

PEMODELAN TAPIS FABRY-PEROT PADA SERAT OPTIK DENGAN MENGGUNAKAN *FIBER BRAGG GRATING*

Septi Pramuliawati*, Saktioto, Defrianto

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia
**septi.pramuliawati@yahoo.com*

ABSTRACT

Fabry-perot filter was successfully developed by a uniform Fiber Bragg Grating in fiber optic. A characterization of Bragg Grating was analyzed by using computational model with second-order of Transfer Matrix Method based on Coupled Mode Theory. The reflectivity, length of grating, and bandwidth were parametrics to determine the performance of single-Bragg Grating. The transmission spectrum showed the longer grating is designed, the larger the reflectivity was produced, so that the transmission band was more narrow. The simulation carried out by varying the separation distance between two gratings was also evaluated by dual Bragg Grating. The separation distances from 0.5 cm to 9.5 cm with 1 cm length step. The simulation result showed the maximum peak value generated in the transmission spectrum increased directly proportional to the distance between the gratings. Thus, the grating can be applied as a filter. Only selected wavelength is allowed to transmit the signal until the end of the optical fiber.

Keywords: Fabry-Perot Filter, Fiber Bragg Grating, Transmission Spectrum

ABSTRAK

Tapis Fabry-Perot telah berhasil dikembangkan dengan menyisipkan Kisi Bragg yang seragam ke dalam serat optik. Karakterisasi Kisi Bragg dianalisa menggunakan pemodelan komputasi dengan metode transfer matriks orde dua berdasarkan teori moda terganggu. Reflektivitas, panjang kisi, dan lebar pita pulsa merupakan parameter untuk mengetahui kinerja Kisi Bragg tunggal. Spektrum transmisi menunjukkan semakin panjang kisi yang dirancang, semakin meningkat nilai reflektivitas, labra pita pulsa yang dihasilkan semakin sempit. Simulasi juga dilakukan dengan memvariasikan jarak pisah antara dua Kisi Bragg. Jarak pisah divariasikan dari 0,5 cm sampai 9,5 cm dengan kenaikan 1 cm. Hasil simulasi spektrum transmisi menunjukkan jumlah puncak maksimum meningkat dengan meningkatnya jarak antar kisi. Kisi-kisi Bragg yang dirancang ini dapat digunakan sebagai penapis. Hanya panjang gelombang yang terpilih yang bisa diteruskan hingga ke ujung serat optik.

Kata kunci: Tapis Fabry-Perot, Fiber Bragg Grating, Spektrum Transmisi

PENDAHULUAN

Tapis Fabry-Perot merupakan resonator optik yang terdiri dari dua cermin planar paralel dengan reflektivitas tinggi yang dapat memilih panjang gelombang saluran (*channel*) untuk ditransmisikan. Salah satu keuntungan dipusatkan pada kemungkinan untuk memilih jarak spektral bebas (*Free Spectral Range*, FSR) dan resonansi panjang gelombang pada rongga yang bersamaan, tanpa mengubah dispersi material antar kisi (A.Meloni et al., 2002).

Konfigurasi Interferometer Fabry-Perot akhir-akhir ini telah banyak diterapkan dalam perancangan sistem telekomunikasi berbasis serat optik. Salah satu aplikasinya adalah sebagai resonator optik dengan menyisipkan Serat Kisi Bragg (*Fiber Bragg Grating*, FBG) yang berfungsi sebagai cermin-cermin. Kisi-kisi tersebut di tempatkan terpisah pada jarak yang sudah ditentukan, d , yang menciptakan ruang antara kisi-kisi.

Serat Kisi Bragg (*Fiber Bragg Grating*, FBG) didefinisikan sebagai kisi yang memiliki indeks bias yang berubah secara periodik sepanjang serat optik (Santos Pawar, dkk., 2013). Serat Kisi Bragg dapat berfungsi sebagai refleksi dan transmisi karena adanya perbedaan indeks bias kisi dan antar kisi.

Karakteristik perambatan gelombang transmisi dapat ditentukan dengan melewati struktur Kisi-kisi Bragg. Eksperimen yang telah dikembangkan pada umumnya membutuhkan biaya mahal dan waktu relatif lama. Solusinya adalah dengan menggunakan metode analisis dan simulasi dengan perangkat komputer. Metode yang sering digunakan untuk karakteristik Kisi-kisi Bragg adalah teori moda terdangeng (*Coupled Mode Theory*) dan metode transfer matriks (*Transfer Matrix Method*) karena mampu menganalisa struktur

periodik dari kisi-kisi yang terdapat pada serat optik moda tunggal (De Sterke et al. , 1991).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan pemodelan komputasi dengan menggunakan Metode Transfer Matriks orde dua pada perangkat lunak *Matrix Laboratory* (MATLAB). Langkah- langkah penelitian ditunjukkan oleh bagan alir sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pemodelan dilakukan dengan menggabungkan Persamaan Teori Moda Tergandeng dan Metode Transfer Matriks (Siti Nafisah, 2010) yang diberikan pada Persamaan 1.

$$T_i = \begin{bmatrix} \cosh(\Omega_i dz_i) - j \frac{\sigma_i}{\Omega_i} \sinh(\Omega_i dz_i) & -j \frac{\kappa_i}{\Omega_i} \sinh(\Omega_i dz_i) \\ j \frac{\kappa_i}{\Omega_i} \sinh(\Omega_i dz_i) & \cosh(\Omega_i dz_i) - j \frac{\sigma_i}{\Omega_i} \sinh(\Omega_i dz_i) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Dalam hal ini, $j = \sqrt{-1}$, dz adalah panjang bagian i kisi seragam, σ dan κ adalah koefisien kopling untuk bagian i . Koefisien moda gandengan, diberikan pada persamaan $\Omega = \sqrt{\kappa^2 - \sigma^2}$ dimana $\sigma = \delta + \zeta - \frac{1}{2} \frac{d\varphi}{dz}$ dengan turunan $\frac{1}{2} \frac{d\varphi}{dz}$ mendeskripsikan *chirp* pada kisi, $\delta = 2\pi n_{eff} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{Bragg}} \right) \cdot \lambda_{Bragg}$ adalah panjang gelombang Bragg dan ζ adalah koefisien kopling kopler searah (*directional coupler*) dengan $\kappa = \frac{v}{2} \zeta$, dimana v adalah visibilitas.

Amplitudo yang dihasilkan dari Kisi Bragg rangkap, berbeda dengan kisi tunggal karena adanya perubahan fase. Matriks perubahan fase, P dapat didefinisikan pada Persamaan 2.

$$P = \begin{pmatrix} \exp\left(\frac{-j\varphi_k}{2}\right) & 0 \\ 0 & \exp\left(\frac{j\varphi_k}{2}\right) \end{pmatrix} \quad (2)$$

dimana $\frac{\varphi_k}{2} = \frac{2\pi n_{eff} S}{\lambda}$, φ_k adalah pergeseran fase, S adalah jarak antar kisi.

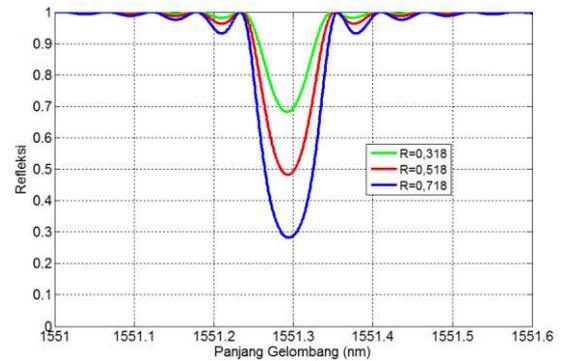
Pemodelan untuk kisi tunggal parameter konstan diantaranya $\lambda_{Bragg} = 1551,29$ nm, jarak kisi, $d = 0,5$ cm, dan indeks bias, $n_{eff} = 1,449$. Parameter yang divariasikan pertama reflektivitas yang bernilai 0,318; 0,518; dan 0,718, dan kedua variasi panjang kisi 0,458 cm, 1,458 cm, dan 5,458 cm.

Kisi rangkap parameter konstan diantaranya panjang gelombang Bragg, $\lambda_{Bragg} = 1551,29$ nm, reflektivitas, $R=0,718$, indeks bias, $n_{eff} = 1,4495$, dan panjang kisi, $L = 1,458$ cm.

Parameter yang divariasikan adalah jarak dari 0,5 cm sampai 9,5 cm dengan perubahan kenaikan 1 cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik spektrum transmisi untuk kisi tunggal dengan nilai reflektivitas yang berbeda yaitu 0,318; 0,518; dan 0,718 diperoleh melalui spektrum transmisi pada Gambar 2.

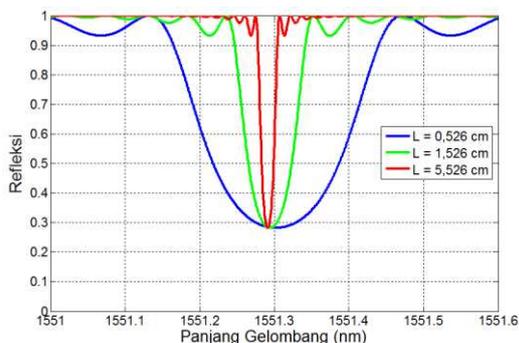


Gambar 2 Spektrum transmisi serat Kisi Bragg tunggal dengan nilai reflektivitas yang berbeda

Gambar 2. menunjukkan pengaruh nilai reflektivitas kisi tunggal terhadap karakteristik spektrum transmisi. Semakin besar nilai reflektivitas, semakin sempit rentang spektrum transmisinya. Hal ini menunjukkan intensitas yang mula-mula direfleksikan secara maksimal oleh Kisi Bragg mengalami penurunan pada saat panjang gelombang Bragg bernilai 1551,29 nm dan pemantulan kembali meningkat setelah panjang gelombang Bragg 1551,29 nm. Sisi cuping (*sidelobe*) secara perlahan

hilang ketika menjauhi Kondisi Bragg pada panjang gelombang yang bernilai 1551.29 nm.

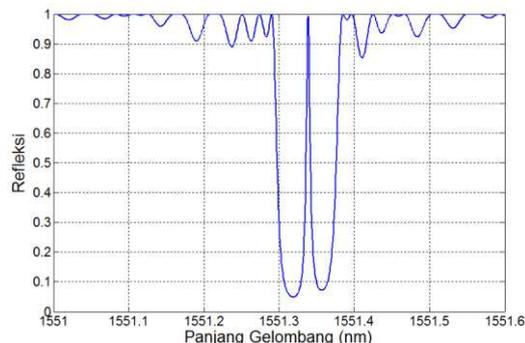
Kisi Bragg tunggal dengan variasi panjang kisi 0,526 cm, 1,526 cm, dan 5,526 cm diperoleh spektrum transmisi yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Spektrum transmisi serat kisi Bragg tunggal untuk variasi parameter panjang kisi yang berbeda.

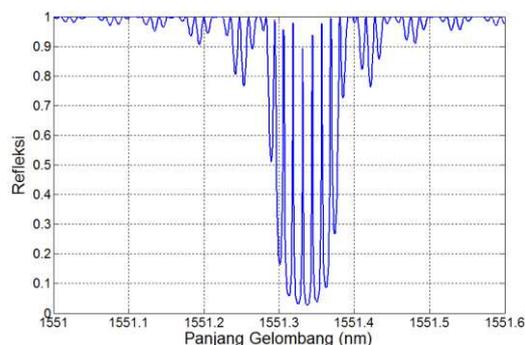
Gambar.3. menjelaskan kisi yang dirancang dengan panjang 0,526 cm mengalami penurunan intensitas cahaya yang direfleksikan pada saat panjang gelombang bernilai 1551,13 nm dan pemantulan kembali meningkat setelah panjang gelombang bernilai 1551,47 nm. Untuk kisi yang dirancang dengan panjang kisi 1,526 cm mengalami penurunan intensitas cahaya yang direfleksikan pada saat panjang gelombang bernilai 1551,23 nm dan pemantulan kembali meningkat setelah panjang gelombang 1551,35 nm. Sedangkan untuk kisi dengan panjang 5,526 cm penurunan intensitas cahaya yang direfleksikan pada panjang gelombang 1551,27 nm dan pemantulan kembali meningkat pada saat panjang gelombang 1551,33 nm.

Gambar 4. menunjukkan spektrum transmisi yang dihasilkan oleh Kisi Bragg rangkap dengan jarak pemisahan 0,5 cm. Terlihat adanya sebuah puncak maksimum yang kecil, yang berarti hanya satu frekuensi spektrum yang bisa diteruskan sepanjang kisi serat Bragg untuk jarak 0,5 cm.



Gambar 4 Spektrum Transmisi serat kisi Bragg rangkap dengan jarak bernilai 0.5 cm.

Simulasi ini divariasikan hingga sepuluh nilai jarak pemisahan antara kisi serat Bragg, yang rentangnya antara 0,5 cm sampai 9,5 cm, dengan perubahan kenaikan 1 cm. Semakin meningkatnya nilai jarak pisah, jumlah puncak maksimum muncul pada spektrum Serat Kisi Bragg rangkap juga meningkat. Pada Gambar 5. terdapat puncak kecil maksimum yang dihasilkan oleh kisi Bragg rangkap dengan jarak pemisahan 5,5 cm.



Gambar 5 Spektrum Transmisi serat kisi Bragg rangkap dengan jarak bernilai 5.5 cm.

KESIMPULAN DAN SARAN

Telah berhasil dikembangkan pemodelan Tapis Fabry-Perot dengan menggunakan Serat Kisi Bragg (*Fiber Bragg Grating*, FBG) yang bertindak

sebagai cermin. Dari Penelitian variasi nilai reflektivitas untuk Kisi Bragg tunggal diperoleh semakin besar nilai reflektivitas, maka semakin sempit rentang spektrum transmisinya. Hal ini menunjukkan intensitas yang mula-mula direfleksikan secara maksimal oleh Kisi Bragg mengalami penurunan pada saat panjang gelombang Bragg bernilai 1551,29 nm dan pemantulan kembali meningkat setelah panjang gelombang Bragg 1551,29 nm dan semakin panjang kisi pada serat optik menghasilkan lebar-jalur yang lebih sempit.

Pemodelan untuk Kisi Bragg rangkap dengan memvariasikan jarak antar kisi menunjukkan nilai puncak kecil maksimum yang dihasilkan pada spektrum transmisi. Semakin meningkatnya nilai jarak pisah jumlah puncak maksimum muncul pada spektrum Serat Kisi Bragg rangkap juga meningkat. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dengan menyisipkan Kisi-kisi Bragg dalam serat optik, dapat mengoptimalkan serat optik dapat dirancang menjadi tapis (*filter*). Hanya panjang gelombang dan frekuensi tertentu yang bisa mentransmisikan sinyal hingga ujung serat optik.

Serat Kisi Bragg (*Fiber Bragg Grating*) telah menjadi aktivitas penelitian terutama bidang telekomunikasi satu dekade belakangan. Sementara ini, analisa studi masih dominan bila dibandingkan dengan eksperimental. Untuk itu, perlu dilakukan studi eksperimental seperti fabrikasi, untuk membuktikan analisa pemodelan yang telah dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. H. Saktioto, M.Phil dan Drs. Defrianto, DEA atas waktu, motivasi, saran, kesabaran dan keikhlasannya membimbing penulis demi kesempurnaan penulisan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrea Melloni, Milena Floridi, Francesco Morichetti, dan Mario Martinelli. 2002. *Equivalent circuit of Bragg gratings and its application to Fabry-Perot cavities*. J. Opt. Soc. Am. A. 20(2) : 273-281
- De Sterke, C.M., K.R. Jackson, B.D. Robert. 1991. *Nonlinear coupled-mode equations on a finite interval: a numerical procedure*. J. Opt. Soc. Am. B. 8: 403.
- Nafisah, Siti. 2010. *Simulation of Dual Fibre Bragg Gratings as a Fabry-Perot Tunable Filter*. Universiti Teknologi Malaysia : Master Thesis
- Pawar, Santosh, Shubhada Kumbhaj, Pratima Sen & Pranay Kumar Sen. 2013. *Fiber Bragg Grating Filter for Optical Communication: Applications and Overview*. International Journal of Advanced Electrical and Electronics Engineering, (IJAE) 2(4): 51-58