



TUGAS AKHIR - TF 181801

**RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI MINYAK
BABI PADA MINYAK KELAPA DAN MINYAK
BUNGA MATAHARI BERBASIS SERAT OPTIK
MULTIMODE-SINGLEMODE-MULTIMODE
(MSM)**

ZUHaida HILMIANA
NRP. 02311745000026

Dosen Pembimbing :
Agus M Hatta, S.T., M.Si, Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT - TF 181801

***DESIGN OF SENSOR BASED ON OPTICAL
FIBER MULTIMODE-SINGLEMODE-
MULTIMODE (MSM) FOR LARD DETECTION
CONTENT ON COCONUT AND SUNFLOWER
OIL***

ZUHaida HILMIANA
NRP. 02311745000026

Supervisor :
Agus M Hatta, S.T., M.Si, Ph.D.

*DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019*

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Zuhaida Hilmiana
NRP : 02311745000026
Departemen/ Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem Deteksi Minyak Babi Pada Berbasis Minyak kelapa Dan Minyak Bunga Matahari Serat Optik *Multimode-Singlemode-Multimode* (MSM)” adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 29 Juli 2019
Yang membuat pernyataan,



Zuhaida Hilmiana
NRP. 02311745000026

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI MINYAK BABI
PADA MINYAK KELAPA DAN MINYAK BUNGA
MATAHARI BERBASIS SERAT OPTIK *MULTIMODE-
SINGLEMODE-MULTIMODE* (MSM)**

Oleh:

Zuhaida Hilmiana
NRP. 0231174500026

Surabaya, 29 Juli 2019

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIP. 19780902 200312 1 002

Mengetahui,
Kepala Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS



**RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI MINYAK
BABI PADA MINYAK KELAPA DAN MINYAK BUNGA
MATAHARI BERBASIS SERAT OPTIK MULTIMODE-
SINGLEMODE-MULTIMODE (MSM)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ZUHaida HILMIANA
NRP. 02311745000026

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Agus M Hatta, S.T., M.Si, Ph.D.  (Pembimbing)
2. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, Msc (Penguji I)
3. Dr. rer. nat. Ir. Aulia Nasution, M. T. MSc  (Penguji II)
4. Muh. Kamalul Wafi, ST., M.T., D.I.C  (Penguji III)

SURABAYA
Juli, 2019

**RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI MINYAK BABI
PADA MINYAK KELAPA DAN MINYAK BUNGA
MATAHARI BERBASIS SERAT OPTIK *MULTIMODE-
SINGLEMODE-MULTIMODE* (MSM)**

Nama : Zuhaida Hilmiana
NRP : 02311745000026
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Agus M Hatta, S.T., M.Si, Ph.D.

Abstrak

Dewasa ini banyak terjadi kasus pencampuran makanan, berdasarkan data dari USP *food fraud* diketahui bahwa minyak merupakan salah satu bahan makanan yang sering dilakukan pencampuran dengan presentase 24% dan bahan yang sering digunakan sebagai bahan pencampur adalah minyak babi. Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang Sistem Deteksi Minyak Babi Pada Berbasis Minyak kelapa Dan Minyak bunga matahari Serat Optik MSM. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan desain serat optik berstruktur MSM yang paling optimal sebagai sensor deteksi minyak babi yang terlarut pada minyak kelapa dan minyak bunga matahari dengan variasi panjang 1 cm sampai 5 cm dan menganalisis Karakteristik statik sensor pendeteksi minyak babi yang terlarut pada minyak kelapa dan minyak bunga matahari menggunakan serat optik berbasis MSM. Struktur MSM bagian *Singlemode* yang berfungsi sebagai sensor diletakkan pada kaca preparat untuk kemudian dikenai sampel yaitu minyak kelapa dan minyak bunga matahari yang dicampur dengan minyak babi 1%, 2%, 3%, 5%, 20%, 40%, 60%, 80%. Dari penelitian didapatkan kesimpulan Desain serat optik berstruktur MSM yang paling optimal sebagai sensor deteksi minyak babi yang terlarut pada minyak kelapa adalah 4cm dan minyak bunga matahari adalah sensor dengan panjang *singlemode* 5 cm. Karakteristik statik sensor pada minyak kelapa dengan panjang *Singlemode* 4 cm memiliki nilai range 3, sensitivitas 0,0014 dBm/%, nilai standar deviasi 0,03545 dan nilai linieritas 0,9595. Pada sampel minyak bunga matahari, nilai optimum pada panjang 5 cm dengan nilai range 3, sensitivitas -0.0164 dBm/%, nilai standar deviasi 0.0858 dan nilai linieritas 0,99818.

Kata Kunci: serat optik, MSM, sensor minyak babi

**DESIGN OF SENSOR BASED ON OPTICAL FIBER
MULTIMODE-SINGLEMODE-MULTIMODE (MSM) FOR
LARD DETECTION CONTENT ON COCONUT AND
SUNFLOWER OIL**

Name : Zuhaida Hilmiana
NRP : 02311745000026
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisor : Agus M Hatta, S.T., M.Si, Ph.D.

Abstract

Nowadays there are many cases of mixing food, based on data from USP food fraud, it is known that oil is one of the food ingredients that is often mixed with a percentage of 24% and the ingredient that is often used as an ingredient in mixing is pork oil. Therefore a study was conducted on the Detection of Pig Oil on Coconut Oil and Sunflower Oil MSM Optical Fiber. The purpose of this study is to obtain the most optimal MSM fiber optic fiber design as a detection sensor for pig oil dissolved in coconut oil and sunflower oil with variations of 1 cm to 5 cm length and analyze static characteristics of sensors detecting pig oil dissolved in coconut oil and sunflower oil using MSM-based optical fiber. The MSM structure of the Singlemode section which functions as a sensor is placed on the glass preparations to be subjected to a sample of coconut oil and sunflower oil mixed with pig oil 1%, 2%, 3%, 5%, 20%, 40%, 60%, 80 %. From the research, it can be concluded that the most optimal MSM fiber optic design as a detection sensor for pig oil dissolved in coconut oil is 4cm and sunflower oil is a sensor with a singlemode length of 5cm. Static characteristics of sensors in coconut oil with Singlemode 4cm length have a range value 3, sensitivity 0.0014 dBm /%, standard deviation value 0.03545 and linearity value 0.9595. In sunflower oil samples, the optimum value at 5 cm length with range 3 values, sensitivity -0.0164 dBm /%, standard deviation value 0.0858 and linearity value 0.99818.

Keywords: fiber optics, MSM, Lard Detection

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Deteksi Minyak Babi Pada Berbasis Minyak kelapa Dan Minyak bunga matahari Serat Optik Multimode-Singlemode-Multimode (MSM)”**. Tugas akhir ini membahas mengenai desain sensor pendeteksi minyak babi yang sudah tercampur pada edible oils menggunakan serat optik MSM.

Selama proses pengerjaan tugas akhir ini, penulis memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah meridhoi dan memberi kelancaran dalam pelaksanaan dan penyusunan
2. Bapak Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si, Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Fisika FTI ITS.
3. Bapak Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu selama penulis menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Sekartedjo M.Sc selaku kepala Laboratorium Rekayasa Fotonika.
5. Ibu Lizda J Mawarni S.T., M.T., selaku dosen wali yang telah memberikan pengalaman hidup dan bimbingan selama penulis berkuliah di Teknik Fisika ITS.
6. Kedua orang tua, serta adik adik yang memberikan dukungan dan doa kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
7. Seluruh dosen dan karyawan Teknik Fisika ITS yang telah turut membantu penulis menyelesaikan kuliah.
8. Teman-teman Lintas Jalur Teknik Fisika angkatan 2017 yang telah bersama-sama melalui 2 tahun masa perkuliahan baik dalam suka maupun duka
9. Tasya, Nur, Mbak Ayu dan Esti yang telah menemani penulis selama hidup 2 tahun di kos Keputih.
10. Aliefa yang telah menemani dan mendengarkan keluh kesah dalam pengerjaan tugas akhir.

11. Kepada semua pihak yang telah terlibat dalam kehidupan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca.

Surabaya, 29 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR - TF 181801	i
<i>FINAL PROJECT</i> - TF 181801.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI MINYAK.....	ix
Abstrak	xi
<i>Abstract</i>	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Sistematika Laporan.....	3
2 BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Serat Optik <i>Multimode-Singlemode-Multimode</i> (MSM).....	5
2.2 Karakteristik Edible Oils.....	7
2.2.1 Lemak Babi	8
2.2.2 Minyak bunga matahari.....	9
2.2.3 Minyak kelapa	9
2.3 Sensor.....	10

3	BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1	Diagram Alir Penelitian	13
3.2	Persiapan Sample	14
3.3	Pengukuran Indeks Bias Menggunakan Refraktometer Abbe	16
3.4	Fabrikasi Sensor	17
3.5	Pengujian Sensor MSM	18
4	BAB IV	21
4.1	Hasil dan analisa Karakterisasi sample	21
4.2	Hasil dan Analisa Pengujian Sensor Deteksi Minyak Babi yang Terlarut pada Minyak Kelapa Berbasis Serat Optik MSM	23
4.3	Hasil dan Analisa Pengujian Sensor Deteksi Minyak Babi yang Terlarut pada Minyak Bunga Matahari Berbasis Serat Optik MSM	27
4.4	Hasil dan Analisa Data Normalisasi	32
5	BAB V	37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37
6	DAFTAR PUSTAKA	39
7	LAMPIRAN	
8	BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagian Serat Optik.....	5
Gambar 2.2	Nilai Indeks Bias Berbagai Jenis Minyak.....	8
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3.2	Ekstraksi Lemak babi (a) Pemanasan Lemak Babi (b) Hasil ekstraksi lemak babi.....	15
Gambar 3.3	Pencampuran Sample (a) Proses pencampuran sample (b) Hasil pencampuran sample.....	16
Gambar 3.4	Proses Pengujian Indeks Bias (a) Penempatan sample (b) penglihatan skala.....	17
Gambar 3.5	Proses fabrikasi sensor (a) Serat optik dipotong supaya ujungnya rata (b) Penyambungan serat optik menggunakan splicer.....	18
Gambar 3.6	Skema Pengujian.....	19
Gambar 4.1	Grafik Perbandingan Daya Keluaran Sensor MSM pada minyak kelapa dengan konsentrasi lard 1% - 5%.....	24
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Daya Keluaran Sensor MSM pada minyak kelapa dengan konsentrasi lard kelipatan 20%.....	25
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Daya Keluaran Sensor MSM pada minyak bunga matahari dengan konsentrasi lard 1% - 5%.....	28
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Daya Keluaran Sensor MSM pada minyak bunga matahari dengan konsentrasi lard kelipatan 20%.....	29
Gambar 4.5	Grafik Normalisasi Data Minyak Kelapa dengan Konsentrasi Minyak Babi Terlarut 1% - 5%.....	32
Gambar 4.6	Grafik Normalisasi Data Minyak Kelapa dengan Konsentrasi Minyak Babi Terlarut Kelipatan 20%.....	33
Gambar 4.7	Grafik Normalisasi Data Minyak Bunga Matahari dengan Konsentrasi Minyak Babi Terlarut 1% - 5%.....	33
Gambar 4.8	Grafik Normalisasi Data Minyak Bunga Matahari dengan Konsentrasi Minyak Babi Terlarut Kelipatan 20%.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Pengujian Indeks Bias Minyak Menggunakan Refraktometer Abbe	22
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Indeks Bias Sample Menggunakan Refraktometer Abbe	22
Tabel 4.3	Hasil Karakteristik Statik Deteksi Lard Berbasis Serat Optik MSM yang Terlarut pada Minyak kelapa.....	26
Tabel 4.4	Hasil Karakteristik Statik Deteksi Lard Berbasis Serat Optik MSM yang Terlarut pada Minyak bunga matahari	31
Tabel 4.5	Karakteristik Statik Sensor Data Normalisasi pada Minyak Kelapa	35
Tabel 4.6	Karakteristik Statik Sensor Data Normalisasi pada Minyak Bunga Mathari	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemalsuan dan pencampuran pada bahan baku minyak telah menjadi permasalahan serius yang terjadi di masyarakat saat ini. Di beberapa negara, produsen makanan sering kali mencampurkan minyak nabati yang sering dikonsumsi (*edible oils*), dengan minyak babi untuk mengurangi biaya produksi [1]. Berdasarkan data dari USP *food fraud* diketahui bahwa minyak merupakan salah satu bahan makanan yang sering dilakukan pencampuran dengan presentase 24% [2]. Minyak babi merupakan salah satu jenis minyak yang murah dan mudah didapatkan. Sehingga sering kali digunakan sebagai bahan campuran pada minyak nabati maupun minyak hewani lain. Tindakan pencampuran minyak dengan minyak lain seperti hazelnut, kedelai, jagung, biji bunga matahari, minyak sayur, minyak zaitun, dan lemak babi dapat menimbulkan masalah salah satunya yaitu alergi makanan [2]. Tentu hal ini sangat merugikan bagi konsumen yang mengkonsumsi makanan tersebut. Minyak yang sudah dicampur tersebut tidak mudah dideteksi apabila bahan yang dicampurkan memiliki komposisi yang mirip dengan minyak murni. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk mendeteksi adanya campuran minyak babi pada *edible oil*.

Teknik-teknik pendeteksi kandungan minyak babi sebenarnya telah ditemukan oleh para peneliti sebelumnya. Teknik-teknik tersebut diantaranya, teknik deteksi menggunakan *electronic nose*, yaitu teknik menganalisis tingkat oksidasi pada minyak [3]. Ada juga teknik deteksi dengan menggunakan *Gas Chromatography Time-of-Flight Mass Spectrometry* (GC TOF – MS) yaitu dengan mengidentifikasi senyawa pada minyak [4]. Cara yang lain yaitu deteksi dengan *FTIR spectroscopy combined with chemometrics*. Prinsip dari teknik ini adalah menentukan adanya campuran minyak babi dilakukan dengan menganalisis spektrum dari minyak [1]. Kemudian ada teknik *Dielectric Spectroscopy*, yaitu deteksi lemak babi dilakukan dengan melihat nilai dielektrik

pada frekuensi dan konsentrasi dari minyak [5]. Namun teknik-teknik yang telah disebutkan di atas memerlukan alat khusus dan mahal. Selain itu dibutuhkan pembuatan sampel yang rumit karena menggunakan bahan kimia, sehingga membutuhkan waktu yang lama dalam pembuatannya.

Salah satu teknologi yang bisa digunakan untuk mendeteksi minyak babi ini adalah dengan menggunakan teknologi serat optik. Serat optik memiliki banyak kelebihan dalam penggunaannya sebagai sensor. Kelebihan tersebut diantaranya adalah harga yang relative murah, tahan terhadap gangguan elektromagnetik, ukuran yang kecil, fleksibel, ringan, serta tidak membutuhkan konsumsi daya yang besar [6]. Karena kelebihan tersebut serat optik banyak dikembangkan sebagai sensor diberbagai bidang. Penggunaan tersebut diantaranya serat optik sebagai sensor suhu, sensor tegangan, dan sensor *Weigh In Motion* (WIM) [7] [8] [9]. Serat optik menjadi salah satu solusi yang menarik untuk pengembangan sensor dalam pendeteksian campuran bahan lain di dalam makanan karena sensitivitas yang tinggi, ukuran yang kecil, serta ketahanan pada interferensi elektromagnetik [10].

Seiring dengan perkembangannya, berbagai struktur susunan serat optik telah dikembangkan untuk meningkatkan sensitivitasnya. Terutama dalam penggunaannya sebagai sensor yang salah satunya adalah struktur MSM (*Multimode-Singlemode-Multimode*). Salah satu penggunaan struktur MSM pada penelitian sebelumnya adalah sebagai sensor pada medan magnet [11]. Prinsip kerja serat optik pada struktur MSM ini didasarkan dari mode interferensi antara mode inti dan mode *cladding* yang melewati serat optik *singlemode*. Selisih yang besar antara moda *cladding* dan moda inti membuat serat optik MSM memiliki sensitivitas yang tinggi. Untuk itu, pada penelitian kali ini dilakukan Rancang Bangun Sistem Deteksi Minyak Babi Pada *Edible Oils* Berbasis Serat Optik *Multimode-Singlemode-Multimode* (MSM).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, permasalahan yang diambil dalam tugas akhir ini adalah dengan memperhatikan permasalahan-permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana desain sistem deteksi minyak babi pada edible oil menggunakan serat optik berbasis MSM.
- b. Bagaimana karakteristik sensor pendeteksi minyak babi pada edible oil menggunakan serat optik berbasis MSM.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pelaksanaan tugas akhir ini terdapat batasan masalah yang diberikan agar penelitian ini lebih terarah yaitu :

- a. Penelitian dilakukan pada sampel dengan suhu 35 °C.
- b. Variasi panjang serat optik *singlemode* adalah 1 cm sampai 5 cm.

1.4 Tujuan Penelitian

Untuk menyelesaikan permasalahan diatas maka dilakukan tugas akhir dengan tujuan sebagai berikut:

- a. Didapatkan desain serat optik berstruktur MSM yang paling optimal sebagai sensor deteksi minyak babi yang terlarut pada *minyak kelapa* dan *minyak bunga matahari* dengan variasi panjang 1 cm sampai 5 cm
- b. Menganalisis Karakteristik statik sensor pendeteksi minyak babi yang terlarut pada *minyak kelapa* dan *minyak bunga matahari* menggunakan serat optik berbasis MSM

1.5 Sistematika Laporan

Laporan penelitian Tugas Akhir ini akan disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika laporan

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi teori – teori penunjang yang mendasari Tugas Akhir ini, baik yang bersumber dari buku, jurnal, maupun laporan tugas akhir atau penelitian terkait.

BAB III Metodologi Penelitian

Dalam bab ini dijelaskan mengenai tahapan – tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan Tugas Akhir, dimulai dari studi literatur hingga pengambilan data, pembahasan, dan penarikan kesimpulan.

BAB IV Analisis Data dan Pembahasan

Pada bab ini ditampilkan data yang didapat dari proses simulasi disertai analisisnya. Dari hasil analisis tersebut dilakukan pembahasan sesuai tujuan penelitian.

BAB V Penutup

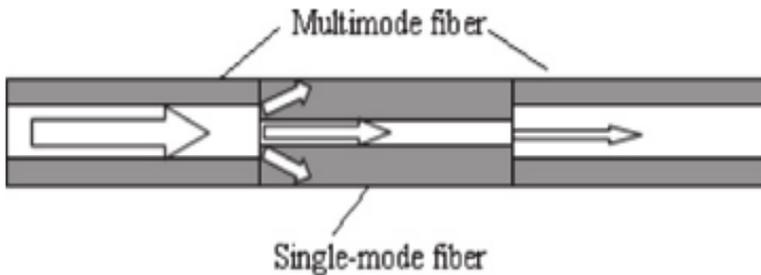
Bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan Tugas Akhir serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Serat Optik *Multimode-Singlemode-Multimode* (MSM)

Dewasa ini penggunaan serat optik sebagai sensor semakin diminati dan semakin berkembang, penggabungan serat optik jenis *singlemode* dengan multimode merupakan salah satu perkembangan serat optik yang sering digunakan sebagai sensor. Penggabungan dua jenis serat optik hanya akan terpenuhi ketika ukuran spot mode dasar mode tunggal dan serat multimode sama persis dan juga tidak ada ketidaksejajaran aksial di *splices* [12].

Serat optik MSM (*Multimode – Singlemode – Multimode*) memiliki rentang spektrum lebih lebar dan berpotensi memiliki sifat homogen. Struktur fiber MSM mengakibatkan adanya selisih yang besar antara indeks bias core dengan indeks bias cladding sehingga memungkinkan untuk meningkatkan sensitivitas dalam aplikasi sensor. Pada struktur MSM, panjang fiber optic sangat mempengaruhi hasil keluaran, terutama Panjang dari *singlemode*. Selain itu besar diameter juga mempunyai pengaruh terhadap nilai keluaran. Semakin besar diameter maka nilai numerical apartus (NA) semakin besar sehingga memungkinkan jumlah cahaya yang mengumpul lebih besar. Diameter semakin besar maka lebih banyak moda cladding yang berkontribusi mengurangi rugi daya.



Gambar 2.1 Bagian Serat Optik

Prinsip kerja serat terstruktur MSM didasarkan dari mode interferensi antara mode inti dan mode cladding yang melewati serat optik *singlemode*. Serat optik multimode memiliki diameter inti jauh lebih besar daripada serat optik *singlemode*. Ketika moda ditransmisikan melalui serat multimode 1 melewati serat *singlemode*, moda akan dibagi menjadi moda inti dan moda cladding dari serat *singlemode*. Serat optik multimode akan menghasilkan lebih banyak mode cladding dari perbedaan diameter serat multimode dan *singlemode*. Setelah melalui serat *singlemode*, mode akan dipandu ke serat optik multimode 2. Di dalam serat multimode 2, moda mengalami interferensi antara moda inti dengan moda cladding serat optik *singlemode* dan hal tersebut menciptakan terjadinya rugi daya transmisi.

Moda terpandu dari MMF memengaruhi keluaran dari SMF. Hal ini dikarenakan pada sambungan MMF pertama dan SMF, daya MMF dibagi menjadi dua yaitu moda core SMF dan moda cladding SMF. Ketika cahaya di SMF dipandu menuju MMF 2 akan terjadi interferensi antara moda core dengan moda cladding SMF dibagian MMF 2 [13]. Secara matematis, nilai dari spektrum transmisi dapat dianalisis menggunakan model interferensi dua moda seperti pada persamaan 2.1 berikut.

$$I_{out}(\lambda) = I_{core}(\lambda) + I_{clad}(\lambda) + 2\cos\left(\frac{2\pi\Delta nL}{\lambda}\right) \quad (2.1)$$

Dimana I_{core} adalah intensitas moda yang merambat lurus sedangkan I_{clad} merupakan intensitas moda yang dipantulkan oleh cladding. Δn menunjukkan nilai indeks bias refraktif dari moda cladding dan moda core yang terbentuk. L adalah panjang dari daerah sensing dan pada serat optik berstruktur MM nilai L sama dengan panjang *singlemode* yang digunakan. Berdasarkan persamaan 2.1 dapat diketahui bahwa untuk mencari interferensi *valley wavelength* (λ_m) adalah dengan persamaan 2.2 berikut dimana m adalah urutan interferensi.

$$\lambda_m = \frac{2\Delta nL}{2m+1} \quad (2.2)$$

Selain sebagai sensor penggunaan MSM ini terbukti sangat berguna untuk aplikasi sebagai pemangkas optik. Seperti yang telah diketahui, MSM memiliki panjang gelombang tertentu untuk ditransmisikan secara efektif sementara sisanya dari mereka ditekan. Dengan pengaturan seperti ini, bagian pemangkasan dapat secara efektif dicapai sesuai dengan dimensi midsingle yang tepat serat mode atau diameter efektifnya [14].

2.2 Karakteristik Edible Oils

Edible oils merupakan lemak nabati, hewani, atau bersumber dari mikroorganisme yang memiliki wujud cair pada suhu ruang dan sesuai untuk penggunaannya dalam produk pangan, sedangkan fats merupakan sekelompok senyawa yang pada umumnya larut dalam pelarut organik dan tidak larut dalam air, serta memiliki wujud padat atau cair tergantung pada komposisi dan strukturnya [15].

Proses pembuatan *edible oils* menjadi makanan produk memang kompleks, terutama karena tiga faktor: Yang pertama adalah variasi bahan baku awal, yang mungkin minyak biji kapas, minyak kedelai, minyak kacang, atau kombinasi apa pun dari ketiganya. Kedua, apa pun minyaknya, pasti digunakan sebagai bahan baku, sehingga sejumlah perawatan sebelumnya itu bisa dianggap sebagai produk jadi atau bisa dibuat menjadi produk jadi.

Minyak nabati dan lemak sebagian besar terdiri dari gliserida asam lemak jenuh dan tidak jenuh (terutama oleat dan linoleic) dengan beberapa asam lemak bebas dan bahan yang menyebabkan bau dan warna. Asam lemak bebas biasanya diproduksi di biji sendiri dengan hidrolisis enzimatis sebelum ekstraksi minyak tetapi, jarang, berkembang selama proses ekstraksi. Apa pun asalnya, tujuan langkah pemurnian adalah untuk menghilangkan zat-zat yang tidak diperlukan dan juga pewarnaan apa pun yang mungkin tidak diinginkan [16].

Minyak nabati selama penggorengan mengalami serangkaian degradasi rantai. Reaksi yang menghasilkan senyawa beracun yang berpotensi mengurangi nilai organoleptik dan nutrisi. Produk primer dari oksidasi adalah hidroperoksida yang terurai

menjadi produk oksidasi sekunder : aldehida, keton, hidrokarbon, dan alkohol. Tingkat degradasi minyak meningkat selama paparan oksigen, cahaya, dan pemanasan. Stabilitas oksidatif minyak tergantung pada komposisi minyak. Senyawa fenolik dan tokoferol menghambat atau menunda dimulainya reaksi oksidasi rantai karena bereaksi dengan lipid radicals, membentuk produk yang tidak aktif. Kapasitas pemecahan rantai senyawa fenolik lebih tinggi daripada tokoferol [17].

Refractive Indices of Fats and Oils^a

Fat/oil	n_D^{40} at 40°C (104°F)	
Milkfat	1.452-1.457	—
Lard	1.448-1.460	1.457-1.461
Tallow	1.448-1.460	—
Mutton tallow	1.448-1.460	1.455-1.458
Pott whale oil	—	1.456-1.458
Fish oil	1.467-1.475	1.470-1.478
Rapeseed oil (LEAR)	1.465-1.467	1.464-1.466
Cottonseed oil	1.458-1.466	1.466-1.468
Soybean oil	1.466-1.470	1.465-1.469
Linseed oil	1.472-1.475	1.472-1.475
Sunflower oil	1.467-1.469	1.466-1.468
Peanut oil	1.460-1.465	1.461-1.465
Sesame oil	1.465-1.469	1.465-1.468
Safflower oil	1.467-1.470	1.467-1.469
Corn oil	1.465-1.468	1.465-1.466
Grape seed oil	—	1.461-1.471
Walnut oil	—	1.469-1.475
Niger seed oil	—	1.467-1.469
Wheat germ oil	—	1.468-1.478
Rice bran oil	—	1.466-1.469
Poppy seed oil	—	1.467-1.470
Mustard seed oil	—	1.463-1.466
Palm oil	1.449-1.455	1.453-1.456
Olive oil	1.4677-1.4705	1.461-1.462
Avocado oil	—	1.461-1.465
Coconut oil	1.448-1.450	1.448-1.450
Palm kernel oil	1.448-1.452	1.449-1.450
Cocoa butter	1.456-1.458	1.456-1.458
Babassu oil	1.448-1.451	1.449-1.451
Shea butter	1.465-1.466	1.463-1.466
Illipé butter	1.459-1.462	1.459-1.462
Mowrah butter	1.458-1.461	1.458-1.461
Borneo tallow	—	1.456-1.457

^aSources: Left column, *Codex Alimentarius*; right column, Wissebach (1969).

Gambar 2.2 Nilai Indeks Bias Berbagai Jenis Minyak

2.2.1 Lemak Babi

Lemak babi merupakan salah satu komponen yang sering digunakan dalam produk makanan maupun kosmetik. Lemak babi merupakan lemak yang diperoleh dari proses rendering jaringan adiposa babi yang segar dan biasa dikonsumsi oleh manusia. Lemak

babi memiliki konsistensi lembut dan semipadat pada suhu 27 C, tetapi meleleh sempurna pada suhu 42 C. Lemak babi yang telah diolah lebih lanjut dapat mengandung refined lard dan lard stearin. Minyak babi sering digunakan karena sifatnya yang dapat melarutkan obat dan media penghantar obat serta dalam kosmetik lemak babi dapat berfungsi sebagai penstabil dan pengkondisian kulit. Asam lemak jenuh yang paling banyak terkandung pada lemak babi adalah asam palmitat, sedangkan asam oleat merupakan lemak tak jenuh dengan jumlah paling banyak pada lemak babi.

2.2.2 Minyak bunga matahari

Minyak bunga matahari adalah salah satu minyak biji yang paling banyak digunakan. Minyak ini diekstrak dari biji bunga matahari dan tersusun dari triasilgliserol (TAG) plus komponen minor yang memberi nilai gizi tambahan, seperti tokoferol dan pitosterol. Di antara komponen minor yang bisa ditemukan dalam minyak bunga matahari, lilin memiliki kepentingan khusus dari teknologi sudut pandang. Ester lilin (WEs) adalah molekul yang dihasilkan dari esterifikasi asam lemak dan alkohol lemak rantai panjang. Senyawa ini banyak ditemukan di permukaan organ tanaman dan memiliki fungsi pelindung dalam hubungannya dengan hidrokarbon dan lainnya komponen. Lilin diekstraksi bersama dengan minyak dan dengan demikian hadir sebagai komponen minor setelah penyulingan minyak.

2.2.3 Minyak kelapa

Minyak kelapa murni merupakan minyak kelapa yang diperoleh lewat pemanasan minimal tanpa proses pemurnian kimiawi. Minyak kelapa murni memiliki kandungan asal laurat yang tinggi sekitar 45% sampai 55%, asam laurat merupakan lemak jenuh dengan rantai sedang yang biasa disebut medium chain triglyceride. Minyak kelapa memiliki titik leleh 24,4 °C sampai 25 °C kelapa. Minyak kelapa murni sering dimanfaatkan sebagai produk kesehatan dan kosmetik, minyak kelapa konvensional sering digunakan untuk minyak makan. Selain itu nilai tambah komoditas kelapa dapat dihasilkan dengan memanfaatkan produk

sampingnya yang menggunakan prinsip zero emission sehingga limbah yang dibuang ke lingkungan menjadi sangat kecil. Beberapa contoh produk yang memanfaatkan produk samping minyakkelapa antara lain nata de coco dan *isotonic drink*.

2.3 Sensor

Sistem pengukuran ada untuk memberikan informasi nilai fisika dari variabel yang diukur. Salah satu kompoen utama dalam sistem pengukran adalah sensor. Sensor merupakan elemen yang menghasilkan output, dimana output tersebut merupakan fungsi dari pengukuran. Pada umumnya sensor memiliki keluaran yang linier atau mendekati linier [18].

Karakteristik sensor dibagi menjadi dua yaitu karakteristik statik dan dinamik. Karakteristik statik ditentukan oleh sifat sensor yang perubahan responnya tidak berubah terhadap waktu. Menurut John P. Bentley dalam bukuya Principle Of Measurement System, karakteristik statik suatu sensor sebagai berikut:

a. Range

Range masukan merupakan selisih nilai maksimum masukan (I_{min}) dan minimum masukan (I_{maks}). Range keluaran merupakan selisih nilai maksimum keluaran (O_{min}) dan minimum keluaran (O_{maks}).

b. Span

Span merupakan nilai variasi maksimum dari input atau output.

Input Span = Input max – Input min

Output Span = Output max – Output min

c. Linieritas

Dikatakan linier apabila hasil keluaran dari pengukuran memiliki nilai yang berbanding lurus. Linieritas sering dinyatakan sebagai hasil ideal dari sebuah pengukuran.

Nilai linieritas dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$O_{ideal} = KI + a \quad (2.3)$$

Dimana,

K merupakan slope garis lurus ideal yang dapat dinyatakan dengan $= \frac{O_{MAX} - O_{MIN}}{I_{MAX} - I_{MIN}}$, sedangkan a merupakan intercept garis lurus ideal = $O_{min} - KI_{min}$

d. Sensitivitas

Sensitivitas merupakan perubahan atau selisih nilai keluaran dibandingkan dengan perubahan atau selisih nilai masukan. Sensitivitas menunjukkan tingkat kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur.

Nilai sensitivitas dapat diketahui melalui persamaan:

$$\text{Sensitivitas} = \frac{O_{MAX} - O_{MIN}}{I_{MAX} - I_{MIN}} \times 100\% \quad (2.4)$$

e. Standar Deviasi

Standar deviasi menggambarkan seberapa jauh data menyimpang dari nilai rata-ratanya. Standar deviasi juga menggambarkan sebaran data. Standar Deviasi dapat diperoleh dengan persamaan:

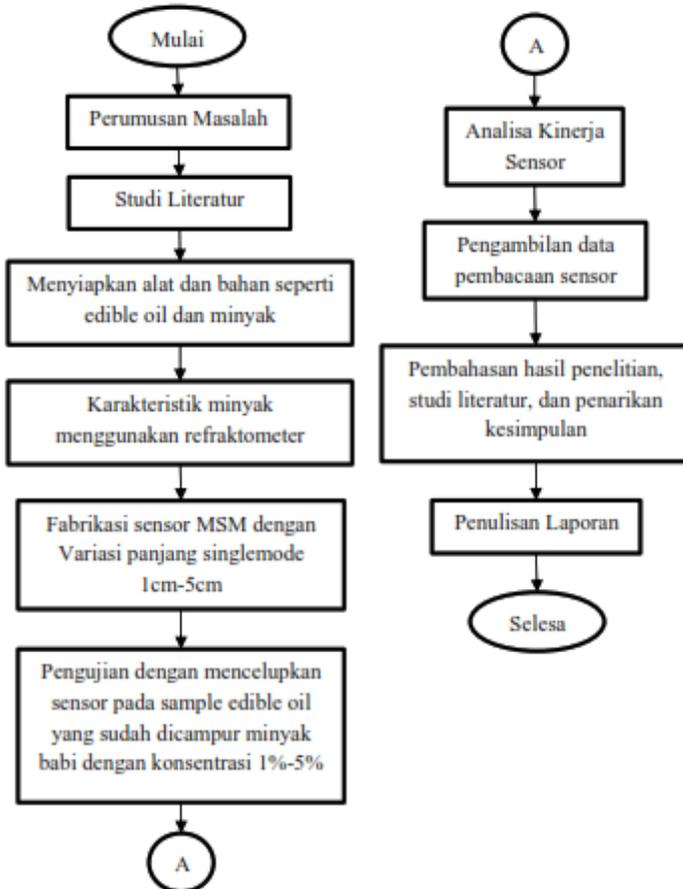
$$\Delta x = \sqrt{\frac{\sum(x_1 - x)^2}{n - 1}} \quad (2.5)$$

“Halaman ini memang dikosogkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan urutan langkah penelitian seperti pada **Gambar 3.1** berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan Diagram Alur Tugas Akhir diatas berikut ini merupakan penjelasan dari setiap bagian penelitian.

3.2 Persiapan Sample

Sebelum fabrikasi sensor hal yang harus dilakukan adalah menyiapkan sample terlebih dahulu. Pada proses ini terdapat dua tahapan yaitu ekstraksi minyak babi dan pencampuran minyak babi dengan konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 20%, 40%, 60%, dan 80% terhadap minyak kelapa dan minyak bunga matahari.

a. Ekstraksi Minyak Babi

Proses ini bertujuan mendapatkan minyak dari lemak babi, adapun alat yang dibutuhkan dalam ekstraksi minyak babi ini adalah:

- Kompor
- Panci 2 (Kecil dan sedang)
- Saringan
- Gloves
- Sendok
- Pisau
- wadah

Lemak Babi yang masih bercampur dengan kulit babi dipisahkan terlebih dahulu, kemudian ambil hanya lemaknya dan potong kecil kecil hal ini dilakukan agar pada proses pemanasan minyak babi cepat terbentuk. Siapkan 2 panci dengan ukuran berbeda. Panci yang lebih besar diisi dengan air secukupnya setelah itu panci yang lecih kecil diisi lemak babi. Panaskan kedua panci menggunakan kompor dan tunggu hingga lemak babi yang dipanaskan menghasilkan minyak kemudian pisahkan minyak dengan cara disaring dan dimasukkan ke dalam botol, untuk memaksimalkan dalam mendapatkan minyak ketika proses penyaringan lemak babi sedikit ditekan menggunakan sendok.



(a)

(b)

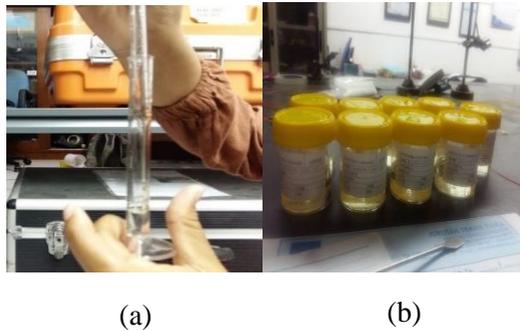
Gambar 3.2 Ekstraksi Lemak babi (a) Pemanasan Lemak Babi
(b) Hasil ekstraksi lemak babi

b. Pencampuran *Edible Oils* dengan Minyak Babi

Proses ini bertujuan untuk mendapatkan campuran yang sesuai antara edible oils dengan minyak babi. Alat dan bahan yang digunakan pada proses ini adalah:

- Gelas ukur kapasitas 5 ml
- Gelas ukur kapasitas 100 ml
- Pipet
- Wadah minyak
- Ultrasonic Bath

Edible oils yang digunakan pada penelitian ini adalah *minyak kelapa* dan *minyak bunga matahari*. Sebelum mulai pencampuran terlebih dahulu dihitung perbandingan antara edible oils dengan minyak babi. Mula mula campur minyak kelapa dengan minyak babi dengan variasi yang sudah ditentukan yaitu 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 20%, 40%, 60%, dan 80%. Setelah itu lakukan pengadukan pada *edible oil* yang sudah dicampur dengan minyak babi menggunakan *ultrasonic bath* selama 30 menit. Ulangi prosedur tersebut menggunakan minyak bunga matahari.



Gambar 3.3 Pencampuran Sample (a) Proses pencampuran sampel (b) Hasil pencampuran sample

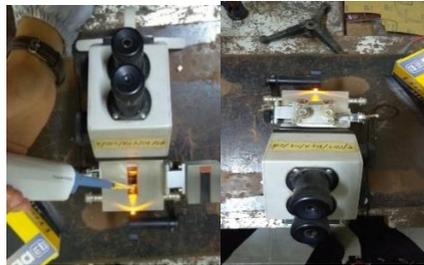
3.3 Pengukuran Indeks Bias Menggunakan Refraktometer Abbe

Setelah dilakukan pembuatan sample langkah selanjutnya adalah karakterisasi sample, hal ini bertujuan untuk mengetahui indeks bias dari sample yang akan digunakan.

Proses ini dilakukan untuk mengetahui nilai indeks bias dari minyak. Minyak yang diuji adalah minyak yang sering beredar di pasaran. Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam pengujian ini adalah:

- Tisu
- Refraktometer abbe
- Akuades
- Pipet

Refraktometer Abbe dibersihkan menggunakan aquades terlebih dahulu, kemudian teteskan sample yang akan diteliti pada refraktometer menggunakan pipet pada *day light plate*. Diatur fokus dan sesuaikan pola gelap terang dengan skala. Skala yang terbaca merupakan nilai indeks bias dari sample. Data karakterisasi indks bias menggunakan refraktometer abbe dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.



(a)

(b)

Gambar 3.4 Proses Pengujian Indeks Bias (a) Penempatan sample (b) penglihatan skala

3.4 Fabrikasi Sensor

Sensor dibuat dengan menyambungkan serat optik *singlemode* dengan dua serat optik multimode yang identik menggunakan *splicer* dengan struktur Multimode – *Singlemode* – Multimode. Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam fabrikasi sensor serat optik MSM adalah:

- Fusion Splicer type-ZIC Sumitomo Electric
- Optical power meter
- Fiber cleaver
- Fiber stripper
- Sumber cahaya
- Wadah akrilik
- Serat optik *singlemode*
- Serat optik multimode graded index pigtail
- Alkohol 96%
- Penggaris
- Tisu

Langkah awal dalam fabrikasi sensor ini adalah menyambungkan serat optik *singlemode* dengan serat optik multimode dan ditentukan panjang masing masing serat optik. Sebelum dilakukan penyambungan terlebih dahulu serat optik dikupas menggunakan *fiber stripper* kemudian untuk mendapatkan permukaan yang rata serat optik dipotong sedikit bagian ujungnya menggunakan *fiber cleaver* untuk serat optik *singlemode* kedua

ujungnya dipotong sedangkan untuk serat optik multimode yang dipotong hanya bagian ujung yang akan disambungkan dengan serat optik single mode, setelah itu serat optik dibersihkan menggunakan alkohol. Serat optik *singlemode* diletakkan pada ujung *splicer* dan serat optik multimode diletakkan pada ujung lainnya dengan jarak tertentu kemudian *splicer* ditutup dan dinyalakan. Monitor *splicer* akan menunjukkan apakah serat optik berhasil tersambung dan nilai loss dari sambungan serat optik tersebut. Langkah di atas diulangi dengan variasi panjang serat optik *singlemode* 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm, dan 5 cm.



(a)

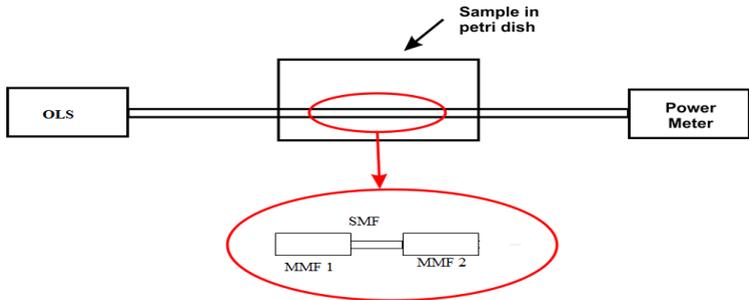
(b)

Gambar 3.5 Proses fabrikasi sensor (a) Serat optik dipotong supaya ujungnya rata (b) Penyambungan serat optik menggunakan splicer

3.5 Pengujian Sensor MSM

Sumber cahaya dihubungkan pada ujung sensor MSM dan ujung lainnya dihubungkan pada detector dan OPM. Struktur MSM bagian *Singlemode* yang berfungsi sebagai sensor diletakkan pada kaca preparat untuk kemudian dikenai sample yaitu minyak kelapa dan minyak bunga matahari yang dicampur dengan minyak babi sebesar 0%. Pengambilan data dilakukan dengan merekam 100 data menggunakan perangkat lunak PM100D Thorlab, setelah itu sample dibersihkan menggunakan tisu yang sudah . Langkah di atas diulangi untuk untuk sample dengan campuran minyak babi sebesar 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 20%, 40%, 60%, dan 80% pada

minyak kelapa dan sunlower oil, dilakukan hal serupa untuk sensor MSM dengan panjang *singlemode* 1 cm – 5 cm.



Gambar 3.6 Skema Pengujian

“Halaman ini memang dikosogkan”

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil dan analisis dari perancangan dan pengujian sensor untuk pendeteksi kandungan minyak babi yang terlarut pada minyak bunga matahari dan minyak kelapa berbasis serat optik berstruktur Multimode *Singlemode* Multimode. Pada bagian pertama akan dijelaskan karakterisasi awal minyak dan dilanjutkan dengan pengujian sensor serat optik MSM dengan variasi panjang multimode.

4.1 Hasil dan analisa Karakterisasi sample

Pada penelitian ini minyak yang digunakan adalah minyak kelapa dan minyak bunga matahari yang dilarutkan pada minyak babi. Hal ini dikarenakan kedua minyak tersebut sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan mudah ditemukan dipasaran, selain itu kedua minyak tersebut memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda.

Minyak bunga matahari, minyak kelapa, dan minyak babi memiliki warna yang hampir sama yaitu cenderung bening atau jernih sehingga sulit dibedakan. Selain warna minyak kelapa dan minyak babi memiliki titik cair yang sama yaitu minyak kelapa pada suhu 25 °C dan lard pada suhu 27 °C, sedangkan minyak bunga matahari memiliki titik cair yang lebih tinggi.

Karakterisasi dilakukan dengan menguji nilai indeks bias menggunakan refraktometer abbe. Adapun minyak yang diuji adalah minyak kelapa dan minyak bunga matahari dengan berbagai merek yang beredar di pasaran, yaitu barco, kara dan bawang berlian untuk minyak kelapa dan merek mazola, golden bridge dan dougo untuk minyak bunga matahari. Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai indeks bias minyak seperti pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Indeks Bias Minyak Menggunakan Refraktometer Abbe

No	Jenis Minyak	Indeks Bias
1	Minyak Bunga Matahari (Mazola)	1,473
2	Minyak Bunga Matahari (Golden Bridge)	1,473
3	Minyak Bunga Matahari (Dougo)	1,473
4	Minyak Kelapa (Barco)	1,455
5	Minyak Kelapa (Kara)	1,455
6	Minyak Kelapa (Bawang Berlian)	1,455
7	Minyak Babi	1,468

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Indeks Bias Sample Menggunakan Refraktometer Abbe

Konsentrasi Minyak Babi Terlarut (%)	Indeks Bias	
	Minyak Kelapa	Minyak Bunga Matahari
1	1,455	1,472
2	1,455	1,472
3	1,455	1,472
4	1,455	1,472
5	1,456	1,472
20	1,457	1,471
40	1,459	1,469
60	1,461	1,468
80	1,463	1,467

Pengujian menunjukkan nilai yang sama antar semua merek dari minyak kelapa maupun minyak bunga matahari, maka dari itu dipilih merek minyak yang paling umum digunakan yaitu kara untuk minyak kelapa dan mazola untuk minyak bunga matahari. Nilai indeks bias dari lard, sunflower, dan minyak kelapa secara berturut turut adalah 1,468 ; 1,473 ; 1,455.

Setelah diketahui nilai indeks bias masing masing minyak selanjutnya diukur kembali nilai indeks bias minyak bunga matahari dan minyak kelapa yang sudah tercampur dengan minyak babi. Hasil pengukuran indeks bias sample yang sudah dicampur minyak babi dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

4.2 Hasil dan Analisa Pengujian Sensor Deteksi Minyak Babi yang Terlarut pada Minyak Kelapa Berbasis Serat Optik MSM

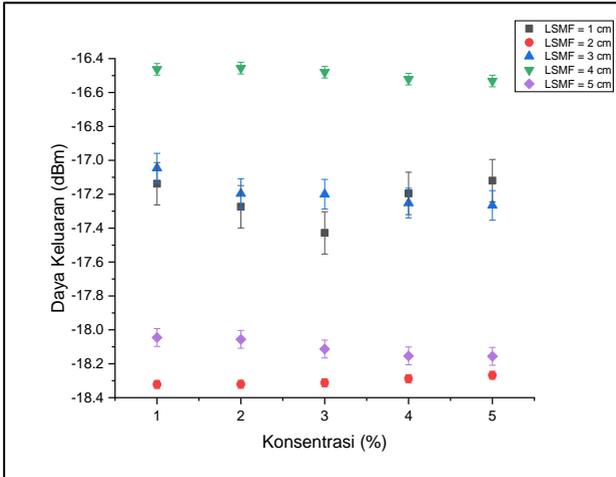
Setelah diketahui nilai indeks bias dari sample yang akan digunakan selanjutnya dilakukan pengujian sensor multimode *singlemode* multimode (MSM). Skema pengujian dapat dilihat pada **Gambar 3.6** , daya keluaran dari pengujian direcord menggunakan perangkat lunak Thorlabs PM100D dengan pengambilan data sebanyak 100 sample pada panjang gelombang 1550 nm.

Sebelum diukur daya keluaran dari minyak babi yang terlarut pada minyak kelapa , dilakukan pengukuran sensor MSM tanpa minyak. Hasil pengujian sensor MSM sebelum diberi minyak dengan panjang daerah sensing 1 cm sampai 5 cm secara berturut turut adalah -13,797 dBm, -15,301 dBm, -16,481 dBm, -14,343 dBm, dan -14,864 dBm.

Selanjutnya dilakukan pengujian sensor deteksi minyak babi yang terlarut pada minyak kelapa berbasis serat optik MSM dengan panjang daerah sensing 1 cm sampai 5 cm. Sample uji yang digunakan adalah minyak kelapa dengan campuran lard 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 20%, 40%, 60%, dan 80%.

Hasil dari pengujian sensor MSM dengan konsentrasi 1% sampai 5% ditunjukkan pada **Gambar 4.1** dan hasil pengujian

sensor MSM dengan konsentrasi kelipatan 20% ditunjukkan pada **Gambar 4.2**

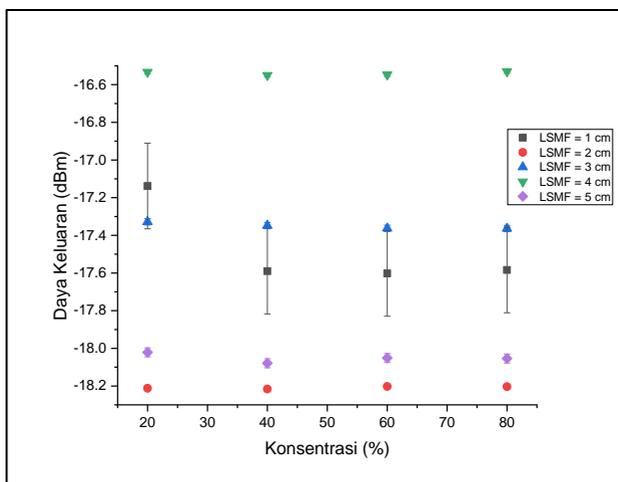


Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Daya Keluaran Sensor MSM pada minyak kelapa dengan konsentrasi lard 1% - 5%

Dari **Gambar 4.1** dapat diketahui bahwa daya keluaran pada konsentrasi 1% sampai 3% daerah sensing 1 cm mengalami penurunan, namun terjadi kenaikan pada konsentrasi 4% dan 5%. Pada daerah sensing 2 cm dapat diketahui bahwa trend yang muncul pada pengujian sensor MSM pada *minyak kelapa* dengan campuran lard 1% - 5% adalah trend naik. Meskipun pada konsentrasi campuran lard 1% daya keluaran hanya mengalami kenaikan yang kecil namun pada konsentrasi 2% hingga 5% nilai daya keluaran mengalami kenaikan yang signifikan. Sedangkan pada daerah sensing 3 cm dapat dilihat bahwa Nilai daya keluaran pada konsentrasi 1% memiliki selisih yang cukup besar dibandingkan data yang lain. Dapat diketahui bahwa grafik daya keluaran pada *minyak kelapa* konsentrasi 1% sampai 5% cenderung mengalami penurunan. Pada panjang *singlemode* 4 cm dapat diketahui bahwa pada konsentrasi 1% mengalami kenaikan,

namun dari konsentrasi 2% sampai 5% nilai daya keluaran mengalami penurunan yang cukup signifikan. Dari hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa trend pada daya keluaran minyak kelapa konsentrasi 1% sampai 5% adalah turun. Pada panjang *singlemode* 5 cm dapat diketahui bahwa pada minyak kelapa konsentrasi 1% sampai 5% nilai daya keluaran memiliki trend turun. Pada konsentrasi 2% ke 3% nilai daya keluaran mengalami selisih penurunan yang cukup tinggi dibanding yang lain.

Dari penjelasan masing masing panjang daerah sensing dapat disimpulkan bahwa mayoritas nilai daya keluaran minyak kelapa konsentrasi 1% sampai 5% memiliki trend turun.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Daya Keluaran Sensor MSM pada minyak kelapa dengan konsentrasi lard kelipatan 20%

Berdasarkan **Gambar 4.2** dapat diketahui bahwa pada daerah sensing 1 cm daya keluaran pada coconut dengan campuran lard kelipatan 20% memiliki trend yang cenderung stabil namun daya keluaran pada konsentrasi 20% menuju 40% mengalami penurunan yang cukup tinggi. Selain itu pada daerah sensing 2 cm daya keluaran minyak kelapa pada konsentrasi kelipatan 20% memiliki

trend yang cenderung stabil yaitu berkisar pada -18 dBm. Sedangkan pada daerah sensing 3 cm dapat diketahui bahwa nilai daya keluaran pada minyak kelapa konsentrasi kelipatan 20% mengalami penurunan meskipun hanya memiliki selisih kecil. Pada daerah sensing 4 cm pada konsentrasi 20% ke 40% daya keluaran mengalami penurunan kemudian mengalami kenaikan pada konsentrasi 40% sampai 80%. Dapat disimpulkan bahwa daya keluaran memiliki trend naik, namun kenaikannya hanya memiliki selisih yang kecil. Pada daerah sensing 5 cm dapat diketahui bahwa daya keluaran pada coconut dengan campuran lard kelipatan 20% memiliki trend yang cenderung stabil pada nilai -18,0 dBm. Namun pada konsentrasi 40% daya keluaran sempat mengalami sedikit penurunan.

Tabel 4.3 Hasil Karakteristik Statik Deteksi Lard Berbasis Serat Optik MSM yang Terlarut pada Minyak kelapa

Karakteristik Statik sensor	L SMF (cm)	Span		Sensitivitas (dBm/%)	Standar Deviasi (dBm)	Linieritas (R^2)
		Input	Output			
Minyak kelapa Konsentrasi 1% sampai 5%	1	2	0,290	0,145	0,145	0,998
	2	4	0,054	0,013	0,024	0,898
	3	4	0,220	0,055	0,087	0,807
	4	4	0,076	0,019	0,034	0,875
	5	4	0,111	0,028	0,053	0,925
Minyak kelapa Konsentrasi Kelipatan 20%	1	60	0,464	0,008	0,227	0,589
	2	60	0,014	0,0002	0,007	0,597
	3	60	0,036	0,001	0,017	0,889
	4	60	0,020	0,0003	0,010	0,024
	5	60	0,058	0,001	0,024	0,149

Setelah dilakukan pengujian terdapat sensor deteksi lard yang terlarut pada coconut, selanjutnya dilakukan analisis karakteristik statik sensor untuk mengetahui performansi dari sensor deteksi lard berbasis serat optik MSM. Karakteristik statik

sensor ini meliputi range, span, sensitivitas, linieritas, dan standar deviasi.

Hasil perhitungan karakteristik statik sensor deteksi lard yang terlarut pada minyak kelapa berbasis serat optik MSM dengan panjang SMF atau daerah sensing 1 cm sampai 5 cm dapat dilihat pada **Tabel 4.3**

Berdasarkan pengujian dan perhitungan pada **Tabel 4.3** dapat diketahui bahwa pada sensor deteksi minyak babi yang terlarut pada minyak kelapa, nilai sensitivitas yang paling tinggi adalah pada panjang 1 cm dengan nilai sensitivitas 0,145 dBm/% namun nilai range hanya 1% sampai 3% sehingga kurang efektif digunakan sebagai sensor, pada penelitian ini hasil optimum ada pada panjang *singlemode* 5 cm dengan nilai sensitivitas 0,028, nilai standar deviasi 0,053 dan nilai linieritas 0,925.

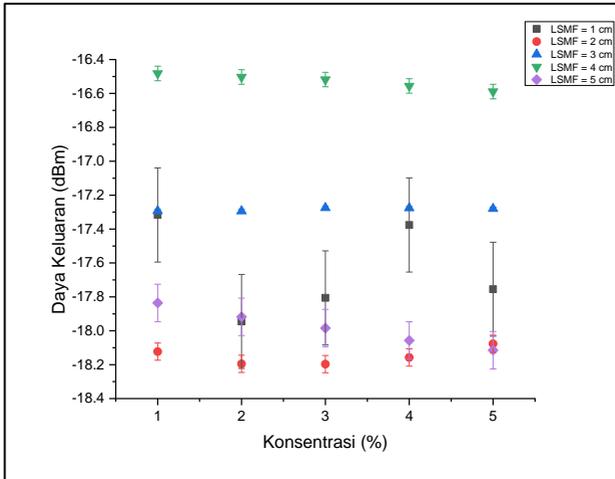
4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Sensor Deteksi Minyak Babi yang Terlarut pada Minyak Bunga Matahari Berbasis Serat Optik MSM

Tahapan pengujian selanjutnya adalah dilakukan pengujian sensor MSM untuk mendeteksi minyak babi yang terlarut pada minyak bunga matahari. Skema pengujian dapat dilihat pada **Gambar 3.6**, daya keluaran dari pengujian direcord menggunakan perangkat lunak Thorlabs PM100D dengan pengambilan data sebanyak 100 sample pada panjang gelombang 1550 nm.

Sebelum diukur daya keluaran dari minyak babi yang terlarut pada minyak bunga matahari, dilakukan pengukuran sensor MSM tanpa minyak. Hasil pengujian sensor MSM sebelum diberi minyak dengan panjang daerah sensing 1 cm sampai 5 cm secara berturut turut adalah -13,797 dBm, -15,301 dBm, -16,481 dBm, -14,343 dBm, dan -14,864 dBm.

Selanjutnya dilakukan pengujian sensor deteksi minyak babi yang terlarut pada Minyak bunga matahari berbasis serat optik MSM dengan panjang daerah sensing 1 cm sampai 5 cm. Sample uji yang digunakan adalah minyak bunga matahari dengan campuran lard 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 20%, 40%, 60%, dan 80%.

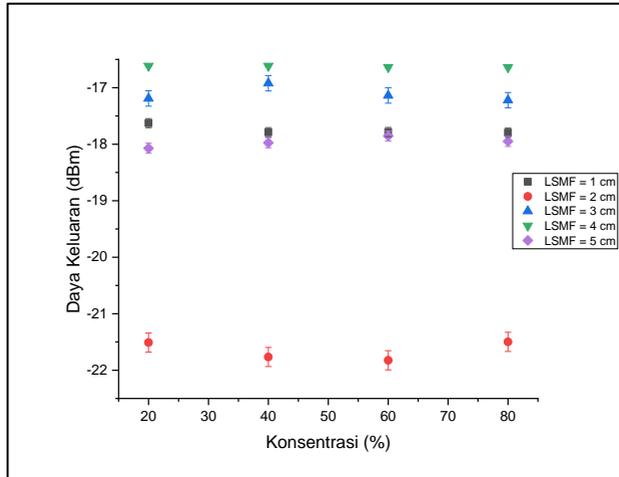
Hasil dari pengujian sensor MSM dengan konsentrasi 1% sampai 5% ditunjukkan pada **Gambar 4.3** dan hasil pengujian sensor MSM dengan konsentrasi kelipatan 20% ditunjukkan pada **Gambar 4.4**



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Daya Keluaran Sensor MSM pada minyak bunga matahari dengan konsentrasi lard 1% - 5%

Pada **Gambar 4.3** dapat diketahui bahwa pada daerah sensing 1 cm minyak bunga matahari konsentrasi 1% sampai 5% memiliki daya keluaran yang cenderung kurang stabil. Pada konsentrasi 1% ke 2% dan 4% ke 5% daya keluaran mengalami penurunan yang cukup tinggi. Pada grafik minyak bunga matahari dengan panjang daerah sensing 2 cm cenderung mengalami kenaikan, seperti yang terlihat pada konsentrasi 2% sampai konsentrasi 5%. Namun pada konsentrasi 1% daya keluaran mengalami kenaikan sebelum akhirnya mengalami penurunan pada 2%. Sedangkan pada daerah sensing 3 cm nilai daya keluaran cenderung stabil namun jika dilihat kembali nilai daya keluaran pada minyak bunga matahari konsentrasi 1% sampai 5% mengalami penurunan meskipun hanya memiliki selisih kecil. Pada daerah sensing 4 cm dapat diketahui bahwa nilai daya keluaran mengalami penurunan secara konsisten

mulai dari konsentrasi 1% sampai 5%. Selanjutnya pada daerah sensing 5 cm dapat diketahui bahwa pada minyak bunga matahari dengan konsentrasi minyak babi 1% sampai 5% memiliki trend daya keluaran yang menurun.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Daya Keluaran Sensor MSM pada minyak bunga matahari dengan konsentrasi lard kelipatan 20%

Berdasarkan pada **Gambar 4.4** dapat diketahui bahwa pada daerah sensing 1 cm Daya keluaran minyak bunga matahari pada konsentrasi kelipatan 20% memiliki trend yang cenderung stabil yaitu berkisar pada -17,00 dBm hal ini dikarenakan perbedaan indeks bias pada minyak bunga matahari ketika dicampur minyak babi memiliki selisih yang tidak begitu jauh. Pada daerah sensing 2 cm dapat diketahui bahwa daya keluaran pada konsentrasi 20% hingga 60% mengalami penurunan namun pada konsentrasi 60% ke 80% mengalami kenaikan. Sedangkan pada daerah sensing 3 cm nilai daya keluaran pada konsentrasi 20% ke 40% mengalami kenaikan. Namun pada konsentrasi 40% hingga 80% nilai daya keluaran mengalami penurunan, sehingga dapat disimpulkan bahwa trend daya keluaran pada sunfloweroil

konsentrasi kelipatan 20% adalah turun. Pada daerah sensing 4 cm dapat diketahui bahwa pada konsentrasi 20% ke 40% nilai daya keluaran cenderung stabil kemudian mengalami penurunan yang cukup tinggi pada konsentrasi 60% dan turun kembali pada konsentrasi 80%, dapat disimpulkan bahwa trend dari daya keluaran dari minyak bunga matahari konsentrasi kelipatan 20% adalah cenderung mengalami penurunan. Pada daerah sensing 5 cm dapat diketahui bahwa nilai daya keluaran pada minyak bunga matahari mengalamkenaikan pada konsentrasi 20% sampai 60% namun mengalami penurunan pada konsentrasi 80%.

Dari data dan hasil pengujian yang telah diperoleh dapat disimpulkan bahwa sensor deteksi minyak babi berbasis serat optik berstruktur MSM memiliki tren yang mayoritas turun pada minyak kelapa maupun minyak bunga matahari. Hal ini sudah sesuai dengan teori dimana minyak memiliki indeks bias yang lebih besar daripada core serat optik *singlemode*, indeks bias minyak berada sekitar 1,45 sampai 1,46 sedangkan indeks bias core serat optik *singlemode* adalah 1,44. Hal ini menyebabkan moda yang terpandu pada serat optik *singlemode* berubah menjadi moda evanesens sehingga nilai daya keluaran menjadi turun atau memiliki trend turun.

Setelah dilakukan pengujian terdapat sensor deteksi lard yang terlarut pada minyak bunga matahari, selanjutnya dilakukan analisis karakteristik statik sensor untuk mengetahui performansi dari sensor deteksi lard berbasis serat optik MSM. Karakteristik statik sensor ini meliputi range, span, sensitivitas, linieritas, dan standar deviasi.

Hasil perhitungan karakteristik statik sensor deketsi minyak babi yang terlarut pada minyak bunga matahari berbasis serat optik MSM dengan panjang SMF atau daerah sensing 1 cm sampai 5 cm. Data karakteristik statik dari sensor disajikan pada

Tabel 4.4

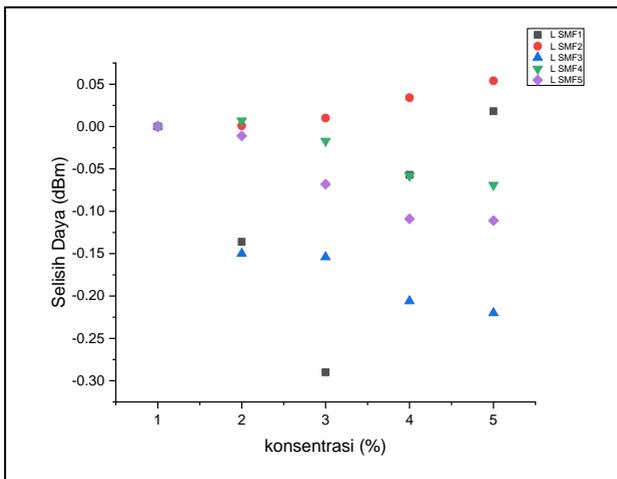
Tabel 4.4 Hasil Karakteristik Statik Deteksi Lard Berbasis Serat Optik MSM yang Terlarut pada Minyak bunga matahari

Karakteristik Statik sensor	L SMF (cm)	Span		Sensitivitas (dBm/%)	Standar Deviasi (dBm)	Linieritas (R^2)
		Input	Output			
Minyak bunga matahari Konsentrasi 1% sampai 5%	1	4	0,628	0,157	0,277	0,031
	2	4	0,120	0,030	0,051	0,161
	3	4	0,019	0,005	0,009	0,567
	4	4	0,107	0,027	0,043	0,972
	5	4	0,279	0,070	0,110	0,997
Minyak bunga matahari Konsentrasi Kelipatan 20%	1	60	0,168	0,003	0,081	0,638
	2	60	0,326	0,005	0,169	0,000
	3	60	0,301	0,005	0,136	0,087
	4	60	0,024	0,0004	0,013	0,847
	5	60	0,217	0,004	0,089	0,495

Berdasarkan pengujian dan perhitungan pada **Tabel 4.4** dapat diketahui bahwa pada sensor deteksi minyak babi yang terlarut pada *minyak bunga matahari*, nilai sensitivitas yang paling tinggi adalah pada panjang 1 cm dengan nilai sensitivitas 0,157 dBm/% namun nilai linieritas 0,031 sehingga kurang optimum, nilai sensitivitas *singlemode* 5 cm memiliki selisih yang kecil dengan *singlemode* 1 cm sehingga pada penelitian ini hasil optimum ada pada panjang *singlemode* 5 cm dengan nilai sensitivitas 0,07, nilai standar deviasi 0,11 dan nilai linieritas 0,997.

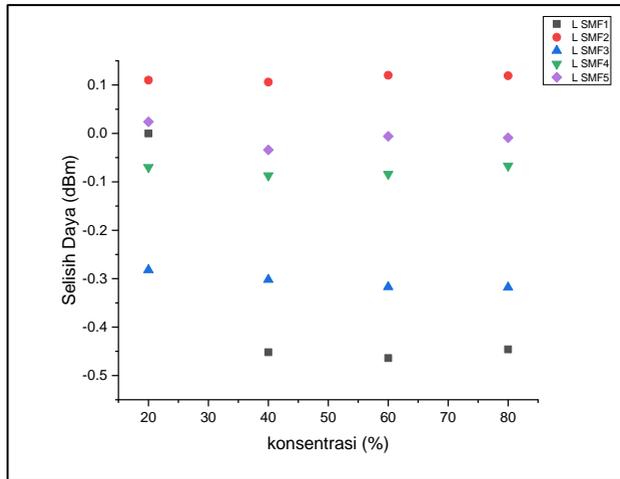
4.4 Hasil dan Analisa Data Normalisasi

Normalisasi bertujuan untuk mempermudah dalam melihat tren data. Data normalisasi diperoleh dengan menjadikan data 1% sebagai data awal, kemudian data selanjutnya didapatkan dari hasil pengurangan dengan data awal. Berdasarkan data aktual di dapatkan hasil normalisasi data seperti pada Lampiran 8 dan Grafik hasil normalisasi seperti pada **Gambar 4.5** sampai **Gambar 4.8**

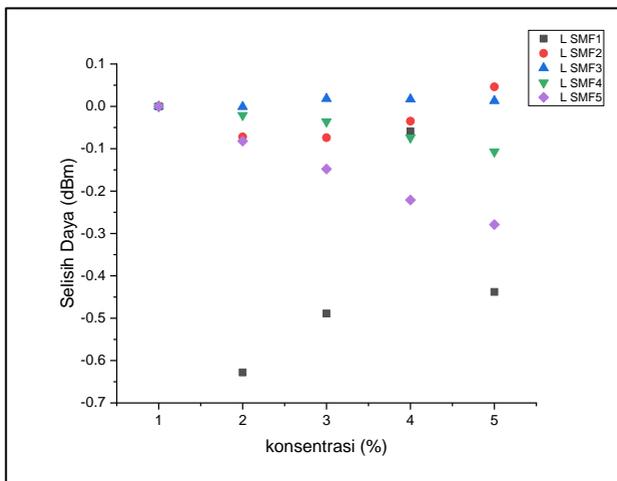


Gambar 4.5 Grafik Normalisasi Data Minyak Kelapa dengan Konsentrasi Minyak Babi Terlarut 1% - 5%

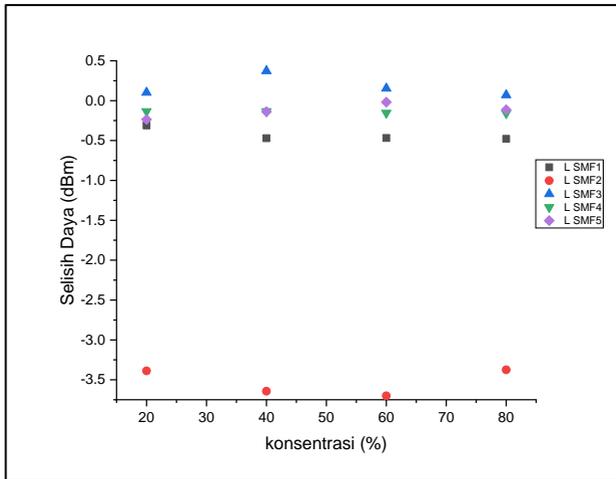
Gambar 4.5 dan **Gambar 4.6** menunjukkan data yang sudah di normalisasi pada sampel minyak kelapa. Pada konsentrasi 1% sampai 5% semua data mengalami tren turun kecuali pada panjang *singlemode* 2 cm. Pada konsentrasi kelipatan 20% data mengalami penurunan dengan selisih yang kecil, sehingga data cenderung stabil.



Gambar 4.6 Grafik Normalisasi Data Minyak Kelapa dengan Konsentrasi Minyak Babi Terlarut Kelipatan 20%



Gambar 4.7 Grafik Normalisasi Data Minyak Bunga Matahari dengan Konsentrasi Minyak Babi Terlarut 1% - 5%



Gambar 4.8 Grafik Normalisasi Data Minyak Bunga Matahari dengan Konsentrasi Minyak Babi Terlarut Kelipatan 20%

Gambar 4.7 dan **Gambar 4.8** menunjukkan data yang sudah di normalisasi pada sampel minyak bunga matahari. Pada konsentrasi 1% sampai 5% data dengan panjang *singlemode* 3cm, 4cm, dan 5cm mengalami penurunan sedangkan *singlemode* dengan panjang 1 cm dan 2 cm mengalami kenaikan . Pada konsentrasi kelipatan 20% semua data cenderung mengalami penurunan dengan selisih yang tidak terlalu besar.

Selanjutnya dihitung nilai karakteristik statik sensor dari data yang sudah dinormalisasi. Sebelum dilakukan perhitungan dilihat terlebih dahulu daerah yang paling sensitif pada setiap variasi panjang *singlemode* untuk menentukan range dan *linier fitting*.

Tabel 4.5 dan **Tabel 4.6** menunjukkan perhitungan karakteristik statik sensor pada sampel minyak kelapa dan minyak bunga matahari.

Tabel 4.5 Karakteristik Statik Sensor Data Normalisasi pada Minyak Kelapa

Karakteristik Statik sensor	L SMF (cm)	Range	Sensitivitas (dBm/%)	Standar Deviasi (dBm)	Linieritas (R^2)
Minyak kelapa Konsentrasi 1% sampai 5%	1	1	-0,0453	0,10889	1
	2	2	0,0108	0,02203	0,9972
	3	2	-0,0308	0,03477	0,9005
	4	3	0,0014	0,03545	0,9595
	5	3	-0,0022	0,04689	0,8813

Berdasarkan nilai perhitungan pada Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa panjang yang paling optimum digunakan sebagai sensor adalah 4 cm dengan nilai range 3, sensitivitas 0,0014 dBm/%, nilai standar deviasi 0,03545 dan nilai linieritas 0,9595.

Tabel 4.6 Karakteristik Statik Sensor Data Normalisasi pada Minyak Bunga Mathari

Karakteristik Statik sensor	L SMF (cm)	Range	Sensitivitas (dBm/%)	Standar Deviasi (dBm)	Linieritas (R^2)
Minyak kelapa Konsentrasi 1% sampai 5%	1	1	-0,163	0,0982	1
	2	2	0,0092	0,0612	0,96077
	3	2	0,0036	0,0026	0,89286
	4	3	-0,0042	0,0387	0,97329
	5	3	-0,0164	0,0858	0,99818

Berdasarkan nilai perhitungan pada Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa panjang yang paling optimum digunakan sebagai sensor adalah 5 cm dengan nilai range 3, sensitivitas -0.0164 dBm/%, nilai standar deviasi 0.0858 dan nilai linieritas 0,99818.

“Halaman ini memang dikosogkan”

BAB V

KESIMPULAN

Bab ini terdiri dari kesimpulan dari penelitian tugas akhir ini dan saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain serat optik berstruktur MSM yang paling optimal sebagai sensor deteksi minyak babi yang terlarut pada minyak kelapa adalah 4cm dan minyak bunga matahari adalah sensor dengan panjang *singlemode* 5 cm.
2. Karakteristik statik sensor pada minyak kelapa dengan panjang *Singlemode* 4 cm memiliki nilai range 3, sensitivitas 0,0014 dBm/%, nilai standar deviasi 0,03545 dan nilai linieritas 0,9595. Pada sampel minyak bunga matahari, nilai optimum pada panjang 5 cm dengan nilai range 3, sensitivitas -0.0164 dBm/%, nilai standar deviasi 0.0858 dan nilai linieritas 0,99818.

5.2 Saran

Pada penelitian tugas akhir ini, terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki. Saran yang dapat diberikan penulis terkait dengan pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam membuat sensor serat optik dengan struktur MSM dibutuhkan leaver dengan skala yang lebih panjang agar hasil pemotongan lebih presisi.
2. Diperlukan alat bantu supaya posisi serat optik lebih stabil pada saat pengambilan data.

“Halaman ini memang dikosogkan”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rohman, Y. B. Cheman, P. Hasyim and A. Ismail, "FTIR spectroscopy combined with chemometrics for analysis of lard adulteration in some vegetable oils," *CyTA - Journal of Food*, vol. 9, no. 2, p. 96–101, 2011.
- [2] R. Johnson, "Food Fraud and “Economically Motivated Adulteration” of Food and Food Ingredients," CSR Report, 2014.
- [3] Y. B. Cheman, "Detection of lard adulteration in RBD palm olein using an electronic nose," *Food Chemistry Elsevier*, vol. 90, p. 829–835, 2005.
- [4] D. Indastri, Y. B. Cheman, S. Mustafa and H. M. Dzulkifly, "Lard detection based on fatty acids profile using comprehensive gas chromatography hyphenated with time-of-flight mass spectrometry," *Food Chemistry Elsevier*, vol. 122, p. 1273–1277, 2010.
- [5] M. A. Sairin, N. Naquinah, A. Nizar, A. A. Samsuzana and D. M. Hasyim, "Potential of Dielectric Spectroscopy Measurement for Lard Detection," *2015 Ninth International Conference on Sensing Technology*, pp. 722-727, 2015.
- [6] R. Kuntaraco, A. M. Hatta, Sekartedjo and C. A. Prastyanto, "Experimental Characterization of a load sensor based on singlemode - multimode - singlemode (SMS) fiber structure with a variation of the number of bends," *Journal of proceeding series*, vol. 1, pp. 2354 - 6026, 2014.
- [7] Y. S. A. H. P. W. a. G. F. Q. Wu, Q. Wu, Y. Semenova, A. M. Hatta, P. Wang and G. Farrel, "Bent SMS fibre structure for temperature measurement," *Electronics Letters*, vol. 46, no. 16, 2010.
- [8] A. M. Hatta, Y. Semenova, G. Rajan and G. Farrel, "A Voltage Sensor Based On A Singlemode–Multimode–

- Singlemode Fiber Structure," *Microwave And Optical Technology Letters*, vol. 52, no. 8, pp. 1887-1890, 2010.
- [9] A. S. N. W. G. Ramesh B. Malla, "A Special Fiber Optic Sensor for Measuring Wheel Loads of Vehicles on Highways," *Sensors*, vol. 8, pp. 2551-2568, 2008.
- [10] F. I. Husada, "Desain Sensor Berbasis Plastic Optical Fiber (POF) Dengan Konfigurasi U-Shaped Untuk Deteksi Kandungan Lemak Babi Terlarut Pada Minyak Sawit," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.
- [11] J. Tang, S. Pu, S. Dong and L. Luo, "Magnetic Field Sensing Based on Magnetic-Fluid-Clad Multimode-Singlemode-Multimode Fiber Structures," *Sensors*, vol. 14, pp. 19086-19094, 2014.
- [12] A. Kumar, R. K. Varshney, S. Antony.C and P. Sharma, "Transmission characteristics of SMS fiber optic sensor structures," *Optics Communications ELSEVIER*, pp. 215-219, 2003.
- [13] MARFU'AH, "RANCANG BANGUN SENSOR ALKOHOL BERBASIS SERAT OPTIK BERSTRUKTUR MULTIMODE-SINGLEMODE-MULTIMODE," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [14] R. Biswas and P. Karmakar, "All fiber optic hetero-core spliced multimode single mode multimode filter," *Opt Quant Electron*, vol. 48, p. 385, 2016.
- [15] B. BUDIPRAYOGO, "PENGARUH SUHU PROSES TERHADAP KESTABILAN EDIBLE OILS dan FATS BERSUMBER NABATI," UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA, Surabaya, 2017.
- [16] H. S. WILL H. SHEAPZOY, "Edible Oil," *INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY ACS*, vol. 42, no. 7, pp. 1266-1278, 1950.
- [17] P. I. Konstantina, N. V. Chantzios and G. A. Mousdis, "Synchronous Fluorescence Spectroscopy: Tool for Monitoring Thermally Stressed Edible Oils," *Journal of*

Agricultural and Food Chemistry, vol. 57, p. 8194–8201, 2009.

- [18] A. S. Morris, *Measurement and Instrumentation Principle*, England: A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 2001.

LAMPIRAN A

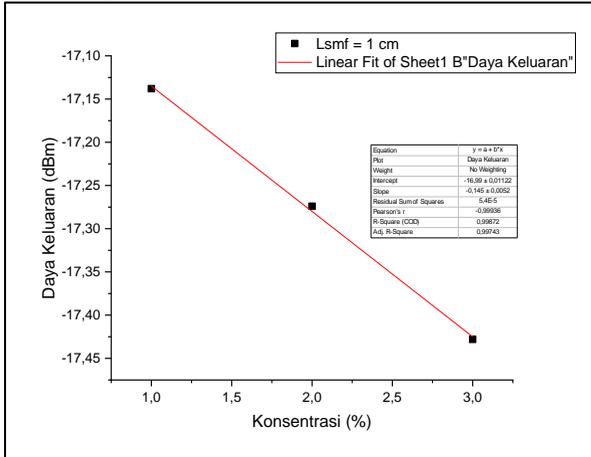
HASIL PENGUJIAN SENSOR MSM

Konsentrasi (%)	L SMF 1 cm		L SMF 2 cm		L SMF 3 cm		L SMF 4 cm		L SMF 5 cm	
	Coconut	Sunflower								
0	-18.192	-18.192	-18.322	-18.141	-16.705	-16.764	-16.498	-16.47	-18.039	-17.89
1	-17.138	-17.317	-18.322	-18.123	-17.046	-17.293	-16.463	-16.482	-18.045	-17.836
2	-17.274	-17.945	-18.321	-18.195	-17.196	-17.294	-16.456	-16.503	-18.056	-17.918
3	-17.428	-17.806	-18.312	-18.197	-17.2	-17.275	-16.48	-16.518	-18.113	-17.984
4	-17.195	-17.376	-18.288	-18.158	-17.252	-17.276	-16.521	-16.556	-18.154	-18.057
5	-17.12	-17.755	-18.268	-18.077	-17.266	-17.28	-16.532	-16.589	-18.156	-18.115
20	-17.138	-17.628	-18.212	-21.511	-17.328	-17.191	-16.533	-16.616	-18.021	-18.072
40	-17.59	-17.788	-18.216	-21.766	-17.348	-16.921	-16.55	-16.616	-18.079	-17.975
60	-17.602	-17.785	-18.202	-21.824	-17.363	-17.139	-16.547	-16.637	-18.051	-17.855
80	-17.584	-17.796	-18.203	-21.498	-17.364	-17.222	-16.53	-16.64	-18.054	-17.95
100	-20.526	-20.526	-21.271	-21.271	-17.74	-17.74	-16.599	-16.599	-18.7	-18.7

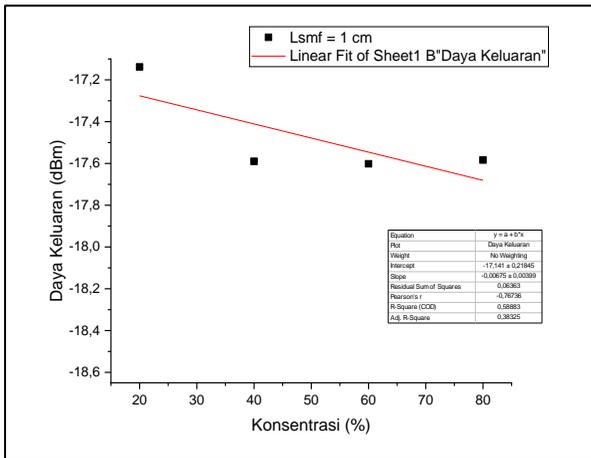
LAMPIRAN B

GRAFIK LINIERITAS PADA ORIGIN

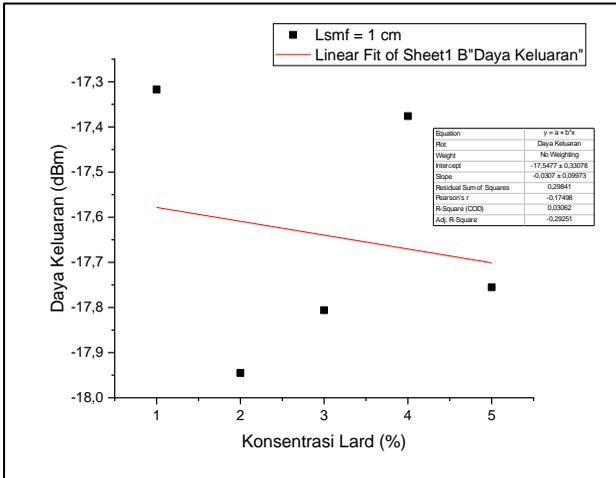
B.1 Hasil Grafik Linieritas pada Origin dengan Panjang Singlemode 1 cm



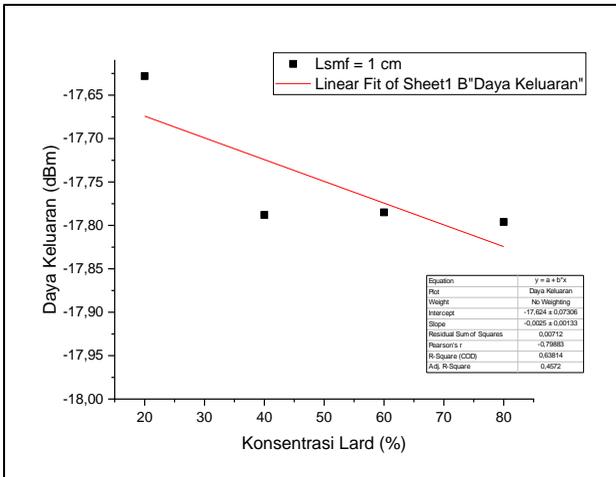
Gambar Grafik Linieritas pada Coconut + Lard 1% - 5%



Gambar Grafik Linieritas pada Coconut + Lard Kelipatan 20%

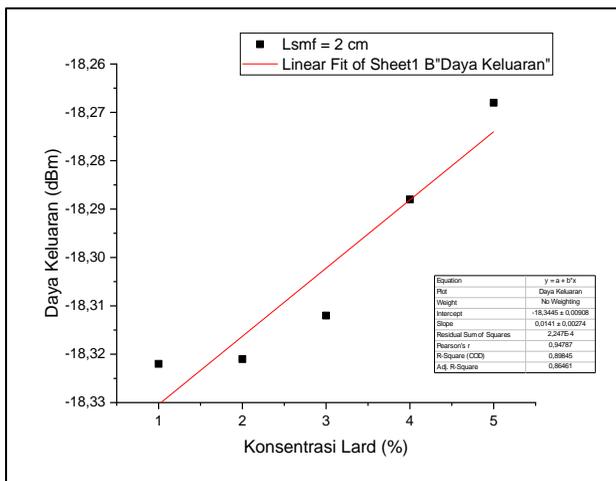


Gambar Grafik Linieritas pada Sunflower + Lard 1% - 5%

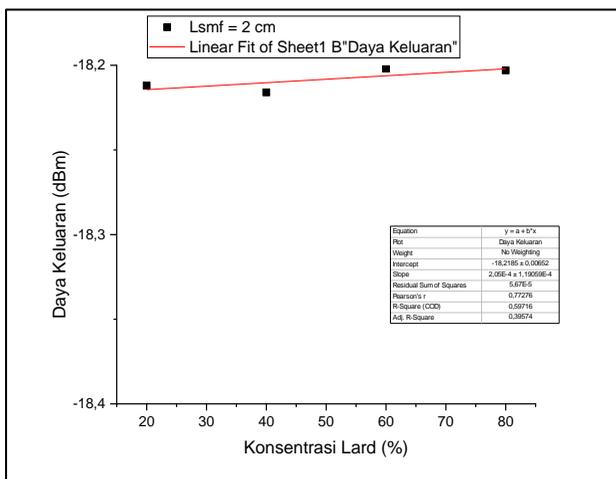


Gambar Grafik Linieritas pada Sunflower + Lard Kelipatan 20%

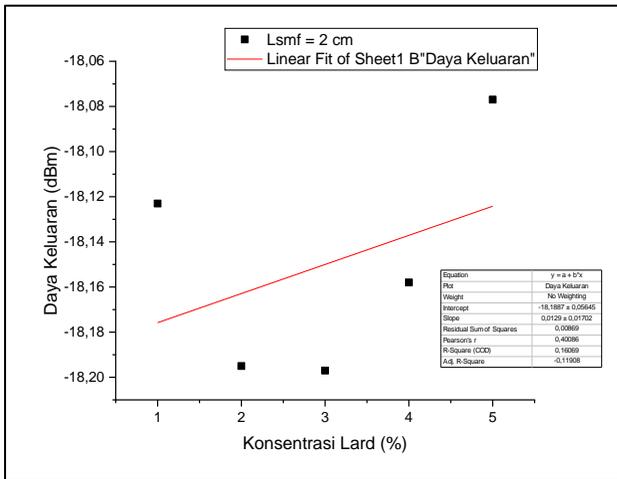
B.2 Hasil Grafik Linieritas pada Origin dengan Panjang Singlemode 2 cm



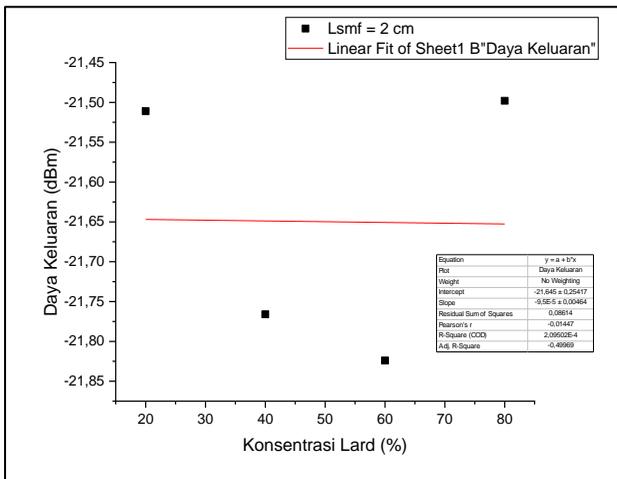
Gambar Grafik Linieritas pada Coconut + Lard 1% - 5%



Gambar Grafik Linieritas pada Coconut + Lard Kelipatan 20%

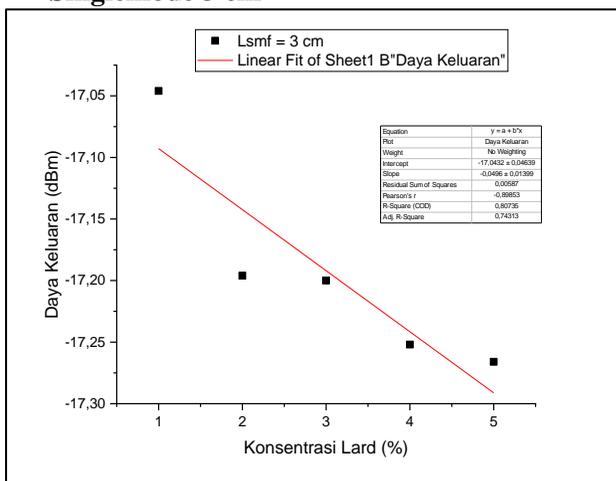


Gambar Grafik Linieritas pada Sunflower + Lard 1% - 5%

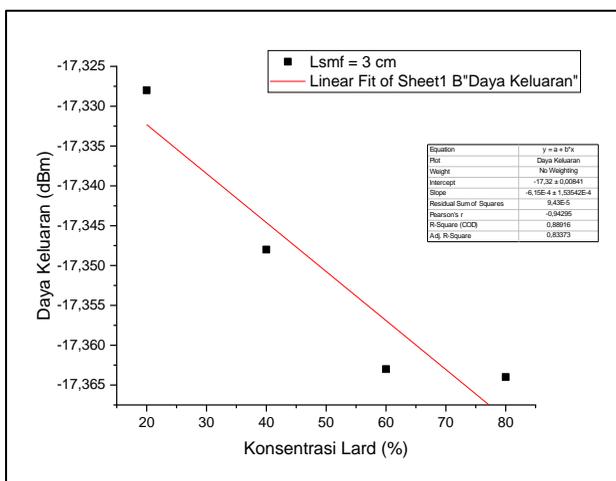


Gambar Grafik Linieritas pada Sunflower + Lard Kelipatan 20%

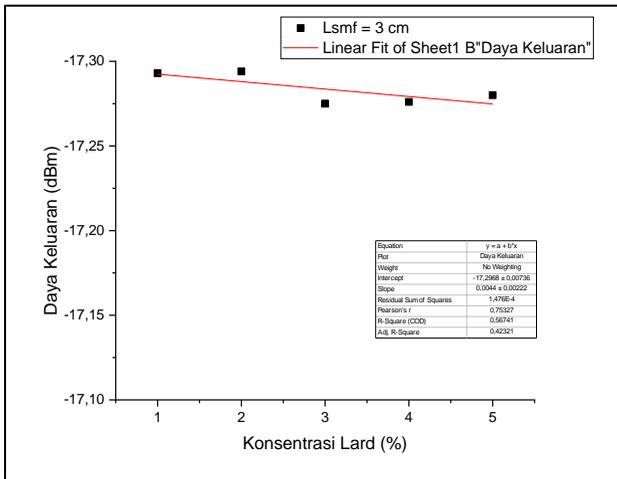
B.3 Hasil Grafik Linieritas pada Origin dengan Panjang Singlemode 3 cm



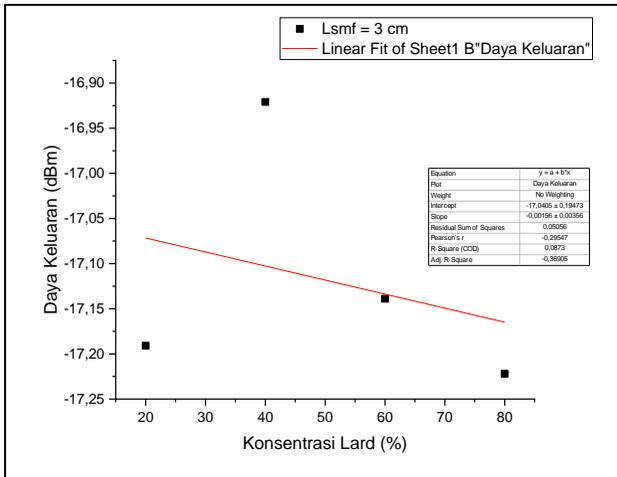
Gambar Grafik Linieritas pada Coconut + Lard 1% - 5%



Gambar Grafik Linieritas pada Coconut + Lard Kelipatan 20%

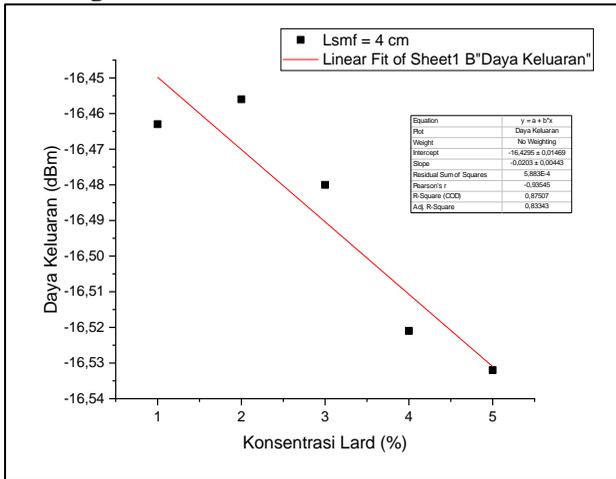


Gambar Grafik Linieritas pada Sunflower+ Lard 1% - 5%

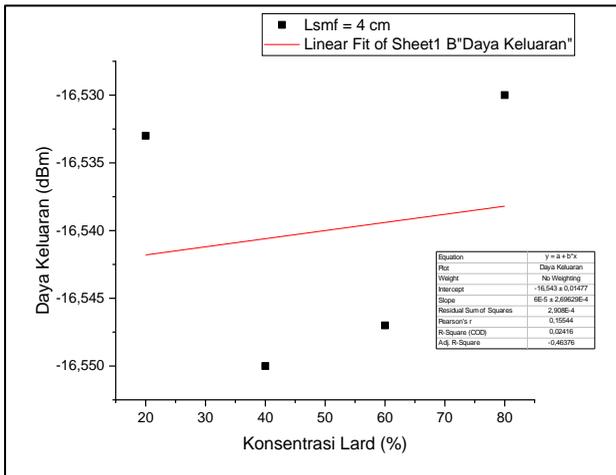


Gambar Grafik Linieritas pada Sunflower+ Lard Kelipatan 20%

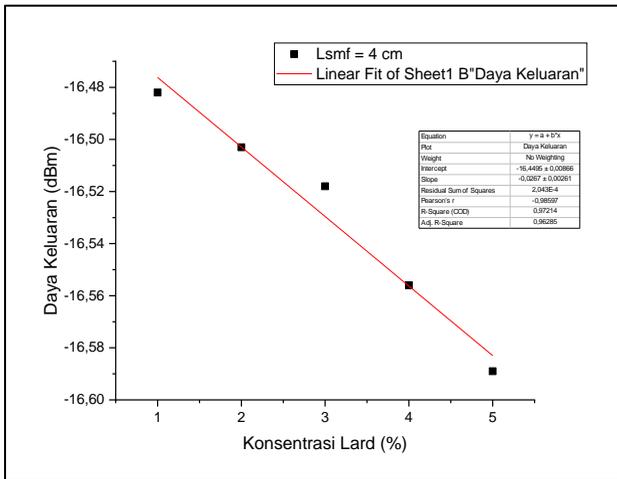
B.4 Hasil Grafik Linieritas pada Origin dengan Panjang Singlemode 4 cm



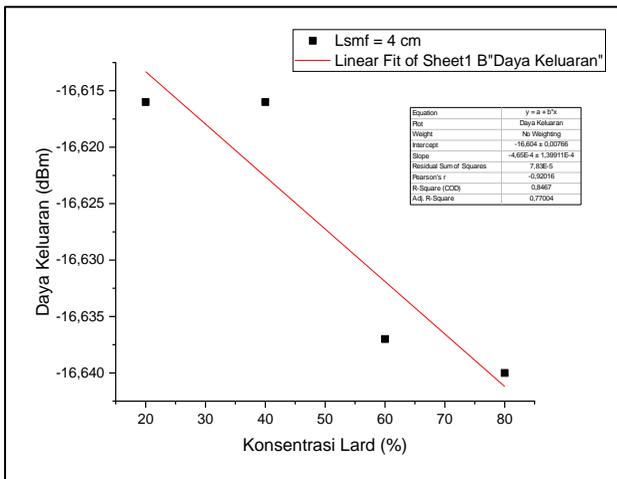
Gambar Grafik Linieritas pada Coconut + Lard 1% - 5%



Gambar Grafik Linieritas pada Coconut + Lard Kelipatan 20%

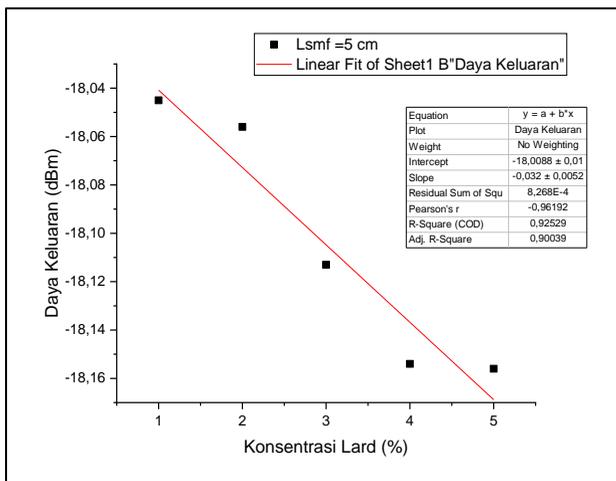


Gambar Grafik Linieritas pada Sunflower+ Lard 1% - 5%

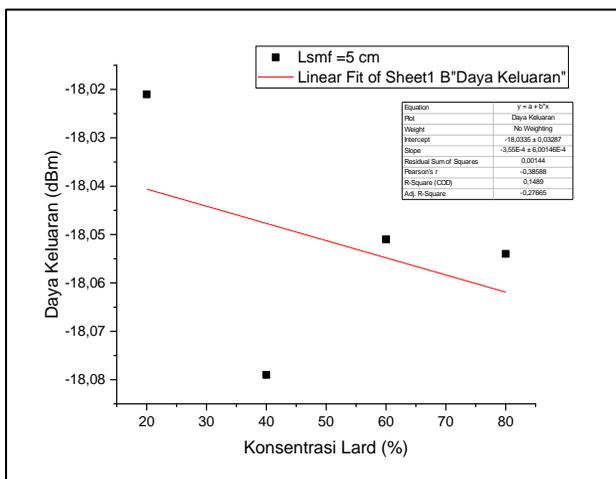


Gambar Grafik Linieritas pada Sunflower+ Lard Kelipatan 20%

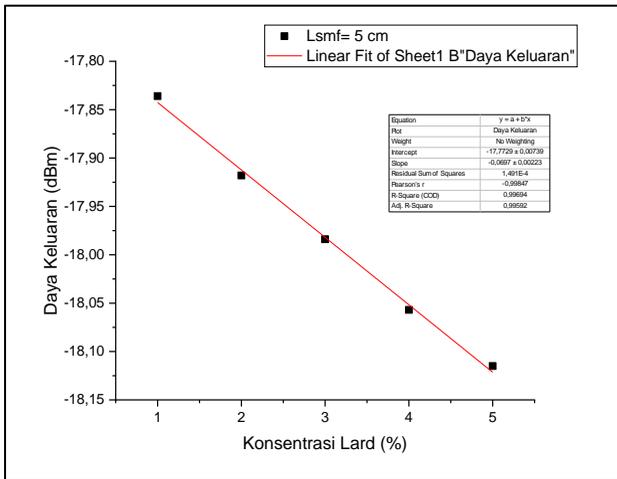
B.5 Hasil Grafik Linieritas pada Origin dengan Panjang Singlemode 5 cm



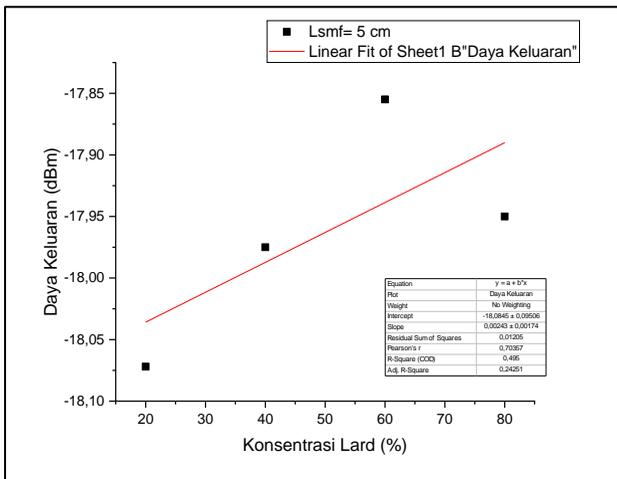
Gambar Grafik Linieritas pada Coconut + Lard 1% - 5%



Gambar Grafik Linieritas pada Coconut+ Lard Kelipatan 20%



Gambar Grafik Linieritas pada Sunflower+ Lard 1% - 5%



Gambar Grafik Linieritas pada Sunflower+ Lard Kelipatan 20%

LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENELITIAN

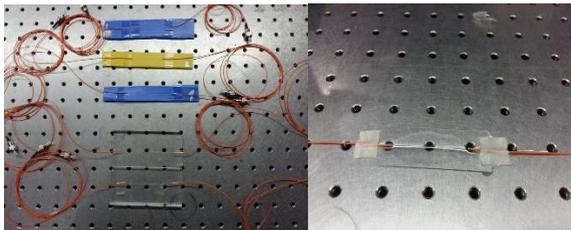
C.1 Ekstraksi Minyak Babi



C.2 Sample yang Digunakan



C.3 Sensor MSM



LAMPIRAN D
DATA HASIL NORMALISASI

D.1 Data Normalisasi Minyak Kelapa

konsentrasi Minyak Babi (%)	Panjang Singlemode				
	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
1	0	0	0	0	0
2	-0.136	0.001	-0.150	0.007	-0.011
3	-0.290	0.010	-0.154	-0.017	-0.068
4	-0.057	0.034	-0.206	-0.058	-0.109
5	0.018	0.054	-0.220	-0.069	-0.111
20	0.000	0.110	-0.282	-0.070	0.024
40	-0.452	0.106	-0.302	-0.087	-0.034
60	-0.464	0.120	-0.317	-0.084	-0.006
80	-0.446	0.119	-0.318	-0.067	-0.009
100	-3.388	-2.94	-0.694	-0.136	-0.655

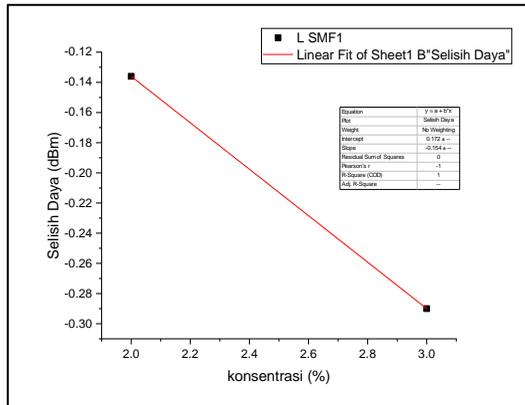
D.2 Data Normalisasi Minyak Bunga Matahari

konsentrasi Minyak Babi (%)	Panjang Singlemode				
	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
1	0	0	0	0	0
2	-0.628	-0.072	-0.001	-0.021	-0.082
3	-0.489	-0.074	0.018	-0.036	-0.148
4	-0.059	-0.035	0.017	-0.074	-0.221
5	-0.438	0.046	0.013	-0.107	-0.279
20	-0.311	-3.388	0.102	-0.134	-0.236
40	-0.471	-3.643	0.372	-0.134	-0.139
60	-0.468	-3.701	0.154	-0.155	-0.019
80	-0.479	-3.375	0.071	-0.158	-0.114

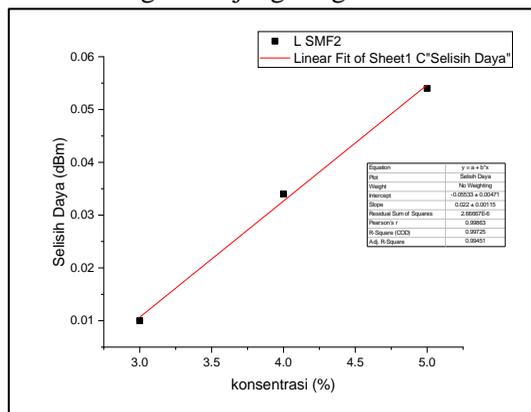
LAMPIRAN E

GRAFIK LINIERITAS DATA NORMALISASI PADA ORIGIN

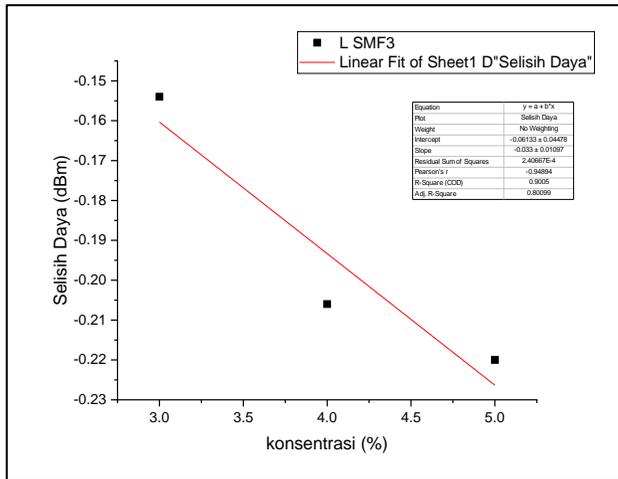
E.1 Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Kelapa pada Origin



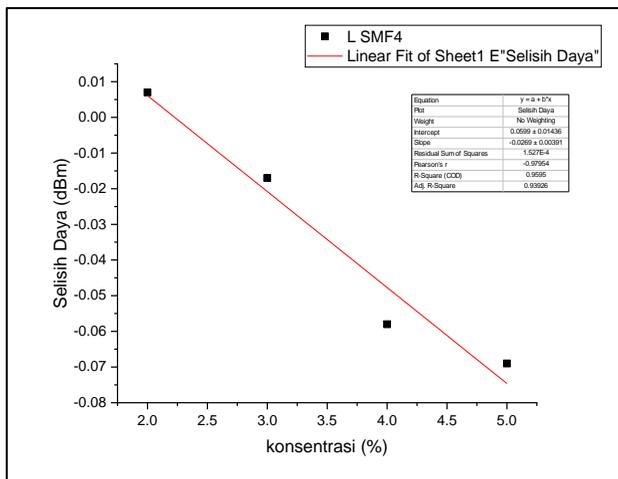
Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Kelapa pada Origin dengan Panjang Singlemode 1 cm



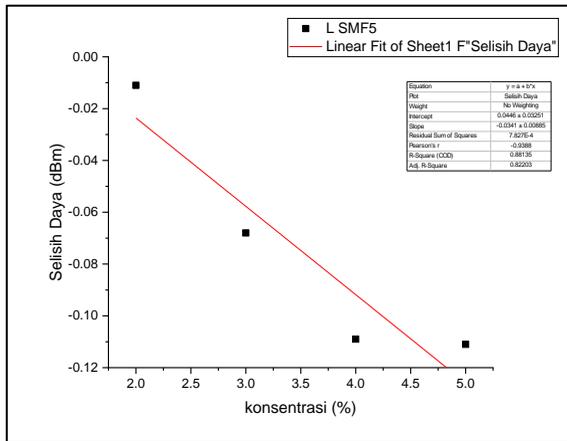
Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Kelapa pada Origin dengan Panjang Singlemode 2 cm



Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Kelapa pada Origin dengan Panjang Singlemode 3 cm

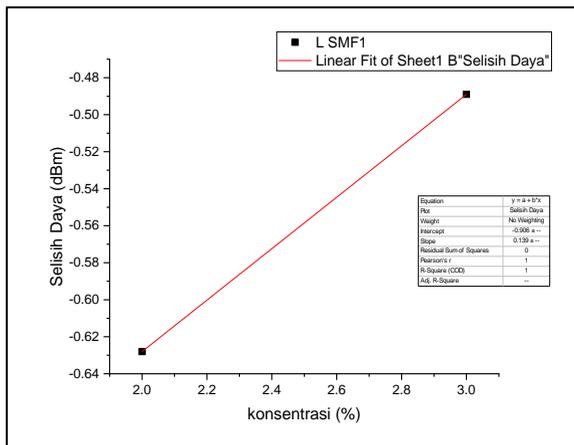


Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Kelapa pada Origin dengan Panjang Singlemode 4 cm

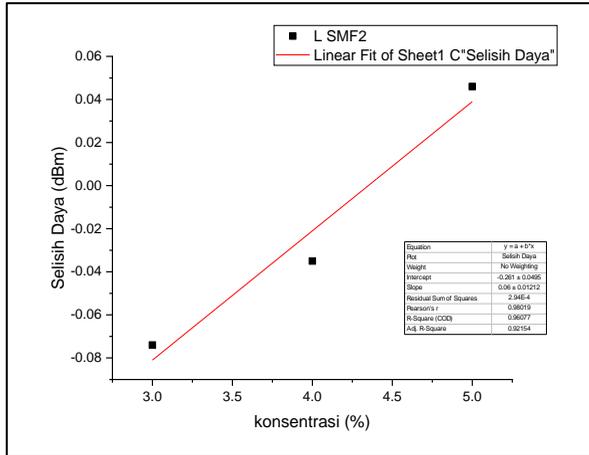


Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Kelapa pada Origin dengan Panjang Singlemode 5 cm

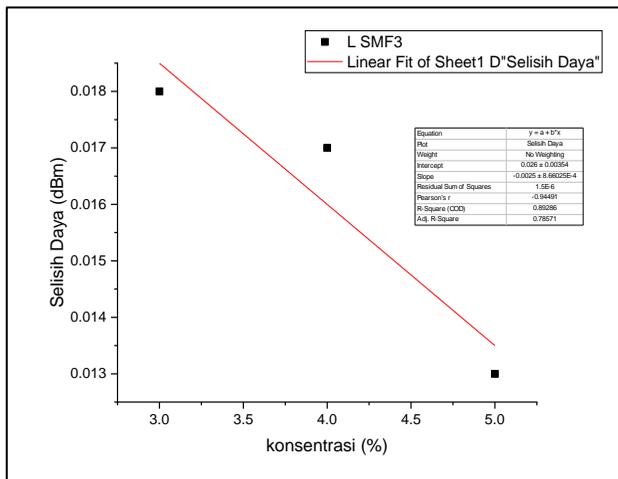
E.2 Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Bunga Matahari pada Origin



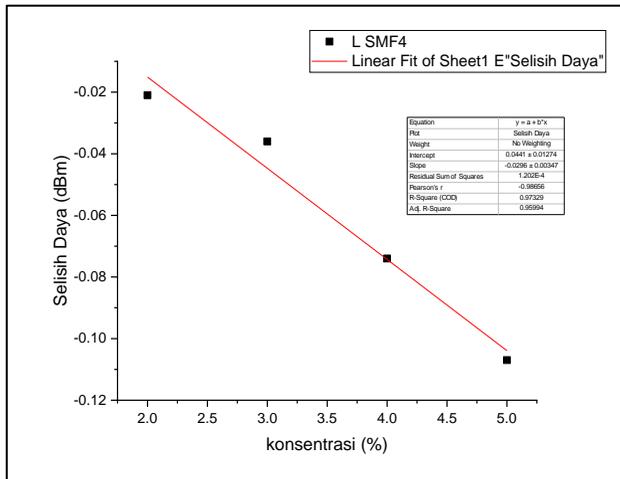
Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Bunga Matahari pada Origin dengan Panjang Singlemode 1 cm



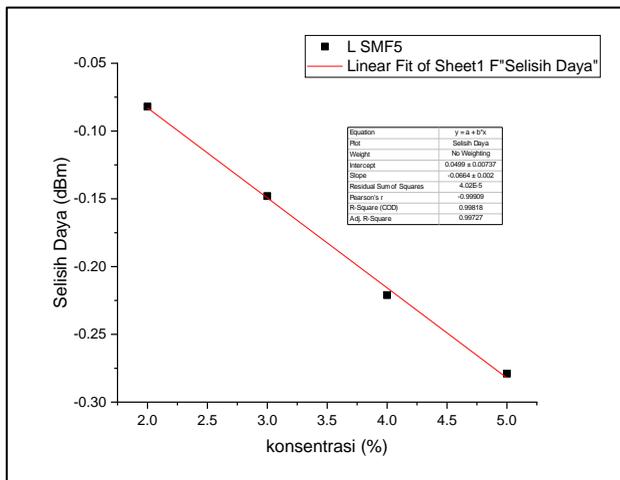
Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Bunga Matahari pada Origin dengan Panjang Singlemode 2 cm



Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Bunga Matahari pada Origin dengan Panjang Singlemode 3 cm



Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Bunga Matahari pada Origin dengan Panjang Singlemode 4 cm



Grafik Linieritas Data Normalisasi Minyak Bunga Matahari pada Origin dengan Panjang Singlemode 5 cm

BIODATA PENULIS



Lahir pada tanggal 10 Januari 1996 di Demak. Penulis merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis memulai pendidikan formal di SDN Ngegot dan lulus pada tahun 2008 dan melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Demak dan lulus pada tahun 2011. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Kudus. Lulus dari pendidikan SMA pada 2014. Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Gadjah

Mada jurusan D3 metrologi Instrumentasi dan lulus pada tahun 2017, selama masa perkuliahan di UGM penulis aktif di beberapa organisasi hingga akhirnya melanjutkan pendidikan dan terdaftar sebagai mahasiswa Lintas Jalur di Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2017. Selama menjadi mahasiswa di ITS penulis mengambil bidang minat rekayasa fotonika. Penulis memiliki pengalaman kerja praktek di Pusat Penelitian Fisika LIPI (PPF – LIPI) dengan tema penelitian serat optik sebagai sensor WIM (*Weight in Motion*). Penulis memiliki moto hidup, “Hidup adalah ketika kita dapat memberi kontribusi lebih dan orang lain merasakan kebermanfaatannya”. Penulis dapat dihubungi di email zuhaidahilmiana@gmail.com