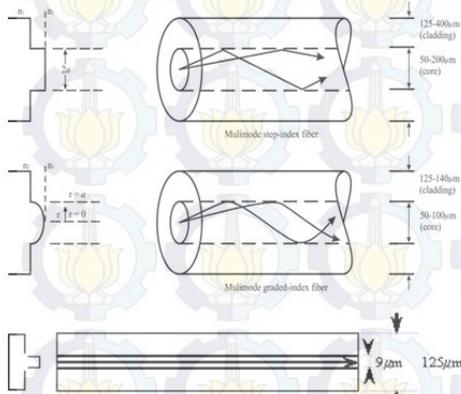


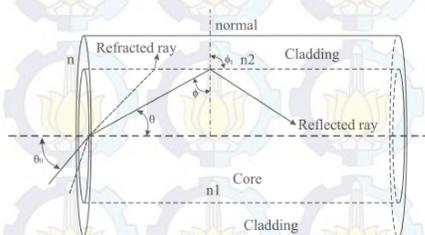
Multimode Graded Index mempunyai indeks bias yang merupakan fungsi dari jarak terhadap sumbu serat optik. Sehingga sinar akan dibiaskan secara bertingkat-tingkat menjauhi *cladding* dan mendekati sumbu inti fiber optik, dengan demikian cahaya yang menjalar melalui beberapa lintasan pada akhirnya akan sampai pada ujung lainnya pada waktu bersamaan.

Pada serat optik *Single Mode Fiber Step Index* ini terbuat dari bahan gelas *silica*. Diameter *core* adalah 8-12 μm dan diameter *cladding*nya sebesar 125 μm . Dalam fiber ini hanya satu berkas yang dapat melaluinya, sehingga tidak akan terjadi pelebaran pulsa di tingkat outputnya[7].



Gambar 2. Struktur serat optik *multimode step index*, *multimode graded index*, dan *singlemode step index* serta profil indeks biasnya [6]

Propagansi cahaya pada serat optik terjadi karena pemantulan internal sinar optik yang terjadi pada perbatasan inti dan *cladding*nya akibat adanya perbedaan indeks bias antara keduanya, Hal itu sesuai dengan hukum Snellius. Penerapan hukum Snellius dilakukan pada proses pemantulan dan pembiasan sinar pada bidang batas antara dua medium yang berbeda. Sinar yang datang dari medium rapat (n_1) ke medium kurang rapat (n_2) akan dibiaskan menjauhi garis normal[7].



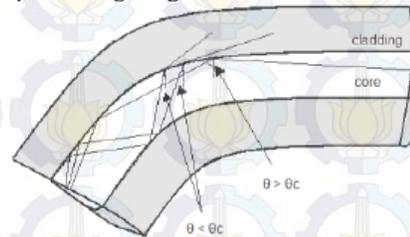
Gambar 3. Sketsa perambatan sinar pada serat optik step indeks [7]

Pada gambar diatas (gambar.3), jika sudut ϕ di perbesar maka sinar akan dirambatkan pada bidang batas kedua medium yaitu batas *core* dan *cladding* (sinar tidak dibiaskan pada *cladding*) sampai membentuk sudut 90° . Sudut ϕ pada keadaan tersebut dinamakan sudut kritis (ϕ_c)[7].

Attenuasi (redaman) juga menjadi masalah tersendiri dalam penyaluran sinyal. Bentuk redaman yang sering terjadi ketika proses instalasi kabel adalah *bending* (pembengkokan). Serat optik mengalami redaman/rugi-rugi sinyal ketika dibengkokkan

pada jari-jari tertentu. Sinyal yang teredam di tengah perjalanan menuju *receiver* menyebabkan penurunan kualitas sinyal yang diterima oleh konsumen ketika menggunakan jasa [2].

Lekukan-makro adalah lekukan kabel optik dengan radius lekukan yang mempengaruhi banyaknya pelemahan sinyal yang berpropagasi dalam inti. Adanya lekukan dengan radius lekukan lebih besar dari radius inti serat optik mengakibatkan sebagian sinyal hilang terutama dalam lekukan serat optik (Andre, 2006). Jari-jari lekukan ketika mulai terjadi perubahan signifikan pada besar rugi-rugi *macrobending* disebut dengan *critical radius* (Lemlem, 2012). Apabila serat optik melengkung, maka bagian dalam serat optik termampatkan dan bagian luar menjadi tertarik lebih panjang sehingga kepadatan material berubah. Hal tersebut mengakibatkan berubahnya indeks bias dan akan mengakibatkan perubahan lintasan penjalaran suatu sinyal (Lau, 1981). Sudut pemantulan total akan berubah ketika serat optik di lekukan dan akan terjadi rugi-rugi dimana sudut datang sinar lebih kecil dari pada sudut kritis sehingga sinar tidak dipantulkan sempurna tapi dibiaskan. Pada gambar 4, dapat dilihat penjalaran cahaya ketika fiber optik dilengkungkan.



Gambar 4. Skema *macrobending* pada serat optik.

Secara *empiris*, *macrobending loss* dapat diekspresikan sebagai berikut:

$$Y_{bend} = 10 \log \frac{\alpha + 2}{(2\alpha) \left(\frac{a}{R\Delta}\right)}$$

Dimana Δ = beda indeks bias *core* dan *cladding*

R = radius pelengkungan

a = radius inti serat optik

$$\alpha = \begin{cases} 2 \text{ (parabolic profile)} \\ \infty \text{ (step profile)} \end{cases}$$

OPM adalah salah satu alat ukur pada jaringan lokal *fiber optik*. OPM berfungsi untuk mengukur jumlah redaman dalam satuan *decibel* (dB) yang terdapat pada jaringan kabel serat optik baik saat instalasi (uji akhir) atau pemeliharaan. Satuan *decibel* (dB) tidak absolute karena hanya membandingkan level masukan dan keluaran suatu system. Untuk satuan absolute adalah sebagai berikut:

1. dBm : menyatakan perbandingan antara level suatu sinyal yang diukur dengan sinyal referensi 1 mW.
2. dBW : menyatakan level daya terhadap referensi daya 1 Watt.

$$\text{Daya (dBW)} = 10 \log \frac{P \text{ (Watt)}}{1 \text{ Watt}} \tag{2.2}$$

Redaman diukur dalam satuan decibel (dB). Loss atau redaman dinyatakan:

$$\text{Loss} = P_{\text{out}} - P_{\text{in}}$$

Atau

$$\text{Loss} = 10 \text{ Log } \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$$

Dengan:

Loss = besarnya redaman atau daya yang hilang (dB)

P_{in} = daya masukan

P_{out} = daya keluaran

Jika daya keluaran lebih kecil dari daya masukan maka persamaan (2.11) menjadi negatif (J.laferriere dkk.2011).

Dalam penelitian ini akan mempelajari karakterisasi rugi-rugi serat optik dengan menggunakan *Optikal Power Meter* (OPM). Serat optik dilengkungkan dengan diameter yang berbeda-beda dan serat optik dilukai dengan variasi panjang kupasan yang berbeda-beda..

II. METODE

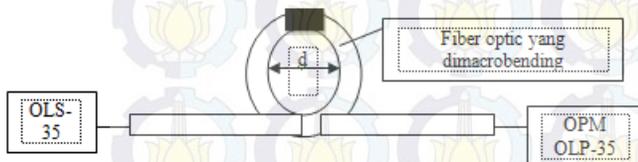
Percobaan ini ada 3 bagian yaitu tahap pelengkungan, tahap pelukaan pada fiber, dan tahap pelukaan fiber kemudian dilekukan. Variasi diameter lengkungan yang digunakan adalah 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, 9 cm, 12 cm, 27 cm. variasi panjang pelukaan fiber yang digunakan adalah 0.5 cm, 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, dan 2.5 cm. kemudian pada tahap pelukaan dan lekukan itu menggunakan variasi panjang pelukaan dan diameter lengkungan yang sama seperti tahap sebelumnya yaitu tahap pelengkungan dan tahap pelukaan. Berikut ini skema penelitian



Gambar 5. tahap pelengkungan



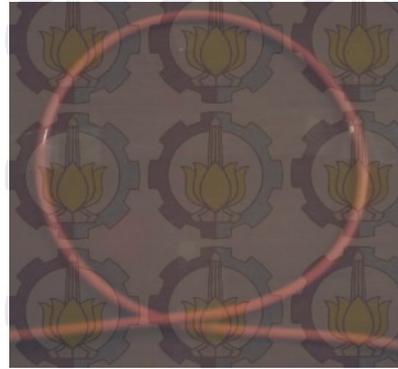
Gambar 6. tahap pelukaan pada fiber



Gambar 7. tahap pelukaan pada fiber dan dilekukan

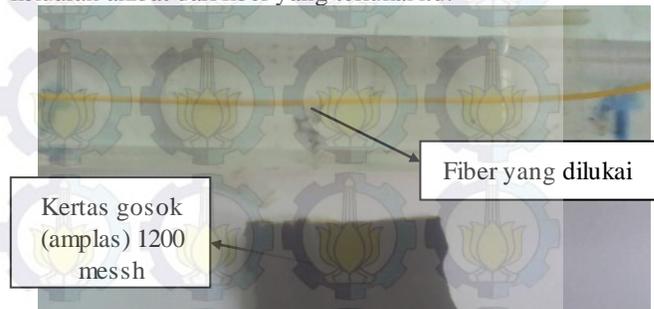
Pada tahap pelengkungan hal yang pertama dilakukan adalah mengukur daya keluaran fiber yang masih lurus. Kemudian fiber dilengkungkan dengan diameter lengkungan

3,4,5,6,9,12,27 cm kemudian ukur daya keluaran akibat fiber dilengkungkan.

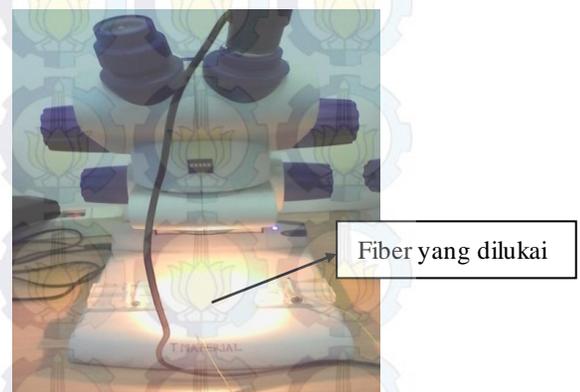


Gambar 8. perlakuan pelengkungan pada fiber

Pada tahap pelukaan fiber pertama yaitu fiber yang belum dilukai diukur dayanya terlebih dahulu kemudian fiber dilukai dengan cara fiber digosok dengan kertas amplas 1200 mess sepanjang 0.5 , 1, 1.5 , 2, dan 2,5 cm. Setelah itu fiber yang sudah dilukai diamati dengan mikroskop kemudian diukur daya keluaran akibat dari fiber yang terlukai itu.



Gambar 9. perlakuan pelukaan pada fiber



Gambar 10. fiber diamati dengan mikroskop setelah fiber sudah dilukai

Pada tahap pelukaan sekaligus pelengkungan yaitu fiber yang dilukai tersebut pada tahap pelukaan digunakan kemudian di lengkungkan dengan diameter lengkungan sebesar seperti tahap pelengkungan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pengaruh Variasi Diameter Lentukan terhadap Nilai Daya Keluaran

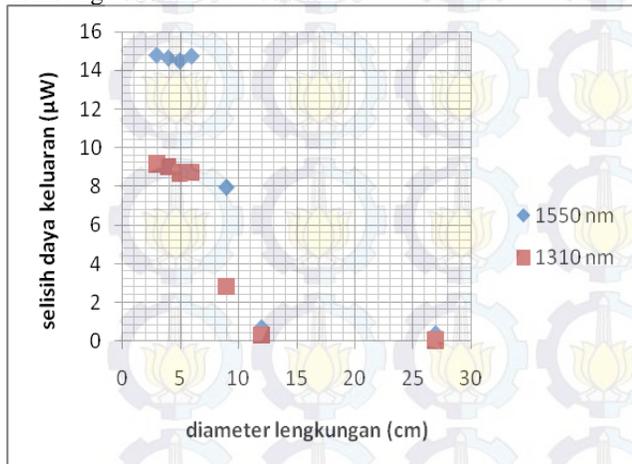
4.1.1 Hasil perhitungan *macrobending loss* pada panjang gelombang 1310 nm



Gambar 11. Grafik hasil perhitungan *macrobending loss* pada panjang gelombang 1310 nm

Berdasarkan gambar 11 yang menggambarkan hasil perhitungan *macrobending loss* pada panjang gelombang 1310 nm, didapatkan bahwa semakin besar diameter lengkungannya maka *macrobending loss*-nya semakin kecil. Dan begitupun sebaliknya semakin kecil diameter lengkungannya maka semakin besar *macrobending loss*-nya.

4.1.2 Hasil pengukuran *macrobending loss* pada panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm:



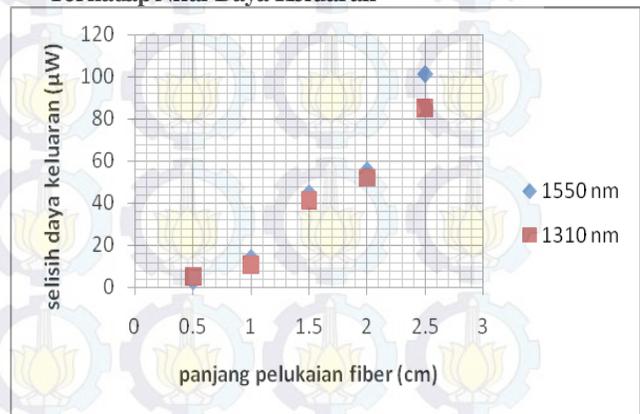
Gambar 12. grafik hubungan diameter lekukan dengan selisih daya keluaran dengan panjang gelombang 1550 nm dan 1310 nm

Selisih daya keluaran yang dimaksud pada grafik diatas adalah selisih antara daya keluaran sebelum fiber diberi dilekukan dan daya keluaran ketika fiber sudah dilekukan. Berdasarkan gambar 12 yang menggambarkan hubungan diameter lengkungannya dengan selisih daya keluaran terlihat bahwa diameter lengkungannya sebesar 27cm memiliki selisih daya keluaran yang paling kecil diantara ketujuh diameter lekukan tersebut, baik untuk panjang gelombang 1550 nm maupun 1310 nm. Hal ini dikarenakan pada diameter lekukan sebesar 27 cm memiliki daya keluaran yang hampir mendekati dari daya awal ketika fiber masih lurus dalam artian fiber belum diberi perlakuan (dilekukan), sehingga menyebabkan selisih daya keluaran semakin kecil dibandingkan dengan keenam

diameter lekukan yang lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar diameter lengkungannya maka daya keluaran yang ditangkap *detector* juga semakin besar sehingga hal ini menyebabkan selisih daya keluaran (daya keluaran awal sebelum dilekukan – daya keluaran fiber setelah dilekukan) semakin kecil, dengan kata lain nilai rugi dayanya semakin kecil. Hal ini sama atau cocok dengan hasil perhitungan diatas (gambar 11 grafik hasil perhitungan). Sehingga dapat dikatakan bahwa pada diameter lengkungannya 27 cm nilai sensitivitas terhadap lengkungannya pada fiber optik multimode silica ini sangat kecil.

Dalam hal lekukan fiber optik, cahaya yang mengalami refraksi tidak akan dirambatkan didalam fiber optik karena sudut datang cahaya lebih kecil dari sudut kritis. Tetapi pada kenyataannya, dengan bertambahnya besar lekukan atau pembengkokannya, daya tidak akan hilang seluruhnya, melainkan hanya turun sampai pada batas pembengkokannya tertentu. Hal ini berkaitan dengan kemampuan serat optik untuk memerangkap cahaya yang datang, yaitu NA.

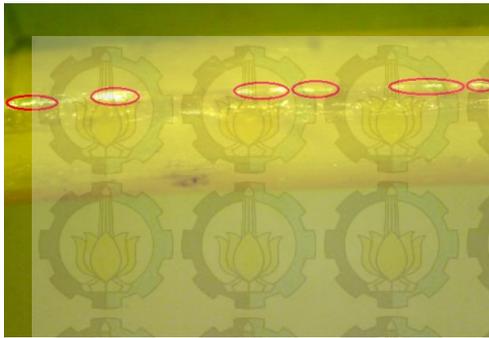
4.2 Analisa Pengaruh Variasi Panjang Pelukaan Fiber Terhadap Nilai Daya Keluaran



Gambar 13. grafik hubungan panjang pelukaan pada fiber dengan selisih daya keluaran dengan panjang gelombang 1550 nm dan 1310 nm



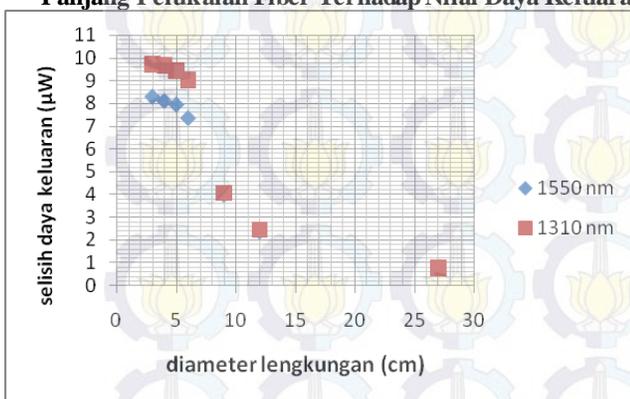
Gambar 14. Permukaan fiber optik yang telah dilukai sepanjang 0.5 cm



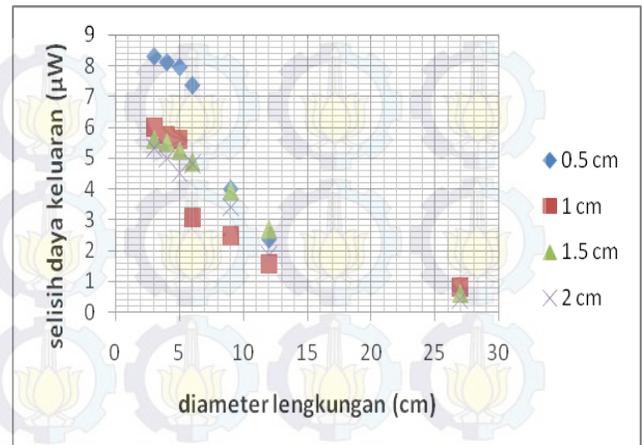
Gambar 15. Permukaan fiber optik yang telah dilukai sepanjang 2.5 cm

Berdasarkan gambar 13 yang menggambarkan hubungan panjang pelukaan pada fiber dengan selisih daya keluaran terlihat bahwa panjang pelukaan pada fiber 2.5 cm memiliki selisih daya keluaran yang paling besar diantara yang lainnya, baik untuk panjang gelombang 1550 nm maupun 1310 nm. Hal ini dikarenakan pada panjang pelukaan sebesar 2.5 cm memiliki daya keluaran yang terdeteksi pada *detector* sangat kecil dari pada daya awal ketika fiber masih lurus dan belum dilukai, sehingga menyebabkan selisih daya keluaran (daya awal sebelum dilukai – daya keluaran fiber yang sudah dilukai) semakin besar dibandingkan dengan keempat panjang pelukaan yang lainnya. Hal ini menunjukkan semakin besar panjang pelukaan pada fiber akan menyebabkan daya keluaran yang ditangkap *detector* semakin kecil sehingga hal ini menyebabkan selisih daya keluaran semakin besar, dengan kata lain nilai rugi dayanya semakin besar pula. Pada panjang pelukaan fiber sebesar 2.5 cm mengalami penurunan daya yang di tangkap oleh *detector* yang sangat dratis. Hal ini terjadi dikarenakan pada proses pelukaianya dimana permukaan fiber yang dilukai sebesar 2.5 cm ini mengalami pelukaan yang cukup bagus, dalam hal ini inti fiber atau core banyak yang terlihat (ditandai lingkaran merah) pada gambar 15 dibandingkan dengan panjang pelukaan pada fiber yang lainnya (gambar 14) dan hal itu terjadi bisa juga dikarenakan kesalahan pada saat pengambilan data.

4.3 Analisa Pengaruh Variasi diameter lengkungan dan Panjang Pelukaan Fiber Terhadap Nilai Daya Keluaran



Gambar 16. grafik hubungan panjang pelukaan pada fiber sebesar 0.5 cm dan dilekukan dengan selisih daya keluaran



Gambar 17. grafik hubungan panjang pelukaan pada fiber dan dilekukan dengan selisih daya keluaran dengan panjang gelombang 1550 nm

Berdasarkan gambar yang menggambarkan salah satu hubungan panjang pelukaan pada fiber dan dilekukan dengan selisih daya keluaran terlihat bahwa pada panjang gelombang 1550 memiliki nilai selisih daya keluaran yang paling kecil dari pada pada panjang gelombang 1310 nm. Hal ini berarti pada panjang gelombang 1310 nm nilai rugi daya yang terdeteksi lebih besar daripada panjang gelombang 1550 nm. Hal ini menunjukkan bahwa pada panjang gelombang 1310 nm memiliki sensitivitas lebih tinggi dibanding dengan sensitivitas dari serat optik dengan pemberian panjang gelombang 1550 nm. Hal ini membuktikan bahwa panjang gelombang sumber yang digunakan mempengaruhi moda-moda yang merambat pada serat optik. Moda sendiri yaitu banyaknya berkas cahaya yang dipancarkan oleh sumber optik berdasarkan panjang gelombang yang berbeda-beda pada masing-masing berkas.

Dan juga berdasarkan pada gambar 16 menggambarkan bahwa semakin besar diameter lengkungan maka semakin kecil nilai rugi dayanya. Hal ini seperti pada pembahasan 4.2. dimana pada hal ini fiber di lukai sekaligus dilengkungkan. Nilai rugi daya yang dihasilkan pada fiber yang telah dilukai sekaligus dilengkungkan lebih kecil (menurun) dari pada fiber nilai rugi daya yang hanya dilengkungkan saja dan nilai rugi daya yang hanya dilukai saja. Hal ini dikarenakan pada fiber yang dilukai sekaligus yang dilengkungkan itu memiliki rugi-rugi yang terdapat pada 2 aspek yaitu rugi fiber yang dilukai dan rugi daya fiber yang dilengkungkan. Pada dasarnya fiber optik yang masih belum dilekukan atau masih dalam keadaan lurus dan fiber yang belum dilukai itu sudah mengalami rugi-rugi. Rugi-rugi itu datang dari dalam fiber optik itu sendiri seperti halnya rugi dikarenakan tidak meratanya komposisi bahan *core*, yang menyebabkan penghamburan cahaya optik. Apalagi fiber itu diberi perlakuan seperti dilengkungkan ataupun dilukai maka akan mengalami rugi rugi yang lebih besar dari rugi-rugi yang belum diberi perlakuan.

Pada gambar 17 yang menggambarkan bahwa pada selisih daya keluaran terlihat bahwa pada panjang gelombang 1550 nm dan 1310 nm memiliki nilai selisih daya keluaran yang paling besar adalah pada panjang pelukaan fiber 0.5 cm jika

dibandingkan dengan panjang pelukaan pada fiber lainnya. Hal itu terjadi bisa saja karena proses pelukaan pada fiber tersebut tidaklah sempurna dan masih banyak fiber yang inti fiber tersebut masih tertutup dengan *cladding*nya seperti yang terlihat pada gambar 14 sampai gambar 15. Dan hal itu bisa saja terjadi dikarenakan kesalahan pada saat mengambil data. Pada panjang pelukaan fiber yang digunakan pada tahap ini yaitu tahap pelukaan sekaligus pelengkungan hanya sampai pada panjang pelukaan fiber sebesar 2cm karena pada panjang 2.5 cm daya yang di tangkap oleh *detector* mengalami penurunan yang sangat dratis. Sehingga memiliki rugi daya yang sangat besar. Maka pada tahap ini pelukaan pada fiber dengan panjang 2.5 cm tidak dipergunakan..

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Semakin besar diameter lengkungan maka daya keluaran yang ditangkap *detector* juga semakin besar. Hal ini akan menyebabkan selisih daya keluaran semakin kecil atau dengan kata lain nilai rugi dayanya semakin kecil pula., begitupun sebaliknya. Dan semakin besar panjang pelukaan pada fiber maka daya keluaran yang ditangkap *detector* semakin kecil. hal ini akan menyebabkan selisih daya keluaran semakin besar atau dengan kata lain nilai rugi dayanya semakin besar pula. Begitupun sebaliknya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, kedua orang tua, dosen pembimbing, seluruh elemen pengajar dan staf Jurusan Fisika, serta teman-teman penulis yang telah memberikan kelancaran, dukungan, dan motivasi kepada penulis dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azadeh, M. 2009. **Fiber Optiks Engineering**. New York. Springer Science and Business Media.
- [2] Dewi, M. S., 2010. **Kajian Karakteristik Rugi-Rugi pada Serat Optik Telkom karena Pembengkokan Makro**, Surakarta.
- [3] Djohan, N., 2009, **Soliton dalam Serat OPTik**. Jakarta.
- [4] Frederick, C.A., 1990, **Fiber Optiks Handbook For Engineers and Scientists**, McGraw-Hill, Inc., New York.
- [5] Hoss, RJ. 1993. *Fiber Optiks, second edition*. New Jersey-Hall
- Keiser, G. 1984. *Optikal Fiber Communication*. New York. Mc Graw Hill.
- [6] Keiser, G. 1991. *Optikal Fiber Communication 2nd Edition*. United State of America.
- [7] Krohn, D.A. 2000. *Fiber Optik sensor, Fundamental and application, 3rd*. New York: ISA.
- [8] Nugroho, D.Y., 2005. **Studi Pengukuran Rugi-Rugi Serat Optik pada Empat rute STO di Jawa Tengah dengan menggunakan OTDR tektonik TF S3031**. Skripsi jurusan fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- [9] Saleh, B.E.A., Teich, M.C., 2007, *Fundamentals of Photonics*. John Wiley & Sons, New York.

[10] Suematzu, Y. 1982. **introduction to optikal fiber communication**. John Willey & sons, inc

[11] Tricker, R., 2002, *Optoelectronic and Fiber Optik Technology*, Jordan Hill, Oxford.

[12] [http://assets.newport.com/ Photonics Technical Note # 25 Fiber Optiks](http://assets.newport.com/Photonics_Technical_Note_#25_Fiber_Optiks).

[13] http://www.testequipmentdepot.com/jdsu/olp-3x_datasheet.pdf