

PERANCANGAN SENSOR PERGESERAN MENGGUNAKAN METODE INTERPOLASI LAGRANGE BERBASIS SERAT OPTIK BERSTRUKTUR SMS (SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE)

Aslam Chitami Priawan Siregar¹, Danang Haryo Sulaksono²

Jurusan Teknik Informatika¹, Jurusan Teknik Informatika²

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya¹, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya²

Email : aslam.chitami@itats.ac.id

ABSTRACT

In this research, developed a shift measurement technique using fiber optic structured SMS and OTDR. Thereafter, calculations are performed using Borland Delphi's Lagrange Interpolation method 7. Characteristics of each of the fiber-optic fiber sensor structures that have been fabricated using multimode optical fibers with lengths of 5.5 cm, 6 cm, 6.5 cm and 7 cm and with use its operating wavelength is 1310 nm. The shifting test is performed by giving a shift from 0 - 1000 μm with an increase variation every 100 μm . At multimode length 5.5 cm increment with R^2 93,35% and 6 cm happened graph of increase with R^2 82,95%. At multimode length 6.5 cm there was decrease with R^2 85,90% and 7 cm happened graph decrease with R^2 94,69%. Based on the calculation results, it is found that in the structured shift sensor SMS with a length of 6 cm multimode has better data regularity than others. This is because the level of linearity given by the fiber optic sensor structured SMS on the calculation result (with R^2 85.29%) is almost equal to the level of kelinearan given the fiber optic sensor structured SMS on the measurement result (with R^2 82,95%).

Keywords : SMS fiber structure, OTDR, Displacement, Lagrange Interpolation.

ABSTRAK

Pada penelitian ini dikembangkan suatu teknik pengukuran pergeseran menggunakan serat optik berstruktur SMS dan OTDR. Setelah itu, dilakukan penghitungan dengan metode Interpolasi Lagrange berbasis Borland Delphi 7. 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 pergeseran dilakukan dengan memberikan pergeseran dari 0 - 1000 μm dengan variasi kenaikan setiap 100 μm . Pada panjang multimode 5,5 cm terjadi kenaikan dengan R^2 sebesar 93,35% dan 6 cm terjadi grafik kenaikan dengan R^2 sebesar 82,95%. Pada panjang multimode 6,5 cm terjadi penurunan dengan R^2 sebesar 85,90% dan 7 cm terjadi grafik penurunan dengan R^2 sebesar 94,69%. Berdasarkan hasil penghitungan, diperoleh bahwa pada sensor pergeseran berstruktur SMS dengan panjang multimode 6 cm mempunyai keteraturan data yang lebih baik dibandingkan yang lain. Hal ini dikarenakan tingkat kelinearan yang diberikan sensor serat optik berstruktur SMS pada hasil perhitungan (dengan nilai R^2 sebesar 85,29%) hampir sebanding dengan tingkat kelinearan yang diberikan sensor serat optik berstruktur SMS pada hasil pengukuran (dengan nilai R^2 sebesar 82,95%).

Kata kunci: Serat optik SMS, OTDR, Pergeseran, Interpolasi Lagrange.

PENDAHULUAN

Pergeseran sebuah material menunjukkan besarnya tingkat perubahan bentuk atau volume dari suatu material dari bentuk atau volume awalnya. Dalam penelitian ini, dibuat sebuah sensor pergeseran 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].

Beberapa teknik pengukuran pergeseran dengan menggunakan serat optik berstruktur Singlemode-Multimode-Singlemode (SMS), telah digunakan teknik pengukuran pergeseran panjang gelombang akibat pemberian pergeseran menggunakan *Optical Spectrum Analyzer* (OSA), dan teknik pengukuran intensitas menggunakan *optical power meter* [2]. Akan tetapi, teknik tersebut hanya dapat digunakan untuk mengukur pergeseran pada satu titik saja. Padahal dalam sistem monitor struktur bangunan diperlukan pengukuran pergeseran pada banyak titik (multi-point). Teknik ini berpotensi untuk mengukur pergeseran pada beberapa titik.

Agar dapat mengetahui nilai tertentu pada rugi daya sensor serat optik berstruktur SMS akibat pengukuran pergeseran dalam rentang tertentu, maka dibutuhkan suatu metode interpolasi. Metode interpolasi yang digunakan pada pengukuran ini adalah Interpolasi Lagrange. Interpolasi Lagrange digunakan karena bersifat aplikatif untuk kasus *equispaced* (selisih input pengukuran konstan) maupun *non- equispaced* (selisih input pengukuran tidak konstan). Untuk menghitung Interpolasi Lagrange digunakan program berbasis borland delphi7.

Dengan adanya metode pengukuran ini, diharapkan dapat digunakan untuk pengukuran pergeseran dengan biaya yang lebih murah serta adanya kemudahan fabrikasinya, sehingga dapat mempunyai nilai pemanfaatan yang lebih tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

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 1.



Gambar 1. Serat optik berstruktur SMS (Single mode–Multimode–Single mode)

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 bengkokan (*bend*) atau beban yang tidak diinginkan [4].

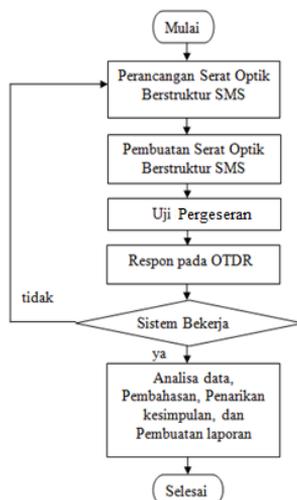
METODE

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 digital.

Langkah-langkah Penelitian

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



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

Perancangan serat optik berstruktur SMS diawali dari pemilihan jenis serat optik yang terbuat kaca (*silica*). Hal ini dikarenakan bahan yang terbuat dari kaca mudah untuk disambung kembali saat terjadi pemotongan pada bahan tersebut. Selain itu, ukuran dari serat optik yang digunakan harus berdiameter dalam ukuran skala mikro, karena pengukuran pergeseran yang dilakukan dalam skala mikro sehingga saat terjadi pergeseran pada serat optik tidak mudah putus.

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 pengkupasan 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 pengkupasan tidak mengganggu saat proses penyambungan. Lapisan serat optik yang telah dibersihkan, akan dilakukan pemotongan dengan menggunakan *Fiber Cleaver FITEC 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.

Setelah itu, dilakukan pengujian pergeseran pada serat optik yang berstruktur SMS. Uji pergeseran dilakukan dengan memberikan pergeseran pada daerah serat optik yang berstruktur SMS yang kedua ujungnya direkatkan pada *microdisplacement* dan *statif* dengan menggunakan lem *altec* dengan pengujian *range* pergeseran sebesar 0-1000 μm . Pada setiap kenaikan pergeseran sebesar 100 μm (spesifikasi dari setiap *grade* pada *microdisplacement*). Setelah itu, 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.

Metode Analisa Data

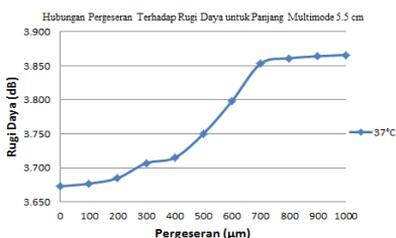
Data hasil penelitian berupa rugi daya ditimbulkan akibat adanya pergeseran yang terjadi pada serat optik yang terbaca pada OTDR, maka dapat digunakan persamaan Interpolasi Lagrange sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 f(x) = & \frac{(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3) \dots (x - x_n)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)(x_0 - x_3) \dots (x_0 - x_n)} \cdot f_0 \\
 & + \frac{(x - x_0)(x - x_2)(x - x_3) \dots (x - x_n)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)(x_1 - x_3) \dots (x_1 - x_n)} \cdot f_1 \\
 & + \dots \\
 & + \frac{(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2) \dots (x - x_{n-1})}{(x_n - x_1)(x_n - x_2)(x_n - x_3) \dots (x_n - x_{n-1})} \cdot f_n
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

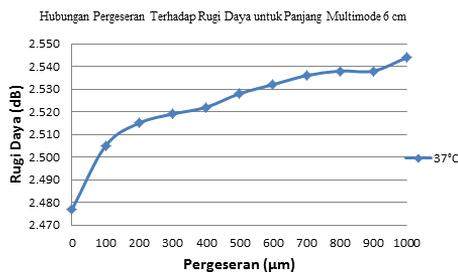
Dimana x adalah nilai sembarang pergeseran dalam rentang 0 sampai 1000 μm , $f(x)$ adalah nilai rugi daya yang di timbulkan pada serat optik SMS pada x tertentu, $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$ adalah nilai hasil pengukuran pergeseran pada serat optik berstruktur SMS dari pergeseran ke-0, pergeseran ke-1, pergeseran ke-2, sampai pergeseran ke-n, dan $f_0, f_1, f_2, \dots, f_n$ adalah nilai hasil rugi daya yang terbaca pada OTDR akibat pengaruh pergeseran dari pergeseran ke-0, pergeseran ke-1, pergeseran ke-2, sampai pergeseran ke-n.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor pergeseran pada suhu 37°C dengan panjang serat optik multimode 5,5 cm dan 6 cm pada panjang gelombang 1310 nm diperlihatkan pada Gambar 3. Sedangkan Hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor pergeseran pada suhu 37°C dengan panjang serat optik multimode 6,5 cm dan 7 cm pada panjang gelombang 1310 nm diperlihatkan pada Gambar 4.

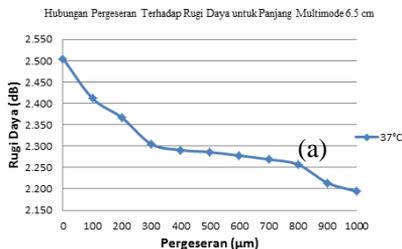


(a)

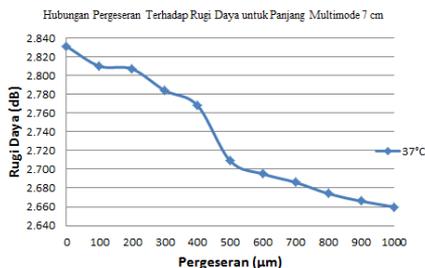


(b)

Gambar 3. Grafik hubungan rugi daya serat optik berstruktur SMS sebagai sensor pergeseran panjang gelombang 1310 nm pada panjang serat optik multimode (a) 5,5 cm dan (b) 6 cm.



(a)



(b)

Gambar 4. Grafik hubungan rugi daya serat optik berstruktur SMS sebagai sensor pergeseran pada panjang gelombang 1310 nm pada panjang serat optik multimode (a) 6,5 cm dan (b) 7 cm.

Berdasarkan Gambar 3., menunjukkan bahwa pada panjang multimode 5,5 cm terjadi kenaikan dengan R^2 sebesar 93,35% dan 6 cm terjadi grafik kenaikan dengan R^2 sebesar 82,95%. Semakin bertambahnya pergeseran, maka rugi daya yang ditimbulkan semakin besar. Sedangkan pada Gambar 4., panjang multimode 6,5 cm terjadi penurunan dengan R^2 sebesar 85,90% dan 7 cm terjadi grafik penurunan dengan R^2 sebesar 94,69%. 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 [3] :

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

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 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 besarnya rugi daya yang ditimbulkannya. Pada panjang multimode 5,5 cm mempunyai rugi daya yang lebih besar daripada panjang multimode 6 cm. Hal ini disebabkan karena adanya penurunan intensitas pada panjang multimode 6 cm sampai menuju titik *re-imaging* pada panjang 6,89 cm.

Berdasarkan Gambar 3.1 dan 3.2 semua pengukuran dapat digunakan sebagai sensor pergeseran. Akan tetapi, daerah yang paling linear terletak pada sensor serat optik berstruktur SMS dengan panjang multimode 5,5 cm dan 7 cm. Hal ini dikarenakan memiliki kelinearan lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain. Berikut ini ditampilkan tabel hasil perhitungan sensor pergeseran berstruktur SMS dengan metode Interpolasi Lagrange berbasis Borland Delphi. Untuk data yang dicetak tebal menunjukkan sebagai data hasil pengukuran dan untuk data yang dicetak miring menunjukkan sebagai data hasil penghitungan dengan menggunakan metode Interpolasi Lagrange.

Tabel 1. Hasil penghitungan Interpolasi Lagrange pada panjang multimode (a) 5,5 cm, (b) 6 cm, (c) 6,5 cm, dan (d) 7 cm.

x (μm)	f(x) (dB)						
0	3.673	0	2.477	0	2.505	0	2.831
50	3.741	50	2.502	50	2.394	50	2.679
100	3.677	100	2.505	100	2.412	100	2.810
150	3.665	150	2.510	150	2.403	150	2.839
200	3.685	200	2.515	200	2.367	200	2.807
250	3.702	250	2.518	250	2.329	250	2.784
275	3.706	275	2.519	275	2.315	275	2.782
300	3.707	300	2.519	300	2.305	300	2.784
350	3.708	350	2.520	350	2.294	350	2.784
400	3.715	400	2.522	400	2.291	400	2.768
450	3.730	450	2.525	450	2.289	450	2.737
500	3.750	500	2.528	500	2.286	500	2.709
550	3.773	550	2.530	550	2.282	550	2.695
600	3.798	600	2.532	600	2.278	600	2.695
650	3.826	650	2.534	650	2.273	650	2.695
700	3.853	700	2.536	700	2.269	700	2.686
750	3.867	750	2.537	750	2.263	750	2.674
800	3.861	800	2.538	800	2.257	800	2.674
850	3.846	850	2.537	850	2.243	850	2.686
900	3.864	900	2.538	900	2.214	900	2.666
950	3.935	950	2.545	950	2.172	950	2.575
1000	3.866	1000	2.544	1000	2.194	1000	2.660

Berdasarkan dari tabel-tabel di atas, untuk sensor pergeseran berstruktur SMS dengan panjang multimode 5,5 cm memiliki kelinearan dengan nilai R^2 sebesar 87,22%, panjang multimode 6 cm memiliki kelinearan dengan nilai R^2 sebesar 85,29%, panjang multimode 6,5 cm memiliki kelinearan dengan nilai R^2 sebesar 84,68% cm, dan panjang multimode 7 cm memiliki kelinearan dengan nilai R^2 sebesar 69,60%. Berdasarkan dari tabel-tabel di atas, untuk sensor pergeseran berstruktur SMS dengan panjang multimode 6 cm mempunyai keteraturan data yang lebih baik dibandingkan sensor pergeseran berstruktur SMS dengan panjang multimode yang lain. Hal ini dikarenakan tingkat kelinearan yang diberikan sensor serat optik berstruktur SMS pada hasil perhitungan hampir sebanding dengan tingkat kelinearan yang diberikan sensor serat optik berstruktur SMS pada hasil pengukuran.

KESIMPULAN

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

1. Panjang multimode 5,5 cm terjadi kenaikan dengan R^2 sebesar 93,35% dan 6 cm terjadi grafik kenaikan dengan R^2 sebesar 82,95%. Semakin bertambahnya pergeseran, maka rugi daya yang ditimbulkan semakin besar. Sedangkan panjang multimode 6,5 cm terjadi penurunan dengan R^2 sebesar 85,90% dan 7 cm terjadi grafik penurunan dengan R^2 sebesar 94,69%. Perbedaan grafik seperti ini, dikarenakan adanya titik *re-imaging* pada panjang multimode 6,89 cm.
2. Berdasarkan hasil penghitungan dengan metode Interpolasi Lagrange dari setiap panjang *multimode* yang berbeda-beda, didapatkan bahwa pada panjang *multimode* 6 cm mempunyai keteraturan data yang lebih baik dibandingkan sensor pergeseran berstruktur SMS dengan panjang multimode yang lain. Hal ini dikarenakan tingkat kelinearan yang diberikan sensor serat optik berstruktur SMS pada hasil perhitungan (dengan nilai R^2 sebesar 85,29%) hampir sebanding dengan tingkat kelinearan yang diberikan sensor serat optik berstruktur SMS pada hasil pengukuran (dengan nilai R^2 sebesar 82,95%).

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 . *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.
- [3] Wang, Qian, Farrell, Gerald and Yan, Wei .2008. *Investigation on Singlemode-Multimode-Singlemode Fiber Structure*. J. Lightwave Technol. Vol. 26, No. 5. 512-518.
- [4] Ziemann, Olaf et al. 2008 . *POF Handbook-Optical Short Range Transmission Systems*. Springer : Berlin.