

Performansi *Multimode Fiber Coupler* dengan Parameter *Coupler* Berbeda sebagai Sensor Pergeseran

Performance of Multimode-Fiber Coupler with Different Coupler Parameter for Displacement Sensor

Samian

Jurusan Fisika, Fakultas Sainstek, Universitas Airlangga

ABSTRACT

Three multimode-fiber couplers with different coupling ratios, excess losses and directivities are used to sense a displacement. The fiber coupler is handmade from 1 mm diameter plastic optical fiber. The light source is 632.8 nm He-Ne Laser. OPT 101 (Burr Brown) detector is used to detect the change in power output due to the object's displacement. The opted displacement's resolution is 5 μm . The experiment shows that multimode-fiber coupler with 0.25 ratio, 1.37 dB excess loss, and 25 dB directivity gives the highest performance, which has 4 mm dynamic range, 1 mm linear range, and 55.4 $\mu\text{W}/\text{mm}$ sensitivity. Higher performance can be reached if multimode-fiber coupler with the highest coupling ratio and the lowest excess loss is opted.

Keywords: Multimode fiber coupler, displacement sensor, coupler parameter

PENDAHULUAN

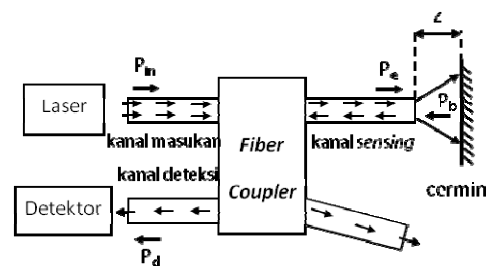
Ilmu pengetahuan dan teknologi pengukuran telah berkembang dengan pesat seiring dengan kebutuhan akan pengukuran yang akurat, resolusi tinggi, teknik pengoperasian yang mudah serta biaya yang murah. Perkembangan tersebut meliputi metode, perangkat, bahan dan konfigurasi sistem sensor. Salah satu pilihan pengembangan sistem sensor adalah penggunaan serat optik sebagai sensor karena memiliki keunggulan tidak kontak langsung dengan obyek pengukuran, tidak menggunakan listrik sebagai isyarat, akurasi pengukuran yang tinggi, kebal terhadap induksi listrik maupun magnet, dapat dimonitor dari jarak jauh, dapat dihubungkan dengan system komunikasi data serta dimensi yang kecil dan ringan (DA Krohn 2000)

Aplikasi serat optik sebagai sensor pergeseran berbasis modulasi intensitas cahaya telah banyak dikembangkan dengan metode transmisi maupun refleksi. Metode transmisi dilakukan dengan memanfaatkan rugi daya optis cahaya yang terjadi antara dua buah serat optik yang bergeser dalam satu sumbu (Svryyd *et al.* 2006). Metode refleksi dilakukan dengan mendeteksi rugi daya optis cahaya pantulan dari cermin (obyek) yang bergeser. Konfigurasi serat optik sebagai sensor pergeseran pada metode refleksi dapat berbentuk *a pair multimode bundled fiber* (Yasin *et al.* 2007) dan *singlemode concentric bundled fiber*

(Rostami *et al.* 2007). Konfigurasi lain berbentuk *multimode fiber coupler* atau *directional coupler*. Penelitian *multimode fiber coupler* hasil buatan sendiri (Samian *et al.* 2008) dengan *coupling ratio* 0,37 dan *excess loss* 3,04 sebagai sensor pergeseran telah dilakukan menggunakan sumber laser He-Ne (Samian *et al.* 2009) dan laser warna (Yasin *et al.* 2009) dengan performansi sensor yang cukup baik. Pada penelitian ini diperlihatkan faktor parameter *coupler* yang berpengaruh terhadap performansi *multimode fiber coupler* sebagai sensor pergeseran.

METODE

Desain *multimode fiber coupler* sebagai sensor pergeseran diperlihatkan pada Gambar 1. Kanal *sensing* pada Gambar 1 berfungsi sebagai pemancar cahaya sekaligus penerima cahaya pantulan dari obyek yang berbentuk cermin datar.



Gambar 1. Desain *multimode fiber coupler* sebagai sensor pergeseran.

Prinsip pendeteksian pergeseran obyek (z) adalah mendeteksi perubahan daya optis cahaya pantulan dari obyek yang terkopel balik ke kanal sensing (P_b). Melalui proses pengkopelan pada *fiber coupler*, perubahan daya optis tersebut terdeteksi melalui daya optis cahaya yang diterima oleh detektor (P_d). Jika berkas cahaya berbentuk Gaussian, hubungan P_d terhadap z dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$P_d = P_o \left(1 - \exp \left(- \frac{2}{(cz + 1)^2} \right) \right)$$

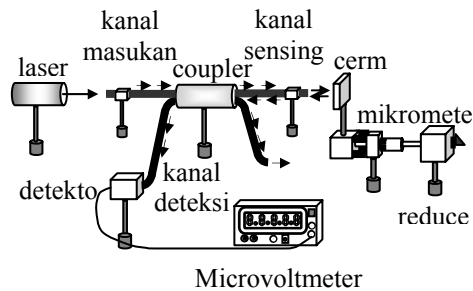
dengan $c = (2 \tan(\sin^{-1}(NA)))/a$ sedangkan NA dan a masing-masing adalah tingkat numerik dan jari-jari core serat optik. Untuk P_o dinyatakan oleh persamaan berikut :

$$P_o = 1,15cr(1 - cr) \left(10^{-0,1Le} - 10^{-0,1D} \right)^2 P_{in}$$

dengan ketentuan cr, Le dan D adalah parameter *fiber coupler* yang digunakan (Samian et al. 2009).

Gambar 2 memperlihatkan susunan peralatan eksperimen yang terdiri dari laser He-Ne (Klasse DIN 58126, 632,8 nm, Uniphase) dengan daya keluaran 1 mW, *multimode fiber coupler*, cermin datar (*front silvered*, 46320, *Leybold*), perangkat pergeseran beresolusi 5 μm (*Uniphase*), detector OPT 101 (*Burr Brown*) serta microvoltmeter (*Leybold*). Tiga buah *multimode Fiber coupler* yang digunakan berstruktur 2 x 2 buatan sendiri dari bahan *multimode plastic optical fiber* berdiameter 1mm (diameter core 960 μm, tebal cladding 20 μm) dan panjang 50 cm. Nilai parameter ketiga *fiber coupler* yang digunakan diperlihatkan pada Tabel 1.

Eksperimen dilakukan dengan mencatat tegangan keluaran detektor pada microvoltmeter setiap cermin digeser sebesar 5 μm menjauhi port sensing untuk masing-masing *fiber coupler*. Pergeseran cermin dilakukan dengan memutar *reducer*. Pencatatan dilakukan sampai pergeseran cermin tidak menghasilkan perubahan daya optik yang signifikan. Tegangan keluaran detektor yang terbaca kemudian dikonversi ke daya optis.



Gambar 2. Susunan peralatan eksperimen *multimode fiber coupler* sebagai sensor pergeseran.

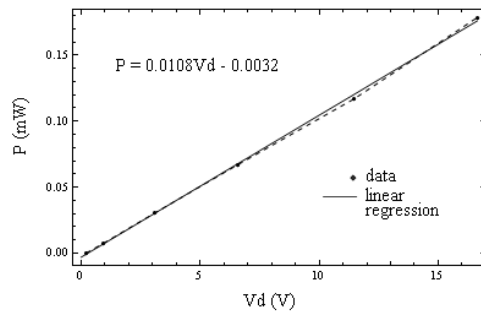
Konversi dilakukan dengan memvariasi daya optis keluaran laser He-Ne dan mencatat tegangan keluaran detektor akibat perubahan daya optis yang diterima. Variasi daya optis dilakukan dengan cara menempatkan sepasang polarisator diantara laser He-Ne dan detektor kemudian dilakukan perubahan sudut polarisasi sehingga daya optis cahaya keluaran laser berubah.

Tabel 1. Nilai parameter *fiber coupler* yang digunakan dalam eksperimen.

Fiber coupler	cr	Toleransi cr (%)	D (dB)	Le (dB)
1	0,25	6,6	25	1,37
2	0,37	6,2	28	3,04
3	0,30	11	28	2,92

HASIL DAN PEMBAHASAN

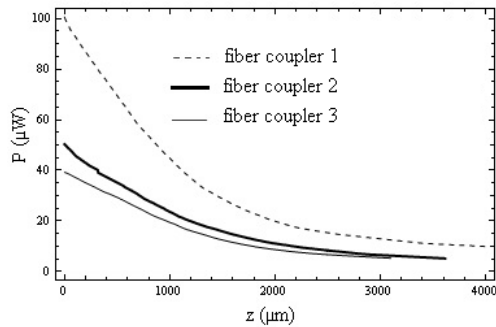
Konversi tegangan keluaran detektor terhadap daya optis laser menghasilkan persamaan konversi $P = 0,0198V_d - 0,0032$ seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Data tegangan keluaran detektor sebagai fungsi pergeseran cermin kemudian dikonversi ke daya optis sehingga diperoleh data daya optis sebagai fungsi pergeseran cermin untuk tiga *fiber coupler*. Plot data daya optis terhadap pergeseran cermin ketiga *fiber coupler* sebagai sensor pergeseran dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Grafik linier konversi tegangan keluaran detektor terhadap daya optis keluaran laser.

Grafik pada Gambar 4 memperlihatkan performansi *fiber coupler* 1 sebagai sensor pergeseran lebih baik dari pada *fiber coupler* 2 dan 3 karena disamping jangkauannya (*dinamic range*) lebih besar, daya optis maksimum yang mampu dideteksi juga lebih besar. Jangkauan untuk *fiber coupler* 1, 2 dan 3 masing-masing sebesar 4 mm, 3,6 mm dan 3,1 mm. Grafik linieritas antara daya optis terhadap pergeseran

untuk ketiga fiber coupler diperlihatkan pada Gambar 5. Daerah linier dan slop grafik linier yang diperlihatkan pada Gambar 5 masing-masing menunjukkan daerah kerja dan sensitivitas sensor. Berdasarkan data-data tersebut, maka karakteristik ketiga fiber coupler sebagai sensor pergeseran diperlihatkan pada Tabel 2.

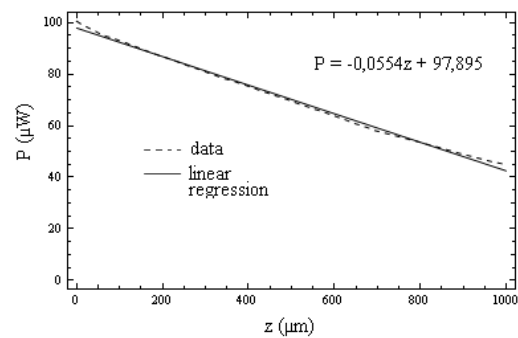


Gambar 4. Grafik plot data daya optis terhadap pergeseran cermin ketiga fiber coupler sebagai sensor pergeseran.

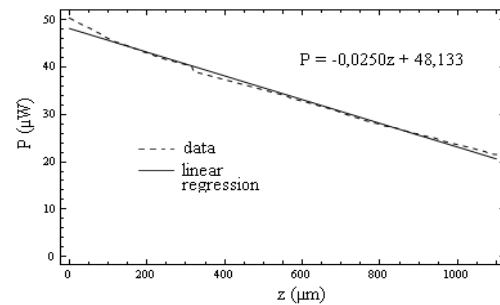
Tabel 2 memperlihatkan nilai jangkauan dan sensitivitas sensor yang paling tinggi yaitu 4 mm dan 55.4 μW/mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa performansi fiber coupler 1 sebagai sensor pergeseran lebih baik dari pada fiber coupler 2 dan 3. Meskipun fiber coupler 1 mempunyai nilai coupling rasionya paling kecil (0,25), tetapi nilai excess loss juga terkecil (1,37 dB). Artinya rugi daya optis transmisi cahaya dari sumber sampai ke detektor pada fiber coupler 1 lebih kecil dari pada fiber coupler 2 dan 3. Sementara itu, untuk daerah linier memperlihatkan hal yang sebaliknya. Rentang daerah linier untuk fiber coupler 1 yang sedikit lebih rendah dari kedua fiber coupler lainnya merupakan konsekuensi dari tingginya nilai sensitivitas sensor.

Performansi fiber coupler 1 tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh faktor nilai excess loss yang kecil. Sementara untuk fiber coupler 2 dan 3 meskipun coupling rasionya lebih besar dari pada fiber coupler 1, excess lossnya juga besar. Dengan demikian multimode fiber coupler sebagai sensor pergeseran performansinya tidak hanya ditentukan oleh faktor nilai coupling ratio, tetapi faktor nilai excess loss juga berperan sangat besar.

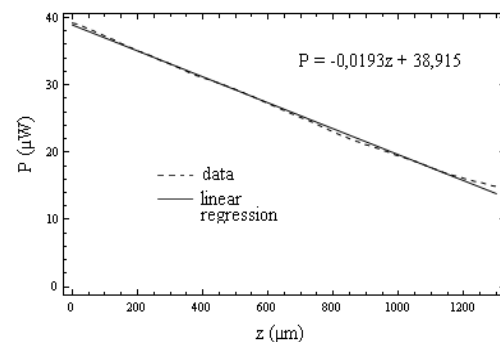
Bahwa parameter coupler (cr, Le dan D) adalah faktor yang mempengaruhi performansi multimode fiber coupler sebagai sensor pergeseran secara eksplisit diperlihatkan oleh persamaan (2). Performansi multimode fiber coupler yang paling baik atau ideal sebagai sensor pergeseran adalah jika multimode fiber coupler tersebut memiliki coupling ratio 0,5 (nilai cr maksimal untuk multimode fiber coupler) dan excess loss sekecil mungkin.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Grafik linieritas antara daya optis terhadap pergeseran untuk (a) fiber coupler 1, (b) fiber coupler 2, (c) fiber coupler 3.

Tabel 2. Karakteristik ketiga *fiber coupler* sebagai sensor pergeseran.

<i>Fiber coupler</i>	Jangkauan (mm)	Daerah linier (mm)	Resolusi (μm)	Sensitivitas ($\mu\text{W}/\text{mm}$)
1	4	0 – 1,0	5	55,4
2	3,6	0 – 1,1	5	25,5
3	3,1	0 – 1,3	5	19,3

Performansi sensor dengan jangkauan 4 mm memudahkan penerapan sensor pada banyak bidang, sedangkan nilai sensitivitas yang cukup tinggi 55,4 $\mu\text{W}/\text{mm}$ (daya sumber 1 mW) masih dapat ditingkatkan dengan memperbesar daya optis sumber sehingga memungkinkan penerapan sensor pada wilayah submicron bahkan nanometer.

KESIMPULAN

Eksperimen *multimode fiber coupler* sebagai sensor pergeseran menghasilkan performansi sensor yang paling baik dengan nilai jangkauan, sensitivitas dan daerah linier sensor masing-masing sebesar 4 mm, 55,4 $\mu\text{W}/\text{mm}$ dan 1 mm. Nilai-nilai tersebut diperoleh dengan menggunakan *fiber coupler* 1 yang mempunyai *excess loss* sangat rendah (1,37 dB). Performansi *multimode fiber coupler* sebagai sensor pergeseran akan mencapai ideal bila mempunyai nilai *coupling ratio* tertinggi dan *excess loss* terendah.

DAFTAR PUSTAKA

- A Rostami M, Noshad H, Hedayati A, Ghanbari, F Janabi. 2007. *A Novel nad High Precision Optical Displacement Sensor*. *IJCSNS*. **7**: 311 – 316
- DA Krohn. 2000. *Fiber Optik Sensor, Fundamental and Application*. 3rd. New York: ISA.
- M Yasin, WS Harun, HA Abdul Rasyid, Kusminarto, Karyono, A H Zaidan, H Ahmad. 2007. Performansi of Optical Displacement Sensor Using A Pair Type Bundled Fiber From A Theoretical and Experimental Perspective. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* **1**: 549 – 553.
- M Yasin, SW Harun, Samian, Kusminarto, H Ahmad. 2009. Simple Design of Optical Fiber Displacement Senso Using Multimode Fiber Coupler. *Laser Physics*. **19** (7):1 – 4.
- Samian, Yono Hadi Pramono, Ali Yunus Rohedi, Gatut Yudoyono. 2008. Fabrikasi Directional Coupler Serat Optik Multimode. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. **4** (080203): 1 – 4.
- Samian, Herri T. 2009. *Fiber Optic Directional Coupler As Micro Displacement Sensor*. In : Proceeding of ICORAFSS. Johor Baru, Malaysia, 2 – 4 Juni 2009.
- Samian, Yono Hadi Pramono, Ali Yunus Rohedi, Febdian Rusydi, AH Zaidan. 2009. Theoretical and Experimental Study of Fiber-Optic Displacement Sensor Using Multimode Fiber Coupler. *Journal of Optoelectronics and Biomedical Materials*. **1** (3): 303 – 308.
- Svyryd NN, Osorno S, Salazar MEE. 2006. An analysis of a displacement sensor based on optical fibers. *Revista Mexicana de Fisica*. **52**: 61 - 63.