

## SIMULASI FIBER COUPLER KOMBINASI SERAT MODA TUNGGAL DAN SERAT KISI BRAGG UNTUK KOMPONEN SENSOR OPTIK

Ros Meri, Saktioto

*Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau*  
e-mail : rosmerinst@gmail.com

### ABSTRACT

Fiber coupler was successfully developed by combining single mode fiber and fiber Bragg grating. A characterization of fiber coupler was analyzed based on result simulation by using OptiGrating software with varying long grating  $1 \times 10^4 \mu\text{m}$  to  $6 \times 10^4 \mu\text{m}$  using transfer matrix method based on coupled mode equation. The wave peak, transmittivity, and dispersion were parameters that is analyzed to determine the performance of the fiber coupler. The transmission spectrum showed increased wave peak for each longer grating on channel 1 and channel 2, transmittivity on channel 1 and channel 2 decreased of wavelength range of  $1,45 \mu\text{m} - 1,55 \mu\text{m}$  and raise back in the range of  $1,55 \mu\text{m} - 1,65 \mu\text{m}$  for each increase long grating. The dispersion showed value zero dispersion on specific wavelength for each longer grating.

Keywords: Fiber Coupler, Fiber Bragg Grating, Transmission Spectrum

### ABSTRAK

*Fiber coupler* telah berhasil dikembangkan dengan mengkombinasikan serat moda tunggal dan serat kisi Bragg. Karakterisasi *fiber coupler* dianalisa berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* OptiGrating dengan memvariasikan panjang kisi  $1 \times 10^4 \mu\text{m}$  sampai  $6 \times 10^4 \mu\text{m}$  menggunakan metode transfer matrik berdasarkan persamaan moda terdang. Puncak gelombang, transmittivitas, dan dispersi merupakan parameter yang dianalisa untuk mengetahui kinerja *fiber coupler*. Spektrum transmisi menunjukkan kenaikan puncak gelombang untuk setiap kenaikan panjang kisi pada saluran 1 dan saluran 2, transmittivitas pada saluran 1 dan saluran 2 mengalami penurunan dari rentang panjang gelombang  $1,45 \mu\text{m} - 1,55 \mu\text{m}$  dan naik kembali pada rentang  $1,55 \mu\text{m} - 1,65 \mu\text{m}$  untuk setiap kenaikan panjang kisi. Dispersi menunjukkan nilai dispersi nol pada panjang gelombang tertentu untuk setiap kenaikan panjang kisi.

Kata kunci: *Fiber Coupler*, Serat Kisi Bragg, Spektrum Transmisi

## PENDAHULUAN

*Fiber coupler* merupakan sistem pandu gelombang (*waveguide*) yang tersusun atas dua serat optik sejajar yang mampu mentransmisikan informasi dalam banyak saluran atau dikenal dengan *Multiplexing*. Selain itu *fiber coupler* juga dapat berfungsi sebagai pembagi berkas (*splitter*) dan pembagi daya (*power divider*). Saat ini *fiber coupler* merupakan piranti komunikasi optik yang tengah dikembangkan sebagai sensor optik mengingat keunggulan – keunggulan yang dimiliki oleh perangkat ini, antara lain: memiliki *bandwidth* yang besar dengan atenuasi daya yang kecil, ukurannya yang kecil dan ringan, serta tahan terhadap induksi elektromagnetik (Waluyo dan Suheri, 2009; Fidanboylu dan Efendioğlu, 2009). Serat optik sebagai sensor dapat diaplikasikan dalam berbagai pengukuran parameter-parameter fisis seperti pergeseran, suhu, tekanan, kelembaban, laju aliran fluida, laju rotasi, konsentrasi suatu zat, serta analisis kimia (Hariyanto dkk., 2011). Eksperimen serat optik sebagai sensor pergeseran berbasis modulasi intensitas telah dilakukan dengan memanfaatkan rugikopling serat optik menggunakan sumber LED. Juga telah dilakukan eksperimen menggunakan bundel serat optik moda jamak dan moda tunggal dengan hasil yang cukup baik tetapi rugi koplingnya tinggi. Metode lain dengan rugikopling yang lebih rendah dilakukan menggunakan *directional coupler* serat optik moda tunggal berbasis modulasi fase yang menghasilkan sensitivitas yang tinggi tetapi jangkauannya rendah (Pramono dkk., 2008).

*Fiber coupler* pada dasarnya merupakan serat optik yang inti dari masing – masing seratnya dibuat berdekatan dengan panjang daerah gandengan tertentu menggunakan teknik fusi (Khare, 2004). Cahaya yang dimasukkan pada salah satu serat akan mengalami pertukaran daya dari serat satu ke serat yang lain secara periodik lalu

keluar di ujung masing – masing serat keluaran dengan pembagian daya yang bergantung dengan rasio kopling. Analisa yang digunakan pada komponen ini umumnya menggunakan teori moda terdangung yang dapat diselesaikan dengan metoda transfer matrik. Penyelesaian awal persamaan teori moda terdangung adalah mencari nilai koefisien kopling yang menentukan kemampuannya dapat berpindah kesaluran yang lainnya.

Saat ini, fabrikasi *fiber coupler* masih sulit dilakukan dan membutuhkan peralatan yang cukup mahal. Sementara *fiber coupler* dibutuhkan dalam berbagai aplikasi dibidang sensor optik. Oleh karena hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mensimulasikan *fiber coupler* yang tersusun dari kombinasi serat moda tunggal dan serat kisi Bragg dengan menggunakan *software* OptiGrating.

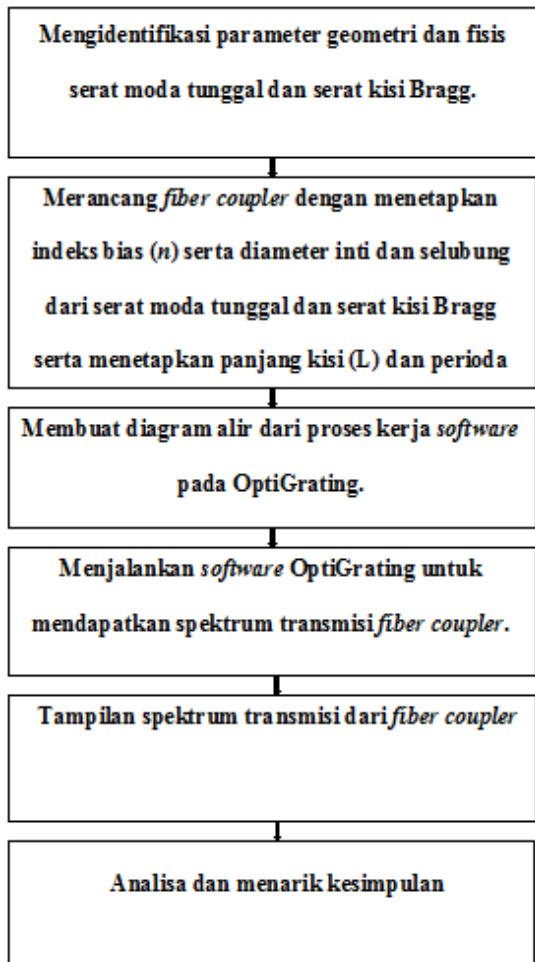
Serat kisi Bragg merupakan serat optik moda tunggal yang dibagian inti seratnya dibuat variasi indeks bias secara periodik yang terdistribusi dalam bentuk segmentasi – segmentasi kecil yang menyerupai kisi dan dapat memantulkan panjang gelombang tertentu serta meneruskan sisanya, sehingga serat kisi Bragg dapat berfungsi sebagai reflektor optik atau filter optik.

Berdasarkan karakteristik yang dimiliki oleh serat kisi Bragg ini rancangan *fiber coupler* pada penelitian ini menggunakan serat kisi Bragg pada salah satu jenis serat penyusunnya dengan memvariasikan panjang kisi  $1 \times 10^4 \mu\text{m}$ ,  $2 \times 10^4 \mu\text{m}$ , dan  $3 \times 10^4 \mu\text{m}$ . Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari panjang kisi terhadap puncak –puncak gelombang, transmitivitas serta dispersi serat pada komponen sensor optik. Kombinasi serat kisi Bragg pada *fiber coupler* ini memberikan waktu tunda yang membuat sensor optik dapat memberikan informasi lebih akurat.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi

dengan persamaan dasar yang digunakan adalah persamaan moda terganggu yang diselesaikan dengan metode transfer matrik menggunakan *software* OptiGrating. Langkah – langkah penelitian ditunjukkan oleh bagan alir sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Simulasi dilakukan dengan mengoperasikan *software* OptiGrating berdasarkan persamaan transfer matrik (Ikhlef dkk., 2012).

$$T_i = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma l_i) - i \frac{\Delta\beta}{\gamma} \sinh(\gamma l_i) & -\frac{\kappa}{\gamma} \sinh(\gamma l_i) \\ i \frac{\kappa}{\gamma} \sinh(\gamma l_i) & \cosh(\gamma l_i) + i \frac{\Delta\beta}{\gamma} \sinh(\gamma l_i) \end{bmatrix} \quad (1)$$

dimana  $\kappa(z)$  adalah koefisien kopling yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$\kappa(z) = \frac{\pi}{\lambda} \cdot \Delta n_{eff} \cdot g(z) \cdot v \quad (2)$$

untuk serat kisi Bragg yang seragam,  $\Delta n_{eff}$  bernilai konstan dengan fungsi apodisasi  $g(z) = 1$  dan jumlah cincin yang terlihat  $v = 1$  sehingga persamaan (2) dapat ditulis:

$$\kappa = \frac{\pi \Delta n_{eff}}{\lambda} \quad (3)$$

$\Delta\beta$  merupakan vektor gelombang detuning dengan perumusan  $\Delta\beta = \beta - \frac{\pi}{\Lambda}$ , dimana  $\beta$  merupakan konstanta perambatan inti serat yang dapat dihitung dengan  $\beta = \frac{2\pi n_{eff}}{\lambda}$  serta  $\gamma = \sqrt{\kappa^2 - \Delta\beta^2}$ . Spektrum transmisi diperoleh dengan menginput parameter - parameter dari komponen – komponen penyusun *fiber coupler*. Pada serat 1 dan 2 digunakan serat moda tunggal dengan nilai jari- jari inti dan selubung 4,1  $\mu\text{m}$  dan 62,5 sebagai jari – jari selubung serta indeks bias inti dan selubung 1,4682 dan 1,4615. Pada serat 1 disisipkan kisi Bragg dengan perioda  $2 \times 10^3 \mu\text{m}$ , modulasi indeks bias  $6 \times 10^{-4}$ , jumlah kisi 25 serta panjang kisi yang divariasikan dari  $1 \times 10^4 \mu\text{m}$ ,  $2 \times 10^4 \mu\text{m}$ ,  $3 \times 10^4 \mu\text{m}$ ,  $4 \times 10^4 \mu\text{m}$ ,  $5 \times 10^4 \mu\text{m}$ , dan  $6 \times 10^4 \mu\text{m}$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian spektrum transmisi *fiber coupler* dengan memvariasikan panjang kisi Bragg untuk menganalisa puncak gelombang, transmitivitas, dan dispersi ditampilkan pada tabel dan grafik berikut.

Tabel 1. Nilai Transmittivitas pada Puncak Transmisi Gelombang Saluran 1 Berdasarkan Variasi Panjang Kisi

No.	Panjang Kisi ( $\mu\text{m}$ )	Puncak Gelombang ( $\mu\text{m}$ )	Transmittivitas (dB)
1.	$1 \times 10^4$	1,47372	-23,3137
2.	$2 \times 10^4$	1,52136	-28,6281
3.	$3 \times 10^4$	1,53934	-39,1006
4.	$4 \times 10^4$	1,54888	-44,8535
5.	$5 \times 10^4$	1,55480	-35,3143
6.	$6 \times 10^4$	1,60432	-21,8653

Tabel 1 menjelaskan pada saluran 1, variasi kenaikan panjang kisi yang diberikan pada inti serat memperlihatkan puncak – puncak spektrum transmisi

mengalami kenaikan lebar pita secara umum. Kondisi ini disebabkan oleh penambahan panjang kisi pada inti serat yang mengakibatkan semakin panjangnya daerah gangguan yang akan dilewati oleh spektrum transmisi. Daerah gangguan yang semakin besar mengakibatkan spektrum transmisi akan mengalami rugi daya yang lebih besar, sehingga energi yang ditransmisikan akan semakin kecil dan puncak – puncak spektrum transmisi mengalami pelebaran . Pelebaran puncak transmisi yang semakin besar membuat daya yang ditransmisikan serat akan semakin kecil, sehingga nilai transmitivitas yang diperoleh akan semakin kecil untuk setiap kenaikan panjang kisi. Sementara kondisi berbeda diperlihatkan oleh panjang kisi  $5 \times 10^4 \mu m$ , dan  $6 \times 10^4 \mu m$ . Nilai transmitivitas yang diperoleh pada panjang gelombang ini mengalami kenaikan dari nilai sebelumnya. Pergeseran puncak – puncak gelombang spektrum transmisi terjadi karena dispersi material yang terjadi didalam inti serat. Spektrum dengan frekuensi yang lebih tinggi akan mengalami rugi daya yang lebih besar, hal ini disebabkan lebih banyaknya daya yang diserap oleh material inti serat dalam rentang panjang gelombang ini, sehingga puncak – puncak spektrum transmisi akan terus bergeser pada spektrum dengan frekuensi yang lebih rendah. Kondisi ini menjelaskan alasan pergeseran puncak spektrum transmisi berada pada panjang gelombang yang lebih besar untuk setiap kenaikan panjang kisi.

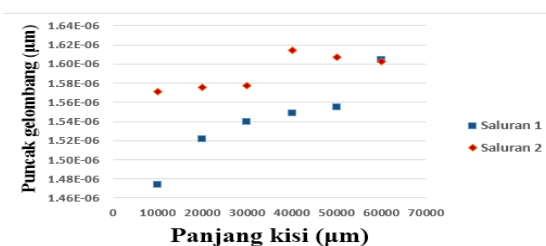
Penggunaan inframerah sebagai sumber cahaya dalam serat optik dibagi dalam beberapa jendela spektrum. Jendela spektrum dengan panjang gelombang  $1,300 \mu m - 1,550 \mu m$  merupakan jendela yang umum digunakan karena memberikan kerugian daya yang jauh lebih kecil dari semua spektrum yang ada. Sementara pada panjang kisi  $5 \times 10^4 \mu m$ , dan  $6 \times 10^4 \mu m$  puncak spektrum transmisi berada pada panjang gelombang  $1,55480 \mu m$  dan  $1,60432 \mu m$ , panjang gelombang ini merupakan rentang panjang gelombang

jenis inframerah tinggi. Pada rentang panjang gelombang inframerah tinggi rugi – rugi daya yang dihasilkan akan lebih kecil, hal ini disebabkan penyerapan daya oleh material inti serat di atas panjang gelombang  $1,550 \mu m$  tidak lebih besar dibandingkan dengan penyerapan yang terjadi dibawah panjang gelombang  $1,550 \mu m$ .

Tabel 2. Nilai Transmitivitas pada Puncak Transmisi Gelombang Saluran 2 Berdasarkan Variasi Panjang Kisi

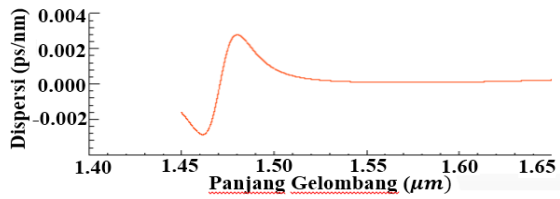
No.	Panjang Kisi ( $\mu m$ )	Panjang Gelombang ( $\mu m$ )	Transmitivitas (dB)
1.	$1 \times 10^4$	1,57076	-14,2172
2.	$2 \times 10^4$	1,57528	-14,2820
3.	$3 \times 10^4$	1,57690	-14,3049
4.	$4 \times 10^4$	1,61416	$-5,86 \times 10^{-4}$
5.	$5 \times 10^4$	1,60696	$-5,58 \times 10^{-3}$
6.	$6 \times 10^4$	1,60226	$-5,05 \times 10^{-2}$

Tabel 2 memperlihatkan penurunan nilai transmitivitas pada panjang kisi  $1 \times 10^4 \mu m$ ,  $2 \times 10^4 \mu m$ , dan  $3 \times 10^4 \mu m$  kemudian naik pada panjang kisi  $4 \times 10^4 \mu m$  turun kembali pada panjang kisi  $5 \times 10^4 \mu m$  lalu naik kembali pada panjang kisi  $6 \times 10^4 \mu m$ . Perolehan nilai transmitivitas yang lebih besar pada transmisi 2 disebabkan oleh puncak spektrum transmisi yang berada pada panjang gelombang inframerah tinggi.

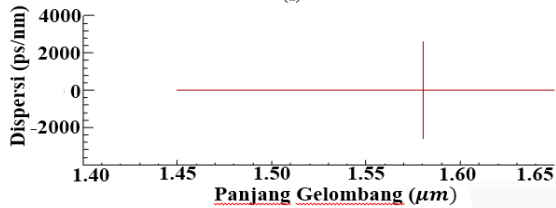


Gambar 2. Grafik panjang kisi terhadap puncak gelombang transmisi

Gambar 2 memperlihatkan grafik panjang kisi terhadap setiap puncak transmisi. Pada kedua saluran untuk setiap variasi panjang kisi. Pada gambar terlihat pergeseran puncak gelombang naik untuk setiap kenaikan panjang kisi pada setiap saluran transmisi.

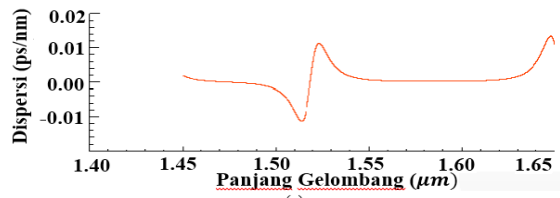


(a)

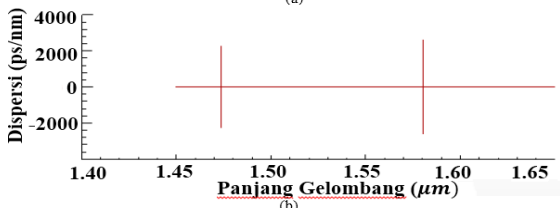


(b)

Gambar 3. Grafik dispersi Fiber Coupler dengan panjang kisi  $1 \times 10^4 \mu\text{m}$ ; (a) saluran 1 (b) saluran 2

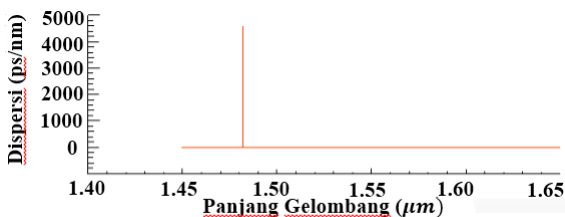


(a)

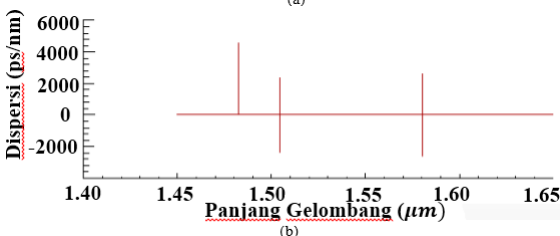


(b)

Gambar 4. Grafik dispersi Fiber Coupler dengan panjang kisi  $2 \times 10^4 \mu\text{m}$ ; (a) saluran 1 (b) saluran 2

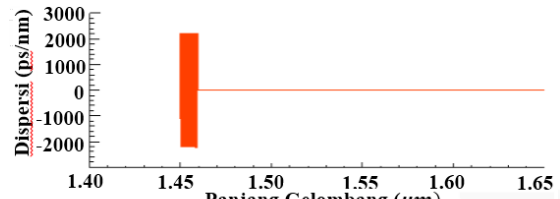


(a)

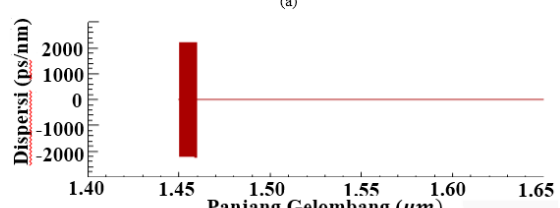


(b)

Gambar 5. Grafik dispersi Fiber Coupler dengan panjang kisi  $3 \times 10^4 \mu\text{m}$ ; (a) saluran 1 (b) saluran 2

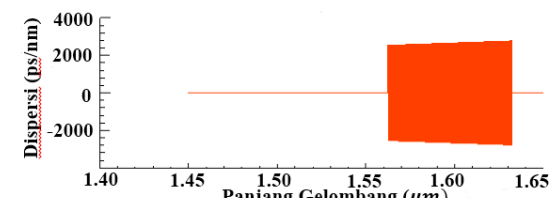


(a)

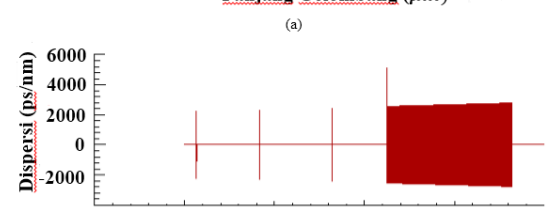


(b)

Gambar 6. Grafik dispersi Fiber Coupler dengan panjang kisi  $4 \times 10^4 \mu\text{m}$ ; (a) saluran 1 (b) saluran 2

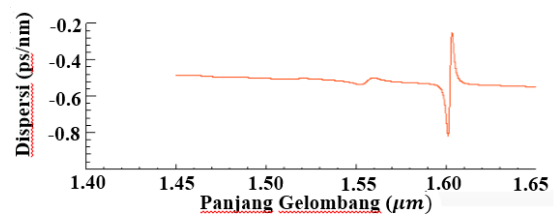


(a)

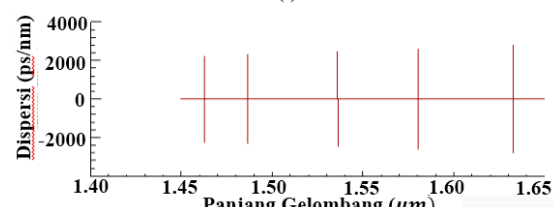


(b)

Gambar 7. Grafik dispersi Fiber Coupler dengan panjang kisi  $5 \times 10^4 \mu\text{m}$ ; (a) saluran 1 (b) saluran 2



(a)



(b)

Gambar 8. Grafik dispersi Fiber Coupler dengan panjang kisi  $6 \times 10^4 \mu\text{m}$ ; (a) saluran 1 (b) saluran 2

Spektrum cahaya dengan rentang panjang gelombang berbeda – beda yang masuk dan merambat pada inti serat akan mengalami derajat pembiasan yang berbeda – beda. Komponen – komponen panjang gelombang yang berbeda – beda tersebut mengakibatkan adanya perbedaan kecepatan rambat di dalam inti serat yang membuat pulsa cahaya akan mengalami pemuaian atau dikenal dengan istilah dispersi kromatik. Dispersi kromatik merupakan kombinasi dari dispersi material dan dispersi pandu gelombang.

Dispersi kromatik yang timbul tidak bersifat konstan, melainkan memiliki nilai – nilai dispersi tertentu pada setiap panjang gelombang dan akan menyentuh nilai dispersi nol pada nilai panjang gelombang tertentu. Panjang kisi yang digunakan dalam memvariasikan indeks bias inti serat pada saluran 1 ini merupakan bagian dari dispersi material, sehingga memberikan variasi dispersi kromatik yang terjadi untuk setiap variasi panjang kisi nya.

Pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8. pada saluran 1, untuk setiap penambahan panjang kisi yang diberikan memberikan pergeseran puncak – puncak dispersi pada panjang gelombang yang berbeda. Pada panjang gelombang inframerah  $1,450 \mu m$  –  $1,550 \mu m$  puncak – puncak dispersi mengalami penurunan untuk setiap kenaikan variasi panjang kisi yang diberikan sampai mendekati nilai dispersi nol. Pada rentang panjang gelombang  $1,550 \mu m$  –  $1,650 \mu m$  nilai dispersi nol banyak terjadi pada panjang kisi  $5 \times 10^4 \mu m$ . Pada saluran 2 panjang gelombang dengan nilai dispersi nol mengalami kenaikan untuk setiap kenaikan variasi panjang kisi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan pada simulasi *fiber coupler* kombinasi serat moda tunggal dan serat kisi Bragg untuk komponen sensor optik, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin lebar panjang kisi, maka puncak gelombang transmisi akan bergeser ke panjang gelombang yang lebih besar dimana nilai puncak gelombang pada masing – masing panjang kisi berturut – turut yaitu saluran 1:  $1,47372 \mu m$ ,  $1,52136 \mu m$ ,  $1,53934 \mu m$ ,  $1,54888 \mu m$ ,  $1,55480 \mu m$ ,  $1,60432 \mu m$  dan saluran 2:  $1,57076 \mu m$ ,  $1,57528 \mu m$ ,  $1,57690 \mu m$ ,  $1,61416 \mu m$ ,  $1,60696 \mu m$ , dan  $1,60226 \mu m$ .
2. Semakin lebar panjang kisi, maka nilai transmitivitas pada saluran 1 dan saluran 2 akan semakin kecil pada rentang puncak gelombang  $1,45 \mu m$  –  $1,55 \mu m$  dan nilai transmitivitas akan naik kembali pada rentang puncak gelombang  $1,55 \mu m$  –  $1,65 \mu m$ .
3. Dispersi yang dihasilkan tidak bersifat konstan, melainkan memberikan nilai – nilai dispersi tertentu pada setiap panjang gelombang dan akan menyentuh nilai dispersi nol pada nilai panjang gelombang tertentu untuk setiap kenaikan panjang kisi.
4. Respon waktu yang dihasilkan lebih lama sehingga memberikan akurasi yang lebih besar terhadap pendeteksian.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Saktioto, M.Phil yang telah memberikan ide – ide brilian, sumbangan pola fikir yang berharga, waktu, motivasi, keikhlasanya, kesabaran dan saran dalam membimbing penulis demi kesempurnaan penulisan karya ilmiah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fidanboyly, K. dan Efendioğlu, H. S. 2009. *Fiber Optic Sensors and Their Applications*. 5<sup>th</sup> International Advanced Technologies Symposium. Karabuk, Turkey.

- Hariyanto, E., Santoso A., Rubiyanto A. 2011. Aplikasi Directional Coupler Serat Optik Moda Jamak Sebagai Sensor Getaran Berbasis Modulasi Intensitas, Prosiding Seminal Nasional dan Penelitian Pendidikan dan Penerapan MIPA. Hal 1-6. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Ikhlef dkk., A., Hedara, R. dan Chikh – Bled, M. 2012. Uniform Fiber Bragg Grating Modelling and Simulation Used Matrix Transfer Method. *International Journal of Computer Science Issues*. Vol. 9, No. 2.
- Khare, R. P. 2004. *Fiber Optics and Optoelectronics*. New Delhi: Oxford University Press.
- Pramono, Y. H., Rohedi, A. Y., Samian. 2008. Aplikasi Directional Coupler Serat Optik Sebagai Sensor Pergeseran. *Fisika dan Aplikasinya*.
- Waluyo, T. B. dan Suheri, A. 2009. Penggunaan Serat Optik Ragam Tunggal Untuk Transmisi Data Pengukuran. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*. Vol. 9, No. 1.