahuluan

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang pembuatan Tugas Akhir, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II. Landasan Teori

Bab ini membahas tentang konsep serat optik dan teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan yang dirumuskan.

Bab III. Pemodelan Sistem

Berisi penjelasan tentang sistem yang dirancang dalam simulasi yang menggunakan Matlab R2009a.

Bab IV. Analisis

Berisi pembahasan dari hasil simulasi yang diperoleh dan akan dibandingkan dengan teori-teori yang ada.

Bab V. Penutup

Bab ini membahas kesimpulan-kesimpulan serta saran yang dapat ditarik dari keseluruhan Tugas Akhir ini.



Telkom
University

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Telah dilakukan simulasi untuk melihat pengaruh FWM terhadap serat optik G.652 dan G.655 sepanjang 25 km pada sistem DWDM 4, 8, dan 16 kanal yang divariasikan dengan spasi kanal yang berbeda yaitu 25 GHz, 100 GHz, dan 200 GHz di daerah panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm. Dari hasil simulasi dan analisisnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

- a. Pengaruh jumlah kanal terhadap daya FWM pada serat G.652 dan G.655 adalah sama. Semakin banyak jumlah kanal, maka daya FWM untuk kedua serat juga cenderung bertambah karena jumlah sinyal FWM yang muncul semakin bertambah pula,
- b. Kedua serat G.652 dan G.655 memberi pengaruh yang sama terhadap kenaikan spasi kanal. Daya FWM pada kedua serat berkurang seiring nilai spasi kanal yang semakin membesar. Hal ini disebabkan karena ketidaksesuaian fasa bertambah ketika spasi kanal diperbesar sehingga nilai efisiensi FWM semakin mengecil. Nilai efisiensi yang mengecil berarti bahwa daya FWM yang dihasilkan semakin kecil pula.
- c. Pada daerah panjang gelombang 1310, serat G.652 menghasilkan efek FWM yang relatif lebih kecil dibandingkan serat G.655 karena nilai mutlak dispersi serat G.652 yang lebih besar dibanding serat G.655 yaitu -6 ps/(nm.km) dan 3 ps/(nm.km) berturut-turut.
- d. Pada daerah panjang gelombang 1550, serat G.652 menghasilkan efek FWM yang relatif lebih kecil dibandingkan serat G.655 karena nilai dispersi serat G.652 yang lebih besar dibanding serat G.655 yaitu 18 ps/(nm.km) dan 10 ps/(nm.km) berturut-turut.
- e. FWM tidak memberi pengaruh yang signifikan terhadap *Bit Error Rate* (BER) sehingga tidak berpengaruh terhadap performansi sistem DWDM yang dirancang. Nilai SNR untuk BER 10^{-5} adalah 9,5 dB pada setiap kondisi jumlah kanal dan spasi kanal yang berbeda untuk serat optik G.652 dan G.655 baik pada daerah panjang gelombang 1310 nm maupun 1550 nm.

5.2 SARAN

Saran yang diberikan untuk penelitiannya selanjutnya yaitu:

- a. Sebaiknya penelitian tidak hanya melalui simulasi. Untuk penelitian selanjutnya sangat disarankan untuk melakukan percobaan melalui pengukuran langsung ke jaringan yang sudah ada sehingga lebih dapat diketahui perbedaan efek FWM pada serat G.652 dan G.655 dan juga pengaruhnya terhadap *Bit Error Rate* dengan lebih teliti.
- b. Simulasi dilakukan dengan panjang serat optik yang lebih besar dan bervariasi pada window yang berbeda dengan keterlibatan penguat optik seperti Erbium Dopped Fiber Amplifier (EDFA).



DAFTAR PUSTAKA

- [1] ITU-T Recommendation G.694.1. 2002. "Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid".
- [2] Jacobs,Ira. 2010 ."Optical Fiber Communication Technology and System Overview" dalam *Handbook of Optics*. (3rd ed.). United States: McGreaw-Hill.
- [3] Kaler, Rajneesh dan R.S. Kaler. 2010. "Investigation of Four Wave Mixing Effect at Different Channel Spacing". *International Journal for Light and Electron Optics*. 123, 352-356.
- [4] Maeda, Mari W. (dkk.). 1990. "The Effect of Four-Wave Mixing in Fibers on Optical Frequency-Division Multiplexed Systems". *Journal of Lightwave Technology*. 8 (9), 1402 – 1408.
- [5] Muqtafibilah,Ubadah. 2012. "Analisis Pengaruh Spasi Kanal Pada Teknologi Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) dengan LDPC Sebagai Metode Coding Informasi". Bandung: Institut Teknologi Telkom.
- [6] Senior, John M. 2010. *Optical Fiber Communications Principles and Practice*. (3rd ed.). Inggris: Prentice Hall.
- [7] Singh, Amarpal (dkk.). 2007. "Simulative investigations of power penalty for DWDM link in the presence of FWM". *International Journal for Light and Electron Optics*. 120, 579 – 584.
- [8] Shibata, Nori. (dkk.). 1987. "Phase-Mismatch Dependence of Efficiency of Wave Generation Through Four-Wave Mixing in a Single-Mode Optical Fiber". *IEEE Journal of Quantum Electronics*. QE-23 (7), 1205 – 1210.