

ANALISIS DAN SIMULASI FIBER BRAGG GRATING SEBAGAI FILTER OPTIK PADA DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING (DWDM)

Tamas Fachryto¹, Akhmad Hambali², M. Ramdhan Kirom .³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) adalah teknologi dimana dapat melewatkan beberapa panjang gelombang cahaya dalam satu serat optik. Oleh karena itu, pada demux DWDM diperlukan fiber bragg grating dimana sebagai filter optik untuk meneruskan panjang gelombang yang ingin ditransmisikan dan tidak melewatkan panjang gelombang yang tidak diinginkan.

Metode pemodelan pergerakan mikrometer sekrup digunakan untuk mengubah karakteristik sebuah Fiber Bragg Grating. Selain itu, teori coupled mode dan metode transfer matriks digunakan untuk mendapatkan karakteristik spektrum dalam FBG. Parameter yang akan diamati adalah kelengkungan FBG dan elastic beam (R), perubahan modulasi indeks bias FBG (Δn), perubahan jumlah kisi FBG (N), dan daya panjang gelombang keluaran filter ($P_{out\lambda}$).

Pada tugas akhir ini, panjang gelombang bragg awal yang digunakan adalah 1554.94 nm dan panjang gelombang masukan filter adalah $\lambda_1 = 1554.94$ nm, $\lambda_2 = 1555.74$ nm, $\lambda_3 = 1556.54$ nm, dan $\lambda_4 = 1557.34$ nm. Saat $h=7$ mm, $d=15$ mm, $L=90$ mm, untuk perubahan λ_{Bragg} dari 1554.94 nm menjadi 1555.74 nm diperlukan Δz sebesar 0.09894 nm, untuk perubahan λ_{Bragg} dari 1554.94 nm menjadi 1556.54 nm diperlukan Δz sebesar 0.19788 nm, dan untuk perubahan λ_{Bragg} dari 1554.94 nm menjadi 1557.34 nm diperlukan Δz sebesar 0.29682 nm. Pada simulasi, filter A menghasilkan keluaran λ_1 dengan $P_{out\lambda_1} = 0.9756$ mW, filter B menghasilkan keluaran λ_2 dengan $P_{out\lambda_2} = 0.9860$ mW, filter C menghasilkan keluaran λ_3 dengan $P_{out\lambda_3} = 0.963$ mW, dan filter D menghasilkan keluaran λ_4 dengan $P_{out\lambda_4} = 0.9431$ mW

Kata Kunci : Fiber Bragg Grating, Mikrometer Sekrup, Metode Coupled Mode, Metode Transfer Matriks

Abstract

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) is a technology to combine multiple light wavelengths in an optical fiber. Therefore, in demux DWDM, is required Fiber Bragg Grating as optical filters for wavelength to pass wavelengths which wanted to transmit and block another wavelength.

Modeling method of the movement micrometer screw is used to alter characteristics of Fiber Bragg Grating. In addition, Coupled Mode Theory and Transfer Matrix method is used to obtain the characteristic spectrums in FBG. The parameters which will be observed are the curvature of FBG and elastic beam (R), FBG refractive index modulation change (Δn), FBG number grating change (N), and wavelength power of filter output ($P_{out\lambda}$).

In this final assignment, the initial bragg wavelength which used is 1554.94 nm and input wavelengths of filter are $\lambda_1 = 1554.94$ nm, $\lambda_2 = 1555.74$ nm, $\lambda_3 = 1556.54$ nm, dan $\lambda_4 = 1557.34$ nm. When $h = 7$ mm, $d = 15$ mm, $L = 90$ mm, to change λ_{Bragg} from 1554.94 nm to 1555.74 nm is required 0.09894 nm of Δz , to change λ_{Bragg} from 1554.94 nm to 1556.54 nm is required 0.19788 nm of Δz , and to change λ_{Bragg} from 1554.94 nm to 1557.34 nm is required 0.29682 nm of Δz . In simulation, output of filter A is λ_1 with $P_{out\lambda_1} = 0.9756$ mW, output of filter B is λ_2 with $P_{out\lambda_2} = 0.9860$ mW, output of filter C is λ_3 with $P_{out\lambda_3} = 0.963$ mW, and output of filter D is λ_4 with $P_{out\lambda_4} = 0.9431$ mW.

Keywords : Fiber Bragg Grating, Micrometer Screw, Coupled Mode Theory, Transfer Matrix Method

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi serat optik menjadi solusi karena mampu mentransmisikan informasi pada kecepatan giga bit per second (Gbps) bahkan mencapai tera bit per second (Tbps) sehingga dapat memberikan fleksibilitas yang tinggi dalam memenuhi kebutuhan kapasitas transmisi pada jaringan. Penambahan kapasitas ini dilakukan dengan menumpangkan beberapa panjang gelombang ke dalam satu serat optik. Teknologi ini disebut dengan *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM). Pada akhir demux DWDM diperlukan adanya suatu filter optik.

Fiber Bragg Grating (FBG) merupakan suatu jenis reflektor (*bragg*) yang terdistribusi dalam bentuk segmen-segmen atau kisi dalam serat optik. *Fiber Bragg Grating* (FBG) memantulkan beberapa panjang gelombang cahaya tertentu dan meneruskan sisanya, dimana hal ini dapat terjadi karena adanya penambahan suatu variasi periodik terhadap indeks bias inti serat optik. Salah satu *fiber bragg grating* yang sederhana dan paling banyak digunakan adalah *uniform fiber bragg grating*. *Uniform* FBG dapat berfungsi sebagai *reflection filter*, *narrow-band transmission*, *broadband mirror*, dan *bandpass filter* bergantung pada panjang kisi dan modulasi indeks bias pada FBG tersebut. Setiap *uniform fiber bragg grating* dapat ditentukan panjang gelombang *bragg* yang berbeda-beda, sehingga dapat digunakan untuk *wavelength division multiplexing* baik pada sisi laser maupun demultiplexer. Pemberian tekanan pada *fiber bragg grating* akan menghasilkan pergeseran panjang gelombang *bragg* sehingga akan mempengaruhi panjang gelombang yang akan ditransmisikan.

Pada tugas akhir ini dilakukan analisis dan simulasi *uniform fiber bragg grating* sebagai *tunable* filter optik pada DWDM. Pergerakan mikrometer sekrup secara vertikal ke bawah yang dikenai FBG mengakibatkan terjadinya pergeseran panjang gelombang *bragg* FBG, sehingga akan dihasilkan FBG dengan panjang gelombang *bragg* baru. Parameter-parameter masukan yaitu: jarak antara kedua penompang (L), jarak antara ujung movable block dan penompang (d), ketebalan elastic beam (h), panjang gelombang masukan (λ_{input}), modulasi indeks bias FBG (Δn), dan jumlah kisi FBG (N). Hasil yang didapat adalah pergerakan mikrometer sekrup yang dikenai pada sebuah *Fiber Bragg Grating* akan menghasilkan 4 FBG dengan panjang gelombang *bragg* yang berbeda dan susunan

tiga FBG dapat memisahkan empat panjang gelombang di ujung photodetektor. Dari parameter masukan yang diberikan akan terlihat rekomendasi besarnya pergerakan mikrometer sekrup yang harus dilakukan, pengaruh modulasi indeks bias dan jumlah kisi FBG terhadap nilai reflektansi FBG dan hasil pemantulan dan keluaran FBG pada filter.

1.2 Rumusan Masalah

Pada tugas akhir ini, digunakan *Fiber Bragg Grating* (FBG) tipe uniform untuk membentuk filter optik pada demux pada DWDM karena *Fiber Bragg Grating* mampu memantulkan dan mentransmisikan panjang gelombang. Perubahan panjang gelombang *bragg* sebuah FBG dapat dilakukan dengan menggunakan mikrometer sekrup. Pergerakan mikrometer sekrup secara vertikal ke bawah mengakibatkan terjadinya pergeseran panjang gelombang *bragg* FBG.

Perubahan parameter yang diamati adalah kelengkungan FBG dan elastic beam (R), perubahan modulasi indeks bias FBG (Δn), perubahan jumlah kisi FBG (N), dan daya panjang gelombang keluaran filter ($P_{out,\lambda}$). Sehingga dihasilkan parameter pergerakan mikrometer sekrup untuk mengubah panjang gelombang *bragg* FBG yang sesuai dengan panjang gelombang input, dan mengetahui pengaruh modulasi indeks bias dan jumlah kisi FBG terhadap nilai reflektansi FBG. Simulasi sistem dilakukan dengan menggunakan matlab. Simulasi bertujuan untuk mendapatkan perubahan karakteristik FBG akibat pergerakan mikrometer sekrup dan merancang susunan FBG sebagai filter yang bertujuan untuk memisahkan empat panjang gelombang masukan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah analisis *Fiber Bragg Grating* sebagai *tunable* filter, sehingga akan diketahui pengaruh kelengkungan FBG akibat adanya pergerakan mikrometer sekrup, pengaruh perubahan modulasi indeks bias dan jumlah kisi pada FBG terhadap nilai reflektansi FBG. Simulasi bertujuan untuk mendapatkan parameter perubahan karakteristik FBG akibat pergerakan mikrometer sekrup, merancang susunan FBG sebagai filter yang bertujuan untuk memisahkan empat panjang gelombang masukan sesuai dengan panjang gelombang di *photodetector*, dan mengetahui daya panjang gelombang hasil keluaran filter.

1.4 Batasan Masalah

1. FBG yang digunakan adalah *Fiber Bragg Grating* tipe uniform.

2. Pemisalan 4 panjang gelombang informasi yang ditransmisikan, yaitu 1554.94 nm, 1555.74 nm, 1556.54 nm, dan 1557.34 nm.
3. Tidak membahas noise filter dan redaman optik yang terjadi.
4. Diasumsikan tidak terjadi perubahan suhu lingkungan dan tarikan pada FBG.
5. Tidak membahas pengaruh pergerakan mikrometer sekrup terhadap gaya yang terjadi pada *movable block* dan *elastic beam*.
6. Batas *bending radius* FBG yang digunakan adalah 17 mm.
7. Daya keluaran panjang gelombang dari *tunble* laser adalah 1 mW atau 0 dBm.
8. Sensitivitas *photodetektor* APD yang digunakan adalah -34 dBm atau 3.9811×10^{-4} mW.
9. Tools simulasi yang digunakan adalah Matlab R2009a.

1.5 Tahapan Penelitian

Beberapa langkah penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan sesuai dengan Tugas Akhir ini adalah:

1. Studi literatur
Perumusan dan pengkajian masalah dengan menggunakan berbagai referensi yang mendukung dalam menganalisis permasalahan yang ada.
2. Konsultasi dengan pembimbing
Penggunaan teori coupled mode dan pengkajian metode transfer matrix yang tepat untuk penentuan koefisien refleksi dan transmisi FBG.
3. Pembuatan program
Berdasarkan studi literatur dan konsultasi dengan pembimbing, maka dibuatlah program simulasi.
4. Analisis
Pada tahap ini dilakukan analisis berdasarkan hasil simulasi.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum keseluruhan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab bahasan. Penjelasannya adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penyelesaian masalah, rencana kerja dan sistematika penulisan pada Tugas Akhir ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas konsep dasar *Fiber Bragg Grating* dan konsep mikrometer sekrup.

BAB III PEMODELAN DAN SIMULASI SISTEM

Bab ini membahas model modifikasi *Fiber Bragg Grating* menggunakan mikrometer sekrup dan perancangan simulasi susunan FBG untuk memisahkan empat panjang gelombang masukan dengan menggunakan Tool Matlab R2009a.

BAB IV ANALISA HASIL SIMULASI SISTEM

Bab ini berisi hasil dari penelitian, menguraikan analisa model sistem dan program simulasi yang telah dibuat.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil tugas akhir dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan simulasi dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kelengkungan pada FBG yang dihasilkan akibat pergerakan mikrometer sekrup pada ketiga modifikasi FBG bernilai kurang dari batas *radius bending* FBG yang digunakan sebesar 17 mm.
2. Pengaruh nilai modulasi indeks bias FBG (Δn) berbanding lurus terhadap nilai reflektansi FBG.
3. Pengaruh jumlah kisi (N) pada FBG berbanding lurus terhadap nilai reflektansi FBG.
4. Pengaruh periode kisi (Λ) pada FBG berbanding lurus terhadap nilai reflektansi FBG.
5. Pada simulasi digunakan photodetektor APD dengan sensitivitas sebesar -34 dBm atau 3.9811×10^{-4} mW sehingga untuk hasil keluaran filter A hanya λ_1 yang dapat diterima oleh *photodetector*, untuk hasil keluaran filter B hanya λ_2 yang dapat diterima oleh *photodetector*, untuk hasil keluaran filter C hanya λ_3 yang dapat diterima oleh *photodetector* dan untuk hasil keluaran filter D hanya λ_4 yang dapat diterima oleh *photodetector*.

5.2 Saran

Saran untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

Pada tugas akhir selanjutnya dapat diteliti noise dan redaman yang terjadi pada filter FBG yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erdogan, Turan. 1997. *Journal of Lightwave Technology* NO.8, VOL.15.
- [2] Guan, Bai-Ou. 2010. Cladding Mode Effect in Superstructure Fiber Bragg Gratings and Its Applications in Simultaneous Strain and Temperature Measurement. Hong Kong : Hongkong Polytech.
- [3] J. Sun, C. C. Chan, X. Y. Dong. 2006. A Wide Tunable Range Fiber Bragg Grating Filter. Singapore : Nanyang Technological University.
- [4] Kashyap, Raman. 1999. *Fiber Bragg Gratings*. USA : Academic Press.
- [5] Keiser, Gerd. 2000 . *Optical Fiber Communications*.(3th ed) . Singapore : McGraw-Hill.
- [6] Othonos, Andreas. 1997. *Fiber Bragg Gratings*. University of Cyprus.
- [7] Prabandari, R.R Yuliana Eka. 2011. Studi Perancangan Filter Optik FBG pada Demux DWDM. Bandung : Tugas Akhir Institut Teknologi Telkom.
- [8] Kirom, M.Ramdlan. *Non-Uniform Fiber Bragg Grating Modeling And characteristics With Different Refraction Indexes*. Institut Teknologi Telkom.
- [9] Sari, Tri Wahyuni Endah. 2008. Pengujian dan Analisis Spesifikasi Interface Optik Pada Perangkat *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) STM-64. Bandung : Tugas Akhir Institut Teknologi Telkom.
- [10] Sinuhaji, Depi Santi. 2010. Karakterisasi *Fiber Bragg Grating* (FBG) untuk Pengembangan Sistem Sensor Strain Tanah. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- [11] Ugale, Sunita. *Fiber Bragg Grating Modeling, Characterization and Optimization with Different Index Profiles*. 2010. International Journal of Engineering Science and Technology. Vol. 2(9), 4463-4468.
- [12] Urban, Frantisek. *Uniform Fiber Bragg Grating Properties*. Dept of Microelectronics.

- [13] Wahyuni, Pipit Sri. 2009. Karakterisasi Fiber Bragg Grating (FBG) Tipe Uniform Dengan Modulasi Akustik Menggunakan Metode Transfer Matriks. Bandung : Tugas Akhir Institut Teknologi Surabaya..

