

MONITORING LONGSOR DAN MITIGASI BENCANA MENGGUNAKAN SENSOR OPTIK BERSTRUKTUR SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE

Agus Rino¹, Helendra², Farida³

^{1,2}Jurusan Fisika STKIP PGRI Sumatera Barat, Padang

³Jurusan Geografi STKIP PGRI Sumatera Barat, Padang

Email : Agusrino8@gmail.com

ABSTRAK

Longsor merupakan peristiwa turun dan bergesernya tanah akibat terlepasnya ikatan agregat tanah dari posisi mula-mula. Longsor merupakan salah satu bencana alam yang dapat menimbulkan korban jiwa, kerusakan lingkungan dan infrastruktur. Upaya untuk pengendalian bencana akibat longsor maka perlu diciptakan sensor berbasis serat optik berstruktur Multimode-Singlemode-Multimode (SMS). Piranti yang digunakan dalam pembuatan sensor optik SMS berupa *fiber Stripper* tipe *crom well*, *fiber cleaver* tipe *FITEL Nc S324*, dan alat penyambung serat optik (*fusion splicer*) tipe *Fujikura FSM 505*. Perancangan sensor optik SMS dilakukan *splicing* dari kedua jenis serat optik. Pada penelitian ini digunakan singlemode 80 cm dengan variasi multimode 9, 12 dan 15 cm. Sumber cahaya digunakan laser tipe OLS 35 dengan panjang gelombang 1310 nm dan rugi daya keluaran optik diukur dengan *optical power meter* JDSU OLP 38. Ketika sensor optik multimode 12 cm mendapat tekanan maka memberikan respon sensitivitas 0,025 dBm/Pascal.

Kata kunci: serat optik SMS, sensor longsor, mitigasi bencana

ABSTRACT

Landslides is the case of fall out and shift one of others location. Landslides one of natural disaster in them of human lives and infrastruktur damage. One of to do contolling landslides disaster so that needed displacement sensor based on fibre optics using singelmode-multimode-singlemode (SMS) fibre structure. Sensor SMS fibre structure create by fiber stripper crom well type, fiber cleaver FITEL Nc S324 type. Fibre optics Splicing Equipment is fusion splicer fujikura FSM 505 type. This research using singlemode fiber long 80 cm with multimode fiber various long 9, 12 and 15 cm. The optical power meter of JDSU type OLP-38 and laser OLS 35 type with 1310 nm of operating wavelength were use. It is found that the configuration of the displacement sensor with the Multimode fibre length section at 12 cm has the largest sensitivityof 0,0293 dBm/Passcal

Keyword : *SMS Fibre optics, Landslides sensor, disaster mitigation*

PENDAHULUAN

Longsor merupakan peristiwa turun dan bergesernyan tanah akibat terlepasnya ikatan agregat tanah dari posisi mula-mula. Longsor dapat terjadi akibat tingginya curah hujan atau efek getaran akibat gempa. Sebelum terjadi longsor terlebih dahulu diawali dengan munculnya pergeseran permukaan/lapisan tanah. [1]Longsor merupakan peristiwa bencana alam yang sulit diprediksi. Peristiwa longsor dapat menimbulkan korban bagi manusia serta dapat memicu terjadinya kerusakan infra struktur diantaranya gedung, bangunan bahkan merusak sarana dan prasarana lainnya seperti jalan dan jembatan. [2].Upaya untuk menanggulangi dan mengantisipasi kerusakan akibat longsor serta mitigasisebaiknya

dirancang alat yang dapat mendeteksi longsor. Salah satu upaya untuk mendeteksi longsor sebaiknya dirancangsensorn yang dapat mendeteksi dan memonitoring longsoruntuksistem peringatan dini (*Early warning system*)

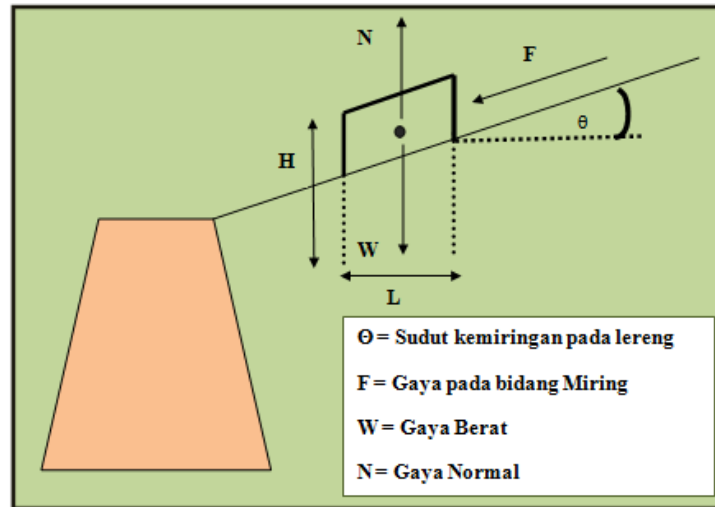
Berbagai jenis sensor telah dicobakan untuk mendeteksi adanya pergeseran tanah. Pada peneliti sebelumnya, ekstensometer digunakan sebagai sensor untuk pendeteksi dan monitoring pergeseran tanah. Ekstensometer berjenis elektrik dan mekanik telah dilakukan untuk mendeteksi pergeseran struktur lapisan tanah namun alat ini sangat rentan terhadap kerusakan karena sering mengalami gangguan gelombang elektromagnetik serta sensor ini mudah mengalami kerusakan ketika menerima sinyal/getaran akibat petir alat ini masih memiliki ketergantungan dengan arus listrik. [3]. Untuk mengatasi adanya gangguan gelombang elektromagnetik dan interferensi gelombang serta ketergantungan arus listrik sebaiknya digunakan sensor berbasis serat optik. Setelah penggunaan ekstensometer sebagai sensor pergeseran tanah maka saat ini para peneliti sudah mulai beralih dengan menggunakan sensor serat optik, sebagai sensor pergeseran tanah. Sensor optik memiliki sensitivitas yang baik sebab memiliki kemampuan untuk mendeteksi pergeseran dan deformasi yang kecil. [4]. Penggunaan sensor serat optik untuk monitoring pergeseran tanah merupakan salah satu teknologi yang terbaru dan terkini [5] Serat optik memiliki kelebihan selain ringan, daya hantar/bandwith yang baik, tidak mudah berkarat serta tidak menimbulkan percikan api serta tahan terhadap korosi [6]. Pada penelitian sebelumnya serat optik telah berhasil digunakan untuk mendeteksi *strain*/regangan, level, temperatur. Sebelumnya untuk mendeteksi dan monitoring pergeseran tanah/longsor telah banyak memanfaatkan sensor berbasis serat optik, sensor serat optik yang digunakan diantaranya sensor fiber bragg grating (FBG) dan sensor Surveillance d'Ouvrages metode par Fibers Optique (SOFO) [7]. Disisi lain penggunaan sensor FBG dan SOFO membutuhkan proses pabrikan yang kompleks dan mahal sehingga membutuhkan biaya operasional tinggi. [3]. Sebagai alternatif untuk menggantikan peran sensor FBG dan SOFO yang sulit dan mahal biaya operasionalnya maka dalam penelitian ini dirancang sensor optik berstruktur *Multimode- Singlemode-Multimode* (SMS). Sensor serat optik berstruktur SMS memiliki keuntungan jika dibandingkan sensor FBG dan SOFO. Penggunaan serat optik berstruktur SMS memiliki proses pabrikan yang tidak semahal dan tidak sesulit penggunaan serat optik FBG dan SOFO. Saat ini serat optik berstruktur SMS telah banyak dicobakan dalam berbagai penelitian diantaranya : sensor beban yang dapat mendeteksi kelebihan berat (*over load*), sensor regangan (*strain*) yang mampu mendeteksi adanya perubahan panjang dari suatu material, sensor pergeseran (*displacement*) yang dapat mendeteksi adanya pergeseran benda [8-9]. Ditinjau dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka serat optik berstruktur SMS dapat dimanfaatkan untuk monitoring dan deteksi pergeseran tanah/longsor.

Pergeseran Tanah.

Ketika tanah menerima beban atau mendapat tekanan sehingga tanah akan mengalami tegangan geser. Apabila tegangan geser sudah mencapai titik maksimum maka tanah akan mengalami deformasi hal ini akan menyebabkan tanah cenderung menjadi runtuh. Pergeseran dalam tanah disebabkan adanya gerak butir-butir tanah antara yang satu dengan yang lainnya sehingga kekuatan dan pergeseran tanah dapat ditentukan dengan mengukur kemampuan tanah untuk menahan tekanan sebelum terjadinya keruntuhan. Tegangan geser tanah disebabkan oleh tiga komponen diantaranya:

1. Pergeseran struktur, terjadi akibat adanya perubahan jalinan butir-butir massa tanah

2. Pergeseran kearah dalam dan letak butir-butir tanah yang terhubung dengan titik kontak akan menimbulkan tegangan efektif.
3. Sifat kohesi dan adhesi tanah tergantung pada jenis tanah dan kepadatan butirnya.



Gambar 1. Pergeseran Tanah Pada Bidang Miring

Besarnya gaya yang bekerja pada bidang horizontal adalah :

$$f_x = \mu \cdot W \sin \theta \quad (1.1)$$

Dimana $W = L \cdot H$

Sehingga besarnya gaya geser pada bidang horizontal

$$f_x = \mu \cdot L \cdot H \cdot \sin \theta \quad (1.2)$$

Besarnya gaya yang bekerja pada bidang Vertikal adalah

$$f_y = \mu \cdot W \cdot \cos \theta \quad (1.3)$$

Sehingga gaya geser yang muncul pada bidang vertikal

$$f_y = \mu \cdot L \cdot H \cdot \cos \theta \quad (1.4)$$

Besarnya nilai koefisien geser yang bekerja pada miring adalah

$$\mu = \frac{f_x}{f_y} = \frac{W \cdot \sin \theta}{W \cdot \cos \theta} = \tan \theta \quad (1.5)$$

Besarnya tegangan normal pada bidang miring

$$\sigma = \frac{f_y}{A} = \frac{\mu \cdot L \cdot H \cdot \cos \theta}{L / \cos \theta} = \mu \cdot H \cdot \cos^2 \theta \quad (1.6)$$

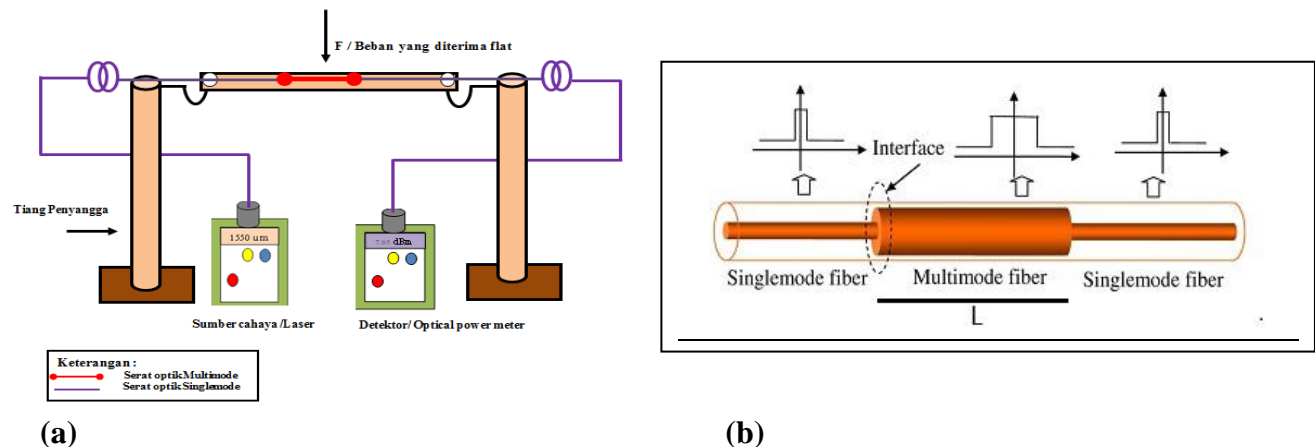
Besarnya tegangan geser pada bidang miring dapat ditentukan

$$\tau = \frac{f_x}{A} = \frac{\mu \cdot L \cdot H \sin \theta}{L / \cos \theta} = \mu \cdot H \cdot \sin \theta \cos \theta \quad (1.7)$$

METODOLOGI

Perancangan serat optik berstruktur Singlemode-Multimode-Singlemode cukup menggunakan dengan dua jenis serat optik. Serat optik yang digunakan diantaranya serat optik singlemode step index SMF- 28 dengan diameter *core* 8,2 μm dan serat optik multimode GIF 625-100 dengan diameter *core* 62,5 μm . Sebelum dilakukan *splicing* terlebih dahulu dilakukan pemotongan kedua jenis serat optik dengan piranti *fiber Stripper* tipe *crom well*, *fiber cleaver* tipe *FITEL Nc S324*, kemudian dilakukan cleaning dengan bahan pembersih sehingga serat optik bebas dari kotoran halus yang melekat dipermukaan serat optik. Setelah serat optik bebas dari kotoran maka dilakukan penyambungan dengan alat penyambung serat

optik (*fusion splicer*) tipe *Fujikura FSM 505*. Panjang serat optik singlemode yang digunakan 80 cm dengan multimode 9, 12 dan 15 cm. Penyambungan serat optik singlemode dan multimode sehingga membentuk serat optik berstruktur Singlemode-Multimode-Singlemode (SMS), yang akan dijadikan sebagai sensor pergeseran tanah/longsor seperti yang ada pada Gambar 1 (a). Set up peralatan untuk memonitoring pergeseran tanah/ longsor dapat dilihat pada Gambar 1(b). Bahwasanya serat optik SMS yang berfungsi sebagai sensor optik berada diatas flat yang terhubung dengan tiang penyangga. Ketika flat mendapat gaya sebesar X Newton maka flat mengalami lenturan dan terjadi *banding* pada sensor optik berstruktur SMS, hal ini menyebabkan terjadi rugi daya pada serat optik SMS. Besarnya rugi daya pada serat optik akibat gaya yang diterima flat akan diterima oleh detektor berupa *optical power meter* dengan tipe JDSU OPL 38 dan sumber cahaya digunakan laser dengan panjang gelombang operasi 1310 nm. Agar terjadi lekukan dan bending pada serat optik berstruktur SMS maka flat diberi beban dengan cara memberi tarikan pada flat dengan menggunakan neraca newton. Untuk mendapatkan kelengkungan yang berbeda maka flat diberi gaya berbeda-beda dengan variasi beban 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 dan 500 gr.. Ketika flat mengalami tekanan sehingga terjadi perubahan rugi daya pada serat optik yang berfungsi sebagai sensor pergeseran tanah hal ini akibat adanya tekanan sehingga serat optik mengalami tekukan sehingga terjadi bending flat sehingga mempengaruhi perubahan fisik serat optik. Tekanan yang menimpa flat akan mempengaruhi struktur fisik serat optik sehingga terjadi perubahan diameter *core* dan *cladding*. Perubahan diameter *core* dan *cladding* dalam serat optik akan mempengaruhi pola rambat cahaya sehingga menyebabkan terjadinya pelemahan daya keluaran sensor. Skema perancangan serat optik berstruktur SMS untuk sensor longsor dapat dilihat pada Gambar 2 (a) dan set up peralatan 2 (b).

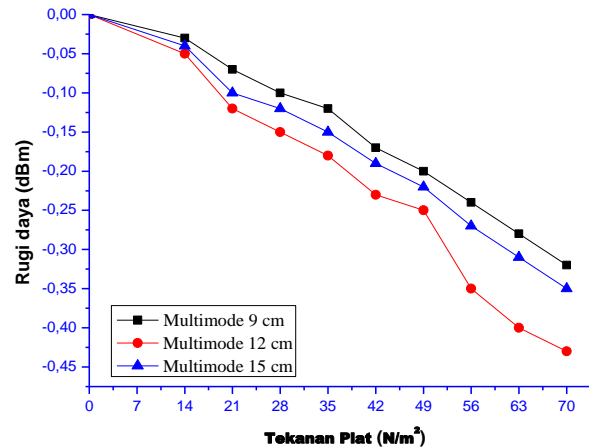


Gambar 2. (a) Set up peralatan sensor , (b) Skema canagan serat SMS (Wang, 2008) [10]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketika eksperimen ini dilakukan diperoleh hasil seperti yang tampak pada Gambar 2. Pemberian beban pada flat mengakibatkan terjadinya perubahan rugi daya pada serat optik. Perubahan rugi daya dalam serat optik disebabkan oleh adanya perubahan fisik sensor optik. Perubahan fisik serat optik terjadi karena adanya tekanan akibat pemberian beban pada flat sehingga terbentuk bending dan menimbulkan rugi daya pada serat optik. Ketika digunakan serat optik multimode 12 cm terjadi perubahan rugi daya yang lebih besar. Ketika sensor optik diberi tekanan sebesar 14 Pascalmaka keluaran berupa rugi daya pada serat optik SMS mencapai 0,05 dBm. Ketika digunakan serat optik multimode 9 dan 15 cm menunjukkan rugi

daya dengan keluaran yang lebih rendah. Penggunaan serat optik multimode dengan panjang 9 cm, ketika diberi input minimum berupa tekanan sebesar 14 Pascal maka sensor memberikan respon sensitivitas sebesar 0,0016 dBm/Pascal. Pemberian tekanan sebesar 14 Pascal pada serat optik multimode 9 dan 15 cm memberikankeluaran dengan rugi daya sebesar 0,02 dan 0,03 dBm seperti yang tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Tekanan terhadap keluaranrugidaya

Ketika masing-masing sensor optik SMS mendapat tekanan sebesar 56 Pascal sehingga terjadi perubahan yang signifikan terhadap serat optik multimode 12 cm namun pada serat optik multimode 9 dan 15 cm tidak menunjukkan adanya perubahan yang signifikan. Output yang ditunjukkan oleh sensor optik dengan panjang multimode 9 dan 15 cm sebesar 0,25 dan 0,27 dBm. Daya keluaran yang ditunjukkan sensor optik multimode 12 cm mencapai 0,37 dBm. Terjadinya perubahan rugi daya yang besar disebabkan adanya peristiwa Multimode Interferensi (MMI) didalam serat optik berstruktur SMS. Peristiwa MMI disebabkan oleh pengaruh panjang serat optik multimode dari masing-masing sensor. Daya keluaran sensor optik dipengaruhi oleh panjang serat optik multimode. Ketika digunakan serat optik dengan panjang multimode 12 cm dan diberi input berupa tekanan sebesar 56 Pascal maka sensor optik mengalami perubahan fisik akibat bending. Bending mempengaruhi besarnya rugi daya dalam serat optik. Pemberian tekanan yang besar akan mempengaruhi keluaran daya optik sehingga terjadi losses yang besar terhadap serat optik. Panjang serat optik multimode 12 cm memberikan respon sensitivitas yang lebih baik sebesar 0,0293 dBm/Pascal. Sensitivitas sensor optik dipengaruhi oleh banyaknya moda yang merambat dalam serat optik. Banyaknya moda yang merambat dalam serat optik akan menimbulkan proses terjadinya peristiwa interferensi maksimum didalam serat optik. Peristiwa Interferensi maksimum akan membangkitkan pola rambat cahaya semakin banyak. Terlihat pada Gambar 3. Penggunaan serat optik multimode 9 dan 15 cm ketika diberi tekanan sebesar 56 Pascal kedua sensor optik ini memberikan respon sensitivitas yang tidak signifikan yakni sebesar 0,0193 dBm/Pascal dan 0,0207 dBm/Pascal. Dari eksperimen ini nilai sensitivitas dari masing – masing sensor terhadap panjang multimode yang digunakan menunjukkan korelasi pengukuran yang baik. Korelasi pengukuran yang diperoleh dari penggunaan masing-masing panjang serat optik multimode 9, 12 dan 15 cm. 0,988, 0,985 dan ketika digunakan serat optik dengan panjang multimode 15 cm memberikan korelasi 0,980. Sensitivitas dan korelasi yang dihasilkan dari eksperimen dapat dilihat pada Tabel I

Tabel 1. Tekanan dan sensitivitas sensor SMS

| Panjang Multimode (MM) | Tekanan (Pascal) | Sensitivitas dBm/Pascal | Korelasi (R^2) |
|------------------------|------------------|-------------------------|--------------------|
| 9 cm | 14 | 0,0014 | 0,988 |
| | 21 | 0,0050 | |
| | 28 | 0,0079 | |
| | 35 | 0,0100 | |
| | 42 | 0,0136 | |
| | 49 | 0,0164 | |
| | 56 | 0,0193 | |
| | 63 | 0,0221 | |
| | 70 | 0,0250 | |
| 12 cm | 14 | 0,0036 | 0,985 |
| | 21 | 0,0086 | |
| | 28 | 0,0107 | |
| | 35 | 0,0136 | |
| | 42 | 0,0171 | |
| | 49 | 0,0207 | |
| | 56 | 0,0236 | |
| | 63 | 0,0271 | |
| | 70 | 0,0293 | |
| 15 cm | 14 | 0,0021 | 0,980 |
| | 21 | 0,0064 | |
| | 28 | 0,0093 | |
| | 35 | 0,0121 | |
| | 42 | 0,0150 | |
| | 49 | 0,0186 | |
| | 56 | 0,0207 | |
| | 63 | 0,0236 | |
| | 70 | 0,0257 | |

KESIMPULAN

Ketika dilakukan eksperimen sensor longsor berbasis serat optik berstruktur SMS dengan panjang serat optik multimode yang berbeda 9, 12 dan 15 cm dengan tekanan minimum 14 Pascal dan maksimum sebesar 70 Pascal. Seperti yang tampak pada Tabel 1 bahwapenggunaan serat optik dengan panjang multimode 9 cm, 12 dan 15 cm ketika diberi tekanan minimum 14 Pascal diperoleh keluaran rugi daya sebesar 0,02 dBm, 0,03 dan 0,05 dBm. Hal ini menunjukkan bahwa sensor belum bekerja optimal sebab keluaran yang diberikan sensor optik cukup kecil. Ketika serat optik diberi tekanan sebesar 56 Pascal sensor optik dengan panjang multimode 12 cm bekerja lebih optimal. Keluaran rugidaya yang ditunjukkan sensor optik cukup signifikan sebesar 0,37 dBm. Sensivitas yang diberikan sensor pada tekanan minimum sebesar 0,036 dBm/Pascal ketika diberi tekanan maksimum sensitivitas sensor sebesar 0,0293 dBm/Pascal. Dari eksperimen diperoleh kesimpulan bahwa sensor optik menggunakan serat optik multimode 12 cm memiliki sensitivitas yang lebih baik digunakan dari pada menggunakan serat optik panjang multimode 9 dan 15 cm. Ketika digunakan serat optik dengan panjang multimode 12 cm lebih terbentuk peristiwa interferensi maksimum dalam serat optik menjadikan sensor bekerja lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bambang Widiyatmoko, Dwi Hanto, Prabowo (2010), “*Pengembangan Sistem Pengukuran Gejala Fisis Longsor Sistem Elektronika dan Optik*”, Jurnal LIPI vol 13, No.2 hal 15- 24.
- [2] Dai, Z-Y, et.al., (2008), “*Landslide Monitoring Based on High-Resolution Distributed Fiber Optic Stress Sensor*”, Journal of Electronic Science and technology of China, Vol. 6, no. 4, 416-419
- [3] Higuchi, K., et. al, (2007) “*Application of New Landslide Monitoring Technique Using Optical Fiber Sensor at Takisaka Landslide, Japan*” Report PWRI, Japan
- [4] Hatta, A. M Semenova Y, Wu Qiang, (2010)“*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, 20 January.
- [5] Moore, J.R, et. al, (2010), “*Rockslide deformation monitoring with fiber optic strain sensors*”, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 191–201
- [6] Buchade, P.B.Shaligram, (2006), “*Simulation and Experimental Studies of Inclined Two Fiber displacement Sensor*”, Sensor & Actuator. Elsevier Engineering.
- [7] Inaudi, D, et.al, (1998) “*SOFO: Tunnel Monitoring with Fiber Optic Sensors*”, Reducing Risk in Tunnel Design and Construction, Basel Switzerland
- [8] Hatta, A. M.,et.al,(2013) “*Strain Measurement Based on SMS Fiber Structure Sensor and OTDR*”, Microwave and Optical Technology Letter.
- [9] Kuntaraco, B Rionda. Tesis Magister, (2013) “*Pengembangan Metode Pengukuran Beban Menggunakan Serat Optik Berstruktur Single mode Multimode Singlemode*”. ITS Surabaya.
- [10] Wang, Q., Farrell, G. dan Yan, W,(2008), “*Investigation on Singlemode-Multimode-Singlemode Fiber Structure*”. IEEE Trans. Journal of Lightwave Technology, vol. 26, No. 5, Hal. 512 – 51.