



The Effect of Temperature on Strain  
Measurement Based on SMS  
(Singlemode–Multimode–Singlemode) Fiber  
Structure and OTDR (Optical Time Domain  
Reflectometer)

---

Aslam Chitami Priawan Siregar and Agus Muhamad Hatta

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

December 3, 2022

# PENGARUH SUHU PADA PENGUKURAN STRAIN BERBASIS SENSOR SERAT OPTIK BERSTRUKTUR SMS (SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE) DAN OTDR (OPTICAL TIME DOMAIN REFLECTOMETER)

Aslam Chitami Priawan Siregar, Agus Muhamad Hatta

Laboratorium Rekayasa Fotonika-Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri- Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111 Indonesia  
Email : aslamsiregar@yahoo.co.id

## Abstrak

Serat optik berstruktur singlemode–multimode–singlemode (SMS) telah banyak dikembangkan untuk berbagai jenis sensor. *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) dapat mengukur rugi daya per unit panjang, serta menunjukkan letak suatu kesalahan pada sistem jaringan serat optik. Pada penelitian ini dikembangkan suatu teknik pengukuran *strain* menggunakan serat optik berstruktur SMS dan OTDR. Sensor serat optik peka terhadap pengaruh suhu lingkungan. Perubahan suhu dapat mengakibatkan *error* pada pengukuran *strain*. Pada penelitian ini dilakukan kajian pengaruh perubahan suhu lingkungan terhadap pengukuran *strain* dan dikaji koreksinya. 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 serta dengan penggunaan panjang gelombang operasinya, yaitu 1310 nm. Pengujian *strain* dilakukan dengan memberikan pergeseran dari 0 - 1000  $\mu\text{m}$  pada serat optik berstruktur SMS dengan variasi kenaikan setiap 100  $\mu\text{m}$ . Pengaruh suhu yang diberikan pada serat optik berstruktur SMS yaitu 37°C, 47°C, 57°C, dan 67°C. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa pada panjang serat optik multimode 5,5 cm sampai 7 cm dapat digunakan sebagai sensor *strain*. Adapun pengaruh suhu pada semua panjang serat optik multimode mengakibatkan *error* pengukuran *strain*. Pada panjang serat optik multimode 6,5 cm untuk pengukuran *strain* 1852  $\mu\text{e}$  menimbulkan *error* pengukuran 448  $\mu\text{e}$ . Pada penelitian ini telah diusulkan koreksi terhadap *error* dengan cara menambahkan sebuah sensor suhu SMS. Berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan bahwa grafik yang paling linear terdapat pada panjang multimode 6 cm, sehingga dapat dilakukan koreksinya terhadap suhu yang dapat menyebabkan *error* pada pengukuran *strain*. Pada *strain* 1852  $\mu\text{e}$  *error* pengukuran akibat kenaikan suhu sebesar 10°C ( dari 47°C ) sebesar 319  $\mu\text{e}$  dapat direduksi menjadi 142  $\mu\text{e}$ .

Kata kunci: Serat optik SMS, OTDR, Strain, Suhu

## 1. Pendahuluan

*Strain* sebuah material menunjukkan besarnya tingkat ketahanan dari gaya-gaya luar yang mempengaruhi perubahan bentuk atau volume dari material tersebut. Dalam penelitian ini, dibuat sebuah sensor strain 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 melewatkan 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 (Gholamzadeh, 2008).

Beberapa teknik pengukuran *strain* dengan menggunakan serat optik berstruktur Singlemode-Multimode-Singlemode (SMS), telah digunakan teknik pengukuran pergeseran panjang gelombang akibat pemberian *strain* menggunakan *Optical Spectrum Analyzer* (OSA), dan teknik pengukuran intensitas

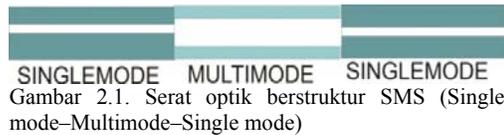
menggunakan *optical power meter* (Agus M. Hatta, 2010). Akan tetapi, teknik tersebut hanya dapat digunakan untuk mengukur *strain* pada satu titik saja. Padahal dalam SHM diperlukan pengukuran *strain* pada banyak titik (multi-point). Teknik ini berpotensi untuk mengukur *strain* pada beberapa titik.

Sensor serat optik peka terhadap pengaruh suhu lingkungan (Embang Li, 7007). Perubahan suhu dapat mengakibatkan *error* pengukuran *strain*. Pada penelitian ini akan dilakukan kajian pengaruh perubahan suhu lingkungan terhadap pengukuran *strain* dan akan dikaji koreksinya. Koreksi yang diusulkan pada penelitian ini adalah menggunakan dua buah sensor serat optik SMS. Sensor pertama untuk pengukuran *strain* dan sensor yang kedua untuk *monitoring* suhu, sehingga dapat diketahui besarnya nilai *strain* karena adanya karakteristik suhu tertentu. Dengan adanya metode pengukuran ini, diharapkan dapat digunakan untuk pengukuran *strain* dengan biaya yang lebih murah serta adanya kemudahan fabrikasinya, sehingga dapat mempunyai nilai pemanfaatan yang lebih tinggi.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Serat Optik Berstruktur SMS

Serat optik SMS (Single mode–Multimode–Single mode) merupakan suatu struktur yang terdiri dari serat optik singlemode yang identik yang secara aksial disambung di kedua ujung serat optik multimode seperti ditunjukkan Gambar 2.1.



Pada serat optik berstruktur SMS hanya *fundamental mode* yang ter-*couple* masuk pada input dan ter-*couple* keluar pada ujung serat optik multimode. Kondisi tersebut dapat terjadi ketika *spot size* dari *fundamental mode* dari serat optik singlemode dan multimode benar-benar cocok dan juga tidak ada *misalignment* aksial pada *splice* (sambungan). Jika kondisi tersebut tidak dapat dipenuhi, *high order mode* dari serat optik multimode akan tereksitasi atau ter-coupling keluar pada input/output ujung serat optik multimode. Sedangkan kinerja atau performansi dari serat optik berstruktur SMS sangatlah tergantung pada panjang gelombang operasi dan juga panjang dari serat optik multimode (Arun Kumar, et al. 2003).

### 2.2. OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)

OTDR merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu serat optik pada domain waktu. OTDR dapat menganalisis setiap jarak dari *insertion loss*, *reflection*, dan *loss* yang muncul pada setiap titik, serta dapat menampilkan informasi pada layar tampilan berupa respon logaritmik. Selain itu, OTDR dapat mengukur redaman sebelum dan setelah instalasi sehingga dapat memeriksa adanya ketidaknormalan seperti bengkakan (*bend*) atau beban yang tidak diinginkan (Olaf Ziemann, et al. 2008).

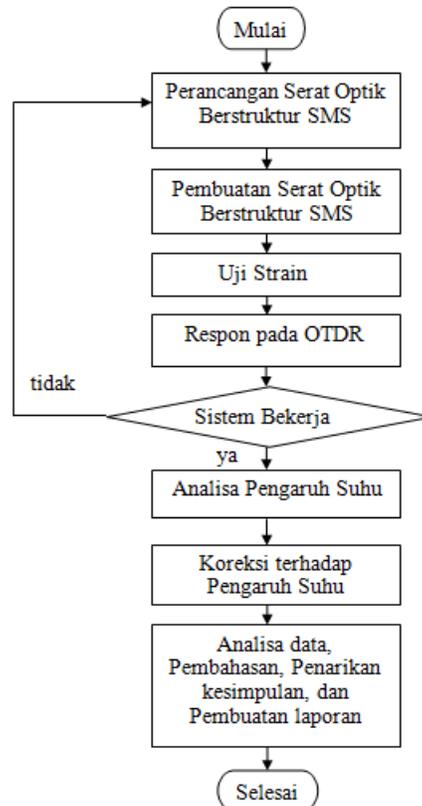
## 3. Metode Penelitian

### 3.1 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* FITEL Nc S324, *Fiber Stripper* Cromwell ct USA, termometer digital, dan jangka sorong digital.

### 3.2 Langkah-langkah Penelitian

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



Gambar 3.1. 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.

Setelah itu, dilakukan pengujian *strain* pada serat optik yang berstruktur SMS. Uji *strain* dilakukan dengan memberikan *strain* pada daerah serat optik yang berstruktur SMS yang kedua ujungnya direkatkan pada *microdisplacement* dan *statif* dengan menggunakan lem alteco dengan pengujian *range* pergeseran sebesar 0-1000  $\mu\text{m}$ . Pada setiap kenaikan pergeseran sebesar 100  $\mu\text{m}$  (spesifikasi dari setiap *grade* pada *microdisplacement*). Sedangkan 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. 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 Mini OTDR 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

Oleh karena serat optik peka terhadap pengaruh suhu lingkungan, maka perubahan suhu dapat mengakibatkan *error* pengukuran *strain*. Sehingga rugi daya yang terjadi pada serat optik tidak hanya disebabkan *strain* tetapi juga disebabkan karena adanya pengaruh suhu lingkungan pada sistem pengukuran. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan kajian pengaruh perubahan suhu lingkungan terhadap pengukuran *strain* dan dikaji koreksinya.

### 3.3 Metode Analisa Data

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

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

$$\Delta O_1 = a_1 \Delta S + b_1 \Delta T \quad (3.1)$$

$$\Delta O_2 = a_2 \Delta S + b_2 \Delta T \quad (3.2)$$

Dimana  $O_1$  merupakan *loss* yang di timbulkan pada serat optik SMS yang pertama,  $O_2$  merupakan *loss* yang ditimbulkan pada serat optik SMS yang kedua,  $a_1$  merupakan rata-rata slope *strain* pada sensor yang pertama,  $b_1$  merupakan rata-rata slope suhu pada sensor yang pertama  $a_2$  merupakan rata-rata slope *strain* pada sensor yang kedua,  $b_2$  merupakan slope suhu pada sensor yang kedua. Oleh karena  $O_2$  hanya fungsi terhadap suhu, maka nilai konstanta  $a_2$  sama dengan nol. Persamaan (3.1) dan (3.2) dapat ditulis menjadi matriks berorde 2 x 2 sebagai berikut:

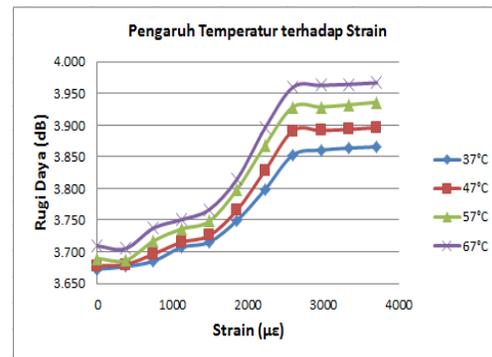
$$\begin{bmatrix} \Delta S \\ \Delta T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ 0 & b_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta O_1 \\ \Delta O_2 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Dimana S merupakan nilai *strain* dan T merupakan nilai suhu.

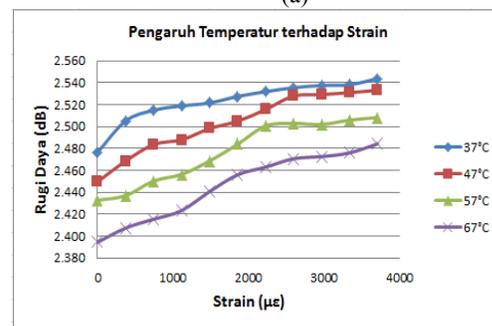
## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Pengaruh Suhu pada Pengukuran Strain

Hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor *strain* dengan panjang serat optik multimode 5,5 cm dan 6 cm serta variasi suhu pada panjang gelombang 1310 nm diperlihatkan pada Gambar 4.1.



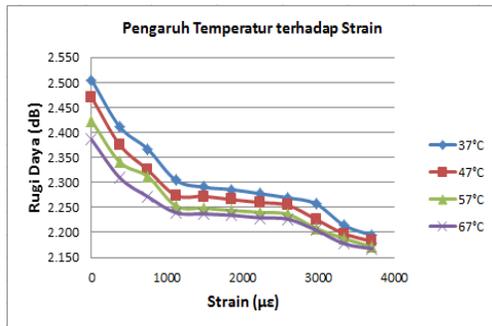
(a)



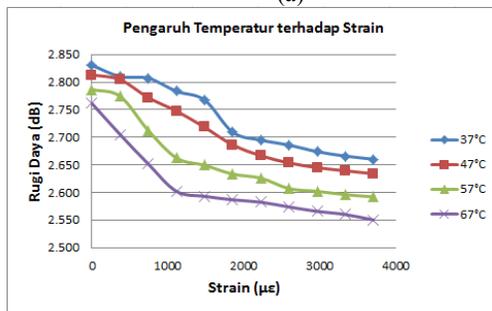
(b)

Gambar 4.1. Grafik hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor *strain* dengan variasi suhu 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 *strain* dengan panjang serat optik multimode 6,5 cm dan 7 cm serta variasi suhu pada panjang gelombang 1310 nm diperlihatkan pada Gambar 4.2



(a)



(b)

Gambar 4.2. Grafik hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor *strain* dengan variasi suhu pada panjang gelombang 1310 nm pada panjang serat optik multimode (a) 6,5 cm dan (b) 7 cm

Untuk menentukan besaran *strain* dapat dilakukan dengan cara membagi besaran pergeseran dari hasil pengukuran dengan panjang mula-mula dari serat optik berstruktur SMS yaitu sebesar 27 cm, yang ditentukan dari jarak antara dua ujung serat optik berstruktur SMS yang direkatkan dengan lem alteco.

Berdasarkan Gambar 4.1, menunjukkan bahwa pada panjang multimode 5,5 cm dan 6 cm terjadi grafik kenaikan. Semakin bertambahnya *strain*, maka rugi daya yang ditimbulkan semakin besar. Sedangkan pada Gambar 4.2, panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm menunjukkan bahwa terjadi grafik penurunan. Semakin bertambahnya *strain*, 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 (Qian Wang et al, 2008) :

$$\bar{L}_Z = 16n_{co}a^2 / \lambda \quad (4.1)$$

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  $\lambda$  merupakan panjang gelombang yang 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 pengaruh 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 pengaruh suhu pada panjang multimode 5,5 cm nilainya sebanding dengan perubahan *strain*. Semakin bertambah besar nilai *strain*, semakin bertambah besar nilai suhunya. Akan tetapi, pengaruh suhu pada panjang multimode 6 cm nilainya berbanding terbalik dengan perubahan *strain*. Semakin bertambah besar nilai *strain*, 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 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa *range* daerah yang paling linear terletak pada pergeseran 300 µm sampai 700 µm. Oleh karena itu, untuk menentukan adanya *error* pada pengukuran *strain* dapat dilihat pada *range* daerah tersebut. Hal ini dikarenakan pada *range* daerah yang paling linear, *error* yang dihasilkan akibat perubahan suhu menjadi lebih kecil. Contohnya, pada *strain* 1852 µε *error* yang terjadi pada pengukuran akibat perubahan suhu sebesar 10°C (antara 47°C sampai 57°C) diperlihatkan pada Tabel 4.2. berikut.

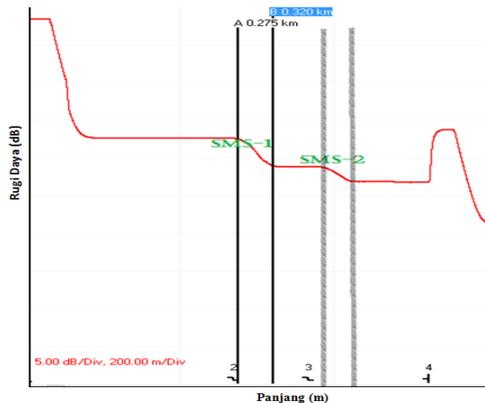
Tabel 4.1. Hubungan error pengukuran *strain* terhadap masing-masing panjang serat optik multimode

Panjang (cm)	5,5	6	6,5	7
Error (µε)	91	523	448	1165

Berdasarkan tabel 4.1 di atas, menunjukkan bahwa adanya *error* yang berbeda pada pengukuran *strain* akibat pengaruh suhu. Oleh karena itu, untuk mengatasi adanya *error* akibat pengaruh suhu pada pengukuran *strain*, maka harus dilakukan metode koreksi terhadap pengukuran *strain* pada serat optik berstruktur SMS tersebut.

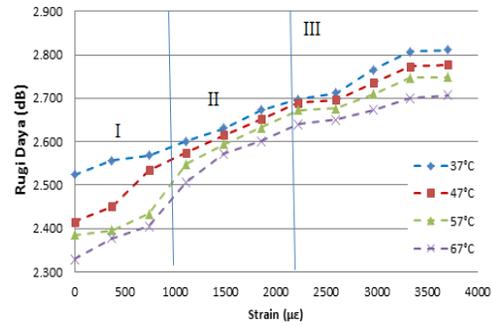
#### 4.2. Koreksi Sensor Serat Optik Berstruktur SMS

Koreksi ini dilakukan untuk mengetahui *error* akibat adanya pengaruh suhu pada pengukuran *strain* pada serat optik berstruktur SMS. Oleh karena itu, dibuat dua sensor serat optik berstruktur SMS. Pada sensor pertama, merupakan sensor yang digunakan untuk pengukuran *strain* dan pengaruh suhunya secara bersamaan. Sedangkan pada sensor yang kedua hanya digunakan untuk mengukur suhu saja. Dalam hal ini, fungsi dari sensor yang kedua adalah sebagai koreksi dari sensor yang pertama. Berdasarkan grafik dari hasil penelitian di atas, sensor yang digunakan untuk mengukur koreksinya adalah pada sensor serat optik berstruktur SMS dengan panjang multimode 6 cm. Hal ini dikarenakan pada panjang multimode 6 cm mempunyai koefisien korelasi yang lebih linear di antara panjang multimode yang lainnya, sehingga *error* yang ditimbulkan pada pengukuran lebih kecil dari panjang multimode yang lainnya. Bentuk *display* respon logaritmik pada OTDR yang menunjukkan adanya rugi daya pada serat optik berstruktur SMS dengan menggunakan dua sensor diperlihatkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3. Respon logaritmik pada OTDR yang menunjukkan adanya rugi daya pada serat optik berstruktur SMS dengan menggunakan dua sensor.

Hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor *strain* dengan panjang serat optik multimode 6 cm dan variasi suhu pada panjang gelombang 1310 nm yang digunakan untuk mengkoreksi pengaruh suhu pada pengukuran *strain* diperlihatkan pada Gambar 4.2.



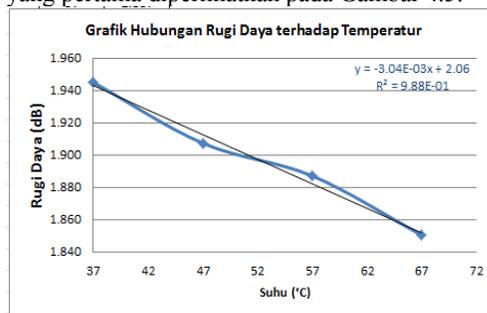
Gambar 4.4. Hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor *strain* dengan variasi suhu pada panjang gelombang 1310 nm pada panjang serat optik multimode 6 cm.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4. dapat dibagi menjadi 3 *range* daerah linear. Untuk daerah linear ke-1 terletak pada *range* pergeseran antara 0 sampai 200 µm, daerah linear ke-2 terletak pada *range* pergeseran antara 300 µm sampai 600 µm, dan daerah linear ke-3 terletak pada *range* pergeseran antara 700 µm sampai 1000 µm. Hasil perhitungan nilai regresi rata-rata masing-masing slope untuk setiap daerah linear pada hubungan *strain* terhadap rugi daya dan pada hubungan suhu terhadap rugi daya diperlihatkan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Hasil perhitungan nilai regresi rata-rata masing-masing slope untuk setiap daerah linear pada hubungan *strain* terhadap rugi daya dan pada hubungan suhu terhadap rugi daya.

Slope	Strain	Suhu
I	$9,65 \times 10^{-5}$	$-5,27 \times 10^{-3}$
II	$1,05 \times 10^{-4}$	$-2,27 \times 10^{-3}$
III	$7,18 \times 10^{-5}$	$-2,99 \times 10^{-3}$

Sedangkan hasil pengukuran rata-rata variasi suhu sensor kedua pada serat optik berstruktur SMS yang merupakan kompensator dari sensor yang pertama diperlihatkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Grafik hubungan rugi daya (dB) terhadap suhu (°C) pada sensor serat optik berstruktur SMS yang kedua.

Persamaan rugi daya pada output sensor yang kedua digabungkan dengan masing-masing persamaan rugi daya pada output sensor yang pertama untuk mendapatkan nilai *strain* dan suhu berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan

persamaan matriks. Untuk daerah linear ke-1 persamaan matrik yang diperoleh adalah :

$$\begin{bmatrix} \Delta S \\ \Delta T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 9.65 \times 10^{-5} & -5.27 \times 10^{-3} \\ 0 & -3.04 \times 10^{-3} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta O_1 \\ \Delta O_2 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Untuk daerah linear ke-2 persamaan matrik yang diperoleh adalah :

$$\begin{bmatrix} \Delta S \\ \Delta T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.05 \times 10^{-4} & -2.27 \times 10^{-3} \\ 0 & -3.04 \times 10^{-3} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta O_1 \\ \Delta O_2 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Untuk daerah linear ke-3 persamaan matrik yang diperoleh adalah :

$$\begin{bmatrix} \Delta S \\ \Delta T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7.18 \times 10^{-5} & -2.99 \times 10^{-3} \\ 0 & -3.04 \times 10^{-3} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta O_1 \\ \Delta O_2 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Dengan memasukkan nilai perubahan rugi daya untuk masing-masing sensor, sehingga didapatkan nilai hasil perubahan *strain* dengan adanya koreksi terhadap pengaruh suhu.

Agar tidak terjadi *error* yang lebih besar, maka sensor yang kedua harus diletakkan di dekat sensor yang pertama, sehingga pengaruh suhu pada kedua sensor dapat menghasilkan nilai yang sama. Sedangkan output hasil pengukuran pada sensor yang kedua tidak saling mempengaruhi terhadap output hasil pengukuran pada sensor yang pertama. Namun, informasi suhu yang diperoleh dari sensor yang kedua dapat digunakan untuk mengkoreksi *error* hasil pengukuran sensor yang pertama. Dengan adanya koreksi ini, maka pengaruh suhu yang dapat menyebabkan *error* pada pengukuran *strain* dapat direduksi menjadi lebih kecil. Contohnya, pada *strain* 1852  $\mu\epsilon$  *error* pengukuran akibat kenaikan suhu sebesar 10°C ( dari 47°C ) sebesar 319  $\mu\epsilon$  dapat direduksi menjadi 142  $\mu\epsilon$ .

## 5. Kesimpulan

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

1. Pengaruh suhu dapat menyebabkan *error* pada pengukuran *strain* berbasis sensor serat optik berstruktur SMS dan OTDR. Untuk serat optik dengan panjang multimode 6 cm, pada *strain* 1852  $\mu\epsilon$  *error* pengukuran akibat perubahan suhu sebesar 10°C ( antara 47°C sampai 57°C ) sebesar 523  $\mu\epsilon$ .
2. Untuk memperkecil *error* pada pengukuran *strain* yang disebabkan oleh pengaruh suhu, maka dilakukan penambahan sebuah sensor suhu. Hal ini dibuat untuk mengetahui suhu dan mengkoreksi hasil pengukuran *strain*. Contohnya, pada *strain* 1852  $\mu\epsilon$  *error* pengukuran akibat kenaikan suhu sebesar 10°C ( dari 47°C ) sebesar 319  $\mu\epsilon$  dapat direduksi menjadi 142  $\mu\epsilon$ .

## 6. Pustaka

- Gholamzadeh, Bahareh and Nabovati, Hooman. 2008. *Fiber Optic Sensors*. World Academy of Science, Engineer. and Technol. 42.
- Hatta, Agus M. et al. 2010 . *Strain 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.
- Kumar, Arun et al. 2003. *Transmission characteristics of SMS fiber optic sensor structures*. Opt. Communicat. 219, 215 – 219.
- Li, Enbang. 2007. *Temperature compensation of multimode interference-based fiber devices*. Opt. Lett. Vol. 32, No. 14, 2064 – 2066.
- Wang, Qian, Farrell, Gerald and Yan, Wei .2008. *Investigation on Singlemode-Multimode-Singlemode Fiber Structure*. J. Lightwave Technol. Vol. 26, No. 5. 512-518.
- Ziemann, Olaf et al. 2008 . *POF Handbook-Optical Short Range Transmission Systems*. Springer : Berlin.