



## JURNAL RISET FISIKA EDUKASI DAN SAINS

Education and Science Physics Journal

E- ISSN : 2503-3425

P- ISSN : 2407-3563

JRFES Vol 1, No 1 (2014) 9-18

<http://ejournal.stkip-pgri-sumbar.ac.id/index.php/JRFES>

### Perancangan Sensor Pergeseran Rentang Panjang Menggunakan Serat Optik Berstruktur Singlemode-Multimode-Singlemode ( SMS )

Agus Rino<sup>(1)</sup> dan Helendra<sup>(2)</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Pendidikan Fisika STKIP PGRI Sumatera Barat

Email : [Agusrino8@gmail.com](mailto:Agusrino8@gmail.com).

<http://dx.doi.org/10.22202/jrfes.2014.v1i1.1181>

#### Abstract

The shift structures such as buildings and bridges caused by vibration and weathering material. To control the shift is necessary to create a fiber optic displacement sensor structured SMS. Sensor SMS is one that has a high sensitivity sensor. To detect a shift in buildings and bridges needed optical sensor which has a long range. To get a longer range shift axis tilt sensor configuration to form a corner. Giving angle on the sensor will reduce the strain and make the sensor becomes less sensitive. Changes optical power due to shifting response is measured by an optical power meter JDSU OLP 38 and a laser with a wavelength of 1550 nm and 1310 nm. In this study, an optical sensor and a sensor slope parameters influenced the length of the multimode to shift the range and sensitivity of the sensor. Range shift that best occurs in a sensor that has a slope of 200 obtained ranges along 0-8 mm and a sensitivity at its best when the sensor by a light wave 1550 nm contained in the sensor SMS which has a length multimode 8 cm obtained sensitivity of 0.033 dBm / mm and if given the laser light with a wavelength of 1310 nm best sensitivity sensor contained in the SMS that has a length of 10 cm multimode obtained a sensitivity of 0.038 dBm / mm.

**Keywords:** displacement sensor, optical fiber SMS, the configuration of the shift angle.

#### Abstrak

Pergeseran struktur bangunan seperti gedung dan jembatan terjadi akibat getaran dan pelapukan bahan. Untuk pengawasan pergeseran perlu diciptakan sensor pergeseran serat optik berstruktur SMS. Sensor SMS merupakan salah satu sensor yang memiliki sensitivitas tinggi. Untuk mendeteksi pergeseran gedung dan jembatan diperlukan sensor optik yang memiliki rentang panjang. Untuk mendapatkan rentang pergeseran yang lebih panjang sumbu sensor dimiringkan membentuk konfigurasi sudut. Pemberian sudut pada sensor akan memperkecil regangan dan membuat sensor menjadi kurang sensitif. Perubahan respon daya optik akibat pergeseran diukur oleh *optical power meter* JDSU OLP 38 dan laser dengan panjang gelombang 1550 nm serta 1310 nm. Dalam penelitian ini, sensor optik dipengaruhi parameter kemiringan sensor dan panjang bagian *multimode* terhadap rentang pergeseran dan sensitivitas sensor. Rentang pergeseran yang terbaik terjadi pada sensor yang memiliki kemiringan 20<sup>0</sup> diperoleh rentang sepanjang 0 – 8 mm dan sensitivitas yang terbaik ketika sensor diberi gelombang cahaya 1550 nm terdapat pada sensor SMS yang memiliki panjang *multimode* 8 cm diperoleh sensitivitas 0,033 dBm/mm dan jika diberi cahaya laser dengan panjang gelombang 1310 nm sensitivitas terbaik terdapat pada sensor SMS yang memiliki panjang multimode 10 cm diperoleh sensitivitas 0,038 dBm/mm.

**Kata Kunci :** sensor pergeseran, serat optik SMS, konfigurasi sudut pergeseran.

## I. PENDAHULUAN

Peristiwa pergeseran sering terjadi pada struktur bangunan seperti gedung dan jembatan. Pergeseran struktur bangunan seperti gedung dan jembatan dapat menimbulkan kerugian infrastruktur dan bencana bagi manusia. Pergeseran struktur bangunan dapat disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya akibat pengaruh getaran dan pelapukan material [1]. Untuk mendeteksi adanya pergeseran pada struktur bangunan seperti gedung dan jembatan dapat dimonitoring dengan menggunakan sensor optik. Saat ini sensor optik telah banyak dikembangkan dan diaplikasikan dalam berbagai penelitian seperti pengukuran aktivitas seismik dan kondisi struktur bangunan [2]. Sensor optik merupakan salah satu sensor yang banyak memiliki keuntungan jika dibandingkan terhadap sensor konvensional, diantaranya : tahan terhadap interferensi medan elektromagnetik, memiliki ukuran yang kecil dan ringan, tidak menimbulkan percikkan api serta tahan terhadap korosi [3].

Pada penelitian sebelumnya sensor serat optik telah banyak digunakan untuk monitoring pergeseran salah satunya sensor optik fiber Bragg grating (FBG) yang digunakan untuk memantau pergeseran struktur bangunan [2]. Serat optik singlemode dapat juga digunakan sebagai sensor pergeseran dan telah diaplikasikan untuk monitoring keretakan struktur beton [4]. Hal ini menunjukkan bahwa serat optik telah banyak diaplikasikan untuk sensor pergeseran. Penggunaan sensor optik FBG sebagai sensor pergeseran masih memerlukan biaya yang mahal. Pada sisi lain sensor FBG juga memerlukan sirkulator optik dan proses interogasi yang kompleks. [5, 6]. Sebagai alternatif sensor pergeseran, dalam penelitian ini digunakan serat optik berstruktur singlemode-multimode-singlemode (SMS) sebagai sensor pergeseran sebab sensor serat optik berstruktur SMS merupakan suatu sensor yang sensitif terhadap temperatur dan regangan [3].

Pemanfaatan serat optik berstruktur SMS sebagai sensor optik memiliki keuntungan sebab memiliki sensitivitas yang tinggi, tidak memerlukan waktu yang lama saat proses fabrikasi dan biaya yang relatif murah [7]. Proses fabrikasi serat optik berstruktur SMS, dapat dilakukan dimana saja tanpa memerlukan ruang khusus, terutama ruangan bebas dari debu dan kotoran. Serat optik berstruktur SMS memiliki konstruksi yang sederhana sebab serat optik ini dapat difabrikasi dengan cara menyambungkan serat optik *singlemode* pada kedua sisi serat optik *multimode* dengan menggunakan alat penyambung *fusion splicer* [8]. Saat ini sensor SMS telah banyak dikembangkan dalam berbagai penelitian seperti *edge filter* untuk meningkatkan akurasi dalam pengukuran panjang gelombang [9], sensor suhu [10], pembuatan sensor strain untuk mengetahui regangan dari suatu bahan [7] dan regangan secara *multipoints* [11]. Pada penelitian sebelumnya [7, 11] serat optik SMS dirancang sebagai sensor pergeseran tanpa konfigurasi sudut dan diperoleh sensitivitas yang tinggi namun memiliki rentang pergeseran  $< 1$  mm. Pada penelitian ini sensor pergeseran dirancang membentuk konfigurasi sudut atau kemiringan terhadap sumbu sensor. Dengan membuat konfigurasi sudut maka diperoleh rentang pergeseran yang lebih besar.

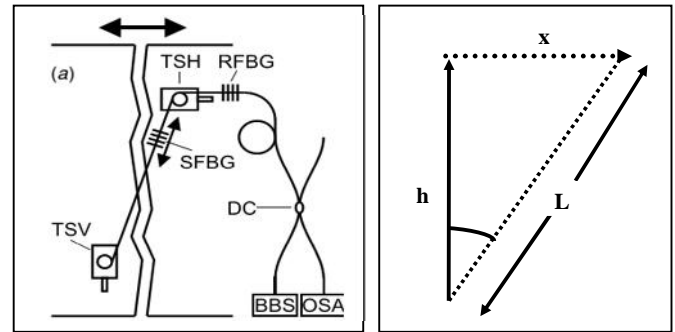
## II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat optik untuk sensor pergeseran  
Teori-teori yang mendukung mengenai sensor optik sebagai sensor pergeseran. Saat ini penggunaan sensor optik telah banyak diimplementasikan dalam berbagai macam sensor sebab memiliki konstruksi yang sederhana, biaya yang murah dan handal [3]. Ketika merancang sensor pergeseran berbasis serat optik dengan sistem modulasi intensitas, makabanyak faktor yang mesti diperhitungkan diantaranya serat optik dihindari terhadap gangguan pengaruh cahaya luar atau yang ada disekitarnya (*ambient light*) yang dianggap sebagai *noise* [12]. Untuk mendapatkan

sensitivitas yang tinggi dan linieritas yang baik dari sensor optik maka perlu diperhatikan cara penggunaan dan pemilihan sumber cahaya (laser) serta cara disain sensor [13]. Berbagai jenis sensor optik telah banyak digunakan untuk mendeteksi adanya pergeseran.

### 2.1.1 Serat optik *Fiber Bragg Grating (FBG)* untuk sensor pergeseran.

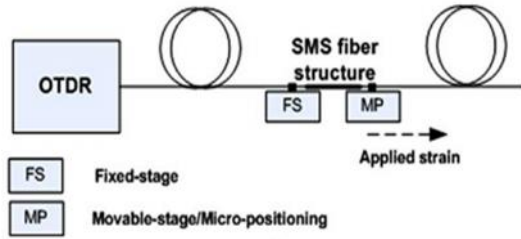
Serat optik FBG memiliki sensitivitas yang tinggi dan merupakan jenis serat optik yang dapat memantulkan kembali sinyal optik yang masuk ke dalamnya dengan panjang gelombang tertentu. Spesifikasi panjang gelombang Bragg bergantung terhadap dimensi FBG. Ketika diberi gaya maka serat optik FBG akan mengalami deformasi sehingga terjadi perubahan panjang gelombang Bragg-nya [14]. Penggunaan serat optik FBG sebagai sensor pergeseran telah diaplikasikan untuk pengawasan pergeseran struktur bangunan, dalam kasus ini yang mengalami pergeseran adalah dinding bangunan. Untuk mengetahui berapa jauh terjadinya pergeseran antara dua dinding maka serat optik FBG diletakkan pada kedua dinding bangunan tersebut, sehingga kedua dinding terhubung oleh sensor FBG. Ketika dinding mengalami pergeseran maka serat optik FBG akan tertarik sehingga terjadi perubahan fisis pada sensor, hal ini akan menyebabkan terjadinya pelemahan daya optik. Sensor optik FBG yang terdapat pada dinding dibuat miring beberapa derajat sehingga membentuk sudut seperti yang tampak pada Gambar 2 (a). Pergeseran dinding bangunan akan mengakibatkan terjadinya perubahan sudut dan arah pergeseran sensor seperti yang terlihat pada Gambar 2. (b). Pemberian sudut atau kemiringan pada sensor FBG adalah untuk memperoleh rentang pergeseran yang lebih panjang namun hal ini akan mengurangi tingkat sensitivitas sensor [3]. Rentang pergeseran yang panjang sangat diperlukan untuk monitoring pergeseran struktur bangunan seperti gedung dan jembatan.



Gambar 2.1 (a) Monitoring pergeseran (b) Skema pergeseran sensor

### 2.1.2 Serat optik SMS untuk sensor regangan

Pemanfaatan serat optik SMS untuk sensor regangan telah dilakukan oleh Hatta dkk. Pada penelitian ini dijelaskan bahwa serat optik SMS mengalami regangan akibat adanya gaya luar berupa tarikan. Tarikan dilakukan dengan menggunakan *micrometer displacement*, sehingga dapat diketahui jarak pergeseran yang telah dilakukan terhadap serat optik SMS. Tarikan yang dilakukan pada serat optik SMS akan menimbulkan terjadinya regangan dan pergeseran pada sensor. Dalam eksperimen ini pergeseran yang dilakukan pada sensor berupa pergeseran pada arah yang lurus, dimana sumbu sensor tidak membentuk sudut atau kemiringan dan pergeseran berada pada posisi  $0^0$  seperti yang tampak pada Gambar 2.2. Pergeseran pada arah yang lurus akan menghasilkan sensitivitas sensor yang tinggi namun rentang pergeseran yang dicapai relatif kecil. Pada penelitian ini pergeseran yang dilakukan terhadap sensor SMS dengan kenaikan  $100 \mu\text{m}$  setiap pergeseran namun diperoleh rentang pergeseran yang relatif kecil antara  $100 - 1000 \mu\text{m}$ . Rentang pergeseran yang kecil kurang sesuai jika digunakan untuk monitoring pergeseran struktur bangunan seperti jembatan dan terowongan. Pergeseran pada jembatan dan terowongan membutuhkan rentang pergeseran yang besar. Rentang pergeseran yang kecil dapat digunakan untuk mendeteksi adanya pergeseran dalam ukuran yang relatif kecil seperti keretakan pada struktur bangunan.

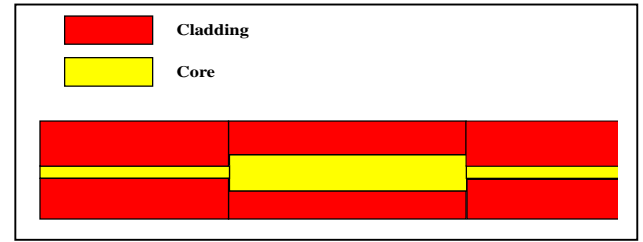


Gambar 2 Skema serat optik SMS sebagai sensor regangan [11].

Sensor optik SMS bekerja sebagai sensor strain disebabkan adanya pergeseran fisik. Pergeseran fisik yang terjadi pada sensor akan menyebabkan serat optik mengalami perubahan panjang, perubahan diameter *core* dan *cladding*. Perubahan diameter *core* dan *cladding* pada serat optik akan mempengaruhi pola rambat cahaya dan mengakibatkan terjadinya pelemahan daya keluaran pada sensor optik SMS [9].

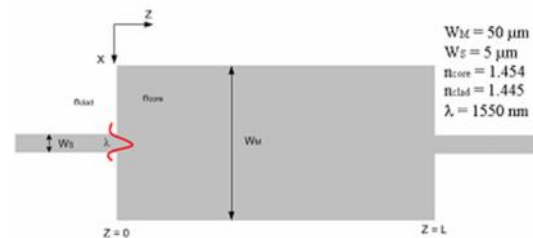
## 2.2 Serat optik berstruktur SMS

Serat optik berstruktur SMS merupakan jenis serat optik yang terdiri atas serat optik *single mode* dan *multimode* yang disambung secara *axial*. Sensor serat optik SMS memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat difabrikasi dengan cara menyambungkan serat optik *single mode* pada kedua sisi serat optik *multimode*, dengan menggunakan alat penyambung *fusion splicer*. Penyambungan yang diharapkan mesti berada pada posisi yang *alignment* sehingga tidak ada cahaya yang keluar dari hasil *splicing* kedua jenis serat optik tersebut. Hasil penyambungan kedua jenis serat optik *single mode* dan *multi mode* akan dimanfaatkan sebagai sensor pergeseran serat optik berstruktur SMS seperti yang tampak pada Gambar 3 yang terkopel pada serat optik *single mode* akan menjadi lebih sensitif. Kinerja atau performansi serat optik berstruktur SMS sangat bergantung pada panjang gelombang operasi dan juga panjang serat optik multimode yang digunakan [9].

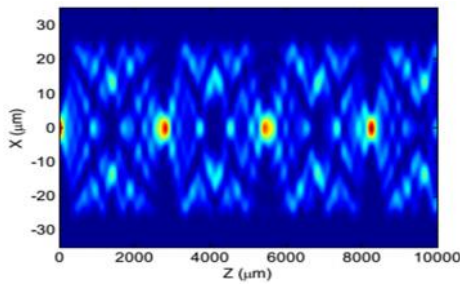


## 2.2 Pengaruh Multimode Interference (MMI) pada serat optik SMS

Ketika terjadi eksitasi cahaya dalam serat optik *multimode* pada suatu *wave guide* maka akan terjadi suatu efek antara cahaya masuk dengan moda - moda cahaya yang terdapat didalam *multimode waveguide*. Efek ini akan mengakibatkan terjadinya interferensi gelombang. Interferensi akan terjadi ketika ada superposisi antara dua atau lebih sumber cahaya koheren dengan beda fase yang sama. Input cahaya akan menyebabkan terjadinya eksitasi moda moda pada *multimode waveguide* yang berasal dari *singlemode waveguide*. Moda-moda pada serat optik *multimode* akan tereksitasi oleh sinyal optik yang berasal dari serat optik *singlemode*. Hal inilah yang menyebabkan awal terbentuk peristiwa *multimode interference* (MMI) dalam serat optik [7]. Peristiwa MMI dapat diimplementasikan untuk sensor optik berstruktur *singlemode-multimode singlemode* (SMS). Saat ini peristiwa MMI banyak dimanfaatkan untuk aplikasi berbagai divais optik. Posisi *multimode waveguide* serat optik berstruktur SMS terletak diantara *input* dan *output singlemode waveguide* seperti yang tampak seperti pada Gambar 4



Gambar 4 Skema Posisi *multimode waveguide* pada serat optik SMS [16]



Gambar 2.5 Skema posisi titik *re-imaging*

Peristiwa *self-imaging* terjadi secara periodik pada dengan jarak tertentu sesuai dengan spesifikasi bagian *multimode* yang digunakan dalam serat optik SMS. Jarak antar *self-imaging* ini disebut dengan jarak *re-imaging*. Panjang titik *re imaging* dapat ditentukan dengan persamaan (2.1) [17]

$$L_z = \frac{16 n_{core} a^2}{\lambda} \quad (2.1)$$

### III. METODOLOGI PENELITIAN

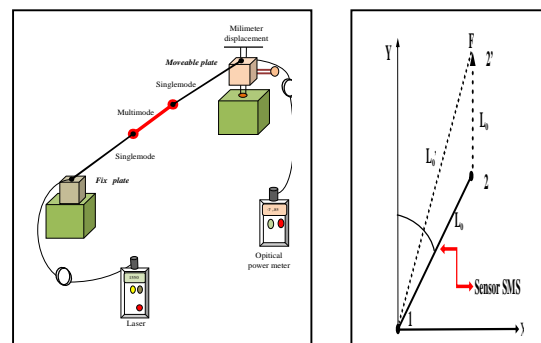
#### 3.1 Perancangan serat optik SMS sebagai sensor pergeseran

Alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini diantaranya: alat pengupas serat optik (*fiber stripper*) jenis *cromwell ct USA* berfungsi untuk mengupas jaket serat optik (*buffer coating*). Alat pemotong serat optik (*fiber cleaver*) jenis *FITEL Nc S324* berfungsi untuk memotong serat optik sehingga diperoleh hasil potongan yang presisi. Alat penyambung serat optik digunakan (*fusion splicer*) jenis *Fujikura FSM 505* yang berfungsi untuk menyambung serat optik singlemode pada bagian sisi multimode sehingga membentuk serat optik berstruktur SMS. Alat ukur pergeseran (*millimeter displacement*) berfungsi untuk mengetahui jauhnya jarak pergeseran serat optik berstruktur SMS ke arah posisi sumbu horizontal. Sumber cahaya digunakan Laser tipe OLS 35, berfungsi untuk mengalirkan cahaya ke dalam serat optik. Detektor digunakan *optical power meter* tipe JDSU OPL 38 yang berfungsi sebagai alat ukur rugi daya terdapat dalam serat optik. Bahan yang digunakan diantaranya: serat optik singlemode SMF 28 *step index* dengan diameter *core*

8,3µm dan *cladding* 100µm, multimode *graded index* dengan diameter *core* 62,5µm dan *cladding* 100 µm, akrilik dan bahan perekat.

#### 3.2 Pengujian sensor optik SMS sebagai sensor pergeseran.

Serat optik yang telah menjadi sensor optik berstruktur SMS diletakan pada besi penahan (*holder*) dan satu sisi lainnya diletakan pada alat penggeser (*millimeter displacement*), agar sensor optik tetap berada dalam kondisi yang statik maka kedua ujung serat optik singlemode diberi alat perekat. Kedua ujung serat optik singlemode ini dihubungkan dengan sumber cahaya berupa laser dan optikal powermeter sebagai alat deteksi adanya rugi daya yang terdapat dalam serat optik. Dalam penelitian ini laser yang digunakan memiliki panjang gelombang ( ) 1310 nm dan 1550 nm. Pergeseran yang dilakukan terhadap sensor optik SMS dengan kenaikan 1mm setiap pergeseran. Pergeseran ini dilakukan dengan menggunakan milimeter *displacement*. Kemiringan sumbu sensor akan dibuat dengan konfigurasi sudut 0°, 5°, 10°, 15° dan 20°. Susunan alat pengujian sensor pergeseran serat optik berstruktur dapat dilihat pada gambar 3.3(a). Pergeseran sensor terjadi akibat adanya pengaruh gaya berupa tarikan dari milimeter *displacement*. Tarikan akan mengakibatkan terjadinya perubahan fisis terhadap sensor. Skema pergeseran sensor akibat tarikan dapat dilihat pada Gambar 3.3 (b)

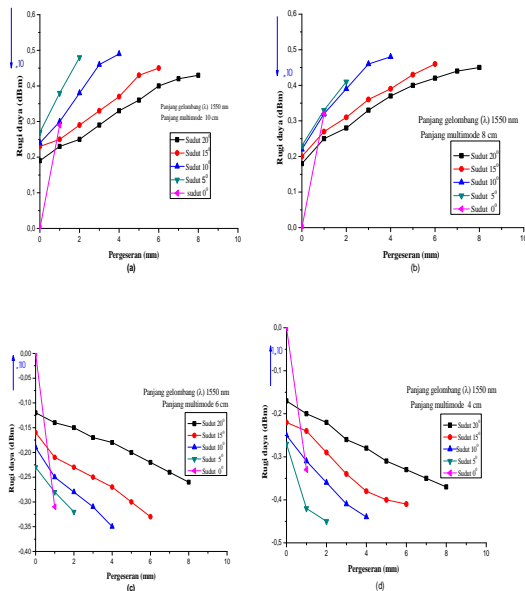


Gambar 3. (a) Set up sensor SMS (b) Skema pergeseran sensor SMS

## IV. HASIL PENELITIAN

### 4.1 Hasil uji sensor pergeseran menggunakan laser panjang gelombang 1550 nm.

Pada uji pergeseran sensor serat optik berstruktur SMS ini, dibuat konfigurasi sudut yang berbeda-beda diantaranya  $= 20^0 = 15^0, = 10^0, = 5^0$  dan  $= 0^0$ . Panjang multimode dengan variasi 4, 6, 8 dan 10 cm. Jenis dan ukuran diameter serat optik yang digunakan jenis GIF 625-100 dengan diameter inti  $62,5 \mu\text{m}$ . Untuk serat optik singlemode digunakan jenis SMF 28 dengan diameter inti  $8,3\mu\text{m}$  dan sinar laser dengan panjang gelombang 1550 nm



Gambar 4. Hubungan pergeseran terhadap rugidaya. Panjang gelombang 1550 nm

Pergeseran dengan memberikan sudut kemiringan sebesar  $20^0$  memiliki rentang pergeseran yang cukup signifikan bila dibandingkan terhadap sensor yang bergeser lurus ( $\theta = 0^0$ ). Adapun rentang pergeseran yang dicapai pada masing-masing sudut adalah sebagai berikut :  $\theta = 20^0$  mencapai rentang pergeseran sejauh 0 – 8 mm,  $\theta = 15^0$  mencapai rentang 0 – 6 mm,  $\theta = 10^0$  memberikan rentang pergeseran 0 – 4 mm dan  $\theta = 5^0$  mencapai rentang 0 – 2 mm dan  $\theta = 0^0$  memiliki rentang pergeseran yang terkecil antara 0 – 1 mm. Ketika dilakukan uji pergeseran pada sensor SMS terlihat bahwa

dengan memberikan kemiringan pada sumbu sensor hal ini akan mengurangi regangan yang diterima oleh sensor. Pada sudut yang berbeda sensor optik ini diberi perlakuan yang sama berupa tarikan dengan gaya yang sama namun regangan yang dialami sensor akan berbeda. Pada pergeseran lurus, sensor akan mengalami atau menerima regangan yang lebih besar jika dibandingkan terhadap pergeseran yang membentuk sudut. Pergeseran dengan membentuk sudut yang besar akan memberikan pengaruh regangan yang kecil. Ketika sensor SMS mengalami pergeseran akibat tarikan namun regangan yang diterima sensor tidak sama pada posisi pergeseran yang lurus. Sensor SMS yang mengalami regangan kecil akan mampu bergeser pada rentang yang lebih panjang. Ketika sensor SMS mengalami regangan yang besar maka rentang pergeseran yang dihasilkan relatif kecil. Terlihat pada Gambar 4.1  $= 0^0$  kemampuan pergeseran sensor sebatas 1 mm jika melebihi rentang pergeseran maka sensor SMS akan mengalami kerusakan fisik (Sensor akan putus). Untuk mengurangi terjadinya kerusakan fisik pada sensor sensor maka dalam eksperimen ini, pergeseran sensor optik diberi sudut atau kemiringan. Bahwasanya pemberian sudut atau kemiringan pada sensor optik, adalah untuk mengurangi atau memperkecil regangan. Gambar 4.1 (a) dan (b) terlihat grafik sensor pergeseran dengan *slope* positif. Salah satu penyebab terjadinya *slope* pada grafik sensor optik berstruktur SMS yaitu akibat penggunaan panjang serat optik *multimode*. Pada dasarnya panjang serat optik *multimode* pada sensor optik berstruktur SMS akan membatasi munculnya peristiwa *multimode interference* (MMI). Peristiwa MMI yang ada pada sensor SMS akan terbentuk disepanjang serat optik multimode, apabila serat optik berstruktur SMS dipengaruhi oleh gaya berupa tarikan, lekukan (*bending*). Peristiwa MMI akan terjadi dibagian multimode sensor optik SMS, hal ini akan membangkitkan terjadinya interferensi maksimum dan minimum pada sensor optik berstruktur SMS. Pada dasarnya interferensi ini sangat bergantung pada panjang serat optik

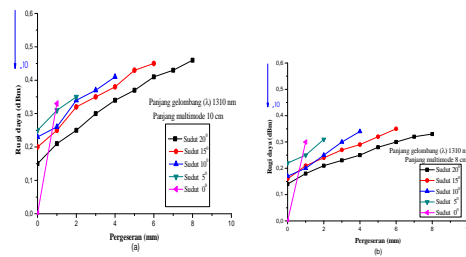
*multimode*. Dalam hal lain penggunaan panjang serat optik *multimode* pada sensor SMS juga akan membangkitkan perubahan moda-moda sepanjang perambatan serat optik. Ukuran serat optik multimode dan panjang gelombang operasi ( ) akan menentukan banyaknya moda yang terjadi sepanjang serat optik multimode. Pada eksperimen ini serat optik SMS mendapat gaya berupa tarikan sehingga menimbulkan regangan pada sensor optik. Regangan sebab tarikan akan mengakibatkan terjadinya perubahan posisi titik *re-imaging* yang terdapat dalam sensor SMS. Perubahan titik *re-imaging* pada sensor SMS akan menentukan terjadinya peristiwa interferensi maksimum dan minimum pada sensor SMS. Panjang gelombang cahaya (laser), indeks bias *core* dan diameter serat optik *multimode* akan mempengaruhi jarak keberadaan titik *re-imaging*. Keberadaan jarak titik *re-imaging* pada sensor pergeseran serat optik berstruktur SMS dapat ditentukan dengan persamaan (2. 1). Keberadaan posisi titik *re-imaging* dalam sensor SMS ada pada jarak 6,08 cm. Pemberian regangan akibat tarikan akan mengakibatkan terjadinya pergeseran pada serat optik *multimode*. Pergeseran tersebut dapat mendekati atau menjauhi posisi titik *re-imaging*. Apabila pergeseran serat optik *multimode* mendekati titik *re-imaging* maka terjadi peristiwa interferensi maksimum dan daya optik yang terukur akan semakin naik. Namun sebaliknya apabila pergeseran serat optik multimode menjauhi posisi titik *re-imaging* maka terjadi peristiwa interferensi minimum dan mengakibatkan daya optik yang terukur mengalami penurunan. Hal inilah yang menyebabkan munculnya *slope* positif dan *slope* negatif.

10	0,066	4
5	0,110	2
0	0,320	1

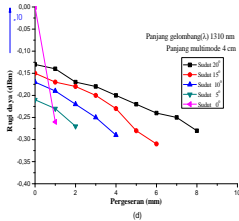
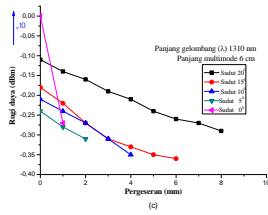
Pada metode pertama digunakan laser dengan panjang gelombang 1550 nm maka sensitivitas baik terdapat pada sensor SMS yang memiliki panjang multimode 8 cm, capaian sensitivitas sebesar 0,033 dBm/mm. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan panjang gelombang laser 1550 nm sangat sesuai untuk sensor SMS yang menggunakan panjang serat optik multimode 8 cm.

#### 4.2 Hasil uji sensor pergeseran menggunakan laser panjang gelombang 1310 nm.

Pada metode kedua ini sensor pergeseran SMS diuji menggunakan laser dengan panjang gelombang operasi 1310 nm. Dari hasil pengujian panjang serat optik multimode 8 dan 10 cm diperoleh grafik *slope* positif dan panjang serat optik 6 dan 4 cm diperoleh *slope* negatif. Perbedaan *slope* dapat terjadi akibat pengaruh multimode interferensi (MMI) yang terdapat disepanjang serat optik multimode sensor SMS



Panjang serat optik MM	Sudut / Kemiringan (°)	Sensitivitas (dBm)	Rentang mm
8 cm	20	0,033	8
	15	0,042	6



Gambar 6. Hubungan pergeseran terhadap rugi daya dengan Panjang gelombang 1310 nm.

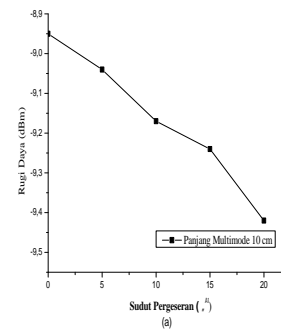
Peristiwa multimode interferensi akan membangkitkan moda-moda disepanjang serat optik. Pengaruh *multimode* interferensi pada sensor SMS telah dijelaskan diatas. Ketika penggunaan panjang gelombang laser yang berbeda sehingga letak posisi titik *re-imaging* akan mengalami perubahan.

Panjang serat optik MM	Sudut / Kemiringan (°)	Sensitivitas (dBm)	Rentang mm
10 cm	20	0,038	8
	15	0,041	6
	10	0,047	4
	5	0,050	2
	0	0,290	1

Dari tabel diatas terlihat bahwa sensitivitas sensor yang memiliki nilai terbaik terdapat pada sensor SMS yang memiliki panjang serat optik 10 cm. Dimana nilai sensitivitas sensor pada sudut terbesar ( $= 20^0$ ) mencapai 0,038 dBm/mm dan rentang terpanjang mencapai (0 – 8 mm). Dari eksperimen ini dihasilkan bahwa penggunaan panjang gelombang laser 1310 nm sesuai untuk sensor SMS yang menggunakan panjang serat optik multimode 10 cm. Rentang pergeseran yang panjang sangat diperlukan untuk mengawasi pergeseran struktur bangunan seperti pergeseran gedung dan jembatan.

#### 4.3 Munculnya rugi daya saat sensor belum diberi input.

Pada eksperimen ini ketika sensor belum diberi input namun detektor telah menunjukkan adanya rugidaya pada sensor SMS. Munculnya rugi daya disebabkan oleh berbagai hal diantaranya efek dari penyambungan dan tekukan-tekukan oleh faktor eksternal sehingga menimbulkan rugidaya. Untuk menghindari pengaruh rugidaya eksternal maka data hasil pengukuran yang diperoleh dapat dilakukan normalisasi atau absolutkan menjadi nol. Untuk mengabsolutkan data pengukuran dilakukan pengurangan nilai rugidaya yang terukur terhadap rugi yang muncul sebelum diberi input. Besarnya rugidaya pada sensor sebelum diberi input dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Hubungan sudut pergeseran terhadap rugidaya.

## V. KESIMPULAN

Telah dilakukan kajian eksperimen pada sensor serat optik berstruktur SMS dengan panjang multimode 4, 6, 8 dan 10 cm serta konfigurasi sudut pergeseran dengan kombinasi  $0^0$ ,  $5^0$ ,  $10^0$ ,  $15^0$  dan  $20^0$ . Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian dan meninjau kembali pada permasalahan penelitian, batasan batasan yang dikerjakan saat melaksanakan penelitian serta tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian, sehingga dari penelitian ini dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemberian sudut atau kemiringan pergeseran pada sumbu sensor dapat



- memperpanjang rentang pergeseran sebab pembentukan konfigurasi sudut akan merubah regangan yang dialami sensor optik. Pada penelitian ini sensor yang memiliki panjang serat optik multimode 10 cm dengan sudut  $= 20^0$ ) jika diberi respon atau gaya luar dan perlakuan yang sama maka sensor optik mengalami regangan paling kecil (0,0134 ) namun sebaliknya apabila diberi sudut yang kecil ( $= 0^0$ ) diperoleh regangan yang besar (0,0143 ).
2. Panjang serat optik *multimode* yang terdapat pada sensor serat optik berstruktur SMS dapat mempengaruhi tingkat sensitivitas sensor optik sebab panjang serat optik *multimode* akan membatasi daerah terjadinya interferensi dari moda-moda.
  3. Penggunaan cahaya laser dengan panjang gelombang 1550 nm, memberikan sensitivitas yang terbaik untuk sensor SMS yang memiliki panjang serat optik *multimode* 8 cm dan memiliki rentang pergeseran yang panjang jika dibandingkan terhadap sensor yang memiliki panjang *multimode* 4, 6 dan 10 cm. Karakteristik yang diperoleh dari sensor serat optik berstruktur SMS dengan panjang serat optik *multimode* 8 cm adalah sebagai berikut rentang pergeseran 8 mm dan sensitivitas 0,033 dBm/mm.
  4. Penggunaan cahaya laser dengan panjang gelombang 1310 nm, memberikan sensitivitas yang terbaik untuk sensor SMS yang memiliki panjang serat optik *multimode* 10 cm dan memiliki rentang pergeseran yang panjang jika dibandingkan terhadap sensor yang memiliki panjang *multimode* 4, 6 dan 8 cm.
  5. Dengan rentang yang panjang, maka sensor ini sangat bermanfaat untuk deteksi pergeseran pada berbagai aplikasi seperti monitoring pergeseran struktur jembatan, gedung, tanggul, dan lainnya.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Mathius Tambing dan tim di PT. Telkom Rungkut atas dukungannya dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA.

- [1] Fraden Jacob "Modern Sensor: physics, designs and application 3<sup>rd</sup> Edition. San Diego, California, Springer 2003
- [2] Kim, D.H. "Damage detection of composite structures using a stabilized extrinsic fabri-perot interferometric sensor system". Smart master struct, (2004)
- [3] Harald, Emil, David . "Long range extensometer for civil structure monitoring using fibre bragg grating. Measurement science and Techology, (2005-2010)
- [4] Buchade, P.B. Shaligram. "Simulation and experimental studies of inclined two fiber displacement sensor" sensor & actuator. Elsevier engineering, (2006).
- [5] Hadi, J.G. "Rancang bangun sensor serat optik terdistribusi berbasis optical time domain reflectometer (OTDR) untuk pendeteksian dini retakan pada struktur Beton". Surabaya. ITS (2011)
- [6] T.S Francis, Yin, S. "Fiber optic Sensor ". New York, Marcel Dekker, (2002)
- [7] Wahyuni, Sri Pipit. Tesis Magister "Karakterisasi Fiber Bragg Grating (FBG) tipe uniform dengan modulasi akustik menggunakan metoda transfer matrik". Surabaya : ITS (2011)
- [8] Gao, R.X, Wang, Q., Zhao, F., Meng, B., dan Qu, S.L.. "Optimal Design and Fabrication of SMS Fiber Temperature Sensor For Liquid". Optics Communication, Vol 283, Hal. 3149-3152, (2010)
- [9] Hatta Agus M et al. "Strain sensor based on a pair of Singlemode-Multimode-Singlemode Fiber Structures in a Ratiometric Power

- Measurement Scheme*". Optical Society of America. Applied Optics, vol. 49, No. 3, January.20, (2010)
- [10] Kumar Arun, K Ravi, Varshney. "Transmission characteristics of SMS fiber optic sensor structures". Optics communication 219, (2003) .
- [11] Hatta, A.M., Semenova, Y., Rajan, G., dan Farrell, G. "Polarization Dependence of an Edge Filter Based on Singlemode-Multimode-Singlemode Fiber". Optic and Laser Technology, Vol. 42, Hal. 1044-1048, (2010).
- [12] Hatta, A. M., Permana, H.E., Setijono, H., Kusumawardhani, A., Sekartedjo. "Strain Measurement Based on SMS Fiber Structure Sensor and OTDR", Microwave and Optical Technology Letter, (2013)
- [13] Patil. SS. Shaligram. AD " Modeling and experimental studies on retro-reflective fiber optic micro displacement sensor with variable geometrical properties" Sensor and Actuator A 172(2011) 428-433. Elsevier October 2011.
- [14] Harun. SW. Yang.HZ. Arof. H " Theoretical and experimental studies on coupler based fiber optic displacement sensor with concave mirror" optic 123 (2012) 2105-2108 elsevier October 2011.
- [15] Kuntaraco B Rionda. Tesis Magister "Pengembangan metode pengukuran beban menggunakan serat optik berstruktur singlemode multimode singlemode". Surabaya : ITS (2013)
- [16] Wang, Q., Farrell, G. dan Yan, W. "Investigation on Singlemode-Multimode-Singlemode Fiber Structure".IEEE Trans. Journal of Lightwave Technology, vol. 26, No. 5, Hal. 512 – 51, (2008).
- [17] Hatta Agus M. Disertasi Ph.D. "Singlemode-multimode-singlemode optical fiber structures for optical sensing". Dublin institute of technology, 2009