

PENGARUH PERGESERAN PADA PENGUKURAN SUHU BERBASIS SENSOR SERAT OPTIK BERSTRUKTUR SMS (SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE) DAN OTDR

Aslam Chitami Priawan Siregar
Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Email: aslam.chitami@itats.ac.id

Abstrak. Pada penelitian ini dikembangkan suatu teknik pengukuran suhu menggunakan serat optik berstruktur *singlemode-multimode-singlemode* (SMS) dan *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR). Karakteristik dari setiap sensor serat optik berstruktur SMS yang telah dibuat menggunakan serat optik multimode dengan panjang 5,5 cm, 6 cm, 6,5 cm, dan 7 cm. Pengujian suhu yang diberikan pada serat optik berstruktur SMS yaitu 37°C, 47°C, 57°C, dan 67°C. Pengaruh pergeseran dilakukan dengan memberikan pergeseran dari 0 - 1000 μm pada serat optik berstruktur SMS dengan variasi kenaikan setiap 100 μm . Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa pengaruh pergeseran mengakibatkan error pengukuran suhu. Contohnya, pada panjang serat optik multimode 6,5 cm untuk pengukuran pergeseran 500 μm menimbulkan error pengukuran 3,2 °C.

Kata Kunci: Serat optik SMS, OTDR, Pergeseran, Suhu.

Suhu merupakan besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu material yang dapat mempengaruhi perubahan bentuk atau volume dari material tersebut. Suhu dapat mempengaruhi perubahan rugi daya pada serat optik [3]. Dalam penelitian ini, dibuat sebuah sensor suhu yang berbasis serat optik berstruktur SMS yang dapat digunakan pada suatu sistem monitor struktur bangunan. Serat optik digunakan karena memiliki berbagai keunggulan yaitu karena ukurannya yang kecil, dapat melewati cahaya, tahan terhadap interferensi elektromagnetik (EMI), pasif secara kimiawi, bandwidth yang lebar, sensitivitas yang tinggi, tidak terkontaminasi lingkungan, dan kemampuannya sebagai sensor terdistribusi maupun multipoint [1].

Sensor serat optik peka terhadap pengaruh pergeseran [2]. Perubahan pergeseran dapat mengakibatkan *error* pengukuran suhu. Pada penelitian ini akan dilakukan kajian pengaruh perubahan pergeseran terhadap pengukuran suhu.

Teknik ini berpotensi untuk mengukur suhu pada beberapa titik (multi-point) sepanjang kabel serat optik. Dengan adanya metode pengukuran ini, diharapkan dapat digunakan untuk pengukuran suhu dengan biaya yang lebih murah serta adanya kemudahan

fabrikasinya, sehingga dapat mempunyai nilai pemanfaatan yang lebih tinggi.

I. Metodologi

Alat dan Bahan

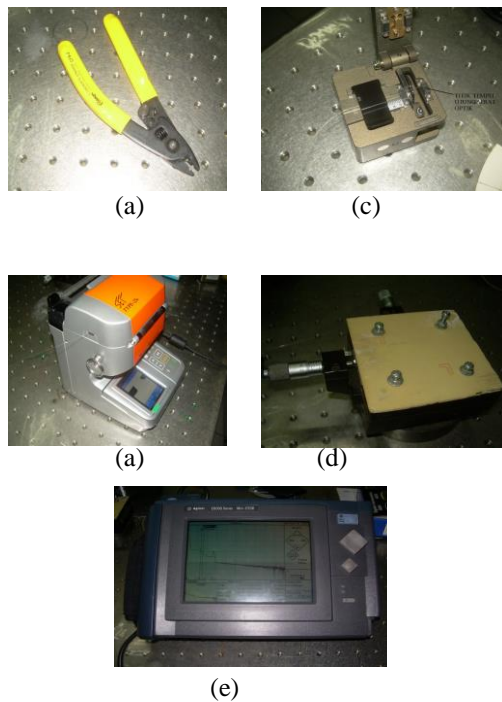
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah Serat optik *singlemode step index* (ITU-T Recommendation G652), multimode *graded index* (ITU-T Recommendation G651), lem alteco, dan empat buah lampu 5 W. Sedangkan alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah *Fusion Splicer* Fujikura FSM-505), *Microdisplacement*, HP E6000A Mini-OTDR, *Fiber Cleaver FITEC Nc S324*, *Fiber Stripper Cromwell ct USA*, termometer digital, dan jangka sorong.



(a)

(b)

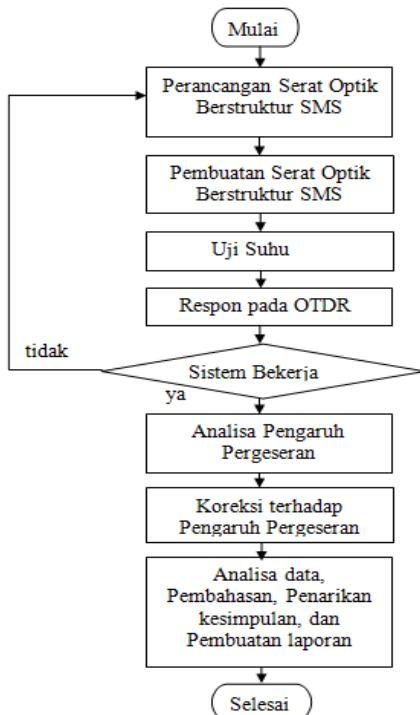
Gambar 1.1. (a) Serat optik *singlemode step index* (ITU-T Recommendation G652), (b) multimode *graded index* (ITU-T Recommendation G651).



Gambar 1.2. (a) *Fiber Stripper Cromwell ct USA*, (b) *Fusion Splicer Fujikura FSM-505*, (c) *Fiber Cleaver FITEL Nc S324*, (d) *Microdisplacement, (e) HP E6000A Mini –OTDR*.

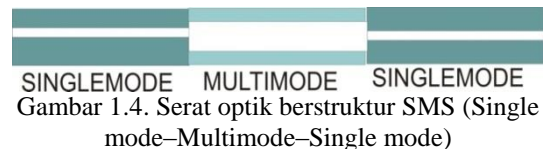
Langkah-langkah Penelitian

Berikut ini merupakan langkah-langkah penelitian yang digambarkan dalam bentuk diagram *flowchart*:



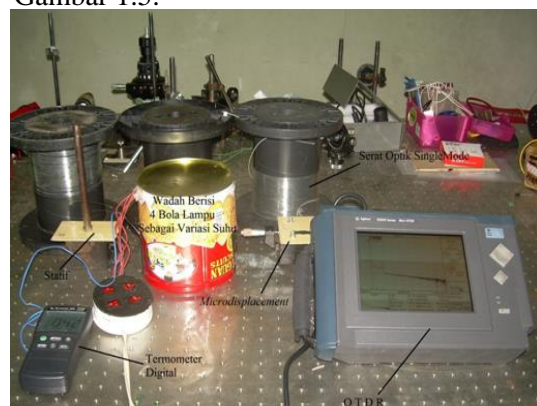
Gambar 1.3. *Flowchart* Penelitian

Pembuatan serat optik berstruktur SMS dilakukan dengan cara menyambungkan kedua ujung serat optik multimode dengan serat optik singlemode. Pada ujung serat optik yang akan disambung, dilakukan pengkupasannya dengan menggunakan *Fiber Stripper Cromwell ct USA* pada lapisan *cladding*. Kemudian lapisan serat optik yang telah terkupas dibersihkan dengan menggunakan larutan alkohol, agar sisa hasil pengkupasannya tidak mengganggu saat proses penyambungan. Lapisan serat optik yang telah dibersihkan, akan dilakukan pemotongan dengan menggunakan *Fiber Cleaver FITEL Nc S324*, agar ujung serat optik menjadi rapi dan tidak terjadi *misalignment* aksial saat penyambungan serat optik singlemode dan multimode. Setelah itu, antara dua ujung serat optik (baik Singlemode maupun Multimode) akan dilakukan penyambungan dengan menggunakan *Fusion Splicer Fujikura FSM-505*. Kedua ujung serat optik akan terlihat pada layar yang ditampilkan oleh *Fusion Splicer Fujikura FSM-505* dalam skala mikroskopis. Apabila ujung serat optik rapi dan sesuai dengan batas *range* yang telah ditentukan, maka penyambungan dapat dilakukan dengan baik dan akan diperoleh hasil yang lebih baik. Adapun bentuk serat optik berstruktur SMS dapat diperlihatkan pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4. Serat optik berstruktur SMS (Single mode–Multimode–Single mode)

Untuk Set-up alat penelitian diperlihatkan pada Gambar 1.5.

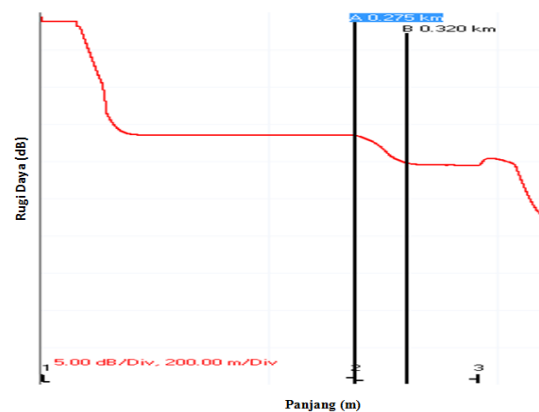


Gambar 1.5. Set-up alat penelitian.

Setelah itu, dilakukan pengujian suhu pada serat optik yang berstruktur SMS. Uji suhu dilakukan dengan memberikan perlakuan suhu yang berbeda pada daerah serat optik yang berstruktur SMS yang kedua ujungnya direkatkan pada *microdisplacement* dan *statif* dengan menggunakan lem alteco dengan pengujian *range* suhu sebesar 37°C – 67°C. Pada setiap kenaikan suhu sebesar 10 °C. Variasi suhu dilakukan dengan cara menggunakan sebuah wadah yang terbuat dari bahan seng yang berisi empat buah lampu 5 W. Dimana pada suhu 37°C digunakan 1 bola lampu yang menyala, suhu 47°C digunakan 2 bola lampu yang menyala, suhu 57°C digunakan 3 bola lampu yang menyala, dan suhu 67°C digunakan 4 bola lampu yang menyala. (spesifikasi dari setiap *grade* pada *microdisplacement*). Sedangkan variasi pergeseran dilakukan dengan memberikan pergeseran pada daerah serat optik yang berstruktur SMS dengan pengujian *range* pergeseran sebesar 0-1000 µm. Pada setiap kenaikan pergeseran sebesar 100 µm (spesifikasi dari setiap *grade* pada *microdisplacement*). Kemudian dilakukan pengambilan data respon dan rugi daya yang terbaca pada OTDR. Rugi daya yang dianalisa pada penelitian ini adalah rugi daya dari serat optik berstruktur SMS. Sedangkan parameter-parameter pengukuran OTDR yang digunakan dalam pengukuran ini dipilih sebagai berikut :

OTDR Type	: Agilent MiniOTDR E6000C
Wavelength	: 1314 nm
Pulsewidth	: 300 ns
Range	: 0-2 km
Marking	: A = 275,0 m B = 320,8 km B-A = 45.8 m
Optimize	: Dynamic
Averaging Time	: 10 s
Sampling Distance	: 15,90 cm
index of refraction	: 1,47180

Untuk tampilan pada OTDR diperlihatkan pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6. Bentuk Tampilan pada OTDR

Oleh karena serat optik peka terhadap pengaruh pergeseran, maka perubahan pergeseran dapat mengakibatkan *error* pengukuran suhu, sehingga rugi daya yang terjadi pada serat optik tidak hanya disebabkan suhu tetapi juga disebabkan karena adanya pengaruh pergeseran pada sistem pengukuran.

Metode Analisa Data

Data hasil penelitian berupa *loss* daya yang ditimbulkan akibat adanya suhu yang terjadi pada serat optik dan pengaruh pergeseran pada sistem pengukuran menggunakan OTDR.

Untuk menghitung besarnya besarnya nilai suhu dan pergeseran yang terbaca pada OTDR, maka dapat digunakan persamaan :

$$O = a (T) + b \tag{1.1}$$

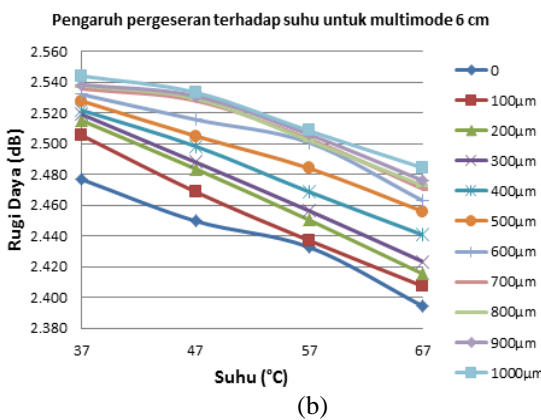
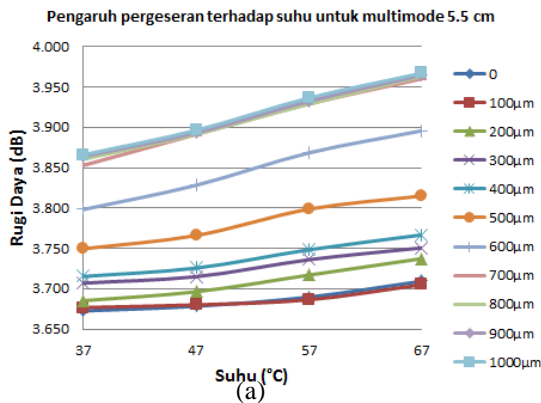
Dimana O merupakan *loss* yang di timbulkan pada serat optik SMS, a merupakan rata-rata slope suhu pada sensor yang, dan b merupakan konstanta.

Untuk setiap nilai pergeseran yang berbeda, dihitung nilai masing-masing regesi linearnya dengan menggunakan persamaan (1.1). Setelah itu, dibandingkan nilai masing-masing kurva antara hasil pergeseran satu dengan hasil pergeseran yang lain, sehingga didapatkan *error* pada pengukuran suhu akibat pengaruh pergeseran.

II. Hasil dan Pembahasan

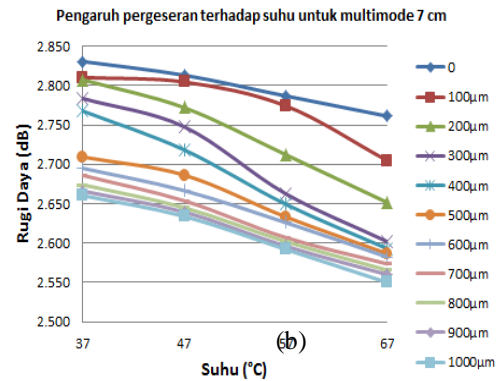
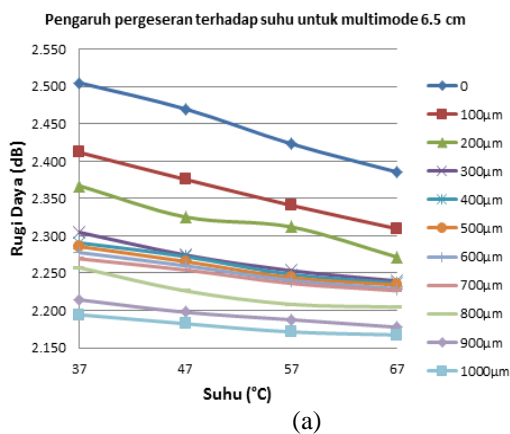
Hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor suhu dengan panjang serat optik multimode 5,5 cm dan 6 cm serta variasi pergeseran pada panjang

gelombang 1310 nm diperlihatkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Grafik hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor suhu dengan variasi strain pada panjang gelombang 1310 nm pada panjang serat optik multimode (a) 5,5 cm dan (b) 6 cm.

Sedangkan Hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor suhu dengan panjang serat optik multimode 6,5 cm dan 7 cm serta variasi strain pada panjang gelombang 1310 nm diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Grafik hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor suhu dengan variasi strain pada panjang serat optik multimode (a) 6,5 cm dan (b) 7 cm.

Berdasarkan Gambar 2.1, menunjukkan bahwa pada panjang multimode 5,5 cm terjadi grafik kenaikan dan pada panjang multimode 6 cm terjadi grafik penurunan. Akan tetapi, persamaan dari kedua grafik adalah semakin bertambahnya pergeseran, maka rugi daya yang ditimbulkan semakin besar. Sedangkan pada Gambar 2.2, panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm menunjukkan bahwa terjadi grafik penurunan. Semakin bertambahnya pergeseran, maka rugi daya yang ditimbulkan semakin mengecil. Perbedaan grafik seperti ini, dikarenakan adanya titik *re-imaging* pada panjang multimode tertentu. Besarnya titik *re-imaging* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut [4] :

$$\bar{L}_Z = 16n_{co}a^2 / \lambda \tag{2.1}$$

Dimana \bar{L}_Z merupakan ukuran panjang multimode yang mengalami titik *re-imaging*, n_{co} merupakan besarnya nilai indeks bias pada lapisan *core* dari serat optik yang berstruktur multimode dalam hal ini besarnya adalah 1.445, a merupakan besarnya jari-jari pada lapisan *core* dari serat optik multimode 62,5 µm, dan λ merupakan panjang gelombang yang digunakan digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 1310 nm, nilai panjang gelombang tersebut digunakan karena memiliki rugi daya yang kecil untuk jenis bahan silica yang merupakan bahan dari serat optik. Berdasarkan nilai-nilai di atas, didapatkan bahwa besarnya titik *re-imaging* pada jenis serat optik multimode yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6,89 cm. Dimana pada titik ini terjadi interferensi minimum terhadap banyaknya moda yang

dilewatkan pada serat optik multimode tersebut, sehingga dapat menyebabkan penurunan pada rugi daya serat optik.

Perbedaan antara grafik pada panjang multimode 5,5 cm dan 6 cm terletak pada perubahan suhu dan besarnya rugi daya yang ditimbulkannya. Pada panjang multimode 5,5 cm mempunyai rugi daya yang lebih besar daripada panjang multimode 6 cm. Sedangkan perubahan suhu pada panjang multimode 5,5 cm nilainya sebanding dengan pengaruh pergeseran. Semakin bertambah besar nilai pergeseran, semakin bertambah besar nilai suhunya. Akan tetapi, perubahan suhu pada panjang multimode 6 cm nilainya berbanding terbalik dengan pengaruh pergeseran. Semakin bertambah besar nilai pergeseran, semakin bertambah kecil nilai suhunya. Hal ini disebabkan karena adanya penurunan intensitas pada panjang multimode 6 cm sampai menuju titik *re-imaging* pada panjang 6,89 cm.

Berdasarkan Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 menunjukkan bahwa *range* daerah pada suhu 37°C sampai 67°C bersifat linear, sehingga dapat ditentukan *error* pada pengukuran suhu akibat perubahan pergeseran menjadi lebih mudah. Hal ini dikarenakan pada *range* daerah yang linear, *error* yang dihasilkan menjadi lebih kecil daripada *range* daerah yang tidak linear. Contohnya, pada suhu 57°C *error* yang terjadi pada pengukuran akibat perubahan pergeseran antara 400 μm sampai 500 μm diperlihatkan pada Tabel 2.1. berikut.

Tabel 2.1. Hubungan *error* pengaruh pergeseran terhadap pengukuran suhu pada masing-masing panjang serat optik multimode

Panjang (cm)	5,5	6	6,5	7
Error (°C)	27,2	5,1	3,2	3,5

Berdasarkan Tabel 2.1 di atas, menunjukkan bahwa adanya *error* yang berbeda pada pengukuran suhu akibat pengaruh pergeseran.

Pada serat optik berstruktur SMS dengan panjang multimode 6,5 cm memiliki *error* paling kecil. Hal ini disebabkan karena adanya interferensi minimum cahaya untuk daerah panjang multimode tersebut. Apabila suatu cahaya mengalami interferensi minimum, maka rugi daya yang melewati serat optik menjadi

lebih kecil sehingga *error* yang dihasilkan akibat pengaruh pergeseran pada pengukuran suhu menjadi lebih kecil.

Sedangkan pada serat optik berstruktur SMS dengan panjang multimode 6,5 cm memiliki *error* paling besar. Hal ini disebabkan karena adanya pada daerah panjang multimode tersebut interferensi cahaya masih relatif besar sehingga menjadi *error* yang dihasilkan akibat pengaruh pergeseran pada pengukuran suhu menjadi sangat besar.

III. Simpulan

Dari hasil pengujian, pengamatan, serta hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan Hasil Penelitian, menunjukkan bahwa pada panjang multimode 5,5 cm terjadi grafik kenaikan dan pada panjang multimode 6 cm terjadi grafik penurunan. Akan tetapi, persamaan dari kedua grafik adalah semakin bertambahnya pergeseran, maka rugi daya yang ditimbulkan semakin besar. Sedangkan pada panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm menunjukkan bahwa terjadi grafik penurunan. Semakin bertambahnya pergeseran, maka rugi daya yang ditimbulkan semakin mengecil.
2. Pengaruh suhu dapat menyebabkan *error* pada pengukuran suhu berbasis sensor serat optik berstruktur SMS dan OTDR. Untuk serat optik dengan panjang multimode 6,5 cm, pada suhu 57°C *error* yang terjadi pada pengukuran akibat perubahan pergeseran antara 1481 μm sampai 1852 μm sebesar 3,2°C.

IV. Daftar Pustaka

- [1] Gholamzadeh, Bahareh and Nabovati, Hooman. 2008. Fiber Optic Sensors. World Academy of Science, Engineer. and Technol. 42.
- [2] Hatta, Agus M. et al. 2010. Pergeseran sensor based on a pair of singlemode-multimode-singlemode fiber structures in a ratiometric power measurement scheme. Appl. Opt. Vol. 49. No. 3, 536 – 541.
- [3] Li, Enbang. 2007. Temperature compensation of multimode interference-based fiber devices. Opt. Lett. Vol. 32, No. 14, 2064 – 2066.

- [4] Wang, Qian, Farrell, Gerald and Yan, Wei .2008. Investigation on Singlemode-Multimode-Singlemode Fiber Structure. J. Lightwave Technol.Vol.. 26, No. 5. 512-518.