

**PENGARUH PELAPISAN *SILICA GEL* TERHADAP SENSITIVITAS
SENSOR KELEMBABAN BERBASIS FIBER OPTIK POLYMER**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk Memenuhi Persyaratanguna Memperoleh Gelar
Sarjana Sains



Disusun oleh :
ICHWAN ABIMANYU
14306141050

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2018**

PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul
**PENGARUH PELAPISAN *SILICA GEL* TERHADAP SENSITIVITAS
SENSOR KELEMBABAN BERBASIS FIBER OPTIK POLYMER**



Disusun oleh:
Ichwan Abimanyu
NIM 14306141050

Telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dilaksanakan
Ujian Tugas Akhir Skripsi bagi yang bersangkutan.

Yogyakarta, 15 Agustus 2018

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Nur Kadarisman, M.Si
NIP. 19640205 199101 1 001

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Dr. Heru Kuswanto, M.Si
NIP. 19611112 198702 1 001

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ichwan Abimanyu
NIM : 14306141050
Jurusan : Pendidikan Fisika
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Pengaruh Pelapisan *Silica Gel* Terhadap Sensitivitas Sensor Kelembaban Berbasis Fiber Optik Polymer

Menyatakan bahwa karya ilmiah ini adalah hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain sebagai persyaratan menyelesaikan studi di perguruan tinggi lain kecuali pada bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 15 Agustus 2018

Yang menyatakan,

Ichwan Abimanyu

14306141050

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

**PENGARUH PELAPISAN *SILICA GEL* TERHADAP SENSITIVITAS
SENSOR KELEMBABAN BERBASIS FIBER OPTIK POLYMER**

Disusun oleh:

Ichwan Abimanyu
NIM 14306141050

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri
Yogyakarta pada tanggal 24 Agustus 2018

Nama	DEWAN PENGUJI Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dr. Heru Kuswanto NIP. 19611112 198702 1 001	Ketua Penguji		23-10-2018
Agus Purwanto, M.Sc. NIP. 19650813 199512 1 001	Penguji Utama		23-10-2018
W.S. Brams Dwandaru, Ph.D NIP. 19800129 200501 1 003	Sekretaris Penguji		23-10-2018

Yogyakarta, 24 Oktober 2018
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan


Dr. Hartono
NIP. 19620329 198702 1 002

MOTTO

Amalan yang lebih dicintai Allah adalah
amalan yang terus-menerus dilakukan
walaupun sedikit

Nabi Muhammad S.A.W

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tua tercinta, Ayah, Ibu, beserta adik-adikku tersayang yang membuat saya terus semangat untuk mengerjakan karya ini. Terima kasih atas doa dan dukungannya.

Seluruh sahabat-sahabat, teman-teman, serta orang terdekat yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan untuk saya.

Pengaruh Pelapisan *Silica Gel* Terhadap Sensitivitas Sensor Kelembaban Berbasis Fiber Optik Polymer

Oleh
Ichwan Abimanyu
14306141050

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pelapisan *silica gel* pada fiber optik polimer terhadap pelemahan daya optik sebagai uji sensitivitas sensor kelembaban.

Fiber optik yang digunakan adalah POF tipe SH-4001-1.3 dengan indeks bias *core* sebesar 1,49 dan indeks bias *cladding* sebesar 1,41. Pelapisan *silica gel* dengan metode *coating* yang sebelumnya berupa bubuk, selanjutnya dikeringkan hingga menempel pada fiber optik. Fiber optik yang digunakan sepanjang 100 cm dengan variasi bagian yang dilapisi sepanjang 11 cm, 22 cm dan 33 cm dan jumlah lingkaran 1, 2 dan 3 sebagai probe sensor. Sumber cahaya yang digunakan pada penelitian ini adalah laser He-Ne dengan daya maksimum 5 mW dan panjang gelombang sebesar 632,8 nm. Laser He-Ne memancarkan cahaya melalui fiber optik yang kemudian diterima oleh *Optical Power Meter* (OPM). Daya optik diukur untuk setiap kenaikan kelembaban 1% yang kemudian di-plot dalam bentuk grafik untuk mengetahui nilai sensitivitasnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak lingkaran probe maka sensitivitas sensor semakin meningkat. Pelapisan *silica gel* juga mengakibatkan sensor mengalami titik jenuh setelah mencapai kelembaban tertentu. Sensitivitas terbaik terdapat pada fiber optik dilapisi *silica gel* dengan variasi panjang probe 33 cm berbentuk 3 lingkaran.

Kata kunci: sensor fiber optik, kelembaban, *silica gel*

***The Effect Of Silica Gel To Sensitivity On Sensors Of Humidity Based On Potymer
Oprical Fiber***

By

Ichwan Abimanyu

14306141050

ABSTRACT

The aim of this research is to know the influence of silica gel coating on the on polymer optical fiber on the attenuation of optical power as a sensitivity test for humidity sensors.

Optical fiber POF used was the type SH-4001-1.3 with refractive index 1.49 of core and cladding refractive index of TiO₂ nanoparticles coated 1.41 in section cladding. Coating of silica gel with the coating method in the form of slurry, then dried until stick to the optical fiber. The optical fiber used is 100 cm with variations in the coated sections along 11 cm, 22 cm and 33 cm and the number of circles 1, 2 and 3 as sensor probes. The source of light used in this research is the He-Ne laser with a maximum power of 5 mW and wavelength of 632.8 nm. He-Ne laser emits light through POF which is then received by the Optical Power Meter (OPM). Optical power is measured for every 1% increase in humidity which is then plotted in graphical form to determine the sensitivity value.

The results showed that the more the probe circles the sensitive the sensor increase. Silica gel coating also causes the sensor to experience a saturation point after reaching certain humidity. The best sensitivity is found in optical fiber coated with silica gel with a variation of the length of the probe 33 cm in the form of 3 circles.

Keywords: *optical fiber sensor, humidity, silica gel*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpah-curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, dan kepada umatnya hingga akhir zaman, amin.

Penulisan tugas akhir skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta. Tugas akhir skripsi ini berjudul “Pengaruh Pelapisan *Silica Gel* Terhadap Sensitivitas Sensor Kelembaban Berbasis Fiber Optik Polymer”.

Penyusunan dan penulisan tugas akhir skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih setulus-tulusnya kepada yang terhormat:

1. Dr. Hartono, selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta atas pemberian fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir skripsi.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir skripsi.

3. Nur Kadarisman, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan ijin penelitian tugas akhir skripsi ini.
4. Dr. Heru Kuswanto, selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu untuk membimbing, memberikan saran, masukan, arahan, memberikan petunjuk dan diskusi yang tiada henti sehingga tugas akhir skripsi ini berhasil terselesaikan dengan baik.
5. Sumarna, M.Si., M.Eng., selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama menyelesaikan pendidikan di bangku perkuliahan.
6. Seluruh Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan yang akan menjadi bekal yang sangat bermanfaat.
7. Seluruh staff dan laboran Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memfasilitasi dan membantu dalam pelaksanaan penelitian.
8. Rekan penelitian Anggraeni Shita Nirmala, Yohana Putri Safitri dan Riska Rahmawati yang telah bersama-sama menemani dan membantu menyelesaikan tugas akhir skripsi ini.
9. Teman-teman Kolega Fisika 2014 yang selalu memberikan motivasi dan semangat.
10. Seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Tidak ada yang sempurna di dunia ini, sama halnya dengan penulisan tugas akhir skripsi ini. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat dibutuhkan dalam penyempurnaan tugas akhir ini. Semoga karya sederhana ini akan memberikan manfaat bagi masyarakat dan perkembangan ilmu pengetahuan. Amin.

Yogyakarta, 15 Agustus 2018

Penulis

Ichwan Abimanyu

NIM 14306141050

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
A. Deskripsi Teori.....	6
1. Fiber Optik	6
2. Fiber Optik Polymer.....	7
3. Struktur Fiber Optik	9
a. Inti (<i>Core</i>).....	9
b. Selubung (<i>Cladding</i>).....	9
c. Jaket (<i>Buffer</i>).....	10

4.	Jenis-jenis fiber optik	10
a.	<i>Single-mode Step Index</i>	11
b.	<i>Multi-mode Step Index</i>	11
c.	<i>Multi-mode Graded Index</i>	11
5.	Prinsip Dasar Fiber Optik.....	12
6.	Pelemahan Daya Fiber Optik	15
a.	Absorpsi	15
b.	Hamburan Rayleigh	16
c.	<i>Macro Bending</i> (pembengkokan makro)	17
d.	<i>Micro Bending</i> (pembengkokan mikro).....	18
7.	Desible.....	19
8.	Sensor Fiber Optik.....	20
9.	Kelembaban	21
10.	Sensor Kelembaban	21
11.	<i>Silica gel</i>	22
B.	Kerangka Berfikir.....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....		25
A.	Waktu dan Tempat Penelitian	25
1.	Waktu Penelitian	25
2.	Tempat Penelitian.....	25
B.	Obyek Penelitian	25
C.	Variabel Penelitian.....	25
D.	Desain Penelitian.....	26
1.	<i>Setup</i>	26
2.	<i>Flow Chart</i>	27
E.	Alat dan Bahan Penelitian.....	28
1.	Bahan.....	28
2.	Alat	29

F. Prosedur Penelitian.....	29
G. Teknik Analisis Data.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Pengaruh Kelembaban Terhadap Daya Optik Ternormalisasi.....	32
1. Probe sensor 1 lingkaran	32
2. Probe sensor 2 lingkaran	33
3. Probe sensor 3 lingkaran	34
B. Fitting Linear Grafik	35
2. Probe sensor 2 lingkaran	36
3. Probe sensor 3 lingkaran	37
BAB V PENUTUP.....	40
A. Kesimpulan	40
A. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Rambatan cahaya mengikuti aliran air (Crisp & Elliot, 2005:2).....	6
Gambar 2. Struktur fiber optik (Keiser, 1991:26).....	9
Gambar 3. Jenis perambatan cahaya dalam fiber optik (Malcolm, 2009:1)	10
Gambar 4. Pembiasan sinar yang melewati 2 medium berbeda indek bias (Keiser, 1991:24)	13
Gambar 5 Pemantulan dan pembiasan cahaya akibat melewati dua medium yang memiliki indeks bias berbeda (Keiser, 1991:24).....	14
Gambar 6 Perambatan cahaya pada serat optik (Ghatak & Tygarajan, 1996:30).....	15
Gambar 7 Hamburan Rayleigh (Crisp & Elliot, 2008:51)	16
Gambar 8. Lekukan yang berakibat peristiwa <i>macro bending</i> (Andre dkk, 2006).....	18
Gambar 9. Penyusutan yang mengakibatkan <i>micro bending</i> (Crisp & Elliot, 2001:57)	19
Gambar 10. Gugus fungsi silica gel (Oscik, 1982: 188).....	23
Gambar 11. skema penelitian.....	26
Gambar 12. Grafik hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi probe sensor 1 lingkaran	32
Gambar 13. Grafik hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi probe sensor 2 lingkaran	33
Gambar 14. Grafik hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi probe sensor 3 lingkaran	34
Gambar 15. Grafik <i>fitting</i> linear hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi <i>probe</i> sensor 1 lingkaran	36
Gambar 16. Grafik <i>fitting</i> linear hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi <i>probe</i> sensor 2 lingkaran	36
Gambar 17. Grafik <i>fitting</i> linear hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi <i>probe</i> sensor 3 lingkaran	37

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Struktur Fiber Optik Plastik Tipe SH-4001-1.3 (Sumber : http://i-fiberoptiks.com)	8
Tabel 2. Hasil fitting linear untuk mengetahui linearitas dan sensitivitas	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel perhitungan menggunakan microsoft excel pada probe 1 lingkaran	43
Lampiran 2. Grafik hubungan antara kelembaban (%) dengan daya optik ternormalisasi probe sensor 1 lingkaran.....	44
Lampiran 3. Tabel perhitungan menggunakan microsoft excel pada <i>probe 2</i> lingkaran	45
Lampiran 4. Grafik hubungan antara Kelembaban (%) dengan Daya Optik Ternormalisasi pada fiber optik berbentuk lengkung.....	46
Lampiran 5. Tabel Perhitungan menggunakan Microsoft Exel pada Fibir optik coating AgNP berbentuk lurus	47
Lampiran 6. Grafik hubungan antara Kelembaban (%) dengan Daya Optik Ternormalisasi pada fiber optik coating AgNP berbentuk lurus.....	48
Lampiran 7. Gambar proses <i>coating silica gel</i> pada fiber optik	49
Lampiran 8. Gambar alat pengambilan data	50

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah memberikan dampak positif bagi kehidupan manusia. Dalam berbagai bidang penggunaan teknologi dapat mempermudah manusia untuk melakukan aktivitas. Di bidang komunikasi sendiri teknologi memiliki peran yang penting dalam hal kecepatan dan keakuratan sebuah informasi. Untuk kecepatan pengiriman informasi sekarang ini telah digunakan teknologi fiber optik yang memiliki tingkat kecepatan yang tinggi.

Fiber optik merupakan media transmisi atau pandu gelombang cahaya yang berbentuk silinder yang telah dikembangkan sejak akhir tahun 1960 sebagai jawaban atas perkembangan sistem komunikasi yang semakin lama membutuhkan *bandwidth* yang besar dengan laju transmisi yang tinggi (Keiser, 1991:26). Dalam perkembangannya fiber optik dikembangkan dengan menggunakan 2 bahan utama yaitu kaca dan plastik.

Pada perkembangannya sendiri fiber optik plastik memiliki keunggulan sebagai media transmisi berkapasitas tinggi, akibat dari peningkatan *bandwidth* (Zubia dan Arrue, 2000). Digunakannya bahan polimer sebagai pembuat fiber optik plastik juga menambahkan keunggulan dalam elastisitas dari fiber optik. Dalam perkembangannya fiber optik juga

telah diaplikasikan dalam berbagai bidang di luar transmisi, salah satunya sebagai teknologi sensor.

Teknologi sensor fiber optik sendiri telah berkembang secara pesat. Sudah dilakukan beberapa kajian mengenai sensor fiber optik diantaranya sensor ketinggian bensin berbasis fiber optik plastik (Montero, 2012), sensor kelembaban dengan menggunakan fiber optik (Gaikwad, 2003), dan sensor suhu berbasis fiber optik plastik *macrobend* (Moraleda dkk, 2013). Sampai sekarang perkembangan dari teknologi sensor fiber optik masih dilakukan.

Sensor kelembaban juga telah menggunakan teknologi fiber optik untuk pengukurannya. Dalam penerapannya kegunaan sensor kelembaban sudah sangat luas diantaranya untuk industri, meteorologi, kesehatan, dan teknik (Jagtap, 2007), sehingga sensor kelembaban memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan.

Pada prinsipnya fiber optik memantulkan dan membiaskan cahaya yang merambat di dalamnya. Cahaya yang ada di dalam fiber optik tidak keluar karena indeks bias dari kaca atau plastik lebih besar daripada indeks bias dari udara. Perambatan cahaya yang terjadi di dalam fiber optik menggunakan prinsip pemantulan internal sempurna. Pemantulan internal sempurna terjadi apabila sudut datang cahaya menuju bidang perbatasan lebih besar dibandingkan dengan sudut kritis antara *core* dan *cladding*. Hal tersebut menyebabkan cahaya yang melalui *core* secara terus-menerus memantul dari *cladding*.

Penelitian ini pada dasarnya memanfaatkan kebocoran dari perambatan cahaya pada fiber optik. Kebocoran ini diakibatkan karena pengelupasan *buffer* pada fiber optik. Akibatnya cahaya yang seharusnya memantul kembali dan sampai ke resiver akan ada yang keluar dan mengakibatkan pelemahan cahaya yang diterima di resiver. Selain itu dengan adanya perubahan kelembaban diharapkan mempengaruhi tingkat kebocoran cahaya pada fiber optik.

Pelapisan *silica gel* dilakukan pada bagian fiber optik yang telah di kelupas *buffer*-nya. Diharapkan pelapisan dengan *silica gel* dapat meningkatkan sensitivitas sensor fiber optik terhadap perubahan kelembaban. Metode yang digunakan untuk melapisi fiber optik dengan *silica gel* yaitu metode *coating* dimana *silica gel* sebelumnya berbentuk bubuk.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang diuraikan di atas maka dalam pengembangan serat optik sebagai sensor kelembaban diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Peran sensor kelembaban yang masih sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari.
2. Fiber optik memiliki peluang yang baik untuk dimanfaatkan sebagai sensor kelembaban dikarenakan beberapa keunggulan diantaranya harga yang lebih terjangkau.

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya masalah yang terdapat dalam penelitian ini, maka penelitian ini difokuskan dan dibatasi pada penggunaan serat optik tipe SH-4001-1-1.3, pengaruh pengelupasan *buffer* pada serat optik dan pelapisan dengan *silica gel*. Laser Helium-Neon digunakan sebagai sumber cahaya dengan daya keluaran 5 mW pada $\lambda = 632,8$ nm, sedangkan sebagai alat pengukur intensitas cahaya keluaran adalah OPM.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh pelapisan *silica gel* terhadap daya optik yang diterima oleh *receiver*?
2. Bagaimana sensitivitas sistem sensor kelembaban berbasis POF dengan pelapisan *silica gel*?

E. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh pelapisan *silica gel* terhadap perubahan daya optik keluaran.
2. Mengetahui sensitivitas sensor kelembaban berbasis POF dengan pelapisan *silica gel* .

F. Manfaat Penelitian

Diharapkan hasil dari penelitian ini:

1. Dapat memberikan informasi bagaimana sensitivitas dan linearitas sensor kelembaban berbasis POF. .
2. Dapat memberikan informasi pengaruh pelapisan *silica gel* terhadap peningkatan sensitivitas dan linearitas sensor kelembaban berbasis POF. .
3. Sebagai acuan atau referensi untuk melakukan riset selanjutnya.

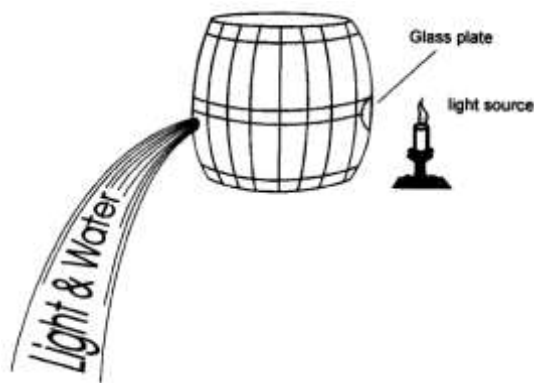
BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Fiber Optik

Fiber optik merupakan sebuah bahan transparan berbentuk kabel yang dapat mentransmisikan cahaya. Ide pembuatan fiber optik terinspirasi dari percobaan John Tyndall yang berhasil membelokkan cahaya melalui medium air. Tyndall memperlihatkan bahwa cahaya yang keluar bersama pancuran air tidak berjalan lurus akan tetapi melengkung mengikuti arah pancuran air tersebut (Crisp & Elliot, 2008:2).



Gambar 1. Rambatan cahaya mengikuti aliran air (Crisp & Elliot, 2005:2)

Dalam perkembangannya fiber optik menjadi salah satu media transmisi data yang sangat penting. Memiliki keunggulan dalam kecepatan merupakan modal utama fiber optik menjadi pilihan utama.

2. Fiber Optik Polymer

Fiber Optik Polymer (POF) adalah fiber optik yang terbuat dari plastik. PMMA (akrilik) adalah bahan inti dan polimer fluorinated adalah bahan selongsong. Fiber optik plastik dikembangkan sebagai sensor karena lebih mudah diberi perlakuan. Perlakuan ini dapat berupa pemanasan, memberi bahan sambungan, tekanan, lekukan ataupun dengan memberi perlakuan dengan penggantian selongsong dan jaket pelindung (Crisp dan Elliot 2008: 52-58).

Polymer optical fiber (POF) memiliki keuntungan yang lebih jelas dari serat kaca, seperti fleksibilitas dan besarnya diameter inti, yang memungkinkan koneksi tersambung dengan efisien sehingga menghasilkan sistem berbiaya rendah untuk jaringan area lokal. Selain itu, POF memiliki beberapa kelebihan antara lain *bandwidth* yang sangat lebar, ukuran yang kecil, bebas dari *Electro Magnet Interference* (EMI), lebih ringan, tidak mengalirkan arus sehingga tidak akan terjadi percikan api, dan sinyal dalam serat optik ini terjamin keamanannya. Di sisi lain, serat optik telah digunakan untuk mengukur kadar cairan dalam berbagai bentuk, seperti sensor yang tidak mengganggu atenuasi cahaya saat melewati dinding tangki, namun ini hanya berlaku untuk tangki transparan (David Sanchez Montero. et. al, 2009

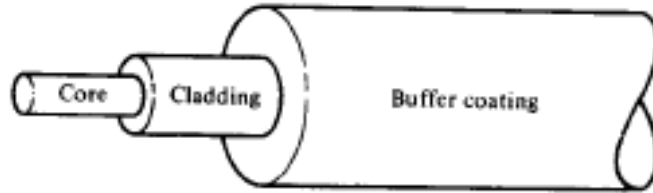
: 6447). Pada percobaan digunakan fiber optik plastik PMMA tipe SH-4001-

1.3 dengan struktur sebagai berikut :

Tabel 1. Struktur Fiber Optik Plastik Tipe SH-4001-1.3 (Sumber : <http://i-fiberoptiks.com>)

Structure		
Core Material	Polymethyl-Methacrylate Resin	
Cladding Material	Fluorinated Polymer	
Core Refractive Index	1.49	
Refractive Index Profile	Step-index	
Numerical Aperture	.50	
Number of Fibers	1	
	Unit	Value
Core Diameter	µm	920 - 1040
Cladding Diameter	µm	940 - 1060
Approximate Weight	g/m	1.5
Buffer/Jacket		
Material and Color	Polyethylene (black)	
Indication on Jacket	None	
	Unit	Value
Outer Diameter	mm	1.3 ± .05
Fiber Tensile Strength	N	65

3. Struktur Fiber Optik



Gambar 2. Struktur fiber optik (Keiser, 1991:26)

Fiber optik memiliki 3 struktur utama yaitu:

a. Inti (*Core*)

Inti merupakan bagian paling dalam pada fiber optik. Bagian ini merupakan tempat dimana cahaya merambat di fiber optik. Inti biasanya terbuat dari kaca atau polymer sesuai dengan jenis fiber optik tersebut.

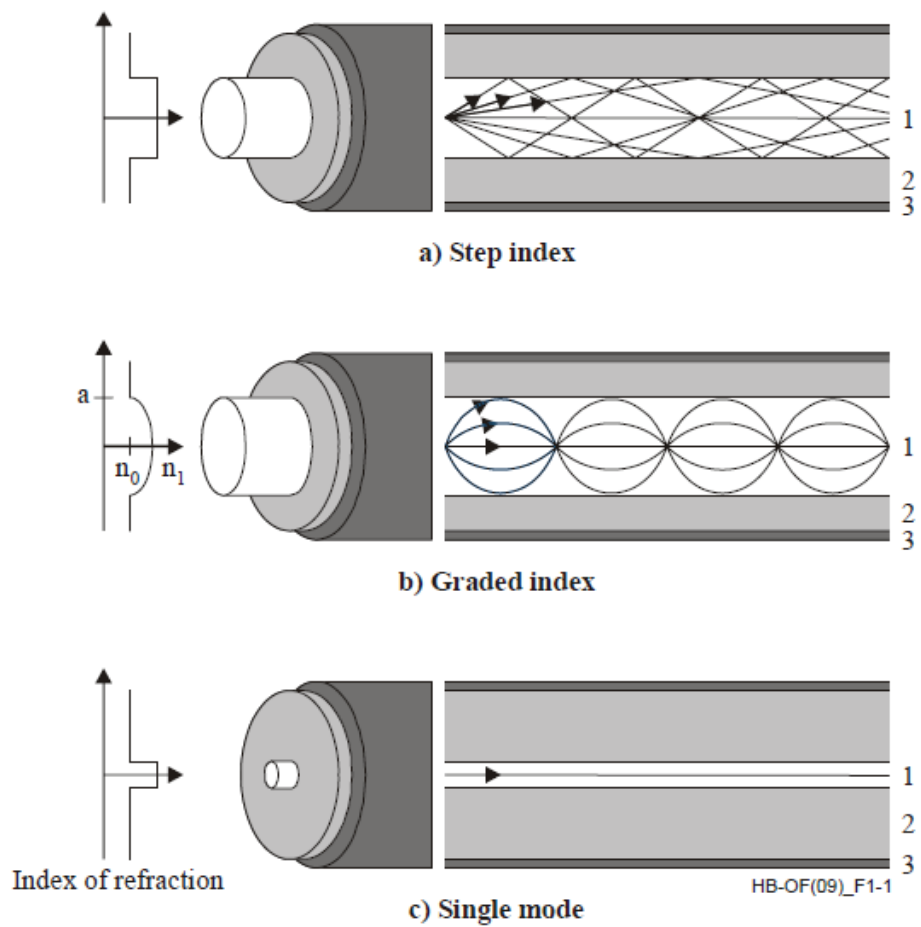
b. Selubung (*Cladding*)

Selubung merupakan bagian pelindung yang melekat pada inti fiber optik. Pada bagian inilah nantinya cahaya dipantulkan agar tetap berjalan di dalam inti. Maka dari itu biasanya indeks bias dari selubung akan lebih rendah daripada indeks bias dari inti. Selubung terbuat dari bahan yang biasanya sama dengan bahan yang digunakan untuk membuat inti fiber optik.

c. Jaket (*Buffer*)

Jaket merupakan bagian pelindung dari fiber optik untuk menjaga struktur agar tidak terjadi kerusakan pada bagian selubung.

4. Jenis-jenis fiber optik



Gambar 3. Jenis perambatan cahaya dalam fiber optik (Malcolm, 2009:1)

Berdasarkan jenis transmisi sinarnya fiber optik dapat digolongkan sebagai berikut :

a. *Single-mode Step Index*

Fiber optik *single-mode* (Gambar 3c) memiliki struktur inti (*core*) yang lebih kecil dibandingkan jenis lainnya yaitu sekitar 8 sampai 10 μm . Selain itu pada fiber optik *single-mode* perbedaan indek bias antara *cladding* dan *core* juga dikurangi. Akibatnya tidak terdapat gangguan dalam transmisi jalannya sinar (Malcolm, 2009:2). Inilah sebabnya sinyal cahaya pada fiber optik *single-mode* menjadi lebih stabil, cepat dan dapat menempuh jarak yang lebih jauh.

b. *Multi-mode Step Index*

Fiber optik *multi-mode* (Gambar 3a) memiliki struktur inti (*core*) yang lebih besar daripada jenis *single-mode*. Diameter dari *core* jenis *multi-mode* sebesar 50 μm , sedangkan diameter *cladding*-nya sebesar 125 μm . Pada fiber optik *multi-mode step index* perbedaan indek bias antara *cladding* dengan *core* cukup besar sehingga akan terjadi pantulan pada dinding pertemuan *cladding* dan *core*. Setelah terjadi beberapa kali pemantulan pada fiber optik akan terjadi *energy lost*. Akibatnya fiber optik jenis ini memiliki *bandwidth* yang rendah, sehingga hanya cocok untuk trasmisi data jarak pendek (Malcolm, 2009:2).

c. *Multi-mode Graded Index*

Fiber optik *multi-mode graded index* (Gambar 3b) memiliki perbedaan dengan *multi-mode step index* pada perubahan indek bias antara *core* dengan *cladding*-nya. Perubahan indek bias memiliki sifat yang lebih

halus untuk fiber optik tipe ini (Malcolm, 2009:2). Pada bagian tengah *core* memiliki indek bias yang tertinggi dan semakin keluar indek bias semakin mengecil. Cahaya yang merambat di dalam *core* mengalami difraksi sehingga rambatan cahaya sejajar dengan sumbu serat. Fiber jenis ini memiliki bandwidth yang lebih besar jika dibandingkan dengan *multi-mode step index*.

5. Prinsip Dasar Fiber Optik

Fiber optik pada dasarnya merupakan sebuah piranti yang mentransmisikan cahaya melalui sebuah medium yang memiliki indek bias tertentu. Indek bias merupakan hubungan antara kecepatan cahaya pada ruang vakum dengan kecepatan cahaya pada suatu medium. Pada ruangan vakum cahaya memiliki kecepatan sebesar c , sedangkan saat cahaya melewati medium tertentu cahaya memiliki kecepatan sebesar v (Keiser, 1991:23). Indek bias dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

dimana, n = indek bias

c = kecepatan cahaya pada ruang vakum

v = kecepatan cahaya pada sebuah medium

Fiber optik dalam mentransmisikan cahanya menggunakan prinsip pembiasan. Prinsip ini menentukan perilaku cahaya yang melewati suatu

medium ke medium yang berbeda. Perilaku cahaya akan mematuhi hukum Snellius sebagai berikut :

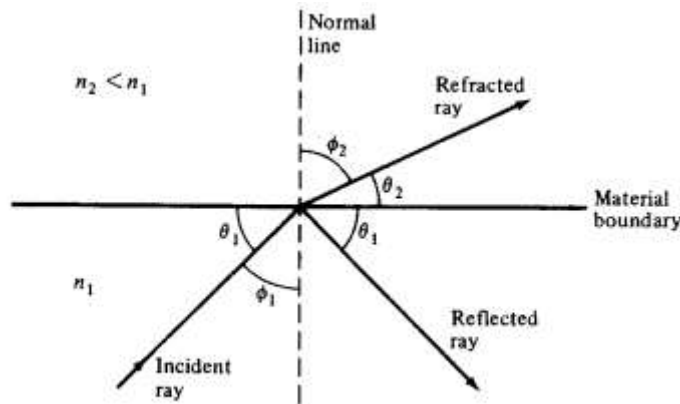
$$n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2 \quad (2)$$

dimana, n_1 = indek bias medium pertama

ϕ_1 = sudut datang

n_2 = indek bias medium kedua

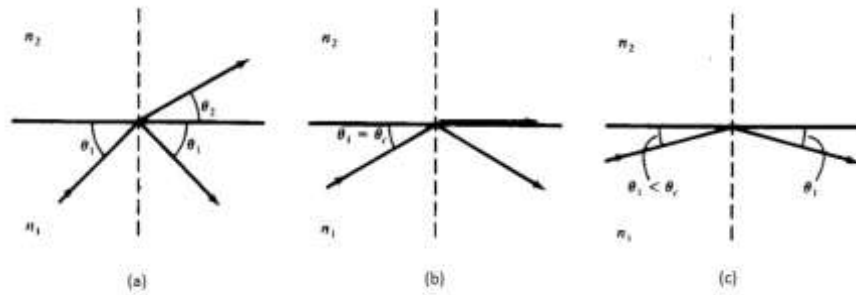
ϕ_2 = sudut bias



Gambar 4. Pembiasan sinar yang melewati 2 medium berbeda indek bias (Keiser, 1991:24)

Ketika sebuah cahaya melewati 2 medium dengan index bias relatif yang berbeda, maka cahaya akan dibelokkan dan dipantulkan secara bersamaan. Pada Gambar 4 terlihat apabila index bias medium pertama lebih besar dari index bias medium kedua ($n_1 > n_2$), cahaya yang masuk pada medium kedua dibelokkan menjauhi garis normal. Perubahan sudut datang

dan juga sudut bias pada peristiwa tersebut mematuhi hukum Snellius seperti di atas. Terdapat 3 jenis pembelokan sinar sebagai berikut :

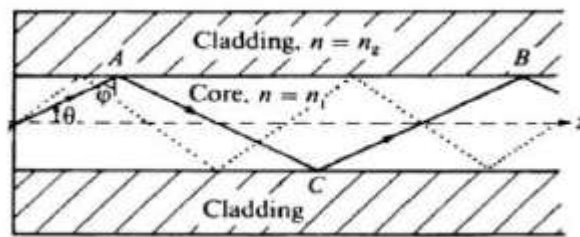


Gambar 5 Pemantulan dan pembiasan cahaya akibat melewati dua medium yang memiliki indeks bias berbeda (Keiser, 1991:24)

Pada Gambar 5 bisa dilihat adanya berkas cahaya yang melewati 2 medium yang berbeda. Medium pertama memiliki indek bias n_1 yang lebih besar dari pada indek bias medium ke dua n_2 . Sinar yang telah melewati bidang batas akan mengalami pemantulan dan sebagian akan mengalami pembiasan. Sinar pantul akan dipantulkan dengan sudut yang sama besar dengan sinar datang, sedangkan sudut bias akan lebih besar tergantung dengan selisih indek bias. Selanjutnya akan terjadi pemantulan internal total saat sinar bias sejajar dan berhimpit dengan bidang batas. Maka sudut datang pada saat tersebut dinamakan sudut kritis (Keiser, 1991:25).

Sudut kritis memiliki peranan penting dalam perambatan cahaya pada fiber optik. Jika sudut datang lebih kecil dibandingkan dengan sudut kritis, maka cahaya akan dibiaskan dari *core* menuju ke *cladding*. Hal ini

merupakan suatu kerugian yang cukup besar dikarenakan akan mengakibatkan menurunnya intensitas cahaya sehingga dapat mempengaruhi cahaya yang akan diterima di *receiver*. Sebaliknya apabila cahaya datang memiliki sudut yang lebih besar dari sudut kritis, maka akan terjadi pemantulan internal total oleh bidang pembatas ke dalam *core* kembali. Karena adanya peristiwa tersebut berkas cahaya akan terus merambat sepanjang fiber optik.



Gambar 6 Perambatan cahaya pada serat optik (Ghatak & Tygarajan, 1996:30)

6. Pelemahan Daya Fiber Optik

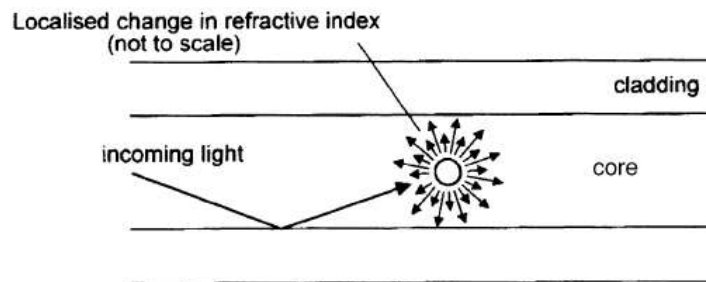
a. Absorpsi

Zat kotoran (*impurity*) yang tersisa di dalam bahan inti akan menyerap sebagian energi cahaya yang merambat di dalam fiber optik. Kontaminan yang menimbulkan efek paling serius adalah ion-ion hidroksil dan zat-zat logam. Ion-ion hidroksil sebenarnya adalah wujud lain dari air yang akan menyerap secara besar energi gelombang dengan panjang 1380 nm. Demikian pula, zat-zat logam akan menyerap energi

gelombang dengan berbagai nilai panjang gelombang tertentu. Untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan mencegah timbulnya kontaminan atau tertinggalnya zat-zat kotor di dalam kaca saat proses manufaktur dilakukan (Crisp & Elliot, 2005:50).

b. Hamburan Rayleigh

Hamburan Rayleigh merupakan peristiwa terpancarnya cahaya akibat adanya perubahan indeks bias pada sebagian kecil *core*. Ukuran yang mengalami perubahan ini dikatakan sangat kecil karena biasanya kurang dari satu panjang gelombang. Kesalahan ini biasanya terjadi pada saat proses pembuatan.



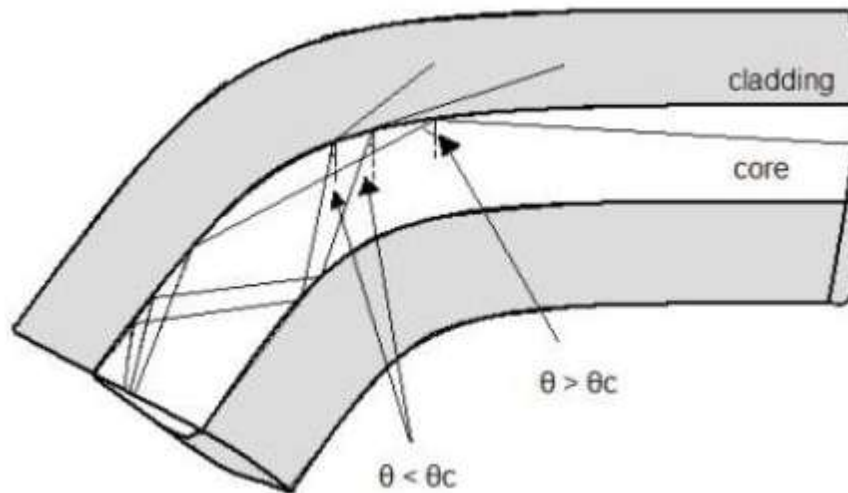
Gambar 7 Hamburan Rayleigh (Crisp & Elliot, 2008:51)

Terdapat dua kesalahan dalam proses pembuatan fiber optik. Pertama adalah kesalahan pada saat pencampuran bahan sehingga akan mengakibatkan fluktuasi dan bahan tidak merata. Hal ini sangatlah mustahil untuk dihilangkan karena sifatnya yang acak. Penyebab kedua adalah akibat kerapatan bahan yang terjadi saat silica membeku dan

memadat. Kelemahan ini dapat dilihat pada gambar di atas. Akibat pancaran tersebut cahaya yang mengenai bidang batas sebagian akan memiliki sudut datang yang kurang dari sudut kritis, sehingga cahaya akan dibiaskan menuju *cladding*. Hal ini merupakan suatu kerugian daya tersendiri dalam fiber optik (Crisp & Elliot, 2005:51).

c. *Macro Bending* (pembengkokan makro)

Macro bending merupakan rugi daya yang diakibatkan oleh pembengkokan fiber optik. Kerugian daya dapat dilihat pada gambar berikut. Gambar tersebut memperlihatkan adanya perubahan sudut datang akibat dari pembengkokan yang dilakukan. Perubahan tersebut dapat mengakibatkan sudut datang lebih kecil daripada sudut kritis, sehingga akan terjadi pembiasan cahaya menuju *cladding*. Peristiwa ini mengakibatkan rugi daya yang cukup serius.

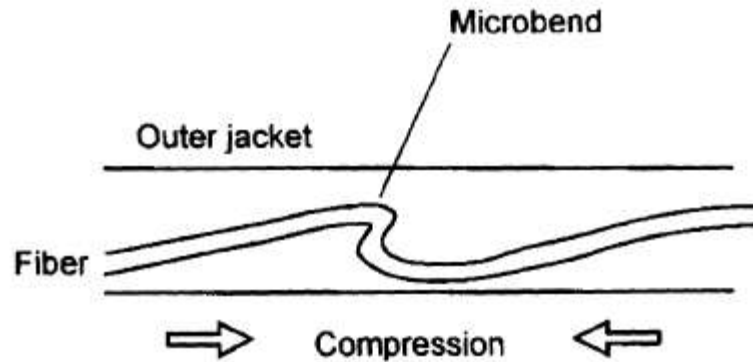


Gambar 8. Lekukan yang berakibat peristiwa *macro bending* (Andre dkk, 2006)

d. *Micro Bending* (pembengkokan mikro)

Micro bending hampir sama dengan peristiwa *macro bending*. Yang membedakan antara keduanya adalah bentuk lekukan yang relatif lebih kecil dan memiliki jari-jari sama dengan atau kurang dari fiber optik itu sendiri yang sangat kecil. Masalah ini biasanya muncul akibat permasalahan manufaktur. Saat terjadi perbedaan laju pemuaian antara lapisan inti dan lapisan pelindung fiber optik maka *micro bending* akan muncul. Pada saat fiber optik dalam keadaan terlalu dingin lapisan inti dan lapisan pelindung akan menyusut. Jika bagian inti menyusut lebih

lambat dari bagian luar maka akan terjadi lekukan.



Gambar 9. Penyusutan yang mengakibatkan *micro bending* (Crisp & Elliot, 2001:57)

7. Desible

Desibel adalah nilai perbandingan (rasio) antara dua buah nilai daya (Keiser, 1991:301) dengan rumus:

$$Gain = 10 \log\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right)dB \quad (3)$$

Dapat dilihat adanya dua buah nilai daya yang dinyatakan dalam satuan baku watt, yaitu daya output dan daya input. Selanjutnya digunakan satuan decibel untuk perbandingan dari daya output terhadap daya input. Untuk nilai daya input yang digunakan sebagai referensi adalah 1mW, selanjutnya satuan desibel berubah menjadi dBm(Keiser, 1991:302) sehingga rumus di atas menjadi

$$G_{dB} = 10 \log\left(\frac{P_{out}}{1 \text{ mW}}\right)dB \quad (4)$$

8. Sensor Fiber Optik

Sensor fiber optik merupakan jenis sensor yang memanfaatkan teknologi fiber optik sebagai mekanisme penginderaan, baik sebagai komponen aktif sensor maupun sebagai pemandu gelombang (optik) saja. Sistem sensor fiber optik dilengkapi dengan paling tidak 3 komponen utama yaitu komponen optoelektronik, link optik dan probe. Komponen optoelektronik meliputi sumber cahaya, detektor optik dan pengolahan sinyal. Link optik berupa fiber optik yang berfungsi memandu cahaya atau dari bagian penginderaan (*sensing region*). Sedangkan probe adalah bagian sensing atau transduser yang berinteraksi langsung dengan obyek atau besaran yang diukur (Utoyo, 2017).

Sensor serat optik didasarkan pada mekanisme modulasi gelombang optik (cahaya) dari suatu sumber seperti LED, diode, atau yang lainnya. Kuantitas optik yang dimodulasi dapat berupa intensitas atau amplitudo, panjang gelombang, fase gelombang dan polarisasi gelombang optik tersebut. Modulasi ini dapat terjadi di luar maupun di dalam serat optik (Maddu, 2006:38).

Berdasarkan pemrosesan modulasi di luar (ekstrinsik) ataupun di dalam (intrinsik), maka sensor fiber optik dapat dibedakan menjadi dua jenis. Pada tipe sensor serat optik ekstrinsik, serat optik hanya berfungsi sebagai pandu gelombang saja atau penghubung (*link*) cahaya ke sistem sensing eksternal, dengan demikian tidak ada modifikasi pada struktur serat optik

untuk fungsi *sensing* (penginderaan). Pada sensor serat optik intrinsik, serat optik disamping sebagai pemandu cahaya juga sekaligus berperan dalam proses penginderaan, dimana terdapat bagian serat optik yang berfungsi sebagai komponen pengindera (*sensing element*), baik *cladding* atau intinya (Azizah, 2017).

9. Kelembaban

Kelembaban adalah satuan untuk menyatakan jumlah uap air dalam udara. Semakin banyak uap air yang dikandung dalam udara, maka semakin lembab udara tersebut. Satuan kelembaban dinyatakan dalam persen (%) (Anisa, 2007). Kelembaban merupakan salah satu aspek penting dalam berbagai bidang. Jika kelembaban relatif di udara tertentu tidak terkontrol dengan baik akan mengakibatkan konsekuensi tertentu. Sebagai contoh saat menyimpan bahan makanan dibutuhkan kondisi ruangan yang memiliki kelembaban yang rendah agar bahan makanan tidak mudah basi.

10. Sensor Kelembaban

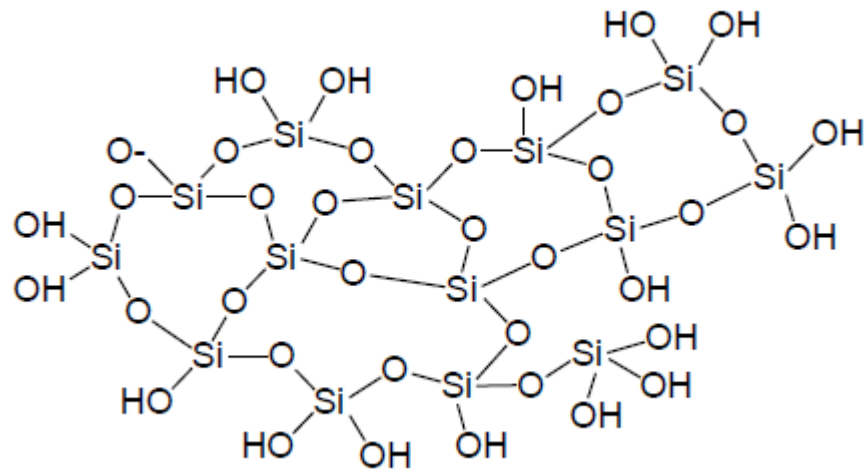
Sensor kelembaban merupakan salah satu aspek terpenting dalam berbagai bidang diantaranya industri manufaktur, industri makanan dan di bidang kesehatan. Teknik sensor kelembaban yang telah ada di pasaran biasanya memanfaatkan perubahan kapasitansi maupun resistansi sebuah bahan yang dipengaruhi oleh berubahnya kelembaban. Selain itu juga ada sensor kelembaban teleskopik yang bekerja berdasarkan ekspansi dan

kontraksi sebuah bahan yang disebabkan perubahan kelembaban, contohnya bulu hewan maupun benang nilon (Okimuro dkk, 2015: 1).

Sensor kelembaban berbasis fiber optik telah dikembangkan karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya ketahanan terhadap gangguan elektromagnetik dan juga bentuk fisik yang kecil. Selain itu sensitivitas dari sensor kelembaban fiber optik juga tinggi akibat diberikannya variasi bahan pada *cladding* (Dissanayake dkk, 2017:).

11. Silica gel

Silica gel merupakan silika amorf yang terdiri atas globula – globula SiO_4 tetrahedral yang tersusun secara tidak teratur dan beragregasi membentuk kerangka dimensi tiga yang lebih besar. Rumus kimia silika gel secara umum adalah $\text{SiO}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$. Struktur satuan mineral silika pada dasarnya mengandung kation Si_4^+ yang terkoordinasi secara tetrahedral dengan anion O_2^- . Namun demikian, susunan tetrahedral SiO_4 pada silika gel tidak beraturan seperti struktur berikut (Oscik, 1982:188).



Gambar 10. Gugus fungsi silika gel (Oscik, 1982: 188)

Sifat silika gel ditentukan oleh orientasi dari ujung tempat gugus hidroksil berkombinasi. Oleh karena ketidak-teraturan susunan permukaan SiO_4 tetrahedral, maka jumlah distribusinya per unit area bukan menjadi ukuran kemampuan adsorpsi silika gel, meskipun gugus silanol dan siloksan terdapat pada permukaan silika gel. Kemampuan adsorpsi ternyata tidak sebanding dengan jumlah gugus silanol dan gugus siloksan yang ada pada permukaan silika gel, tetapi tergantung pada distribusi gugus OH per unit area adsorben (Oscik, 1982; 188).

B. Kerangka Berfikir

Penelitian ini bertujuan untuk mencari pengaruh perubahan kelembaban udara pada suatu ruangan terhadap perubahan intensitas keluaran pada fiber optik. Penelitian ini menggunakan Fiber Optik seri SH-4001-1.3 yang dikelupas *buffer*-nya untuk kemudian dilapisi menggunakan *silica gel*. Tujuan dari pelapisan tersebut untuk mengetahui pengaruh dari *silica gel* itu sendiri. *Silica gel* sendiri merupakan bahan yang dapat menyerap uap air dalam udara dan sering digunakan sebagai penurun kelembaban udara. Diharapkan dengan pelapisan *silica gel* probe sensor kelembaban berbasis fiber optik akan mengalami peningkatan sensitivitasnya.

Pada penelitian ini bagian fiber optik yang dikelupas dan dilapisi dengan *silica gel* sepanjang 11 cm, 22 cm, 33 cm. Bagian tersebut nantinya akan dijadikan *probe* sensor kelembaban udara. Variasi yang dilakukan adalah banyaknya lilitan pada *probe* sensor. Penelitian bertujuan untuk mengetahui sensitivitas dari sensor kelembaban berbasis fiber optik dengan rentang kelembaban dari 56% sampai 75%.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian tentang pengaruh pelapisan *silica gel* terhadap sensitivitas sensor kelembaban berbasis fiber optik polymer (POF) dilakukan pada bulan Februari 2018 sampai April 2018.

2. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Spektroskopi, Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

B. Obyek Penelitian

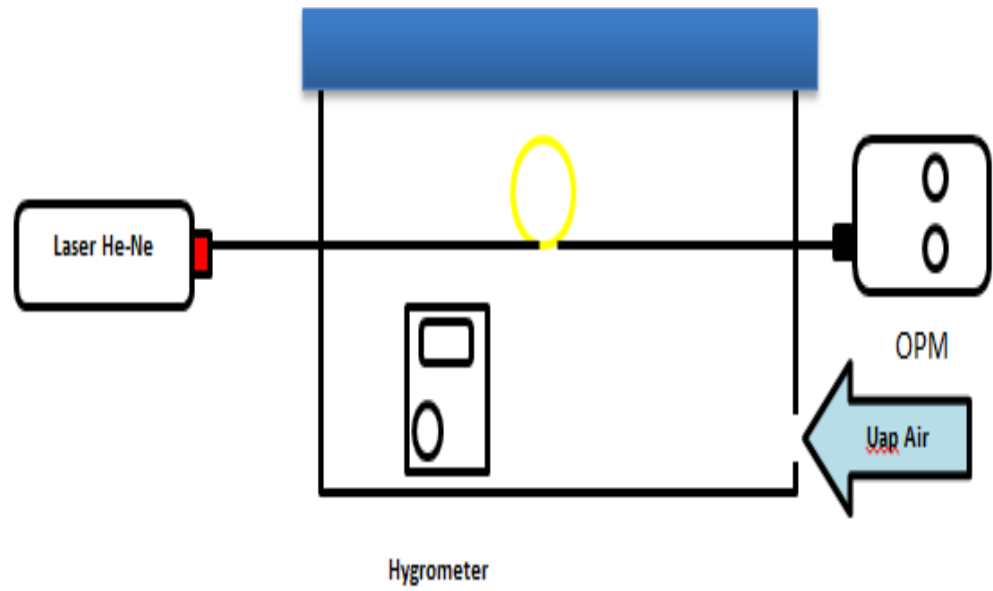
Obyek dalam penelitian ini adalah kabel serat optik tipe SH-4001-1.3 dengan panjang 60 cm. Bagian tengah kabel dikelupas *buffer*-nya dan dilapisi *silica gel*.

C. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas : perubahan kelembaban.
2. Variabel terikat : intensitas cahaya keluaran dari laser He-Ne yang diterima oleh *receiver*
3. Variabel kontrol : daya laser He-Ne.

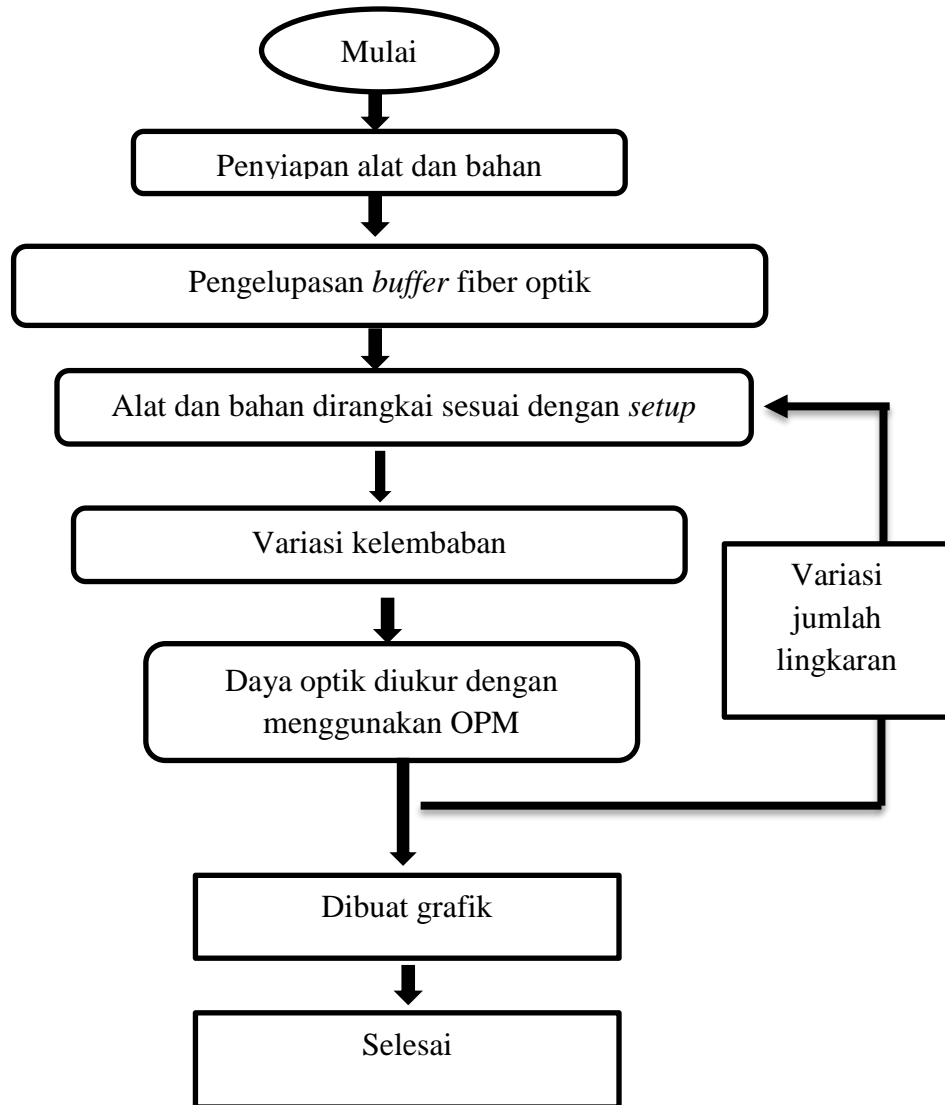
D. Desain Penelitian

1. Setup



Gambar 11. skema penelitian

2. *Flow Chart*



Sebelum memulai penelitian, peneliti menyiapkan alat dan bahan. Pada langkah pertama peneliti melakukan pengelupasan *buffer* fiber optik. Selanjutnya melapiskan bahan *silica gel* yang telah dijadikan bubuk pada fiber optik yang telah dikelupas dan dibiarkan sampai mengering. Setelah selesai pelapisan, alat dirangkai sesuai *setup* yang telah dibuat.

Selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan memberi variasi kelembaban dengan uap air. Selanjutnya daya optik keluaran diukur dengan menggunakan *optical power meter* (OPM). Kemudian data yang diperoleh dianalisis dengan membuat sebuah grafik dan dilakukan *fitting* data.

E. Alat dan Bahan Penelitian

1. Bahan

a. Kabel fiber optik tipe SH-4001-1.3

Kabel fiber optik yang digunakan adalah tipe SH-40001-1.3. Panjang kabel yang digunakan adalah 100 cm dengan variasi pengelupasan yaitu 11 cm, 22 cm dan 33 cm.

b. Laser Helium-Neon

Laser yang digunakan yaitu laser He-Ne Shimadzu dengan daya maksimum 5 mW dan panjang gelombang 632,8 nm.

c. Box

Box berfungsi sebagai ruangan untuk memodifikasi kelembaban udara, sehingga kelembaban udara dapat dikontrol sebagaimana mestinya dalam proses pengambilan data. Dalam pengontrolan kelembaban digunakan *silica gell* agar dapat membantu menurunkan kelembaban.

d. *Silica gel*

Silica gel merupakan salah satu bahan yang sering digunakan untuk menurunkan kelembaban udara. Bahan ini juga digunakan dalam berbagai bidang diantaranya yaitu tekstil, kesehatan, dan makanan. Pada penelitian ini *silica gel* digunakan sebagai pelapis pada bagian *probe* sensor fiber optik.

2. **Alat**

a. *Optical Power Meter*

Optical Power Meter adalah alat pengukur daya optik pada sinyal optik. Daya optik yang diukur memiliki $\lambda = 660$ nm dengan satuan desibel (dBm).

b. Hygrometer

Hygrometer adalah alat ukur kelembaban yang digunakan untuk mengetahui kandungan air yang ada pada udara. Satuan dari hygrometer sendiri adalah persen (%).

F. Prosedur Penelitian

Tahap selanjutnya pada penelitian ini adalah menyusun alat seperti pada desain alat penelitian, dengan prosedur sebagai berikut :

1. Memotong fiber optik sepanjang 1 meter, kemudian diampas supaya permukaannya rata.

2. Fiber optik yang telah dipotong dan dikelupas *buffer*-nya sepanjang 11 cm, 22 cm, 33 cm dilapisi dengan *silica gel*.
3. Proses pelapisan *silica gel* dengan cara membuat *silica gel* menjadi bubuk selanjutnya dilapiskan pada fiber optik dan ditunggu hingga kering.
4. Merangkai peralatan sesuai dengan *set-up* alat yang ada. Menghubungkan ujung fiber optik ke laser He-Ne dan ujung yang lain ke OPM.
5. Menaikkan secara perlahan kelembaban dalam box dengan cara memasukkan uap air yang telah dipersiapkan.
6. Mengukur perubahan daya optik yang keluar dari fiber optik dengan menggunakan OPM dan mencatatnya.

G. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh selama penelitian diolah dengan tahap-tahap sebagai berikut :

1. *Ouput* daya optik dari fiber optik akan dideteksi menggunakan OPM.
2. Daya optik cahaya keluaran yang diterima oleh OPM dicatat setiap adanya perubahan kelembaban.
3. Semua perhitungan dalam analisis data dengan menggunakan *Microsoft Exel*.
4. Membuat grafik hubungan antara kelembaban (%) dan daya optik keluaran yang telah dinormalisasi pada setiap variasi serat optik dengan menggunakan *Origin 6.1*.

5. Menghitung nilai sensitivitas dan linearitas untuk setiap perlakuan pada POF.

BAB IV

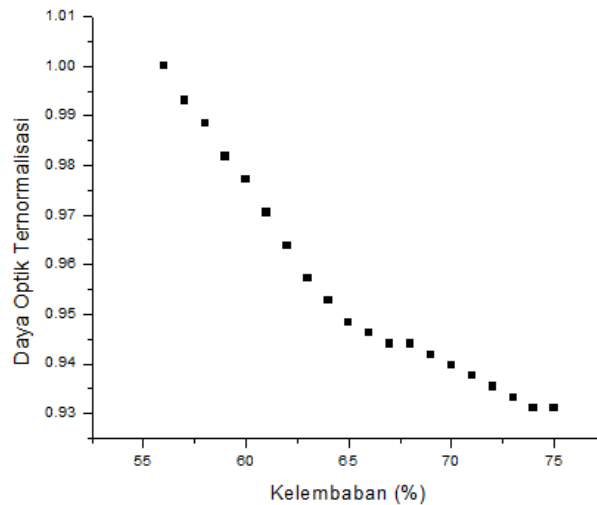
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian telah dilaksanakan di laboratorium spektroskopi FMIPA UNY. Hasil yang diperoleh berupa daya optik yang dinyatakan dalam desibel (dBm). Alat ukur yang digunakan untuk mengukur daya optik keluaran dari fiber optik adalah *optical power meter* (OPM). Jenis fiber optik yang digunakan adalah Fiber Optik Polymer (POF) dengan nomor seri SH-4001-1.3, sedangkan cahayanya berasal laser Helium-Neon.

Pada bab ini akan diuraikan hasil penelitian yang telah dilakukan serta selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan tingkat sensitivitas dan juga linearitas dari sensor kelembaban.

A. Pengaruh Kelembaban Terhadap Daya Optik Ternormalisasi

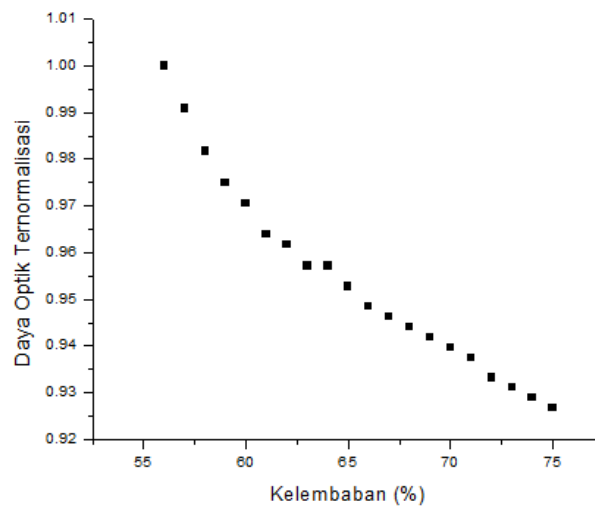
1. Probe sensor 1 lingkaran



Gambar 12. Grafik hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi probe sensor 1 lingkaran

Gambar 13 menunjukkan hubungan kelembaban dalam persen dan daya optik ternormalisasi. Daya optik ternormalisasi memiliki interval 1,00 hingga 0,931 untuk kelembaban 56% sampai 75% dengan penurunan sebesar 0,069. Pada gambar tersebut terlihat bahwa seiring bertambahnya kelembaban terjadi penurunan daya optik ternormalisasi. Hal ini menandakan apabila perubahan kelembaban mempengaruhi perubahan daya optik ternormalisasi. Pada kelembaban awal 55 % sampai 65% penurunan daya optik sekitar 0,00584/1%. Akan tetapi pada kelembaban 65 % sampai 75% penurunan daya optik menjadi 0,00183/1% . Hal tersebut dimungkinkan oleh lapisan *silica gel* yang mulai jenuh.

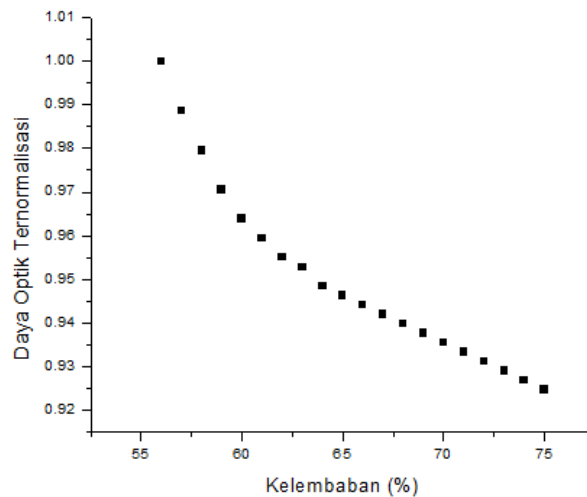
2. Probe sensor 2 lingkaran



Gambar 13. Grafik hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi probe sensor 2 lingkaran

Gambar 14 menunjukkan hubungan kelembaban dalam persen dan daya optik ternormalisasi untuk variasi probe sensor 2 lingkaran. Daya optik ternormalisasi memiliki interval 1,00 hingga 0,927 untuk kelembaban 56% sampai 75% dengan penurunan sebesar 0,073. Hal tersebut menunjukkan adanya pelemahan daya optik yang diakibatkan oleh perubahan kelembaban. Pada perlakuan kali ini titik jenuh dari *silica gel* bermula pada konsentrasi sebesar 61%. Sebelum memasuki titik jenuh pada kelembaban 56% sampai 61% penurunan daya optik sekitar 0,00710/1%, sedangkan pada rentang 61% sampai 75% penurunan menjadi 0,00267/1%.

3. Probe sensor 3 lingkaran



Gambar 14. Grafik hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi probe sensor 3 lingkaran

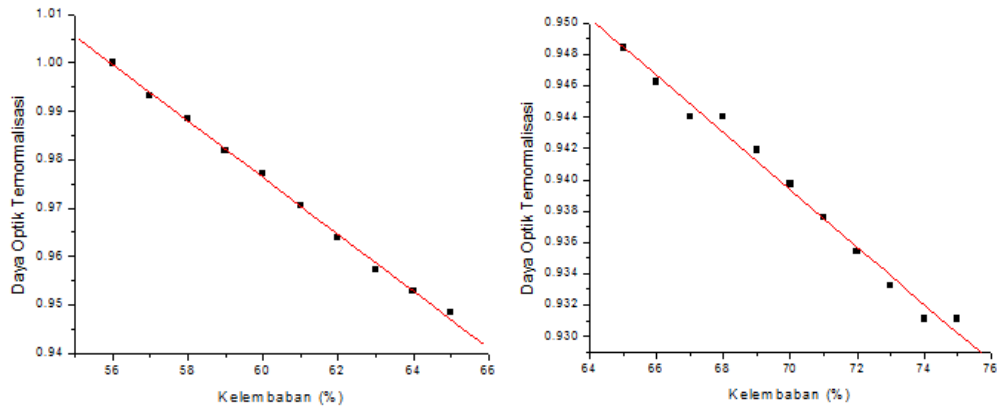
Gambar 15 menunjukkan hubungan kelembaban dalam persen dan daya optik ternormalisasi untuk variasi probe 3 lingkaran. Daya optik ternormalisasi

memiliki interval 1,00 hingga 0,925 untuk kelembaban 56% sampai 75% dengan penurunan sebesar 0,075. Pada variasi ini juga terlihat terjadi pelemahan daya optik ternormalisasi yang diakibatkan perubahan kelembaban. Seperti variasi sebelumnya data yang diperoleh juga mengalami dua fase. Pada fase pertama yaitu rentang kelembaban 56% sampai 62% penurunan daya optik ternormalisasi sebesar 0,00746/1%, sedangkan pada fase kedua yaitu fase jenuh terjadi penurunan sebesar 0,00228/1% untuk rentang data 62% sampai 75%.

B. *Fitting* Linear Grafik

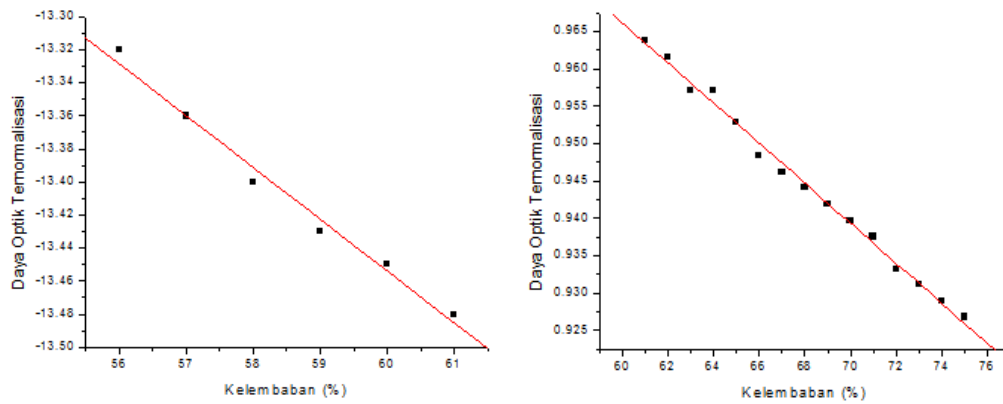
Fitting linear dilakukan untuk melihat tingkat linearitas sensor fiber optik saat mengalami penurunan intensitas. *Fitting* dilakukan dengan membagi data menjadi 2 fase data. Pembagian data dilakukan karena adanya fase jenuh setelah mencapai kelembaban tertentu. Pada variasi *probe* 1 lingkaran *fitting* dilakukan untuk rentang data dari 56% sampai 65% dan 65% sampai 75%. Untuk variasi *probe* sensor 2 lingkaran *fitting* dilakukan untuk rentang data dari 56% sampai 61% dan 61% sampai 75%. Pada variasi *probe* sensor 3 lingkaran *fitting* dilakukan untuk rentang data dari 56% sampai 62% dan 62% sampai 75%. Data disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:

1. Probe sensor 1 lingkaran



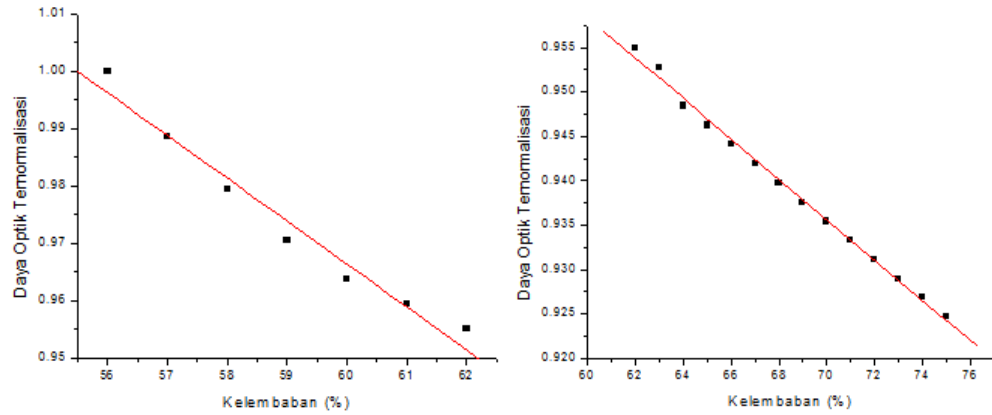
Gambar 15. Grafik *fitting* linear hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi *probe* sensor 1 lingkaran

2. Probe sensor 2 lingkaran



Gambar 16. Grafik *fitting* linear hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi *probe* sensor 2 lingkaran

3. Probe sensor 3 lingkaran



Gambar 17. Grafik *fitting* linear hubungan kelembaban dengan daya optik ternormalisasi *probe* sensor 3 lingkaran

Dari hasil I data dengan menggunakan *fitting* linear, dapat diperoleh tingkat linearitas dan sensitivitas sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil *fitting* linear untuk mengetahui linearitas dan sensitivitas

Tipe probe	Rentang kelembaban	Sensitivitas	Linearitas
1 lingkaran	56% - 65%	-0,00584/1%	0,99879
	65% - 75%	-0,00183/1%	0,99371
2 lingkaran	56% - 61%	-0,00710/1%	0,99283
	61% - 75%	-0,00267/1%	0,99710
3 lingkaran	56% - 62%	-0,00746/1%	0,98499
	62% - 75%	-0,00228/1%	0,99761

Pada penelitian ini dilakukan uji *fitting* linier untuk mengetahui tingkat linearitas hubungan antara perubahan kelembaban terhadap daya optik keluaran pada fiber optik. Pada Tabel 2 telah disajikan data hasil uji linearitas dalam bentuk nilai regresi *fitting* data. Pada tabel tersebut dilakukan *fitting* data terpisah untuk setiap fase data pada variasi *probe* sensor, sehingga didapatkan tingkat sensitivitas dan linearitas pada setiap fase.

Pada variasi pertama yaitu probe sensor 1 lingkaran didapat nilai sensitivitas dan linearitas sebesar -0,00584/1% dan 0,99879 untuk rentang kelembaban 56% sampai 65%. Selanjutnya pada rentang kelembaban 65% sampai 75% nilai sensitivitas dan linearitas sebesar -0,00183/1% dan 0,99371.

Pada variasi kedua yaitu probe sensor 2 lingkaran didapat nilai sensitivitas dan juga linearitas sebesar -0,00710/1% dan 0,99283 untuk rentang kelembaban 56% sampai 61%. Selanjutnya pada rentang kelembaban 61% sampai 75% nilai sensitivitas dan linearitas sebesar -0,00267/1% dan 0,9971.

Pada variasi ketiga yaitu probe sensor 3 lingkaran didapat nilai sensitivitas dan juga linearitas sebesar -0,00746/1% dan 0,98499 untuk rentang kelembaban 56% sampai 62%. Selanjutnya pada rentang kelembaban 62% sampai 75% nilai sensitivitas dan linearitas sebesar -0,00228/1% dan 0,99761.

Dari hasil yang diperoleh di atas terlihat bahwa sensor kelembaban berbasis fiber optik yang dilapisi *silica gel* mengalami peningkatan sensitivitas dengan bertambahnya jumlah lingkaran sensor. Peningkatan ini terjadi pada fase rentang kelembaban sebelum *silica gel* mengalami fase jenuh. Akan tetapi bertambahnya

jumlah lingkaran sebagai *probe* sensor juga mengakibatkan terjadinya fase jenuh yang lebih cepat.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pelapisan *silica gel* dapat meningkatkan nilai sensitivitas sensor kelembaban berbasis fiber optik polymer.
2. Nilai sensitivitas terbaik didapatkan pada probe sensor dengan 3 lingkaran yaitu sebesar 0,00746/ 1%.

A. Saran

1. Meningkatkan ketahanan lapisa *silica gel* pada fiber optik agar dapat bertahan lebih lama.
2. Penambahan kelembaban saat proses pengambilan data diusahakan dilakukan secara perlahan.
3. Pemasangan fiber optik dengan sumber cahaya harus diperhatikan dan juga dijaga agar tidak terjadi perubahan saat pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Andre, M., Rocha, Ana M., Netto, B. (2006). *Modeling of Bend Losses in Single Mode Optical Fiber*. Lulea: Lulea University of Technology.
- Azizah, F. N. (2017). *Pengaruh Konsentrasi Dari Jenis Larutan Asam, Basa dan Garam Terhadap Intensitas Cahaya Keluaran Serat Optik Berbentuk U*. Yogyakarta: UNY.
- Crips, J., & Elliot, B. (2005). *Introduction to Fiber Optic*. Oxford: Newnes.
- Crisp, J., & Elliot, B. (2008). *Serat Optik*. Jakarta: Erlangga.
- Fathia, A. (2018). *Sintesis Dan Karakterisasi GrapheneOxide Terkombinasi*. Yogyakarta: UNY.
- Ghatak, A., & Tygarajan, K. (1996). *An Introduction to Fiber Optiks*. Cambrige: Cambridge University Press.
- Guzmán, M. G., & dkk. (2008). Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity. *International Journal of Materials and Metallurgical Engineering*, 91-98.
- Jagtap, S. J. (2007). Optical fiber based humidity sensor using Ag decorated ZnO. *Microelectronic Engineering*.
- Keiser, G. (1991). *Optical Fiber Communication*. Singapore: Mc Graw-Hill.
- Maddu, A. M. (2006). Pengembangan Probe Sensor Kelembaban Serat Optik. *MAKARA*, 45-50.
- Malcolm, J. (2009). *Optical Fiber, Cable and System*. ITU Telecommunication.
- Montero, D., & V'Aquez, C. (2012). Polymer Optikal Fiber Intensity-Based Sensor for Liquid- Level Measurements in Volumetric Flasks for Industrial Application. *Journal Sensor*, 1-7.
- Moraleda, A. T., Garca, C. V., Zablla J. Z., Arrue J., (2013). A Temperature Sensor Based on a Polymer Optical. *sensors*.

Oscik, J., (1982). Adsorption. New York.: John Wiley & Sons

Suhartati, T. (2017). *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrofotometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Bandar Lampung: Aura.

Utoyo, H. P. (2017). *Uji Sensitivitas Sensor Suhu Berbasis Fiber Optik Polymer (Pof) Yang Berbentuk Spiral Dan Berjaket Gel*. Yogyakarta: UNY.

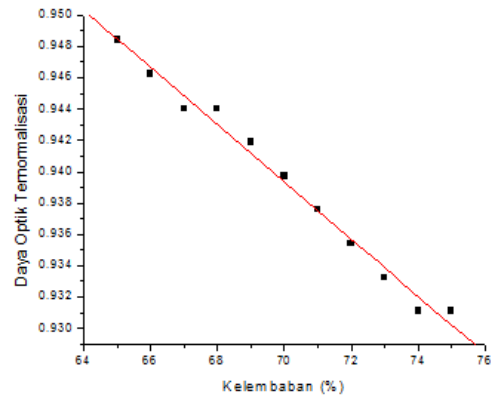
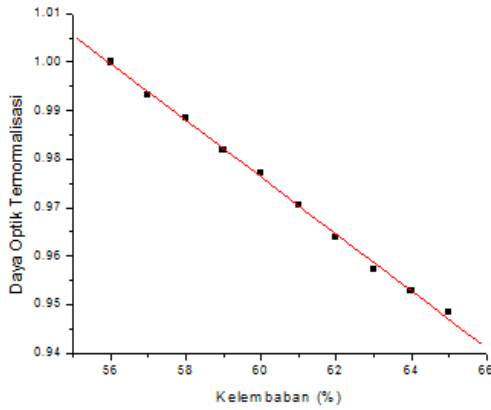
Zubia, J., & Arrue, J. (2002). Plastic Optical Fibers: An Introduction to Their Technological Processes and Applications. *Optical Fiber Technology* 7.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel perhitungan menggunakan microsoft excel pada probe 1 lingkaran

Kelembaban	DO (dBm)	P	Normalisasi
56	-15.56	0.027797	1.000000
57	-15.59	0.027606	0.993116
58	-15.61	0.027479	0.988553
59	-15.64	0.027290	0.981748
60	-15.66	0.027164	0.977237
61	-15.69	0.026977	0.970510
62	-15.72	0.026792	0.963829
63	-15.75	0.026607	0.957194
64	-15.77	0.026485	0.952796
65	-15.79	0.026363	0.948418
66	-15.80	0.026303	0.946237
67	-15.81	0.026242	0.944061
68	-15.81	0.026242	0.944061
69	-15.82	0.026182	0.941890
70	-15.83	0.026122	0.939723
71	-15.84	0.026062	0.937562
72	-15.85	0.026002	0.935406
73	-15.86	0.025942	0.933254
74	-15.87	0.025882	0.931108
75	-15.87	0.025882	0.931108

Lampiran 2. Grafik hubungan antara kelembaban (%) dengan daya optik ternormalisasi probe sensor 1 lingkaran



Linear Regression for Data1_B:

$$Y = A + B * X$$

Parameter	Value	Error
A	1.32672	0.00617
B	-0.00584	1.01937E-4

R	SD	N	P
-0.99878	9.25885E-4	10	<0.0001

Linear Regression for Data1_B:

$$Y = A + B * X$$

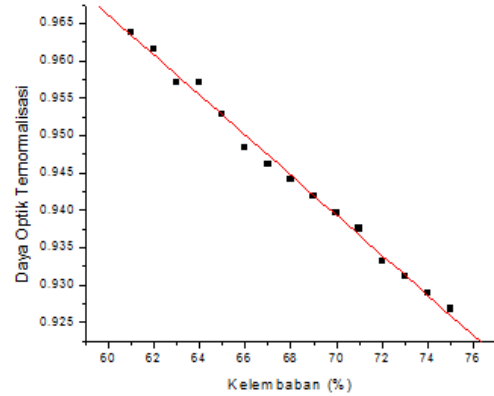
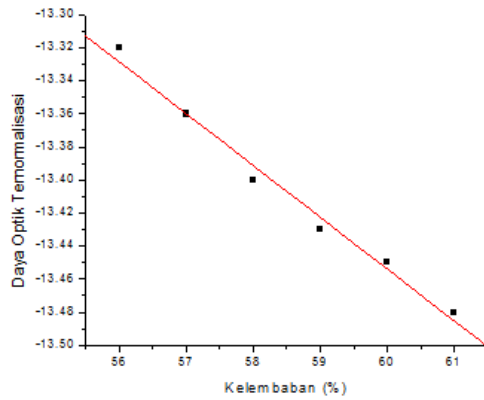
Parameter	Value	Error
A	1.06734	0.00481
B	-0.00183	6.86962E-5

R	SD	N	P
-0.99371	7.20492E-4	11	<0.0001

Lampiran 3. Tabel perhitungan menggunakan microsoft exel pada *probe 2* lingkaran

Kelembaban	DO (dBm)	P	Normalisasi
56	-13.32	0.046559	1.000000
57	-13.36	0.046132	0.990832
58	-13.40	0.045709	0.981748
59	-13.43	0.045394	0.974990
60	-13.45	0.045186	0.970510
61	-13.48	0.044875	0.963829
62	-13.49	0.044771	0.961612
63	-13.51	0.044566	0.957194
64	-13.51	0.044566	0.957194
65	-13.53	0.044361	0.952796
66	-13.55	0.044157	0.948418
67	-13.56	0.044055	0.946237
68	-13.57	0.043954	0.944061
69	-13.58	0.043853	0.941890
70	-13.59	0.043752	0.939723
71	-13.60	0.043652	0.937562
72	-13.62	0.043451	0.933254
73	-13.63	0.043351	0.931108
74	-13.64	0.043251	0.928966
75	-13.65	0.043152	0.92683

Lampiran 4. Grafik hubungan antara Kelembaban (%) dengan Daya Optik Ternormalisasi pada fiber optik berbentuk lengkung



Linear Regression for Data1_B:

$$Y = A + B * X$$

Parameter	Value	Error
A	1.3958	0.0259
B	-0.0071	4.42515E-4

R	SD	N	P
-0.99233	0.00185	6	<0.0001

Linear Regression for Data1_B:

$$Y = A + B * X$$

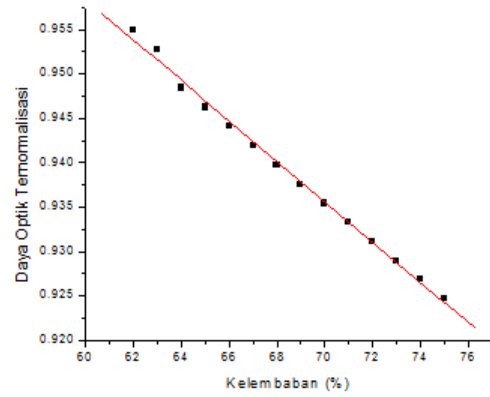
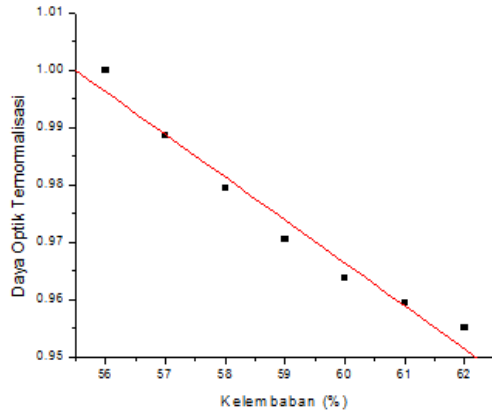
Parameter	Value	Error
A	1.12649	0.00385
B	-0.00267	5.65666E-5

R	SD	N	P
-0.9971	9.4654E-4	15	<0.0001

Lampiran 5. Tabel Perhitungan menggunakan Microsoft Exel pada Fibir optik coating AgNP berbentuk lurus

Kelembaban	DO (dBm)	P	Normalisasi
56	-16.3	0.023442	1.000000
57	-16.35	0.023174	0.988553
58	-16.39	0.022961	0.979490
59	-16.43	0.022751	0.970510
60	-16.46	0.022594	0.963829
61	-16.48	0.022491	0.959401
62	-16.50	0.022387	0.954993
63	-16.51	0.022336	0.952796
64	-16.53	0.022233	0.948418
65	-16.54	0.022182	0.946237
66	-16.55	0.022131	0.944061
67	-16.56	0.022080	0.941890
68	-16.57	0.022029	0.939723
69	-16.58	0.021979	0.937562
70	-16.59	0.021928	0.935406
71	-16.60	0.021878	0.933254
72	-16.61	0.021827	0.931108
73	-16.62	0.021777	0.928966
74	-16.63	0.021727	0.926830
75	-16.64	0.021677	0.924698

Lampiran 6. Grafik hubungan antara Kelembaban (%) dengan Daya Optik Ternormalisasi pada fiber optik coating AgNP berbentuk lurus



Linear Regression for Data1_B:

$$Y = A + B * X$$

Parameter	Value	Error
A	1.41419	0.03454
B	-0.00746	5.85004E-4

R	SD	N	P
-0.98499	0.0031	7	<0.0001

Linear Regression for Data1_B:

$$Y = A + B * X$$

Parameter	Value	Error
A	1.09498	0.00312
B	-0.00228	4.55319E-5

R	SD	N	P
-0.99761	6.86762E-4	14	<0.0001

Lampiran 7. Gambar proses *coating silica gel* pada fiber optik



Lampiran 8. Gambar alat pengambilan data

