



TUGAS AKHIR - SF141501

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN SUHU DAN  
PERUBAHAN PANJANG KUPASAN CLADDING  
SERTA COATING TERHADAP RUGI DAYA  
YANG DIHASILKAN OLEH FIBER OPTIK  
*MULTIMODE SILIKA TIPE G-651***

RAHMI INTAN YUNIFAR  
NRP. 1111 100 030

Dosen Pembimbing  
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si

Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SF141501

# **ANALYSIS OF EFFECT OF TEMPERATURE CHANGES AND PEELING LENGTH CHANGES OF CLADDING AND COATING ON POWER LOSS OF MULTIMODE OPTICAL FIBER TYPES OF SILICA G-651**

**RAHMI INTAN YUNIFAR  
NRP 1111 100 030**

**Advisor  
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si**

**Physics Department  
Faculty of Mathematic and Science  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN SUHU DAN PERUBAHAN PANJANG KUPASAN CLADDING SERTA *COATING* TERHADAP RUGI DAYA YANG DIHASILKAN OLEH FIBER OPTIK MULTIMODE SILIKA TIPE G-651**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Bidang Optoelektronika  
Program Studi S-1 Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**RAHMI INTAN YUNIFAR**  
**NRP 1111 100 030**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Drs. Gontjang Prajimo M.Si.



*[Handwritten signature]*

**Surabaya**  
**Juli 2015**

# **ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN SUHU DAN PERUBAHAN PANJANG KUPASAN CLADDING SERTA COATING TERHADAP RUGI DAYA YANG DIHASILKAN OLEH FIBER OPTIK MULTIMODE SILIKA TIPE G-651**

**Nama Mahasiswa : Rahmi Intan Yunifar**  
**NRP : 1111100030**  
**Jurusan : Fisika FMIPA ITS**  
**Dosen Pembimbing : Drs. Gontjang Prajitno, M.Si**

## ***Abstrak***

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu dan perubahan panjang kupasan cladding serta coating terhadap nilai rugi daya yang dihasilkan oleh fiber optik multimode silika tipe G-651. Rugi daya yang dihasilkan diukur dengan alat ukur optical power meter. Variasi panjang kupasan yang digunakan yakni 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm. Pengukuran rugi daya dilakukan tiap perubahan panjang kupasan dan perubahan suhu dari sumber pemanas berupa lampu bohlam dengan daya 100 watt. Perubahan suhu diukur tiap kenaikan dan penurunan 1°C dari suhu awal. Panjang gelombang pada power source yang digunakan yakni 1310 nm dan 1550 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar panjang kupasan cladding dan coating serat optik menyebabkan nilai rugi daya semakin besar. Pada panjang gelombang sumber 1310 nm sensitivitas dari serat optik terhadap perubahan suhu lebih tinggi jika dibanding dengan sensitivitas dari serat optik dengan panjang gelombang sumber 1550 nm. Perlakuan pemberian suhu yang semakin tinggi mengakibatkan nilai intensitas daya keluaran yang ditangkap optical power meter semakin menurun, yang menunjukkan terjadi banyak rugi daya pada fiber optik yang diuji.*

**Kata Kunci**—intensitas daya keluaran, rugi daya, sensitivitas.

**ANALYSIS OF EFFECT OF TEMPERATURE  
CHANGES AND PEELING LENGTH CHANGES OF  
CLADDING AND COATING ON POWER LOSS OF  
MULTIMODE OPTICAL FIBER TYPES OF SILICA G-**

**651**

<b>Name</b>	<b>: Rahmi Intan Yunifar</b>
<b>NRP</b>	<b>: 1111100030</b>
<b>Department</b>	<b>: Physics Department, Faculty of Mathematic and Science</b>
<b>Advisor</b>	<b>: Drs. Gontjang Prajitno, M.Si</b>

**Abstract**

*This experiment to determine the effect of temperature changes and peeling length changes of cladding and coating on power loss of multimode optical fiber types of silica G-651. The resulted of loss was measured by an optical power meter. Variation cladding and coating peeling length in this experiment is 2 cm, 3 cm and 4,7 cm. Power loss measurement was conducted in temperature changes and peeling length changes with heating source light bulb 100 watt. Temperature changes were measured in every increasing and decreasing temperature of 1°C of the initial temperature. Wavelength variation in the power source used the 1310 nm and 1550 nm. The result from this experiment show that the greater peeling length of optical fiber cladding and coating cause the losses is getting bigger. At a wavelength source of 1310 nm, sensitivity of optical fiber to temperature changes is higher when compared with the sensitivity of optical fiber with a wavelength source of 1550 nm. The higher of temperature, result that the value of output power intensity is decreasing which shows a lot of loss in optical fiber.*

**Keyword :** *intensity of the output power, sensitivity, optical power meter*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul :

### **ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN SUHU DAN PERUBAHAN PANJANG KUPASAN *CLADDING SERTA COATING* TERHADAP RUGI DAYA YANG DIHASILKAN OLEH FIBER OPTIK MULTIMODE SILIKA TIPE G-651**

Penulis menyadari dengan terselesaiannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Ayah, ibu, adik, kakak, dan nenek tercinta yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan moral dan spiritual terhadap keberhasilan penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dirjen DIKTI yang telah memberikan beasiswa penuh kepada penulis selama menyelesaikan studi S1 Fisika ini dan turut andil dalam memberikan dana penelitian kepada penulis melalui program hibah sehingga sangat mendukung penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Drs. Gontjang Prajitno, M.Si, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan

bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.

5. Bapak Prof.Dr.Mahmud Zaki,M.Sc dan Bapak Drs.Hasto Sunarno,M.Sc selaku dosen penguji atas semua ilmu, kritik dan saran yang diberikan kepada penulis.
6. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono, M. Eng dan Bu Dr. Melania Suweni Muntini, M.T selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA ITS.
7. Bapak Dr. Eko Minarto dan Bu Faridawati, M.Si selaku Ketua Program Studi dan Sekretaris Program Studi S1 Jurusan Fisika FMIPA ITS.
8. Bapak Prof. Suminar Pratapa selaku dosen wali penulis yang telah membantu penulis dalam hal akademik.
9. Seluruh Staf Pengajar di Jurusan Fisika ITS. Kepala Laboratorium Optoelektronika, Kepala Laboratorium Instrumentasi, Kepala Laboratorium Fisika Zat Padat, dan juga segenap staf laboran disana yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Staf laboran Laboratorium Optoelektronika, Miftahul Ghofar yang selalu siap sedia membantu penulis dalam hal penyediaan material maupun alat saat pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Staff laboran instrumentasi, mbak Devi yang selalu siap sedia membantu penulis dalam hal penyediaan material maupun alat saat pengerjaan Tugas Akhir ini.
12. Seluruh karyawan PT.TELKOM wilayah Sidoarjo khususnya Bapak Anang ,Bapak Agus Harsanto, Bapak Nur yang telah memberikan ilmu dan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian fiber optik.

13. Rekan seperjuangan fiber optik M.Ainul Yaqin dan Afani Sakinah atas kerja samanya dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.
14. Rekan-rekan seperjuangan penelitian Laboratorium Optoelektronika dan Instrumentasi Mbak Rizqa, Mas Alan, Mas Haerul, Mbak Lucky, Gusti, Emy, Aris, Fajar, Fristia yang selalu terbuka dalam memberikan arahan .
15. Bpk Sekartedjo selaku kepala lab Fotonika jurusan Teknik Fisika ITS atas pemberian izin kepada penulis untuk meminjam alat splicer .
16. Mbak Putriya dan Mas Reza selaku asisten laboratorium lab Fotonika Teknik Fisika ITS yang telah memberikan arahan dan pengetahuan kepada penulis mengenai penyambungan fiber optik.
17. Teman-teman Foton 2011 yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis selama masa kuliah, serta banyak memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis dalam hal penggerjaan sekaligus penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan

Surabaya, 24 Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	iii
<b>ABSTRAK.....</b>	iv
<b>ABSTRACT.....</b>	v
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	vi
<b>DAFTAR ISI.....</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	xi
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	xv

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Struktur Serat Optik.....	5
2.2 Jenis-Jenis Serat Optik.....	6
2.3 Mekanisme Pemanduan Gelombang Cahaya dalam Serat Optik.....	11
2.4 Numerical Aperture.....	13
2.5 Hubungan antara Suhu dengan Rugi Daya pada Serat Optik.....	14
2.6 <i>Optical Power Meter</i> dan <i>Power Source</i> .....	16
2.7 Rugi-rugi Intrinsik dalam Serat Optik.....	19

### **BAB III METODOLOGI**

3.1 Peralatan dan Bahan.....	21
3.1.1 Peralatan.....	21
3.1.2 Bahan.....	21

3.2	Diagram Kerja Penelitian.....	22
3.3	Prosedur Kerja.....	23
3.3.1	Perancangan Kerangka Alat Percobaan.....	23
3.3.2	Pengujian Alat Dengan Variasi Panjang Kupasan dan Panjang Gelombang Power Source Yang Digunakan .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Analisa Variasi Panjang Kupasan Cladding dan Coating serta Suhu Terhadap Nilai Daya Keluaran.....	31
4.2	Analisa Pengaruh Panjang Gelombang Sumber Yang Digunakan terhadap Nilai Intensitas Daya Keluaran...	36
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran.....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		43
<b>LAMPIRAN A.....</b>		45
<b>LAMPIRAN B.....</b>		94
<b>LAMPIRAN C.....</b>		95
<b>BIODATA PENULIS.....</b>		97

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1	Spesifikasi <i>optical power source</i> ( OLS-35).....	18
Tabel 2	Spesifikasi <i>optical power meter</i> (OLP-35).....	18

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema bagian penyusun serat optic.....	6
Gambar 2.2	Perbandingan <i>singlemode step index</i> , <i>multimode step index</i> dan <i>multimode gradded index</i> serat optic.....	7
Gambar 2.3	Struktur multimode step index.....	7
Gambar 2.4	Struktur multimode gradded index.....	8
Gambar 2.5	Struktur singlemode step index.....	9
Gambar 2.6	Dimensi Core dan cladding serat optik dari bahan (a) gelas singemode dan multimode (b) POF multimode.....	10
Gambar 2.7	Proses pemantulan dan pembiasan cahaya pada serat optik.....	11
Gambar 2.8	Proses terjadinya sudut kritis ( $\emptyset_c$ ) dan pemantulan dalam total pada serat optik.....	12
Gambar 2.9	Sketsa perambatan sinar pada serat optik <i>step index</i> .....	13
Gambar 2.10	<i>Optical power meter</i> dan <i>power source</i> .....	17
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	22
Gambar 3.2	Skema alat percobaan.....	23
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian pengujian alat dengan variasi panjang kupasan.....	25
Gambar 3.4	Proses pengupasan cladding dan coating serat optic.....	26
Gambar 3.5	Proses pembersihan fiber dengan tissu yang diberi alcohol.....	26
Gambar 3.6	Peletakan fiber dikaleng bagian bawah dengan konektor pada ujung-ujung fiber disambungkan ke power meter dan power source.....	27
Gambar 3.7	Termometer digital yang digunakan dalam penelitian.....	28
Gambar 3.8	Optical power source yang digunakan dalam	

Gambar 3.9	penelitian.....	28
	Optical Power meter untuk mengamati nilai rugi daya.....	29
Gambar 3.10	Kaleng bagian atas untuk meletakkan sumber pemanas berupa lampu bohlam 100 W.....	29
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm untuk Suhu Naik.....	31
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm untuk Suhu Turun.....	32
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1550 nm untuk Suhu Naik.....	32
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1550 nm untuk Suhu Turun.....	33
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 2 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Naik.....	36
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 2 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Turun.....	37
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 3 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Naik.....	37
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 3 cm dengan	

	Panjang Gelombang Sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Turun.....	38
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 4,7 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Naik.....	38
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang kupasan 4,7 cm dengan panjang gelombang sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Turun.....	39

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A	Data Hasil Pengukuran Intensitas Daya Keluaran pada Panjang Gelombang 1310 nm dan 1550 nm dengan Panjang Kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm.....	45
Lampiran B	Data Sheet Optical Power Meter .....	94
Lampiran C	Data Sheet Power Source.....	95

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Saat ini serat optik selain diaplikasikan di bidang telekomunikasi juga dapat diaplikasikan sebagai sensor untuk mengukur besaran fisis seperti suhu, pergeseran, tekanan, kelembaban, konsentrasi suatu zat, medan listrik, serta medan magnet. Pengembangan sistem sensor pada serat optik dikarenakan beberapa keunggulan dari serat optik yaitu tidak kontak langsung dengan obyek pengukuran sehingga tidak merusak atau merubah keadaan obyek pengukuran, tidak menggunakan listrik sebagai isyarat sehingga tidak menimbulkan percikan api atau ledakan, hasil pengukuran menggunakan serat optik mempunyai akurasi yang tinggi (orde panjang gelombang cahaya yang digunakan), relatif kebal terhadap induksi listrik maupun magnet, sensor menggunakan serat optik dapat dimonitor dari jarak jauh, dapat dihubungkan dengan sistem komunikasi data melalui perangkat antar muka (*interface*) serta memiliki dimensi yang kecil dan ringan sehingga mudah dalam penginstalannya (Samian, 2008).

Selain itu pemilihan serat optik sebagai sensor karena memiliki berbagai keunggulan yakni ukurannya yang kecil, dapat melewati cahaya, bandwith yang lebar, sensitivitas yang tinggi, tidak terkontaminasi lingkungan (Bestariyan,2011)

Namun, kelebihan-kelebihan fiber optik seperti yang telah dijelaskan diatas terkendala jika mengalami gangguan dari kondisi lingkungan yang tidak normal, misalnya kondisi suhu lingkungan. Padahal syarat utama bagi sumber cahaya yang akan digunakan pada sistem sensor serat optik berbasis perubahan intensitas cahaya adalah kestabilan intensitas cahaya yang ditransmisikan. Perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh detektor adalah besaran fisis yang dideteksi oleh sensor. Efek dari pemberian panas pada fiber optik akan menyebabkan terjadinya rugi daya informasi yang ditansmisikan oleh fiber (Sujito dkk, 2012).

Pada kajian sebelumnya oleh (Sujito dkk, 2012) mengenai pengaruh perubahan temperatur terhadap rugi daya serat optik *singlemode* SMF-28 dengan variasi suhu berkisar antara -14°C hingga 30°C untuk berbagai panjang gelombang yang berbeda yakni 1310 nm, 1490 nm, 1550 nm, 1625 nm. Hasil penelitian menunjukkan pada variasi suhu yang diberikan untuk berbagai panjang gelombang yang berbeda terdapat redaman yang bervariasi pula. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh variasi suhu dan panjang gelombang yang digunakan juga berpengaruh terhadap nilai rugi daya yang dihasilkan oleh serat optik (Sujito dkk, 2012).

Telah dilakukan penelitian mengenai karakteristik sifat *thermo optik directional coupler* jenis *silica singlemode* SMF-28 berdasar kemampuan menghantar daya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek peningkatan temperatur pada serat optik *singlemode* terhadap rugi daya yang dihasilkan. Panas yang dihasilkan dari pemanas digunakan untuk memberikan efek *thermo optic* pada serat optik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar suhu maka semakin besar *loss totalnya* (Sujito dkk, 2014).

Berdasarkan eksperimen (Tegar Bestariyan, 2011) penggunaan serat optik sebagai sensor suhu telah dilakukan dengan memanfaatkan struktur serat optik SMS (*Singlemode, Multimode, Singlemode*) serta menggunakan OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) untuk pengukuran suhu *multipoint* yang dikenakan pada serat optik. Sensor suhu serat optik berstruktur SMS dengan panjang serat optik *multimode* dan panjang gelombang tertentu memiliki karakteristiknya masing-masing. Sensor suhu dapat bekerja dengan baik untuk setiap panjang serat optik *multimode* 5, 6, 7, dan 8 cm dengan panjang gelombang 1310 dan 1550 nm (Tegar Bestariyan, 2011).

Berdasarkan hasil beberapa penelitian sebelumnya yang telah dijelaskan diatas, pada penelitian ini dilakukan eksperimen pengaruh pemberian variasi panjang kupasan *cladding* serta *coating* terhadap rugi daya yang dihasilkan fiber optik fiber optik

*multimode* silika dengan diameter *core* 62,5  $\mu\text{m}$  dan diameter *cladding* 125  $\mu\text{m}$ . Alat ukur rugi daya menggunakan *Optical Power Meter* (OPM). Sumber cahaya yang digunakan menggunakan *power source* dengan variasi panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm. sumber pemanas berasal dari lampu bohlam dengan daya 100 watt.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh perubahan suhu dan perubahan panjang kupasan *cladding* serta *coating* terhadap rugi daya yang dihasilkan oleh fiber optik *multimode* silika tipe G-651 ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu dan perubahan panjang kupasan *cladding* serta *coating* terhadap rugi daya yang dihasilkan oleh fiber optik *multimode* silika tipe G-651.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan jenis fiber optik yaitu *multimode (gradded index)* silika tipe G-651 dengan diameter *core* 62,5  $\mu\text{m}$  dan diameter *cladding* 125  $\mu\text{m}$ . Serta nilai indeks bias efektif untuk panjang gelombang 1310 adalah 1,466 dan untuk panjang gelombang 1550 adalah 1,467.
2. Alat ukur yang digunakan pada eksperimen ini adalah *Optical Power Meter* (OPM) tipe OLP-35 untuk mengukur nilai daya keluaran pada fiber.

3. Sumber cahaya yang digunakan menggunakan *power source* tipe OLP-35 dengan tipe sumber cahaya laser dan variasi panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm.
4. Sumber pemanas berasal dari lampu bohlam dengan daya 100 watt.
5. Dalam penelitian digunakan termometer digital untuk mengetahui besarnya suhu yang ditimbulkan oleh pemanas.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu dan perubahan panjang kupasan *cladding* serta *coating* terhadap rugi daya yang dihasilkan oleh fiber optik *multimode* silika tipe G-651.

### **1.6 Sistematika Laporan**

Hasil penelitian ini dituliskan dalam lima bab. Bab I berisi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah, dan manfaat penelitian. Bab II berisi tinjauan pustaka yang dijadikan sumber acuan dilakukannya penelitian ini. Bab III berisi metodologi penelitian dan uraian lengkap tentang langkah-langkah dilakukannya penelitian. Bab IV memuat hasil data pengujian dan pengukuran yang dilakukan serta analisa dan pembahasan terkait apa yang terjadi dalam penelitian dan hasilnya. Dan yang terakhir adalah Bab V yang berisi kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian lebih lanjut.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

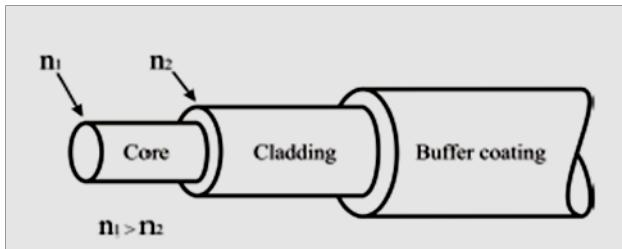
#### **2.1 Struktur Serat Optik**

Serat optik adalah pandu gelombang dielektrik atau media transmisi gelombang cahaya yang terbuat dari bahan silika atau plastik berbentuk silinder. Serat optik terdiri dari bagian *core* yang dikelilingi oleh bagian yang disebut *cladding*. Bagian terluar dari serat optik disebut *coating* yang berfungsi sebagai pelindung. Bagian *core* merupakan jalur utama pemanduan gelombang cahaya yang mempunyai indeks bias terbesar  $n_1$ . Sedangkan bagian *cladding* mempunyai indeks bias  $n_2$  yang nilainya lebih kecil dari  $n_1$  (keiser, 1991).

Struktur fiber optik terdiri atas 3 bagian, yaitu :

1. Bagian yang paling utama dinamakan inti (*core*) yang berfungsi sebagai media pemandu cahaya (*guided medium*). Core biasanya terbuat dari kaca atau plastik (Plastik *Optical Fiber*) yang memiliki diameter antara 8-50  $\mu\text{m}$ . Ukuran *core* akan mempengaruhi karakteristik serat optik. *Core* memiliki indeks bias yang lebih besar dari *cladding*.
2. Bagian kedua dinamakan lapisan selimut/selubung (*cladding*) yang berfungsi sebagai bidang batas pemantul agar cahaya optik yang dirambatkan dapat dipantulkan total lagi kedalam *core* sehingga cahaya dapat dipandu sampai diujung lainnya. *Cladding* memiliki nilai indeks bias yang lebih kecil dari *core*. Hubungan indeks bias antara *core* dan *cladding* akan mempengaruhi perambatan cahaya pada *core* (berpengaruh terhadap besarnya sudut kritis).
3. Bagian ketiga dinamakan jaket (*coating*) yang terbuat dari bahan plastik serta berfungsi sebagai pelindung mekanis serat optik agar serat optik lebih tahan terhadap gangguan eksternal.

Berikut ini merupakan skema bagian-bagian penyusun serat optik:

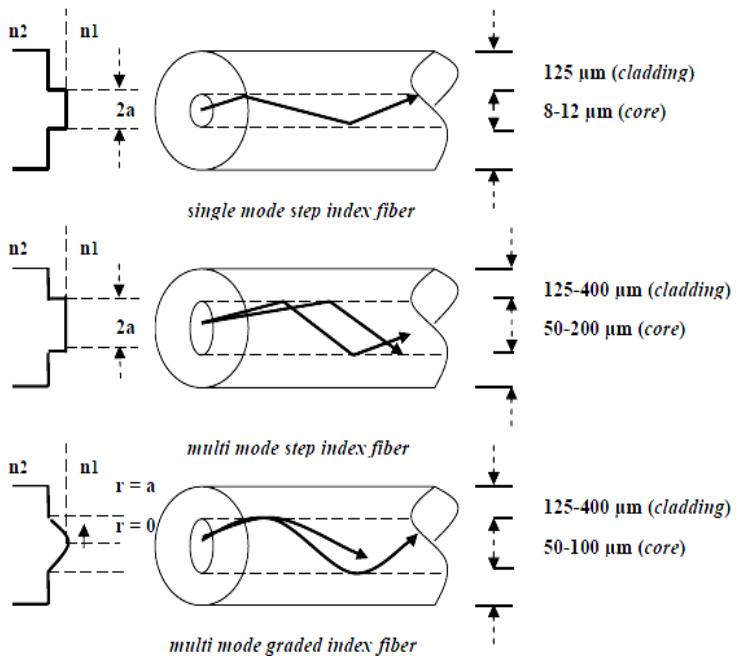


**Gambar 2.1.** Skema bagian penyusun serat optik

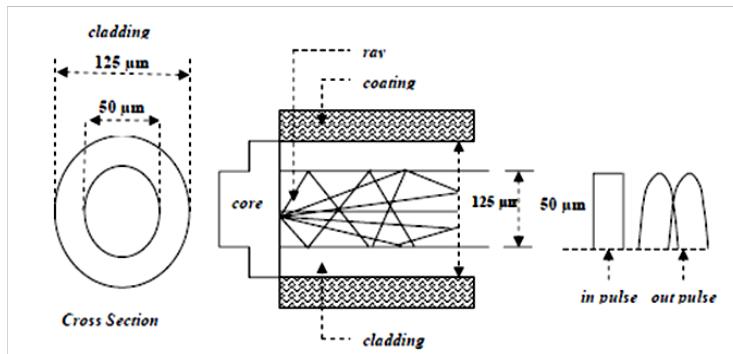
## 2.2 Jenis-Jenis Serat Optik

Berdasarkan struktur indeks bias bahan bagian *core*, serat optik terbagi menjadi dua jenis yaitu serat optik *step index* dan serat optik *graded index*. Pada serat optik *step index*, memiliki satu indeks bias yang homogen baik ditengah core sampai batas *core* dan *cladding*. Sedangkan *gradded index* memiliki indeks bias berubah pada *core* nya, indeks bias semakin besar saat mendekat ke tengah sumbu core dan menurun secara gradual pada batas *core* dengan *cladding* (Power,1997).

Dalam transmisi serat optik dikenal istilah moda yakni banyaknya berkas cahaya yang dipancarkan oleh sumber optik berdasarkan panjang gelombang yang berbeda pada masing-masing berkas. Berdasarkan jumlah moda yang terpandu, serat optik dibedakan menjadi dua yaitu serat optik moda tunggal (*singlemode*) dan moda jamak (*multimode*). Disebut *singlemode* jika hanya satu moda gelombang yang dapat dipandu dan *multimode* jika moda gelombang yang terpandu lebih dari satu. (suematzu,1982). Perbandingan struktur serat optik *multimode step index* dan *gradded index* serta profil indeks biasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

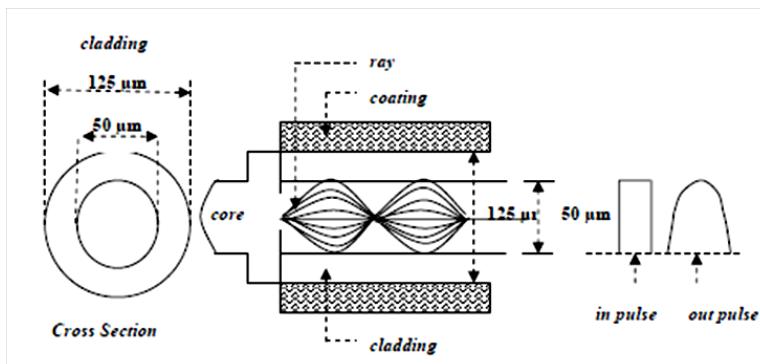


**Gambar 2.2.** Perbandingan *Single Mode Step Index*, *Multi Mode Step Index* dan *Multi Mode Gradded Index* serat optik (Keiser,1991)



**Gambar 2.3** Struktur *Multimode Step Index*

Pada *multimode step index* cahaya yang digunakan untuk mengirimkan informasi akan mengalami banyak pemantulan sehingga energi cahaya yang dipancarkan sebagian akan berkurang atau hilang. Pada bagian kanan gambar menunjukkan respon bila diinputkan sebuah pulsa kotak, maka *output* tidak sama dengan *input*. *Multimode* berarti dalam pengiriman data, berkas cahaya yang dipancarkan dari pengirim hingga penerima melalui jalur yang berbeda-beda. Hal ini menyebabkan panjang lintasan tiap berkas cahaya sampai di penerima tidak sama. Sehingga dibagian detektor cahaya, pulsa yang diterima akan mengalami pelebaran akibat waktu tempuh yang berbeda-beda sehingga penerimaan tidak dalam waktu yang bersamaan yang disebut *dispersion mode* (Nugroho,2005).

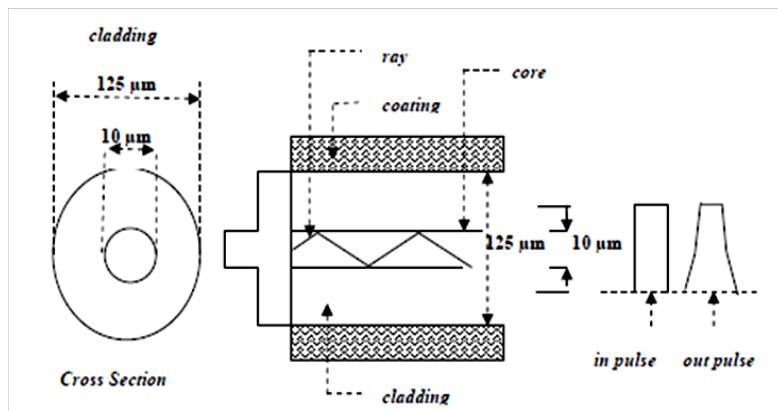


**Gambar 2.4 Struktur Multimode Gradded Index**

Pada jenis fiber optik "Graded indeks" terdapat perubahan dalam indeks bias, dimana besarnya indeks bias inti mengecil ke arah perbatasan inti dengan selubungnya. Dengan menurunya indeks bias inti ke arah batas inti dengan selubung menyebabkan terjadinya pembiasan pada inti sehingga perambatan berkas cahayanya akan melengkung sedangkan kecepatan propagasi antara berkas cahaya yang datang dengan sudut datang yang lebih besar akan lebih cepat dibandingkan dengan berkas cahaya yang

datang dengan sudut datang yang lebih kecil. Jadi walaupun lintasan yang ditempuh mempunyai jarak yang berlainan maka berkas-berkas cahaya yang merambat pada jenis serat optik ini akan mencapai *output* dalam waktu yang relatif sama sehingga pulsa di *output* hanya mengalami pelebaran pulsa (dispersi) yang lebih kecil bila dibandingkan dengan pelebaran pulsa output yang terjadi pada serat optik jenis *multi mode step indeks* (Keiser,1991).

Sifat-sifat *multimode gradded index* yakni harganya yang relatif mahal karena memerlukan proses pembuatan *core* yang lebih sulit, dispersi minimum, cahaya merambat karena difraksi yang terjadi pada *core* sehingga sehingga rambatan cahaya sejajar dengan sumbu serat (Nugroho,2005).



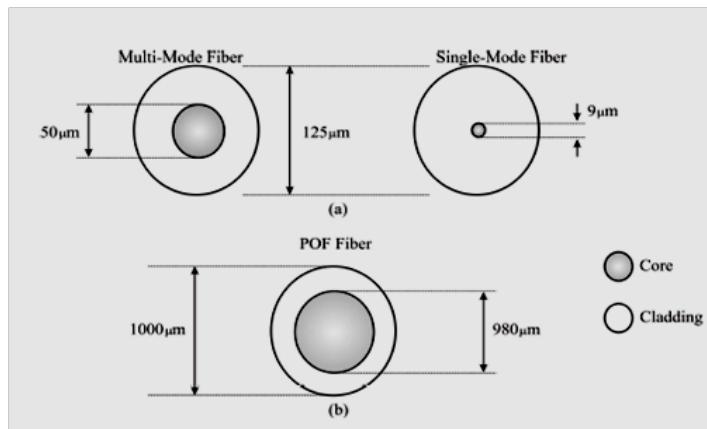
Gambar 2.5 Struktur *Singlemode Step Index*

Dalam *single mode fiber* hanya terjadi satu jenis *mode* perambatan berkas cahaya saja, sehingga tidak akan terjadi pelebaran pulsa di tingkat *output*-nya. Karena diameternya terlalu kecil maka akan sedikit menyulitkan dalam proses penyambungan. Disamping itu diperlukan sumber optik yang mempunyai spektrum yang sangat sempit untuk mengusahakan

efisiensi kopling yang tinggi dari sumber optik ke inti fiber optik tersebut. Karena tidak terjadi dispersi (pelebaran) pulsa maka fiber optik jenis ini akan mampu mentransmisikan informasi dengan *bandwidth* yang besar (Keiser,1991).

Sifat-sifatnya antara lain harga yang relatif mahal, diameter *core* yang sangat kecil dibanding *cladding*, sehingga penyambungan juga relatif lebih sulit serta NA yang kecil sehingga memerlukan *laser* sebagai *optical source*, cahaya merambat dalam satu *mode* saja yaitu sejajar dengan sumbu optik, digunakan pada transmisi data dengan *bit rate* yang tinggi (mencapai orde *Gigabyte per second*) (Nugroho,2005).

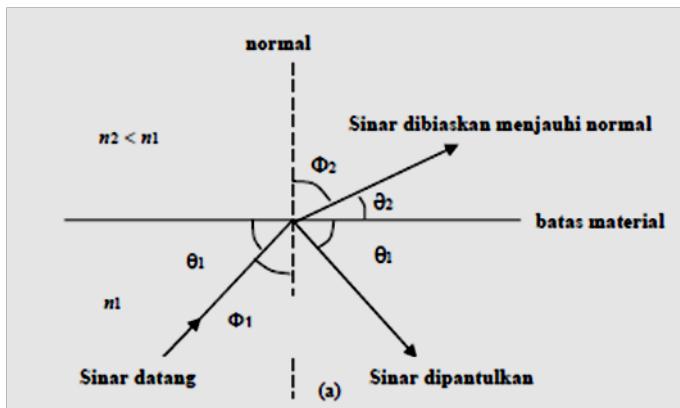
Secara umum, serat optik terbuat dari bahan gelas (silica) atau plastik. Dimensi *core* dan *cladding* untuk serat optik *multimode* dari bahan gelas seperti yang diperlihatkan gambar 2.5. Untuk serat optik dari bahan plastik atau POF (Plastic Optical Fiber) umumnya *multimode* dengan dimensi *core* dan *cladding* berbeda dari serat optik berbahan gelas. POF memiliki dimensi *core* yang jauh lebih besar daripada *cladding*, khususnya untuk POF berdiameter *core* besar.



**Gambar 2.6.** Dimensi *core* dan *cladding* serat optik dari bahan (a) gelas *singlemode* dan *multimode* (b) POF *multimode*

## 2.3 Mekanisme Pemanduan Gelombang Cahaya dalam Serat Optik

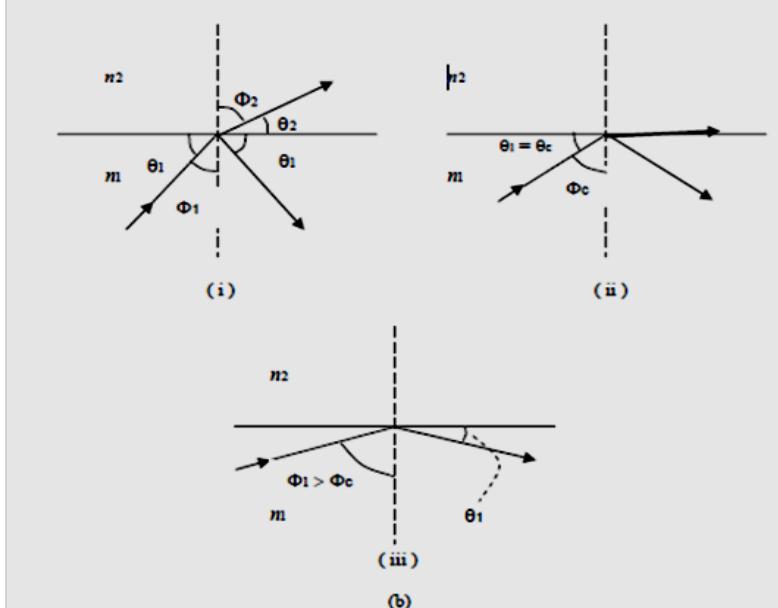
Mekanisme pemanduan gelombang cahaya dalam serat optik didasarkan pada prinsip pemantulan dalam total (*Total Internal Reflection*) pada bidang batas *core* dan *cladding* sesuai dengan hukum Snellius.



**Gambar 2.7** Proses pemantulan dan pembiasan cahaya pada serat optik

Penerapan hukum snellius didasarkan 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 begitu juga sebaliknya. Pada bidang batas antara core dan cladding dalam gambar 2.7, jika sudut  $\Phi_1$  diperbesar secara gradual maka pada sudut tertentu sinar akan dibiaskan pada bidang batas kedua medium yaitu bidang batas *core* dan *cladding* (sinar tidak dibiaskan pada *cladding*) sehingga membentuk sudut bias  $90^\circ$ . Sudut  $\Phi_1$  pada keadaan tersebut dinamakan sudut kritis yang dilambangkan dengan  $\Phi_c$ . Dengan menggunakan hukum Snellius diperoleh nilai sudut  $\Phi_c$  seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 n_1 \sin \theta &= n_2 \sin \phi_1, \text{ dengan nilai } \phi_1 = 90^\circ \\
 n_1 \sin \phi_c &= n_2 \sin 90^\circ \\
 \sin \phi_c &= \frac{n_2}{n_1} \\
 \phi_c &= \arcsin \frac{n_2}{n_1}
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

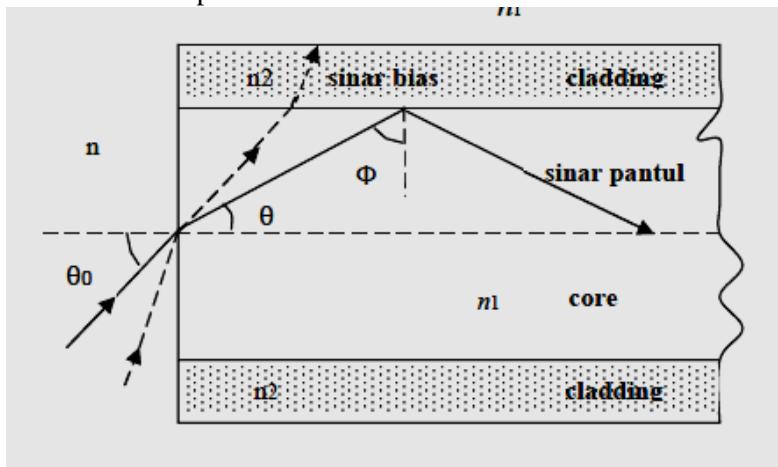


**Gambar 2.8** Proses terjadinya sudut kritis ( $\phi_c$ ) dan pemantulan dalam total pada serat optik (Keiser,1991).

Bila sudut datang lebih besar dari sudut kritis maka berkas cahaya datang tidak ada yang dibiasakan ke *cladding*, melainkan semuanya dipantulkan ke dalam *core* dan inilah yang disebut pantulan dalam total (Keiser,1991).

## 2.4 Numerical Aperture (NA)

*Numerical aperture* (NA) adalah suatu ukuran kemampuan serat optik untuk menangkap sinar yang berasal dari sumber optik. Sehingga semakin besar NA menandakan semakin tinggi efisiensi dari suatu sumber optik dalam mengkopling sinar-sinar ke dalam serat optik.



**Gambar 2.9.** Sketsa perambatan sinar pada serat optik *step index* (Keiser,1991)

Penerapan hukum snellius pada bidang batas udara dan *core* adalah sebagai berikut:

$$n_0 \sin \theta_{0,max} = n_1 \sin \theta_t \quad (2.2)$$

karena  $\theta_t = \frac{\pi}{2} - \theta_c$ , maka persamaan (2.2) menjadi:

$$n_0 \sin \theta_{0,max} = n_1 \cos \theta_c \quad (2.3)$$

dengan menggunakan relasi trigonometri  $\sin^2 \theta_c + \cos^2 \theta_c = 1$ , persamaan (2.3) dapat dituliskan sebagai:

$$n_0 \sin \theta_{0,max} = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_c} \quad (2.4)$$

substitusi persamaan (2.1) ke persamaan (2.4), maka didapatkan

$$n_0 \sin \theta_{0,max} = n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}},$$

$$n_0 \sin \theta_{0,max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}. \quad (2.5)$$

maka sinar yang memiliki sudut masukan  $\theta_0$  lebih kecil dari  $\theta_{0,max}$  akan dipantulkan seluruhnya pada bidang antarmuka core-cladding. Persamaan (2.5) juga didefinisikan sebagai tingkap numerik atau *numerical aperture* NA yang menyatakan hubungan sudut sinar masukan dengan indeks bias ketiga medium (udara, core dan cladding)(Keiser, 1991).

$$NA = n_0 \sin \theta_{0,max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.6)$$

Dengan n adalah indeks bias udara =1, n<sub>1</sub> adalah indeks bias inti dan n<sub>2</sub> adalah indeks bias selubung (*cladding*).

Berdasarkan gambar 2.9 diatas,  $\theta_{0,max}$  merupakan batas agar sinar dapat melewati serat optik. Dan sudut inilah yang disebut *Numerical Aperture* (NA). Sinar tidak dapat melewati serat optik jika datang dengan sudut lebih besar dari  $\theta_{0,max}$ . Semua sinar dengan sudut datang kurang dari  $\theta_{0,max}$  dapat masuk dan melawati atau dengan kata lain sinar ini terpandu dalam serat optik. Nilai NA untuk serat optik step index berkisar antara 0,2 – 0,5 dan serat optik *graded index* disekitar 0,2 (Hoss,1993).

## 2.5 Hubungan Suhu dengan Rugi Daya pada Serat Optik

Suhu didefinisikan sebagai tingkat atau derajat tertentu dari panas atau dinginnya sesuatu sebagai referensi pada skala tertentu. Dan juga dapat didefinisikan sebagai jumlah energi panas yang dimiliki oleh suatu benda atau sistem. Energi panas berkaitan langsung dengan energi molekular (getaran, gesekan dan osilasi partikel dalam sebuah molekul, semakin tinggi energi panas, maka semakin besar energi molekul (Bestariyan, 2011).

Terdapat dua parameter yang mencirikan pengaruh suhu pada serat optik yaitu koefisien muai termal (*Thermal Expansion Coefficient* = TEC) dan koefisien *termo-optik* (*Thermo-Optic Coefficient* = TOC). Koefisien muai termal mencirikan ekspansi

fisik atau kontraksi volume suatu material, sedangkan koefisien termo-optik mencirikan perubahan indeks bias sebagai respon dari perubahan suhu. Dengan menggunakan koefisien muai termal dan koefisien *termo-optik*, maka perubahan panjang serat optik ( $\Delta L$ ), perubahan jari-jari inti ( $\Delta a$ ), dan perubahan indeks bias ( $\Delta n$ ) akibat dari perubahan suhu ( $\Delta T$ ), masing-masing dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T \quad (2.7)$$

$$\Delta a = \alpha a \Delta T \quad (2.8)$$

$$\Delta n = \beta n \Delta T \quad (2.9)$$

Dimana  $\alpha$  = koefisien muai termal dan  $\beta$  = koefisien termo-optik. Untuk fiber silika nilai koefisien muai termal adalah  $\alpha = 0,55 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Sedangkan nilai koefisien termo optik  $\beta = 6,9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Bedasarkan persamaan (2.7),  $\alpha$  adalah perubahan panjang per satuan panjang awal per derajat perubahan temperatur. Koefisien linier dari sebuah objek didefinisikan sebagai perubahan panjang suatu objek karena adanya kenaikan temperatur  $1^\circ\text{C}$ . Efek-efek yang biasa terjadi akibat perubahan temperatur adalah perubahan ukuran dan perubahan keadaan bahan. Perubahan dimensi linier dari suatu objek, seperti panjang, lebar atau tebalnya karena adanya kenaikan terperatur  $1^\circ\text{C}$  dinamakan koefisien ekspansi termal linier atau koefisien ekspansi linier (Arifin,2015).

Berdasarkan persamaan (2.7), (2.8) dan (2.9) bahwa perubahan suhu mengakibatkan terjadinya pemuaian baik panjang maupun jari-jari, dan penurunan indeks bias pada serat optik mengakibatkan terjadinya rugi daya. Semakin besar suhu yang diberikan kepada serat optik, maka daya keluaran akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena terjadi perubahan deformasi pada serat optik yaitu perubahan panjang, perubahan jari-jari dan perubahan indeks bias. Akibat perubahan deformasi tersebut menyebabkan daya hilang pada permukaan serat optik dan

menimbulkan penurunan nilai daya keluaran yang terdeteksi (Arifin,2015).

Efek dari perubahan temperatur terhadap indeks bias efektif dideskripsikan sebagai berikut:

$$\Delta n_{eff} = \xi n_{eff} \Delta T \quad (2.10)$$

Persamaan 2.10 diatas menjelaskan efek dari pemuaian termal optik pada material silika yang diukur sebagai  $\frac{dn}{dT} \sim 1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , koefisien komposit dilambangkan dengan  $\xi \approx 7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  yang lebih tinggi daripada efek ekspansi termal. Kemudian fase  $\phi = n_{eff} k L$  akan termodulasi oleh perubahan temperatur sebagai berikut:

$$\Delta \phi = (\alpha + \xi) n_{eff} k L \Delta T \quad (2.11)$$

Adanya variasi temperatur membawa tegangan termal yang datang dari perbedaan koefisien ekspansi termal antara fiber dan struktur luar termasuk jaket (Fang Zujie dkk, 2012)

Sinar yang merambat pada serat optik tidak hanya mengalami peristiwa pemantulan, pembiasan serta pemantulan dalam total tetapi juga mengalami peristiwa lain seperti efek elastooptik dan efek *thermooptik*. Adanya peristiwa tersebut menyebabkan terjadinya ketidak sempurnaan fiber optik dalam menyampaikan data yang dipandu, atau dengan kata lain terjadi rugi daya (*loss*) yang diterima oleh detektor. Besarnya nilai rugi daya disebut *loss* atau *attenuasi*. Atenuasi adalah besaran pelemahan energi sinyal informasi yang diterima pada bagian output (Sujito,2012).

## 2.6 Optical Power Meter (OPM) dan Power Source

Optical power meter digunakan untuk menentukan *loss* (rugi) daya cahaya pada saluran fiber optik. Untuk mengukur redaman menggunakan satuan dB (desibel), yaitu perbandingan daya, tegangan maupun arus antara dua titik dalam bentuk logaritma.

Satuan desibel tidak absolut karena hanya membandingkan level masukan dan keluaran suatu sistem. Untuk satuan absolut adalah sebagai berikut:

1. dBm : menyatakan perbandingan antara level suatu sinyal yang diukur dengan sinyal referensi 1 mW.

$$P (\text{dBm}) = 10 \log \frac{P_1}{1 \text{ mW}} \quad (2.12)$$

2. dBW: menyatakan level daya terhadap referensi daya 1 watt.  
Daya (dBw) =  $10 \log P (\text{watt})/1 \text{ watt}$

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

$$\text{Loss} = P_{\text{in}} - P_{\text{out}} \quad (2.13)$$

Atau

$$\text{Loss} = 10 \log (P_{\text{in}} / P_{\text{out}}) \quad (2.14)$$

Keterangan:

Loss = besarnya redaman atau daya yang hilang (dB)

$P_{\text{in}}$  = daya masukan

$P_{\text{out}}$  = daya keluaran

Jika daya keluaran lebih kecil dari daya masukan maka persamaan (2.14) menjadi negatif (J.Laferriere dkk.2011).



**Gambar 2.10.** Optical power meter dan power source

Pada penelitian ini digunakan *optical power meter* dan *power source* seperti pada gambar 2.12 dengan tipe OMK-35 yang memiliki spesifikasi *power source* dengan dua panjang gelombang *singlemode* serta satu port laser. Sedangkan power meter dengan *UPP (Universal Push Pull) interface* 2,5 mm untuk pengukuran *power level* dan *losses*. Berikut ini merupakan spesifikasi *power source* dan *optical power meter*:

Tabel 1 Spesifikasi *Optical power source* ( OLS-35)

Tipe sumber	Laser
Tipe fiber	Singlemode (9/125 $\mu\text{m}$ )
Tipe antarmuka optik	PC (1 port tunggal untuk seluruh panjang gelombang)
Konektor antar muka optik	LC,FC, SC
Panjang gelombang	1310 nm ( $\pm 20$ nm), 1550 nm ( $\pm 20$ nm)
Lebar spektrum (FWHM)	< 5 nm
Daya keluaran	-7 dBm
Kestabilan jangka pendek (15 menit)	$\pm 0,02$ dB
Kestabilan jangka panjang (8 jam)	$\pm 0,05$ dB

Tabel 2 Spesifikasi *optical power meter* (OLP-35)

Tipe detektor	InGaAs
Konektor	Universal 2,5 mm / 1,25 mm
Range panjang gelombang	780 hingga 1650 nm
Kalibrasi panjang	850, 980, 1300, 1310, 1490, 1550,

gelombang	1625 nm
Range daya	-65 hingga +10 dBm
Range display	-65 hingga +13 dBm
Daya input maksimal	+ 16 dBm
Unit pengukuran	dB, dBm, W
Linearitas	$\pm 0,06 \text{ dB}$ (-50 hingga + dBm)
Ketidakpastian absolut	$\pm 0,2 \text{ dB}(\pm 5 \%)$

## 2.7 Rugi-Rugi Intrinsik Dalam Serat Optik

Salah satu rugi intrinsik dalam serat optik adalah *rayleigh scattering*. Rugi-rugi ini disebabkan oleh adanya variasi indeks bias dalam jarak relatif pendek terhadap panjang gelombang ( $\lambda$ ). Variasi indeks bias ini disebabkan oleh :

1. Absorpsi panas yang merubah kerapatan struktur *core* dan indeks bias.
2. Tidak meratanya komposisi bahan core, yang menyebabkan penghamburan cahaya optik. penghamburan ini sangat mempengaruhi batas rugi-rugi minimum dalam serat optik. Apabila perhitungan hanya didasarkan pada perubahan panas, koefisien rugi-rugi penghamburan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\alpha_{scat} = \frac{8\pi^3}{3\lambda^4} n^8 p^2 k_B T_f \beta_T \quad (2.15)$$

Dimana  $\beta_T$  = energi sinar datang (J)  
 $n$  = indeks bias inti  
 $k_B$  = konstanta Boltzman (J/K)  
 $T_f$  = temperatur (K)  
 $P$  = koefisien fotoelastik (Keiser,1991)

Hal-hal diatas merupakan rugi-rugi dasar, selain akibat pertambahan jarak. Misalnya  $P(0)$  adalah daya optik pada titik asal (pada  $z=0$ ), kemudian  $P(z)$  adalah daya optik pada jarak  $z$ , maka rugi-rugi serat optik akan semakin naik (intensitas daya

keluaran semakin turun), secara eksponensial dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P(z) = P(0)e^{-\gamma p^z} \quad (2.16)$$

Dimana  $\gamma p = \frac{1}{Z} \ln \left[ \frac{P(0)}{P(z)} \right]$  adalah koefisien rugi-rugi dalam serat dengan satuan ( $\text{km}^{-1}$ ) (Nugroho,2005).

Penyebaran *rayleigh* terjadi sebagai akibat tidak homogennya indeks bias pada core serat optik, jika pada core serat optik terjadi perubahan indeks bias yang lebih pendek daripada panjang gelombang sinar yang dirambatkan maka akan terjadi hamburan. Hamburan umumnya terjadi karena tidak homogennya struktur fiber optik, kerapatan (*density*) yang tidak merata dan yang terakhir adalah komposisi yang tidak fluktiasi. Rugi-rugi ini berasal dari variasi mikroskopik pada kepadatan material. Pada dasarnya, serat optik terbentuk dari beberapa molekul. Keberadaan molekul pada serat optik ini memiliki kepadatan molekul yang lebih padat pada suatu daerah dibanding dengan daerah lainnya. Adanya perbedaan ini menimbulkan variasi indeks bias pada serat optik dalam jarak tertentu yang relatif kecil dibandingkan dengan panjang gelombang (Siswanto,2005).



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Peralatan dan Bahan**

##### **3.1.1 Peralatan**

Dalam penelitian ini peralatan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Alat pengelupas *cladding* dan jaket kabel fiber optik (*fiber stripper*)
2. *Optical Power source* tipe OLS-35
3. *Optical Power Meter* (OPM) tipe OLS-36
4. Termometer digital
5. Termokopel tipe-K
6. Penggaris
7. Bolpoint
8. Gunting
9. Cutter
10. Isolasi

##### **3.1.2 Bahan**

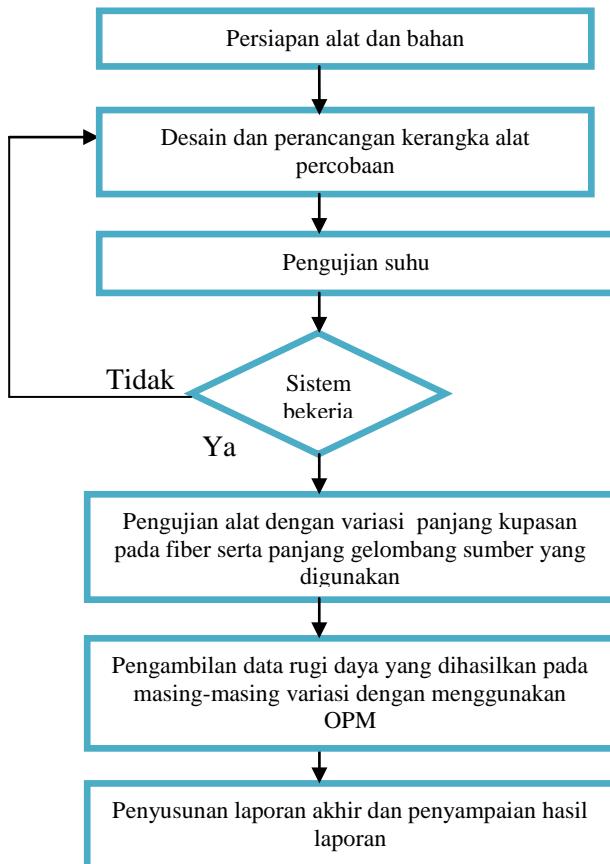
Dalam penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Fiber optik jenis *multimode (gradded index)* silika tipe G-651 dengan diameter *core* 62,5  $\mu\text{m}$  dan diameter *cladding* 125  $\mu\text{m}$ . Serta nilai indeks bias efektif untuk panjang gelombang 1310 adalah 1,466 dan untuk panjang gelombang 1550 adalah 1,467.
2. Konektor tipe FC (*Fiber Connector*)
3. Alkohol 70 %
4. Tissu
5. Lem tembak
6. Lampu bohlam 100 watt
7. Kaleng bagian atas sebagai tempat lampu bohlam dengan ukuran panjang 12 cm, dan tinggi 14,5 cm

8. Kaleng bagian bawah sebagai tempat fiber optik dengan ukuran panjang 12 cm, dan tinggi 6 cm

### 3.2. Diagram Kerja Penelitian

Alur kerja dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut :

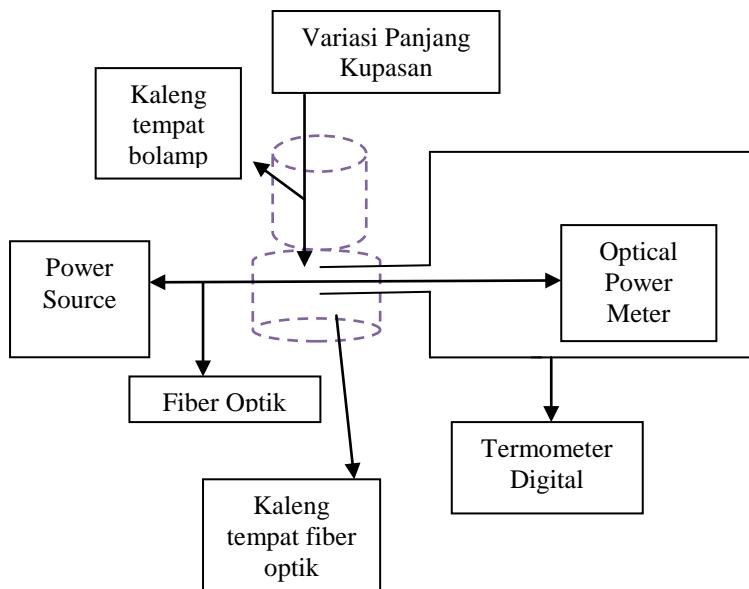


**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### 3.3 Prosedur Kerja

#### 3.3.1 Perancangan Kerangka Alat Percobaan

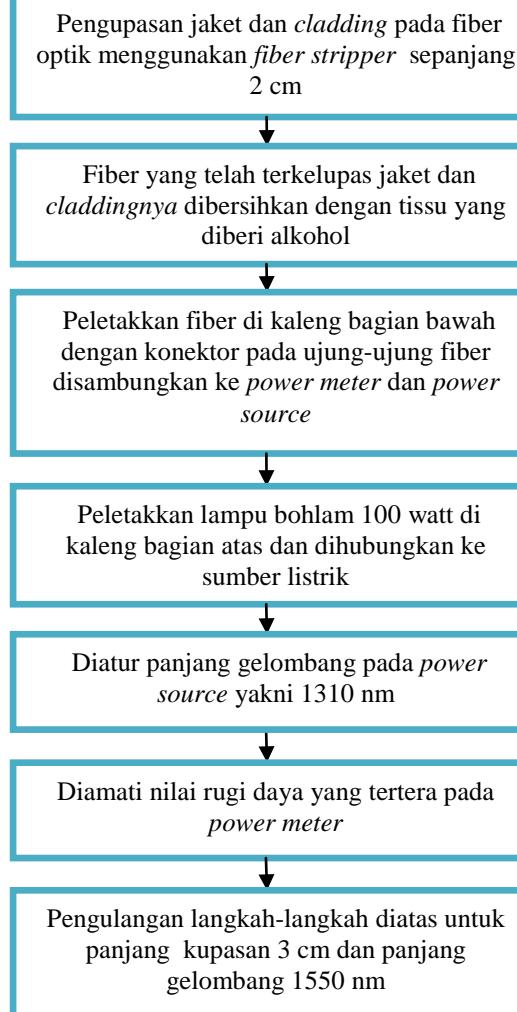
Kerangka alat percobaan terdiri dari dua kaleng aluminium yakni kaleng bagian atas untuk tempat lampu bohlam dengan ukuran panjang 12 cm, dan tinggi 14,5 cm serta kaleng bagian bawah untuk tempat fiber optik dengan ukuran panjang 12 cm, dan tinggi 6 cm. Kaleng bagian atas digunakan sebagai tempat lampu bohlam 100 watt. Pada kaleng bagian bawah terdapat termokopel tipe-K yang disambungkan ke termometer digital untuk mengukur suhu disamping kanan dan kiri dari *core* fiber optik yang telah dikupas *cladding* dan jaketnya. Ujung konektor fiber optik disambungkan ke *optical power source* sebagai sumber cahaya dan ujung lainnya disambungkan ke alat *optical power meter* untuk mengetahui nilai intensitas daya keluaran.



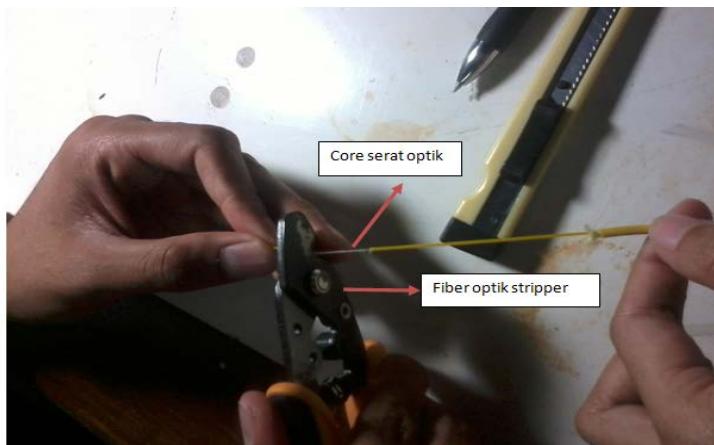
**Gambar 3.2 Skema Alat Percobaan**

### 3.3.2 Pengujian Alat dengan Variasi Panjang Kupasan

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi panjang kupasan terhadap nilai rugi daya yang dihasilkan fiber optik *multimode* silika. Pada tahap ini suhu yang diberikan berasal dari lampu bohlam 100 watt yakni dari rentang suhu 29°C hingga 75°C. Pengambilan data daya keluaran dilakukan tiap perubahan suhu 1° C. Panjang kupasan awal yang digunakan adalah 2 cm. Pengupasan jaket dan *cladding* pada fiber optik menggunakan fiber *stripper*. Setelah *cladding* dikelupas lalu dibersihkan dengan alkohol. Kemudian fiber yang telah terkelupas *cladding* dan jaketnya diletakkan dikaleng bagian bawah untuk diamati nilai rugi dayanya. Selanjutnya ditekan tombol on pada *power source*. Panjang gelombang pada *power source* yang digunakan adalah 1310 nm dan 1550 nm. Langkah yang sama juga dilakukan untuk panjang kupasan 3 cm dan 4,7 cm. Masing-masing panjang kupasan dan panjang gelombang pada *power source* dilakukan pengulangan sebanyak dua kali. Untuk lebih detail berikut ini merupakan diagram alir pengujian alat dengan variasi panjang kupasan dan panjang gelombang pada *power source*:

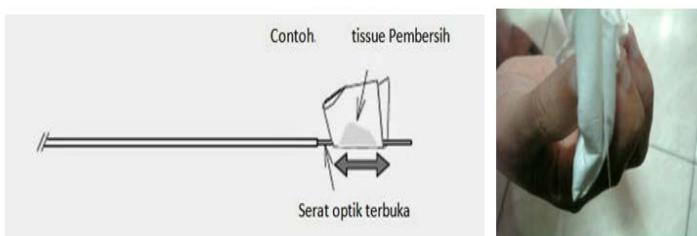


**Gambar 3.3** Diagram alir penelitian pengujian alat dengan variasi panjang kupasan

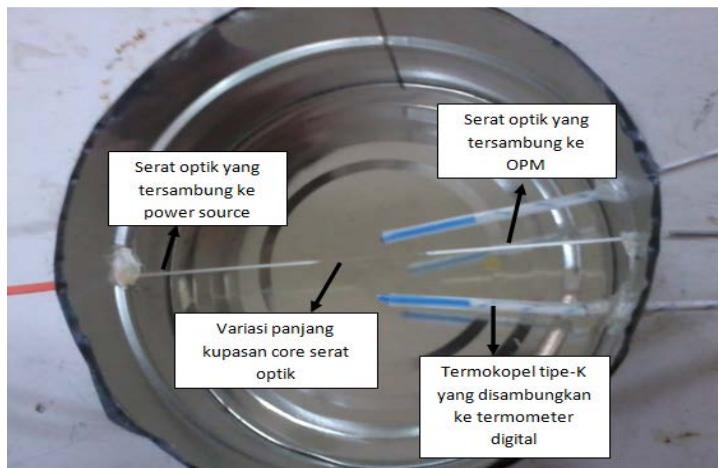


**Gambar 3.4** Proses pengupasan *cladding* dan *coating* serat optik

Setelah *cladding* dan *coating* dikupas dengan fiber optik stripper, sehingga tersisa bagian *core*-nya saja. Untuk hasil yang baik, pastikan *core* bersih sehingga fiber optik yang dihasilkan benar-benar bersih dan terkelupas. Kemudian *core* yang terbuka dibersihkan dengan tissu yang diberi alkohol untuk membersihkan *core* dari debu. Alkohol yang dipakai diusahakan menggunakan alkohol jenis etanol dengan kadar kemurnian 95 % untuk membersihkan inti fiber optik terbuka dan menggunakan tisu yang berkualitas baik.



**Gambar 3.5** Proses pembersihan core fiber optik dengan tissu yang diberi alkohol



**Gambar 3.6** Peletakkan fiber di kaleng bagian bawah dengan konektor pada ujung-ujung fiber disambungkan ke *power meter* dan *power source*

Proses peletakkan fiber di kaleng bagian bawah harus hati-hati karena *core* yang terbuka rentan putus karena bending ataupun gesekan dengan benda lain. Konektor yang digunakan untuk menyambungkan fiber optik ke *power meter* dan *power source* adalah konektor tipe FC. Fiber yang berada pada lubang disebelah kanan dan kiri kaleng bagian bawah direkatkan dengan lem tembak, untuk menghindari terjadinya pergeseran pada core saat pengambilan data. Disamping kanan dan kiri *core* serat optik terdapat termokopel tipe-K yang diletakkan pada jarak 0,5 cm disamping *core* yang telah dikupas *cladding* dan *coating* dan disambungkan ke termometer digital agar lebih mudah mengamati perubahan suhu yang terjadi saat fiber optik diberi pemanas berupa lampu bohlam 100 watt pada kaleng bagian atas. Termometer digital, *power source* dan *optical power meter* diletakkan di luar kaleng bagian bawah.



**Gambar 3.7** Termometer digital yang digunakan pada penelitian



**Gambar 3.8** Optical power source yang digunakan pada penelitian

*Optical power source dan optical power meter* yang digunakan pada penelitian dengan merk JDSU untuk *power source* bertipe OLS-35 dan *power meter* bertipe OLS-36. *Optical power source* yang digunakan memancarkan sinar laser sebagai

sumber cahaya dengan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm. *optical power meter* digunakan untuk mengamati nilai rugi daya fiber optik, pada penelitian ini intensitas daya keluaran yang terdeteksi diukur menggunakan satuan  $\mu\text{W}$ .



**Gambar 3.9** *Optical power meter* untuk mengamati nilai rugi daya



**Gambar 3.10** Kaleng bagian atas untuk meletakkan sumber panas berupa lampu bohlam 100 watt

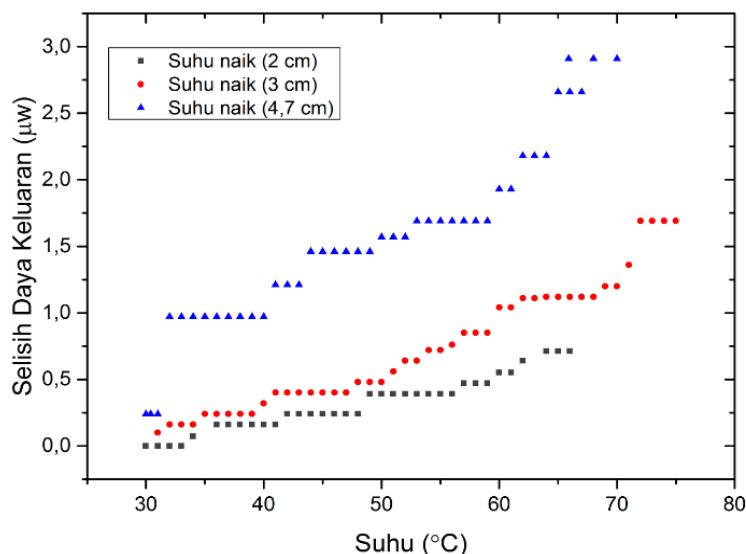
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB IV

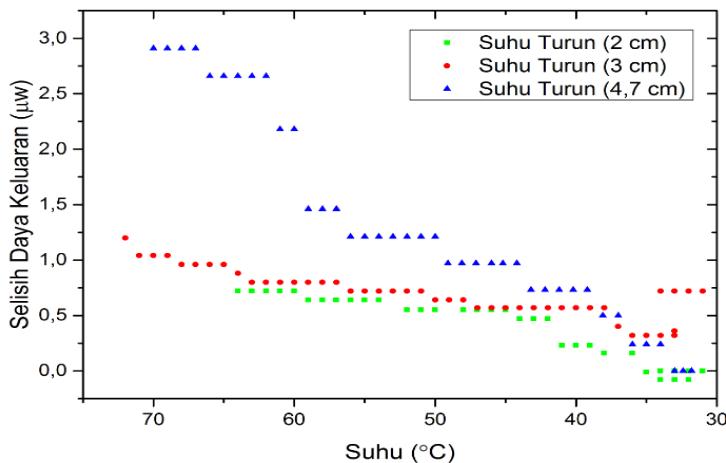
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Variasi Panjang Kupasan *Cladding* dan *coating* terhadap Nilai Daya Keluaran

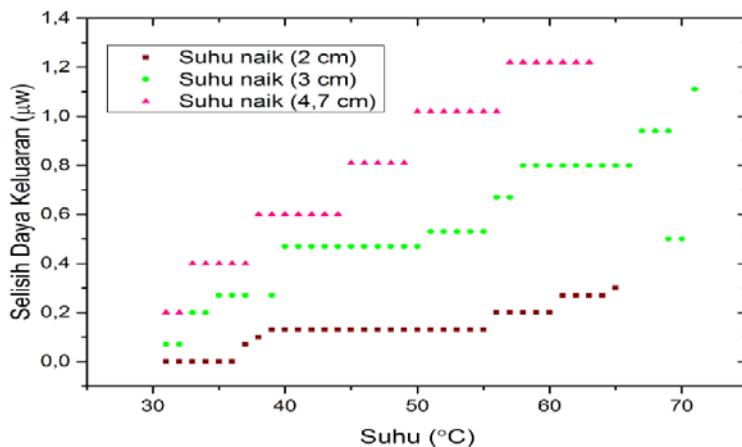
Variasi panjang kupasan yang digunakan pada penelitian ini adalah 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm. Daya keluaran pada *power meter* diukur pada setiap perubahan suhu minimum yakni suhu ruangan hingga suhu maksimum yang bisa dicapai oleh lampu bohlam 100 watt sebagai sumber pemanas, dengan rentang suhu dari 29°C hingga 75°C. Berikut ini merupakan grafik yang membandingkan perubahan suhu terhadap selisih daya keluaran pada panjang kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm dengan panjang gelombang sumber 1310 nm serta panjang gelombang 1550 nm:



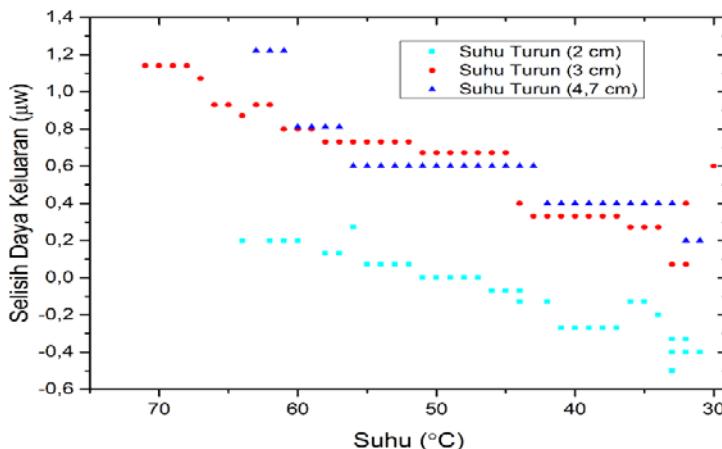
**Gambar 4.1** Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm untuk Suhu Naik



**Gambar 4.2** Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm untuk Suhu Turun



**Gambar 4.3** Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1550 nm untuk Suhu Naik



**Gambar 4.4** Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1550 nm untuk Suhu Turun

Selisih daya keluaran dengan satuan mikrowatt yang dimaksud pada grafik adalah selisih antara intensitas daya keluaran sebelum fiber diberi perlakuan panas dan setelah fiber diberi perlakuan panas yang dihitung tiap perubahan suhu  $1^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan gambar grafik 4.1 dan 4.3 yang menggambarkan hubungan perubahan suhu terhadap nilai selisih daya keluaran ( $\mu\text{W}$ ) terlihat bahwa panjang kupasan 2 cm saat kenaikan suhu memiliki nilai selisih daya keluaran yang paling kecil jika dibandingkan dengan panjang kupasan 3 dan 4,7 cm, baik untuk panjang gelombang 1310 nm maupun 1550 nm. sedangkan panjang kupasan 4,7 cm memiliki nilai selisih daya keluaran yang paling besar diantara ketiga panjang kupasan tersebut , baik untuk panjang gelombang 1310 nm maupun 1550 nm. Hal ini dikarenakan pada panjang kupasan 4,7 cm nilai intensitas daya keluaran yang terdeteksi semakin menurun ketika suhu semakin tinggi, sehingga menyebabkan selisih daya keluaran jika dibandingkan dengan daya awal semakin besar dibandingkan kedua panjang kupasan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa

semakin kecil nilai intensitas daya keluaran yang terdeteksi menyebabkan nilai rugi daya semakin besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada panjang kupasan 2 cm nilai sensitivitas terhadap suhu fiber optik *multimode* silika ini sangat kecil, karena baru bisa mendeteksi adanya perubahan intensitas daya keluaran pada suhu 34°C. Semakin besar panjang kupasan pada *core* serat optik menyebabkan daerah yang terkena pengaruh perubahan suhu juga semakin besar, sehingga intensitas daya keluaran yang ditangkap detektor semakin kecil atau dengan kata lain nilai rugi dayanya semakin besar, hal ini menyebabkan selisih intensitas daya keluaran ( $\mu\text{W}$ ) semakin besar pula.

Pada penurunan suhu yang dilakukan setelah suhu mencapai nilai maksimum juga memiliki rentang nilai selisih daya keluaran ( $\mu\text{W}$ ) yang berbeda ketika dibandingkan dengan nilai selisih intensitas daya keluaran saat kenaikan suhu, namun ada juga beberapa nilai yang sama sehingga dalam grafik terlihat berimpit antara data saat suhu naik dan suhu turun. Penurunan suhu dilakukan ketika suhu telah mencapai nilai maksimum dengan melepas sumber pemanas, kemudian diamati nilai intensitas daya keluaran ( $\mu\text{W}$ ) tiap penurunan suhu 1°C. Pada grafik 4.2 dan grafik 4.4 ketika suhu turun terlihat bahwa nilai daya keluaran yang terdeteksi semakin besar, sehingga menyebabkan selisih daya keluaran jika dibandingkan dengan daya keluaran awal sebelum diberi panas semakin kecil. Hal ini dikarenakan saat penurunan suhu, *core* serat optik yang terkelupas tidak diberi panas sehingga partikel-partikel yang awalnya merenggang karena pengaruh panas menjadi rapat kembali sehingga cahaya yang terdifraksi semakin kecil maka nilai intensitas daya keluaran yang terdeteksi semakin besar. Selain itu saat penurunan suhu, nilai indeks bias *core* semakin besar, sehingga sinar yang dibiasakan keluar *core* semakin kecil dan hal ini menyebabkan pemantulan dalam total pada *core* kembali sempurna yang artinya cahaya kembali tepandu secara sempurna didalam *core*.

Serat optik *multimode* yang terbuat dari bahan silika merupakan suatu material yang bila dikenai panas atau kalor suhu tinggi akan mengalami perubahan susunan partikel-partikel sehingga jarak antar partikel dalam zat akan semakin renggang. Hal ini dikarenakan saat dipanaskan partikel-partikel zat menyerap energi panas sehingga energi panas tersebut digunakan partikel-partikel untuk bergetar (*vibration*) dan bergerak saling menjauh. Kerenggangan partikel serat optik silika tersebut menyebabkan jalannya cahaya tidak teratur karena terdapat sebagian cahaya yang memasuki daerah renggang (terdifraksi), sehingga lewatnya sebagian cahaya ini mempengaruhi perubahan kecepatan gelombang cahaya. Proses difraksi mengakibatkan cahaya menyebar ke segala arah, cahaya yang terdifraksi terus merambat dan ada sebagian yang lolos ke *cladding*. Adanya berkas cahaya yang lolos ke *cladding* menyebabkan atenuasi pada transmisi fiber optik.

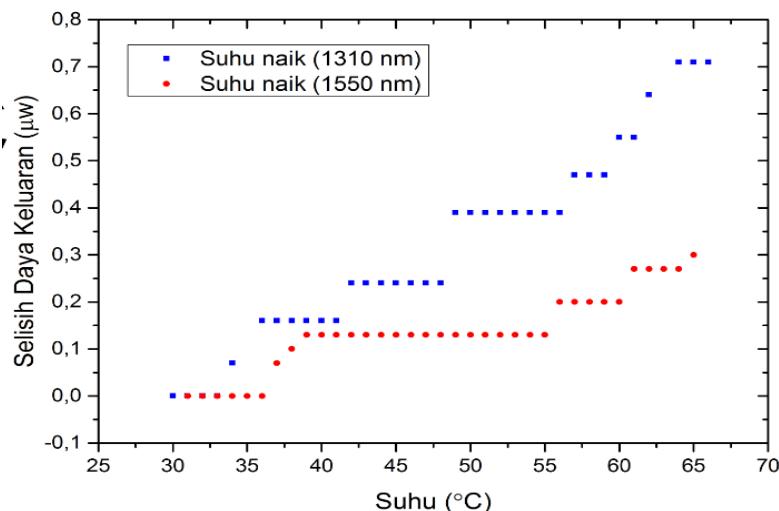
Adanya perubahan suhu yang semakin panas mengakibatkan indeks bias *core* pada fiber optik semakin kecil. Dengan mengecilnya indeks bias *core* maka semakin banyak sinar yang dibiaskan ke luar sehingga pemantulan dalam total pada *core* tidak terjadi sempurna atau dengan kata lain akan terjadi rugi daya yang teramat pada detektor. Selain itu adanya pemberian panas pada fiber optik menyebabkan perubahan struktur sehingga transmisi cahayanya tidak sempurna. Sehingga cahaya yang melewati *core* yang dikenai panas, maka cahaya akan terdifraksi yang menyebabkan cahaya menyebar kesegala arah, hal inilah yang menyebabkan nilai intensitas daya keluaran yang terdeteksi semakin kecil, karena pada fiber tersebut terjadi rugi daya.

Sehingga semakin panjang daerah kupasan menyebabkan daerah *core* yang mengalami pemuaian termal semakin panjang, hal ini menyebabkan perubahan indeks bias pada *core* semakin kecil, maka transmisi cahaya yang melewati daerah *core* tersebut tidak sempurna karena banyak cahaya yang dibiaskan ke *cladding* atau dengan kata lain pemantulan dalam total tidak terjadi secara

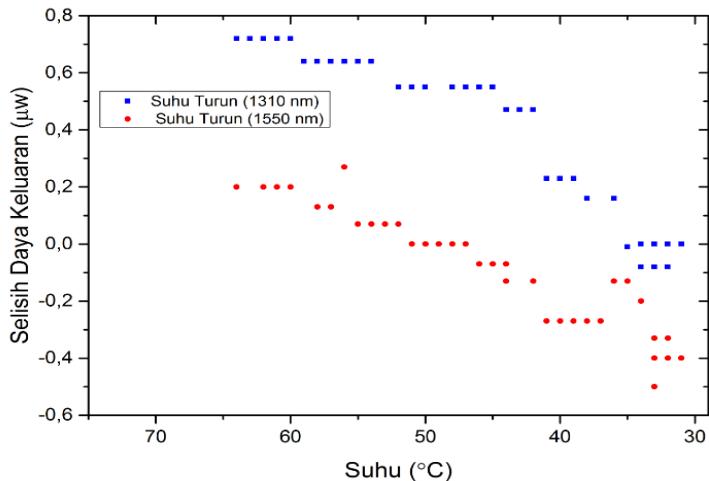
sempurna. Peristiwa tersebut menyebabkan terjadinya rugi daya yang teramati pada detektor.

#### **4.2 Analisa Pengaruh Panjang Gelombang Sumber yang Digunakan terhadap Nilai Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{W}$ )**

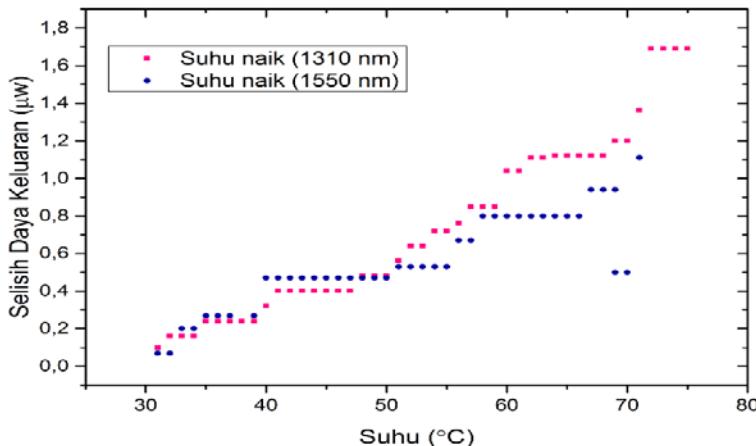
Pada penelitian ini menggunakan panjang gelombang sumber 1310 nm dan 1550 nm. Tiap variasi panjang kupasan yakni 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm diuji dengan panjang gelombang sumber yang berbeda. Berikut ini merupakan gambar grafik yang menunjukkan pengaruh kedua panjang gelombang sumber pada panjang kupasan yang sama untuk semua panjang kupasan:



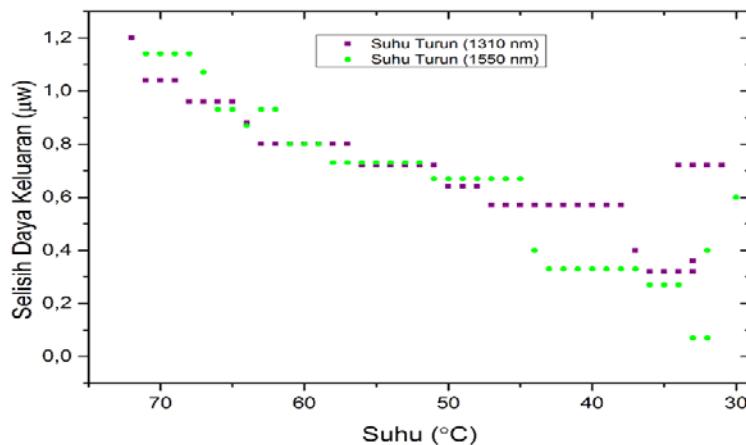
**Gambar 4.5** Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 2 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Naik



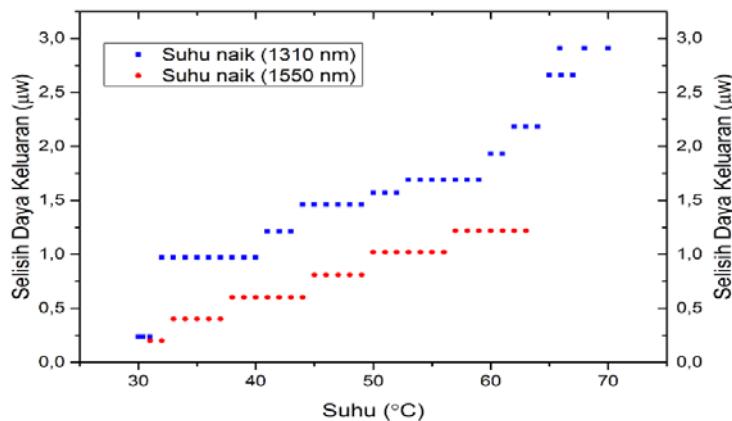
**Gambar 4.6** Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 2 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Turun



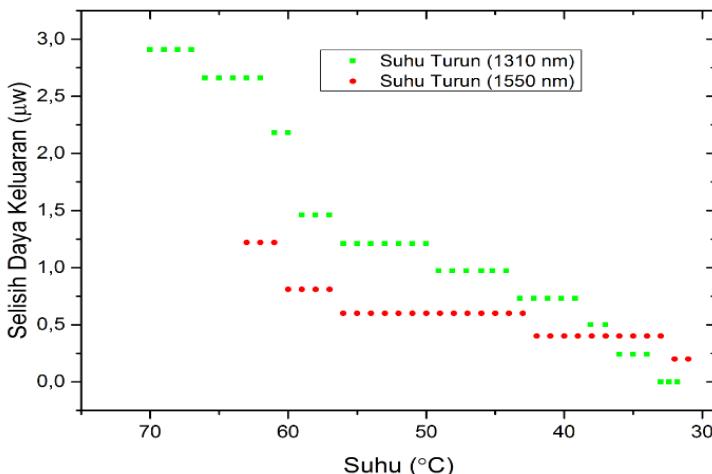
**Gambar 4.7** Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 3 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Naik



**Gambar 4.8** Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 3 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Turun



**Gambar 4.9** Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 4,7 cm dengan Panjang Gelombang Sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Naik



**Gambar 4.10** Grafik Hubungan Suhu dengan Selisih Daya Keluaran pada Panjang kupasan 4,7 cm dengan panjang gelombang sumber 1310 nm dan 1550 nm untuk Suhu Turun

Berdasarkan grafik 4.5 sampai 4.10 diatas terlihat bahwa pada panjang gelombang sumber 1310 nm nilai selisih daya keluaran ( $\mu\text{W}$ ) lebih besar jika dibandingkan dengan nilai selisih daya keluaran ( $\mu\text{W}$ ) pada panjang gelombang 1550 nm untuk ketiga panjang kupasan. Sebagai contoh pada panjang gelombang sumber 1310 nm dengan panjang kupasan 3 cm, nilai perubahan intensitas daya keluaran dari suhu minimum hingga maksimum nilainya berkisar antara  $0,10 \mu\text{W}$  hingga  $1,69 \mu\text{W}$ . Sedangkan pada panjang gelombang sumber 1550 nm dengan panjang kupasan 3 cm, nilai perubahan intensitas daya keluaran dari suhu minimum hingga maksimum nilainya berkisar antara  $0,07 \mu\text{W}$  hingga  $1,11 \mu\text{W}$ . Hal ini menunjukkan bahwa pada panjang gelombang sumber 1310 nm sensitivitas dari serat optik terhadap perubahan suhu lebih tinggi jika dibanding dengan sensitivitas dari serat optik dengan pemberian panjang gelombang sumber 1550 nm. Hal ini membuktikan bahwa panjang gelombang sumber yang digunakan mempengaruhi moda-moda yang

merambat pada serat optik. Istilah moda yakni banyaknya berkas cahaya yang dipancarkan oleh sumber optik berdasarkan panjang gelombang yang berbeda pada masing-masing berkas. Panjang gelombang sumber ( $\lambda$ ) berhubungan dengan nilai indeks bias efektif fiber, nilai indeks bias efektif ini dipengaruhi oleh indeks bias *core*. Agar terjadi pemanduan gelombang maka nilai indeks bias pandu efektif harus lebih kecil dari indeks bias *core* dan lebih besar dari indeks bias *cladding*. Sehingga panjang gelombang sumber menentukan pemanduan gelombang cahaya pada fiber. Berdasarkan hasil percobaan, menunjukkan bahwa pada panjang gelombang 1310 nm nilai selisih daya keluaran lebih besar dibandingkan panjang gelombang 1550 nm, hal ini berarti pada panjang gelombang 1310 nm nilai rugi daya yang terdeteksi lebih besar daripada panjang gelombang 1550 nm. Sehingga panjang gelombang 1310 nm pada percobaan ini cocok digunakan sebagai sensor suhu karena sensitivitasnya lebih tinggi karena semakin panjang kupasan menyebabkan nilai rugi dayanya semakin besar daripada panjang gelombang 1550 nm. Sedangkan untuk panjang gelombang 1550 nm lebih cocok digunakan untuk sistem komunikasi karena sensitivitasnya lebih rendah yang artinya saat diberi panjang kupasan 4,7 cm nilai rugi dayanya lebih kecil (tidak langsung drop) daripada panjang gelombang 1310 nm.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin besar panjang kupasan *cladding dan coating* serat optik menyebabkan nilai rugi daya semakin besar, hal ini ditandai dengan menurunnya nilai daya keluaran yang terdeteksi.
2. Pada panjang gelombang sumber 1310 nm sensitivitas dari serat optik terhadap perubahan suhu lebih tinggi jika dibanding dengan sensitivitas dari serat optik dengan panjang gelombang sumber 1550 nm.
3. Perlakuan pemberian suhu yang semakin tinggi mengakibatkan nilai intensitas daya keluaran yang ditangkap *optical power meter* semakin menurun, yang menunjukkan terjadi banyak rugi daya pada fiber optik yang diuji.

#### **5.2 Saran**

Beberapa saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk lebih memvariasi panjang kupasan pada *core* serat optik, yakni dengan rentang panjang kupasan 6 cm hingga 10 cm agar didapatkan nilai sensitivitas yang lebih baik dari serat optik saat diberi perlakuan perubahan suhu.
2. Penulis juga menyarankan untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan sumber pemanas dengan suhu maksimum yang lebih tinggi (lebih besar dari 100°C) agar dapat dilihat bagaimana respon sensitivitas dari serat optik ketika diberi suhu tinggi.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan variasi adanya pengaruh suhu dari luar selain suhu dari pemanas.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin.2015. **Pengembangan Sensor Regangan dan Pergeseran Berbasis Serat Optik.** Disertasi Jurusan Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Bestariyan,T.2011. **Rancang Bangun Sensor Suhu Menggunakan Serat Optik Berstruktur Singlemode-Multimode-Singlemode dan OTDR.** Tugas Akhir Jurusan teknik fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Fang Zujie, dkk. 2012. **Fundamentals Of Optical Fiber Sensors.** John Willey and Sons,Inc.Canada
- Hoss,R.J., Lacy, E.A., 1993.**Fiber Optics**, second edition. New Jersey:Prentice-Hall.
- J.Laferriere dkk.2011. **Reference Guide to Optical Fiber Optic Testing Second Edition.**JDSU.
- Keiser,G.1991. **Optical Fiber Communication 2<sup>rd</sup> Edition.** United States of Amerika.
- Jones, J., William, B., 1998. **Introduction to Optical Fiber Communication System.** Rinehart and Winston, Inc, New York
- Nugroho,D.Y,2005. **Studi Pengukuran Rugi-Rugi Serat Optik Pada Empat Rute STO di Jawa Tengah dengan Menggunakan OTDR Tektronik TF S3031.** Skripsi Jurusan fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Powers, J.P., 1997. **An Introduction to Fiber Optic System Second ed.** A Times Mirror Higher Education Group, Inc Company, United States of America.
- Suematzu, Y., Iga,K.1982.**Introduction to Optical Fiber Communication.** John Willey & Sons,Inc.
- Samian, 2008. Fabrikasi *Directional Coupler* Serat Optik *Multimode*. **JFA Vol.4. No.2. 080203-1 - 080203-5.** Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya-Indonesia.

- Siswanto.2005. **Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Pada Serat Optik.** Jurusan teknik elektro fakultas teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Sujito dkk.2012. Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Rugi Daya Serat Optik Singlemode SMF-28. **Prosiding simposium fisika nasional xxv.** Jurusan fisika FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Sujito dkk.2014. **Karakteristik Sifat Thermo Optik Directional Coupler Jenis Silica Singlemode SMF-28.**FMIPA Universitas Negeri Malang.

**LAMPIRAN A**

**Data Hasil Pengukuran Intensitas Daya Keluaran pada Panjang Gelombang 1310 nm dan 1550 nm dengan Panjang Kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm**

1. Data Hasil Pengukuran Intensitas Daya Keluaran Pada Panjang Gelombang 1310 nm dengan Panjang Kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm
- Pengambilan Data awal Panjang Kupasan 2 cm  
Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C )	Rugi Daya		
	T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	db	dbm
1	29,3	81,32	-10,91	-10,91

Data Kenaikan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	Intensitas Daya Keluaran Awal (μw)	Selisih Intensitas Daya Keluaran (μw)
30	81,32	81,32	0
31	81,32	81,32	0
32	81,32	81,32	0
33	81,32	81,32	0
34	81,32	81,32	0
35,5	81,07	81,32	0,25
36	81,07	81,32	0,25
37,1	81,07	81,32	0,25
38	81,07	81,32	0,25

39,1	81,07	81,32	0,25
40	81,07	81,32	0,25
41,1	81,07	81,32	0,25
42,2	80,83	81,32	0,49
43	80,83	81,32	0,49
44	80,83	81,32	0,49
45	80,83	81,32	0,49
46	80,83	81,32	0,49
47	80,83	81,32	0,49
48	80,83	81,32	0,49
49,1	80,83	81,32	0,49
50,1	80,83	81,32	0,49
51,1	80,83	81,32	0,49
52,1	80,83	81,32	0,49
53,1	80,83	81,32	0,49
54,1	80,83	81,32	0,49
55,1	80,83	81,32	0,49
56,1	80,83	81,32	0,49
57,2	80,83	81,32	0,49
58,2	80,83	81,32	0,49
59,1	80,83	81,32	0,49
60,3	80,83	81,32	0,49
61,1	80,83	81,32	0,49
62,3	80,83	81,32	0,49

Data Penurunan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
61	80,83	81,32	0,49
60,4	80,83	81,32	0,49
59,1	80,83	81,32	0,49
58,1	80,83	81,32	0,49
57	80,83	81,32	0,49
55,4	81,07	81,32	0,25
54,2	81,07	81,32	0,25
53,7	81,07	81,32	0,25
52	81,07	81,32	0,25
51	81,07	81,32	0,25
50,1	81,07	81,32	0,25
49,1	81,07	81,32	0,25
48	81,07	81,32	0,25
47	81,07	81,32	0,25
46	81,07	81,32	0,25
45	81,07	81,32	0,25
44	81,07	81,32	0,25
43,1	81,07	81,32	0,25
42	81,07	81,32	0,25
41	81,07	81,32	0,25
40	81,07	81,32	0,25
39	81,07	81,32	0,25
38	81,07	81,32	0,25

37	81,07	81,32	0,25
36	81,07	81,32	0,25
35	81,07	81,32	0,25
34	81,07	81,32	0,25
33	81,07	81,32	0,25
32,1	81,56	81,32	-0,24
31	81,56	81,32	-0,24
30,3	81,56	81,32	-0,24
29,5	81,56	81,32	-0,24

- Pengulangan ke-1  
Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C )	Rugi Daya			
		T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	db	dbm
1	29,6		81,78	-10,87	-10,87

Data Kenaikan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	Intensitas Daya Keluaran Awal (μw)	Selisih Intensitas Daya Keluaran (μw)
30	81,78	81,78	0
31	81,78	81,78	0
32	81,78	81,78	0
33	81,78	81,78	0
34	81,78	81,78	0
35	81,78	81,78	0

36	81,78	81,78	0
37	81,78	81,78	0
38	81,78	81,78	0
39	81,78	81,78	0
40	81,78	81,78	0
41	81,78	81,78	0
42	81,78	81,78	0
43	81,78	81,78	0
44	81,78	81,78	0
45	81,78	81,78	0
46	81,78	81,78	0
47,2	81,78	81,78	0
48	81,78	81,78	0
49	81,56	81,78	0,22
50	81,56	81,78	0,22
51	81,56	81,78	0,22
52	81,56	81,78	0,22
53	81,56	81,78	0,22
54	81,56	81,78	0,22
55	81,56	81,78	0,22
56	81,56	81,78	0,22
57	81,32	81,78	0,46
58	81,32	81,78	0,46
59	81,32	81,78	0,46
60	81,32	81,78	0,46
61	81,32	81,78	0,46
62	81,07	81,78	0,71

63	81,07	81,78	0,71
64	81,07	81,78	0,71
65	81,07	81,78	0,71
66	81,07	81,78	0,71

Data Penurunan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
65	80,83	81,78	0,95
64	80,83	81,78	0,95
63,6	80,83	81,78	0,95
62	80,83	81,78	0,95
61,2	80,83	81,78	0,95
60,2	80,83	81,78	0,95
59,1	80,83	81,78	0,95
58,2	80,83	81,78	0,95
57	80,83	81,78	0,95
56	80,83	81,78	0,95
55	80,83	81,78	0,95
53	80,83	81,78	0,95
51,5	80,83	81,78	0,95
50	80,83	81,78	0,95
47,3	80,83	81,78	0,95
46,4	80,83	81,78	0,95
45,1	80,83	81,78	0,95
44,2	80,83	81,78	0,95
43,3	80,83	81,78	0,95

42,1	80,83	81,78	0,95
41,3	80,83	81,78	0,95
40,2	81,56	81,78	0,22
39,2	81,56	81,78	0,22
38,2	81,56	81,78	0,22
37	81,56	81,78	0,22
36,1	81,56	81,78	0,22
35,2	81,56	81,78	0,22
34,3	81,56	81,78	0,22
33,6	81,56	81,78	0,22
32,4	81,78	81,78	0
31,4	81,78	81,78	0
30,5	81,78	81,78	0

- Pengulangan ke-2  
Data Awal Sebelum Diberi Panas

No	suhu (°C)	Rugi Daya			
		T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	db	dbm
1	30,1		81,78	-10,87	-10,87

#### Kenaikan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	Intensitas Daya Keluaran Awal (μw)	Selisih Intensitas Daya Keluaran (μw)
31	81,78	81,78	0
32	81,78	81,78	0
33	81,78	81,78	0

34	81,78	81,78	0
35	81,56	81,78	0,22
36	81,56	81,78	0,22
37	81,56	81,78	0,22
38	81,56	81,78	0,22
39	81,56	81,78	0,22
40	81,56	81,78	0,22
41	81,56	81,78	0,22
42	81,56	81,78	0,22
43	81,56	81,78	0,22
44	81,56	81,78	0,22
45	81,56	81,78	0,22
46	81,56	81,78	0,22
47	81,56	81,78	0,22
48	81,56	81,78	0,22
49	81,56	81,78	0,22
50,2	81,32	81,78	0,46
51,2	81,32	81,78	0,46
52	81,32	81,78	0,46
53	81,32	81,78	0,46
54	81,32	81,78	0,46
55	81,32	81,78	0,46
56	81,32	81,78	0,46
57	81,32	81,78	0,46
58	81,32	81,78	0,46
59	81,32	81,78	0,46
60	81,32	81,78	0,46

61,1	81,07	81,78	0,71
62	81,07	81,78	0,71
63	81,07	81,78	0,71
64	81,07	81,78	0,71
65	81,07	81,78	0,71
66	81,07	81,78	0,71

### Penurunan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
66	81,07	81,78	0,71
65	81,07	81,78	0,71
64	81,07	81,78	0,71
63	81,07	81,78	0,71
62	81,07	81,78	0,71
61	81,07	81,78	0,71
60	81,07	81,78	0,71
59	81,07	81,78	0,71
58	81,07	81,78	0,71
57	81,07	81,78	0,71
56	81,07	81,78	0,71
55	81,32	81,78	0,46
54	81,32	81,78	0,46
53	81,32	81,78	0,46
52	81,32	81,78	0,46
51	81,32	81,78	0,46
50	81,32	81,78	0,46

49	81,32	81,78	0,46
48	81,56	81,78	0,22
47	81,56	81,78	0,22
46	81,56	81,78	0,22
45	81,56	81,78	0,22
44	81,56	81,78	0,22
43	81,56	81,78	0,22
42	81,78	81,78	0
42	81,78	81,78	0
40	81,78	81,78	0
39,5	81,78	81,78	0
38,4	81,78	81,78	0
37,3	81,78	81,78	0
36,3	81,78	81,78	0
35	81,78	81,78	0
34	81,78	81,78	0
33	81,78	81,78	0
32,3	81,78	81,78	0
31,3	81,78	81,78	0
30,7	81,78	81,78	0

- Data Awal Panjang Kupasan 3 cm  
Data Awal Sebelum Diberi Panas

No	suhu (°C )	Rugi Daya			
		T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	db	dbm

1	29,7	72,14	-11,41	-11,41
---	------	-------	--------	--------

### Kenaikan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
31	80,59	80,83	0,24
32	80,59	80,83	0,24
33	80,59	80,83	0,24
34	80,59	80,83	0,24
35	80,35	80,83	0,48
36	80,35	80,83	0,48
37	80,35	80,83	0,48
38	80,35	80,83	0,48
39	80,35	80,83	0,48
40	80,35	80,83	0,48
41	80,11	80,83	0,72
42	80,11	80,83	0,72
43	80,11	80,83	0,72
44	80,11	80,83	0,72
45	80,11	80,83	0,72
46	80,11	80,83	0,72
47	80,11	80,83	0,72
48	80,11	80,83	0,72
49	80,11	80,83	0,72
50	80,11	80,83	0,72
51	80,11	80,83	0,72
52	79,87	80,83	0,96

53	79,87	80,83	0,96
54	79,63	80,83	1,2
55	79,63	80,83	1,2
56	79,63	80,83	1,2
57	79,37	80,83	1,46
58	79,37	80,83	1,46
59	79,37	80,83	1,46
60	79,37	80,83	1,46
61	79,37	80,83	1,46
62	79,14	80,83	1,69
63	79,14	80,83	1,69
64	79,14	80,83	1,69
65	79,14	80,83	1,69
66	79,14	80,83	1,69
67	79,14	80,83	1,69
68	79,14	80,83	1,69
69	79,14	80,83	1,69
70	79,14	80,83	1,69
71	79,14	80,83	1,69
72	79,14	80,83	1,69
73	79,14	80,83	1,69
74	79,14	80,83	1,69
75	79,14	80,83	1,69

### Penurunan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )

75	79,14	80,83	1,69
74	79,14	80,83	1,69
73	79,14	80,83	1,69
72	79,14	80,83	1,69
71	79,14	80,83	1,69
70	79,14	80,83	1,69
69	79,14	80,83	1,69
68	79,14	80,83	1,69
67	79,14	80,83	1,69
66	79,14	80,83	1,69
65	79,14	80,83	1,69
64	79,14	80,83	1,69
63	79,14	80,83	1,69
62	79,14	80,83	1,69
61	79,14	80,83	1,69
60	79,14	80,83	1,69
59	79,14	80,83	1,69
58	79,14	80,83	1,69
57	79,14	80,83	1,69
56	79,14	80,83	1,69
55	79,14	80,83	1,69
54	79,14	80,83	1,69
53	79,14	80,83	1,69
52	79,14	80,83	1,69
51	79,14	80,83	1,69
50	79,37	80,83	1,46
49,1	79,37	80,83	1,46

48	79,37	80,83	1,46
47	79,37	80,83	1,46
46	79,37	80,83	1,46
45	79,37	80,83	1,46
44	79,37	80,83	1,46
43	79,37	80,83	1,46
42	79,37	80,83	1,46
41,1	79,37	80,83	1,46
40	79,87	80,83	0,96
39	79,87	80,83	0,96
38	79,87	80,83	0,96
37	79,87	80,83	0,96
36	79,87	80,83	0,96
35	80,11	80,83	0,72
34	80,11	80,83	0,72
33	80,11	80,83	0,72
32	80,11	80,83	0,72
31	80,11	80,83	0,72

Pengulangan ke-1  
Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C )	Rugi Daya			
		T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	db	dbm
1	30		80,83	-10,92	-10,92

Kenaikan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
31	80,76	80,83	0,07
32	80,59	80,83	0,24
33	80,59	80,83	0,24
34	80,59	80,83	0,24
35	80,59	80,83	0,24
36	80,59	80,83	0,24
37	80,59	80,83	0,24
38	80,59	80,83	0,24
39	80,59	80,83	0,24
40	80,59	80,83	0,24
41	80,59	80,83	0,24
42	80,59	80,83	0,24
43	80,59	80,83	0,24
44	80,59	80,83	0,24
45	80,59	80,83	0,24
46	80,59	80,83	0,24
47	80,59	80,83	0,24
48	80,35	80,83	0,48
49	80,35	80,83	0,48
50	80,35	80,83	0,48
51	80,35	80,83	0,48
52	80,35	80,83	0,48
53	80,35	80,83	0,48
54	80,35	80,83	0,48

55	80,35	80,83	0,48
56	80,22	80,83	0,61
57	80,22	80,83	0,61
58	80,22	80,83	0,61
59	80,22	80,83	0,61
60	79,87	80,83	0,96
61	79,87	80,83	0,96
62	79,87	80,83	0,96
63	79,87	80,83	0,96
64	79,87	80,83	0,96
65	79,87	80,83	0,96
66	79,87	80,83	0,96
67	79,87	80,83	0,96
68	79,87	80,83	0,96
69	79,63	80,83	1,2
70	79,63	80,83	1,2
71	79,63	80,83	1,2

Penurunan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
71	79,87	80,83	0,96
70	80,11	80,83	0,72
69	80,11	80,83	0,72
68	80,11	80,83	0,72
67	80,35	80,83	0,48
66	80,35	80,83	0,48

65	80,35	80,83	0,48
64	80,35	80,83	0,48
63	80,59	80,83	0,24
62	80,59	80,83	0,24
61	80,59	80,83	0,24
60	80,59	80,83	0,24
59	80,59	80,83	0,24
58	80,59	80,83	0,24
57	80,59	80,83	0,24
56	80,59	80,83	0,24
55	80,83	80,83	0
54	80,83	80,83	0
53	80,83	80,83	0
52	80,83	80,83	0
51	80,83	80,83	0
50	80,83	80,83	0
49	80,83	80,83	0
48	80,83	80,83	0
47	80,83	80,83	0
46	80,83	80,83	0
45	80,83	80,83	0
44	80,83	80,83	0
43	80,83	80,83	0
42	80,83	80,83	0
41	80,83	80,83	0
40	80,83	80,83	0
39	80,83	80,83	0

38	80,83	80,83	0
37	80,83	80,83	0
36	80,83	80,83	0
35	80,83	80,83	0
34	80,83	80,83	0
33	80,83	80,83	0
32	80,83	80,83	0
31	80,83	80,83	0

Pengulangan ke-2  
Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C )	Rugi Daya			
		T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	db	dbm
1	29,4		80,83	-10,92	-10,92

Kenaikan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	Intensitas Daya Keluaran Awal (μw)	Selisih Intensitas Daya Keluaran (μw)
30	80,83	80,83	0
31	80,83	80,83	0
32	80,83	80,83	0
33	80,83	80,83	0
34	80,83	80,83	0
35	80,83	80,83	0
36	80,83	80,83	0
37	80,83	80,83	0

38	80,83	80,83	0
39	80,59	80,83	0,24
40	80,59	80,83	0,24
41	80,59	80,83	0,24
42	80,59	80,83	0,24
43	80,59	80,83	0,24
44	80,59	80,83	0,24
45	80,59	80,83	0,24
46	80,59	80,83	0,24
47	80,59	80,83	0,24
48	80,59	80,83	0,24
49	80,59	80,83	0,24
50	80,35	80,83	0,48
51	80,35	80,83	0,48
52	80,35	80,83	0,48
53	80,35	80,83	0,48
54	80,35	80,83	0,48
55	80,35	80,83	0,48
56	80,35	80,83	0,48
57	80,35	80,83	0,48
58	80,35	80,83	0,48
59	80,14	80,83	0,69
60	80,14	80,83	0,69
61	80,14	80,83	0,69
62	80,14	80,83	0,69
63	80,11	80,83	0,72
64	80,11	80,83	0,72

65	80,11	80,83	0,72
66	80,11	80,83	0,72
67	80,11	80,83	0,72
68	80,11	80,83	0,72
69	80,11	80,83	0,72
70	79,63	80,83	1,2

Penurunan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
70	79,87	80,83	0,96
69	80,11	80,83	0,72
68	80,11	80,83	0,72
67	80,11	80,83	0,72
66	80,11	80,83	0,72
65	80,11	80,83	0,72
64	80,11	80,83	0,72
63	80,11	80,83	0,72
62	80,11	80,83	0,72
61	80,35	80,83	0,48
60	80,35	80,83	0,48
59	80,35	80,83	0,48
58	80,35	80,83	0,48
57	80,35	80,83	0,48
56	80,35	80,83	0,48
55	80,35	80,83	0,48
54	80,35	80,83	0,48

53	80,35	80,83	0,48
52	80,35	80,83	0,48
51	80,35	80,83	0,48
50	80,35	80,83	0,48
49	80,35	80,83	0,48
48	80,59	80,83	0,24
47	80,59	80,83	0,24
46	80,59	80,83	0,24
45	80,59	80,83	0,24
44	80,59	80,83	0,24
43	80,59	80,83	0,24
42	80,59	80,83	0,24
41	80,59	80,83	0,24
40	80,59	80,83	0,24
39	80,59	80,83	0,24
38	80,59	80,83	0,24
37	80,59	80,83	0,24
36	80,59	80,83	0,24
35	80,59	80,83	0,24
34	80,83	80,83	0
33	80,83	80,83	0
32	80,83	80,83	0
31,	80,83	80,83	0

- Pengambilan data awal panjang kupasan 4,7 cm  
Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C)	Rugi Daya		
		Intensitas Daya Keluaran (μw)	db	dbm
1	29,6	79,87	-10,92	-10,92

## Kenaikan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	Intensitas Daya Keluaran Awal (μw)	Selisih Intensitas Daya Keluaran (μw)
30	79,63	79,87	0,24
30,4	79,63	79,87	0,24
31	79,63	79,87	0,24
32	78,9	79,87	0,97
33	78,9	79,87	0,97
34	78,9	79,87	0,97
35	78,9	79,87	0,97
36	78,9	79,87	0,97
37	78,9	79,87	0,97
38	78,9	79,87	0,97
39	78,9	79,87	0,97
40	78,9	79,87	0,97
41	78,66	79,87	1,21
42	78,66	79,87	1,21
43	78,66	79,87	1,21
44	78,41	79,87	1,46
45	78,41	79,87	1,46
46	78,41	79,87	1,46

47	78,41	79,87	1,46
48	78,41	79,87	1,46
49	78,41	79,87	1,46
50	78,3	79,87	1,57
51	78,3	79,87	1,57
52	78,3	79,87	1,57
53	78,18	79,87	1,69
54	78,18	79,87	1,69
55	78,18	79,87	1,69
56	78,18	79,87	1,69
57	78,18	79,87	1,69
58	78,18	79,87	1,69
59	78,18	79,87	1,69
60	77,94	79,87	1,93
61	77,94	79,87	1,93
62	77,69	79,87	2,18
63	77,69	79,87	2,18
64	77,69	79,87	2,18
65	77,21	79,87	2,66
66	77,21	79,87	2,66
67	77,21	79,87	2,66
68	76,96	79,87	2,91
65,9	76,96	79,87	2,91
70	76,96	79,87	2,91

Penurunan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
70	76,96	79,87	2,91
69	76,96	79,87	2,91
68	76,96	79,87	2,91
67	76,96	79,87	2,91
66	77,21	79,87	2,66
65	77,21	79,87	2,66
64	77,21	79,87	2,66
63	77,21	79,87	2,66
62	77,21	79,87	2,66
61	77,69	79,87	2,18
60	77,69	79,87	2,18
59	78,41	79,87	1,46
58	78,41	79,87	1,46
57	78,41	79,87	1,46
56	78,66	79,87	1,21
55	78,66	79,87	1,21
54	78,66	79,87	1,21
53	78,66	79,87	1,21
52	78,66	79,87	1,21
51	78,66	79,87	1,21
50	78,66	79,87	1,21
49,1	78,9	79,87	0,97
48,1	78,9	79,87	0,97
47,1	78,9	79,87	0,97

46	78,9	79,87	0,97
45,2	78,9	79,87	0,97
44,2	78,9	79,87	0,97
43,2	79,14	79,87	0,73
42,2	79,14	79,87	0,73
41,2	79,14	79,87	0,73
40,2	79,14	79,87	0,73
39,2	79,14	79,87	0,73
38,1	79,37	79,87	0,5
37	79,37	79,87	0,5
36	79,63	79,87	0,24
35	79,63	79,87	0,24
34	79,63	79,87	0,24
33	79,87	79,87	0
32,4	79,87	79,87	0
31,8	79,87	79,87	0

2. Data Hasil Pengukuran Intensitas Daya Keluaran Pada Panjang Gelombang 1550 nm dengan Panjang Kupasan 2 cm, 3 cm dan 4,7 cm
- Pengambilan Data awal Panjang Kupasan 2 cm  
Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C)	Rugi Daya			
		T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	db	dbm
1	30,5		107	-9,7	-9,7

Kenaikan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
31,1	107	107	0
32	107	107	0
33,3	107	107	0
34	107	107	0
35	107	107	0
36	107	107	0
37	107	107	0
38	106,9	107	0,1
39	106,8	107	0,2
40	106,8	107	0,2
41	106,8	107	0,2
42	106,8	107	0,2
43	106,8	107	0,2
44	106,8	107	0,2
45	106,8	107	0,2
46	106,8	107	0,2
47	106,8	107	0,2
48	106,8	107	0,2
49	106,8	107	0,2
50	106,8	107	0,2
51	106,8	107	0,2
52	106,8	107	0,2
53	106,8	107	0,2
54	106,8	107	0,2

55	106,8	107	0,2
56	106,8	107	0,2
57	106,8	107	0,2
58	106,8	107	0,2
59	106,8	107	0,2
60	106,8	107	0,2
61	106,8	107	0,2
62	106,8	107	0,2
62	106,8	107	0,2
63	106,8	107	0,2
64	106,8	107	0,2

### Penurunan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
63	106,8	107	0,2
62,9	106,8	107	0,2
60	106,8	107	0,2
59	106,8	107	0,2
58	106,8	107	0,2
57	106,8	107	0,2
56	106,8	107	0,2
55	106,8	107	0,2
54	106,8	107	0,2
53	106,8	107	0,2
52	106,8	107	0,2
51	106,8	107	0,2

50	107	107	0
49	107	107	0
48	107	107	0
47	106,8	107	0,2
46	106,8	107	0,2
45	106,8	107	0,2
44	106,8	107	0,2
43	106,8	107	0,2
42	106,8	107	0,2
40	106,8	107	0,2
39	107,2	107	-0,2
38	107,2	107	-0,2
37	107,2	107	-0,2
36	107,2	107	-0,2
35	107,2	107	-0,2
34	107,2	107	-0,2
33	107,2	107	-0,2
32	107,2	107	-0,2
31	107,4	107	-0,4
30,4	107,4	107	-0,4

- Pengulangan ke-1  
Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C )	Rugi Daya			
		T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu$ w)	db	dbm

1	29	101,8	-9,92	-9,92
---	----	-------	-------	-------

### Kenaikan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu$ w)	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu$ w)	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu$ w)
30	101,8	101,8	0
31	101,8	101,8	0
32	101,8	101,8	0
33	101,8	101,8	0
34	101,8	101,8	0
35	101,8	101,8	0
36	101,8	101,8	0
37	101,8	101,8	0
38	101,8	101,8	0
39	101,8	101,8	0
40	101,8	101,8	0
41	101,8	101,8	0
42	101,8	101,8	0
43	101,8	101,8	0
44	101,8	101,8	0
45	101,8	101,8	0
46	101,8	101,8	0
47	101,8	101,8	0
48	101,8	101,8	0
49	101,8	101,8	0
50	101,8	101,8	0
51	101,8	101,8	0

52	101,8	101,8	0
53	101,8	101,8	0
54	101,8	101,8	0
55	101,8	101,8	0
56,1	101,8	101,8	0
57,2	101,8	101,8	0
58,3	101,8	101,8	0
59,2	101,8	101,8	0
60,2	101,6	101,8	0,2
61,3	101,6	101,8	0,2
62,5	101,6	101,8	0,2
63,5	101,6	101,8	0,2
64,3	101,6	101,8	0,2
65,2	101,6	101,8	0,2

### Penurunan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
64	101,6	101,8	0,2
63	101,6	101,8	0,2
62	101,6	101,8	0,2
60,9	101,6	101,8	0,2
59	101,6	101,8	0,2
57	101,8	101,8	0
56	101,8	101,8	0
55	101,8	101,8	0
54	101,8	101,8	0

53	101,8	101,8	0
52	101,8	101,8	0
51	101,8	101,8	0
50	101,8	101,8	0
49	101,8	101,8	0
48	101,8	101,8	0
47	102	101,8	-0,2
46	102	101,8	-0,2
45	102	101,8	-0,2
44	102	101,8	-0,2
43	102	101,8	-0,2
42,5	102,2	101,8	-0,4
41,5	102,2	101,8	-0,4
40,4	102,2	101,8	-0,4
39,3	102,2	101,8	-0,4
38,3	102,2	101,8	-0,4
37,2	102,2	101,8	-0,4
36,1	102,2	101,8	-0,4
35,2	101,8	101,8	0
34	101,8	101,8	0
33,2	101,8	101,8	0
32	102	101,8	-0,2
31,5	102	101,8	-0,2
30,6	102,4	101,8	-0,6

- Pengulangan ke-2  
Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C )	Rugi Daya		
		T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	db
1	30,3		102	-9,91
				-9,91

## Kenaikan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	Intensitas Daya Keluaran Awal (μw)	Selisih Intensitas Daya Keluaran (μw)
31	102	102	0
32	102	102	0
33	102	102	0
34	102	102	0
35	102	102	0
36	102	102	0
37	101,8	102	0,2
38	101,8	102	0,2
39	101,8	102	0,2
40	101,8	102	0,2
41	101,8	102	0,2
42	101,8	102	0,2
43	101,8	102	0,2
44,1	101,8	102	0,2
45,1	101,8	102	0,2
46,1	101,8	102	0,2
47,2	101,8	102	0,2
48,2	101,8	102	0,2

49,2	101,8	102	0,2
50,2	101,8	102	0,2
51,3	101,8	102	0,2
52,3	101,8	102	0,2
53,3	101,8	102	0,2
54,4	101,8	102	0,2
55,4	101,8	102	0,2
56,4	101,6	102	0,4
57,5	101,6	102	0,4
58	101,6	102	0,4
59	101,6	102	0,4
60	101,6	102	0,4
61,3	101,6	102	0,4
62	101,6	102	0,4
63,1	101,6	102	0,4
64,3	101,6	102	0,4
65	101,6	102	0,4
66,2	101,6	102	0,4

### Penurunan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
66	101,8	102	0,2
65	101,8	102	0,2
64	101,8	102	0,2
63	101,8	102	0,2
62	101,8	102	0,2

61	101,8	102	0,2
60	101,8	102	0,2
59	101,8	102	0,6
58	102	102	0
57	102	102	0
56	102	102	0
55	102	102	0
54,1	102	102	0
53	102	102	0
52,1	102	102	0
51	102	102	0
50	102	102	0
49	102,2	102	-0,2
48	102,2	102	-0,2
47	102,2	102	-0,2
46	102,2	102	-0,2
45	102,2	102	-0,2
44	102,2	102	-0,2
43	102,2	102	-0,2
42	102,2	102	-0,2
41	102,2	102	-0,2
40	102,2	102	-0,2
39	102,2	102	-0,2
38	102,2	102	-0,2
37,3	102,4	102	-0,4
36,3	102,4	102	-0,4
35,4	102,4	102	-0,4

34,4	102,4	102	-0,4
33,2	102,4	102	-0,4
32,2	102,4	102	-0,4
31,4	102,4	102	-0,4
30,5	102,4	102	-0,4

- Pengambilan Data Awal Panjang Kupasan 3 cm  
Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C)	Rugi daya		
		T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	db
1	28,8		101	-9,95
				-9,95

#### Kenaikan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	Intensitas Daya Keluaran Awal (μw)	Selisih Intensitas Daya Keluaran (μw)
29,5	101	101	0
30	101	101	0
31	101	101	0
32	101	101	0
33	101	101	0
34	100,8	101	0,2
35	100,8	101	0,2
36	100,8	101	0,2
37	100,8	101	0,2
38	100,8	101	0,2
39	100,8	101	0,2

40	100,8	101	0,2
41	100,8	101	0,2
42,4	100,8	101	0,2
43,4	100,8	101	0,2
44,3	100,8	101	0,2
45,3	100,8	101	0,2
46	100,8	101	0,2
47	100,8	101	0,2
48	100,8	101	0,2
49	100,8	101	0,2
50	100,8	101	0,2
51	100,8	101	0,2
52	100,8	101	0,2
53	100,8	101	0,2
54	100,6	101	0,4
55	100,6	101	0,4
56	100,6	101	0,4
57	100,6	101	0,4
58	100,6	101	0,4
59	100,6	101	0,4
60	100,6	101	0,4
61	100,6	101	0,4
62	100,6	101	0,4
63	100,6	101	0,4
64	100,6	101	0,4
65	100,6	101	0,4
66	100,6	101	0,4

67	100,6	101	0,4
68	100,6	101	0,4
69	100,6	101	0,4
70	99,38	101	1,62

Penurunan Suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
72	99,79	101	1,21
71	99,79	101	1,21
70	99,79	101	1,21
69	99,79	101	1,21
68	99,79	101	1,21
67	100,2	101	0,8
66	100,2	101	0,8
65	100,2	101	0,6
64	100,2	101	0,8
63	100,2	101	0,8
62	100,4	101	0,6
61	100,4	101	0,6
60	100,4	101	0,6
59	100,6	101	0,4
58	100,6	101	0,4
57	100,6	101	0,4
56	100,6	101	0,4
55	100,6	101	0,4
54	100,6	101	0,4

53	100,6	101	0,4
52	100,8	101	0,2
51	100,8	101	0,2
50	100,8	101	0,2
49	100,8	101	0,2
48	100,8	101	0,2
47	100,8	101	0,2
46	100,8	101	0,2
45	101	101	0
44	101	101	0
43	101	101	0
42	101	101	0
41	101	101	0
40	101	101	0
39	101	101	0
38	101	101	0
37	101	101	0
36	101	101	0
35	101	101	0
34	101	101	0
33	101	101	0
32	101,4	101	-0,4
31	101,4	101	-0,4
30,1	101,4	102	0,6

Pengulangan ke-1  
Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C )	Rugi Daya		
	T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	db	dbm
1	30,9	101,4	-9,93	-9,93

Kenaikan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran (μw)	Intensitas Daya Keluaran Awal (μw)	Selisih Intensitas Daya Keluaran (μw)
31	101,2	101,4	0,2
32,2	101,2	101,4	0,2
33	101,2	101,4	0,2
34	101,2	101,4	0,2
35	101,2	101,4	0,2
36	101,2	101,4	0,2
37	101,2	101,4	0,2
38	101,2	101,4	0,2
39	101,2	101,4	0,2
40	101	101,4	0,4
41	101	101,4	0,4
42	101	101,4	0,4
43	101	101,4	0,4
44	101	101,4	0,4
45	101	101,4	0,4
46	101	101,4	0,4

47	101	101,4	0,4
48	101	101,4	0,4
49	101	101,4	0,4
50	101	101,4	0,4
51	101	101,4	0,4
52	101	101,4	0,4
53	101	101,4	0,4
54	101	101,4	0,4
55	101	101,4	0,4
56	100,8	101,4	0,6
57	100,8	101,4	0,6
58	100,8	101,4	0,6
59	100,8	101,4	0,6
60	100,8	101,4	0,6
61	100,8	101,4	0,6
62	100,8	101,4	0,6
63	100,8	101,4	0,6
64	100,8	101,4	0,6
65	100,8	101,4	0,6
66	100,8	101,4	0,6
67	100,8	101,4	0,6
68	100,8	101,4	0,6
69	100,8	101,4	0,6
70,2	100,8	101,4	0,6
71	100,8	101,4	0,6
72	100,8	101,4	0,6

### Penurunan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
72	100,8	101,4	0,6
71	100,8	101,4	0,6
70	100,8	101,4	0,6
69	100,8	101,4	0,6
68	100,8	101,4	0,6
67	100,8	101,4	0,6
66	100,8	101,4	0,6
65	100,8	101,4	0,6
64	100,8	101,4	0,6
63	100,8	101,4	0,6
62	100,8	101,4	0,6
61	100,8	101,4	0,6
60	100,8	101,4	0,6
59	100,8	101,4	0,6
58	100,8	101,4	0,6
57	100,8	101,4	0,6
56	100,8	101,4	0,6
55	100,8	101,4	0,6
54	100,8	101,4	0,6
53	100,8	101,4	0,6
52	100,8	101,4	0,6
51	100,8	101,4	0,6
50	100,8	101,4	0,6

49	100,8	101,4	0,6
48	100,8	101,4	0,6
47	100,8	101,4	0,6
46	100,8	101,4	0,6
45	100,8	101,4	0,6
44	101	101,4	0,4
43	101	101,4	0,4
42	101	101,4	0,4
41	101	101,4	0,4
40	101	101,4	0,4
39	101	101,4	0,4
38	101	101,4	0,4
37	101,2	101,4	0,2
36	101,2	101,4	0,2
35	101,2	101,4	0,2
34	101,2	101,4	0,2
33	101,2	101,4	0,2
32	101,2	102,4	1,2
32	101,2	102,4	1,2

### Pengulangan ke-2

Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C )	Rugi Daya			
		T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu$ w)	db	dbm
1	30,5		101,6	-9,92	-9,92

### Kenaikan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
31	101,6	101,6	0
32	101,6	101,6	0
33	101,6	101,6	0
34	101,2	101,6	0,4
35	101,2	101,6	0,4
36	101,2	101,6	0,4
37	101,2	101,6	0,4
38	101,2	101,6	0,4
40	101,2	101,6	0,4
41	100,8	101,6	0,8
42	100,8	101,6	0,8
43	100,8	101,6	0,8
44	100,8	101,6	0,8
45	100,8	101,6	0,8
46	100,8	101,6	0,8
47	100,8	101,6	0,8
48	100,8	101,6	0,8
49	100,8	101,6	0,8
50	100,8	101,6	0,8
51	100,8	101,6	0,8
52	100,6	101,6	1
53	100,6	101,6	1
54	100,6	101,6	1

55	100,6	101,6	1
56	100,6	101,6	1
57	100,6	101,6	1
58	100,6	101,6	1
59	100,2	101,6	1,4
60	100,2	101,6	1,4
61	100,2	101,6	1,4
62	100,2	101,6	1,4
63	100,2	101,6	1,4
64	100,2	101,6	1,4
65	100,2	101,6	1,4
66	100,2	101,6	1,4
67	100,2	101,6	1,4
68	99,79	101,6	1,81
69	99,79	101,6	1,81
70	99,79	101,6	1,81

Penurunan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )
70	100	101,6	1,6
69	100	101,6	1,6
68	100	101,6	1,6
67	100	101,6	1,6
66	100,2	101,6	1,4
65	100,2	101,6	1,4
64	100,2	101,6	1,4

63	100,2	101,6	1,4
62	100,2	101,6	1,4
61	100,2	101,6	1,4
60	100,4	101,6	1,2
59	100,4	101,6	1,2
58	100,4	101,6	1,2
57	100,4	101,6	1,2
56	100,4	101,6	1,2
55	100,4	101,6	1,2
54	100,4	101,6	1,2
53	100,4	101,6	1,2
52	100,4	101,6	1,2
51	100,4	101,6	1,2
50	100,4	101,6	1,2
49	100,4	101,6	1,2
48	100,4	101,6	1,2
47	100,4	101,6	1,2
46	100,4	101,6	1,2
45	100,4	101,6	1,2
44	100,4	101,6	1,2
43	101	101,6	0,6
42	101	101,6	0,6
41	101	101,6	0,6
40,2	101	101,6	0,6
39	101	101,6	0,6
38,3	101	101,6	0,6
37,2	101	101,6	0,6

36	101	101,6	0,6
35	101	101,6	0,6
34,4	101	101,6	0,6
33	101	101,6	0,6
32	101,6	101,6	0
31	101,6	101,6	0

- Pengambilan Data awal Panjang Kupasan 4,7 cm  
Data awal sebelum diberi panas

No	suhu (°C)	Rugi Daya			
		T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu$ w)	db	dbm
1	30,5		100,6	-9,97	-9,97

#### Kenaikan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu$ w)	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu$ w)	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu$ w)
31	100,4	100,6	0,2
32	100,4	100,6	0,2
33	100,2	100,6	0,4
34	100,2	100,6	0,4
35	100,2	100,6	0,4
36	100,2	100,6	0,4
37	100,2	100,6	0,4
38	100	100,6	0,6
39	100	100,6	0,6
40	100	100,6	0,6

41	100	100,6	0,6
42	100	100,6	0,6
43	100	100,6	0,6
44	100	100,6	0,6
45	99,79	100,6	0,81
46	99,79	100,6	0,81
47	99,79	100,6	0,81
48	99,79	100,6	0,81
49	99,79	100,6	0,81
50	99,58	100,6	1,02
51	99,58	100,6	1,02
52	99,58	100,6	1,02
53	99,58	100,6	1,02
54	99,58	100,6	1,02
55	99,58	100,6	1,02
56	99,58	100,6	1,02
57	99,38	100,6	1,22
58	99,38	100,6	1,22
59	99,38	100,6	1,22
60	99,38	100,6	1,22
61	99,38	100,6	1,22
62	99,38	100,6	1,22
63	99,38	100,6	1,22

## Penurunan suhu

T	Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )	Intensitas Daya Keluaran Awal ( $\mu\text{w}$ )	Selisih Intensitas Daya Keluaran ( $\mu\text{w}$ )

63	99,38	100,6	1,22
62	99,38	100,6	1,22
61	99,38	100,6	1,22
60	99,79	100,6	0,81
59	99,79	100,6	0,81
58	99,79	100,6	0,81
57	99,79	100,6	0,81
56	100	100,6	0,6
55	100	100,6	0,6
54	100	100,6	0,6
53	100	100,6	0,6
52	100	100,6	0,6
51	100	100,6	0,6
50	100	100,6	0,6
49	100	100,6	0,6
48	100	100,6	0,6
47	100	100,6	0,6
46	100	100,6	0,6
45	100	100,6	0,6
44	100	100,6	0,6
43	100	100,6	0,6
42	100,2	100,6	0,4
41	100,2	100,6	0,4
40	100,2	100,6	0,4
39	100,2	100,6	0,4
38	100,2	100,6	0,4
37	100,2	100,6	0,4

36	100,2	100,6	0,4
35	100,2	100,6	0,4
34	100,2	100,6	0,4
33	100,2	100,6	0,4
32	100,4	100,6	0,2
31	100,4	100,6	0,2

## LAMPIRAN B

### Data Sheet Optical Power Meter

	OLP-34	OLP-35	OLP-38
Detector type	Germanium	InGaAs	Filtered InGaAs
Optical interface / connectors	Universal 2.5 mm / 1.25 mm <sup>1</sup>	Universal 2.5 mm / 1.25 mm <sup>1</sup>	Universal 2.5 mm / 1.25 mm <sup>1</sup>
Wavelength range	780 to 1600 nm	780 to 1650 nm	780 to 1650 nm
Wavelength settings	780 to 1600 nm, step size 1 nm	780 to 1650 nm, step size 1 nm	780 to 1650 nm, step size 1 nm
Programmable wavelengths	5 presets (customized)	5 presets (customized)	5 presets (customized)
Calibrated wavelengths	850, 980, 1300, 1310, 1490, 1550 nm	850, 980, 1300, 1310, 1490, 1550, 1625 nm	850, 980, 1300, 1310, 1490, 1550, 1625 nm
Power Range	-60 to +5 dBm	-65 to +10 dBm	-50 to +26 dBm
Display range	-60 to +10 dBm	-65 to +13 dBm	-50 to +26 dBm
Max. input power	+13 dBm	+16 dBm	+27 dBm
Measurement units	dB / dBm / W	dB / dBm / W	dB / dBm / W
Absolute uncertainty <sup>2</sup>	$\pm 0.2$ dB ( $\pm 5\%$ )	$\pm 0.2$ dB ( $\pm 5\%$ )	$\pm 0.2$ dB ( $\pm 5\%$ )
Linearity <sup>3</sup>	$\pm 0.06$ dB (-50 to +5 dBm)	$\pm 0.06$ dB (-50 to +5 dBm)	$\pm 0.06$ dB (-32 to +20 dBm)
Tone detection	270 Hz, 1 kHz, 2 kHz	270 Hz, 1 kHz, 2 kHz	270 Hz, 1 kHz, 2 kHz
Auto $\lambda$ mode <sup>4</sup>	Yes	Yes	Yes
Multi $\lambda$ mode <sup>4</sup>	TwinTest / serial TripleTest	TwinTest / serial TripleTest	TwinTest / serial TripleTest

1. 1.25 mm UPP adapter as accessory

2. Under reference conditions: -20 dBm (CW), 1310 nm +/- 1nm, 23°C +/- 3K, 5 to 75% relative humidity 9 to 50 µm test fiber with ceramic DIN connector.

3. -5 to +45°C.

4. With JDSU light sources

### Gambar Data Sheet Optical Power Meter

## LAMPIRAN C

### Data Sheet Power Source

	OLS-34 Multimode Light Source	OLS-35 Singlemode Light Source	OLS-36 Quad Light Source
Source Type	LED	Laser	LED/Laser
Laser safety	IEC 60825-1: 2003 IEC 60825-1: 2007	IEC 60825-1: 2007	IEC 60825-1: 2003 IEC 60825-1: 2007
Fiber type	MM (50/125 µm)	SM (9/125 µm)	MM (50/125 µm)/SM (9/125 µm)
Optical interface type	PC / 1 single port for all wavelengths	PC/ 1 single port for all wavelengths	PC/ 1 port for MM and 1 port for SM
Optical interface connectors	Fixed: ST, FC, SC Interchangeable LC, FC, SC, ST, DIN	Fixed: LC, FC, SC Interchangeable LC, FC, SC, ST, DIN	Fixed: LC, FC, SC Interchangeable LC, FC, SC, ST, DIN
Central Wavelength	850 nm ( $\pm$ 20 nm) 1300 nm (-20 nm/+40 nm)	1310 nm ( $\pm$ 20 nm) 1550 nm ( $\pm$ 20 nm)	850 ( $\pm$ 20 nm) 1300 (-20 nm/+40 nm) 1310 ( $\pm$ 20 nm) 1550 ( $\pm$ 20 nm)
Spectral width <sup>1</sup>	<170 nm	<5 nm	<170 nm/<5 nm
Output power	-20 dBm <sup>2</sup>	-7 dBm	-20 dBm <sup>2</sup> / -7 dBm
Stability short term (15 min) <sup>3</sup>	$\pm$ 0.02 dB	$\pm$ 0.02 dB	$\pm$ 0.02 dB
Stability long term (8h) <sup>3</sup>	$\pm$ 0.05 dB	$\pm$ 0.05 dB	$\pm$ 0.05 dB
Tone generation	270 Hz, 1 kHz, 2 kHz	270 Hz, 1 kHz, 2 kHz	270 Hz, 1 kHz, 2 kHz
Auto λ mode <sup>4</sup>	Yes	Yes	Yes
Multi λ mode <sup>4</sup>	Yes (2 λs)	Yes (2 λs)	Yes (4 λs)
Launch conditions	CPR capability for MM launch conditions		CPR capability for MM launch conditions

Gambar Data Sheet Power Source

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BIODATA PENULIS



Penulis, Rahmi Intan Yunifar lahir di Surabaya pada 16 Juni 1993. Penulis memulai pendidikan S1 di Jurusan Fisika ITS pada tahun 2011 dan telah menyelesaikan Tugas Akhir ini pada semester 8. Selama mengenyam pendidikan S1 di Jurusan Fisika ITS, penulis turut berkontribusi dalam hal pengembangan laboratorium optoelektronika yaitu sebagai asisten fisika laboratorium bidang optoelektronika (2014). Penulis juga berpartisipasi dalam bidang penelitian yaitu dalam hal program hibah PKM DIKTI yang dibuktikan dengan didanainya PKM Penerapan Teknologi pada pendanaan DIKTI tahun 2014. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi intra kampus yaitu menjabat sebagai Staf Departemen Hubungan Luar HIMASIKA (2012-2013), sekretaris Departemen Hubungan Luar HIMASIKA (2013-2014), serta staf Kewirausahaan FOSIF (2012-2014). Dengan adanya tulisan tugas akhir ini, penulis berharap akan adanya pengembangan penelitian Fiber Optik lebih lanjut sehingga dapat dihasilkan sensor suhu berbasis serat optik yang lebih baik. Jika ada kritik dan saran dapat menghubungi penulis melalui email [rahmi.intan11@gmail.com](mailto:rahmi.intan11@gmail.com).