



TUGAS AKHIR TF 141581

**RANCANG BANGUN SENSOR ALKOHOL
BERBASIS SERAT OPTIK BERSTRUKTUR
SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE
(SMS)**

NIZA ROSYDA AMALIA
NRP. 2413 100 019

Dosen Pembimbing :
Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D
Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT TF 141581

DESIGN OF AN ALCOHOL SENSOR BASED ON SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE (SMS) OPTICAL FIBER STRUCTURE

NIZA ROSYDA AMALIA
NRP. 2413 100 019

Supervisors :

Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D
Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc

ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Niza Rosyda Amalia

NRP : 2413100019

Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “RANCANG BANGUN SENSOR ALKOHOL BERBASIS SERAT OPTIK BERSTRUKTUR *SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE* (SMS)” adalah bebas plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 01 Agustus 2017
Yang membuat pernyataan,



Niza Rosyda Amalia

Halaman ini sengaja dikosongkan

**RANCANG BANGUN SENSOR ALKOHOL
BERBASIS SERAT OPTIK BERSTRUKTUR
SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE (SMS)**

TUGAS AKHIR

Oleh


Niza Rosyda Amalia
NRP. 2413 100 019

Surabaya, 01 Agustus 2017

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing I,**


Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIPN. 19780902 200312 1 002

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing II,**


Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc.
NIPN. 19840101 201212 1 002

**Mengetahui,
Kepala Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS**


Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIPN. 19780902 200312 1 002

Halaman ini sengaja dikosongkan

**RANCANG BANGUN SENSOR ALKOHOL BERBASIS
SERAT OPTIK BERSTRUKTUR *SINGLEMODE-
MULTIMODE-SINGLEMODE* (SMS)**





TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Fotonika
Program Sudi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**NIZA ROSYDA AMALIA
NRP. 2413 100 019**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D  (Pembimbing I)
2. Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc  (Pembimbing II)
3. Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc  (Ketua Penguji)
4. Dr.rer.nat Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc  (Penguji I)

**SURABAYA
AGUSTUS 2017**

Halaman ini sengaja dikosongkan

RANCANG BANGUN SENSOR ALKOHOL BERBASIS SERAT OPTIK BERSTRUKTUR *SINGLEMODE- MULTIMODE-SINGLEMODE* (SMS)

Nama : Niza Rosyda Amalia
NRP : 2413 100 019
Dosen Pembimbing : Agus M. Hatta, S.T., M.Si, Ph.D
Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc.

Abstrak-Alkohol merupakan senyawa organik yang mengandung satu atau lebih gugus fungsi hidroksil (-OH). Penggunaan alkohol dibatasi oleh pemerintah sehingga diperlukan suatu metode untuk mendeteksi kadar alkohol. Metode konvensional yang digunakan membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang mahal. Sensor serat optik adalah suatu metode alternatif yang memiliki berbagai kelebihan, salah satunya yaitu memiliki sensitivitas yang tinggi. Pada penelitian ini telah dibuat sensor alkohol berbasis serat optik *singlemode-multimode-singlemode* (SMS), menggunakan jenis serat optik *multimode coreless* yang dilapisi resin novolac dengan panjang 10 mm dan 40 mm yang diuji pada larutan campuran alkohol-akuades dan alkohol-air gula. Resin novolac merupakan material yang sensitif terhadap alkohol. Perubahan konsentrasi alkohol dapat menyebabkan perubahan indeks bias resin novolac. Semakin tinggi konsentrasi alkohol maka indeks bias resin novolac semakin kecil. Akibat perubahan indeks bias resin sebagai *modified cladding* maka daya keluaran juga akan berubah. Hasil eksperimen pada pengujian campuran alkohol dan akuades menunjukkan sensitivitas tertinggi pada panjang *multimode* 10 mm sebesar 1,78 dBm per %V/V. Sedangkan pada pengujian campuran alkohol dan air gula diperoleh sensitivitas sensor adalah 2,46 dBm per %V/V pada konsentrasi gula 5 %w/w dan 1,35 dBm per %V/V pada konsentrasi gula 10 %w/w.

Kata kunci: Serat optik SMS, alkohol, sensor, resin novolac

Halaman ini sengaja dikosongkan

DESIGN OF AN ALCOHOL SENSOR BASED ON SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE (SMS) OPTICAL FIBER STRUCTURE

Name : Niza Rosyda Amalia
NRP : 2413 100 019
Supervisor : Agus M. Hatta, S.T., M.Si, Ph.D.
Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc.

***Abstract-** Alcohol is an organic compound that contains one or more hydroxyl functional groups (-OH). The use of alcohol is limited by the government so a method to detect alcohol is needed. The conventional method used takes a long time and expensive. Optical fiber sensor is an alternative method that has many advantages, one of them is optical fiber sensors having a high sensitivity. In this study, has been made alcohol sensor based on singlemode-multimode-singlemode (SMS) optical fiber structure using multimode coreless optical fiber coated with novolac resin with 10 mm and 40 mm long that has been tested on alcohol-aquades solution and alcohol-syrup solution. Novolac resin is a sensitive material to alcohol. The change in alcohol concentration can cause change of novolac resin's refractive index. If alcohol concentration go higher, novolac resin's refractive index will go smaller. As a result, the changes in novolac resin's refractive index as modified cladding will change the output power of optical fiber. Experimental results on alcohol and aquades solution showed the highest sensitivity is 1.78 dBm per %V/V at 10 mm multimode length. In the alcohol and syrup solution the sensitivity of sensor is 2.46 dBm per %V/V at 5% w/w syrup concentration and 1,35 dBm per %V/V at 10% w/w syrup concentration.*

Keywords: SMS optical fiber, alcohol, sensor, novolac resin

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas karunia Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam atas junjungan kita Nabi Muhammad SAW, atas terselesaikannya tugas akhir dengan judul : Rancang Bangun Sensor Alkohol Berbasis Serat Optik Berstruktur *Singlemode-Multimode-Singlemode (SMS)*".

Berbagai motivasi dan bantuan telah diterima penulis selama melaksanakan Tugas Akhir. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih terutama kepada:

1. Bapak Agus Muhammad Hatta, S.T, M.Si, Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika sekaligus pembimbing tugas akhir ini yang telah dengan sabar membimbing dan memberi pengarahan secara intensif dalam pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Fotonika.
3. Bapak Detak Yan Pratama, S.T, M.Sc yang telah dengan sabar membimbing dan memberikan pengarahan tugas akhir.
4. Orang tua beserta saudara yang membantu secara moril maupun spiritual.
5. Bapak Markus Setiono selaku *Product Manager* PT Justus Kimiaraya yang telah memberikan bantuan dan pengarahan.
6. Seluruh Dosen dan karyawan departemen Teknik Fisika FTI-ITS.
7. Seluruh teman-teman pengurus laboratorium rekayasa fotonika, teman se-Angkatan 2013, dan seluruh mahasiswa departemen Teknik Fisika ITS.
8. Dan semua pihak yang turut membantu dan memperlancar Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satupersatu.

Kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini sangat diharapkan oleh penulis. Dan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan semua pihak pada umumnya.

Surabaya, Agustus 2017
Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL.....	i
COVER	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Serat Optik	5
2.2 Serat Optik Berstruktur <i>Singlemode-Multimode-Singlemode</i> (SMS)	7
2.3 Alkohol	10
2.4 Resin Novolac.....	11
2.5 Prinsip Pengukuran Konsentrasi Alkohol Berbasis Serat Optik SMS	11
2.6 Daya dalam Serat Optik.....	13

2.7 Sensor.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Studi Literatur	18
3.2 Perancangan Serat Optik sebagai Sensor Alkohol	18
3.3 Pembuatan Serat Optik SMS.....	19
3.4 Pelapisan Serat Optik Multimode	20
3.5 Pengujian Serat Optik SMS sebagai Sensor Alkohol...20	
3.6 Analisa dan Pembahasan Hasil Pengujian	21
3.7 Penulisan Laporan.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Proses Sensing Sensor Alkohol Berbasis Serat Optik SMS yang Dilapisi Resin Novolac.....	24
4.2 Hasil Pengujian Sensor Alkohol Berbasis Serat Optik SMS Tanpa Resin dengan Larutan Uji Alkohol dan Akuades.....	25
4.3 Hasil Pengujian Sensor Alkohol Berbasis Serat Optik SMS yang Dilapisi Resin dengan Larutan Uji Alkohol dan Akuades.....	27
4.4 Hasil Pengujian Sensor Alkohol Berbasis Serat Optik SMS yang Dilapisi Resin dengan Larutan Uji Air Gula dan Alkohol.....	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	

DAFTAR GAMBAR

Hal

Gambar 2. 1 Skema ilustrasi serat optik (a) serat optik step-index (b) serat optik graded-index [9].....	5
Gambar 2. 2 Serat optik singlemode step index [11].....	6
Gambar 2. 3 Serat optik multimode step index [11].....	7
Gambar 2. 4 Serat optik multimode graded index [11].....	7
Gambar 2. 5 Skema struktur serat optik SMS [12].....	8
Gambar 2. 6 Skema pandu gelombang serat optik SMS [14].....	9
Gambar 2. 7 Fenomena <i>self-imaging</i> pada serat optik SMS [14]	9
Gambar 2. 8 Proses difusi alkohol ke dalam resin novolac [19]	12
Gambar 2. 9 Perubahan indeks bias resin novolac saat terpapar alkohol [19].	12
Gambar 3.1 Diagram alir tugas akhir.....	18
Gambar 3.2 Set-up pengujian	21
Gambar 4.1 Respon daya keluaran terhadap waktu.....	24
Gambar 4.2 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi pada serat optik SMS sebelum dilapisi resin	25
Gambar 4.3 Grafik pendekatan error pada serat optik SMS sebelum dilapisi resin.....	26
Gambar 4.4 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi pada serat optik SMS setelah dilapisi resin.....	28
Gambar 4.5 Grafik pendekatan error pada serat optik SMS setelah dilapisi resin.....	30
Gambar 4.6 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi pada serat optik SMS setelah dilapisi resin secara teoritis.....	31
Gambar 4.7 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi pada serat optik SMS setelah dilapisi resin dalam air gula 5 % w/w	32
Gambar 4.8 Grafik pendekatan error pada serat optik SMS dengan larutan uji air gula 5%.....	33

Gambar 4.9 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi pada serat optik SMS setelah dilapisi resin dalam air gula 10 %w/w34

Gambar 4.10 Grafik pendekatan error pada serat optik SMS dengan larutan uji air gula 10%35

Gambar 4.11 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi alkohol pada serat optik SMS dalam air gula secara teoritis37

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Tabel konversi daya optis Watt menjadi dBm.....	13
Tabel 4.1 Nilai daya keluaran dan standar deviasi pada serat optik SMS sebelum dilapisi resin	26
Tabel 4.2 Karakteristik sensor alkohol berstruktur SMS tanpa resin	27
Tabel 4.3 Nilai daya keluaran dan standar deviasi pada serat optik SMS setelah dilapisi resin	29
Tabel 4.4 Karakteristik sensor alkohol berstruktur SMS dengan resin	30
Tabel 4.5 Nilai daya keluaran dan standar deviasi pada serat optik SMS pada larutan gula	35
Tabel 4.6 Karakteristik sensor alkohol berstruktur SMS pada larutan uji air gula	36

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alkohol adalah senyawa organik yang mengandung satu atau lebih gugus fungsi hidroksil (-OH). Salah satu jenis senyawa alkohol adalah etanol yang memiliki rumus kimia $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Etanol merupakan jenis alkohol yang dapat dimanfaatkan dalam industri farmasi, kosmetik, bahan bakar, makanan dan minuman. Selain membawa manfaat yang positif dalam berbagai proses industri, alkohol juga memiliki sisi lain yang berdampak negatif misalnya alkohol yang terkandung dalam minuman. Mengonsumsi minuman beralkohol menimbulkan dampak negatif antara lain dampak terhadap aktifitas, kondisi fisik, psikologis, dan terhadap hubungan sosial. Bagi kondisi fisik, mengonsumsi minuman beralkohol dapat menyebabkan gangguan otak dan kanker hati. Konsumsi minuman beralkohol juga membawa dampak negatif bagi lingkungan sekitarnya, karena efek dari konsumsi alkohol dapat meningkatkan resiko tindak kriminal dan kecelakaan dalam mengemudi. Berdasar keputusan kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia tentang ketentuan pokok pengawasan suplemen makanan, dilarang mengandung alkohol dengan kadar lebih dari 5% [1].

Oleh sebab itu, pengembangan sensor pendeteksi kandungan alkohol sangat penting bagi konsumen untuk memastikan keamanan dan kualitas produk. Metode konvensional seperti HPLC (*high performance liquid chromatography*), *gas chromatography*, *surface plasmon resonance*, dan distilasi telah banyak digunakan untuk menganalisis kandungan alkohol dalam makanan, namun penggunaan metode-metode tersebut membutuhkan waktu yang lama, membutuhkan operator yang terlatih, dan memakan biaya yang besar [2]. Sehingga diperlukan pengembangan metode alternatif untuk mendeteksi alkohol dalam makanan yang tidak membutuhkan waktu yang lama serta biaya yang terjangkau.

Penggunaan serat optik sebagai sensor memiliki kelebihan dibandingkan metode konvensional yaitu sensitivitas tinggi, tidak

terpegaruh interferensi medan elektromagnetik, mudah dioperasikan, *realtime*, dan fleksibel [3]. Terdapat beberapa modifikasi sensor serat optik, salah satunya serat optik berstruktur *singlemode-multimode-singlemode* (SMS) yang telah banyak digunakan sebagai sensor, misalnya sebagai sensor pergeseran [4], sensor kelembaban [5], dan sensor getaran [6]. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan struktur serat optik SMS memiliki keunggulan dibandingkan yang lain yaitu fabrikasinya mudah dan murah serta hasilnya memuaskan.

Sensor alkohol menggunakan serat optik berstruktur SMS sebelumnya pernah dilakukan, dari hasil eksperimen tersebut terbukti bahwa serat optik berstruktur SMS dapat dimanfaatkan sebagai sensor alkohol dalam larutan alkohol-air dengan konsentrasi alkohol yang rendah [7]. Dalam minuman beralkohol yang beredar di pasaran terdapat potensi kandungan senyawa lain selain air dan alkohol, misalnya gula, asam, dan alkali. Sehingga untuk mendeteksi kandungan alkohol dalam minuman yang beredar di pasaran diperlukan senyawa kimia lain yang hanya sensitif terhadap alkohol. Sebelumnya pernah dilakukan penelitian untuk mengetahui konsenstrasi alkohol dalam minuman beralkohol dengan menggunakan serat optik plastik yang dilapisi oleh resin novolac, dari hasil penelitian tersebut terbukti bahwa novolac sensitif terhadap alkohol dan respon tidak terpengaruh terhadap konsentrasi gula, garam, asam, maupun alkali [8]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan digunakan serat optik silika berstruktur SMS yang dilapisi dengan resin novolac sebagai sensor alkohol pada minuman.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan dalam tugas akhir ini adalah bagaimana merancang sensor alkohol berbasis serat optik berstruktur *singlemode-multimode-singlemode* (SMS) yang dilapisi resin novolac.

1.3 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah merancang sensor alkohol berbasis serat optik berstruktur *singlemode-multimode-singlemode* (SMS) yang dilapisi resin novolac.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis serat optik yang digunakan adalah *singlemode step index* dan *multimode step index coreless*.
2. Pelapis serat *multimode* adalah resin novolac yang diproduksi oleh PT Justus Kimiaraya.
3. Panjang gelombang sumber cahaya yang digunakan adalah 1550 nm.
4. Larutan uji adalah campuran larutan gula dan alkohol dengan konsentrasi gula 5 sampai 10 %w/w dan konsentrasi alkohol 0 sampai 10 %V/V.

1.5 Manfaat Penelitian

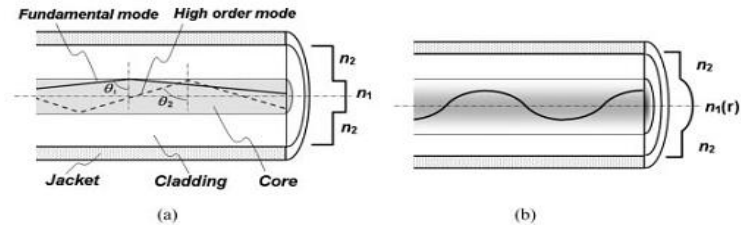
Penelitian tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu mengenai sensor alkohol pada minuman berbasis serat optik berstruktur SMS yang dilapisi resin novolac, agar dikemudian hari dapat diaplikasikan dalam dunia industri maupun perdagangan makanan dan minuman.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat Optik

Serat optik adalah suatu material seperti benang dengan potongan melintang berbentuk lingkaran yang memungkinkan terjadinya *total internal reflection* (TIR) di dalamnya untuk memandu gelombang cahaya [9].



Gambar 2. 1 Skema ilustrasi serat optik (a) serat optik step-index (b) serat optik graded-index [9]

Serat optik terdiri dari tiga bagian utama yaitu:

- *Core* atau inti adalah tempat terjadinya *total internal reflection* (TIR) yang biasanya terbuat dari silika dengan doping germanium oksida atau fosfor oksida dengan indeks bias sekitar 1,5 serta jari-jari 8-200 μm .
- *Cladding* atau selimut adalah pembungkus *core*, agar cahaya yang merambat keluar dari *core* terpantul kembali ke dalam *core*. Sehingga tidak ada pulsa yang hilang di perjalanan. Jari-jari *cladding* lebih besar dibandingkan *core* dan indeks biasnya lebih kecil dibandingkan *core*.
- *Jacket* adalah pelindung *core* dan *cladding* dari gangguan luar yang biasanya terbuat dari bahan plastik.

Berdasarkan hukum Snellius cahaya yang merambat di dalam *core* akan terpantul dengan sempurna atau terjadi TIR apabila indeks bias *core* (n_1) yang merupakan medium asal lebih besar dari indeks bias *cladding* (n_2) yang merupakan medium tujuan, namun jika sudut datang cahaya lebih kecil dari sudut kritis (θ_c) maka

cahaya akan dibiarkan keluar dari serat optik, sehingga sudut datang berkas cahaya harus lebih besar daripada sudut kritisnya agar cahaya dipantulkan kembali ke dalam serat optik [9]. Berdasarkan hukum Snellius sudut kritis ditentukan oleh indeks bias *core* dan *cladding* sebagai berikut [9].

$$\theta_c = \arcsin(n_2/n_1) \quad (2.1)$$

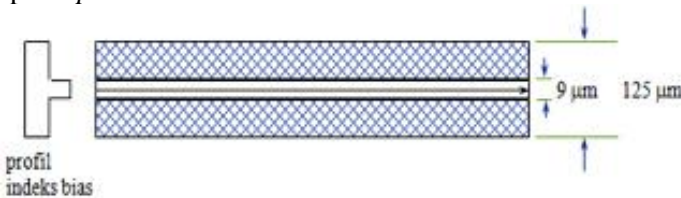
Angka sudut penerimaan berkas cahaya maksimal serat optik direpresentasikan oleh NA (*numerical aperture*) yang nilainya kurang dari 1, dengan persamaan matematis sebagai berikut [9].

$$NA = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} = n_1\sqrt{2\Delta} \quad (2.2)$$

Dimana Δ adalah perbedaan indeks *core-cladding* yang nilainya sebanding dengan persamaan berikut.

$$\Delta = 1 - \frac{n_2}{n_1} \quad (2.3)$$

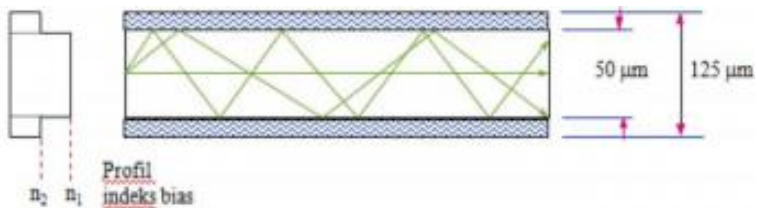
Serat optik dibedakan menjadi dua macam berdasarkan moda yang dirambatkan, yaitu *singlemode* dan *multimode*. Sedang, berdasarkan tipe perambatan sinar pada *core* serat optik dibagi menjadi dua yaitu *step index* dan *graded index*. Serat optik *singlemode* (SMF) memiliki diameter *core* yang sangat kecil jika dibandingkan dengan ukuran *cladding*. Cahaya yang merambat di dalam SMF ini hanya satu moda saja yang sejajar dengan sumbu serat optik. SMF memiliki redaman yang sangat kecil, *bandwidth* yang lebar dibandingkan serat optik *multimode* [10]. Serat optik *singlemode* di bawah ini sinar yang merambat di dalam *core*-nya bertipe *step index*.



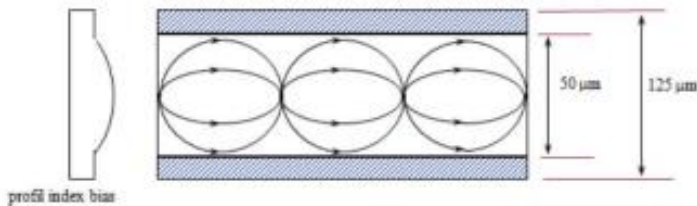
Gambar 2. 2 Serat optik singlemode step index [11]

Serat optik *multimode* (MMF) memiliki diameter *core* yang lebih besar dibandingkan dengan serat optik *singlemode*. Cahaya yang merambat di dalam MMF terdiri dari banyak moda.

Moda-moda yang merambat di dalam MMF ini memiliki kecepatan yang berbeda-beda yang menghasilkan variasi *travel times*, sehingga pulsa cahaya mengalami pelebaran setelah melewati serat optik, efek pelebaran pulsa ini disebut *modal dispersion* [11]. MMF ini dimanfaatkan sebagai transmisi data dengan kecepatan rendah dan jarak dekat. Berikut adalah skema perambatan cahaya pada serat optik *multimode step index* dan *multimode graded index*.



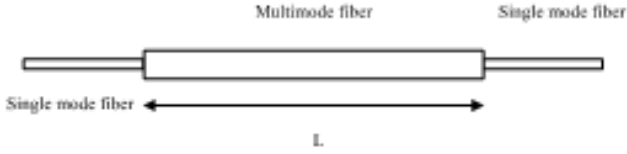
Gambar 2. 3 Serat optik multimode step index [11]



Gambar 2. 4 Serat optik multimode graded index [11]

2.2 Serat Optik Berstruktur *Singlemode-Multimode-Singlemode* (SMS)

Serat optik berstruktur *singlemode-multimode-singlemode* atau SMS terdiri dari dua buah serat optik *singlemode* dan sebuah serat optik *multimode* yang disambungkan secara aksial dengan urutan serat optik *singlemode* kemudian *multimode* lalu *singlemode*. Serat optik *multimode* yang digunakan adalah jenis *step index coreless* dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan indeks bias lingkungan.



Gambar 2. 5 Skema struktur serat optik SMS [12]

Pada serat *singlemode* yang pertama medan moda fundamental yang merambat dapat ditulis dengan persamaan berikut [12]

$$\psi_s(r) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{1}{w_s} e^{(-r^2/w_s^2)} \quad (2.4)$$

dimana w_s adalah *Gaussian spot size* dari moda. *Gaussian spot size singlemode* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [12]

$$\frac{w_s}{a_s} = \left[0,65 + \frac{1,619}{v_s^3} + \frac{2,879}{v_s^2} \right] \quad 0,8 \leq V_s \leq 2,5 \quad (2.5)$$

dengan a_s adalah jari-jari *core* dan v_s adalah V -*number* yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan

$$V = \frac{2\pi a_s}{\lambda} NA \quad (2.6)$$

dimana λ adalah panjang gelombang, dan NA adalah *numerical aperture*.

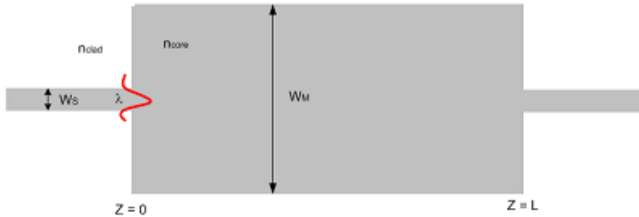
Sambungan serat optik *singlemode* dan *multimode* diasumsikan tersambung secara sempurna, maka daya *output* pada sambungan *lead-out* adalah eksitasi beberapa moda sirkular simetri yang pertama [13]. Pada serat *multimode step index* medan moda fundamental yang merambat dapat ditulis dengan persamaan berikut [13].

$$\psi_m = \begin{cases} \frac{A}{J_0(U_m)} J_0\left(\frac{U_m r}{a_M}\right); r < a_M \\ \frac{A}{K_0(W_m)} J_0\left(\frac{W_m r}{a_M}\right); r > a_M \end{cases} \quad (2.7)$$

dengan $U_m = a_M (k_0^2 n_0^2 - \beta_m^2)^{1/2}$; $W_m = a_M (\beta_m^2 - k_0^2 n_{cl}^2)^{1/2}$

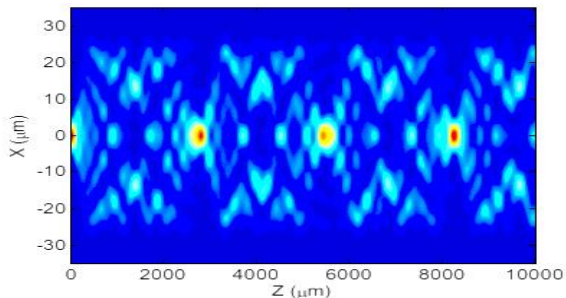
Daya keluaran pada sambungan *lead-out* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut [13]

$$P_{SM} = \left| a_1^2 + a_2^2 e^{i(\beta_1 - \beta_2)L} + a_3^2 e^{2i(\beta_1 - \beta_2)L} + \dots \right|^2 \quad (2.8)$$



Gambar 2. 6 Skema pandu gelombang serat optik SMS [14]

Secara fisis, pada sambungan serat optik hetero-struktur akan mengalami fenomena interferensi *multimode* atau *multimode interference* (MMI) dan *self imaging* [15]. MMI sendiri adalah fenomena yang terjadi akibat adanya pemantulan cahaya secara berulang di dalam susunan *core* dan *cladding* pandu gelombang. Prinsip kerja divais MMI adalah berdasarkan fenomena *self-imaging*. *Self-imaging* dapat didefinisikan sebagai sifat dari pandu gelombang *multimode*, dimana profil medan input dihasilkan kembali dalam bentuk *single image* atau *multiple image* dari medan input *singlemode* pada interval periode sepanjang arah rambatan dari pandu gelombang [14].



Gambar 2. 7 Fenomena *self-imaging* pada serat optik SMS [14]

Self-imaging dapat terjadi karena adanya interferensi konstruktif pada moda-moda yang merambat di serat optik *multimode*. Interferensi dapat terjadi karena moda-moda tersebut merambat dengan kecepatan fasa yang berbeda-beda. Fenomena *self-imaging* di dalam pandu gelombang *multimode* dapat dijelaskan dengan menggunakan MPA (*modal propagation analysis*) [14]. Jarak *self-imaging* (L_z) dapat ditentukan dari dua konstanta propagasi pertama (β_0 dan β_1) dari serat *multimode* (MMF) seperti persamaan berikut [16].

$$L_z = 10 \frac{\pi}{(\beta_0 - \beta_1)} \quad (2.9)$$

2.3 Alkohol

Alkohol adalah senyawa organik yang mengandung satu atau lebih gugus fungsi hidroksil (-OH), yang terbentuk dari hidrokarbon-hidrokarbon akibat pertukaran satu atau lebih gugus hidroksil dengan atom-atom hidrogen dalam jumlah yang sama. Alkohol adalah cairan yang mudah menguap, dapat diperoleh melalui proses fermentasi karbohidrat tertentu. Alkohol berperan sebagai depresan sistem syaraf pusat, diuretik, dan disinfektan. Alkohol adalah nama lazim untuk alkanol. Alkanol sendiri memiliki beberapa jenis senyawa diantaranya metanol, etanol, propanol, dan butanol [17]. Alkohol sering digunakan untuk menyebut senyawa etanol yang juga disebut *grain alcohol* dan kadang untuk minuman yang mengandung alkohol. Hal ini disebabkan etanol adalah bahan dasar yang digunakan untuk minuman beralkohol.

Etanol yang memiliki rumus kimia $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ banyak digunakan sebagai pelarut dan bahan pengawet dalam industri farmasi dan juga sebagai komposisi dalam minuman beralkohol. Secara umum etanol banyak digunakan sebagai pelarut zat kimia yang akan digunakan untuk kontak dengan manusia atau dikonsumsi, seperti pengharum, perasa, pewarna, dan obat-obatan. Etanol memiliki efek depresif pada sistem syaraf pusat dan karena efek psikoaktifnya digolongkan sebagai obat-obatan

Minuman beralkohol adalah minuman yang mengandung etanol, apabila dikonsumsi secara berlebihan dan terus menerus

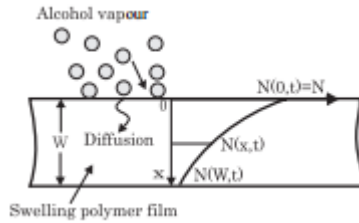
dapat merugikan dan membahayakan jasmani, rohani maupun bagi perilaku dan cara berpikir, kejiwaan, sehingga akibat lebih lanjut akan mempengaruhi kehidupan keluarga dan hubungan masyarakat sekitarnya.

2.4 Resin Novolac

Resin adalah suatu bahan kimia yang berwujud cairan kental. Penggunaan resin didampingi oleh katalis tertentu. Katalis ini berfungsi mempercepat pengerasan resin. Semakin banyak katalis yang digunakan, maka semakin cepat resin akan mengeras. Resin novolac adalah jenis phenolic resin yang memiliki sifat thermoset. Thermoset merupakan salah satu sifat material berdasarkan sifat termalnya. Resin novolac yang bersifat thermoset ini menyebabkan resin tidak dapat melunak kembali jika dipanaskan ulang, melainkan akan terdegradasi menjadi arang. Resin novolac atau resin phenol-formaldehide terbentuk akibat reaksi katalis asam dari formaldehide dan phenol dengan rasio antara 0.5:1 sampai 0.9:1 [18]. Resin novolac memiliki indeks bias 1.6 pada panjang gelombang 530 nm [19].

2.5 Prinsip Pengukuran Konsentrasi Alkohol Berbasis Serat Optik SMS

Pada rancang bangun sensor serat optik ini terdapat bagian *cladding* yang diganti dan memanfaatkan medium yang melingkupi inti serat. Pada sensor serat optik berbasis SMS yang akan digunakan untuk mendeteksi adanya kandungan alkohol dalam cairan ini, bagian serat *multimode* akan dilapisi oleh resin novolac sebagai *modified cladding*. Saat serat optik yang dilapisi resin novolac ini dikenai larutan yang mengandung alkohol, akan terjadi proses difusi [19]



Gambar 2. 8 Proses difusi alkohol ke dalam resin novolac [19]

$$\frac{\partial N(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 N(x,t)}{\partial x^2} \quad (2.10)$$

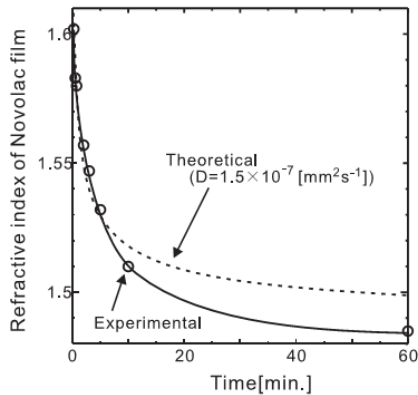
dimana D adalah koefisien difusi dan $N(x,t)$ adalah konsentrasi alkohol pada posisi x dari permukaan dan pada saat t

Diasumsikan kondisi awal dari $N(x, 0) = 0$ dan $N(0, t) = N_0$ maka

$$N(x, t) = N_0 \left(1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{Dt}}} e^{-\omega^2} d\omega \right) \quad (2.11)$$

Penurunan massa jenis polimer dengan peningkatan $N(x, t)$ maka indeks bias pada x dan t , $n(x, t)$ dapat diketahui dengan persamaan berikut [19]

$$n(x, t) = \frac{n_0 n_\infty(N_0)}{(n_0 - n_\infty(N_0))N(x,t) + n_\infty(N_0)} \quad (2.12)$$



Gambar 2. 9 Perubahan indeks bias resin novolac saat terpapar alkohol [19].

Adanya difusi menyebabkan lapisan *cladding* membengkak dan indeks bias resin novolac berubah. Perubahan indeks bias novolac sebagai *modified cladding* menyebabkan perubahan rambatan moda-moda dalam serat optik. Sehingga daya keluaran serat optik dipengaruhi oleh konsentrasi alkohol.

2.6 Daya dalam Serat Optik

Daya pada umumnya dinyatakan dalam satuan Watt. Sedangkan pada serat optik daya dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Desibel adalah sebuah satuan yang digunakan untuk menyatakan nilai selisih relatif dari daya sinyal masukan dan keluaran atau disebut dengan rugi daya optis [20].

$$dB = 10 \log \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \quad (2.13)$$

Daya optis dalam sistem serat optik dapat dinyatakan dalam dBm (desibel miliwatt) yang diasumsikan daya masukan sebesar 1 miliwatt [21]. Daya optis yang dimaksud adalah daya yang dihasilkan oleh sumber cahaya dan daya yang terukur setelah melewati perangkat optis dalam sistem.

$$dBm = 10 \log \left(\frac{P_{(in \text{ mW})}}{1 \text{ mW}} \right) \quad (2.14)$$

Nilai konversi daya optis watt menjadi dBm dapat ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Tabel konversi daya optis Watt menjadi dBm

Daya (Watt)	Daya (dBm)
1 W	+30 dBm
100 mW	+20 dBm
10 mW	+10 dBm
5 mW	+7 dBm
2 mW	+3 dBm
1 mW	0 dBm
500 μ W	-3 dBm
200 μ W	-7 dBm
100 μ W	-10 dBm
50 μ W	-13 dBm

10 μW	-20 dBm
5 μW	-23 dBm
1 μW	-30 dBm
500 nW	-33 dBm
100 nW	-40 dBm

2.7 Sensor

Sensor adalah elemen pertama yang memberikan sinyal keluaran sebagai fungsi dari masukan besaran fisis tertentu. Secara umum sistem pengukuran terdiri dari empat komponen utama yaitu sensor, pengkondisian sinyal, pemrosesan sinyal, dan *display* dengan diagram blok sebagai berikut [22].



Berikut ini adalah beberapa nilai karakteristik statik sebagai tolak ukur performansi dalam sistem pengukuran [22].

a) *Range*

Range masukan (input) dari sensor ditentukan oleh nilai minimum dan maksimum dari input (I_{MIN} sampai I_{MAX}), sedangkan *range* keluaran (output) ditentukan oleh nilai maksimum dan minimum dari output (O_{MIN} sampai O_{MAX}).

b) *Span*

Span adalah variasi maksimum dari input atau output. Besar nilai *span* dapat dihitung dari selisih nilai maksimum dengan nilai minimum. Jadi *span* input $I_{\text{MAX}} - I_{\text{MIN}}$ dan *span* output $O_{\text{MAX}} - O_{\text{MIN}}$.

c) Linearitas

Linearitas adalah hubungan antara nilai input dan output sensor yang ideal, jika digambarkan dalam grafik maka akan terbentuk garis lurus, dengan persamaan berikut.

$$O - O_{\text{MIN}} = \left[\frac{O_{\text{MAX}} - O_{\text{MIN}}}{I_{\text{MAX}} - I_{\text{MIN}}} \right] (I - I_{\text{MIN}}) \quad (2.15)$$

d) Non-linearitas

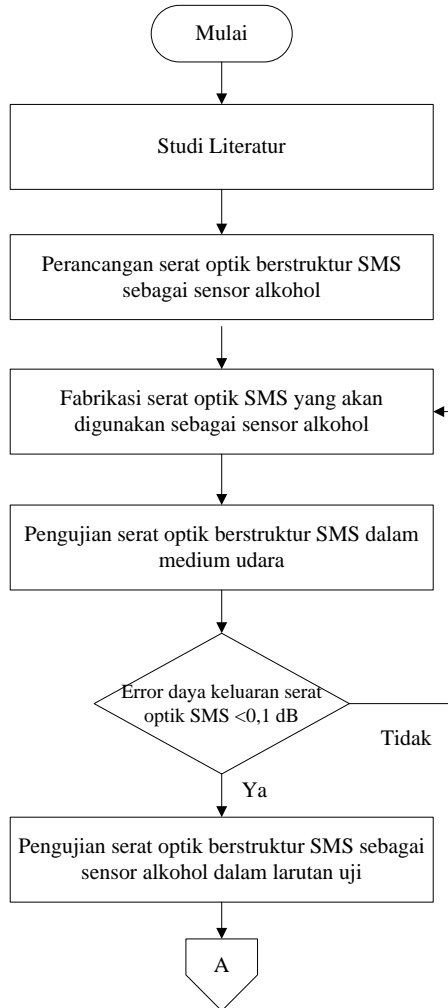
Non-linearitas adalah perbedaan antara garis aktual yang terbentuk dengan garis linear atau idealnya.

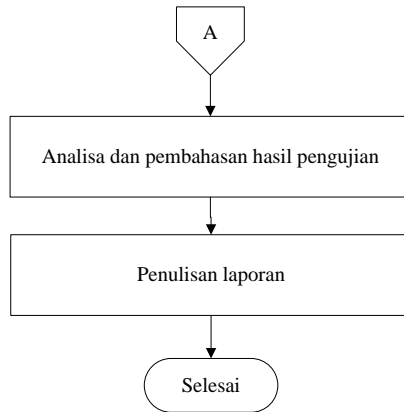
- e) Sensitivitas
Sensitivitas adalah perubahan output sensor (ΔO) untuk setiap perubahan input sensor (ΔI) yang dinyatakan dalam rasio $\Delta O/\Delta I$.
- f) Resolusi
Resolusi adalah perubahan input terbesar yang dapat terjadi tanpa adanya perubahan output.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai prosedur pengerjaan tugas akhir. Secara garis besar prosedur ini dapat digambarkan pada diagram alir atau flowchart berikut ini.





Gambar 3. 1 Diagram alir tugas akhir

3.1 Studi Literatur

Tahapan paling awal adalah studi literatur untuk menunjang keberhasilan penelitian yang akan dilakukan. Dalam tahap ini dilakukan studi literatur mengenai karakteristik sensor, serat optik secara umum, struktur serat optik *singlemode-multimode-singlemode*, serat optik sebagai sensor alkohol, alkohol, dan resin novolac.

3.2 Perancangan Serat Optik SMS sebagai Sensor Alkohol

Pada tahap perancangan serat optik berstruktur SMS sebagai sensor alkohol ini, ditentukan jenis dan ukuran *core* serta *cladding* serat optik yang akan digunakan, baik serat *multimode* maupun *singlemode*. Serat optik *singlemode* yang akan digunakan adalah jenis SMF pigtail *step-index* dan serat optik *multimode* jenis MMF *coreless step-index*. Panjang serat *multimode* divariasikan dengan panjang 10 mm dan 40 mm pada panjang gelombang sumber cahaya 1550 nm. Pemilihan variasi panjang serat *multimode* dan panjang gelombang sumber cahaya ini berkaitan dengan penelitian sebelumnya pada [7]. Pada penelitian tersebut panjang serat *multimode* 10 mm dan 40 mm dengan panjang gelombang 1550 nm memiliki respon daya output yang mencolok dan sensitivitas yang

tinggi dibandingkan dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm.

3.3 Pembuatan Serat Optik SMS

Tahap pembuatan serat optik SMS ini diperlukan alat dan bahan sebagai berikut.

- Serat optik *singlemode*
- Serat optik *multimode*
- Alkohol 90%
- *Fusion splicer* tipe ZIC Sumitomo Electric
- *Fiber cleaver*
- *Fiber stripper*
- *Optical power meter*
- *Optical power source*

Setelah alat dan bahan siap, pembuatan serat optik SMS dapat dilakukan dengan tahapan-tahapan seperti berikut.

1. Jacket serat optik *singlemode* dikupas dengan bantuan *fiber stripper*.
2. Bekas kupasan jacket dibersihkan dengan kapas yang telah diberi alkohol.
3. Bagian serat optik yang sudah dikupas dipotong dengan *fiber cleaver*.
4. Serat optik yang telah dipotong, diletakkan di *fusion splicer* untuk terlebih dahulu dicek apakah penampang serat optik ada yang rusak, jika ada yang rusak maka prosedur 1-3 diulangi kembali, jika tidak maka dapat dilakukan prosedur selanjutnya.
5. Prosedur yang sama dilakukan pada serat optik *multimode*.
6. Serat optik *singlemode* dan *multimode* yang telah terletak di *fusion splicer* disambungkan.
7. Setelah penyambungan pertama berhasil, dilakukan penyambungan kedua pada ujung serat optik *multimode* dengan serat optik *singlemode* yang lain dengan tahapan yang sama dengan prosedur 1-6.

3.4 Pelapisan Serat Optik Multimode

Pada tahap ini serat optik *multimode* yang berperan sebagai daerah *sensing* dilapisi dengan resin novolac dari PT Justus Kimiaraya. Resin novolac dibuat dengan mencampurkan 100 gram epoxy H-600; 0,6 gram promotor P-EX; dan 2 gram katalis Mekpo [23]. Pelapisan menggunakan teknik *dip coating*.

3.5 Pengujian Serat Optik SMS sebagai Sensor Alkohol

Pengujian serat optik berstruktur SMS ini dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut ini:

1. Serat optik berstruktur SMS yang telah tersambung dengan baik diuji pada larutan alkohol dan akuades dengan variasi konsentrasi 0 sampai 10 % V/V dengan interval 2,5 % V/V. Konsentrasi alkohol didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\% \frac{v}{v} = \frac{V_1}{(V_1+V_2)} \times Y\% \quad (10.1)$$

Dengan V_1 adalah volume alkohol, V_2 adalah volume pelarut yaitu akuades dan $Y\%$ adalah konsentrasi alkohol yang digunakan.

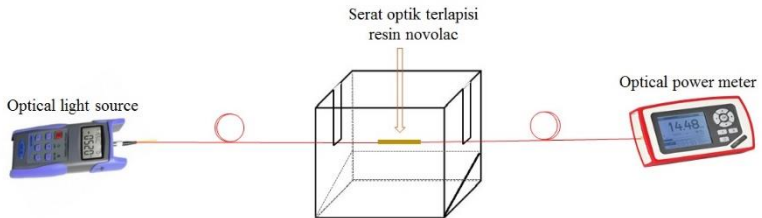
2. Kemudian dilakukan uji menggunakan larutan air gula dan alkohol dengan konsentrasi gula 5 dan 10 % w/w. Masing-masing konsentrasi gula dicampur dengan alkohol konsentrasi 0 sampai 10 % V/V dengan interval 2,5 % V/V. Konsentrasi gula didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\% \frac{w}{w} = \frac{w_1}{w_1+w_2} \times 100\% \quad (10.2)$$

Dengan w_1 adalah berat gula dan w_2 adalah berat pelarut yaitu akuades. Dalam hal ini pelarutnya adalah akuades.

3. Pengujian dilakukan dengan mencelupkan serat optik SMS ke dalam larutan yang kedua ujungnya masing-masing disambungkan dengan *optical power meter* dan *optical light source* pada panjang gelombang 1550 nm dan daya sumber cahaya -6dBm selama 1200 detik.
4. Setelah pengambilan data dilakukan, serat optik dicuci menggunakan akuades dengan cara direndam selama 1200 detik. Hal ini dilakukan setiap kali saat akan ganti larutan uji.

5. Data yang diambil berupa daya keluaran sensor (dBm) berdasarkan variasi konsentrasi alkohol.



Gambar 3. 2 Set-up pengujian

6. Konsentrasi alkohol pada sampel uji divalidasi menggunakan alkoholmeter dan refraktometer.

3.6 Analisa dan Pembahasan Hasil Pengujian

Pada tahap ini akan dilakukan analisa mengenai hasil perancangan sensor alkohol dengan serat optik berstruktur SMS. Analisa tersebut meliputi pengaruh konsentrasi alkohol terhadap daya keluaran dan karakteristik statik sensor yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian.

3.7 Penulisan Laporan

Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah penulisan laporan. Laporan ini berisi rangkaian kegiatan yang dilakukan selama proses penelitian dan sebagai bentuk tanggung jawab dari penulis.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Hasil akhir dari penelitian ini adalah untuk mengetahui respon daya keluaran serat optik yang telah dilapisi resin novolac terhadap penambahan konsentrasi alkohol. Adapun hasil penelitian yang diperoleh meliputi:

- a. Proses sensing sensor alkohol berbasis serat optik SMS yang dilapisi resin novolac.

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai proses sensor alkohol serat optik SMS dalam mendeteksi alkohol dalam larutan uji.

- b. Hasil pengujian sensor alkohol berbasis serat optik SMS dengan larutan uji alkohol+akuades.

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengujian sensor alkohol berbasis serat optik SMS sebelum dilapisi resin novolac dengan larutan uji berupa campuran alkohol dan akuades. Pengujian ini dilakukan pada rentang konsentrasi alkohol 0-10 % V/V dengan interval 2,5 % V/V.

- c. Hasil pengujian sensor alkohol berbasis serat optik SMS yang dilapisi resin dengan larutan uji alkohol+akuades.

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengujian sensor alkohol berbasis serat optik SMS yang telah dilapisi resin novolac dengan larutan uji berupa campuran alkohol dan akuades. Pengujian ini dilakukan pada rentang konsentrasi alkohol 0-10 % V/V dengan interval 2,5 % V/V

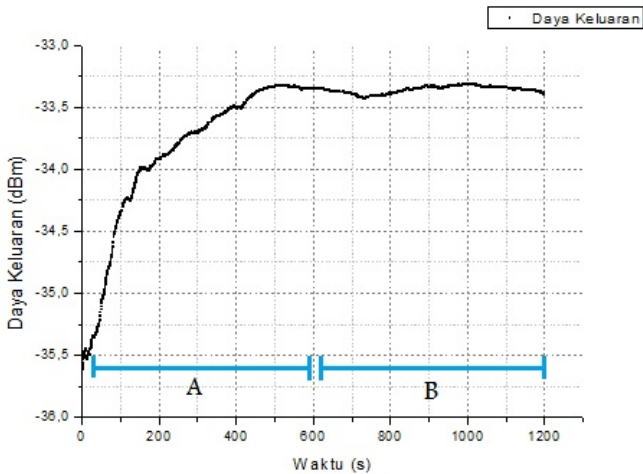
- d. Hasil pengujian sensor alkohol berbasis serat optik SMS yang dilapisi resin dengan larutan uji air gula+alkohol.

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengujian sensor alkohol berbasis serat optik SMS yang telah dilapisi resin novolac dengan larutan uji berupa campuran air gula dan alkohol. Pengujian ini dilakukan pada air gula dengan konsentrasi 5 dan 10 % w/w, yang

masing-masing dicampur alkohol dengan konsentrasi 0-10 % V/V dengan interval 2,5% V/V.

4.1 Proses Sensing Sensor Alkohol Berbasis Serat Optik SMS yang Dilapisi Resin Novolac

Pada sensor alkohol berbasis serat optik berstruktur SMS yang telah dilapisi resin novolac, sensor tidak dapat langsung seketika mendeteksi alkohol yang terdapat dalam larutan uji. Sensor membutuhkan waktu untuk alkohol berdifusi ke dalam resin novolac.



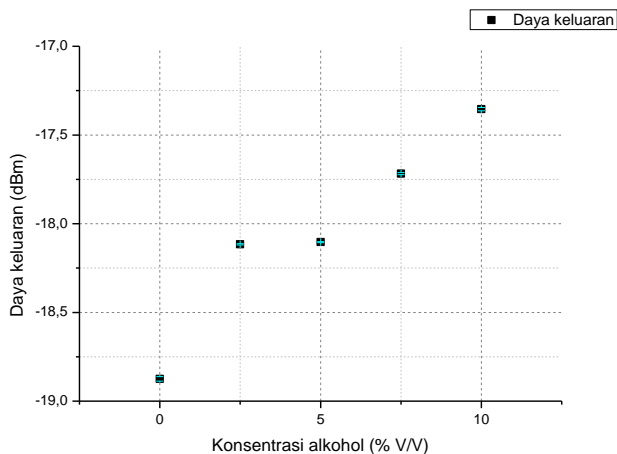
Gambar 4. 1 Respon daya keluaran terhadap waktu

Gambar 4.1 adalah salah satu grafik daya keluaran terhadap waktu pada konsentrasi alkohol tertentu. Pengujian sensor alkohol berbasis serat optik SMS dilakukan selama 1200 detik. Sepanjang garis A terjadi proses difusi alkohol ke dalam resin novolac. Adanya difusi menyebabkan pembengkakan pada resin novolac dan indeks bias resin novolac akan berubah. Sepanjang proses difusi terjadi perubahan daya keluaran yang signifikan. Hal ini disebabkan perubahan indeks bias resin novolac yang berperan sebagai *modified cladding*, sehingga terjadi perubahan rambatan

moda-moda dalam serat optik. Kemudian sepanjang garis B menunjukkan proses difusi telah selesai, dapat diketahui dari perubahan daya keluaran yang tidak signifikan.

4.2 Hasil Pengujian Sensor Alkohol Berbasis Serat Optik SMS Tanpa Resin dengan Larutan Uji Alkohol+Akuades

Pada tahap awal pengujian sensor alkohol digunakan struktur serat optik SMS sebelum dilapisi resin novolac. Pengujian dilakukan menggunakan larutan uji berupa campuran akuades dan alkohol konsentrasi 0 sampai 10 % V/V dengan interval 2,5 % V/V. Pengujian dilakukan pada serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode* 10 mm. Berikut ini adalah grafik respon daya keluaran serat optik terhadap konsentrasi alkohol.



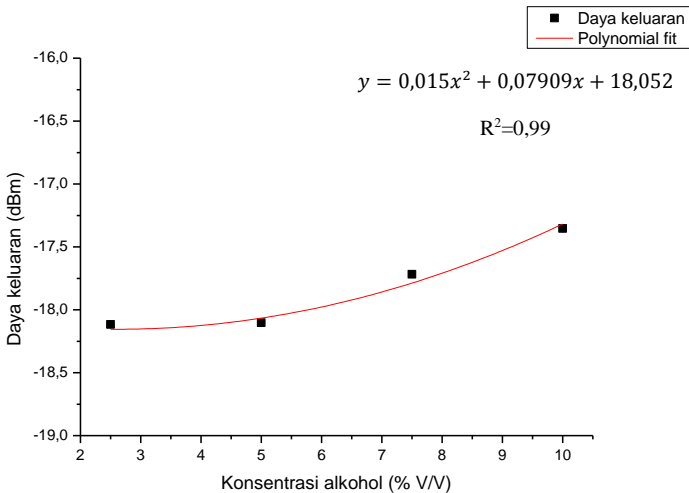
Gambar 4. 2 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi pada serat optik SMS sebelum dilapisi resin

Gambar 4.2 menunjukkan profil daya keluaran serat optik SMS terhadap penambahan konsentrasi alkohol yang menunjukkan bahwa setiap penambahan konsentrasi alkohol daya keluaran serat optik SMS yang dihasilkan semakin besar.

Tabel 4. 1 Nilai daya keluaran dan standar deviasi pada serat optik SMS sebelum dilapisi resin

Konsentrasi alkohol (% V/V)	Daya keluaran (dBm)	Standar deviasi
0	-18,8744	0,0126
2,5	-18,1164	0,0035
5	-18,1036	0,0031
7,5	-17,7182	0,0057
10	-17,3539	0,0093

Perubahan daya keluaran serat optik SMS disebabkan adanya perubahan indeks bias lingkungan. Indeks bias lingkungan yang dimaksud adalah indeks bias larutan alkohol dan akuades dengan konsentrasi 0 sampai 10 % V/V. Serat optik SMS ini menggunakan serat optik *multimode* jenis *step index coreless*, sehingga perubahan indeks bias lingkungan dapat mempengaruhi daya keluaran karena lingkungan berperan sebagai *modified cladding*.



Gambar 4. 3 Grafik pendekatan error pada serat optik SMS sebelum dilapisi resin

Gambar 4.3 adalah grafik pendekatan error respon daya keluaran terhadap konsentrasi alkohol pada serat optik SMS sebelum dilapisi resin yang menunjukkan hubungan nonlinear yaitu polinomial. Hubungan nonlinear ini diperoleh pada konsentrasi alkohol 2,5 sampai 10 % V/V. Pada grafik tersebut diperoleh persamaan polinomial yaitu $y = 0,015x^2 + 0,07909x + 18,052$ dengan nilai R^2 sebesar 0,99.

Tabel 4. 2 Karakteristik sensor alkohol berstruktur SMS tanpa resin

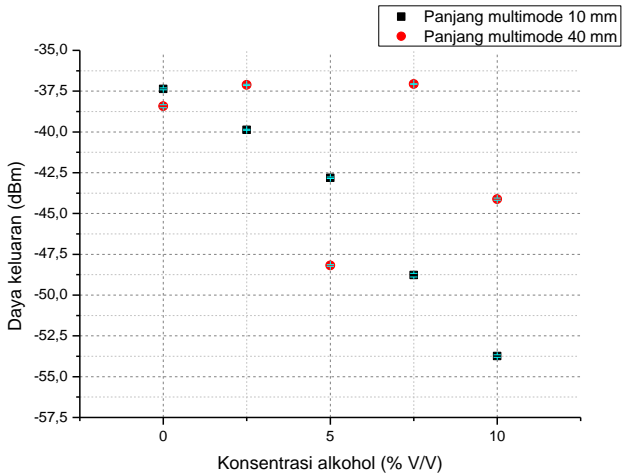
Karakteristik statik		Panjang multimode (mm)
		10
Range	Input (% V/V)	0-10
	Output (dBm)	-18,8744 s.d. -17,3539
Span	Input (% V/V)	10
	Output (dBm)	1,5205
Sensitivitas (dBm per % V/V)		0,079
R^2		0,924

Berdasarkan pengujian sensor alkohol berbasis serat optik SMS sebelum dilapisi resin memiliki nilai R^2 yang cukup baik yaitu 0,924 nilai tersebut mendekati nilai 1. Sedangkan sensitivitasnya tidak cukup baik yaitu 0,079 dBm per % V/V.

4.3 Hasil Pengujian Sensor Alkohol Berbasis Serat Optik SMS yang Dilapisi Resin dengan Larutan Uji Alkohol+Akuades

Pengujian serat optik SMS yang telah dilapisi resin novolac dilakukan menggunakan larutan uji berupa campuran akuades dan alkohol konsentrasi 0 sampai 10 % V/V dengan interval 2,5 % V/V. Pengujian dilakukan pada serat optik SMS dengan panjang serat

optik *multimode* 10 mm dan 40 mm. Serat *multimode* dilapisi resin novolac dengan metode pelapisan *dip coating*. Berikut ini adalah respon daya keluaran serat optik terhadap konsentrasi alkohol.



Gambar 4. 4 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi pada serat optik SMS setelah dilapisi resin

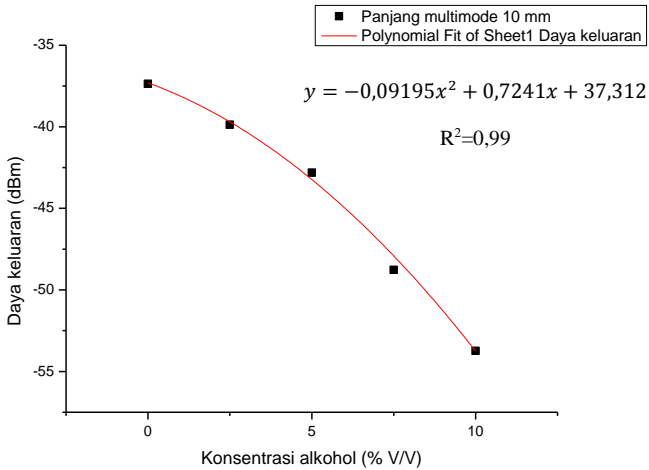
Gambar 4.4 menunjukkan profil daya keluaran serat optik SMS terhadap penambahan konsentrasi alkohol mulai 0 sampai 10 % V/V pada panjang serat *multimode* 10 dan 40 mm. Sensor serat optik SMS dengan panjang *multimode* 10 mm diperoleh respon yang baik pada konsentrasi alkohol 0 sampai 10 % V/V. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi alkohol maka daya keluaran serat optik SMS semakin kecil. Sedangkan pada sensor serat optik SMS dengan panjang *multimode* 40 mm diperoleh respon yang kurang baik. Daya keluaran mengalami kenaikan pada range konsentrasi alkohol 0-2,5 % V/V dan 5-7,5 % V/V, kemudian daya keluaran mengalami penurunan pada range konsentrasi alkohol 2,5-5 % V/V dan 7,5-10 % V/V.

Tabel 4. 3 Nilai daya keluaran dan standar deviasi pada serat optik SMS setelah dilapisi resin

Konsentrasi alkohol (% V/V)	Panjang <i>multimode</i> (mm)			
	10		40	
	Daya keluaran (dBm)	Standar deviasi	Daya keluaran (dBm)	Standar deviasi
0	-37,3616	0,0601	-38,4243	0,0901
2,5	-39,8683	0,0284	-37,1168	0,0390
5	-42,8081	0,0444	-48,1871	0,0519
7,5	-48,7776	0,1079	-37,0596	0,0134
10	-53,7398	0,0816	-44,1221	0,0669

Perubahan daya keluaran serat optik SMS yang terjadi disebabkan adanya perubahan indeks bias *modified cladding* serat *multimode coreless*. *Modified cladding* yang dimaksud adalah resin novolac. Adanya kandungan alkohol dalam larutan uji menyebabkan indeks bias resin novolac berubah karena saat resin novolac terpapar larutan yang mengandung alkohol akan terjadi proses difusi. Proses difusi menyebabkan pembengkakan pada resin novolac dan indeks biasanya berubah. Sehingga perambatan moda-moda dalam serat optik akan berubah dan menyebabkan perubahan pada daya keluaran.

Gambar 4.5 adalah grafik pendekatan error respon daya keluaran serat optik SMS setelah dilapisi resin dengan konsentrasi alkohol. Pada grafik tersebut menunjukkan hubungan nonlinear antara daya keluaran serat optik SMS dengan panjang *multimode* 10 mm terhadap perubahan konsentrasi alkohol. Diperoleh persamaan polinomial yaitu $y = -0,09195x^2 + 0,7241x + 37,312$ dengan nilai R^2 sebesar 0,99.



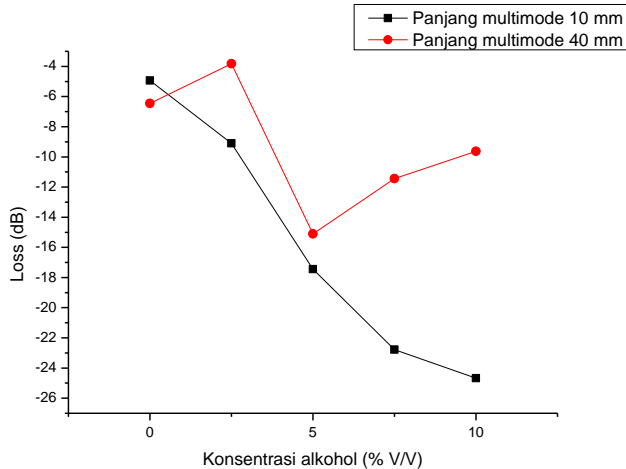
Gambar 4. 5 Grafik pendekatan error pada serat optik SMS setelah dilapisi resin

Tabel 4. 4 Karakteristik sensor alkohol berstruktur SMS dengan resin

Karakteristik statik		Panjang multimode (mm)	
		10	40
Range	Input (% V/V)	0-10	0-10
	Output (dBm)	-53,7398 s.d. -37,3616	-48,1871 s.d. -37,0596
Span	Input (% V/V)	10	10
	Output (dBm)	16,3782	11,1275
Sensitivitas (dBm per % V/V)		1,78	0,0114
R ²		0,9702	0,1303

Berdasarkan pengujian sensor alkohol berbasis serat optik SMS setelah dilapisi resin memiliki nilai R² yang cukup baik pada panjang *mutimode* 10 mm yaitu 0,9702 nilai tersebut mendekati nilai 1. Sedangkan sensitivitas tertinggi adalah 1,78 dBm per

%V/V pada panjang serat *multimode* 10 mm. Nilai sensitivitas sensor alkohol serat optik SMS yang telah dilapisi resin novolac lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai sensitivitas sensor alkohol serat optik SMS sebelum dilapisi resin novolac.



Gambar 4. 6 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi pada serat optik SMS setelah dilapisi resin secara teoritis

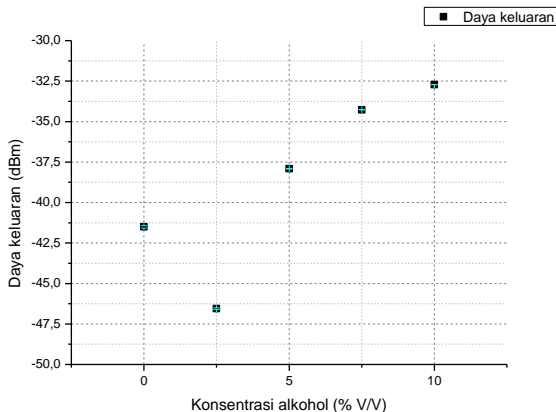
Berdasarkan teori pada persamaan (2.4) sampai (2.12) diperoleh besarnya loss daya serat optik SMS yang telah dilapisi resin novolac terhadap penambahan konsentrasi alkohol yang ditunjukkan oleh Gambar 4.6. Hasil yang diperoleh secara teoritis memiliki kesamaan trend grafik dengan hasil yang diperoleh secara eksperimen. Pada panjang *multimode* 10 mm semakin besar konsentrasi alkohol, loss daya serat optik semakin besar. Hal ini berarti terjadi pergeseran pola interferensi dalam serat *multimode*, dimana titik *self imaging* semakin menjauhi *lead out* saat konsentrasi alkohol bertambah. Sedangkan pada panjang serat *multimode* 40 mm loss daya serat optik fluktuatif terhadap penambahan konsentrasi alkohol.

4.4 Hasil Pengujian Sensor Alkohol Berbasis Serat Optik SMS yang Dilapisi Resin dengan Larutan Uji Air Gula+Alkohol

Pengujian sensor alkohol serat optik SMS dilakukan pada larutan uji campuran air gula dan alkohol karena konsentrasi alkohol disini dapat dikontrol dan divalidasi. Pengujian dilakukan menggunakan larutan uji berupa campuran air gula dan alkohol konsentrasi 0 sampai 10 % V/V dengan interval 2,5 % V/V. Selain digunakan variasi konsentrasi alkohol, dilakukan pula variasi konsentrasi larutan gula yaitu 5 dan 10 % w/w. Pengujian dilakukan pada serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode* 10 mm saja, karena pada pengujian yang telah dilakukan sebelumnya nilai sensitivitas sensor alkohol serat optik SMS dengan panjang *multimode* 10 mm lebih tinggi dibandingkan dengan panjang *multimode* 40 mm. Serat *multimode* dilapisi resin novolac dengan metode pelapisan *dip coating*.

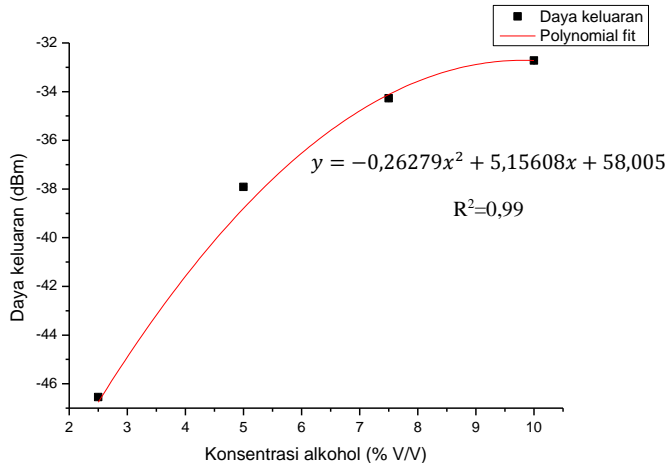
4.4.1 Larutan Uji Air Gula 5 %w/w

Berikut ini adalah respon daya keluaran serat optik terhadap konsentrasi alkohol dengan konsentrasi larutan gula 5 % w/w.



Gambar 4. 7 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi pada serat optik SMS setelah dilapisi resin dalam air gula 5 % w/w

Gambar 4.7 menunjukkan profil daya keluaran serat optik SMS terhadap penambahan konsentrasi alkohol. Pada range konsentrasi alkohol 0 sampai 2,5 %V/V terjadi penurunan daya keluaran. Sedangkan pada range konsentrasi alkohol 2,5 sampai 10 %V/V terjadi kenaikan daya keluaran.

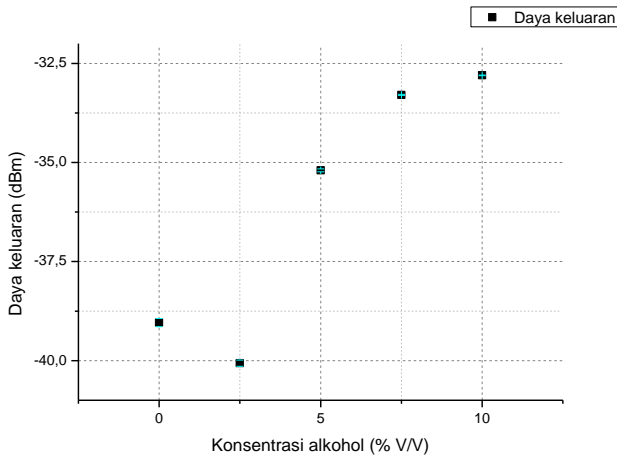


Gambar 4. 8 Grafik pendekatan error pada serat optik SMS dengan larutan uji air gula 5%

Gambar 4.8 adalah grafik pendekatan error dari respon serat optik SMS yang telah dilapisi resin novolac terhadap larutan uji campuran air gula 5%w/w dan alkohol. Grafik tersebut menunjukkan hubungan yang nonlinear antara daya keluaran serat optik dengan penambahan konsentrasi alkohol 2,5 sampai 10 %V/V. Persamaan polinomialnya adalah $y = -0,26279x^2 + 5,15608x + 58,005$ dengan nilai R^2 sebesar 0,99.

4.4.2 Larutan Uji Air Gula 10 %w/w

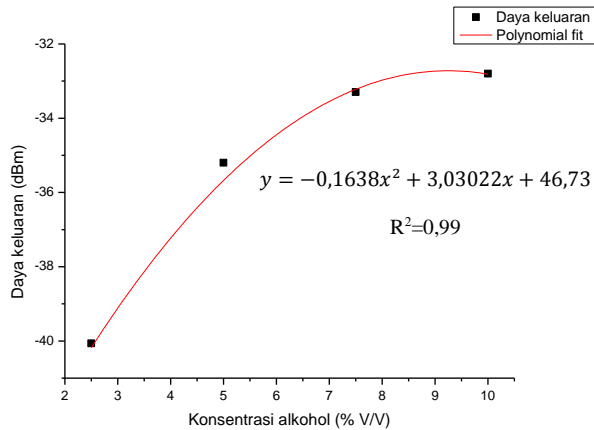
Berikut ini adalah respon daya keluaran serat optik terhadap konsentrasi alkohol dengan konsentrasi larutan gula 10 %w/w.



Gambar 4. 9 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi pada serat optik SMS setelah dilapisi resin dalam air gula 10 % w/w

Gambar 4.9 menunjukkan profil daya keluaran serat optik SMS terhadap penambahan konsentrasi alkohol. Pada range konsentrasi alkohol 0 sampai 2,5 % V/V terjadi penurunan daya keluaran. Sedangkan pada range konsentrasi alkohol 2,5 sampai 10 % V/V terjadi kenaikan daya keluaran.

Gambar 4.10 menunjukkan adanya hubungan nonlinear pada respon daya keluaran serat optik SMS yang telah dilapisi resin novolac dengan penambahan konsentrasi alkohol 2,5 sampai 10 % V/V di dalam campuran larutan gula 10 % w/w dan alkohol. Hubungan nonlinear ini dapat digambarkan dengan persamaan $y = -0,1638x^2 + 3,03022x + 46,73$ dan diperoleh nilai R^2 sebesar 0,99.



Gambar 4. 10 Grafik pendekatan error pada serat optik SMS dengan larutan uji air gula 10%

Berikut ini adalah tabel nilai daya keluaran serat optik SMS dan standar deviasi pada larutan uji campuran air gula dan alkohol dengan konsentrasi gula 5 dan 10 % w/w.

Tabel 4. 5 Nilai daya keluaran dan standar deviasi pada serat optik SMS pada larutan gula

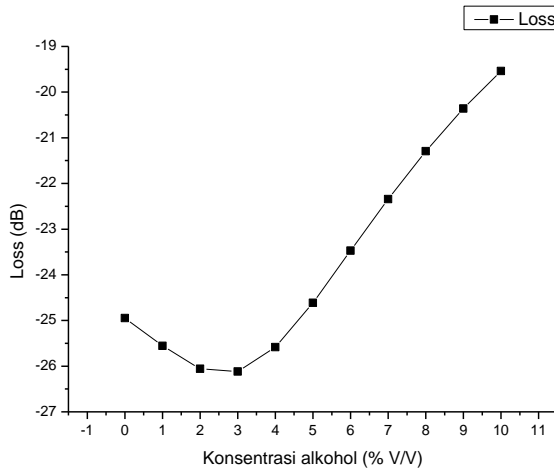
Konsentrasi alkohol (% V/V)	Konsentrasi gula (% w/w)			
	5		10	
	Daya keluaran (dBm)	Standar deviasi	Daya keluaran (dBm)	Standar deviasi
0	-41,5024	0,0770	-39,0426	0,1104
2,5	-46,5506	0,0465	-40,0641	0,0782
5	-37,9146	0,0208	-35,1968	0,0359
7,5	-34,2706	0,0074	-33,2946	0,0120
10	-32,7208	0,0015	-32,8017	0,0082

Tabel 4. 6 Karakteristik sensor alkohol berstruktur SMS pada larutan uji air gula

Karakteristik statik		Konsentrasi gula (% w/w)	
		5	10
Range	Input (% V/V)	0-10	0-10
	Output (dBm)	-46,5506 s.d. -32,7208	-40,0641 s.d. -32,8017
Span	Input (% V/V)	10	10
	Output (dBm)	13,8298	7,2624
Sensitivitas (dBm per % V/V)		2,4560	1,3538
R ²		0,7101	0,8435

Berdasarkan pengujian sensor alkohol berbasis serat optik SMS pada larutan gula dan alkohol dengan konsentrasi gula 5 dan 10 % w/w diperoleh nilai R² masing-masing yaitu 0,7101 dan 0,8435 nilai tersebut tidak mendekati nilai 1. Sedangkan diperoleh nilai sensitivitas sebesar 2,4560 dan 1,3538 dBm per % V/V masing-masing pada konsentrasi larutan gula 5 dan 10 % w/w.

Pada hasil eksperimen menunjukkan daya keluaran serat optik SMS pada larutan gula mengalami penurunan pada konsentrasi alkohol 0 sampai 2,5 % V/V dan mengalami kenaikan pada konsentrasi alkohol 2,5 sampai 10 % V/V. Hasil eksperimen ini didukung oleh hasil respon daya keluaran terhadap konsentrasi alkohol secara teoritis. Berikut ini adalah grafik respon daya keluaran terhadap konsentrasi alkohol pada serat optik SMS dalam air gula secara teoritis yang didapatkan melalui persamaan (2.4) sampai (2.12).



Gambar 4. 11 Respon daya keluaran terhadap konsentrasi alkohol pada serat optik SMS dalam air gula secara teoritis

Gambar 4.11 menunjukkan loss daya keluaran mengalami penurunan yang berarti terjadi penurunan daya keluaran pada konsentrasi alkohol 0 sampai 3 % V/V. Sedangkan pada konsentrasi alkohol 3 sampai 10 % V/V terjadi kenaikan loss yang berarti juga terjadi kenaikan daya keluaran. Hal ini berarti pada konsentrasi 0 sampai 3 % V/V terjadi pergeseran pola interferensi dimana titik *self imaging* semakin menjauhi *lead out* serat optik *multimode*. Sedangkan pada konsentrasi 3 sampai 10 % V/V terjadi pergeseran pola interferensi dimana titik *self imaging* mendekati *lead out* serat optik *multimode*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini ditunjukkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh serta meninjau kembali permasalahan, batasan masalah, dan tujuan dari tugas akhir ini maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan yaitu:

- Telah dibuat sensor alkohol berbasis serat optik berstruktur SMS yang dilapisi resin novolac dengan panjang serat *multimode coreless* 10 mm dan 40 mm, yang diuji pada larutan campuran akuades-alkohol dan campuran air gula-alkohol.
- Sensor alkohol berbasis serat optik berstruktur SMS pada panjang serat *multimode coreless* 10 mm yang dilapisi resin novolac memiliki sensitivitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sebelum dilapisi resin novolac yaitu 1,78 dBm per %V/V pada range konsentrasi alkohol 0-10 %V/V.
- Sensor alkohol berbasis serat optik berstruktur SMS pada panjang serat *multimode coreless* 10 mm yang telah dilapisi resin novolac dengan larutan uji campuran air gula dan alkohol memiliki sensitivitas 2,4560 dBm per %V/V pada konsentrasi larutan gula 5 %w/w dan 1,3538 dBm per %V/V pada konsentrasi larutan gula 10 %w/w dengan range konsentrasi alkohol 0-10 %V/V.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan terkait dengan pengembangan penelitian ini adalah:

- Menggunakan PVDF (*polyvinylidene fluoride*) sebagai bahan tambahan pada campuran resin untuk memperkecil indeks bias resin novolac.

- Melapiskan resin novolac ke serat optik dengan teknik yang lebih baik agar diperoleh hasil pelapisan yang seragam, merata dan dapat diukur ketebalan lapisannya.
- Pemotongan serat optik menggunakan ukuran dengan skala mikro agar hasil potongan yang diperoleh lebih presisi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sampurno, “Ketentuan Pokok Pengawasan Suplemen Makanan,” Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, Jakarta, 2004.
- [2] B. Kuswandi, “Halal Sensors in Pharmaceutical and Health Products: Current Technology and Future Trends,” dalam *Proceeding of International Conference on Halal Pharmaceutical and Health Products*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2011.
- [3] M. El-sherif, “Fiber Optic Chemical and Biosensor,” *Photonics*, pp. 109-149, 2010.
- [4] M. A. S. M. W dan G. J. E, “Multimode Interference based Fiber Optic Displacement Sensor,” *IEEE Photon Technology*, vol. 15, pp. 1129-1131, 2003.
- [5] J. An, Y. Zhao, Y. Jin dan C. Shen, “Relative Humidity Sensor based on SMS Fiber Structure with Polyvinyl Alcohol Coating,” *Optik*, vol. 124, pp. 6178-6181, 2013.
- [6] Y. Zhao, X.-g. Li, F.-c. Meng dan Z. Zhao, “A Vibration Sensing System based on SMS Fiber Structure,” *Sensors and Actuators*, vol. 214, pp. 163-167, 2014.
- [7] M. Y. Rofianingrum, A. M. Hatta dan Sekartedjo, “Pemanfaatan Fiber Optik Singlemode-Multimode-Singlemode (SMS) sebagai Sensor Alkohol pada Larutan,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.
- [8] M. Morisawa dan S. Muto, “Plastic Optical Fiber Sensing of Alcohol Concentration in Liquors,” *Journal of Sensors*, vol. 2012, 2012.
- [9] F. Zujie, K. K, R. Qu and H. Cai, *Fundamentals of Optical Fiber Sensors*, 1st ed., New York: John Wiley & Sons, Inc, 2012.

- [10] J. M. Senior, *Optical Fiber Communication Principles and Practices*, 3rd ed., Edinburg Gate: Pearson Education Limited, 2009.
- [11] P. S. Kao, *Fiber Optic, Fundamental of Photonics*, New York: John Wiley & Sons, Inc, 2009.
- [12] . A. Kumar, R. K. Varshney, S. A. C dan P. Sharma, "Transmission Characteristics of SMS Fiber Optic Sensor Structures," *Optics Communications*, vol. 219, pp. 215-219, 2003.
- [13] M. Kumar, A. Kumar dan S. M. Tripathi, "Acomparison of Temperature Sensing Characteristics of SMS Structures Using Step and Graded Index Multimode Fibers," *Optics Communications*, no. 312, pp. 222-226, 2014.
- [14] A. M. Hatta, "Singlemode-Multimode-Singlemode Optical Fibre Structures for Optical Sensing," Dublin Institute of Technology, Dublin, Ireland, 2009.
- [15] S. N. Patrialova, "Fiber Optik Berstruktur Singlemode-Multimode-Singlemode (SMS) U-bent sebagai Sensor Alkohol," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.
- [16] W. Q, F. G dan Y. W, "Investigation on Singlemode-Multimode-Singlemode Fibre Structure," *Lightwave Technology*, vol. 26, pp. 512-519, 2008.
- [17] Hasannudin, "Alkohol: Pengertian, Rumus Umum, Tata Nama, Sifat, Kegunaan Alkohol," 2015. [Online]. Available: <http://kimiadasar.com/alkohol>. [Diakses 18 January 2017].
- [18] P. P. S, "Modification of Phenol Formaldehyde Resin for Improved Mechanical Properties," Cochin University of Science and Technology, Kochi, India, 2009.
- [19] M. Morisawa, Y. Amemiya, H. Kohzu, C. X. Liang dan S. Muto, "Plastic optical fibre sensor for detecting vapour phase

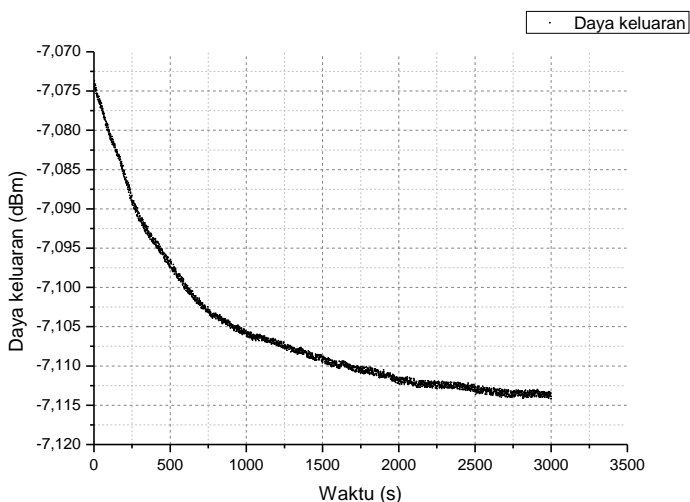
- alcohol,” *Measurement Science and Technology*, vol. 12, pp. 877-881, 2001.
- [20] N. Massa, *Fiber Optic Telecommunication*, Massachusetts: Springfield, 2000.
- [21] A. Thompson dan B. N. Taylor, *Guide for the Use of the International System of Units (SI)*, Gaithersburg, Maryland: National Institute of Standards and Technology, U.S Department of Commerce, 2008.
- [22] J. P. Bentley, *Principle of Measurement Systems*, 4th ed., London: Prentice Hall, 2005.
- [23] SHOWA HIGHPOLYMER CO.,LTD, *Technical Note Epoxy Acrylate Resins*, Tokyo, 1997.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

KARAKTERISASI SUMBER CAHAYA

Pengujian kestabilan sumber cahaya dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sumber cahaya untuk mencapai keadaan stabil. Kestabilan sumber cahaya yang digunakan dalam pengujian ini penting, karena jika sumber cahaya belum stabil akan menimbulkan *noise* pada hasil pengujian. Sumber cahaya yang digunakan adalah sumber cahaya inframerah dengan panjang gelombang 1550 nm.



Gambar A. 1 Karakterisasi sumber cahaya

Berdasarkan Gambar A.1 dapat diketahui lama waktu yang dibutuhkan sumber cahaya pada panjang gelombang 1550 nm untuk mencapai keadaan stabil yaitu 2500 detik. Keadaan stabil yang dimaksud adalah daya keluaran sumber cahaya sudah tidak mengalami perubahan yang signifikan. Dapat dilihat pada Gambar A.1 di detik ke 2500 sampai 3000 daya keluarannya konstan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN B
PELAPISAN SERAT OPTIK MULTIMODE DENGAN
RESIN NOVOLAC



Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN C

SPESIFIKASI PERALATAN

I. Serat Optik Singlemode

SPECIFICATIONS			
Connector Type		SC/ST/FC/LC/MTRJ	
Optical Fiber		Corning single-mode G652D, G657A, G657B	Corning multi-mode OM1, OM2, OM3, OM4
Cable Type		PVC(standard) & LSZH (Low Smoking Zero Halogen) on request	
		0.9mm/2.0mm/3.0mm Simplex & Duplex	
Cable Color, Length		Yellow for single mode, orange for multi-mode & aqua for OM3 1m, 2m and 3m. Other lengths on request.	
Optical Specification	Insertion Loss	Typical: ≤ 0.2 dB, Max. 0.3dB (MTRJ: Max. 0.5dB)	Typical: ≤ 0.2 dB, Max. 0.3dB (MTRJ: Max. 0.5dB)
	Return Loss	PC ≥ 45 dB, UPC ≥ 50 dB, APC ≥ 60 dB	≥ 30 dB
Mechanical Specification	Ferrule	Ceramic, (MTRJ: PS-Polyphenylene Sulphide)	
	Apex Offset	< 50 um	
	Fiber Height	± 100 nm	
	Radius of Curvature	7mm R < 25 mm(Excluding MTRJ)	
	Repeatability	≤ 0.2 dB 1,000 times mating cycles	
Working Temperature		$-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$	
Storage Temperature		$-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$	

II. Serat Optik Multimode

Tipe serat optik multimode yang digunakan adalah FG125LA

Specifications			
Item #	FG125LA	FG250LA	FG400LA
Wavelength Range		400 - 2400 nm	
Return Loss		> 65 dB with 0.25 m	
Glass Diameter	$125 \pm 1 \mu\text{m}$	$250 \pm 10 \mu\text{m}$	$400 \pm 15 \mu\text{m}$
Coating Diameter	$250 \mu\text{m} \pm 5\%$	$400 \pm 20 \mu\text{m}$	$550 \pm 20 \mu\text{m}$
Coating		Acrylate	
Glass Refractive Index		1.467287 @ 436 nm	
		1.458965 @ 589.3 nm	
		1.450703 @1020 nm	
		1.444 @1550 nm	
Operating Temperature		-40 to 85°C	
Proof Test Level		> 100 kpsi	
Recommended Stripping Tool	T06S13 or FTS4	T12S16	T18S25

III. Sumber Cahaya

Wavelength (nm)	1310&1550nm
Stabilization*	±0.05dB / 1 hour; ±0.1dB / 8 hours
Output Power	> - 6 dBm @ 1310nm/1490nm/1550nm/1625nm
	> -10 dBm @ 850nm/1300nm
Modulation	270Hz, 1KHz, 2KHz
Connecting Adapter	FC/PC
Auto Power Off	No operation in 20 minutes (can be set), Low battery energy
Operate Time	Above 38 hours
Storage Temperature	-25 -- +70 °C, 90%RH
Operating Temperature	-10 -- +60 °C, 90%RH
Power Supply	2 * AA batteries
Size	168mm*103mm*45mm
Weight	About 300g

IV. Detektor

S155C	
Detector Type	InGaAs Photodiode
Wavelength Range	800 - 1700 nm
Optical Power Working Range	1 nW - 20 mW (-60 dBm ... +13 dBm)
Max Average Power Density	10 W/cm ²
Max Pulse Energy	20 µJ
Linearity	± 0.5%
Resolution ¹⁾	100 pW (-70 dBm)
Measurement Uncertainty ²⁾	±5%
Typical Application	Low Power Fiber Lasers
Laser Types	Fiber coupled Diode, He-Cd, Arlo, Krlo, Dye, Ti-Sapphire
Coating /Diffuser	N/A
Cooling	Convection
Head Temperature Measurement ³⁾	NTC Thermistor 3 kΩ
Console Compatibility	PM100D, PM100A, PM100USB, PM200, PM320E
Response Time	< 1 µs
Sensor Dimensions	36.2 x 31 x 14.5 mm (w/o fiber adapter)
Active Detector Area	Ø2 mm
Input Aperture	Ø5 mm
Connector	Sub-D 9p male
Weight	0.03 kg
Aperture Thread	SM05, outer thread
Fiber Adapters (optional)	SC, LC, ST, SMA (FC included)

¹⁾ Measured with PM100D console in bandwidth low setting.

²⁾ Beam diameter > 1mm

³⁾ This specification is valid for S155C devices from serial number 1203xxx. For older versions, please contact technical support.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Niza Rosyda Amalia, dilahirkan di Kediri pada tanggal 25 Oktober 1994. Memulai Sekolah Dasar pada tahun 2001 di SDN Ngronggo 8 Kota Kediri. Kemudian melanjutkan sekolah di MTsN II Kediri hingga tahun 2010. Di jenjang Sekolah Menengah Atas penulis bersekolah di SMAN 1 Kediri. Pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITS Surabaya. Selama berstatus mahasiswa, penulis mengikuti organisasi kemahasiswaan yaitu Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Industri (BEM FTI) ITS, asisten laboratorium rekayasa fotonika, dan anggota dari *student chapter* SPIE ITS. Pada tahun 2016 penulis pernah melaksanakan kerja praktik di PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang yang merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pembangkit listrik. Penulis dapat dihubungi di email nizarosydaa@gmail.com.

Halaman ini sengaja dikosongkan