



TUGAS AKHIR - SF141501

**ANALISIS PENGARUH PANJANG KUPASAN DAN
PERUBAHAN SUHU TERHADAP PANCARAN
INTENSITAS PADA SERAT OPTIK PLASTIK *MULTIMODE*
TIPE FD-620-10**

**PUSPITA FAHMI ARIANI
NRP. 1112 100 025**

**Dosen Pembimbing
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si**

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - SF141501

**ANALYSIS THE EFFECT OF STRIPPING AND CHANGING
OF TEMPERATURE TO THE INTENSITY EMITTED BY
MULTIMODE PLASTIC OPTICAL FIBER TYPE FD-620-10**

**PUSPITA FAHMI ARIANI
NRP. 1112 100 025**

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

**Physics Department
Faculty of Mathematics and Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH PANJANG KUPASAN DAN
PERUBAHAN SUHU TERHADAP PANCARAN
INTENSITAS PADA SERAT OPTIK PLASTIK
MULTIMODE TIPE FD-620-10**

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 :

**PUSPITA FAHMI ARIANI
NRP 1112 100 025**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Drs. Gontjang Prajitno, M. Si



**ANALISIS PENGARUH PANJANG KUPASAN DAN
PERUBAHAN SUHU TERHADAP PANCARAN
INTENSITAS PADA SERAT OPTIK PLASTIK
MULTIMODE TIPE FD-620-10**

Nama : Puspita Fahmi Ariani
NRP : 1112100025
Jurusan : Fisika, FMIPA, ITS
Pembimbing : Drs. Gontjang Prajitno, M.Si

Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai analisis pengaruh pemberian kupasan *jacket* dan *cladding* pada serat optik plastik mode jamak tipe FD-620-10 terhadap perubahan suhu dengan menggunakan detektor silikon dan BF5R-D1-N. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh kenaikan suhu terhadap *loss* pada serat optik plastik dan mengetahui kemampuan detektor silikon dan BF5R-D1-N dalam pengukuran tegangan dan intensitas pada variasi panjang kupasan. Variasi panjang kupasan yang digunakan adalah 30, 40, 50, 60, 70, dan 80 mm. Pengukuran dilakukan pada range suhu 30°C - 75°C dengan pengambilan data setiap kenaikan 1°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu di daerah *sensing*, semakin besar *loss* yang terjadi akibat adanya pemuai termal di daerah *sensing* yang menyebabkan penurunan indeks bias *core*. Detektor silikon mampu mendeteksi perubahan intensitas cahaya dan bekerja optimal pada serat optik dengan panjang kupasan 80 mm BF5R-D1-N dapat merespon perubahan intensitas cahaya dan bekerja optimal pada serat optik dengan panjang kupasan 30 mm.

Kata kunci- BF5R-D1-N, detektor silikon, *loss*, suhu

ANALYSIS THE EFFECT OF STRIPPING AND CHANGING OF TEMPERATURE TO THE INTENSITY EMITTED BY MULTIMODE PLASTIC OPTICAL FIBER TYPE FD-620-10

Name : Puspita Fahmi Ariani
NRP : 1112100025
Department : Physics Department, Faculty of Mathematics
and Sciences, Sepuluh Nopember Institute of
Technology
Advisor : Drs. Gontjang Prajitno, M.Si

Abstract

Research about analysis the effect of stripping and changing of temperature to the intensity emitted by multimode plastic optical fiber type fd-620-10 was proposed. Silicon detector and BF5R-D1-N were used as the measuring instrument. The jacket and cladding of this plastic optical fiber were stripped by varying the length of stripping, which are 30mm, 40mm, 50mm, 60mm, 70mm, and 80 mm. Under the temperature range of 30°C until 75°C, different reaction shown not only by different POF that depend on their length of stripping but also the difference of the measuring instrument. From this research, has been concluded that the higher the temperature around the sensing area, the more loss occurred which is caused by the effect of decreasing the refractive index of core. Silicon detector was able to work optimally on a POF with the length of stripping 80 mm, meanwhile the BF5R-D1-N was able to work optimally on a POF with the length of stripping 30 mm.

Key words - BF5R-D1-N, loss, silicon detector, temperature

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PAGE TITLE	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Laporan	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Serat Optik	5
2.1.1 Struktur Penyusun Serat Optik	5
2.1.2 Jenis-Jenis Serat Optik	6
2.2 Serat Optik Plastik	7
2.2.1 Kelebihan dan Kelemahan Serat Optik Plastik	7
2.3 Pemantulan Dalam Total dan <i>Numerical Aperture</i>	8
2.4 Prinsip Sensor Serat Optik	10
2.5 Pengaruh Suhu Terhadap Serat Optik	11
2.6 Detektor Optik	12
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Alat dan Bahan	15
3.2 Diagram Alir Penelitian	15

3.3	Prosedur Kerja	17
3.3.1	Perancangan Kerangka Alat dan Sistem Suhu	17
3.3.2	Pengupasan <i>Jacket</i> dan <i>Cladding</i> Serat Optik	18
3.3.3	Pengujian Kerataan Kupasan <i>Cladding</i>	20
3.3.4	Pengujian Suhu dan Stabilitas Alat	22
BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Analisa Pengaruh Variasi Panjang Kupasan terhadap Perubahan Suhu	27
4.1.1	Pengukuran dengan Detektor Silikon	27
4.1.2	Pengukuran dengan BF5R-D1-N	33
4.2	Analisa Pengaruh Kenaikan Suhu terhadap <i>Loss</i> pada Serat Optik Plastik	36
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	39
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		41
LAMPIRAN		43
Biodata Penulis		63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagian-bagian penyusun serat optik	5
Gambar 2.2	Jenis-jenis serat optik berdasarkan indeks biasnya	6
Gambar 2.3	Representasi penjalaran cahaya pada serat optik	8
Gambar 2.4	Komponen dasar sistem sensor serat optik	11
Gambar 2.5	Diagram pita energi sederhana dari PN photodiode	13
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	16
Gambar 3.2	Skema alat percobaan	17
Gambar 3.3	Tatakan akrilik pengupas serat optik	19
Gambar 3.4	<i>Cladding</i> yang telah terkelupas	19
Gambar 3.5	Hasil pengujian kerataan kupasan pada panjang 30mm	21
Gambar 3.6	<i>Heat blower</i> Dekko tipe 850 AD	23
Gambar 3.7	Multimeter untuk mengukur tegangan	23
Gambar 3.8	Thermokopel tipe K untuk mengukur suhu	24
Gambar 3.9	Detektor silikon tipe 818 SL	24
Gambar 3.10	Rangkaian alat penelitian dengan menggunakan alat ukur BF5R-D1-N	25
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Suhu dengan Tegangan Keluaran pada Serat Optik Tanpa Kupasan	28
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Suhu dengan Tegangan Keluaran pada Panjang Kupasan 50 mm	29
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Suhu dengan Tegangan Keluaran pada Panjang Kupasan 60 mm	30
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Suhu dengan Tegangan Keluaran pada Panjang Kupasan 70 mm	31
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Suhu dengan Tegangan Keluaran pada Panjang Kupasan 80 mm	31
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Suhu dengan Intensitas Cahaya Keluaran pada panjang kupasan 30 mm, 40 mm, dan 50 mm	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	1. Hasil pengukuran tegangan keluaran pada serat optik yang tidak dikupas	43
	2. Hasil pengukuran tegangan keluaran pada panjang kupasan 50mm, 60mm, 70mm, dan 80mm	45
	3. Hasil pengukuran daya keluaran pada panjang kupasan 30mm, 40mm, dan 50mm	53
Lampiran B	Datasheet Detektor Silikon Tipe 818SL	57
Lampiran C	Hasil Pengujian Kerataan Kupasan	58

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Serat optik merupakan media transmisi data dalam bentuk cahaya yang saat ini sedang marak dikembangkan. Serat optik dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan, seperti saluran telekomunikasi maupun berbagai macam sensor. Serat optik plastik atau POF, merupakan serat dengan dimensi diameter *core* yang jauh lebih besar daripada *cladding* nya. POF merupakan serat optik yang berbahan plastik polimer, dimana lapisan inti (*core*) dibuat dari bahan PMMA sedangkan lapisan *coating* terbuat dari perfluoropolimer (Widiyana, 2010). Penelitian tentang POF telah banyak dilakukan, mulai dari pemanfaatan POF sebagai berbagai jenis sensor hingga rancang bangun POF sebagai *directional coupler*. Salah satu kelemahan POF adalah besarnya nilai loss sehingga menghambat proses pengiriman informasi. Salah satu penyebab terjadinya *loss* pada POF adalah adanya pengaruh panas terhadap serat optik (Sujito, 2012). Beberapa sifat material menunjukkan kebergantungannya terhadap perubahan temperatur, diantaranya titik lebur, massa jenis, konduktivitas listrik, dan indeks bias. Ketergantungan indeks bias material terhadap temperatur inilah yang menjadi ide awal dalam penelitian ini. Adanya perubahan temperatur di daerah sekitar *core* serat optik diharapkan mampu mempengaruhi indeks biasnya, sehingga dapat diamati perubahan *loss* nya.

Telah dilakukan banyak penelitian mengenai pengaruh pemberian suhu terhadap serat optik, diantaranya oleh Sujito pada 2012 yang melakukan penelitian mengenai pengaruh pemberian suhu -14°C hingga 30°C dengan kontrol waktu terhadap serat optik silika *singlemode* tipe SMF-28. Pemanfaatan serat optik sebagai sensor perubahan suhu telah dilakukan dengan menggunakan prinsip rugi daya pada serat optik (Rahmi Intan Yunifar, 2015). Dalam penelitian tersebut digunakan serat optik silika mode jamak dan diberikan variasi panjang kupasan. Serat optik diuji pada suhu

30°C hingga 75°C dan dihasilkan rugi daya yang semakin besar seiring dengan kenaikan suhu.

Berangkat dari penelitian yang sebelumnya, akan dilakukan penelitian mengenai analisis pengaruh pemberian kupasan *jacket* dan *cladding* pada serat optik plastik *multimode* tipe FD-620-10 terhadap perubahan suhu. Serat optik plastik tipe FD-620-10 memiliki keunggulan yaitu harganya yang murah dan mudah diperoleh di pasaran, sehingga memudahkan dalam proses fabrikasi. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan OLS sebagai sumber cahaya dan OPM sebagai alat ukur rugi daya, pada penelitian ini digunakan dua alat ukur yang berbeda yaitu BF5R-D1-N dan detektor silikon yang masing-masing memiliki sensitivitas berbeda.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh kenaikan suhu terhadap *loss* pada Serat Optik Plastik?
- b. Bagaimana kemampuan detektor silikon dan BF5R-D1-N dalam pengukuran tegangan dan intensitas pada variasi panjang kupasan 30mm, 40mm, 50mm, 60mm, 70mm, dan 80mm?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

- a. Serat optik yang digunakan adalah serat optik plastik *step index multimode* tipe FD-620-10 dengan indeks bias efektif *core* adalah 1,49 dan indeks bias efektif *cladding* adalah 1,41.
- b. Rentang suhu yang digunakan adalah 30°C - 75°C.
- c. Alat ukur yang digunakan adalah detektor silikon dan BF5R-D1-N yang dihubungkan ke *port* serat optik untuk mengukur intensitas dan tegangan *output*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan permasalahan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui pengaruh kenaikan suhu terhadap *loss* pada Serat Optik Plastik.
- b. Mengetahui kemampuan detektor silikon dan BF5R-D1-N dalam pengukuran tegangan dan intensitas pada variasi panjang kupasan 30mm, 40mm, 50mm, 60mm, 70mm, dan 80mm.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang bagaimana pengaruh perubahan suhu di sekitar daerah kupasan serat optik multimode tipe FD-620-10 terhadap *loss* yang dihasilkan dan pengaruh pemberian variasi panjang kupasan *cladding* dan *jacket* serat optik FD-620-10. Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan referensi dalam pemilihan alat ukur untuk serat optik plastik multimode FD-620-10 dengan panjang kupasan 30mm, 40mm, 50mm, 60mm, 70mm, dan 80mm.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan, berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika laporan.
2. Bab II Tinjauan Pustaka, berisi teori yang menunjang penelitian dan analisis.
3. Bab III Metodologi Penelitian, berisi peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian serta uraian lengkap tahapan penelitian.
4. Bab IV Hasil dan Pembahasan, berisi data hasil fabrikasi dan karakterisasi yang dilakukan serta analisis dan pembahasan.
5. Bab V Kesimpulan dan Saran, berisi kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian lebih lanjut.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB II

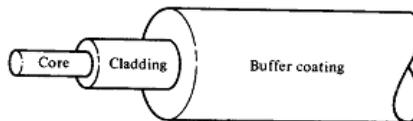
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat Optik

Serat optik adalah suatu pemandu gelombang cahaya (*light wave guide*) yang berupa kabel tembus pandang (*transparan*), yang mana penampang dari kabel tersebut terdiri dari 3 bagian, yaitu: bagian tengah yang disebut *core*, bagian pelindung disebut *cladding* dan bagian luar disebut *coating*. Bahan serat optik dibuat dari bahan silika murni, baik sebagai *core* maupun *cladding*. Dalam penggunaannya beberapa serat optik dijadikan satu dalam sebuah tempat yang dinamakan kabel serat optik dan digunakan untuk mengantarkan data digital yang berupa sinar dalam jarak yang sangat jauh. Di dalam serat inilah energi cahaya yang dibangkitkan oleh sumber cahaya disalurkan sehingga dapat diterima di ujung unit penerima (Catur E, 2002).

2.1.1 Struktur Penyusun Serat Optik

Serat optik merupakan salah satu media transmisi gelombang cahaya yang terbuat dari bahan silika atau plastik yang berbentuk silinder.



Gambar 2.1 Bagian-bagian penyusun serat optik (Keiser, 1984).

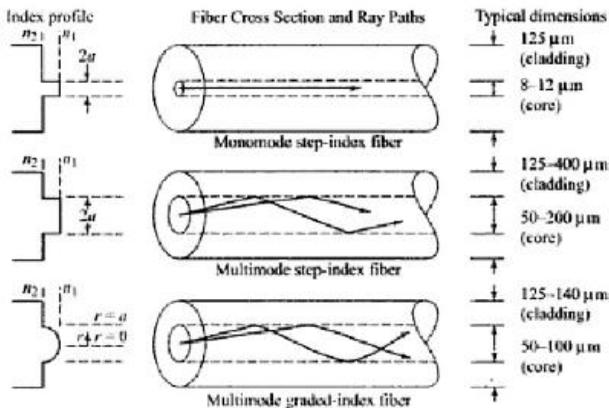
Sebuah serat optik tersusun atas tiga bagian utama, yaitu *jacket*, *cladding*, dan *core*. *Jacket* merupakan bagian terluar dari serat optik yang berfungsi untuk melindungi serat optik dari pengaruh gangguan luar. *Cladding* merupakan lapisan dalam setelah *jacket*. *Cladding* memiliki indeks bias lebih rendah dari *core* yang berfungsi untuk memantulkan kembali

cahaya yang keluar dari *core* agar kembali masuk ke dalam *core* (Keiser, 1984).

2.1.2 Jenis-Jenis Serat Optik

Serat optik memiliki ciri khusus yaitu nilai indeks bias yang berbeda pada bagian *core* dan *cladding*. Agar cahaya dapat terpandu, maka nilai indeks bias *core* harus lebih besar daripada *claddingnya*. Secara garis besar, berdasarkan struktur indeks bias *core*, serat optik terdiri atas dua jenis yaitu *step index* dan *graded index*. Pada serat optik *step index*, memiliki satu indeks bias yang homogen baik ditengah *core* sampai batas *core* dan *cladding*. Sedangkan *graded index* memiliki indeks bias berubah pada *core* nya, indeks bias semakin besar saat mendekati 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.



Gambar 2.2 Jenis-jenis serat optik berdasarkan indeks biasnya (Keiser, 1984)

Gambar 2.2 di atas merupakan perbandingan struktur serat optik *multimode step index* dan *graded index* serta profil indeks biasanya. 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 (Suematsu, 1982).

2.2 Serat Optik Plastik

Serat optik plastik (*Plastic Optical Fiber, POF*) merupakan serat optik yang berbahan plastik polimer, dimana lapisan inti (*core*) dibuat dari bahan PMMA sedangkan lapisan *coating* terbuat dari perfluoropolimer. Pada awal pengkomersilannya, serat optik plastik memiliki rugi daya melebihi 1000 dB/km. Melalui teknologi yang lebih modern, serat optik plastik akhirnya mampu diperbaiki sehingga memiliki rugi daya yang cukup kecil yaitu 50 dB/km pada spektrum cahaya tampak dan spektrum yang mendekati infra merah. Di masa kini, serat optik plastik telah mampu menggantikan kabel konvensional dan dapat digunakan sebagai media transmisi data untuk komunikasi jarak dekat. Serat optik plastik memiliki beberapa kelebihan, diantaranya tahan terhadap benturan, biaya pembuatan yang rendah, dan tahan terhadap derau (*noise*) karena lapisan yang berbahan perfluoropolimer.

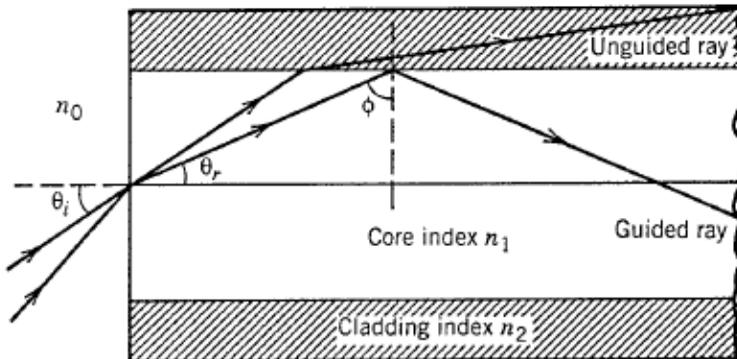
2.2.1 Kelebihan dan Kelemahan Serat Optik Plastik

Dewasa ini, serat optik banyak digunakan untuk dekorasi, jaringan lokal, pencahayaan, pemandu gambar, dan juga sebagai sensor. Seperti serat optik lainnya yang terbuat dari bahan silika atau gelas, serat optik plastik juga memiliki kelebihan jika dibandingkan konduktor-konduktor listrik lainnya, diantaranya : ringan, tidak sensitif terhadap interferensi elektromagnetik, tidak mengalami korosi, dapat mentransfer informasi dengan laju tinggi, beroperasi pada range cahaya tampak, serta memiliki diameter yang besar

sehingga memudahkan dalam penyambungan antara bagian yang satu dengan yang lainnya. Keistimewaan lainnya adalah kemampuannya mengumpulkan energi cahaya karena memiliki *Numerical Aperture* yang besar. Kelemahannya adalah rugi propagasinya yang tinggi sehingga panjang lintasannya tidak terlalu jauh (Dimas, 2011).

2.3 Pemantulan Dalam Total dan *Numerical Aperture*

Mekanisme pemanduan gelombang cahaya dalam serat optik berdasar pada prinsip pemantulan dalam total atau *TIR* (*Total Internal Reflection*) pada batas *core* dan *cladding* sesuai dengan hukum Snellius. Untuk memudahkan pemahaman mekanisme pemanduan gelombang cahaya dalam serat optik *step-index*, digunakan teori sinar dalam mendiskripsikan perambatan muka gelombang cahaya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3 Representasi penjalaran cahaya pada serat optik (Agrawal, 2002)

Penerapan hukum Snellius dilakukan pada proses pemantulan dan pembiasan sinar pada bidang batas antara dua medium yang berbeda. Sinar yang datang dari medium rapat (n_1) ke medium kurang rapat (n_2) akan dibiaskan menjauhi garis normal. Pada

bidang batas antara *core* dan *cladding* dalam gambar 2.3, jika sudut \emptyset diperbesar secara gradual maka pada sudut tertentu sinar akan dirambatkan pada bidang batas kedua medium yaitu bidang batas *core* dan *cladding* (sinar tidak dibiaskan pada *cladding*). Sudut \emptyset pada keadaan tersebut dinamakan sudut kritis yang dilambangkan dengan \emptyset_c . Dengan menggunakan hukum Snellius diperoleh nilai sudut \emptyset_c seperti berikut :

$$\begin{aligned} n_1 \sin \emptyset_c &= n_2 \sin \emptyset_2 \\ n_1 \sin \emptyset_c &= n_2 \sin 90^0 \\ \sin \emptyset_c &= \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$\emptyset_c = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (2.2)$$

dengan n_1 dan n_2 menunjukkan indeks bias *core* dan indeks bias *cladding*. Untuk nilai sudut $\emptyset_c < \emptyset$ dalam gambar 2.3, tidak ada sinar yang dibiaskan ke dalam selubung, sehingga seluruh sinar akan terpandu dalam *core* serat optik.

Untuk mengetahui sudut sinar masukan pada bagian *core* serat optik agar sinar dapat terpandu, diterapkan hukum Snellius pada bidang antara *core* dan udara. Agar sinar dapat terpandu, maka sudut $\emptyset = \emptyset_c$ dan $\theta_i = \theta_{i \max}$, maka persamaan Snellius menjadi :

$$n_0 \sin \theta_{i \max} = n_1 \sin \theta_r \quad (2.3)$$

Karena $\theta_r = \frac{\pi}{2} - \emptyset_c$, maka persamaan 2.3 dapat ditulis :

$$n_0 \sin \theta_{i \max} = n_1 \cos \emptyset_c \quad (2.4)$$

dengan menggunakan relasi trigonometri $\sin^2 \emptyset_c + \cos^2 \emptyset_c = 1$, persamaan (2.4) dapat ditulis sebagai:

$$n_0 \sin \theta_{i \max} = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \emptyset_c} \quad (2.5)$$

Substitusi persamaan (2.1) ke persamaan (2.5), didapatkan :

$$\begin{aligned} n_0 \sin \theta_{i \max} &= n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} \\ n_0 \sin \theta_{i \max} &= n_1 \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \end{aligned} \quad (2.6)$$

maka sinar yang memiliki sudut masukan θ_0 lebih kecil dari $\theta_{i \max}$ akan dipantulkan seluruhnya pada bidang antarmuka core-cladding (Agrawal, 2002). Persamaan (2.6) 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, 1984).

$$NA = n_0 \sin \theta_{i,max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.7)$$

Didefinisikan beda indeks bias antar *core* dan *cladding* (Δ) menurut persamaan :

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_2} \quad (2.8)$$

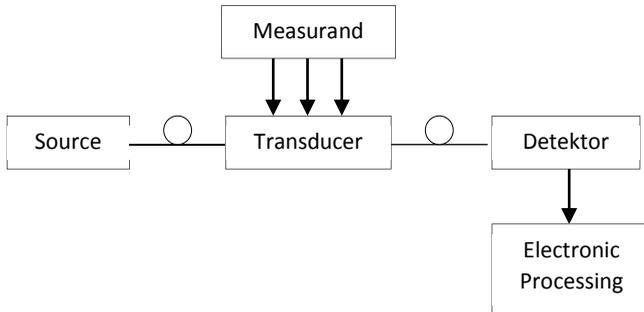
Perbedaan nilai n_1 dan n_2 sangat kecil, sehingga nilai Δ juga kecil, dengan demikian Persamaan diatas dapat ditulis :

$$NA = n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (2.9)$$

Nilai Δ berkisar 1 % sampai 3 % untuk serat optik *multimode* dan 0,2 % sampai 1 untuk serat optik *singlemode* (Keiser, 1984). Nilai NA untuk serat optik *step-index* berkisar antar 0,2-0,5 sedangkan untuk serat optik *graded-index* disekitar 0,2. Untuk serat optik *step-index multimode* dari bahan plastik berdiameter core besar, nilai NA antara 0,3-0,5 (Alan, 2012).

2.4 Prinsip Sensor Serat Optik

Sensor adalah suatu divais yang dapat mengukur besaran fisika dan merubahnya menjadi sinyal yang dapat dibaca oleh observer atau sebuah instrumen. Stuktur umum sistem serat optik sebagai sensor ditunjukkan pada gambar di bawah ini, yang terdiri dari sumber cahaya (LED, laser, laser dioda), serat optik, elemen sensing atau elemen modulator, detektor cahaya, dan proses elektronik (osiloskop, *analyzer* spektrum cahaya, dll).



Gambar 2.4 Komponen dasar sistem sensor serat optik (Widiyana, 2010)

Banyak keuntungan yang didapatkan ketika serat optik digunakan sebagai sensor, sehingga penelitian makin sering dikembangkan untuk meningkatkan jenis dari sensor tersebut.

2.5 Pengaruh Suhu Terhadap 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 molekular) (Bestariyan, 2011).

Terdapat dua parameter yang mencirikan pengaruh suhu pada serat optik yaitu koefisien muai termal (*Thermal Expansion Coefficient = TEC*) dan koefisien *thermo-optik* (*Thermo-Optic Coefficient = TOC*). Koefisien muai termal mencirikan ekspansi fisik atau kontraksi volume suatu material, sedangkan koefisien *thermo-optik* mencirikan perubahan indeks bias sebagai respon dari perubahan suhu. Dengan menggunakan koefisien muai termal dan koefisien *thermo-optik*, maka perubahan panjang serat optik (ΔL), perubahan jari-jari inti (Δa), dan perubahan indeks bias (Δn) akibat dari perubahan suhu (ΔT), masing-masing dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T \quad (2.10)$$

$$\Delta a = \alpha a \Delta T \quad (2.11)$$

$$\Delta n = \beta n \Delta T \quad (2.12)$$

Dimana α merupakan koefisien muai termal dan β merupakan koefisien termo-optik. Δn merupakan perubahan indeks bias akibat dari perubahan suhu ΔT . Untuk serat optik polimer PMMA memiliki koefisien muai panas $\alpha = 7 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ dan koefisien termo-optik $\beta = -1,2 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$.

Koefisien linier dari sebuah objek didefinisikan sebagai perubahan panjang suatu objek karena adanya kenaikan temperatur 1°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 temperatur 1°C dinamakan koefisien ekspansi termal linier atau koefisien ekspansi linier (Arifin, 2015).

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 termooptik. Adanya peristiwa tersebut menyebabkan terjadinya ketidaksempurnaan fiber optik dalam menyampaikan data yang dipandu, atau dengan kata lain terjadi rugi daya (loss) yang diterima detektor. Besarnya nilai rugi daya disebut loss atau atenuasi. Atenuasi adalah besaran pelemahan energi sinyal informasi yang diterima pada bagian output (Sujito, 2012).

2.6 Detektor Optik

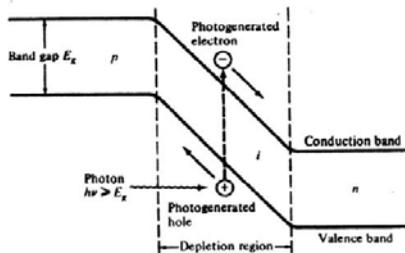
Detektor optik adalah suatu piranti yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Dalam bidang elektronika umumnya dipakai detektor semikonduktor. Dipakainya detektor semikonduktor karena detektor ini memiliki ukuran yang kecil. Sebuah detektor optis selain dilengkapi dengan sensor semikonduktor yang digunakan sebagai detektor optis adalah

fotodioda PIN, fotodioda longoran (APD) fotodioda PN dan fototransistor.

Untuk keempat macam sensor semikonduktor diatas, energi cahaya yang diubah menjadi energi listrik hanya pada rentang panjang gelombang tertentu saja Panjang gelombang pancung atas λ_0 ditentukan berdasarkan sela energi E_g bahan semikonduktor yang digunakan. Apabila E_g bahan dinyatakan dalam elektronvolt (eV), maka λ_0 dalam satuan μm diberikan oleh persamaan berikut:

$$\lambda_c(\mu\text{m}) = \frac{hc}{E_g} = \frac{1,2398}{E_{F(0)}(\text{eV})}(\mu\text{meV}) \quad (2.13)$$

Untuk bahan silikon, sela energinya 1,21 eV, sedangkan untuk bahan germanium sela energinya 0,78 eV. Terjadinya perubahan energi cahaya menjadi energi listrik adalah bila gandengan antara bahan p dan n disinari. Apabila energi radiasi yang datang lebih besar atau sebanding dengan sela energi (E_g) dari bahan semikonduktor, maka radiasi tersebut akan menyebabkan elektron tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Proses ini akan menyebabkan terbentuknya pasangan elektron-hole yang menghasilkan arus foton, seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Diagram pita energi sederhana dari PN photodiode (Keiser, 1984)

Nilai arus foton bergantung pada intensitas dan panjang gelombang dari cahaya yang datang. Besarnya penyerapan yang dapat dilakukan bergantung pada intensitas yang diterima, artinya semakin banyak intensitas yang diterima maka semakin besar sinyal yang dihasilkan dan sebaliknya, jika intensitas yang diterima

kecil, maka sinyal yang dihasilkan akan semakin kecil pula. Bila daerah deplesi sebesar w , maka daya total yang diserap adalah :

$$P(w) = P_0(1 - e^{-\alpha_s(\lambda)w}) \quad (2.14)$$

Ada dua parameter penting yang menentukan sifat dari suatu detektor optis, yaitu efisiensi kuantum dan tanggapan dari detektor tersebut. Parameter ini bergantung pada bahan semikonduktor yang digunakan, panjang gelombang, dan doping dari bahan semikonduktor yang digunakan. Efisiensi kuantum η adalah jumlah pasangan elektron-hole yang dihasilkan perjumlah foton yang datang dengan energi $h\nu$

$$\eta = \frac{\text{jumlah pasangan elektron-hole yang dihasilkan}}{\text{jumlah photon yang datang}}$$

$$\eta = \frac{I_p/q}{P_0/h\nu} \quad (2.15)$$

Ketanggapan R (*responsivity*) dari detektor optik adalah perbandingan antara arus foton yang dihasilkan dengan daya optis yang datang :

$$R = \frac{I_p}{P_0} \quad (2.16)$$

Dari kedua persamaan diatas tampak bahwa nilai efisiensi kuantum fotodiode adalah berbanding terbalik dengan ketanggapan. Semakin besar lebar daerah deplesi w maka semakin besar nilai η yang berarti semakin baik kepekaannya, namun ketangguhannya akan semakin turun. Sinyal yang dihasilkan oleh fotodiode sebagai detektor optis adalah tegangan. Namun tegangan yang dihasilkan masih sangat lemah (Keiser, 1984).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah antara lain :

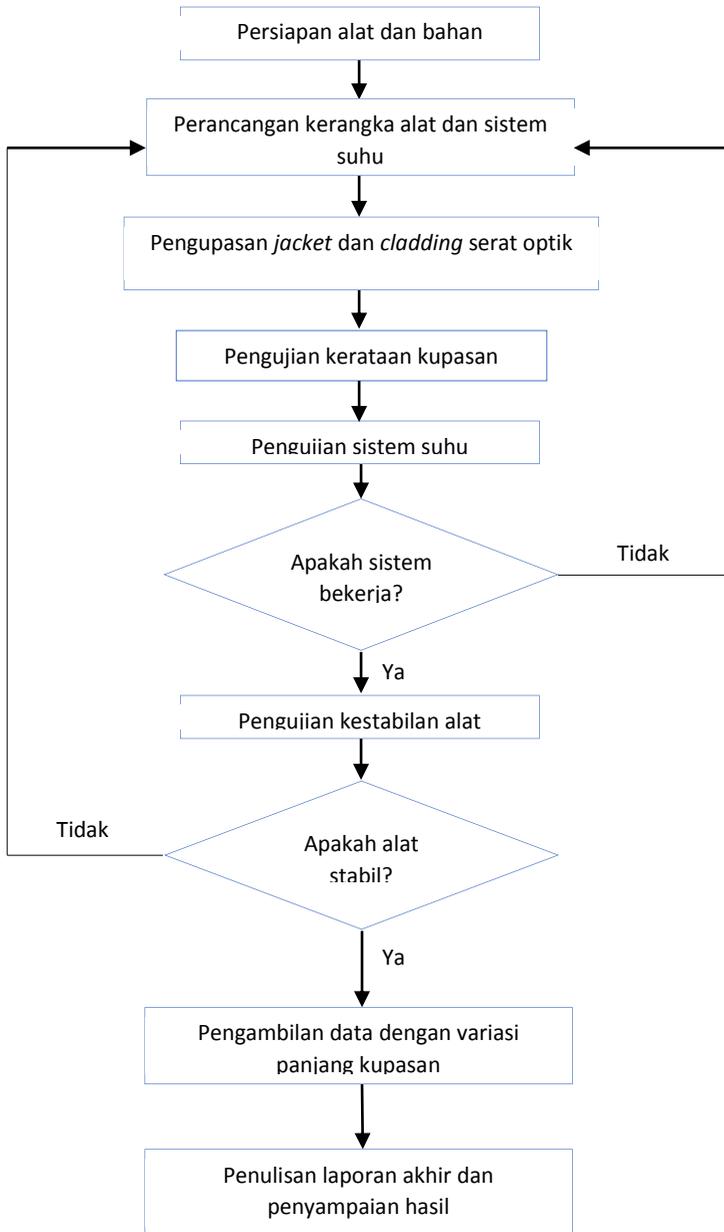
1. Cutter
2. Laser
3. Pemotong serat optik
4. Thermokopel tipe K
5. Amplas dengan mesh 500 dan 1000
6. *Heat blower* merk Dekko tipe 850 AD
7. Laser semikonduktor dengan panjang gelombang 650nm
8. Multimeter merk Fluke tipe 179
9. *Silicon detector* merk Newport tipe 818 SL
10. *Hair dryer*
11. BF5R-D1-N
12. *Power Supply*
13. DIN Rail
14. *Styrofoam box*
15. Kaleng

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian tugas ini antara lain :

1. Serat optik plastik multimode tipe FD 620 10, diameter *core* dan *cladding* 1 mm
2. Alkohol 70%

3.2 Diagram Alir Penelitian

Terdapat beberapa tahapan dalam penelitian tugas akhir ini, dapat ditunjukkan dengan diagram alir penelitian pada Gambar 3.1. sebagai berikut :



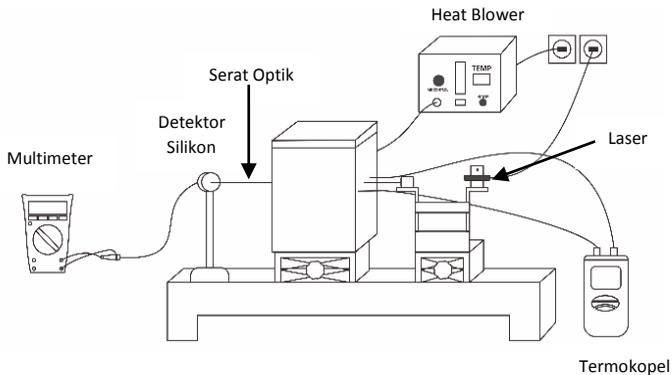
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Perancangan Kerangka Alat dan Sistem Suhu

a. Pengukuran dengan Detektor Silikon

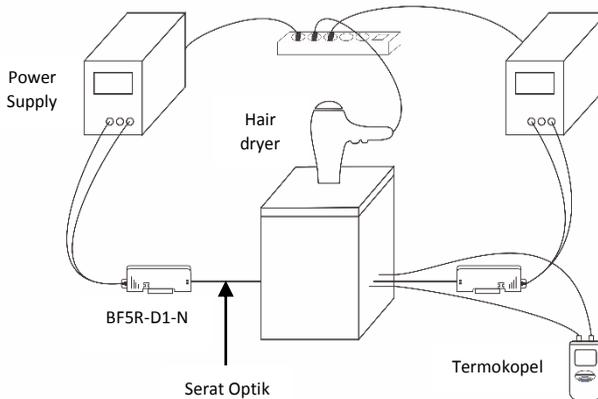
Rancangan kerangka alat pada penelitian ini terdiri dari kotak *styrofoam* yang di dalamnya diberi kaleng dengan ukuran diameter 12cm dan tinggi 6cm. Pemberian kotak *styrofoam* ini bertujuan agar udara panas yang dialirkan melalui *heat blower* terisolasi di dalam kotak dan tidak mempengaruhi suhu di luar kotak. Pada sisi kaleng terdapat termokopel tipe K yang masing-masing kakinya diletakkan di sisi kanan dan kiri dekat daerah kupasan serat optik. Salah satu ujung serat optik disambungkan ke laser semikonduktor sebagai sumber cahaya dan ujung lainnya disambungkan ke detektor silikon yang akan mendeteksi ada atau tidaknya cahaya yang ditransmisikan serat optik. Untuk mengetahui besarnya cahaya yang diterima oleh detektor silikon, maka detektor silikon disambungkan ke multimeter dan kemudian multimeter akan membaca besarnya cahaya yang diterima oleh detektor sebagai tegangan.



Gambar 3.2 (a) Skema alat percobaan dengan detektor silikon

b. Pengukuran dengan BF5R-D1-N

Rancangan kerangka alat pada pengukuran dengan BF5R-D1-N terdiri dari kotak *styrofoam* yang di dalamnya diberi kaleng dengan ukuran diameter 12cm dan tinggi 6cm. Styrofoam dibuat sebagai tempat serat optik yang akan diberi suhu $30^{\circ} - 60^{\circ} \text{ C}$ dengan cara diberi pemanas berupa *hairdryer* yang diletakkan pada bagian tutup *styrofoam*. Badan *styrofoam* digunakan untuk melewati serat optik agar bagian yang terkupas dapat berada di dalam kaleng, sementara kedua ujungnya berada di luar balok yang kemudian akan dihubungkan ke BF5R-D1-N saat proses pengambilan data dilakukan. Selain itu, di sisi kanan badan balok dibuat lubang lagi sebanyak dua buah yang letaknya di sebelah kanan dan kiri dari lubang serat optik. Kedua lubang ini berfungsi untuk memasukkan ujung-ujung termokopel di dalam *styrofoam*.

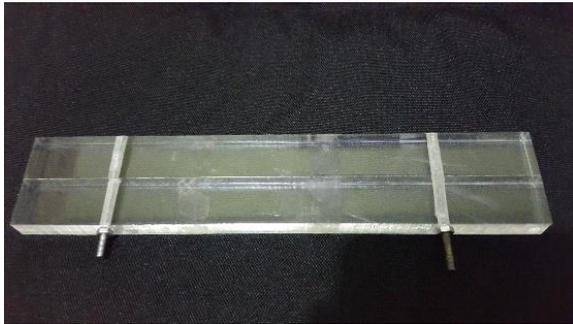


Gambar 3.2 (b) Skema alat percobaan dengan alat ukur BF5R-D1-N

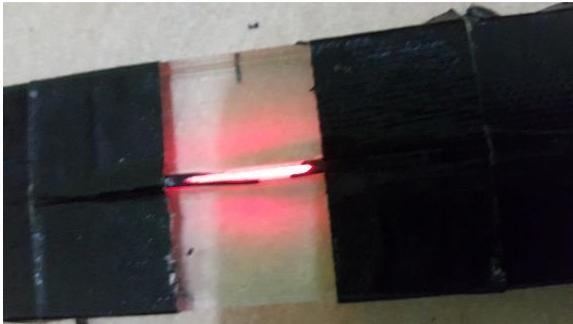
3.3.2 Pengupasan *Jacket* dan *Cladding* Serat Optik

Pengupasan *jacket* dan *cladding* serat optik dilakukan dengan menggunakan *cutter* dan tatakan akrilik. Tatakan akrilik didesain dengan tinggi gundukan 0.5mm dengan tujuan agar saat

pengupasan dilakukan, yang terkupas hanya bagian *jacket* saja dan tidak ada bagian *cladding* yang terlukai. Untuk mengupas bagian *cladding*, dilakukan dengan cara mengamplas bagian serat optik yang telah terkupas *jacket* nya dengan mesh 500 dan 1000. Untuk menentukan apakah bagian *cladding* telah terkupas atau belum, dilakukan pengecekan dengan menembakkan laser pada salah satu ujung serat optik. Apabila tampak sinar merah berpendar keluar dari daerah kupasan, maka *cladding* telah terkupas, jika belum, lakukan kembali proses pengamplasan pada daerah kupasan. Setelah proses pengamplasan selesai, daerah kupasan diolesi dengan menggunakan alkohol 70% agar daerah kupasan yang keruh akibat bergesekan dengan *cutter* menjadi bening.



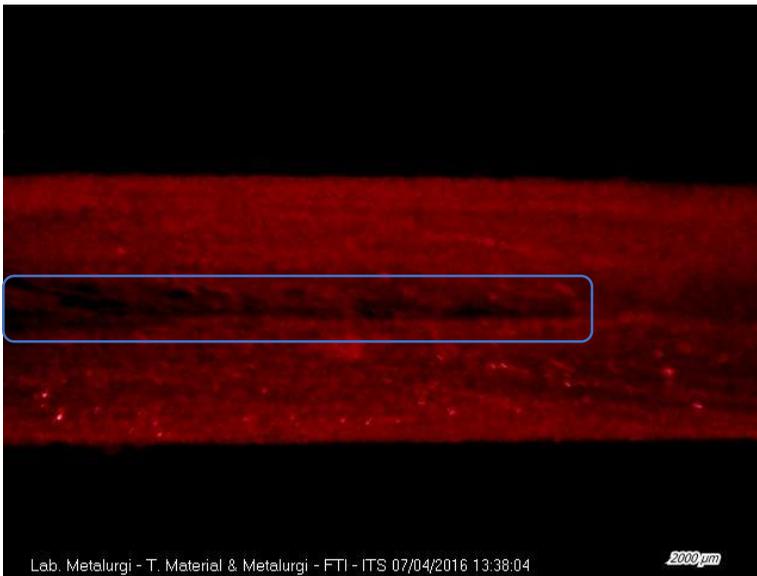
Gambar 3.3 Tatakan akrilik pengupas serat optik.



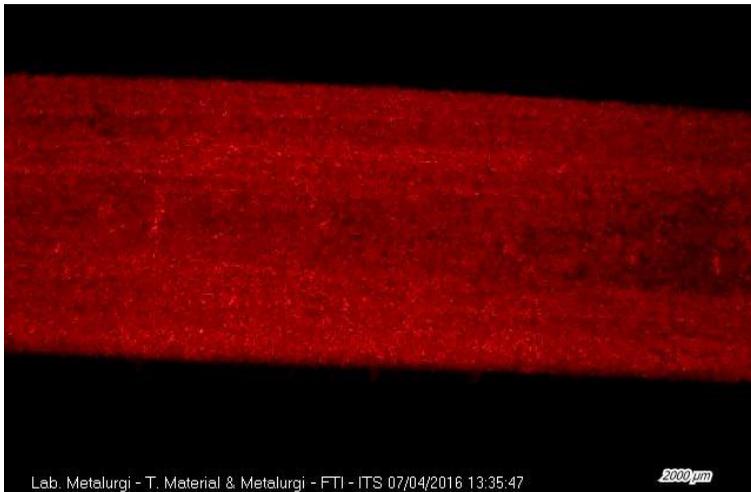
Gambar 3.4 *Cladding* yang telah terkupas

3.3.3 Pengujian Kerataan Kupasan *Cladding*

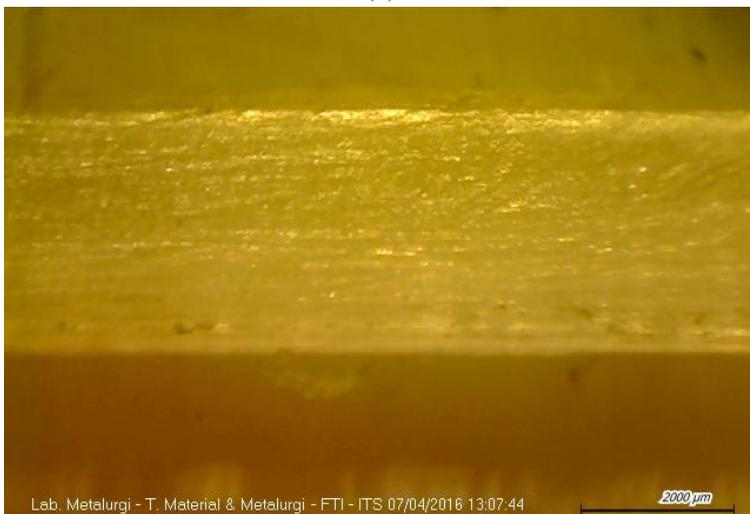
Pengujian kerataan kupasan *cladding* serat optik ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop stereo. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah *cladding* pada serat optik telah terkupas secara merata atau masih ada bagian-bagian tertentu yang belum terkelupas. Pengujian dilakukan pada keempat sisi serat optik yang dikupas (sisi atas, bawah, kiri, dan kanan). Di bawah ini merupakan contoh hasil uji kerataan kupasan pada serat optik dengan panjang kupasan 30mm



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.5 Hasil pengujian kerataan kupasan pada panjang 30mm (a) contoh kupasan yang belum rata (b) contoh kupasan yang telah rata (c) contoh kupasan serat optik tanpa disinari laser

Bagian yang dilingkari biru merupakan bagian *cladding* yang belum terkelupas. Bagian tersebut terlihat berwarna hitam, yang berarti bahwa tidak ada sinar laser yang keluar dari *cladding*, atau dengan kata lain, masih ada *cladding* yang melindunginya sehingga sinar laser masih terpandu di dalam serat optik. Selanjutnya dilakukan pengampelasan kembali pada bagian yang masih belum terkelupas, hingga hasil uji menunjukkan kerataan kupasan seperti pada gambar 3.5(b). Gambar 3.5(c) menunjukkan hasil uji kerataan kupasan serat optik tanpa disinari laser.

3.3.4 Pengujian Sistem Suhu dan Stabilitas Alat

a. Pengujian Sistem Suhu dan Stabilitas Detektor Silikon

Pada tahapan ini, pengujian dilakukan di laboratorium fotonik, Jurusan Fisika, Unair, Surabaya. Dalam penelitian ini digunakan *heat blower* sebagai sumber panas. *Heat blower* yang digunakan dapat disetting temperatur dan besar hembusannya sesuai dengan laju perubahan panas yang diinginkan. Termokopel digunakan sebagai alat ukur suhu yang diletakkan di dalam kaleng, sehingga perubahan suhu yang terukur adalah suhu di dalam kaleng. Tingkat ketelitian termokopel tipe k ini adalah $0,1^{\circ}\text{C}$, yang artinya termokopel dapat membaca setiap perubahan suhu $0,1^{\circ}\text{C}$ di dalam kaleng.

Pengujian suhu dilakukan dengan memasukkan ujung *heat blower* ke lubang yang terdapat pada kotak *styrofoam* dan menekan tombol on pada *heat blower*. Selanjutnya diatur temperatur dengan memutar probe ke arah kanan untuk menaikkan suhu.

Pengujian stabilitas detektor silikon dan multimeter dilakukan dengan meletakkan serat optik yang tidak dikupas di dalam sistem, kemudian dibiarkan selama 60 menit tanpa perlakuan panas dan dengan perlakuan panas. Jika tidak terdapat perubahan tegangan, maka dapat dikatakan detektor silikon dan multimeter stabil dan dapat digunakan pada penelitian. Setelah pengujian suhu dan stabilitas alat selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan pengujian menggunakan serat optik dengan variasi panjang kupasan dan dipanaskan mulai suhu 30°C hingga 75°C .



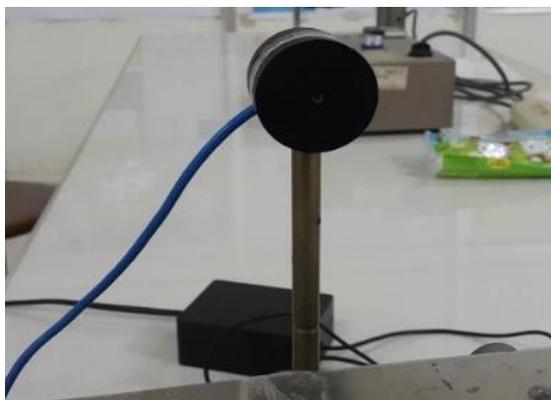
Gambar 3.6 Heat blower Dekko tipe 850 AD



Gambar 3.7 Multimeter untuk mengukur tegangan



Gambar 3.8 Thermokopel tipe K untuk mengukur suhu



Gambar 3.9 Detektor silikon tipe 818 SL

b. Pengujian Sistem Suhu dan Stabilitas BF5R-D1-N

Pada tahap ini digunakan sistem suhu yang berbeda dengan tahap 3.3.2 a. Hal ini terjadi dikarenakan tempat dan alat ukur yang berbeda dari sebelumnya. Pada tahap ini pengujian dilakukan di

laboratorium optoelektronika Fisika ITS, dengan menggunakan BF5R-D1-N sebagai alat ukur. BF5R-D1-N merupakan sensor khusus untuk menganalisa daya keluaran yang di terima dari fiber optik. Sensor ini memiliki lubang input berupa cahaya merah (660 nm) dan lubang output berupa fotodetektor. Pada penelitian ini digunakan dua buah BF5R-D1-N yang masing-masing berperan sebagai *input* dan yang lain sebagai *output* (Lucky, 2013). Dalam penelitian ini digunakan *hair dryer* sebagai pemanas.

Pengujian suhu dilakukan dengan memasang *hair dryer* di bagian atas *styrofoam* seperti yang tampak pada gambar 3.2 b. Pengujian stabilitas BF5R-D1-N dilakukan dengan meletakkan serat optik yang tidak dikupas di dalam sistem, kemudian dibiarkan selama 60 menit tanpa perlakuan panas. Jika tidak terdapat perubahan nilai intensitas yang tidak terlalu besar, maka pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan BF5R-D1-N. Kelemahan BF5R-D1-N adalah nilainya yang selalu berubah-ubah, sehingga rentan terjadi *human error* dalam pembacaan nilai intensitas. Untuk mengatasinya, dapat dilakukan dengan proses *video recording* dengan tujuan agar saat video diputar dapat diperlambat kecepatannya, sehingga data nilai intensitas dapat terbaca dengan jelas.



Gambar 3.10 Rangkaian alat penelitian dengan menggunakan alat ukur BF5R-D1-N

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

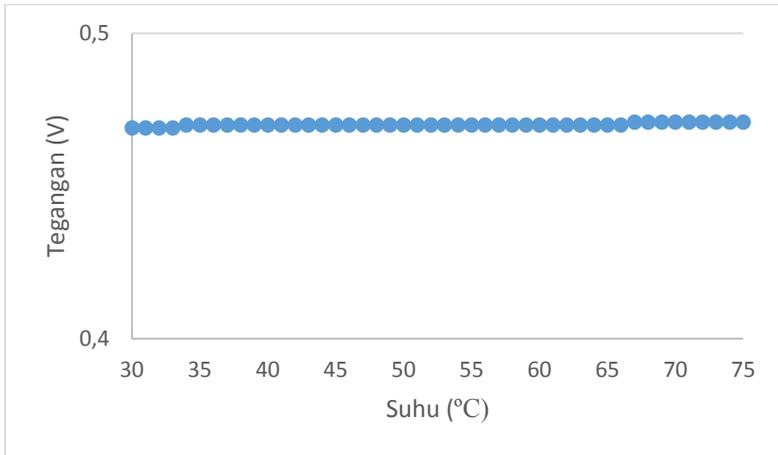
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan variasi panjang kupasan pada *jacket* dan *cladding* sebesar 30, 40, 50, 60, 70, dan 80 mm, serta digunakan dua alat ukur yang berbeda yaitu detektor silikon dan BF5R-D1-N. Pengukuran dengan detektor silikon dilakukan dengan bantuan multimeter agar intensitas cahaya yang diterima oleh detektor silikon dapat terbaca sebagai tegangan. Multimeter yang digunakan pada penelitian ini memiliki ketelitian 0,1 mV yang artinya, multimeter hanya mampu mendeteksi adanya perubahan tegangan minimal 0,1mV. Pengukuran tegangan keluaran ini dilakukan mulai dari suhu ruangan (30°C) hingga suhu maksimum yang mampu diterima serat optik plastik yaitu 75°C untuk setiap kenaikan suhu 1°C. Penggunaan BF5R-D1-N pada penelitian ini bertujuan untuk mengukur nilai intensitas cahaya yang diteruskan saat terjadi kenaikan suhu sekaligus sebagai pembandingan dengan hasil pengukuran menggunakan detektor silikon.

4.1 Analisa Pengaruh Variasi Panjang Kupasan terhadap Perubahan Suhu

4.1.1 Pengukuran dengan Detektor Silikon

Sebelum dilakukan penelitian untuk serat optik dengan variasi panjang kupasan pada *jacket* dan *cladding*, dilakukan pengujian kestabilan detektor silikon dan multimeter terhadap perubahan suhu dengan menggunakan serat optik yang tidak dikupas *jacket* dan *cladding*nya. Hal ini perlu dilakukan untuk memastikan bahwa terjadinya perubahan nilai tegangan pada multimeter murni disebabkan oleh adanya kenaikan suhu yang mempengaruhi daerah kupasan pada serat optik. Berikut ini merupakan grafik hasil pengujian kestabilan detektor silikon pada serat optik yang tidak dikupas :



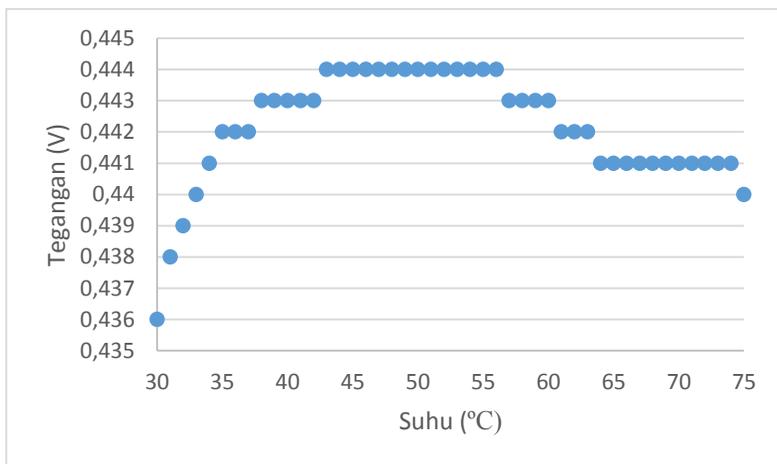
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Suhu dengan Tegangan Keluaran pada Serat Optik Tanpa Kupasan

Berdasarkan gambar 4.1 diatas terlihat bahwa perubahan nilai tegangan yang terjadi sangatlah kecil , yaitu hanya 0,002 V dari nilai tegangan awal 0,469 V menjadi 0,471 V sepanjang kenaikan suhu mulai 30°C hingga 75°C. Karena perubahan nilai tegangan awal dan akhir sangatlah kecil, maka dapat dikatakan bahwa serat optik yang tidak dikupas ini hampir tidak terpengaruh proses pentransmisiannya cahayanya meskipun diberi perlakuan suhu panas. Hal ini terjadi karena bagian *core* dan *cladding* serat optik masih mampu dilindungi oleh *jacket* dari pengaruh suhu lingkungannya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa detektor silikon stabil dan dapat digunakan pada penelitian ini.

Selanjutnya, penelitian dilakukan menggunakan variasi panjang kupasan 30, 40, 50, 60, 70, dan 80 mm secara berurutan. Pada pengukuran dengan panjang kupasan 30 mm, saat suhu dinaikkan dari suhu awal 30°C hingga suhu 75°C, tidak terjadi perubahan nilai tegangan pada multimeter. Hal yang sama juga terjadi pada saat pengukuran dengan panjang kupasan 40 mm, dimana nilai tegangan awal pada suhu 30°C konstan hingga mencapai suhu 75°C. Peristiwa ini terjadi karena perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh detektor silikon sangatlah

kecil, sehingga tidak dapat terbaca pada multimeter yang memiliki ketelitian hanya 0,1 mV. Perubahan intensitas cahaya yang sangat kecil ini dikarenakan daerah kupasan *cladding* dan *jacket* yang tidak cukup panjang, sehingga hanya sedikit daerah *core* yang terpengaruh oleh kenaikan suhu yang terjadi di sekitarnya. Pada panjang kupasan 50 mm, perubahan nilai tegangan mulai terbaca, sehingga penyajian grafik dilakukan mulai dari serat optik dengan panjang kupasan 50 mm sampai dengan 80 mm.

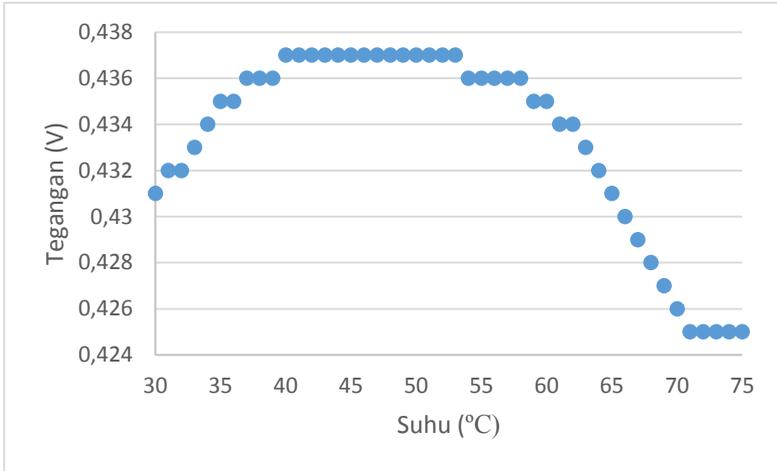
Berikut ini merupakan grafik yang membandingkan antara tegangan keluaran yang terbaca pada multimeter dengan perubahan suhu mulai dari 30°C hingga 75°C serta variasi panjang kupasan *jacket* dan *cladding* 50, 60, 70, dan 80 mm :



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Suhu dengan Tegangan Keluaran pada Panjang Kupasan 50 mm.

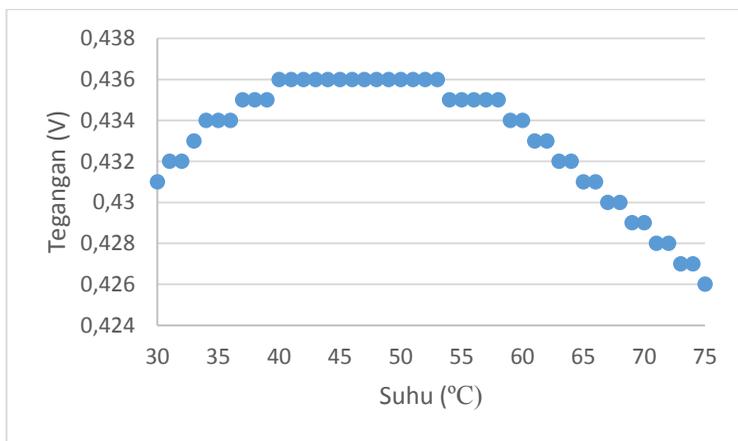
Gambar 4.2 menunjukkan hubungan suhu dengan tegangan pada serat optik dengan variasi panjang kupasan 50 mm. Berdasarkan data yang didapatkan, terlihat bahwa pada panjang kupasan 50 mm ini, perubahan tegangan yang sangat kecil ($< 0,1$ mV) tidak dapat terbaca pada multimeter untuk setiap kenaikan suhu sebesar 1°C. Pada rentang suhu 43°C sampai 55°C tidak terdeteksi adanya perubahan tegangan yang lebih besar dari 0,1mV sehingga

tegangan yang terbaca pada multimeter tetap, yaitu 0,444 V. Kemudian terjadi penurunan nilai tegangan menjadi 0,443 V pada suhu 56°C sampai 59°C dan pada rentang suhu 64°C sampai 74°C nilai tegangannya menjadi 0,441 V.



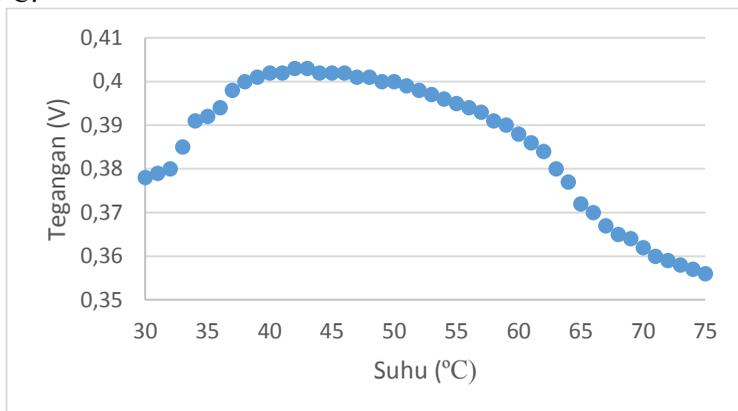
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Suhu dengan Tegangan Keluaran pada Panjang Kupasan 60 mm.

Pada gambar 4.3, nilai tegangan relatif konstan pada beberapa rentang suhu yaitu pada 40°C - 53°C, 54°C - 58°C, dan 70°C - 75°C. Namun pada suhu 62°C, 63°C, 64°C, 65°C, 66°C, 67°C, 68°C, 69°C, 70°C, dan 71°C, mulai terjadi penurunan nilai tegangan untuk setiap perubahan suhu sebesar 1°C. Agar diperoleh penurunan nilai tegangan setiap kenaikan suhu sebesar 1°C pada rentang suhu yang lebih luas, maka dilakukan pengukuran selanjutnya dengan menggunakan serat optik dengan panjang kupasan 70 mm.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Suhu dengan Tegangan Keluaran pada Panjang Kupasan 70 mm.

Gambar 4.4 menunjukkan terjadinya penurunan nilai tegangan untuk setiap kenaikan suhu 2°C yang mulai terlihat pada suhu 55°C hingga 75°C. Hal ini menunjukkan bahwa sensitivitas serat optik plastik dengan panjang kupasan 70 mm baik digunakan sebagai sensor suhu diatas 55°C dengan indikasi perubahan tegangan setiap 2°C.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Suhu dengan Tegangan Keluaran pada Panjang Kupasan 80 mm.

Serat optik dengan kupasan terpanjang yaitu 80 mm, yang ditunjukkan pada gambar 4.5 mengalami penurunan nilai tegangan untuk setiap kenaikan suhu 1°C dimulai dari suhu 42°C. Sensitivitas serat optik ini adalah yang paling baik diantara ketiga serat optik lainnya, karena serat optik dengan panjang kupasan 80 mm ini mampu mendeteksi adanya perubahan suhu 1°C yang ditunjukkan dengan nilai tegangan yang semakin menurun seiring dengan kenaikan suhu.

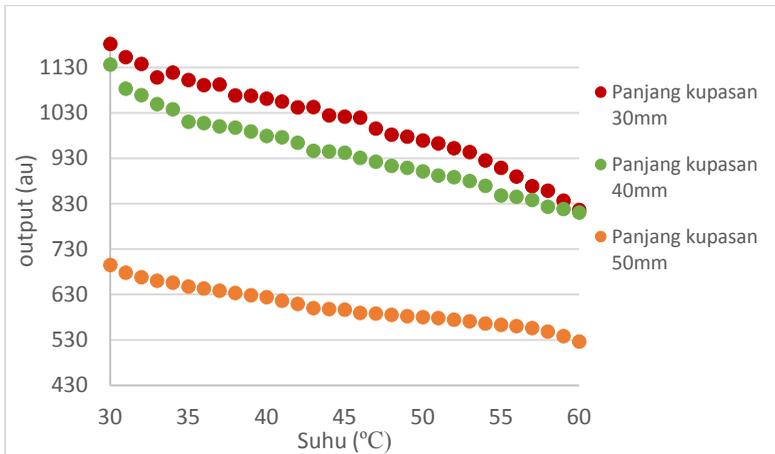
Gambar 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5 diatas menunjukkan nilai perubahan tegangan saat terjadi perubahan (kenaikan) suhu di daerah sekitar kupasan *jacket* dan *cladding* serat optik. Pemberian panas dilakukan dengan mengatur temperatur pada *heat blower* di angka 400 – 444 serta mengatur *air control* pada angka 3 – 3,5. *Air control* berfungsi untuk mengatur besar kecilnya udara panas yang akan dihembuskan. Untuk menghindari adanya aliran panas fluida yang mengenai daerah kupasan serat optik, maka bagian serat optik yang terkupas dilindungi oleh kaleng agar perpindahan panas yang terdapat pada bagian dalam kaleng terjadi secara konduksi.

Pada gambar 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5 terlihat bahwa hubungan tegangan keluaran terhadap kenaikan suhu cenderung menurun. Pada grafik 4.2 dengan panjang kupasan 50 mm, pada rentang suhu 43°C sampai 55°C tidak terjadi perubahan nilai tegangan yang lebih besar dari 0,1mV. Hal tersebut tidak terjadi pada gambar 4.5 (panjang kupasan 80 mm) dimana pada rentang suhu 43°C sampai 55°C terdapat perubahan nilai tegangan yang semakin menurun. Pada grafik 4.3, perubahan nilai tegangan tidak terdeteksi oleh multimeter pada beberapa rentang suhu yaitu pada 40°C - 53°C, 54°C - 58°C, dan 70°C - 75°C. Perubahan nilai tegangan yang tidak terdeteksi oleh multimeter ini dapat terjadi karena beberapa hal diantaranya: kurang rataanya kupasan pada daerah *cladding* serat optik dikarenakan proses pengupasan yang dilakukan secara manual sehingga ada kemungkinan terdapat perbedaan tebal kupasan dalam skala mikro, daerah kupasan yang pendek sehingga hanya sedikit bagian dari *core* serat optik yang terpengaruh atau mengalami kontak langsung dengan suhu di sekitarnya, serta

keterbatasan kemampuan multimeter untuk mendeteksi perubahan tegangan sehingga ada kemungkinan terjadinya perubahan tegangan yang lebih kecil dari 0,1mV yang tidak mampu terdeteksi oleh multimeter. Berdasarkan beberapa faktor tersebut dapat dikatakan bahwa serat optik dengan panjang kupasan 50 mm memiliki sensitivitas yang paling rendah terhadap perubahan suhu, yang ditunjukkan dengan tidak adanya perubahan nilai tegangan yang terdeteksi pada beberapa rentang suhu.

4.1.2 Pengukuran dengan BF5R-D1-N

Pengukuran dengan BF5R-D1-N dilakukan pada serat optik dengan panjang kupasan 30, 40, 50, 60, 70, dan 80 mm. Proses pengukuran pada panjang kupasan 50 mm dilakukan sebanyak dua kali dengan alat ukur yang berbeda, yang bertujuan untuk membandingkan kepekaan dari kedua jenis alat ukur. Pada panjang kupasan di atas 50 mm, BF5R-D1-N tidak dapat merespon perubahan intensitas cahaya dengan baik, yang ditandai dengan ketidakkonsistenan angka yang ditampilkan. Angka yang muncul menjadi acak dan tidak menunjukkan pola naik atau turun. BF5R-D1-N sangat sensitif terhadap hal-hal yang mempengaruhi berubahnya intensitas cahaya yang ditransmisikan oleh serat optik, termasuk suhu dan panjang kupasan. Pengaruh panjang kupasan terhadap kenaikan suhu setiap 1°C secara lengkap disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini :



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Suhu dengan Intensitas Cahaya Keluaran pada panjang kupasan 30 mm, 40 mm, dan 50 mm.

Gambar 4.6 diatas menunjukkan pengaruh variasi panjang kupasan pada serat optik plastik terhadap perubahan suhu. Pada suhu awal yang sama yaitu 30°C, ketiga panjang kupasan menunjukkan intensitas yang berbeda-beda. Intensitas tertinggi ditunjukkan pada grafik dengan panjang kupasan 30 mm, sementara intensitas terendah ditunjukkan oleh grafik dengan panjang kupasan 50 mm. Perbedaan nilai intensitas ini disebabkan oleh adanya sinar yang bocor dalam proses transmisi, yang besarnya bergantung pada panjang kupasan *jacket* dan *cladding*. Semakin panjang kupasannya, semakin banyak sinar yang bocor, sehingga semakin sedikit cahaya yang ditangkap oleh fotodetektor pada BF5R-D1-N dan mengakibatkan nilai intensitas yang ditampilkan menjadi rendah.

Saat suhu pada kaleng naik, kalor akan berpindah secara konduksi menuju ke serat optik, sehingga pada termokopel terdeteksi adanya kenaikan suhu. Saat terjadi kenaikan suhu, ketiga serat optik dengan panjang kupasan berbeda akan memiliki respon yang berbeda pula. Adanya respon yang berbeda tersebut dapat dilihat melalui beda intensitas awal (saat suhu 30°C) dan akhir (saat

suhu 60°C). Beda intensitas awal dan akhir pada panjang kupasan 30, 40, dan 50 mm berturut-turut adalah 365 au, 326 au, dan 169 au. Serat optik dengan panjang kupasan 30 mm memiliki beda intensitas yang paling besar, sehingga dapat dikatakan memiliki sensitivitas yang paling tinggi diantara ketiganya. Namun ketiganya memiliki respon yang baik terhadap kenaikan suhu, dimana ketiga serat optik mampu mendeteksi adanya kenaikan suhu setiap 1°C yang ditandai dengan terjadinya penurunan intensitas.

Pada panjang kupasan 50 mm dilakukan dua kali pengukuran yaitu dengan multimeter dan BF5R-D1-N. Pada pengukuran dengan menggunakan multimeter (gambar 4.2), terlihat pada beberapa rentang suhu, serat optik tidak mengalami penurunan nilai tegangan sehingga dapat dikatakan bahwa kepekaan multimeter untuk panjang kupasan 50 mm adalah kurang. Hal yang berbeda ditunjukkan pada gambar 4.6 untuk serat optik dengan panjang kupasan 50mm, dimana pengukuran dilakukan dengan menggunakan BF5R-D1-N. Pada grafik terlihat bahwa nilai intensitas selalu menurun seiring dengan kenaikan suhu. Kedua alat ukur ini memiliki *output* yang berbeda, namun keduanya sama-sama dapat digunakan untuk mengetahui adanya *loss* akibat adanya perubahan suhu di sekitar daerah kupasan pada serat optik. Pada multimeter, adanya *loss* ditandai dengan menurunnya tegangan yang terbaca pada layar multimeter, sedangkan pada BF5R-D1-N, *loss* terdeteksi dengan menurunnya nilai intensitas yang terbaca pada layar BF5R-D1-N. Berdasarkan fakta tersebut, dapat dikatakan bahwa pada panjang kupasan 50 mm, BF5R-D1-N mampu merespon terjadinya *loss* lebih baik dari multimeter. Namun multimeter memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan BF5R-D1-N, yaitu nilai tegangan yang tidak mudah berubah (lebih stabil) sehingga ketelitian dalam membaca tegangan output jauh lebih baik dibandingkan dengan BF5R-D1-N yang nilainya selalu berubah-ubah.

4.2 Analisa Pengaruh Kenaikan Suhu terhadap *Loss* pada Serat Optik Plastik

Dalam penelitian ini digunakan serat optik multimode berbahan plastik. Plastik merupakan material yang akan mengalami perubahan susunan materi saat diberi suhu panas. Pemberian energi kalor pada serat optik plastik akan menyebabkan partikel penyusunnya bergetar dan akan saling bertumbukan (acak) sehingga antar partikel saling menjauhi. Semakin tinggi suhu yang diberikan pada serat optik, energi kalor yang dihasilkan juga semakin besar, sehingga susunan partikelnya menjadi semakin acak dan semakin renggang. Ketidakteraturan susunan partikel inilah yang menyebabkan perjalanan sinar di dalam *core* menjadi terhambat. Sinar yang terhambat akibat acaknya susunan partikel ini kemudian mengalami peristiwa difraksi atau pelenturan, sesuai dengan sifat gelombang cahaya. Adanya peristiwa difraksi ini mengakibatkan sebagian sinar dibiaskan menuju ke *cladding* dan hanya sebagian sinar yang masih terpandu di dalam *core*. Hal ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya pelemahan sinar yang tertangkap pada detektor, atau biasa disebut dengan rugi daya.

Pemberian suhu panas pada daerah *core* serat optik juga akan menyebabkan terjadinya pemuaian panjang. Besarnya pemuaian panjang pada penelitian ini bergantung pada dua hal, yaitu besar kenaikan suhu serta panjang kupasan *cladding* dan *jacket*. Sesuai dengan persamaan pemuaian panjang yang menyatakan bahwa besar pemuaian panjang sebanding dengan besar perubahan suhu. Semakin besar perubahan suhunya, semakin panjang pula *core* akan memuai. Begitu pula dengan pengaruh panjang kupasan *jacket* dan *cladding*, semakin panjang daerah yang dikupas, berarti bahwa semakin luas permukaan *core* yang terkena kontak langsung dengan suhu panas, sehingga pemuaian yang terjadi juga semakin besar. Adanya pemuaian pada bagian *core* menyebabkan terjadinya penurunan nilai indeks bias *core*. Sesuai dengan Hukum Snellius tentang pembiasan, apabila cahaya datang dari medium dengan indeks bias yang lebih rapat (n_{core})

menuju ke medium yang kurang rapat (n_{cladding}) maka cahaya akan dibiaskan menjauhi garis normal. Apabila nilai indeks bias *core* berubah menjadi lebih kecil akibat adanya pemuaian, maka akan mengakibatkan mengecilnya sudut bias. Hal ini tentu akan mempengaruhi besarnya sudut kritis. Semakin kecil indeks bias *core*, semakin kecil pula sudut biasnya, sehingga nilai sudut kritis akan menjadi semakin besar. Telah diketahui bahwa salah satu syarat terjadinya pemantulan dalam total adalah nilai sudut datang harus lebih besar dari sudut kritisnya ($\theta_i > \theta_c$). Jika nilai sudut kritis semakin besar, maka kemungkinan sinar yang mengalami pemantulan dalam total akan semakin sedikit, karena hanya sinar dengan sudut datang yang lebih besar dari sudut kritis baru inilah yang dapat terpandu, sedangkan sinar dengan sudut datang lebih kecil dari sudut kritis baru akan dibiaskan keluar menuju *cladding*. Sinar yang dibiaskan akibat tidak memenuhi syarat terjadinya pemantulan dalam total inilah yang menyebabkan adanya *loss* pada proses transmisi di dalam serat optik. Semakin besar *loss* yang terjadi, semakin kecil sinar yang ditangkap oleh detektor, sehingga tegangan yang terbaca nilainya kecil.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

1. Hasil pengukuran tegangan keluaran pada serat optik yang tidak dikupas

Tabel 1.1 Pengukuran tegangan pada serat optik tanpa kupasan

Suhu (°C)	Tegangan (V)
29	0,469
30	0,469
31	0,469
32	0,469
33	0,469
34	0,47
35	0,47
36	0,47
37	0,47
38	0,47
39	0,47
40	0,47
41	0,47
42	0,47
43	0,47
44	0,47
45	0,47
46	0,47
47	0,47
48	0,47
49	0,47
50	0,47
51	0,47

52	0,47
53	0,47
54	0,47
55	0,47
56	0,47
57	0,47
58	0,47
59	0,47
60	0,47
61	0,47
62	0,47
63	0,47
64	0,47
65	0,47
66	0,47
67	0,471
68	0,471
69	0,471
70	0,471
71	0,471
72	0,471
73	0,471
74	0,471
75	0,471

2. Hasil pengukuran tegangan keluaran pada panjang kupasan 50mm, 60mm, 70mm, dan 80mm.

Tabel 2.1 Pengukuran tegangan pada panjang kupasan 50mm

Suhu (°C)	Tegangan (V)
29,6	0,435
30	0,436
31	0,438
32	0,439
33	0,44
34	0,441
35	0,442
36	0,442
37	0,442
38	0,443
39	0,443
40	0,443
41	0,443
42	0,443
43	0,444
44	0,444
45	0,444
46	0,444
47	0,444
48	0,444
49	0,444
50	0,444
51	0,444
52	0,444

53	0,444
54	0,444
55	0,444
56	0,444
57	0,443
58	0,443
59	0,443
60	0,443
61	0,442
62	0,442
63	0,442
64	0,441
65	0,441
66	0,441
67	0,441
68	0,441
69	0,441
70	0,441
71	0,441
72	0,441
73	0,441
74	0,441
75	0,44

Tabel 2.2 Pengukuran tegangan pada panjang kupasan 60mm

Suhu (°C)	Tegangan (V)
29	0,43
30	0,431
31	0,432
32	0,432
33	0,433
34	0,434
35	0,435
36	0,435
37	0,436
38	0,436
39	0,436
40	0,437
41	0,437
42	0,437
43	0,437
44	0,437
45	0,437
46	0,437
47	0,437
48	0,437
49	0,437
50	0,437
51	0,437
52	0,437
53	0,437
54	0,436
55	0,436

56	0,436
57	0,436
58	0,436
59	0,435
60	0,435
61	0,434
62	0,434
63	0,433
64	0,432
65	0,431
66	0,43
67	0,429
68	0,428
69	0,427
70	0,426
71	0,425
72	0,425
73	0,425
74	0,425
75	0,425

Tabel 2.3 Pengukuran tegangan pada panjang kupasan 70mm

Suhu (°C)	Tegangan (V)
29	0,43
30	0,431
31	0,432
32	0,432
33	0,433
34	0,434
35	0,434
36	0,434
37	0,435
38	0,435
39	0,435
40	0,436
41	0,436
42	0,436
43	0,436
44	0,436
45	0,436
46	0,436
47	0,436
48	0,436
49	0,436
50	0,436
51	0,436
52	0,436
53	0,436
54	0,435
55	0,435

56	0,435
57	0,435
58	0,435
59	0,434
60	0,434
61	0,433
62	0,433
63	0,432
64	0,432
65	0,431
66	0,431
67	0,43
68	0,43
69	0,429
70	0,429
71	0,428
72	0,428
73	0,427
74	0,427
75	0,426

Tabel 2.4 Pengukuran tegangan pada panjang kupasan 80mm

Suhu (°C)	Tegangan (V)
29	0,378
30	0,378
31	0,379
32	0,38
33	0,385
34	0,391
35	0,392
36	0,394
37	0,398
38	0,4
39	0,401
40	0,402
41	0,402
42	0,403
43	0,403
44	0,402
45	0,402
46	0,402
47	0,401
48	0,401
49	0,4
50	0,4
51	0,399
52	0,398
53	0,397
54	0,396
55	0,395

56	0,394
57	0,393
58	0,391
59	0,39
60	0,388
61	0,386
62	0,384
63	0,38
64	0,377
65	0,372
66	0,37
67	0,367
68	0,365
69	0,364
70	0,362
71	0,36
72	0,359
73	0,358
74	0,357
75	0,356

3. Hasil pengukuran daya keluaran pada panjang kupasan 30mm, 40mm, dan 50mm.

Tabel 3.1 Pengukuran daya output pada panjang kupasan 30mm

Suhu (°C)	Output (au)
30	1181
31	1153
32	1138
33	1108
34	1118
35	1102
36	1091
37	1092
38	1068
39	1067
40	1061
41	1054
42	1042
43	1042
44	1024
45	1021
46	1019
47	995
48	982
49	978
50	969
51	963
52	952
53	943

54	925
55	909
56	890
57	868
58	858
59	837
60	816

Tabel 3.2 Pengukuran daya output pada panjang kupasan 40mm

Suhu (°C)	Output (au)
30	1136
31	1083
32	1069
33	1049
34	1038
35	1010
36	1007
37	1000
38	997
39	989
40	979
41	976
42	964
43	946
44	945
45	942
46	931
47	922
48	913

49	909
50	901
51	892
52	888
53	880
54	869
55	848
56	845
57	838
58	823
59	818
60	810

Tabel 3.2 Pengukuran daya output pada panjang kupasan 50mm

Suhu (°C)	Output (au)
30	695
31	678
32	668
33	660
34	656
35	647
36	643
37	638
38	633
39	628
40	624
41	616
42	609
43	600

44	598
45	596
46	589
47	588
48	585
49	582
50	580
51	578
52	574
53	571
54	566
55	563
56	560
57	556
58	548
59	538
60	526

LAMPIRAN B

1. Datasheet Detektor Silikon Tipe 818SL

1.6 Photodetector Specifications

Model	818-UV	818-SL	818-IR	818-IG
Spectral Range (nm)	200 to 1100	400 to 1100	780 to 1800	800 to 1650
Power Density, Average Max w/ Attenuator (W/cm^2) ¹⁾	0.2	2	2	2
Power Density, Average Maximum w/o Attenuator (mW/cm^2) ¹⁾	0.2	2	3	3
Pulse Energy, Maximum - w/ Attenuator ($\mu J/cm^2$) ²⁾	0.1	1	0.35	0.35
Pulse Energy, Maximum - w/o Attenuator ($\mu J/cm^2$) ²⁾	0.1	1	0.35	0.35
Calibration Uncertainty (Without Attenuator) ³⁾	4% @ 200-219nm, 2% @ 220-349nm, 1% @ 350-949nm, 4% @ 950-1100nm	1% @ 400-940nm, 4% @ 941-1100nm	2% @ 780-910nm, 2% @ 911-1700nm, 4% @ 1701-1800nm	2% @ 800-900nm, 2% @ 901-1650nm
Calibration Uncertainty (With Attenuator) ³⁾	8% @ 200-219nm, 2% @ 220-349nm, 1% @ 350-949nm, 4% @ 950-1100nm	1% @ 400-940nm, 4% @ 941-1100nm	3% @ 780-910nm, 2% @ 911-1700nm, 4% @ 1701-1800nm	5% @ 800-900nm, 2% @ 901-1650nm
Uniformity (%) ⁴⁾	±2	±2	±2	±2
Linearity (%)	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5
Rise Time (μs)	≤5.9	≤2	≤2	≤2
Shunt Resistance (M Ω) (typ)	≥10	≥10	≥35 (k Ω)	≥20
Reverse Bias, Maximum (V)	5	3	0.25	2
NEP (pW/√Hz)	0.45	0.2	0.6	0.04
Material	Silicon-UV Enhanced	Silicon	Germanium	Indium Gallium Arsenide
Active Area (cm ²)	1	1	0.071	0.071
Active Diameter (cm)	1.13	1.13	0.3	0.3
Shape	Cylinder	Cylinder	Cylinder	Cylinder
Attenuator, OD 3	Detachable	Detachable	Detachable	Detachable
Operating Temperature	5°C to 50°C, <70% RH	5°C to 50°C, <70% RH	5°C to 50°C, <70% RH	5°C to 50°C, <70% RH

1) Applies to entire spectral response

2) 15 ns pulse width

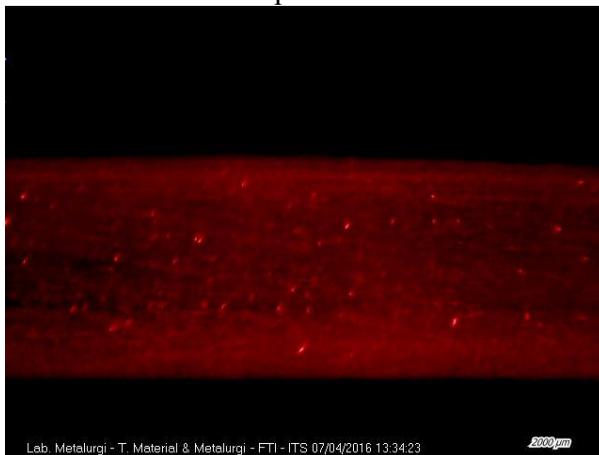
3) Uniformity specification applies to detectors only

4) Calibration uncertainty can be varied depending on the NEP transfer band and uncertainty variation.

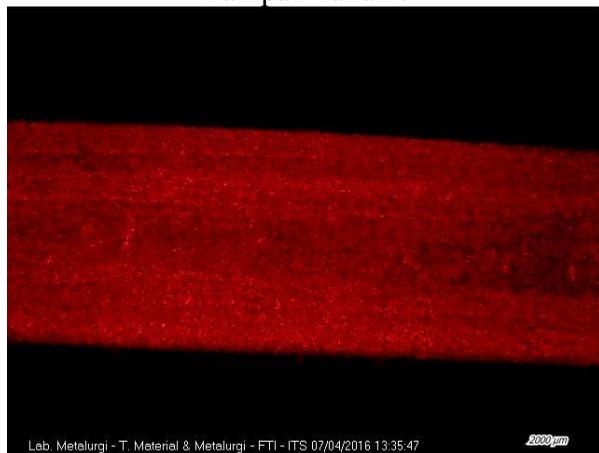
LAMPIRAN C

Serat optik dengan panjang kupasan 3cm :

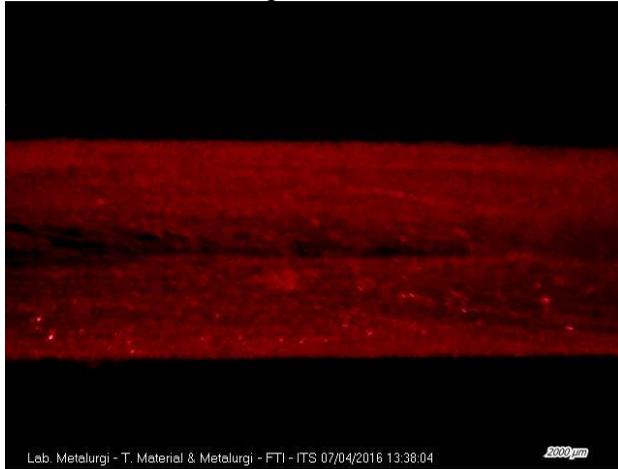
Tampak atas :



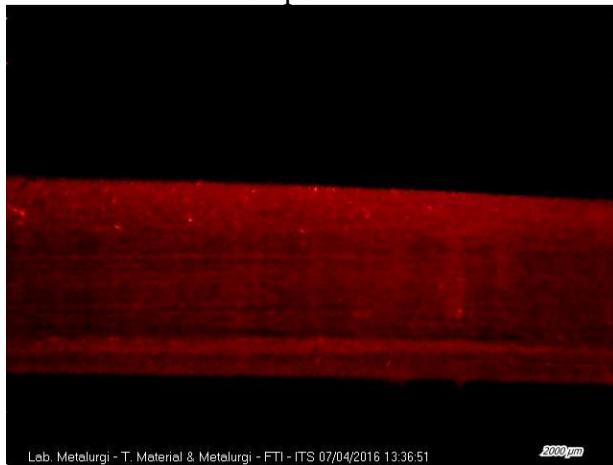
Tampak kanan :



Tampak bawah :



Tampak kiri :



Serat optik dengan panjang kupasan 4cm :

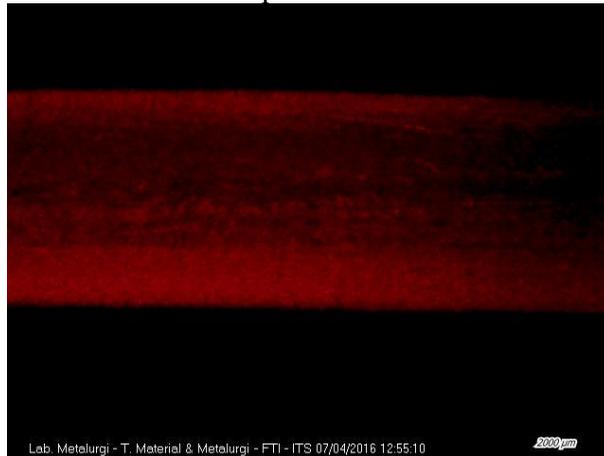
Tampak atas :



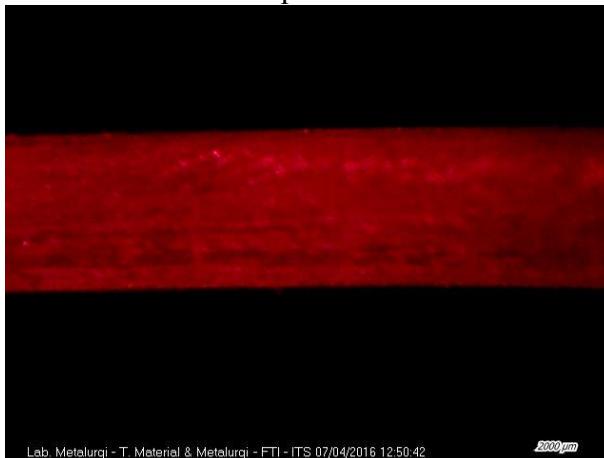
Tampak kanan :



Tampak bawah :



Tampak kiri :



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Kenaikan suhu berpengaruh terhadap nilai *loss* pada serat optik, dimana semakin tinggi suhu di daerah *sensing*, semakin besar *loss* yang terjadi akibat adanya pemuaian termal di daerah *sensing* yang menyebabkan penurunan indeks bias *core*.
2. Detektor silikon mampu mendeteksi perubahan intensitas cahaya dan bekerja optimal pada serat optik dengan panjang kupasan 80 mm dan tidak mampu mendeteksi perubahan tegangan pada serat optik dengan panjang kupasan dibawah 50 mm. BF5R-D1-N dapat merespon perubahan intensitas cahaya dan bekerja optimal pada serat optik dengan panjang kupasan 30 mm, dan tidak mampu merespon perubahan intensitas dengan baik pada panjang kupasan diatas 50 mm.

5.2 Saran

Dari hasil penulisan tugas akhir ini, untuk penelitian selanjutnya disarankan :

1. Menggunakan alat ukur dengan tingkat ketelitian dan stabilitas yang lebih tinggi agar data yang diperoleh lebih akurat.
2. Menggunakan serat optik plastik *step index multimode* yang tahan panas hingga suhu diatas 100°C agar rentang suhu dapat diperbesar hingga 100°C, sehingga respon serat optik terhadap perubahan suhu yang tinggi dapat lebih terlihat dan selanjutnya dapat digunakan sebagai sensor suhu.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, Govind P., 2002. *Fiber Optic Communication Systems*. University of Rochester : John Wiley&Sons.
- Arifin, 2015. *Perkembangan Sensor Regangan dan Pergeseran Berbasis Serat Optik*. Disertasi. Surabaya: Fisika, FMIPA, ITS.
- Bestariyan, T., 2011. *Rancang Bangun Sensor Suhu Menggunakan Serat Optik Berstruktur Singlemode -Multimode-Singlemode dan OTDR*. Tugas Akhir. Surabaya: Teknik Fisika, FTI, ITS.
- Crisp, J., 2001. *Introduction to Fiber Optics*. 2nd Edition. Oxford: Jordan Hill.
- Catur, E.W., Kusworo, Adi. 2002. *Perancangan dan Realisasi Transceiver-Receiver Dengan Medium Serat Optik Untuk Transmisi Data*. Berakala Fisika. Vol. 5, No. 1, Januari 2002. Hal 1-4
- Keiser, G., 1984. *Optical Fiber Communication*. New York: Mc Graw Hill.
- Powers, J., 1997. *An Introduction To Fiber Optic Systems*. 2nd Edition. New York: Mc Graw Hill.
- Rahayu, Lucky Putri. 2013. *Fabrikasi Dan Karakterisasi Directional Coupler Dan Double Coupler pada Bahan Serat Optik Plastik Step Index Multimode Tipe Fd- 620-10*. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suematsu, Yasuharu. 1982. *Optical Devices and Fibers*. Tokyo: OHM.
- Sujito, dkk. 2012. *Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Rugi Daya Serat Optik Singlemode SMF-28*. Prosiding simposium fisika nasional xxv. Malang: Jurusan fisika FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Widyana, 2010. *Perancangan Sensor Serat Optik untuk Pengukuran Pergeseran Obyek dalam Orde Mikrometer Menggunakan Serat Optik Multimode*. Surabaya: ITS.

- Yoga, Dimas M., 2011. *Rancang Bangun Sistem Transmisi Data Menggunakan Serat Optik Plastik Untuk Pengukuran Suhu*. Surabaya: ITS.
- Yunifar, R. I., 2015. *Analisis Pengaruh perubahan Suhu dan Perubahan Panjang Kupasan Cladding serta Jacket Terhadap Rugi Daya yang Dihasilkan oleh Fiber Optik Multimode Silika Tipe G-651*. Tugas Akhir. Surabaya: Fisika, FMIPA, ITS.

BIODATA PENULIS



Penulis, Puspita Fahmi Ariani lahir di Sidoarjo pada 24 Januari 1994 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Aisyiyah Bustanul Athfal 34 Kedayang-Gresik (1998-2000), SDN Sidokumpul II Gresik (2000-2006), SMPN 1 Gresik (2006-2009), SMAN 1 Gresik (2009-2012), dan Jurusan Fisika FMIPA ITS (2012-2016). Selama menempuh pendidikan S1 nya, penulis aktif dalam kegiatan organisasi fakultas yaitu BEM FMIPA sebagai staf divisi multimedia pada periode 2013-2014 dan ketua divisi medfo pada periode 2014-2015. Selain itu, penulis juga turut berkontribusi dalam pengembangan laboratorium optoelektronika sebagai asisten laboratorium optoelektronika pada 2015. Untuk keterangan lebih jelas mengenai tugas akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email puspitafahmi@gmail.com