

# Aplikasi *Multimode Fiber Coupler* sebagai Sensor Temperatur

Samian\*

Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi,  
Universitas Airlangga Surabaya  
Kampus C Mulyosari, Surabaya 61111

Gatut Yudoyono

Jurusan Fisika-FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 61111

## Intisari

Telah dilakukan penelitian untuk mendeteksi variasi temperatur menggunakan *multimode fiber coupler* sebagai sensor dan logam aluminium sebagai *probe*. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa *multimode fiber coupler* dapat digunakan sebagai sensor pergeseran, dan hasil inilah yang digunakan untuk konstruksi pergeseran salah satu ujung batang logam yang telah mengalami perubahan temperatur. Sebuah cermin di tempatkan pada salah satu ujung batang logam yang bebas dan dapat bergerak selama proses pemuaiian termal. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa perubahan temperatur  $2^{\circ}\text{C}$  pada batang logam mampu terdeteksi. Logam aluminium mempunyai hubungan linier terhadap tegangan detektor dalam rentang temperatur  $26^{\circ}\text{C}$  -  $361^{\circ}\text{C}$ , dengan sensitivitas  $9,9\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$  yang mampu mendeteksi perubahan temperatur  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

KATA KUNCI: multimode fiber coupler, linear coefficient thermal expansion, sensor temperatur

## I. PENDAHULUAN

Teknologi pengukuran telah berkembang dengan pesat seiring dengan kebutuhan pengukuran yang akurat, beresolusi tinggi, teknik pengoperasian yang mudah serta biaya yang murah. Perkembangan tersebut meliputi metode, perangkat, bahan dan konfigurasi sistem sensor. Serat optik menjadi salah satu pilihan pengembangan sensor yang menjanjikan karena memiliki keunggulan tidak kontak langsung dengan obyek pengukuran, tidak menggunakan sinyal listrik, akurasi pengukuran yang tinggi, immun terhadap induksi listrik maupun magnet, dapat dimonitor dari jarak jauh, dapat dihubungkan dengan sistem komunikasi data serta dimensinya yang kecil dan ringan memudahkan penginstalannya. Prinsip kerja sensor serat optik dapat diklasifikasikan menjadi tiga katagori yaitu berbasis pada modulasi panjang gelombang, modulasi fase dan modulasi intensitas [1].

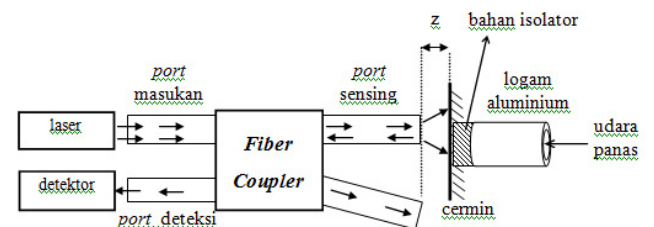
Sensor serat optik telah digunakan untuk mendeteksi beberapa parameter fisis diantaranya adalah deformasi bahan [2], strain bahan [3], temperatur [4], vibrasi [5], konsentrasi gas [6], pergeseran [7] serta parameter fisis lainnya. Sensor pergeseran serat optik yang telah berhasil dikembangkan berbasis pada modulasi intensitas menggunakan *multimode fiber coupler* hasil buatan sendiri [8]. Karakteristik sensor pergeseran yang dihasilkan adalah jangkauan sensor sebesar 4 mm, rentang daerah linier (daerah kerja) sebesar 1 mm serta resolusi pergeseran sebesar 5 m. Berbasis pada sensor pergeseran

tersebut, *multimode fiber coupler* dikembangkan sebagai sensor temperatur menggunakan logam aluminium komersial sebagai *probe*. Sifat pemuaiian logam akibat perubahan temperatur menjadi landasan untuk mengkonstruksi sensor temperatur dengan memanfaatkan pemuaiian logam untuk menggeser cermin. Pemilihan jenis logam sebagai *probe* disesuaikan dengan rentang temperatur yang akan dideteksi.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Desain *Multimode Fiber Coupler* Sebagai Sensor temperatur

Desain *multimode fiber coupler* sebagai sensor temperatur diperlihatkan pada Gambar 1. Prinsip kerja sensor temperatur adalah sebagai berikut. Cahaya dari laser diumpankan ke *port* masukan *fiber coupler*, selanjutnya sebagian dari cahaya tersebut dipancarkan oleh *port sensing* menuju ke cer-



Gambar 1: Desain sensor temperatur

\*E-MAIL: Mrsamian67@yahoo.com

min. Cahaya pantulan dari cermin diterima kembali oleh port sensing dan sebagian cahaya tersebut terkopel menuju ke detektor melalui port deteksi. Perubahan posisi cermin (z) mengakibatkan perubahan daya optis yang diterima detektor. Perubahan temperatur logam mengakibatkan terjadinya perubahan panjang logam sehingga cermin mengalami pergeseran. Dengan demikian perubahan temperatur pada logam akan terdeteksi melalui perubahan daya optis yang diterima oleh detektor.

Dengan menggunakan pendekatan berkas elektromagnetik Gaussian, perubahan daya optis akibat pergeseran cermin diperlihatkan oleh persamaan berikut.

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

dengan  $c = 4 \tan (\theta/d)$ ,  $d$  adalah diameter *core* serat optik *port sensing*, sudut  $\theta$  berkaitan dengan tingkap numerik serat optik dengan hubungan  $\theta = \arcsin (NA)$ , sedangkan  $P_o$  adalah daya optik total [9]. Perubahan panjang logam ( $\Delta L$ ) akibat perubahan temperatur ( $\Delta T$ ) diperlihatkan melalui persamaan berikut.

$$\Delta L = L_o \alpha \Delta T \quad (2)$$

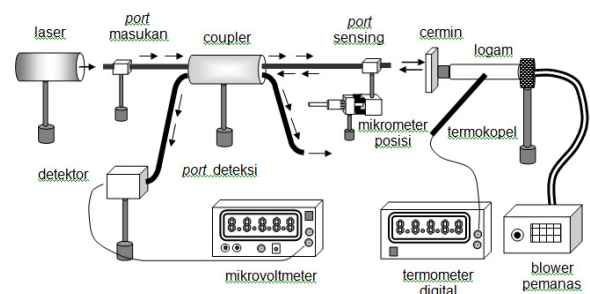
dengan  $L_o$  dan  $\alpha$  masing-masing adalah panjang logam mula-mula dan koefisien ekspansi linier logam [10]. Karena hubungan  $\Delta L$  linier terhadap  $\Delta T$ , maka daerah kerja sensor temperatur harus berada pada daerah linier pergeseran cermin terhadap perubahan daya optis yang diterima detektor.

**B. Set-up Eksperimen**

Set-up eksperimen *multimode fiber coupler* sebagai sensor temperatur diperlihatkan pada Gambar 2. Sumber yang digunakan adalah laser He-Ne (632,8 nm) dengan daya keluaran 1 mW, detektor OPT 101 (Burr Brown) untuk mendeteksi daya optik pada port deteksi, mikrovoltmeter (Leybold) untuk membaca tegangan keluaran detektor. Untuk menggeser *port sensing* digunakan mikrometer posisi dengan resolusi 10 m. *Multimode fiber coupler* yang digunakan difabrikasi dari serat optik plastik Tipe FD-620-10 berdiameter 1 mm dengan nilai *coupling ratio* 0,25, toleransi *coupling ratio* 7 %, *directivity* 26 dB, dan *exces loss* 1,4 dB. Logam aluminium komersial yang digunakan sebagai probe berbentuk silinder berongga dengan panjang 6 cm (diameter luar 8,23 mm dan diameter dalam 6 mm). Untuk memanaskan logam aluminium digunakan blower pemanas (QUICK 8570) yang menghasilkan udara panas dengan temperatur yang dapat dikontrol. Termometer digital (YEW tipe 2575.) dengan termokopel sebagai probe digunakan untuk membaca temperatur udara panas di dalam rongga logam.

**C. Karakterisasi Pergeseran Cermin Terhadap Perubahan Daya optis**

Karakterisasi pergeseran cermin terhadap perubahan daya optis bertujuan untuk menentukan daerah linier pergeseran

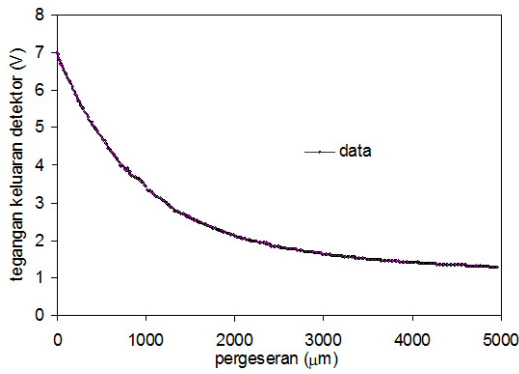


Gambar 2: Setup peralatan karakterisasi multimode fiber coupler sebagai sensor temperatur.

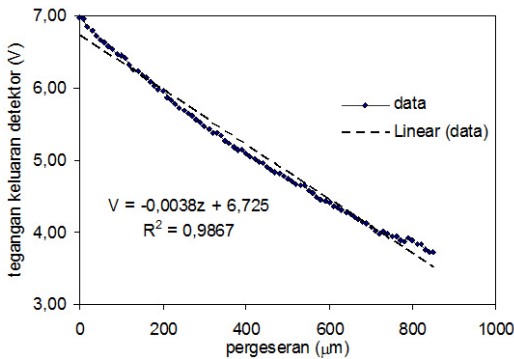
cermin terhadap perubahan daya optis yang diterima detektor. Set-up peralatan yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 2 dengan logam aluminium tidak diberi perlakuan pemanasan (blower pemanas tidak diaktifkan). Karakterisasi dilakukan dengan cara menggeser *port sensing* sampai berhimpit dengan cermin menggunakan mikrometer posisi. Setelah berhimpit dengan cermin, *port sensing* digeser menjauhi cermin dan mencatat daya optis (dalam hal ini berupa besaran tegangan keluaran detektor) setiap pergeseran 10  $\mu\text{m}$ .

**D. Karakterisasi Multimode Fiber Coupler Sebagai Sensor temperatur**

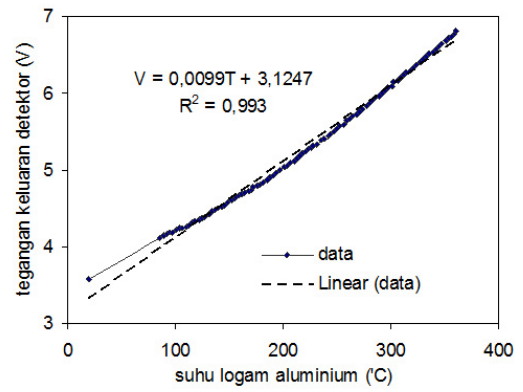
Set-up peralatan pada Gambar 2 digunakan untuk melakukan karakterisasi *multimode fiber coupler* sebagai sensor temperatur dengan prosedur sebagai berikut. Langkah pertama adalah memanaskan logam menggunakan blower pemanas sehingga cermin bergeser mendekati *port sensing*. Pemanasan dilakukan sampai temperatur tertinggi dan dibiarkan beberapa saat sampai logam tidak memuai lagi (rentang temperatur udara panas di dalam silinder logam aluminium yang terbaca pada termometer digital sebesar 86°C - 361°C). Langkah selanjutnya adalah menggeser posisi *port sensing* sampai berhimpit dengan cermin, kemudian pemanasan pada logam dihentikan sampai temperatur logam kembali ke temperatur sebelum pemanasan (temperatur kamar tercatat sebesar 26°C). Langkah berikutnya adalah memanaskan logam pada temperatur minimal yang dihasilkan pemanas yaitu sebesar 86°C dan mencatat tegangan keluaran detektor yang terbaca pada mikrovoltmeter. Selanjutnya pembacaan tegangan keluaran detektor dilakukan setiap temperatur logam dinaikkan 2°C sampai temperatur maksimal sebesar 361°C (pada keadaan ini cermin berhimpit dengan *port sensing*). Pembacaan tegangan keluaran detektor dilakukan tiga menit setelah temperatur dinaikkan. Hal tersebut dilakukan untuk memberikan waktu yang cukup bagi udara panas untuk berkonduksi ke seluruh bagian logam.



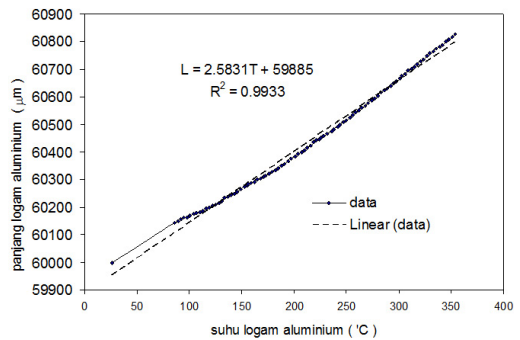
Gambar 3: Grafik plot tegangan keluaran detektor terhadap pergeseran cermin.



Gambar 4: Grafik daerah linier tegangan keluaran detektor terhadap pergeseran cermin.



Gambar 5: Grafik linieritas antara tegangan keluaran detektor terhadap temperatur logam aluminium.



Gambar 6: Grafik data panjang logam aluminium terhadap temperatur logam aluminium.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil karakterisasi perubahan tegangan keluaran detektor terhadap pergeseran cermin diperlihatkan oleh grafik pada Gambar 3, sedangkan daerah liniernya diperlihatkan pada Gambar 4. Hasil karakterisasi *multimode fiber coupler* sebagai sensor temperatur berupa grafik tegangan keluaran detektor terhadap temperatur logam aluminium diperlihatkan pada Gambar 5.

Gambar 5, memperlihatkan hubungan linier antara temperatur logam terhadap tegangan keluaran detektor. Hal tersebut menunjukkan bahwa *multimode fiber coupler* telah bekerja dengan baik sebagai sensor temperatur. Nilai kemiringan grafik linier pada Gambar 6 menunjukkan sensitivitas sensor sebesar 0,0099 V/°C atau 9,9 mV/°C. Dari nilai sensitivitas tersebut, secara prinsip, jika detektor dan voltmeter yang digunakan mampu membaca perubahan tegangan sebesar 1 mV, maka sensor mempunyai kemampuan mendeteksi perubahan temperatur sebesar 0,1°C. Karakteristik *multimode fiber coupler* sebagai sensor temperatur menggunakan logam aluminium komersial sebagai *probe* diperlihatkan pada Tabel 1.

Persamaan hasil regresi linier pada Gambar 4 merupakan persamaan konversi tegangan keluaran terhadap pergeseran cermin. Persamaan konversi tersebut adalah  $z = (6,725$

$V)/0,0038$ . Persamaan konversi tersebut digunakan untuk mengkonversi data tegangan keluaran detektor hasil karakterisasi sensor temperatur menjadi data pergeseran cermin atau perubahan panjang logam. Dari data tersebut, dibuat grafik hubungan antara panjang logam ( $L_0 = 60.000 \text{ m}$ ) terhadap temperatur logam. Hasilnya diperlihatkan pada grafik pada Gambar 6. Rentang perubahan panjang logam dalam grafik Gambar 6 sebesar 850 m sesuai dengan rentang daerah linier hasil karakterisasi yang diperlihatkan oleh grafik pada Gambar 4. Hasil regresi linier grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa hubungan antara perubahan panjang logam terhadap perubahan temperatur adalah linier. Hasil tersebut sesuai dengan sifat linier Persamaan (2). Dari kemiringan grafik pada Gambar 6, dapat dihitung nilai koefisien ekspansi linier logam aluminium komersial yang digunakan sebagai probe berdasarkan Persamaan (2), nilai yang diperoleh sebesar  $4,3 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ .

TABEL I: Karakteristik *multimode fiber coupler* sebagai sensor temperatur

Parameter	Nilai
Rentang temperatur terukur (°C)	26 - 361
Sensitivitas (mV/°C)	9,9

#### IV. SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa multimode fiber coupler dapat diaplikasikan sebagai sensor temperatur menggunakan logam aluminium komersial sebagai probe. Kinerja sensor yang cukup baik dengan sensitivitas sebesar  $9,9 \text{ mV}/^\circ\text{C}$

secara prinsip cukup mampu mendeteksi perubahan temperatur sebesar  $0,1^\circ\text{C}$  dengan rentang deteksi  $26^\circ\text{C} - 361^\circ\text{C}$ . Metode pendeteksian temperatur menggunakan multimode fiber coupler sangat memungkinkan untuk diaplikasikan mengukur koefisien ekspansi linier logam.

- 
- [1] Krohn, D.A, Fiber Optik Sensor, *Fundamental and Application*, (3rd, ISA, New York, 2000)
- [2] Sklodowski, M., *Theory and Application of Fiber Optics Sensor to Settlement of Historical Structure*, Procceding AMAS Workshop, Jadwisun, 291-299, 2003.
- [3] Inaudi, D., Glisic, B., *Field Application of Fiber Optic and Temperature Monitoring*, Procceding International Conference Optoelectronic Sensor Based Monitoring In Geo-Engineering, Nanjing, 1-6, 2005
- [4] Bongsoo LEE, Gye Rae, Soon-Cheol CHUNG and Jeong Han Yi., *Journal Korean Physical Society*, **46**, 1347 - 1351 (2005).
- [5] Binu, S. V.P. Mahadevan Pillai, N. Chandrasekaran, *Optic & Laser Technology*, **39**, 1537 - 1543 (2007).
- [6] C. D. Singh and Karang Singh, *Optical and Quantum Electronic*, **33**, 189 - 199 (2001).
- [7] Samian, Yono Hadi Pramono, Ali Yunus Rohedi, Febdian Rusydi, A.H. Zaidan, *Journal of Optoelectronics and Biomedical Materials*, Vol. **1**, Issue 3, 303 - 308 (2009).
- [8] Samian, Yono Hadi Pramono, Ali Yunus Rohedi, Gatut Yudoyono, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, **4**, 1 - 4 (2008).
- [9] Samian, Yono Hadi Pramono, Ali Yunus Rohedi, *Directional Coupler Sebagai Sensor Pergeseran Mikro*, Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Fotonik, Teknik Fisika ITS, Surabaya, 24 - 25 April, 2008.
- [10] Lawrence H. Van Vlack, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, (edisi ke lima, Erlangga, Jakarta, 1991)