



TUGAS AKHIR - TF 181801

**RANCANG BANGUN SENSOR BERBASIS SERAT
OPTIK *U-SHAPED MULTIMODE-SINGLEMODE-
MULTIMODE (MSM)* UNTUK DETEKSI
KANDUNGAN MINYAK BABI TERLARUT PADA
MINYAK KELAPA DAN MINYAK BUNGA
MATAHARI**

Aliefa Tasya Azzahra
NRP. 0231 1745 000 025

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

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

“Halaman ini memang dikosongkan”



FINAL PROJECT - TF 181801

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

Aliefa Tasya Azzahra
NRP. 0231 1745 000 025

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

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

“Halaman ini memang dikosongkan”

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Aliefa Tasya Azzahra
NRP : 02311745000025
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 Sensor Berbasis Serat Optik *U-Shaped Multimode-Singlemode-Multimode* (MSM) untuk Deteksi Kandungan Minyak Babi Terlarut pada Minyak Kelapa dan Minyak Bunga Matahari” 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, 30 Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Aliefa Tasya Azzahra
NRP. 02311745000025

“Halaman ini memang dikosongkan”

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN SENSOR BERBASIS SERAT OPTIK
U-SHAPED MULTIMODE-SINGLEMODE-MULTIMODE
(MSM) UNTUK DETEKSI KANDUNGAN MINYAK BABI
TERLARUT PADA MINYAK KELAPA DAN MINYAK
BUNGA MATAHARI**

Oleh:

Aliefa Tasva Azzahra
NRP. 02311745000025

Surabaya, 30 Juli 2019

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**



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

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



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

“Halaman ini memang dikosongkan”

**RANCANG BANGUN SENSOR BERBASIS SERAT
OPTIK U-SHAPED MULTIMODE-SINGLEMODE-
MULTIMODE (MSM) UNTUK DETEKSI
KANDUNGAN MINYAK BABI TERLARUT PADA
MINYAK KELAPA DAN MINYAK BUNGA
MATAHARI**






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:

ALIEFA TASYA AZZAHRA
NRP. 02311745000025

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Agus M. Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.  (Pembimbing)
2. Dr.rer. Mat. Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc.  (Ketua Penguji)
3. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.  (Penguji I)
4. Dr.-Ing Doty Dewi Risanti, S.T., M.T.  (Penguji II)
5. Muh. Kamalul Wafi. S.T., M.T., D.I.C  (Penguji III)

SURABAYA
JULI 2019

“Halaman ini memang dikosongkan”

**RANCANG BANGUN SENSOR BERBASIS SERAT
OPTIK *U-SHAPED MULTIMODE-SINGLEMODE-
MULTIMODE* (MSM) UNTUK DETEKSI
KANDUNGAN MINYAK BABI TERLARUT PADA
MINYAK KELAPA DAN MINYAK BUNGA
MATAHARI**

Nama : Aliefa Tasya Azzahra
NRP : 0231174500025
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Agus M Hatta, S.T., M.Si, Ph.D.

Abstrak

Minyak babi menjadi salah satu bahan yang sering digunakan pada kasus pencampuran minyak akhir-akhir ini. Faktor harga yang lebih murah serta kesamaan fisik antara minyak babi dengan minyak kelapa atau minyak bunga matahari mendorong dilakukannya penelitian tentang sistem deteksi minyak babi terlarut menggunakan serat optik MSM *U-Shaped*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan diameter lekukan sensor terhadap karakteristik statik sensor serta mendapatkan karakteristik sensor MSM *U-Shaped*. Sensor MSM difabrikasi menggunakan *spilcer* dengan panjang serat optik *singlemode* 3 cm. Pengujian dilakukan dengan melekkukan sensor serat optik MSM sebesar 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm dan 6 cm. Sensor yang sudah terhubung dengan *Optical Power Meter* dan sumber cahaya dicelupkan ke dalam sampel minyak dengan minyak babi terlarut sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 20%, 40%, 60% dan 80%. Berdasarkan penelitian, didapatkan sensor memiliki performa terbaik pada diameter lekuk 6 cm pada sampel minyak bunga matahari, yaitu memiliki span sebesar 3,2568, standar deviasi sebesar 1,0683, sensitivitas 0,8142 dan R^2 0,9686. Pada sampel minyak kelapa memiliki performa sensor terbaik pada diameter lekuk 6 cm dengan span 0,3301, standar deviasi 0,163, sensitivitas 0,0825 dBm/% dan R^2 0,1534.

Kata Kunci: MSM *U-shaped*, sensor minyak babi

“Halaman ini memang dikosongkan”

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

Name : Aliefa Tasya Azzahra
NRP : 02311745000025
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisor : Agus M Hatta, S.T., M.Si, Ph.D.

Abstract

Lard was one of the ingredients that are often used in oil mixing cases lately. Cheaper price factors and physical similarities between fat oil and coconut oil or sunflower oil encourage to did the research of dissolved lard detection systems using U-shaped MSM optical fibers. The purpose of this research is to analyze the effect of changes in the indentation diameter sensor on static sensor characteristics and get the characteristics of the U-Shaped MSM sensor. The MSM sensor is fabricated using a splicer with a length of 3 cm single-mode optic fiber. The test was conducted by bending the MSM optical fiber sensor by 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, and 6 cm. Sensors that have been connected to Optical Power Meter and light sources dipped in oil samples with dissolved lard by 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 20%, 40%, 60% and 80%. Based on the research, it was found that the sensor had the best performance on 6 cm curved diameter at sunflower oil samples, which had a span of 3.2568, a standard deviation of 1.0683, sensitivity of 0.8142 and R^2 of 0.9686. The coconut oil sample has the best sensor performance on a 6 cm curved diameter with span 0.3301, standard deviation 0.163, sensitivity 0.0825 dBm /% and R^2 0.1534.

Keywords: MSM U-shaped, lard detection

“Halaman ini memang dikosongkan”

KATA PENGANTAR

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

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 memberikan nikmat, rezeki dan hidayah – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini sesuai dengan waktu yang direncanakan.
2. Bapak Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si, Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Fisika FTI ITS dan dosen pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu selama penulis menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Sekartedjo M.Sc selaku kepala Laboratorium Rekayasa Fotonika.
4. 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.
5. Keluarga yang senantiasa mendukung dan memberikan semangat selama menyusun laporan ini.
6. Seluruh dosen dan karyawan Teknik Fisika ITS yang telah turut membantu penulis menyelesaikan kuliah.
7. Zuhaida, Dewangga, Mbak Ika dan Mas Grovando yang telah menemani, membantu dan memberikan masukan saat penelitian maupun penyusunan tugas akhir.

8. Teman-teman Lintas Jalur 2017 yang sudah menemani dan berbagi ilmu dengan penulis selama masa perkuliahan.

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, 30 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Serat Optik <i>Multimode-Singlemode-Multimode</i>	5
2.2 Serat Optik <i>U-shaped</i>	7
2.3 Profil Lemak dan Minyak	9
2.4 Sensor	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Perumusan Masalah	17
3.2 Studi Literatur	17
3.3 Persiapan Alat, Bahan dan Sampel	17
3.4 Fabrikasi Serat Optik MSM	18
3.5 Karakterisasi Sampel Minyak	19
3.6 Fabrikasi Serat Optik MSM Konfigurasi <i>U-shaped</i>	20
3.7 Karakterisasi Serat Optik MSM Konfigurasi Lurus	21
3.8 Karakterisasi Serat Optik MSM Konfigurasi <i>U-Shaped</i>	22
3.9 Pengujian Sensor MSM <i>U-shaped</i> pada Sampel Dengan Minyak Babi Terlarut	23
3.10 Analisa Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Prinsip Kerja Serat Optik MSM <i>U-shaped</i>	26

4.2 Hasil Pengujian Karakterisasi Indeks Bias Minyak	26
4.3 Hasil Karakterisasi Serat Optik MSM <i>U-shaped</i>	28
4.4 Hasil Karakterisasi Serat Optik MSM <i>U-shaped</i> Pada Sampel Minyak Murni	29
4.5 Hasil Pengujian Sensor Serat Optik MSM <i>U- Shaped</i>	30
4.6 Hasil dan Analisa Data Normalisasi	37
BAB V KESIMPULAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Penjalaran Cahaya Serat Optik Berdasarkan Jenisnya [19]	6
Gambar 2.2	Struktur Serat Optik MSM [18]	6
Gambar 2.3	Skema Penjalaran Cahaya pada Serat Optik <i>U-shaped</i> [19]	
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3.2	Proses Persiapan Minyak Babi (A) Minyak babi Yang Dipanaskan Dan (B) Minyak Yang Dihasilkan Dari Pemanasan Minyak babi	17
Gambar 3.3	Alat Untuk Mencampur Sampel (A) Ultrasonic Bath, Dan Sampel Hasil Pencampuran (B) Sampel Minyak Bunga Matahari dan (C) Sampel Minyak Kelapa	18
Gambar 3.4	Serat Optik MSM Hasil Fabrikasi	19
Gambar 3.5	Refraktometer Abbe (A) Layar Pembacaan Indeks Bias Pada Refraktometer (B) Penetesan Sampel Minyak Pada Refraktometer	20
Gambar 3.6	Hasil Fabrikasi MSM <i>U-shaped</i> (A) Diameter Lekuk 6 Cm, (B) Diameter Lekuk 5 Cm, (C) Diameter Lekuk 4 Cm, (D) Diameter Lekuk 3 Cm, (E) Diameter Lekuk 2 Cm	21
Gambar 3.7	Set-Up Karakterisasi Bentuk Lurus	22
Gambar 3.8	Set-Up Karakterisasi Serat Optik <i>U-shaped</i>	22
Gambar 3.9	Set-Up Pengambilan Data	23
Gambar 4.1	Penjalaran Cahaya Akibat Perbedaan Besar Jari-Jari Kelengkungan [31]	26
Gambar 4.2	Perbandingan daya keluaran konfigurasi <i>U-shaped</i> dengan diameter lekuk sensor 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm dan 2 cm	28

Gambar 4.3	Perbandingan pengukuran daya minyak kelapa murni, minyak bunga matahari murni dan minyak babi murni dengan diameter lekuk sensor 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm dan 2 cm	30
Gambar 4.4	Perbandingan antara daya keluaran sensor diameter lekuk 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm, dan 2 cm dengan konsentrasi minyak babi kelipatan 20% pada minyak kelapa	31
Gambar 4.5	Perbandingan antara daya keluaran sensor diameter lekuk 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm, dan 2 cm dengan konsentrasi minyak babi 1%-5% pada minyak kelapa	32
Gambar 4.6	Perbandingan antara daya keluaran sensor diameter lekuk 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm, dan 2 cm dengan konsentrasi minyak babi kelipatan 20% pada minyak bunga matahari	33
Gambar 4.7	Perbandingan antara daya keluaran sensor diameter lekuk 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm, dan 2 cm dengan konsentrasi minyak babi 1%-5% pada minyak bunga matahari	34
Gambar 4.8	Hasil normalisasi data pengujian sensor dengan konsentrasi minyak babi 20%-80% pada minyak kelapa	37
Gambar 4.9	Hasil normalisasi data pengujian sensor dengan konsentrasi minyak babi 1%-5% pada minyak kelapa	38
Gambar 4.10	Hasil normalisasi data pengujian sensor dengan konsentrasi minyak babi 20%-80% pada minyak bunga matahari	39
Gambar 4.11	Hasil normalisasi data pengujian sensor dengan konsentrasi minyak babi 1%-5% pada minyak bunga matahari	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar Indeks Bias Minyak [24]	11
Tabel 4.1	Hasil Pengujia Indeks Bias Minyak	26
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Indeks Bias Minyak Pada Penambahan Konsentrasi Minyak Babi	27
Tabel 4.3	Data Perbandingan Pengukuran Konfigurasi Lurus Dan <i>U-shaped</i>	29
Tabel 4.4	Karakteristik Statik Sensor Penambahan Minyak Babi Kelipatan 20%	35
Tabel 4.5	Karakteristik Statik Sensor Penambahan Minyak Babi 1%-5%	36
Tabel 4.6	Hasil Karakteristik Statik Data Normalisasi	40

“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data yang dilansir oleh *the pew forum on religion & public life*, pada tahun 2010 Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk muslim terbesar pertama dunia, yaitu 204,847 juta jiwa dan disusul oleh Pakistan yang memiliki total penduduk muslim sebesar 178,097 juta jiwa [1]. Sebagai negara dengan mayoritas penduduk muslim, Indonesia memiliki potensi pasar yang besar bagi industri halal dunia.

Pada zaman sekarang, mengkonsumsi panganan tidak hanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan perut, akan tetapi juga digunakan sebagai gaya hidup [2]. Banyaknya restoran yang menyediakan makanan dari berbagai negara tentu memiliki bahan dasar yang berbeda untuk mencapai rasa yang sesuai. Akan tetapi, banyak bahan pangan yang belum diketahui kehalalannya jika ditinjau dari bahan yang digunakan. Lemak dan minyak merupakan bahan yang sering digunakan pada proses pengolahan makanan yang berfungsi sebagai media pengantar panas, contohnya adalah minyak goreng, *shortening* (mentega putih), lemak (gajih), mentega dan margarine. Selain itu, penambahan lemak bertujuan untuk memperbaiki tekstur dan cita rasa panganan, seperti pada penambahan *shortening* pada kue [3]. Namun, bahan turunan lemak dan minyak yang beredar terdapat kemungkinan berasal dari hewan babi [4].

Selain asal bahan pangan yang belum jelas, sekarang ini sudah banyak minyak yang dipalsukan dengan mencampurkan minyak yang berharga lebih murah. Sebagai contoh pada Februari 2016 ditemukan adanya tindak kecurangan minyak goreng dalam bentuk penyulingan ulang minyak goreng yang sudah dipakai untuk digunakan kembali. Hal ini tentu sangat berbahaya, karena pelaku menggunakan berbagai jenis minyak bekas yang tidak diketahui sudah mengalami pencampuran bahan apa saja, sehingga terdapat kemungkinan adanya minyak babi yang terkandung dari minyak tersebut [5].

Pentingnya menjaga kehalalan suatu produk di bidang makanan sangat penting, oleh sebab itu dilakukan beberapa penelitian minyak babi yang terkandung pada minyak. Penelitian pada bidang ini sudah mulai dilakukan pada tahun 2001 menggunakan metode berbasis karakteristik termal yaitu *differential scanning calorimetry* (DSC)[6], lalu menggunakan metode berbasis optik seperti *fourier transform infrared spectrometry* (FTIR) [7], menggunakan metode elektrik seperti dielektrik spektroskopi [8] dan metode menggunakan *comprehensive gas chromatography hyphenated with time-of-flight mass spectrometry* (GC-GC TOF-MS) [9], serta penggunaan serat optik plastik (POF) dengan konfigurasi *U-shaped* [10]. Beberapa teknik statistika juga dikolaborasikan dalam metode-metode diatas untuk mengetahui perbedaan bahan kimia lain dengan minyak babi secara spesifik, seperti *discriminant analysis* (DSA), dan *partial least square* (PLS) dan *principal component analysis* (PCA). Akan tetapi, metode-metode yang telah dilakukan di atas memiliki kekurangannya masing-masing seperti membutuhkan waktu yang lama untuk mendeteksi keberadaan minyak babi, dibutuhkan metode analisis statik tambahan serta dibutuhkan sampel yang banyak.

Serat optik berbasis indeks bias banyak dikembangkan sebagai sensor di bidang kimia, biomedik industri, dan aplikasi pada lingkungan. Banyak dari sensor tersebut yang menggunakan prinsip makrobending serat optik sebagai daerah sensingnya. Serat optik *singlemode* merupakan serat optik yang sensitif, sehingga banyak digunakan sebagai sensor berbasis indeks bias. Salah satu fabrikasi struktur serat optik adalah struktur *Multimode-singlemode-multimode* (MSM). Penelitian yang telah dilakukan menggunakan struktur ini adalah penggunaannya sebagai sensor magnetik. Meskipun struktur ini masih dibutuhkan banyak penelitian, struktur MSM memiliki kelebihan yaitu lebih sensitif karena memiliki daerah deteksi pada *singlemode* yang merupakan daerah dengan diameter *core* lebih kecil. Selain itu, rugi daya akibat indeks bias cladding pada *singlemode* akan lebih terlihat. Hal ini karena fenomena MMI terjadi pada MMF 1 ke *singlemode*, sehingga dari *singlemode* ke MMF 2, daya keluaran hanya

dipengaruhi oleh indeks bias cladding dan pembentukan U pada daerah *sensing*. Oleh sebab itu, dilakukan penelitian menggunakan serat optik berstruktur MSM dengan bentuk *U-shaped* sebagai sensor kandungan minyak babi terlarut pada minyak kelapa dan minyak bunga matahari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, permasalahan yang diambil dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana pengaruh perubahan diameter lekukan terhadap karakteristik statik sensor serat optik berstruktur *U-shaped* ?
- b. Bagaimana karakteristik statik sensor serat optik berstruktur *U-shaped* untuk mendeteksi minyak babi terlarut pada minyak kelapa dan minyak bunga matahari ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

- a. Menganalisis pengaruh perubahan diameter lekukan terhadap karakteristik statik sensor serat optik berstruktur *U-shaped*.
- b. Mendapatkan karakteristik statik sensor serat optik berstruktur *U-shaped* untuk mendeteksi minyak babi terlarut pada minyak kelapa dan minyak bunga matahari.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pelaksanaan tugas akhir ini antara lain:

- a. Minyak kelapa yang digunakan bermerk B dan minyak bunga matahari bermerk X
- b. Suhu ruangan pada saat penelitian berkisar 20 °C-25 °C.

“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

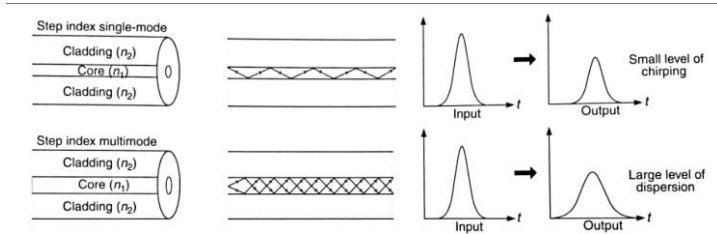
Bab ini berisi teori dasar yang melandasi alur berfikir dalam menyelesaikan permasalahan dan mencapai tujuan dari penelitian tugas akhir ini. Teori – teori tersebut mencakup hal – hal yang mendukung dan menjadi dasar rujukan dalam tugas akhir terkait sensor berbasis serat optik MSM, konfigurasi *U-shaped* dan sensor.

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

Serat optik merupakan media transmisi atau pandu gelombang cahaya berbentuk silinder yang dikembangkan diakhir tahun 1960-an sebagai jawaban atas perkembangan sistem komunikasi yang semakin lama membutuhkan *bandwidth* yang besar dengan laju transmisi yang tinggi. Serat optik terbuat dari bahan dielektrik seperti kaca atau plastik. Di dalam serat inilah energi cahaya yang dibangkitkan oleh sumber cahaya disalurkan sehingga dapat diterima di ujung unit penerima (*receiver*). Serat optik tersusun dari tiga bagian utama yaitu *core*, *cladding* dan *coating*. *Core* merupakan tempat informasi berupa pulsa cahaya ditransmisikan. *Cladding* adalah lapisan materi yang mengelilingi *core* dan berfungsi sebagai pembatas energi elektromagnetik yang terlalu besar. Proses pemantulan dan pembiasan gelombang cahaya terjadi pada lapisan ini. *Coating* berfungsi sebagai pelindung *core* dan *cladding* dari tekanan fisik luar, terbuat dari bahan plastik yang sangat berkualitas [11].

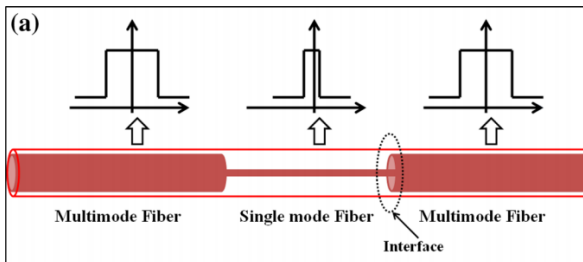
Serat optik umumnya diklasifikasikan menjadi tiga jenis [12]:

- a. *Multimode Step Index*, dengan jari-jari *core* 25-60 μm dan *cladding* 50-150 μm
- b. *Multimode Graded Index*, dengan jari-jari *core* 10-35 μm dan *cladding* 50-80 μm
- c. *Singlemode Step Index*, dengan jari-jari *core* 1-16 μm dan *cladding* 10-100



Gambar 2.1 Penjalaran cahaya serat optik berdasarkan jenisnya [13]

Pada penelitian ini, digunakan serat optik berstruktur *multimode–singlemode–multimode* (MSM) yang difabrikasi dari serat optik *singlemode* (SMF) yang diapit dengan dua serat optik *multimode* (MMF) sehingga membentuk struktur seperti lapisan *sandwich*. Sebelumnya, dikenal pula serat optik berstruktur *singlemode–multimode–singlemode* (SMS) yang memiliki perbedaan susunan struktur [14]. Struktur MSM dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. 2 Struktur serat optik MSM [14]

Ukuran *core* antara serat optik *singlemode* dan *multimode* memiliki perbedaan yang cukup besar. Cahaya yang merambat dari serat optik *singlemode* dan *multimode* pada struktur MSM akan mengalami peristiwa *multimode interference* (MMI). MMI terjadi karena adanya perbedaan profil cahaya yang masuk ke serat optik. Pada peristiwa ini, pemantulan berulang cahaya yang terjadi pada *core* dan *cladding* dapat menyebabkan interferensi antar moda. Namun, interferensi yang terjadi dapat berupa

interferensi konstruktif yang dapat memperkuat moda (tren naik) dan interferensi destruktif (tren turun) [10]. Jika tren sedang naik, maka moda yang memasuki serat optik *singlemode* akan banyak, berbeda jika tren moda turun, maka hanya sedikit moda yang memasuki *core* serat optik *singlemode*.

Cahaya yang memasuki serat optik *multimode* (MMF) akan merambat ke serat optik *singlemode* (SMF). Namun, pada fabrikasi MSM terdapat perbedaan *core* yang menyebabkan bidang untuk dilewati moda berubah. Oleh sebab itu, moda yang berjalan lurus pada MMF pertama digabungkan untuk dimasukkan ke dalam *core* dan *cladding* pada daerah sensing SMF. Lalu, hasil interferensi antara *core* dan *cladding* di transmisikan melalui MMF kedua. Secara matematis, spektrum transmisi dapat dianalisis menggunakan model interferensi dua moda seperti pada persamaan (2.1) berikut.

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

Dengan I_{core} dan I_{clad} merupakan intensitas dari moda yang merambat lurus dan intensitas moda yang dipantulkan *cladding*. Δn adalah indeks bias antara moda *core* dan moda *cladding*. L adalah panjang efektif dari daerah sensing, yang sama dengan panjang serat SMF yang digunakan. Berdasarkan persamaan (2.1), besar interferensi pada *valley wavelength* (λ_m) dapat dituliskan pada persamaan (2.2) berikut, dengan m adalah urutan interferensi [15].

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

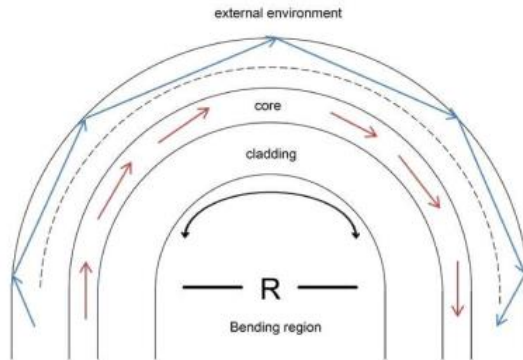
2.2 Serat Optik *U-shaped*

Pembentukan U pada serat optik dikategorikan sebagai makrobending pada serat optik, karena serat optik ditekuk dengan diameter yang melebihi jari-jari serat optik itu sendiri. Perubahan moda pada serat optik akibat lekukan akan mengakibatkan berubahnya nilai *V-number*, yang merupakan

salah satu parameter yang mempengaruhi medan penjaralan moda pada serat optik. Perubahan parameter tersebut dapat menyebabkan perubahan medan pada tiap titik sambungan serat [15]. Indeks bias serat optik berdasarkan jari-jari kelengkungan serat optik dimodelkan seperti pada persamaan matematis (2.3) sebagai berikut [16].

$$n_c^2(r, \theta) = n^2(r) + \frac{2n_1^2}{R} r \cos \theta \quad (2.3)$$

Dengan $n_c^2(r, \theta)$ merupakan indeks bias serat optik yang dilengkungkan dan R merupakan besar jari-jari kelengkungan serat optik. Pada *macrobending*, struktur SMF lebih sensitif terhadap perubahan indeks bias dari medium luar. Hal ini dikarenakan pada saat *macrobending* diterapkan pada SMF, sebagian moda pada *core* akan digabungkan ke dalam *cladding* sehingga menghasilkan beberapa moda *cladding* [17].



Gambar 2.3 Skema penjaralan cahaya pada serat optik *U-shaped* [17]

Pada serat optik berstruktur MSM, prinsip kerja serat berdasarkan berkas cahaya yang berinterferensi antara berkas cahaya di *core* dan *cladding*. Serat optik *multimode* memiliki diameter *core* yang lebih besar dari *singlemode*. Hal ini menyebabkan terbaginya berkas cahaya menjadi berkas cahaya

core dan berkas cahaya *cladding*. Ketika serat optik ditekuk, maka akan terdapat sebagian kecil berkas cahaya yang menjalar pada *core* menembus perbatasan antara *core* dan *cladding* serat optik. Fenomena ini disebut dengan medan *evanescent*. Serat MSM *U-shaped* dapat memperkecil sudut datang berkas cahaya sehingga medan *evanescent* yang terbentuk semakin besar dan mampu meningkatkan sensitivitas sensor. Sensor serat optik bekerja pada moda yang bocor akibat absorpsi pada dinding *cladding*. Pada penelitian ini, serat optik *singlemode* digunakan sebagai daerah *sensing*. Prinsip yang diimplementasikan adalah rugi daya akibat medan *evanescent* ketika proses pencelupan serat ke dalam sampel minyak yang dapat mengakibatkan rugi daya akibat perubahan kenaikan indeks bias *cladding* serta rugi transmisi akibat pembantuan berkas cahaya dari *singlemode* ke *multimode 2*.

Jika dibandingkan antara serat optik *singlemode* (SMF) dan serat optik *multimode* (MMF), maka MMF akan lebih mudah dilakukan *macrobending* dibanding SMF. Koefisien atenuasi yang terjadi akibat makrobending menjadi nilai yang spesifik jika diketahui nilai jari-jari kelekukannya. Untuk serat optik *singlemode*, nilai sudut kritis dari *bending* dituliskan pada persamaan (2.4) sebagai berikut.

$$R_{CSM} = \frac{20\lambda}{\sqrt{(n_1^2 - n_2^2)}} \left(2.748 - \frac{0.996\lambda}{\lambda_c} \right)^{-3} \quad (2.4)$$

Dengan R_{CSM} adalah sudut kritis dari serat optik *singlemode*, λ_c adalah panjang gelombang *cut-off*, λ adalah panjang gelombang yang beroperasi dan n_1 , n_2 adalah indeks bias *core* dan *cladding* [18].

2.3 Profil Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak adalah bahan-bahan yang tidak larut dalam air yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan hewan. Sebagai contoh lemak dan minyak yang berasal dari tumbuhan meliputi biji-bijian dari tanaman tahunan seperti kedele, biji kapas, kacang tanah dan bunga matahari serta pohon-pohon yang menghasilkan

minyak meliputi pohon palem dan pohon zaitun. Sementara sumber lemak dan minyak yang berasal dari hewan meliputi hewan babi, sapi, domba dan hewan-hewan laut seperti sardin dan ikan paus.

Lemak dan minyak sebagai bahan pangan dibagi menjadi dua macam, yaitu lemak siap konsumsi tanpa dimasak (*edible fat consumed uncooked*) seperti mentega, margarin serta lemak yang digunakan dalam kembang gula, dan lemak yang dimasak bersama bahan pangan atau dijadikan sebagai medium penghantar panas seperti minyak goreng, lemak padat dan minyak babi [19]. Sebagian besar, lemak dan minyak yang terkandung pada makanan berbentuk trigliserida yang merupakan ester dari gliserol dan berbagai asam lemak. Komponen lain yang mungkin terdapat pada lemak dan minyak adalah fosfolipid, sterol, vitamin dan zat warna yang larut dalam lemak seperti klorofil dan karotenoid. Lemak dalam makanan berperan sebagai zat gizi yang menyediakan energi bagi tubuh, serta berfungsi secara psikologis yaitu meningkatkan nafsu makan dan membantu memperbaiki tekstur dari bahan pangan yang diolah [20].

Istilah lemak (*fat*) digunakan untuk campuran trigliserida yang berbentuk padat pada suhu ruangan, sedangkan minyak (*oil*) berarti campuran trigliserida cair pada suhu ruangan. Sifat padat yang dihasilkan lemak diakibatkan karena adanya sejumlah lemak yang mengkristal. Ukuran maupun jumlah kristal lemak yang terdapat dalam satu produk dapat berbeda dengan produk lainnya. Hal ini dikarenakan karena metode manufaktur antar produk yang sedikit berbeda. Jika ditinjau dari sifat fisiknya, ukuran dan jumlah kristal lemak berpengaruh pada kerapatan titik temu yang menentukan kekutan struktur jaringan pada pemadatan lemak. Hal inilah yang menyebabkan produk seperti margarin bertekstur keras atau lunak [21].

Indeks bias minyak merupakan derajat penyimpangan cahaya yang dilewatkan pada suatu medium (minyak). Indeks bias pada lemak atau minyak berfungsi untuk pengujian kemurnian minyak. Pada minyak, indeks bias dapat meningkat dengan bertambahnya panjang rantai hidrokarbon dan jumlah ikatan rangkap sehingga menjadi minyak jenuh. Namun, jika suhu ditingkatkan, indeks

bias minyak akan menurun. Indeks bias yang dihasilkan tiap jenis minyak berbeda pula seperti pada Tabel 2.1 berikut [22].

Tabel 2.1 Standar Indeks Bias Minyak [22]

<i>Fat/oil</i>	n_D 40 °C (104 °F)	
<i>Milkfat</i>	1,452-1,457	-
<i>Lard</i>	1,448-1,460	1,457-1,461
<i>Tallow</i>	1,448-1,460	-
<i>Mutton Tallow</i>	1,448-1,460	1,455-1,458
<i>Pott whale oil</i>	-	1,456-1,458
<i>Fish Oil</i>	1,467-1,475	1,470-1,478
<i>Rapeseed oil (LEAR)</i>	1,465-1,467	1,464-1,466
<i>Cottonseed oil</i>	1,458-1,466	1,466-1,468
<i>Soybean oil</i>	1,466-1,470	1,465-1,469
<i>Sunflower oil</i>	1,467-1,469	1,466-1,468
<i>Corn oil</i>	1,465-1,468	1,465-1,466
<i>Grape seed oil</i>	-	1,461-1,471
<i>Palm oil</i>	1,449-1,455	1,453-1,456
<i>Olive oil</i>	1,467-1,470	1,461-1,462
<i>Coconut oil</i>	1,448-1,450	1,448-1,450
<i>Cocoa butter</i>	1,456-1,458	1,456-1,458

Minyak kelapa merupakan suatu produk yang diolah langsung dari daging buah kelapa dengan cara diekstraksi. Ekstraksi buah kelapa dapat dilakukan secara kering maupun basah. Ekstraksi kering dilakukan dengan menggunakan kelapa parut kering dan dapat menghasilkan minyak berkualitas tinggi atau *Virgin Coconut Oil* (VCO). Pada proses ekstraksi basah dilakukan dengan persiapan santan lalu minyak diekstraksi dengan cara pemanasan, fermentasi dan sentrifugasi [23]. Minyak kelapa memiliki titik leleh yang tinggi, yaitu pada suhu 24,4 °C – 25,5 °C karena kandungan asam lemak dengan berat molekul

yang tinggi. namun, minyak kelapa dapat berwujud padat keras pada suhu $21,1^{\circ}\text{C}$ dan dapat meleleh secara cepat dan sempurna sedikit pada suhu tubuh ($36,5^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C}$) [24].

Minyak bunga matahari banyak digunakan pada produk makanan karena memiliki kandungan energi yang tinggi karena kaya akan asam linoleat, yaitu suatu asam lemak tak jenuh yang baik bagi kesehatan. Minyak bunga matahari didapatkan dari pengupasan biji bunga matahari lalu dipres. Kemudian biji dipanaskan dengan suhu $180^{\circ}\text{F} - 240^{\circ}\text{F}$ lalu dipres secara mekanik dan dilanjutkan dengan proses ekstraksi untuk memisahkan sisa minyak dengan pencucian secara kimia. Minyak bunga matahari berbentuk cair pada suhu kamar, memiliki penampakan fisik yang murni jernih serta memiliki titik asap sebesar 232°C [25].

Lemak babi merupakan bahan dasar makanan yang biasa digunakan sebagai minyak goreng atau pelengkap makanan seperti layaknya lemak sapi atau kambing. Minyak babi dihasilkan dari proses pemanasan lemak babi diatas air mendidih. Minyak babi yang dihasilkan memiliki titik leleh $36,8^{\circ}\text{C}$ serta titik didih sebesar $86^{\circ}\text{C} - 113^{\circ}\text{C}$ [26].

2.4 Sensor

Sensor merupakan suatu bagian dari piranti pengukuran yang berhubungan secara langsung dengan proses. Secara definisi, sensor berfungsi untuk mendeteksi nilai kuantitas fisis atau perubahan kuantitas fisis sehingga dapat digunakan sebagai informasi untuk indikator atau suatu instrumen. Tujuan sistem pengukuran adalah menghubungkan pengamat dengan proses yang ditinjau. Sensor sebagai elemen pertama pada sistem pengukuran memiliki dua jenis karakteristik, yaitu karakteristik statik yang mengGambarkan karakter suatu instrumen dalam keadaan *steady* dan karakteristik dinamis yang mengGambarkan respon dinamik instrumen dari waktu ke waktu. Karakteristik statik sensor dapat dilihat pada uraian berikut [27].

a. *Range*

Range masukan merupakan selisih dari nilai maksimum dan minimum yang dapat diukur oleh alat ($I_{max} - I_{min}$). *Range* keluaran merupakan selisih dari nilai maksimum keluaran dan minimum keluaran ($O_{max} - O_{min}$).

b. *Span*

Span merupakan rentang nilai masukan atau keluaran yang dapat diukur oleh sensor.

c. *Linieritas*

Linieritas merupakan keadaan ideal suatu alat ukur dimana masukan pengukuran memberikan keluaran pengukuran yang berbanding lurus. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung linieritas:

$$O_{ideal} = KI + a \quad (2.4)$$

dengan:

$$K = \text{slope garis lurus ideal} = \frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}}$$

$$a = \text{intercept garis lurus ideal} = O_{min} - KI_{min}$$

d. *Sensitivitas*

Sensitivitas merupakan perubahan selisih keluaran terhadap perubahan selisih masukan. *Sensitivitas* menunjukkan kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung sensitivitas:

$$\text{Sensitivitas} = \frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}} \times 100\% \quad (2.5)$$

“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB III

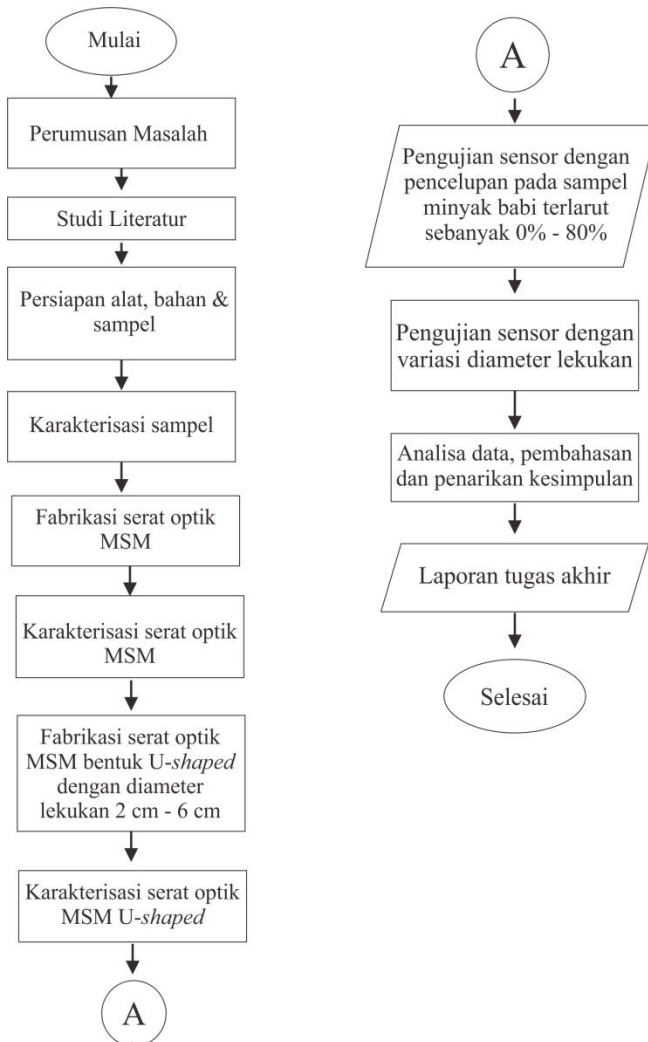
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan metodologi penelitian yang dilaksanakan pada tugas akhir ini. Metodologi yang digunakan terdiri dari beberapa tahap hingga menghasilkan analisa dan pembahasan dari perancangan sensor berbasis serat optik *multimode – singlemode – multimode* (MSM) dengan konfigurasi *U-shaped*.

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam perancangan sensor berbasis serat optik MSM dengan konfigurasi *U-shaped* adalah sebagai berikut :

- Sampel minyak kelapa, minyak bunga matahari dan minyak babi
- Gelas ukur
- Pipet tetes
- Serat Optik *Multimode Pigtail*
- Serat Optik *Singlemode*
- *Fusion Splicer type-ZIC Sumitomo Electric*
- *Fiber cleaver*
- *Fiber stripper*
- Tisu, sabun pencuci dan alkohol
- *Optical Power Meter Thorlabs PM100D*
- Perangkat lunak Thorlabs PM100D
- Refraktometer ABBE
- Akrilik sebagai alat pelekuk dan wadah pencelupan
- Statif dan *magnetic base*
- Baterai
- *Glove*
- Penggaris

Pengerjaan tugas akhir dilakukan dengan metode eksperimental dan perhitungan matematis. Secara umum tahap - tahap pengerjaan tugas akhir ini disusun dalam diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.1 Perumusan Masalah

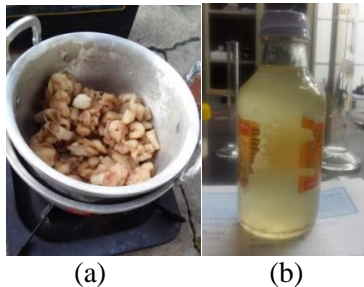
Tahapan paling awal pada penelitian ini adalah perumusan masalah berdasarkan latar belakang yang diambil dan kemudian dilanjutkan dengan studi literatur untuk menunjang keberhasilan penelitian yang akan dilakukan.

3.2 Studi Literatur

Setelah dilakukan perumusan masalah berdasarkan latar belakang yang telah ditentukan sebelumnya, dilakukan studi literatur dengan mengumpulkan berbagai teori yang dapat menunjang pengerjaan Tugas Akhir seperti mencari referensi mengenai penelitian tentang sensor *lard*, sensor berbasis serat optik MSM, studi serat optik *U shaped* dan studi mengenai *edible oil* yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini. Literatur yang digunakan berasal dari jurnal-jurnal, buku, laporan tugas akhir yang telah dilakukan sebelumnya dan berbagai referensi lainnya.

3.3 Persiapan Alat, Bahan dan Sampel

Sebelum dilakukan perancangan sensor berbasis serat optik MSM berstruktur *U-shaped*, sampel berupa minyak kelapa, minyak bunga matahari dan minyak babi disiapkan. Minyak babi didapatkan dengan memanaskan lemak daging babi hingga minyak muncul seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Proses persiapan minyak babi (a) minyak babi yang dipanaskan dan (b) minyak yang dihasilkan dari pemanasan minyak babi

Lalu minyak babi dicampurkan dengan minyak kelapa dan minyak bunga matahari dengan variasi persentasi minyak babi sebanyak 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 20%, 40%, 60% dan 80% pada masing-masing minyak menggunakan gelas ukur. Minyak yang sudah ditakar kemudian dicampur menggunakan *ultrasonic bath* selama 30 menit agar minyak tercampur sempurna. Peralatan dan hasil minyak yang tercampur dapat dilihat pada Gambar 3.3.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. 3 Alat untuk mencampur sampel (a) *Ultrasonic bath*, dan sampel hasil pencampuran (b) sampel minyak bunga matahari dan (c) sampel minyak kelapa

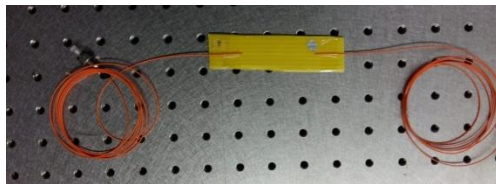
3.4 Fabrikasi Serat Optik MSM

Pada perancangan serat optik MSM digunakan *multimode* pigtail dan *singlemode* dengan panjang daerah *sensing* sebesar 3 cm. Setelah alat dan bahan disiapkan, fabrikasi serat optik MSM dilakukan sesuai langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Satu bagian serat optik *singlemode* dan dua bagian serat optik *multimode* disiapkan.
- b. Serat optik *singlemode* diukur menggunakan penggaris sesuai panjang yang telah dirancang.

- c. Serat optik *singlemode* yang sudah terukur dan *multimode* dibersihkan menggunakan alkohol 96% dan dikupas *claddingnya*.
- d. Serat optik yang telah dibersihkan lalu dipotong menggunakan *cleaver* agar menghasilkan permukaan serat optik yang rata. Untuk serat optik *singlemode* dilakukan pemotongan pada kedua sisi serat optik, sedangkan pada serat optik *multimode* hanya satu sisi saja yang dipotong.
- e. Serat optik *multimode* diletakkan pada ujung *splicer* dan serat optik *singlemode* diletakkan pada ujung lainnya dari *splicer* guna menyambungkan kedua serat optik. Pada alat *splicer*, dapat diketahui hasil pemotongan serat optik melalui monitor pada *splicer*. Jika hasil pemotongan tidak rata, dapat mengakibatkan rugi penyambungan yang besar maupun serat optik yang tidak tersambung.
- f. Langkah kelima diulangi kembali untuk sisi serat optik *singlemode* yang belum tersambung.

Hasil penyambungan serat optik MSM dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



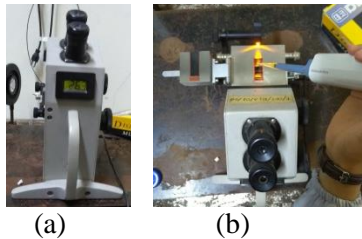
Gambar 3. 4 Serat optik MSM hasil fabrikasi

3.5 Karakterisasi Sampel Minyak

Sampel minyak diukur indeks biasanya menggunakan refraktometer ABBE yang menggunakan prinsip pembiasan cahaya. Refraktometer ABBE terdiri dari sebuah teleskop dan dua buah prisma pembias. Cahaya putih digunakan untuk merefraksi sampel yang berada diantara dua prisma. Sudut kritis yang dihasilkan dari pembiasan cahaya akan membentuk batas antara pola terang dan gelap ketika dilihat dari teleskop yang bergerak bersamaan dengan skala pengukuran. Ketika skala pada teleskop

pembaca sudah sesuai dengan pola gelap terang yang dihasilkan, maka indeks bias sampel dapat diketahui [28].

Pengambilan data didapatkan dengan prosedur berikut ini. Sebelum sampel diletakkan pada kaca pelindung prisma, aquades diteteskan terlebih dahulu guna membersihkan daerah kaca. Setelah itu sampel diteteskan menggunakan mikropipet di atas kaca pelindung prisma lalu dikenakan cahaya. Saat dilihat pada *eye piece*, akan terlihat pola terang gelap yang letaknya harus disesuaikan dengan garis skala. Penyesuaian skala dilakukan dengan memutar knob pengatur skala untuk memperbesar atau memperkecil skala sampel yang terlihat pada *eye piece*. Setelah skala sesuai, indeks bias sampel dapat dilihat dari layar yang terdapat pada refraktometer. Sampel yang diukur berupa minyak kelapa, minyak bunga matahari dan minyak babi murni, serta minyak kelapa dan minyak bunga matahari yang sudah dicampurkan dengan minyak babi. Proses karakterisasi minyak dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.

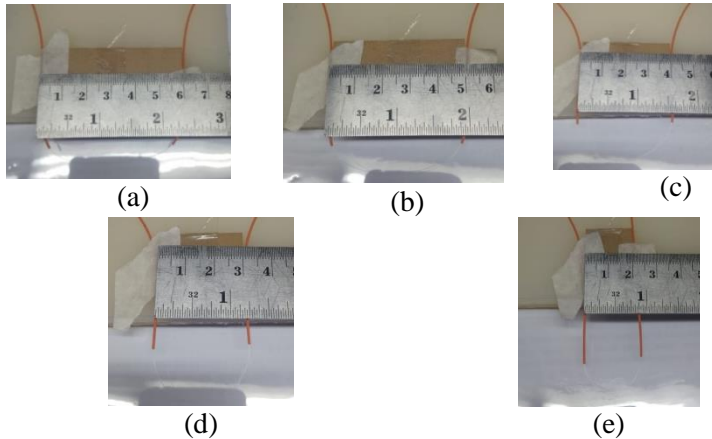


Gambar 3. 5 Refraktometer ABBE (a) Layar pembacaan indeks bias pada refraktometer (b) penetesan sampel minyak pada refraktometer

3.6 Fabrikasi Serat Optik MSM Konfigurasi *U-shaped*

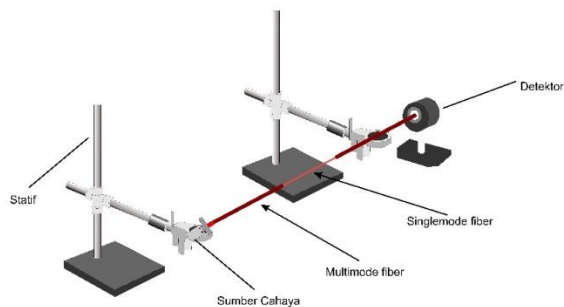
Pada pembuatan konfigurasi *U-shaped*, serat optik MSM yang sudah dibuat pada langkah sebelumnya dirancang 5 variasi diameter lekukan. Serat optik *singlemode* sepanjang 10 mm, yang terdapat pada serat optik MSM dibentuk menyerupai huruf U dengan diameter 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm dan 60 mm. Penentuan diameter berdasarkan uji coba pelekukan minimal dan maksimal yang didapatkan dari serat optik *singlemode*. Agar serat

optik melekat dengan baik, digunakan akrilik untuk menahan serat optik. Hasil pembentukan serat optik dapat dilihat pada Gambar 3.6 sebagai berikut.



Gambar 3. 6 Hasil fabrikasi MSM *U-shaped* (a) diameter lekuk 6 cm, (b) diameter lekuk 5 cm, (c) diameter lekuk 4 cm, (d) diameter lekuk 3 cm, (e) diameter lekuk 2 cm

3.7 Karakterisasi Serat Optik MSM Konfigurasi Lurus

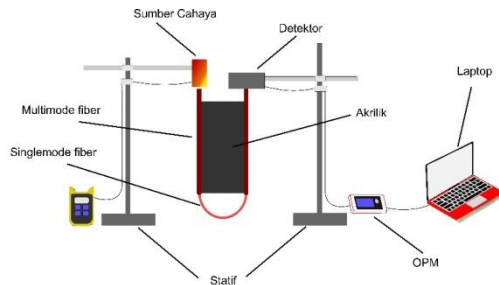


Gambar 3. 7 *Set-up* karakterisasi konfigurasi lurus

Pada tahap ini, dilakukan pengujian konfigurasi serat optik secara lurus, yaitu sumber cahaya, serat optik MSM dan OPM diatur sehingga dalam satu garis. Hal ini dilakukan guna mengetahui rugi daya akibat penyambungan serat optik dan mengetahui daya yang dihasilkan serat optik sebelum dibentuk menjadi *U-shaped*. Skema karakterisasi serat optik berstruktur MSM secara lurus dapat dilihat pada Gambar 3.7 di atas.

3.8 Karakterisasi Serat Optik MSM Konfigurasi *U-shaped*

Pada tahap ini, serat optik berstruktur MSM dibentuk melekok (*U-shaped*) dengan diameter lekukan 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm dan 60 mm. Lalu, dipasang sumber cahaya-serat optik *U-shaped*-dan OPM seperti pada Gambar 3.8 berikut. Pada tahap ini dilakukan tanpa mencelupkan sensor ke sampel minyak, sehingga dapat diketahui daya yang terukur dari fabrikasi serat optik *U-shaped* sebelum dipengaruhi indeks bias dari sampel minyak.

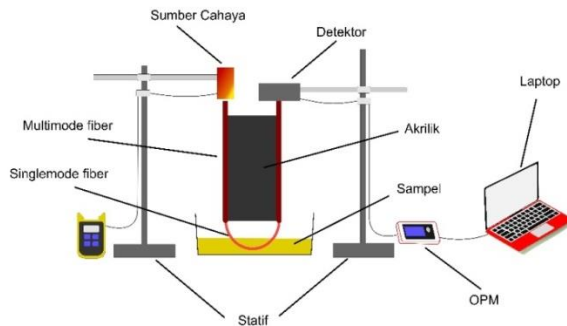


Gambar 3. 8 *Set-up* karakterisasi serat optik konfigurasi *U-Shaped*

3.9 Pengujian Sensor MSM *U-shaped* pada Sampel dengan Minyak Babi Terlarut

Sensor MSM *U-shaped* yang sudah dibuat lalu dicelupkan ke sampel dengan *set-up* alat seperti pada Gambar 3.9. Untuk memperoleh kondisi yang konsisten pada saat pengambilan data, maka proses pengujian didasarkan pada langkah-langkah berikut ini.

- a. Peralatan disusun sesuai *set-up* yang sudah dirancang sesuai diameter lekuk dan serat optik MSM *U-shaped* dipastikan tidak mengalami perubahan bentuk lekukan.
- b. Serat optik dicelupkan pada sampel minyak dengan kandungan minyak babi terlarut sebesar 0% pada sampel minyak.
- c. Pengambilan data dilakukan tiap satu detik sebanyak seratus kali pada tiap sampel.x
- d. Serat optik dibersihkan dengan cara dicelupkan ke aquades dan dikeringkan menggunakan tisu, sedangkan sampel dipindahkan ke wadah lain.
- e. Langkah 2-4 diulangi untuk sampel dengan larutan minyak babi sebesar 1%-5% dan 20%-80% pada *edible oil*.
- f. Langkah 1-5 diulangi untuk serat optik MSM *U-shaped* dengan diameter 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm dan 60 mm.
- g. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak MS. Excel dan origin.



Gambar 3. 9 *Set-up* pengambilan data

3.10 Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan analisa dari data pengujian yang telah didapat. Berdasarkan data yang didapatkan, dilihat respon daya hasil pengujian pencelupan sensor pada sampel. Pengaruh perbedaan diameter lekukan serat optik pun diamati, sehingga

dapat diketahui kondisi yang menghasilkan sensitivitas terbaik sensor.

3.11 Kesimpulan dan Penyusunan Laporan

Penyusunan dan penulisan laporan adalah tahap akhir dari metodologi. Kesimpulan dapat ditarik dari hasil penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan yang telah dirumuskan sebelumnya. Pada tahap ini seluruh hasil dan kesimpulan yang didapatkan disusun dalam bentuk laporan akhir

BAB IV

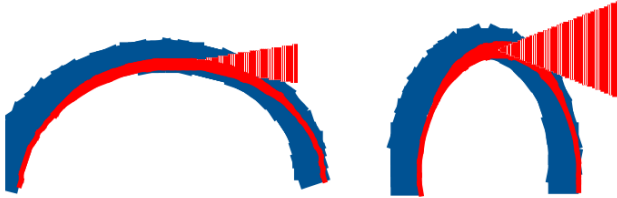
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil dan pembahasan pada perancangan dan pengujian sensor untuk deteksi kandungan minyak babi terlarut pada minyak kelapa dan minyak bunga matahari berbasis serat optik MSM dengan konfigurasi *U-shaped*. Profil dari sampel minyak akan dijelaskan, dilanjutkan dengan prinsip kerja sensor yang dirancang. Terdapat beberapa rangkaian eksperimen yang dilakukan, yaitu pengukuran sensor dengan konfigurasi lurus, lalu pengukuran sensor dengan konfigurasi *U-shaped* dan pengukuran sensor dengan konfigurasi *U-shaped* yang dicelupkan pada sampel minyak.

4.1 Prinsip Kerja Serat Optik MSM *U-shaped*

Serat optik MSM dengan struktur *U-shaped* digunakan pada penelitian ini. sebagai sensor multi struktur, terdapat pembagian berkas cahaya yang merambat menjadi moda core dan moda cladding akibat perbedaan diameter dari *multimode* 1 (MMF 1) ke *singlemode* (SMF). Pada penelitian ini, digunakan SMF sepanjang 3 cm sebagai daerah sensing. Ketika serat optik ditekuk, terdapat berkas cahaya yang menembus perbatasan antara core dan cladding. Keadaan tersebut biasa dikenal dengan medan evanescent. Berkas cahaya yang bocor akibat absorpsi cladding tersebut digunakan sebagai sensor serat optik. Pada penelitian ini, sampel minyak digunakan sebagai cladding saat serat optik ditekuk. Indeks bias minyak berpengaruh pada daya keluaran sensor. Pada struktur MSM *U-shaped*, rugi daya terjadi akibat pencelupan sensor ke sampel yang memiliki perbedaan indeks bias dan rugi transmisi akibat pemanduan serat optik dari SMF ke MMF 2. Besar jari-jari kelekukan serat optik juga mempengaruhi daya keluaran serat optik. Semakin kecil jari-jari kelengkungan maka daya yang ditransmisikan serat optik akan semakin besar. Hal ini dikarenakan moda evanescent yang memasuki sampel memiliki sudut penerimaan yang sesuai dengan jari-jari kelengkungan sehingga dapat masuk kembali ke serat optik MMF 2. Berbeda ketika jari-jari kelengkungan serat optik

bernilai besar. Medan evanescent yang masuk ke sampel akan lebih sedikit dan memiliki sudut penerimaan yang lebih besar sehingga moda dapat terserap oleh sampel dan daya yang terukur semakin sedikit [29].



Gambar 4.1 Penjalaran Cahaya Akibat Perbedaan Besar Jari-Jari Kelengkungan [29]

4.2 Hasil Pengujian Karakterisasi Indeks Bias Minyak

Pada penelitian ini digunakan dua jenis minyak sebagai objek penelitian, yaitu minyak kelapa dan minyak bunga matahari. Penggunaan minyak bunga matahari sebagai sampel dikarenakan wujud pada suhu ruangan minyak bunga matahari dan minyak babi sama, yaitu berwarna bening bersih. Sedangkan pemilihan minyak kelapa sebagai sampel dikarenakan wujudnya yang sama ketika membeku dengan minyak babi. Minyak babi dan minyak kelapa jika didiamkan pada suhu dingin (sekitar 16 °C) maka akan membeku dan berwarna putih, sama seperti minyak babi. Selain itu, titik mencair minyak kelapa adalah 25 °C dan minyak babi sebesar 27 °C. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan refraktometer ABBE didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Indeks Bias Minyak

No.	Jenis Minyak (Merk)	Indeks Bias
1.	Bunga Matahari (X)	1,473
2.	Bunga Matahari (Y)	1,473
3.	Bunga Matahari (Z)	1,473
4.	Kelapa (A)	1,455
5.	Kelapa (B)	1,455
6.	Kelapa (C)	1,455
7.	Babi	1,468

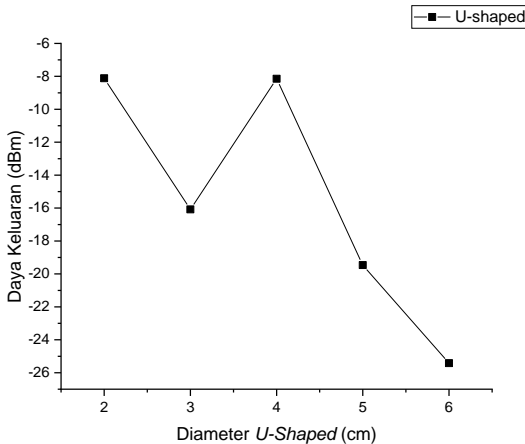
Dapat diketahui berdasarkan Tabel 4.1 bahwa nilai indeks bias tiap merk adalah sama. Oleh sebab itu, pada minyak kelapa digunakan merk B sebagai merk yang terkenal di pasaran dan minyak bunga matahari merk X karena memiliki kesamaan wujud dengan minyak babi.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Indeks Bias Minyak dengan Penambahan Konsentrasi Minyak Babi

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

Pada penelitian ini, sampel minyak kelapa dan minyak bunga matahari dicampurkan dengan minyak babi sebanyak 1%-5% dan 20%-80%. Sampel yang sudah dicampur dengan minyak babi diukur kembali indeks biasnya menggunakan refraktometer ABBE dan diperoleh data seperti pada Tabel 4.2. Diketahui bahwa minyak kelapa yang tercampur minyak babi dengan konsentrasi tinggi akan menyebabkan indeks bias naik sebesar 1,463. Sedangkan pada minyak bunga matahari, penambahan konsentrasi minyak babi menyebabkan indeks bias menurun. Hal ini sesuai dengan urutan indeks bias pada Tabel 4.1 yang menunjukkan indeks bias tertinggi pada sampel minyak bunga matahari, minyak babi, lalu minyak kelapa.

4.3 Hasil Karakterisasi Serat Optik MSM *U-shaped*



Gambar 4. 2 Perbandingan daya keluaran konfigurasi *U-shaped* dengan diameter lekuk sensor 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm dan 2 cm

Pada konfigurasi *U-shaped* didapatkan data seperti Gambar Gambar 4.2. Didapatkan tren grafik yang mayoritas menurun sesuai dengan besarnya diameter lekukan. Terdapat data yang menyimpang, yaitu pada daya keluaran pada diameter lekuk 4 cm yang memiliki nilai daya keluaran tinggi. Hal itu dapat terjadi karena pada serat optik terjadi MMI (*multimode interference*) yaitu keadaan dimana moda cahaya yang masuk dari MMF ke SMF mengalami konstruktif (meningkatkan daya transmisi) akibat mengecilnya diameter tempat moda berjalan. Sehingga, pada saat pengambilan data daya yang dihasilkan lebih tinggi dari yang seharusnya. Berdasarkan pengukuran, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar diameter lekuk, maka daya yang ditransmisikan serat optik akan semakin rendah.

Data perbandingan antara serat optik konfigurasi lurus dan konfigurasi *U-shaped* dapat dilihat pada Tabel 4.3. Diketahui bahwa terdapat perbedaan daya keluaran yang dihasilkan dari serat optik konfigurasi lurus dan *U-shaped*. Pada konfigurasi *U-*

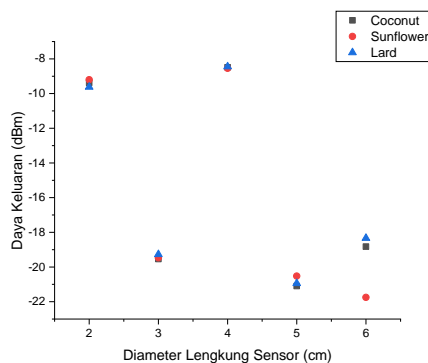
shaped didapatkan daya keluaran semakin tinggi pada diameter 2 cm dan semakin rendah pada diameter 6 cm.

Tabel 4. 3 Data Perbandingan Pengukuran Konfigurasi Lurus dan *U-shaped*

Diameter (cm)	Daya Keluaran (dBm)	
	Lurus	<i>U-shaped</i>
2	-16.736	-8.117
3	-15.199	-16.082
4	-16.024	-8.147
5	-15.669	-19.462
6	-15.370	-25.417

4.4 Hasil Karakterisasi Serat Optik MSM *U-shaped* pada Sampel Minyak Murni

Serat optik MSM *U-shaped* dikarakterisasi menggunakan minyak kelapa, bunga matahari dan babi murni. Hasil karakterisasi pada tiap diameter lekuk dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4.3 Perbandingan pengukuran daya minyak kelapa murni, minyak bunga matahari murni dan minyak babi murni dengan diameter lekuk sensor 6 cm, 5cm, 4cm, 3cm dan 2 cm

Berdasarkan Gambar 4.3, diketahui bahwa pada serat optik MSM *U-shaped* diameter 2 cm, 3 cm dan 4 cm perbedaan daya keluaran antara ketiga sampel belum terlihat dengan jelas karena hanya terjadi sedikit perubahan daya. Berbeda pada *U-shaped* diameter 5 cm yang mulai menunjukkan adanya perbedaan daya antara ketiga sampel. Pada diameter lekuk 6 cm, daya antara ketiga sampel semakin terlihat dan didapatkan minyak bunga matahari mentransmisikan daya paling sedikit, yaitu pada rentang -25 dBm, lalu minyak kelapa pada rentang -17 dBm dan minyak babi pada rentang -16 dBm. Hal ini dikarenakan indeks bias dari masing-masing minyak yang berbeda. Semakin tinggi indeks bias sampel maka cahaya yang melewati sampel itu akan memiliki kecepatan yang lebih rendah, sehingga daya keluaran yang dihasilkan serat optik akan lebih kecil.

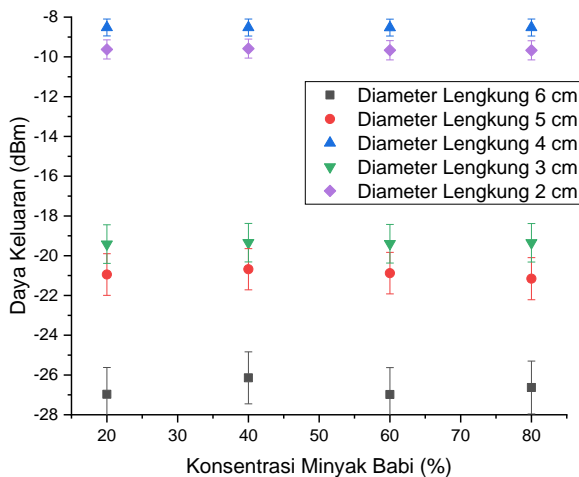
4.5 Hasil Pengujian Sensor Serat Optik MSM *U-shaped*

Serat optik MSM dengan variasi diameter lekuk sebesar 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm dan 2 cm digunakan untuk pengujian sensor minyak babi yang terlarut pada minyak kelapa dan minyak bunga matahari. Sebelum sampel digunakan, sampel dipanaskan terlebih dulu pada suhu 55 °C dikarenakan minyak babi memiliki suhu beku yang tinggi, yaitu 25 °C. Pengujian dilakukan dengan dua jenis penambahan minyak babi terlarut. Yang pertama dengan menambahkan minyak babi sebesar 20%, 40%, 60%, 80 % dan 100%, lalu selanjutnya dengan menambahkan minyak babi terlarut sebesar 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% pada kedua sampel minyak. Pengukuran daya keluaran dilakukan menggunakan *Optical Power Meter* yang terhubung ke laptop dan diambil data tiap satu detik sebanyak seratus kali untuk masing-masing pengukuran.

4.5.1 Sampel Minyak Kelapa

Pada pengujian ini, sensor diuji dengan dicelupkan ke sampel minyak yang sudah dicampur dengan minyak babi. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi minyak babi terhadap sensor, maka dilakukan pengukuran daya yang terukur dari sensor. Konsentrasi minyak babi terlarut yang digunakan sebesar 20%,

40%, 60% dan 80%. Hasil pengujian dari kelima diameter sensor dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.

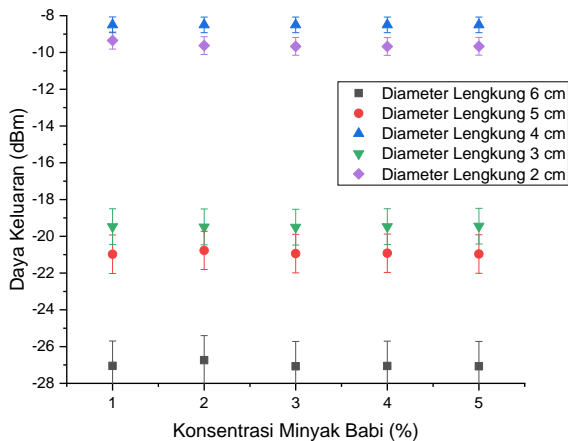


Gambar 4. 4 Perbandingan antara daya keluaran sensor diameter lekuk 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm, dan 2 cm dengan konsentrasi minyak babi kelipatan 20% pada minyak kelapa

Berdasarkan Gambar 4.4 diketahui perbandingan daya dari tiap sensor dengan diameter lekuk 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm dan 2 cm. diketahui terdapat beberapa rentang pengukuran. Daya terbesar terdapat pada diameter lekuk 4 cm dengan rentang pengukuran -8 dBm hingga -9 dBm. Sedangkan daya keluaran terendah terdapat pada diameter lekuk 6 cm, yaitu berkisar pada -26 dBm hingga -28 dBm. Daya yang terukur menunjukkan bahwa konsentrasi minyak babi terlarut memberikan perubahan yang sangat kecil terhadap daya yang terukur. Akan tetapi, tren grafik menunjukkan semakin banyak banyak konsentrasi minyak babi yang terlarut, maka daya yang ditransmisikan akan semakin kecil. Pada diameter lekuk 2 cm hingga 4 cm didapatkan daya keluaran sensor yang dihasilkan hanya mengalami sedikit

perubahan seiring bertambahnya konsentrasi minyak babi terlarut. Berbeda dengan diameter lekuk 5 cm dan 6 cm yang sudah mulai menunjukkan adanya perubahan daya keluaran sensor akibat penambahan minyak babi terlarut.

Untuk melihat sensitivitas sensor pada sampel, maka dilakukan pengujian dengan konsentrasi minyak babi terlarut 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



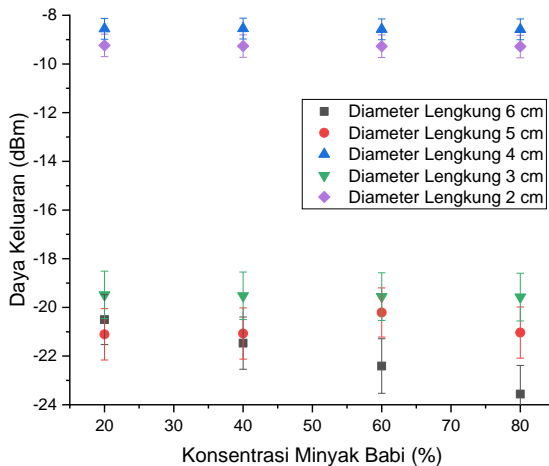
Gambar 4. 5 Perbandingan antara daya keluaran sensor diameter lekuk 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm, dan 2 cm dengan konsentrasi minyak babi 1%-5% pada minyak kelapa

Berdasarkan Gambar 4.5, diketahui pengaruh penambahan konsentrasi minyak babi terhadap daya yang ditransmisikan. Jika dilihat pada tren grafik, dapat diketahui bahwa sensor tidak terlalu menunjukkan perubahan daya pada penambahan konsentrasi minyak babi pada sampel minyak kelapa. Tren grafik cenderung stabil dan perubahan daya yang paling terlihat berada pada diameter lekuk 6 cm. Hal ini dapat terjadi dikarenakan konsentrasi minyak babi terlarut yang kecil sehingga daya

keluaran sensor yang dihasilkan tidak mengalami banyak perubahan.

4.5.2 Sampel Minyak Bunga Matahari

Pada awal pengujian sensor, dilakukan pengujian dengan konsentrasi minyak babi terlarut dengan konsentrasi tinggi pada sampel minyak bunga matahari. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi minyak babi terlarut terhadap daya yang ditransmisikan oleh sensor. Hasil pengujian terhadap lima konfigurasi sensor dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.

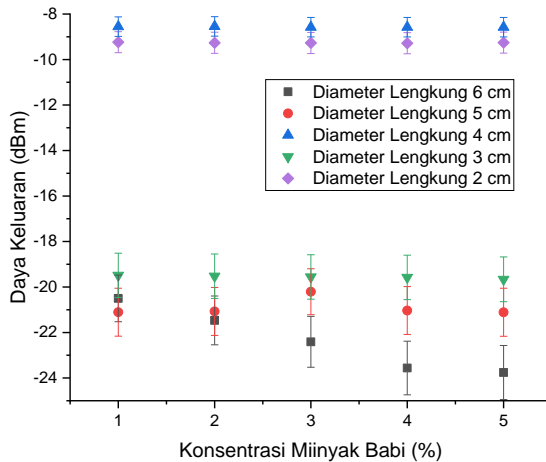


Gambar 4. 6 Perbandingan antara daya keluaran sensor diameter lekuk 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm, dan 2 cm dengan konsentrasi minyak babi kelipatan 20% pada minyak bunga matahari

Berdasarkan Gambar 4.6, diketahui pada sensor dengan diameter lekuk 4 cm menghasilkan daya keluaran yang tinggi yaitu -8 dBm hingga -9 dBm. Sedangkan pada sensor dengan diameter lekuk 6 cm memiliki daya keluaran terendah, yaitu rentang -20 dBm hingga -24 dBm. Pada sensor dengan diameter lekuk 6 cm menunjukkan semakin besar konsentrasi minyak babi

yang terlarut, maka akan semakin rendah daya yang ditransmisikan. Oleh sebab itu, sensor pada diameter lekuk 6 cm memiliki hasil pengukuran yang sensitif dan linier.

Langkah selanjutnya adalah menguji sensitivitas sensor dengan menambahkan minyak babi terlarut dengan konsentrasi 1% hingga 5%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.7 sebagai berikut.



Gambar 4. 7 Perbandingan antara daya keluaran sensor diameter lekuk 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm, dan 2 cm dengan konsentrasi minyak babi 1%-5% pada minyak bunga matahari

Berdasarkan Gambar grafik 4.7, diketahui pada diameter 2 cm, 3 cm dan 4 cm menghasilkan perubahan daya yang sedikit seiring bertambahnya konsentrasi minyak babi terlarut. Berbeda dengan sensor pada diameter lekuk 5 cm dan 6 cm yang menunjukkan perubahan daya dengan rentang yang cukup besar. Namun, dilihat pada grafik dapat disimpulkan bahwa pada diameter lekukan 6 cm memiliki hasil yang linier dengan penambahan konsentrasi minyak babi dalam jumlah yang sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa pada diameter lekuk 6 cm lebih sensitif dengan

bertambahnya minyak babi terlarut dalam jumlah kecil. Hal ini ditandai dengan daya keluaran yang semakin kecil seiring dengan bertambahnya konsentrasi minyak babi.

Jika dibandingkan antara pengujian pada sampel minyak kelapa dan minyak bunga matahari, dapat diketahui bahwa sensor MSM *U-shaped* lebih sensitif pada sampel minyak bunga matahari yang memiliki indeks bias antara 1,467 hingga 1,472. Perbedaan indeks bias yang cukup jauh dengan indeks cladding serat, yaitu 1,44, dapat menyebabkan sensor lebih sensitif.

4.5.3 Karakteristik Statik Sensor

Setelah dilakukan pengujian terhadap sensor serat optik MSM *U-shaped*, didapatkan data hasil pengukuran pada tiap variasi diameter lekuk. Pengaruh penambahan konsentrasi minyak babi pada sensor serat optik dapat dilihat dengan menghitung parameter span, standar deviasi, sensitivitas dan R^2 pengukuran menggunakan rumus yang terdapat pada bab 2 dan hasil *fitting* grafik pada *software* origin. Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui perbandingan karakteristik statik antara sampel minyak kelapa dan minyak bunga matahari dengan penambahan minyak babi 20%, 40%, 60% dan 80% .

Tabel 4. 4 Karakteristik Statik Sensor Penambahan Minyak Babi Kelipatan 20%

Variasi Diameter Lengkung (cm)	Sampel							
	Minyak Kelapa				Minyak Bunga Matahari			
	Span	Standar Deviasi	Sensitivitas (dBm/%)	R Square	Span	Standar Deviasi	Sensitivitas (dBm/%)	R Square
6	0,8385	0,3944	0,0140	0,0341	3,0585	1,3073	0,0510	0,9977
5	0,4749	0,1959	0,0079	0,3000	0,8983	0,4319	0,0150	0,1056
4	0,0045	0,0019	0,0001	0,3315	0,0339	0,0169	0,0006	0,6464
3	0,0728	0,0352	0,0012	0,2735	0,0911	0,0399	0,0015	0,9822
2	0,0874	0,0411	0,0015	0,5083	0,0473	0,0202	0,0008	0,9175

Jika dilihat pada Tabel 4.4, maka pengaruh penambahan konsentrasi minyak babi terlarut dapat diketahui. Pada sampel minyak kelapa, sensitivitas tertinggi berada pada sensor dengan diameter lekuk 6 cm yaitu 0,014 dBm/%, sedangkan sensitivitas terendah terdapat pada diameter lekuk 4 cm yaitu 0,0001 dBm/%.

Sedangkan pada sampel minyak bunga matahari, sensitivitas tertinggi juga terdapat pada sensor dengan diameter lekuk 6 cm, yaitu 0,051 dBm/% dan sensitivitas terendah pada diameter lekuk 4 cm, yaitu 0,0006 dBm/%.

Hasil karakteristik statik pada pengujian sensor dengan konsentrasi minyak babi terlarut 1%-5% dapat dilihat pada Tabel 4.5. Diketahui bahwa pada minyak kelapa memiliki span pengukuran terbesar pada diameter lekuk 6 cm, yaitu 0,3301 dan memiliki sensitivitas sebesar 0,0825 dBm/%. Pada sampel minyak bunga matahari, memiliki span terbesar pada diameter 6 cm, yaitu 3,2658 dengan sensitivitas sebesar 0,8142 dBm/%.

Tabel 4. 5 Karakteristik Statik Sensor Penambahan Minyak Babi 1%-5%

Variasi Diameter Lengkung (cm)	Sampel							
	Minyak Kelapa				Minyak Bunga Matahari			
	Span	Standar Deviasi	Sensitivitas (dBm/%)	R Square	Span	Standar Deviasi	Sensitivitas (dBm/%)	R Square
6	0,3301	0,1630	0,0825	0,1534	3,2568	1,0683	0,8142	0,9686
5	0,2038	0,0874	0,0509	0,0611	0,9008	0,4324	0,2252	0,0002
4	0,0013	0,0004	0,0003	0,1897	0,0339	0,0166	0,0085	0,6322
3	0,0544	0,0233	0,0136	0,2525	0,1764	0,0591	0,0441	0,9389
2	0,3251	0,0238	0,0813	0,5963	0,0473	0,0114	0,0118	0,2484

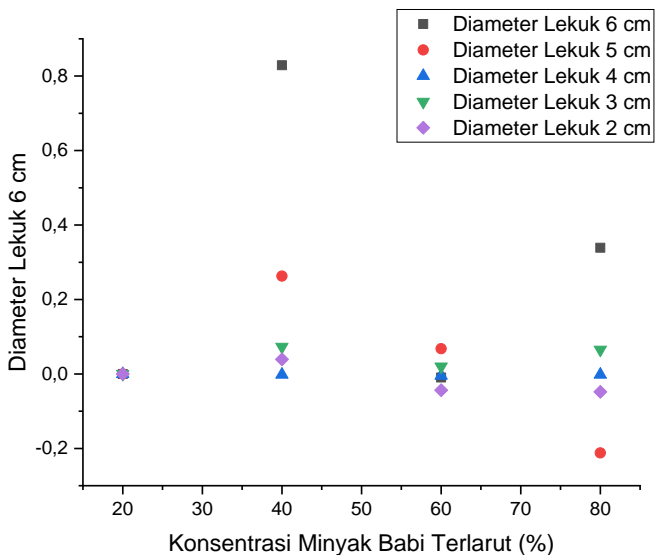
Jika ditinjau dari nilai sensitivitas sensor terhadap kedua sampel, maka dapat diketahui bahwa sensitivitas pada minyak bunga matahari lebih tinggi dibandingkan pada minyak kelapa. Hal ini dapat terjadi karena indeks bias yang dimiliki minyak bunga matahari lebih tinggi dibandingkan indeks bias milik minyak kelapa. Hal ini menunjukkan bahwa indeks bias memiliki pengaruh terhadap sensitivitas sensor serat optik MSM *U-shaped*.

Besar lekuk serat optik juga mempengaruhi daya yang dihasilkan sensor. Semakin besar lekuk serat optik maka akan semakin rendah daya keluaran sensor dan lebih sensitif terhadap perubahan konsentrasi minyak babi terlarut. Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor serat optik *U-shaped* lebih sensitif pada sampel minyak bunga matahari dengan konfigurasi diameter lekuk 6 cm. Sensitivitas pengujian pada penambahan konsentrasi 1%-5% sebesar 0,8142 dBm/% dan pada

penambahan konsentrasi minyak babi terlarut 20%-80% sebesar 0,0510. Karakteristik sensor yang didapat adalah semakin tinggi konsentrasi dan semakin besar lekuk serat optik, maka akan semakin rendah daya yang dihasilkan dan sensor lebih sensitif.

4.6 Hasil dan Analisa Data Normalisasi

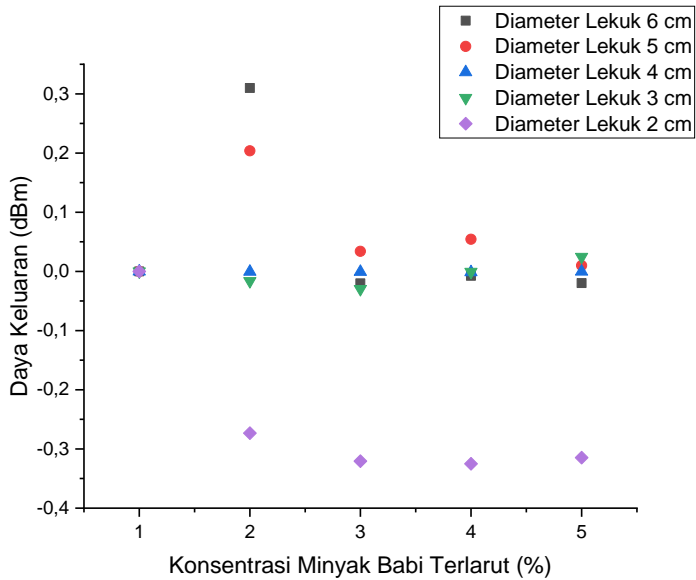
Data hasil pengujian yang didapatkan lalu dinormalisasi untuk melihat tren grafik. Hasil normalisasi dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 4.8 Hasil normalisasi data pengujian sensor dengan konsentrasi minyak babi 20%-80% pada minyak kelapa

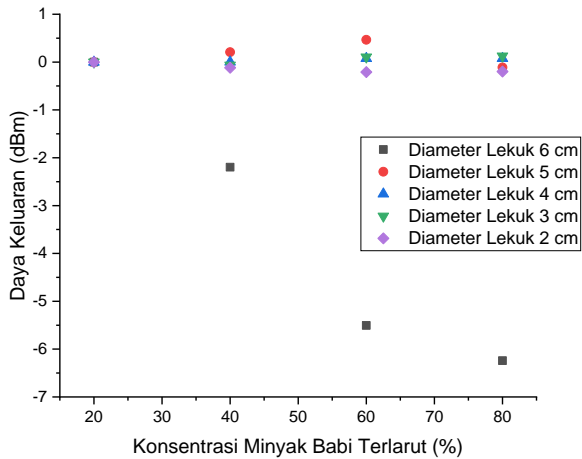
Berdasarkan Gambar 4.8 dan 4.9 didapatkan grafik hasil normalisasi pengujian sensor pada sampel minyak kelapa. Pada penambahan minyak babi terlarut sebanyak 20%-80% didapatkan nilai yang berdekatan antar hasil pengukuran sensor. Tren grafik membentuk garis lurus yang menandakan sensor memiliki performa yang kurang baik dalam pendeteksian di sampel minyak

kelapa. Namun pada diameter lekuk 2 cm tren daya pengukuran menurun. Pada sampel dengan minyak babi terlarut sebanyak 1%-5% didapatkan grafik pada sensor dengan diameter lekuk 2 cm memiliki tren turun. Pada diameter lekuk 4 cm dan 3 cm daya keluaran yang terukur memiliki perubahan yang sangat kecil ketika diberi penambahan konsentrasi minyak babi terlarut.

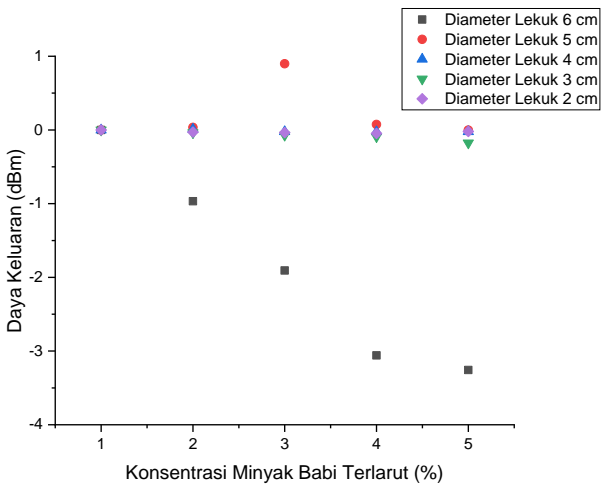


Gambar 4.9 Hasil normalisasi data pengujian sensor dengan konsentrasi minyak babi 1%-5% pada minyak kelapa

Selanjutnya adalah hasil normalisasi data pengujian menggunakan sampel minyak bunga matahari. Grafik hasil normalisasi data dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan 4.11 sebagai berikut.



Gambar 4.10 Hasil normalisasi data pengujian sensor dengan konsentrasi minyak babi 20%-80% pada minyak bunga matahari



Gambar 4.11 Hasil normalisasi data pengujian sensor dengan konsentrasi minyak babi 1%-5% pada minyak bunga matahari

Setelah didapatkan grafik hasil normalisasi, dapat diketahui tren hasil pengujian sensor pada sampel minyak bunga matahari. Pada penambahan konsentrasi minyak babi terlarut sebanyak 20%-80% didapatkan bahwa pada sensor dengan diameter lekuk 6 cm menghasilkan tren grafik yang menurun. Pada penambahan konsentrasi minyak babi terlarut sebesar 1%-5% diameter lekuk 6 cm menghasilkan tren grafik yang menurun pula. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi minyak babi terlarut maka daya keluaran sensor akan menurun. Jika dibandingkan dengan sensor diameter lekuk 2 cm, didapatkan bahwa hasil pengukuran daya keluaran sensor cenderung stabil seiring bertambahnya konsentrasi minyak babi terlarut. Selanjutnya dilakukan perhitungan karakteristik statik untuk mengetahui span pengukuran, sensitivitas, standar deviasi dan r^2 seperti pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Hasil Karakteristik Statik Data Normalisasi

Bending	Minyak Kelapa				Minyak Bunga Matahari			
	Span	Standar Deviasi	Sensitivitas (dBm/%)	R Square	Span	Standar Deviasi	Sensitivitas (dBm/%)	R Square
6 cm	0,3301	0,1630	0,0825	-0,1288	2,2903	1,0683	0,5726	0,9687
5 cm	0,1938	0,0874	0,0485	-0,2518	0,9008	0,4324	0,2252	0,0002
4 cm	0,0010	0,0004	0,0003	-0,0804	0,0339	0,0166	0,0085	0,6322
3 cm	0,0544	0,0233	0,0136	0,0033	0,1386	0,0591	0,0346	0,9389
2 cm	0,0517	0,0238	0,0129	0,4619	0,0268	0,0114	0,0067	0,2848

Jika dilihat dari hasil perhitungan karakteristik statik, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pada sampel minyak kelapa performa sensor terbaik terdapat pada sensor dengan diameter lekuk 6 cm. nilai span yang didapatkan sebesar 0,3301, standar deviasi sebesar 0,163, sensitivitas sebesar 0,0825 dBm/% dan r^2 sebesar -0,1288. Pada sampel minyak bunga matahari didapatkan performansi terbaik terdapat pada sensor dengan diameter lekuk 6 cm dengan span sebesar 2,2903, standar deviasi sebesar 1,0683, sensitivitas sebesar 0,5726 dBm/% dan r^2 sebesar 0,9687.

BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari tugas akhir dan saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- a. Semakin besar diameter lekuk yang digunakan, maka sensor akan semakin sensitif terhadap minyak babi. Pada penelitian ini, performansi sensor terbaik terdapat pada diameter lekuk 6 cm.
- b. Didapatkan sensor memiliki performansi terbaik dengan range 0% hingga 5% serta 20% hingga 100% pada minyak babi terlarut dengan diameter lekuk 6 cm. Pada sampel minyak bunga matahari memiliki span 3,2568, standar deviasi sebesar 1,0683, sensitivitas 0,8142 dan R^2 0,9686. Pada sampel minyak kelapa memiliki performansi sensor terbaik pada diameter lekuk 6 cm dengan span 0,3301, standar deviasi 0,163, sensitivitas 0,0825 dBm/% dan R^2 0,1534.

5.2 Saran

Pada pengerjaan tugas akhir ini ditemukan beberapa kendala yang dapat dijadikan saran untuk penelitian selanjutnya, diantaranya sebagai berikut.

- a. Pada saat pengambilan data, lebih baik menggunakan sumber cahaya dengan sumber listrik dari rangkaian arus listrik agar daya yang dihasilkan stabil. Karena, jika menggunakan baterai akan menimbulkan daya yang terukur pada OPM akan berbeda tergantung lama pemakaian baterai.

- b. Penempatan sampel minyak sebaiknya menggunakan *sentrifuge tube* karena wadah tersebut lebih tahan pada suhu tinggi maupun rendah
- c. Sebaiknya sampel minyak yang digunakan tidak dipanaskan terlalu lama, karena akan menyebabkan perubahan karakteristik pada minyak tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, "The Future of the Global Muslim Population, Projection for 2010-2030", Pew Research Center Forum on Religion & Public Life. Washington : Pew Research Center, 2011
- [2] Harsanto, P. W., "Gaya Hidup Modern dan Iklan (Budaya Makan Mi Instan Sebagai Identitas)", Jurnal UNY, Vol 7, No. 1, pp 77-87, 2009.
- [3] Hermanto, Sandra, Muawanah, Anna, Wardhani, Prita, "Analisis tingkat kerusakan lemak nabati dan lemak hewani akibat proses pemanasan". Jurnal Valensi, Volume 1, pp 102-109, 2010.
- [4] Chairunnisyah, Sheilla. "Peran Majelis Ulama Indonesia dalam Menerbitkan Sertifikat Halal pada Produk Makanan dan Kosmetika", Jurnal Edutech, Vol. 3, No. 2, 2017.
- [5] Handayani, Sri, Muftisany, Hafidz, "Titik Kritis Halal Minyak Goreng", Khazanah Republika [Online]. Available: <https://republika.co.id/berita/koran/dialog-jumat/16/02/19/o2s0g78-titik-kritis-halal-minyak-goreng>. [diakses pada 14 01 2019].
- [6] Marikkar, J. M. N.; Lai, O. M.; Ghazali, H. M., Che Man, Y. B., "Detection Of Lard And Randomized Lard As Adulterants In Refined-Bleached-Deodorized Palm Oil By Differential Scanning Calometry". JAOCS, Vol. 78, pp 1113-1119, 2001.
- [7] Che Man, Y. B.; Marina, A.M.; Rohman, Abdul; Al-Kahtani, H.A., Norazura, O., "A Fourier Transform Infrared Spectroscopy Method For Analysis Of Palm Oil Adulterated With Lard In Pre-Fried French Fries". International Journal of Food Properties ,Pp 17:354-362, 2014.
- [8] Sairin, Masyitah A.; A.N., Nina Naquiah, A. Aziz, Samsuzana, Hashim, Dzulkifly Mat., "Potential Of Dielectric Spectroscopy Measurement For Lard

- Detection”. Ninth International Conference on Sensing Technology, 978-1-4799-6314-0, 2015.
- [9] Indrasti, Dias; Che Man Y.B.; Mustafa, Shuhaimi; Hashim, D.M., “Lard Detection Based On Fatty Acid Profile Using Comprehensive Gas Chromatography Hyphenated With Time-Of-Flight Mass Spectrometry”. Food Chemistry, No. 122, pp 1273-1277, 2010.
- [10] Husada, F. I., “Desain Sensor Berbasis *Plastic Optical Fiber* (POF) Dengan Konfigurasi *U-shaped* Untuk Deteksi Kandungan Minyak Babi Terlarut Minyak Sawit”, Surabaya : Teknik Fisika ITS, 2018.
- [11] Tang, Jiali; Pu, Shengli; Dong, Shaohua dan Luo, Longfeng, “Magnetic Field Sensing Based on Magnetic –Fluid-Clad *Multimode-Singlemode-Multimode* Fiber Structure”, Sensors, No. 14, Pp 19086-19094, 2014.
- [12] Hidayati, Rinda N. “Pemanfaatan Serat Optik Struktur *Singlemode-Multimode Coreless-Singlemode* (SMS) Sebagai Sensor Ion Magnesium”, Surabaya : Teknik Fisika ITS, 2018.
- [13] Kolimberis, Harold, “Fiber optic communications”, Amerika : Person pernice Hall, 2004.
- [14] Henry, Zanger, Chintya Zanger, “Fiber Optics Communication and Other Application”, New York : Macmillan P.C., 1991.
- [15] Yin, Bin; Li, Yang; Liu, Zhi-bo, dkk, “Investigation On A Compact In-Line *Multimode-Single-Mode-Multimode* Fiber Structure. Optics & Laser Technology, No. 80, Pp 16-21, 2016.
- [16] Samuel, Y. Liao, “Engineering Applications of Electromagnetic Theory”, St. Paul : West P.C., 1988.
- [17] A. Jay, John, “An Overview of Macrobending and Microbending of Optical Fibers”, New York : Corning Incorporated, Desember, 2010.

- [18] Du, Yang, Jothibas, Sasi, Zhuang, Yiyang, Zhhu, Chen dan Huang, Jie, “Rayleigh Backscattering Based Macrobending Single Mode Fiber For Distributed Refractive Index Sensing”, *Sensors and Actuators*, seri B, Vol. 248, pp. 346-350, 2017.
- [19] Rusdiana, Rizka. “Analisis Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan Parameter Viskositas dan Indeks Bias”. Surabaya : Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negri Walisongo, 2015.
- [20] Bailey, A. E., “Industrial Oil and Fat Products (2nd Edition)”, New York : Interscience, 1951.
- [21] DeMan, John M. “Kimia Makanan (Edisi kedua)”. Bandung : ITB, 1997.
- [22] Bockisch, Michael, “Fats and Oils Handbook”, Jerman : AOCS Press, 1998.
- [23] Karouw, Steivie dan Santosa, Budi, “Minyak Kelapa Sebagai Sumber Asam Lemak Rantai Medium”, Manado : Balai Penelitian Tanaman Palma, 2014.
- [24] Mursalin, dkk, “Karakterisasi Sifat Fisiko Kimia Minyak Kelapa”. Bogor : Institut Pertanian Bogor, 2016.
- [25] Cholid, Mohammad. “Pemanfaatan Produk Bunga Matahari (*Helianthus Annuus* L.) sebagai Bahan Pangan, Biofuel dan Nilai Tambah Lainnya”, Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- [26] Taufik, M, dkk, “Studi Awal : Analisis Sifat Fisika Lemak Babi Hasil Ekstraksi pada Produk Pangan Olahan”, *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 2018.
- [27] Bentley, John P., “Principles of Measurement Systems (3rd Edition)”, Prentice Hall : Pearson, 1995.
- [28] Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, *Dasar Analisis Fisikokimia*. Jakarta : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013.

- [29] A. Jay, John, “*An Overview of Macrobending and Microbending of Optical Fibers*”, New York : Corning Incorporated, Desember, 2010.

LAMPIRAN A

DATA KARAKTERISTIK STATIK SENSOR BERDASARKAN SOFTWARE ORIGIN

A.1 Tabel Hasil Karakteristik Statik pada Origin, Sensor dengan Sampel Minyak Kelapa dan 1%-5% Lard Terlarut

Equation	y = a + b*x				
	Diameter Lengkung 6 cm	Diameter Lengkung 5 cm	Diameter Lengkung 4 cm	Diameter Lengkung 3 cm	Diameter Lengkung 2 cm
Weight	No Weighting				
Intercept	-26.88979 ± 0.16065	-20.87495 ± 0.09727	-8.49651 ± 5.48148E-4	-19.48646 ± 0.02133	-9.39121 ± 0.10731
Slope	-0.03571 ± 0.04844	-0.01296 ± 0.02933	-1.38E-4 ± 1.8467E-4	0.00647 ± 0.00643	-0.0681 ± 0.03235
Residual Sum of Squares	0.07039	0.0258	8.13485E-7	0.00124	0.0314
Pearson's r	-0.39167	-0.2472	-0.43654	0.50251	-0.77219
R-Square (COD)	0.1534	0.06111	0.1897	0.25251	0.59827
Adj. R-Square	-0.12879	-0.25188	-0.08041	0.00335	0.48169

A.2 Tabel Hasil Karakteristik Statik pada Origin, Sensor dengan Sampel Minyak Bunga Matahari dan 1%-5% Lard Terlarut

Equation	y = a + b*x				
	Diameter Lengkung 6 cm	Diameter Lengkung 5 cm	Diameter Lengkung 4 cm	Diameter Lengkung 3 cm	Diameter Lengkung 2 cm
Weight	No Weighting				
Intercept	-19.75864 ± 0.29629	-20.91701 ± 0.47346	-8.54251 ± 0.01164	-19.43968 ± 0.01884	-9.24433 ± 0.01822
Slope	-0.86056 ± 0.08933	0.00346 ± 0.14275	-0.00797 ± 0.00351	-0.04081 ± 0.00598	-0.006 ± 0.00549
Residual Sum of Squares	0.23942	0.61135	3.89228E-4	0.00107	9.05175E-4
Pearson's r	-0.36422	0.01388	-0.79509	-0.96887	-0.5337
R-Square (COD)	0.96938	1.95448E-4	0.83218	0.93389	0.28484
Adj. R-Square	0.95824	-0.33307	0.50955	0.91853	0.04845

A.3 Tabel Hasil Karakteristik Statik pada Origin, Sensor dengan Sampel Minyak Kelapa dan 20%-80% Lard Terlarut

Equation	y = a + b*x				
	Diameter Lengkung 6 cm	Diameter Lengkung 5 cm	Diameter Lengkung 4 cm	Diameter Lengkung 3 cm	Diameter Lengkung 2 cm
Weight	No Weighting				
Intercept	-20.72521 ± 0.59081	-20.7064 ± 0.24585	-8.52185 ± 0.00229	-19.41294 ± 0.04495	-9.57838 ± 0.04328
Slope	8.91895E-4 ± 0.01078	-0.00418 ± 0.00449	-4.15843E-5 ± 4.17404E-5	7.12162E-4 ± 8.20705E-4	-0.00114 ± 7.90179E-4
Residual Sum of Squares	0.48509	0.08059	9.89595E-8	0.00265	0.0025
Pearson's r	0.05827	-0.54772	-0.87872	0.52289	-0.71293
R-Square (COD)	0.00341	0.3	0.33148	0.27351	0.58827
Adj. R-Square	-0.49489	-0.05001	-0.00282	-0.08973	0.2624

A.4 Tabel Hasil Karakteristik Statik pada Origin, Sensor dengan Sampel Minyak Bunga Matahari dan 20%-80% Lard Terlarut

Equation	y = a + b*x				
	Diameter Lengkung 6 cm	Diameter Lengkung 5 cm	Diameter Lengkung 4 cm	Diameter Lengkung 3 cm	Diameter Lengkung 2 cm
Weight	No Weighting				
Intercept	-19.45669 ± 0.09281	-21.12752 ± 0.61271	-8.53738 ± 0.01508	-19.45956 ± 0.00798	-8.2264 ± 0.0087
Slope	-0.05056 ± 0.00189	0.00544 ± 0.01119	-5.28589E-4 ± 2.75411E-4	-0.00153 ± 1.45744E-4	-7.4884E-4 ± 1.58773E-4
Residual Sum of Squares	0.01148	0.50055	3.03408E-4	8.49647E-5	1.00835E-4
Pearson's r	-0.99888	0.32495	-0.80397	-0.99109	-0.95785
R-Square (COD)	0.99776	0.10559	0.64635	0.98225	0.91747
Adj. R-Square	0.99864	-0.34181	0.48854	0.97337	0.8782

A.5 Tabel Data Perhitungan Karakteristik Statik Sampel Minyak Kelapa 1%-5% Lard Terlarut

Variasi Diameter Lengkung	Daya Terukur Pada Konsentrasi Minyak Babi Terlarut (dBm)					Karakteristik Statik							
	1%	2%	3%	4%	5%	Max Input	Min Input	Max Output	Min Output	Span	Standar Deviasi	Sensitivitas	r square
	6	-27,0494	-26,7395	-27,0696	-27,0568	-27,0693	5	1	-26,73948	-27,0696	0,330108	0,16298973	0,082527063
5	-20,9742	-20,7705	-20,9403	-20,9199	-20,9643	5	1	-20,77045	-20,9742	0,203757	0,08741497	0,05093918	0,0611
4	-8,49534	-8,49586	-8,49612	-8,49666	-8,49563	5	1	-8,495341	-8,49666	0,001316	0,000044143	0,000329	0,1897
3	-19,4726	-19,4889	-19,5024	-19,4733	-19,448	5	1	-19,448	-19,5024	0,054382	0,02334317	0,013595506	0,2525
2	-9,3488	-9,62215	-9,66932	-9,67387	-9,66345	5	1	-9,348796	-9,67387	0,325075	0,02375007	0,081268812	0,5963

A.6 Tabel Data Perhitungan Karakteristik Statik Sampel Minyak Bunga Matahari 1%-5% Lard Terlarut

Variasi Diameter Lengkung	Daya Terukur Pada Konsentrasi Minyak Babi Terlarut (dBm)					Karakteristik Statik							
	1%	2%	3%	4%	5%	Max Input	Min Input	Max Output	Min Output	Span	Standar Deviasi	Sensitivitas	R Square
	6	-20,5027	-21,4692	-22,409	-23,5612	-23,7595	5	1	-20,5027	-23,7595	3,256771	1,068333	0,8141928
5	-21,1077	-21,0727	-20,2095	-21,0331	-21,1102	5	1	-20,2095	-21,1102	0,900755	0,432402	0,2251888	0,0002
4	-8,55435	-8,54461	-8,57733	-8,57855	-8,57721	5	1	-8,54461	-8,57855	0,033938	0,016553	0,0084844	0,6322
3	-19,4862	-19,524	-19,5574	-19,5773	-19,6626	5	1	-19,4862	-19,6626	0,176392	0,059086	0,044098	0,9389
2	-9,23593	-9,26419	-9,27195	-9,28325	-9,25642	5	1	-9,23593	-9,28325	0,047325	0,011449	0,0118313	0,2484

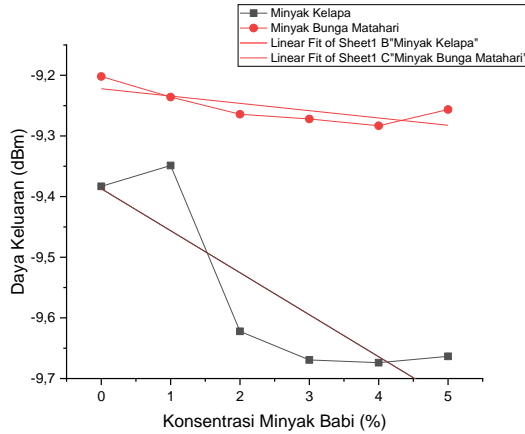
A.7 Tabel Data Perhitungan Karakteristik Statik Sampel Minyak Kelapa 20%-80% Lard Terlarut

Variasi Diameter Lengkung	Daya Terukur Pada Konsentrasi Minyak Babi Terlarut (dBm)				Karakteristik Statik							
	20%	40%	60%	80%	Max Input	Min Input	Max Output	Min Output	Span	Standar Deviasi	Sensitivitas	R Square
	6	-26,9702	-26,1412526	-26,97971	-26,631308	80	20	-26,141253	-26,97970652	0,838454	0,394411	0,013974
5	-20,9438	-20,6809888	-20,87602	-21,155865	80	20	-20,6809889	-21,15586458	0,474876	0,195896	0,007915	0,3
4	-8,52165	-8,523547	-8,526181	-8,523538	80	20	-8,521645	-8,526180851	0,004536	0,001864	7,56e-05	0,33146
3	-19,4168	-19,3439889	-19,39688	-19,351682	80	20	-19,343989	-19,41678889	0,0728	0,03516	0,001213	0,27351
2	-9,62209	-9,58274059	-9,66574	-9,6701644	80	20	-9,5827406	-9,670164356	0,087424	0,041146	0,001457	0,5083

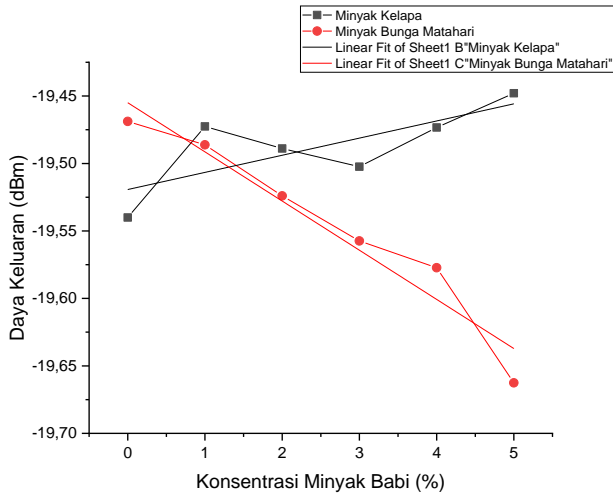
A.8 Tabel Data Perhitungan Karakteristik Statik Sampel Minyak Bunga Matahari 20%-80% Lard Terlarut

Variasi Diameter Lengkung	Daya Terukur Pada Konsentrasi Minyak Babi Terlarut (dBm)				Karakteristik Statik							
	20%	40%	60%	80%	Max Input	Min Input	Max Output	Min Output	Span	Standar Deviasi	Sensitivitas	R Square
	6	-20,5027	-21,4692	-22,409	-23,5612	80	20	-20,5027	-23,5612	3,058511	1,307349	0,05097518
5	-21,1077	-21,0727	-20,2095	-21,0331	80	20	-20,2095	-21,1077	0,898252	0,431914	0,01497087	0,1056
4	-8,55435	-8,54461	-8,57733	-8,57855	80	20	-8,54461	-8,57855	0,033938	0,016911	0,00056563	0,6464
3	-19,4862	-19,524	-19,5574	-19,5773	80	20	-19,4862	-19,5773	0,091072	0,039945	0,00151787	0,9822
2	-9,23593	-9,26419	-9,27195	-9,28325	80	20	-9,23593	-9,28325	0,047325	0,020181	0,00078875	0,9175

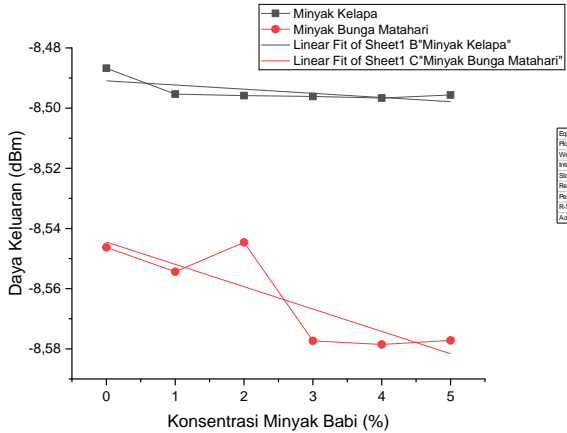
LAMPIRAN B PLOT GRAFIK PENGUKURAN ORIGIN



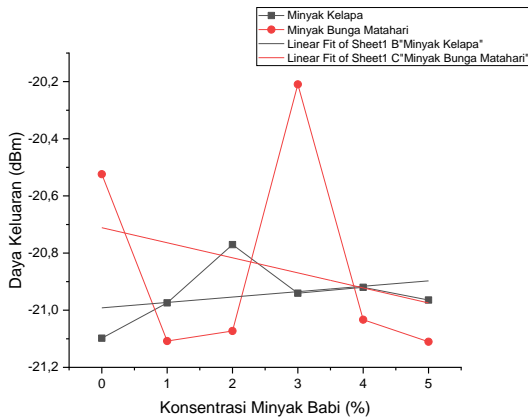
B.1 Grafik Pengukuran Daya Keluaran Sensor Diameter Lengkung 2 cm Terhadap Penambahan 0%-5% Lard Terlarut



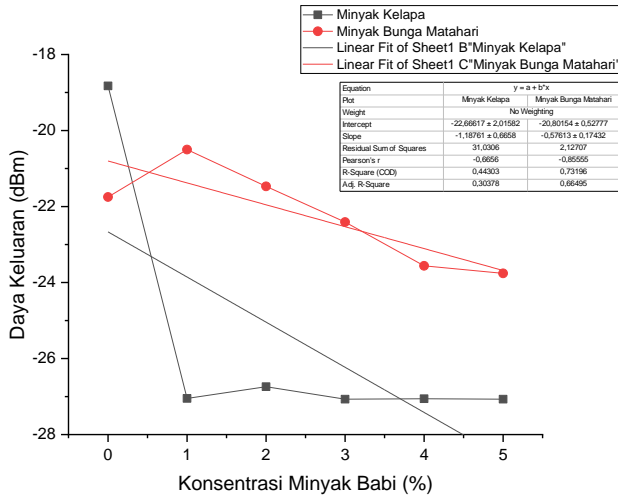
B.2 Grafik Pengukuran Daya Keluaran Sensor Diameter Lekuk 3 cm Terhadap Penambahan 0%-5% Lard Terlarut



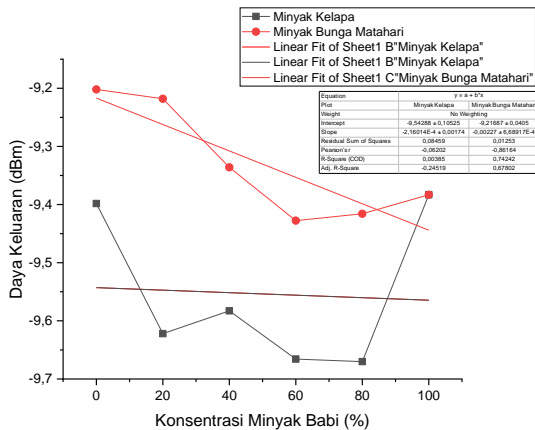
B.3 Grafik Pengukuran Daya Keluaran Sensor Diameter Lekuk 4 cm Terhadap Penambahan 0%-5% Lard Terlarut



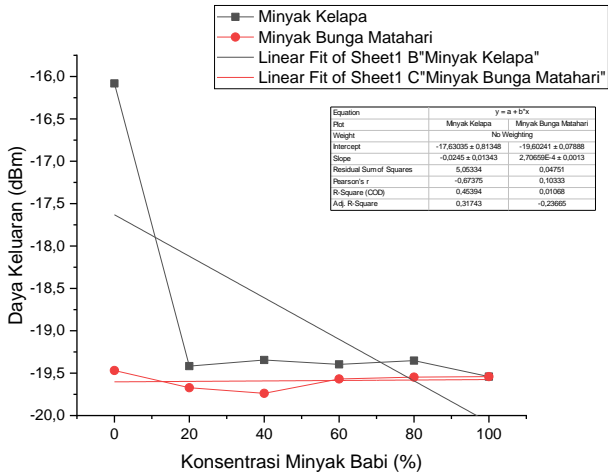
B.4 Grafik Pengukuran Daya Keluaran Sensor Diameter Lekuk 5 cm Terhadap Penambahan 0%-5% Lard Terlarut



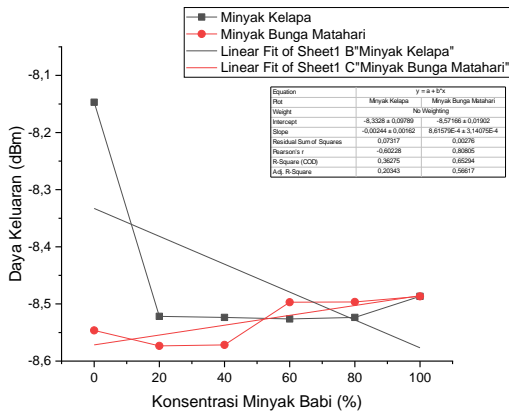
B.5 Grafik Pengukuran Daya Keluaran Sensor Diameter Lengkuk 6 cm Terhadap Penambahan 0%-5% Lard Terlarut



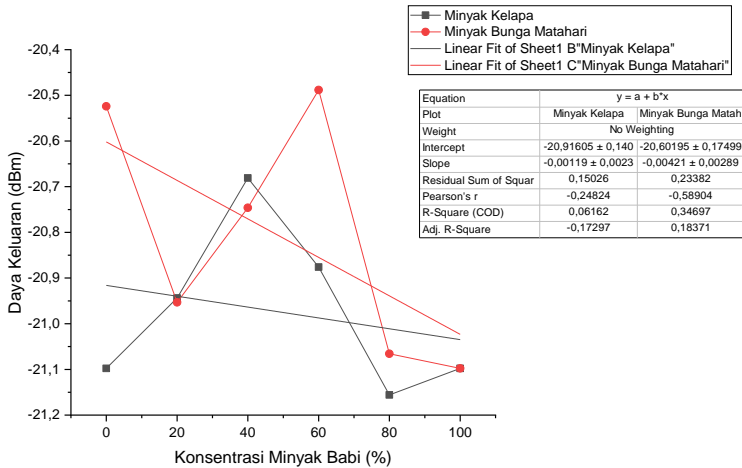
B.6 Grafik Pengukuran Daya Keluaran Sensor Diameter Lengkuk 2 cm Terhadap Penambahan 0%-100% Lard Terlarut



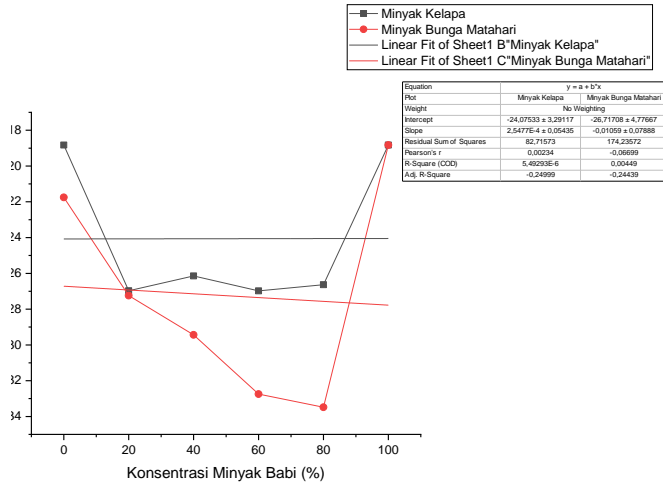
B.7 Grafik Pengukuran Daya Keluaran Sensor Diameter Lengkuk 3 cm Terhadap Penambahan 0%-100% Lard Terlarut



B.8 Grafik Pengukuran Daya Keluaran Sensor Diameter Lengkuk 4 cm Terhadap Penambahan 0%-100% Lard Terlarut



B.9 Grafik Pengukuran Daya Keluaran Sensor Diameter Lengk 5 cm Terhadap Penambahan 0%-100% Lard Terlarut



B.10 Grafik Pengukuran Daya Keluaran Sensor Diameter Lengk 6 cm Terhadap Penambahan 0%-100% Lard Terlarut

A.19 Tabel Hasil Pengukuran Sensor Terhadap Pengukuran Minyak Kelapa, Bunga Matahari dan Babi Murni

“Halaman ini memang dikosongkan”

LAMPIRAN C

DATA HASIL PENGUKURAN SENSOR

C.1 Data Hasil Pengujian Sampel Minyak Bunga Matahari

Diameter Lekuk Sensor	SUNFLOWER										
	Konsentrasi Minyak Babi										
	0%	1%	2%	3%	4%	5%	20%	40%	60%	80%	100%
6 cm	-20.264	-20.503	-21.469	-22.409	-23.561	-23.759	-27.240	-29.437	-32.745	-33.481	-18.334
5 cm	-15.669	-21.108	-21.073	-20.209	-21.033	-21.110	-20.953	-20.746	-20.488	-21.066	-20.946
4 cm	-8.147	-8.554	-8.545	-8.577	-8.579	-8.577	-8.573	-8.572	-8.497	-8.496	-8.447
3 cm	-16.082	-19.486	-19.524	-19.557	-19.577	-19.663	-19.672	-19.737	-19.568	-19.547	-19.274
2 cm	-9.398	-9.236	-9.264	-9.272	-9.283	-9.256	-9.218	-9.336	-9.428	-9.416	-9.622

C.2 Data Hasil Pengujian Sampel Minyak Kelapa

Diameter Lekuk Sensor	COCONUT										
	Konsentrasi Minyak Babi										
	0%	1%	2%	3%	4%	5%	20%	40%	60%	80%	100%
6 cm	-18.8265	-27.0494	-26.7395	-27.0696	-27.0568	-27.0693	-26.9702	-26.1413	-26.9797	-26.6313	-18.3339
5 cm	-21.0979	-20.9742	-20.7705	-20.9403	-20.9199	-20.9643	-20.9438	-20.681	-20.876	-21.1559	-20.9461
4 cm	-8.48677	-8.49534	-8.49586	-8.49612	-8.49666	-8.49563	-8.52165	-8.52355	-8.52618	-8.52354	-8.44718
3 cm	-19.5401	-19.4726	-19.4889	-19.5024	-19.4733	-19.448	-19.4168	-19.344	-19.3969	-19.3517	-19.2742
2 cm	-9.38306	-9.3488	-9.62215	-9.66932	-9.67387	-9.66345	-9.62209	-9.58274	-9.66574	-9.67016	-9.62199

C.3 Data Hasil Normalisasi Sampel Minyak Bunga Matahari

Diameter Lekuk Sensor	SUNFLOWER									
	Konsentrasi Minyak Babi									
	1%	2%	3%	4%	5%	20%	40%	60%	80%	100%
6 cm	0	-0,96648	-1,90628	-3,05851	-3,25677	0	-2,19666	-5,505	-6,24082	8,906599
5 cm	0	0,035085	0,898252	0,07466	-0,0025	0	0,207043	0,464884	-0,11245	0,007179
4 cm	0	0,009738	-0,02298	-0,0242	-0,02286	0	0,001795	0,076504	0,076939	0,126237
3 cm	0	-0,0378	-0,07124	-0,09107	-0,17639	0	-0,06516	0,104509	0,125337	0,398118
2 cm	0	-0,02826	-0,03602	-0,04733	-0,02049	0	-0,11791	-0,20952	-0,19771	-0,4039

C.4 Data Hasil Normalisasi Sampel Minyak Kelapa

Diameter Lekuk Sensor	COCONUT									
	Konsentrasi Minyak Babi									
	1%	2%	3%	4%	5%	20%	40%	60%	80%	100%
6 cm	0	0,3099326	-0,02017567	-0,00743373	-0,0198819	0	0,828986	-0,00946789	0,3389309	8,636388
5 cm	0	0,2037567	0,033944597	0,054262681	0,00995252	0	0,2628503	0,067817804	-0,2120255	-0,00226
4 cm	0	-0,000516	-0,000774	-0,001316	-0,00029	0	-0,001902	-0,00453585	-0,001893	0,074461
3 cm	0	-0,0163007	-0,02978862	-0,00075442	0,02459341	0	0,0728	0,019911111	0,0651071	0,142637
2 cm	0	-0,2733574	-0,32052673	-0,32507525	-0,3146825	0	0,0393492	-0,00364981	-0,0480746	0,000102

“Halaman ini memang dikosongkan”

LAMPIRAN D SPESIFIKASI ALAT UKUR

D.1 Spesifikasi PM 100 USB *OPTICAL POWER METER*

Item #	PM100USB
Display	
Display Type	External PC - Windows Application or Driver Set
Display Screens	Windows Application Software Provided
GUI Refresh Rate	300 Hz (Dependent on PC and Settings)
Sensor Interface	
Compatible Sensors	All Photodiodes, Thermopiles, and Pyros See below for full sensor specs
AD Converter	16 bit
Connector	DB9F
Sensor Temperature Control	Thermistor
Temperature Measurement Range	-10 to 80 °C
Digital Outputs	
Connector / Interface	Mini USB / USB2.0
Power	
Battery	N/A
Charger / DC Input	USB / PC Provided
Dimensions and Mounting	
Dimensions (LxWxH)	93.1 mm x 60.4 mm x 28.7 mm (3.67" x 2.38" x 1.13")
Weight	0.15 kg (0.33 lbs)
Operating Temperature	0 to 40 °C
Storage Temperature	-40 to 70 °C

Item #	PM100USB
Compatible Sensors	Photodiode, Thermal, and Pyroelectric
Optical Power Range ^a	100 pW to 200 W
Optical Energy Range ^a	3 µJ to 15 J
Available Sensor Wavelength Range ^a	185 nm - 25 µm
GUI Display Refresh Rate	300 Hz (PC Dependent)
Input Bandwidth ^a	DC - 100 kHz
Photodiode Sensor Range ^b	50 nA - 5 mA
Thermopile Sensor Range ^b	1 mV - 1 V
Pyroelectric Sensor Range ^b	100 mV - 100 V





Detector Compatibility	Photodiode Sensors: S1xxC Series Photodiodes (Max 5 mA)
Measurement Ranges	6 Decades; 50 nA - 5 mA, Sensor Dependent
Wavelength Ranges	200 nm - 1800 nm
Power / Energy Ranges	100 pW - 20 W
Selectable Units	W, W/cm ² , dBm, A
Accuracy	±0.2% of Full Scale (5 µA - 5 mA) ±0.5% of Full Scale (50 nA)
Display Resolution	1 pA / Responsivity Value (A/W)
Input Bandwidth	DC - 100 kHz, Dependent on Sensor and Settings
Wavelength Correction	Sensor Dependent; nm (A/W)

D.2 Tampilan pengukuran pada OPM



PM100USB

D.3 Spesifikasi Fiber Power Head S120C THORLABS

Item #	S120VC	S120C	S121C	S122C ^a
Technical Specs				
Detector Type	Silicon Photodiode (UV Extended)	Silicon Photodiode	Silicon Photodiode	Germanium Photodiode
Wavelength Range	200 nm - 1100 nm	400 nm - 1100 nm	400 nm - 1100 nm	700 nm - 1800 nm
Optical Power Range	50 nW - 50 mW	50 nW - 50 mW	500 nW - 500 mW	50 nW - 40 mW
Max Average Power Density		20 W/cm ²		10 W/cm ²
Max Pulse Energy			20 µJ	
Linearity			±0.5%	
Resolution ^b	1 nW	1 nW	10 nW	2 nW
Measurement Uncertainty ^c	±3% (440 - 980 nm) ±5% (280 - 439 nm) ±7% (200 - 279 nm, 981 - 1100 nm)	±3% (440 - 980 nm) ±5% (400 - 439 nm) ±7% (881 - 1100 nm)	±3% (440 - 980 nm) ±5% (400 - 439 nm) ±7% (881 - 1100 nm)	±5%
Responsivity ^d (Click for Details)	 Raw Data	 Raw Data	 Raw Data	 Raw Data
More [+]				

BIODATA PENULIS



Lahir pada 28 November 1996 di Jakarta. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis memulai pendidikan formal di SDN Bendungan Hilir 01 Pagi Jakarta Pusat dan lulus pada tahun 2008. Dilanjutkan di SMPN 160 Jakarta Timur dan lulus pada tahun 2011. Kemudian melanjutkan ke SMA Ar-Rohmah Putri *Boarding School* Malang yang lulus pada tahun 2014. Penulis melanjutkan studi D3 di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, dan mengambil jurusan Metrologi dan Instrumentasi yang lulus pada tahun 2017. Penulis aktif di beberapa organisasi selama masa perkuliahan D3 dan melanjutkan studi di Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Selama masa perkuliahan, penulis aktif pada organisasi Jama'ah Masjid Manarul Ilmi serta berwirausaha. Bidang yang diminati selama perkuliahan adalah rekayasa fotonika. Penulis dapat dihubungi di aliefatasyaazzahra@gmail.com.