



TUGAS AKHIR - TF181801

**PENGEMBANGAN SENSOR FIBER OPTIK SINGLEMODE-
MULTIMODE-SINGLEMODE (SMS) DILAPISI DENGAN GRAPHENE
UNTUK DETEKSI LEMAK BABI PADA MINYAK NABATI**

Grovando Yun Subagyo
NRP: 0231134000012

Dosen Pembimbing:
Agus Muhammad Hatta S.T, M.Si, Ph.D
Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK FISIKA
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019



TUGAS AKHIR - TF181801

**PENGEMBANGAN SENSOR FIBER OPTIK SINGLEMODE-
MULTIMODE-SINGLEMODE (SMS) DILAPISI DENGAN GRAPHENE
UNTUK DETEKSI LEMAK BABI PADA MINYAK NABATI**

Grovando Yun Subagyo
NRP: 02311340000143

Dosen Pembimbing:
Agus Muhammad Hatta S.T, M.Si, Ph.D
Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK FISIKA
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019



FINAL PROJECT - TF181801

**DEVELOPMENT OF SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE
(SMS) FIBER OPTICAL SENSOR COATED WITH GRAPHENE AND
CNT FOR DETECTION OF PIG FATS IN VEGETABLE OILS**

Grovando Yun Subagyo
NRP: 02311340000143

Advisors:

Agus Muhammad Hatta S.T, M.Si, Ph.D
Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Grovando Yun Subagyo
NRP : 0231134000012
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul **“PENGEMBANGAN SENSOR FIBER OPTIK SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE (SMS) DILAPISI DENGAN GRAPHENE UNTUK DETEKSI LEMAK BABI PADA MINYAK NABATI”** adalah bebas Plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya 31 Juli 2019

Yang membuat pernyataan



Grovando Yun Subagyo
NRP 0231134000012

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGEMBANGAN SENSOR FIBER OPTIK
SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE (SMS)
DILAPISI DENGAN GRAPHENE UNTUK DETEKSI LEMAK
BABI PADA MINYAK NABATI**

TUGAS AKHIR

Oleh :

Grovando Yun Subagyo
NRP : 0231134000012

Surabaya, Juli 2019
Mengetahui/Mengetahui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



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



Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc
NIP 19500402 197901 1 001

**Kepala Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS**



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



Halaman ini sengaja dikosongkan

PENGEMBANGAN SENSOR FIBER OPTIK *SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE* (SMS) DILAPISI DENGAN *GRAPHENE* UNTUK DETEKSI LEMAK BABI PADA MINYAK NABATI

TUGAS AKHIR

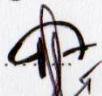

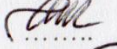
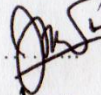
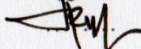
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Rekayasa Fotonika
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

GROVANDO YUN SUBAGYO

NRP. 02311340000012

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | | |
|---|---|-----------------|
| 1. Agus Muhammad Hatta, S.T, M.Si, Ph.D |  | (Pembimbing I) |
| 2. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc |  | (Pembimbing II) |
| 3. Dr. rer. nat. Ir. Aulia M. T. N., M.Sc |  | (Ketua Penguji) |
| 4. Dyah Sawitri, S.T, M.T |  | (Penguji I) |
| 5. Iwan Cony Setiadi, S.T, M.T |  | (Penguji II) |

SURABAYA

Juli 2019

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

PENGEMBANGAN SENSOR FIBER OPTIK SINGLEMODE- MULTIMODE-SINGLEMODE (SMS) DILAPISI DENGAN GRAPHENE DAN CNT UNTUK DETEKSI LEMAK BABI PADA MINYAK NABATI

Nama Mahasiswa : Grovando Yun Subagyo
NRP : 0231134000012
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Agus M. Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.

Minyak nabati adalah salah satu komoditas pangan yang banyak digunakan dan dikonsumsi. Pencampuran lemak babi menjadi isu penting pada industri pangan dan minyak nabati. Penelitian ini mengkaji bagaimana pengaruh penambahan lapisan *graphene* pada sensor fiber SMS terhadap performa sensor dalam mendeteksi campuran minyak babi pada minyak nabati. Lapisan *graphene* pada sensor SMS menggunakan metode *dip coating*. Penambahan lapisan *graphene* pada sensor SMS untuk pengukuran campuran minyak babi dalam minyak bunga matahari tidak memberikan penambahan performa sensor (*range* maupun sensitivitas). Penambahan lapisan *graphene* pada sensor SMS untuk pengukuran campuran minyak babi dalam minyak kelapa memberikan pengaruh penambahan performa sensor yaitu peningkatan *range* pengukuran dan sensitivitas. Sensitivitas naik dari 0.00046225 dBm/% campuran minyak babi, pada saat sebelum diberi lapisan *graphene* menjadi 0.00129975 dBm/% campuran minyak babi setelah diberi lapisan *graphene* untuk sampel minyak kelapa.

Kata Kunci : Fiber optic SMS, pelapisan *graphene*, minyak babi, minyak bunga matahari, minyak kelapa.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE (SMS) FIBER OPTICAL SENSOR COATED WITH GRAPHENE AND CNT FOR DETECTION OF PIG FATS IN

VEGETABLE OIL

Student Name : Grovando Yun Subagyo
NRP : 02311340000012
Department : Teknik Fisika FTI-ITS
Advisors : Agus M. Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.

Vegetable oils are widely used and consumed. Lard mixing on vegetable oil has become an important issue in the food and vegetable oil industry. The goal of this research is to understand the effect of graphene coating on sensor's sensitivity to detect lard contaminant in vegetable oil. Addition of graphene coating on SMS fiber sensor didn't give an increase on sensitivity to detect fiber lard contaminant on sunflower oil. However addition of graphene coating on SMS fiber sensor gave a sensitivi increase for detecting lard contaminant in coconut oil. Sensor's sensitivity increases from 0.00046225 dBm/% lard contaminant to 0.00129975 dBm/% lard contaminant.

Keywords : Fiber optic, SMS, coating, graphene, lard, sunflower oil, coconut oil.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas karunia Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan kasih sayang-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, atas terselesaikannya tugas akhir dengan judul :

“PENGEMBANGAN SENSOR FIBER OPTIK SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE (SMS) DILAPISI DENGAN GRAPHENE DAN CNT UNTUK DETEKSI LEMAK BABI PADA”

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

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, ST, M.Si, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika sekaligus pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan secara intensif dalam pengerjaan tugas akhir ini.

2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, MSc selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Fotonika sekaligus pembimbing tugas akhir laboratorium rekayasa fotonika yang dengan sabar membimbing dan memberikan pengarahan tugas akhir.

3. Seluruh Dosen dan karyawan jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.

4. Orang tua beserta semua saudara yang membantu secara moral maupun spiritual.

5. Pengurus Laboratorium Rekayasa Fotonika dan teman teman bala kurawa yang selalu mendukung saya.

6. Ika Puspita yang memberikan bimbingan dan bantuan dalam pengerjaan TA.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan semua pihak pada umumnya.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
ABSTRAK.....	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xv
KATA PENGANTAR.....	xvii
DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Review Singkat Penelitian yang Sudah Ada.....	3
2.2 Karakteristik Kimia Minyak Babi.....	4
2.3 Sambungan Fiber SMS	5
2.4 Graphene dan CNT.....	6
2.5 Karakteristik Statik Sistem Pengukuran	14
2.5.1. Range	14
2.5.2. Span.....	14
2.5.3. Ideal Straight Line	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	17
3.2 Tahapan Penelitian	18
3.2.1. Tinjauan Pustaka	18
3.2.2. Karakterisasi Minyak Nabati	18
3.2.3. Ekstraksi Minyak Babi	18
3.2.4. Fabrikasi Sensor SMS	20
3.2.5. Setup dan Pengujian Sensor.....	20
3.2.6. Analisis Data	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23

4.1	Hasil Pelapisan Graphene dan CNT pada sensor SMS	23
4.1.1.	Graphene	23
4.1.2.	CNT.....	23
4.2	Hasil Perhitungan Rugi Daya	24
4.3	Pembahasan.....	26
4.3.1.	Sampel Minyak Bunga Matahari	26
4.3.2.	Sampel Minyak Kelapa	27
BAB V PENUTUP.....		29
5.1	Kesimpulan.....	29
5.2	Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA		31
LAMPIRAN.....		35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Skema Multimode Interference Waveguide	6
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3. 2	Refractometer	18
Gambar 3. 3	Ekstraksi Minyak Babi dari Lemak Babi	19
Gambar 3. 4	Sample yang telah siap disimpan di wadah plastik.	19
Gambar 3. 5	Konstruksi sensor SMS yang diajukan	20
Gambar 3. 6	Setup Pengujian yang digunakan	21
Gambar 3. 7	Preparat sebagai tempat sampel	21
Gambar 4. 1	Hasil Coating Graphene pada Sensor SMS	23
Gambar 4. 2	Grafik perbandingan rugi daya sensor tanpa coating dan sensor dengan coating graphene pada sampel minyak bunga matahari	26
Gambar 4. 3	Grafik perbandingan rugi daya sensor tanpa coating dan sensor dengan coating graphene pada sampel minyak kelapa	28

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Asalm Lemak Umum Yang Terkandung Dalam Makanan	4
Tabel 2. 2 Komposisi asam lemak pada minyak babi	5
Tabel 4. 1 Perhitungan rugi daya. Sample Minyak Bunga matahari. Tidak ada coating	24
Tabel 4. 2 Perhitungan rugi daya. Sample Minyak Bunga matahari. Coating Graphene	24
Tabel 4. 3 Perhitungan Rugi daya. Sample minyak Kelapa. Tidak ada coating	25
Tabel 4. 4 Perhitngan Rugi Daya Sample minyak kelapa. Coating graphene	25
Tabel 4. 5 Karakteristik statik sensor SMS yang tidak diberi coating dan yang diberi coating graphene. Sample minyak bunga matahari	27
Tabel 4. 6 Karakteristik statik sensor SMS yang tidak diberi coating dan yang diberi coating graphene. Sample minyak kelapa	28

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak nabati adalah salah satu komoditas pangan yang banyak digunakan dan dikonsumsi [1]. Minyak nabati diproduksi dari lemak tumbuhan dan lemak hewani. Minyak nabati yang berbasis dari tumbuhan dapat diekstrak dari kelapa sawit, *olive*, *canola*, kacang kedelai, kelapa dan *sesame*. Sementara, minyak nabati yang berbasis lemak hewani diekstrak dari ternak dan ikan.

Akhir-akhir ini, pencampuran lemak babi menjadi isu penting pada industri pangan dan minyak nabati [2]. Taktik ini bertujuan untuk menurunkan biaya produksi tanpa mengurangi nilai jual [3]. Isu ini menjadi masalah yang sensitif di ranah kesehatan dan keagamaan. Bagi yang beragama islam, babi dan produk yang diproduksi dari babi tergolong barang yang tidak boleh dikonsumsi. Muncul berita tentang pencampuran minyak babi dengan minyak goreng dan kandungan lemak babi pada beberapa produk makanan [4] [5]. Pada ranah kesehatan, mengonsumsi lemak jenuh yang tinggi dapat menyebabkan beberapa penyakit. [6]. Mempertimbangkan dampak yang disebabkan oleh pencampuran minyak babi, pendeteksian campuran minyak babi menjadi topik yang penting.

Riset tentang pendeteksian campuran minyak babi sudah pernah dilakukan dengan teknik berbasis optik maupun non optik. Teknik non optik yang digunakan antara lain adalah *differential scanning calorimetry* [7], *electronic nose* [8], *dielectric spectroscopy* [9]. Sedangkan riset yang berbasis optik menggunakan beberapa teknik, yaitu *fourier transform infrared spectroscopy* [10], *high performance liquid chromatography* [11], dan *gas chromatography* [12]. Teknik, teknik ini membutuhkan piranti yang canggih dan mahal, dan membutuhkan persiapan sampel yang kompleks.

Kombinasi fiber *singlemode-multimode-singlemode* dikembangkan dan sudah digunakan sebagai sensor untuk beberapa aplikasi, yaitu, pengukuran beban [13], pengukuran arus DC [14], pengukuran *temperature/ strain* [15]. Fenomena *multimode*

interference (MMI) terjadi pada SMS fiber. Perubahan parameter pada bagian *multimode* akan menghasilkan perubahan *self-imaging distance* pada fenomena MMI sehingga mengakibatkan perubahan moda yang akan di-*couple* dari *multimode* ke *singlemode*. Fiber SMS mempunyai kelebihan seperti: simple, mudah di fabrikasi dan resistan terhadap *electromagnetic disturbance* dan mempunyai respon yang cepat [16].

Graphene dan *carbon nanotube* mulai diaplikasikan pada sensor fiber optik belakangan ini. Kelebihan unik dari kedua material tersebut telah membuka peluang riset lebih lanjut di bidang sensor *fiber optic* [17] [18]. Studi tentang *graphene coated* dan *carbon nanotubes coated fiber optic sensors* sudah banyak dilakukan, antara lain untuk sensor temperature [19] [20] [21], biosensor [22], sensor kimia [23].

Maka dari itu, studi ini mengkaji sensor fiber SMS yang dilapisi dengan *graphene* dan *carbon nanotube* untuk mendeteksi campuran minyak babi pada minyak nabati.

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana pengaruh penambahan *coating* pada sensor fiber SMS terhadap sensitivitas sensor dalam mendeteksi campuran minyak babi pada minyak nabati.

1.3 Tujuan

Diperolehnya peningkatan sensitivitas sensor SMS untuk mendekteksi campuran minyak babi pada minyak nabati (akibat penambahan coating)

1.4 Batasan Masalah

Metode pelapisan menggunakan metode *dip-coating*. *Multimode* yang digunakan adalah *multimode coreless*. Pelarut yang digunakan adalah etanol untuk *graphene* dan aseton untuk CNT.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Review Singkat Penelitian yang Sudah Ada

Marikkar d.k.k dalam studinya menginvestigasi penggunaan *differential scanning calorimetric heating thermogram* untuk mendeteksi keberadaan lemak babi, lemak sapi dan lemak ayam sebagai kontaminan pada minyak bunga matahari. Sample minyak bunga matahari ditambahkan kontaminan dengan kadar 1%-20% kemudian dianalisis menggunakan *high performance liquid chromatography* untuk mendapatkan profil *triacyl-glycerol* dan juga diinvestigasi menggunakan *differential scanning calorimetric* untuk mendapatkan profil pemanasannya. Hasil menunjukkan bahwa dibawah 20% kontaminasi, lemak babi dan lemak sapi dapat dideteksi menggunakan karakteristik kontaminan yang muncul pada wilayah temperatur yang tinggi (0-50%) pada *differential scanning calorimetric curve*. Namun, karakteristik lemak ayam pada minyak bunga matahari tidak muncul pada wilayah ini, tetapi hanya menyebabkan perubahan pada *exiting thermal transitions* pada wilayah temperature rendah dari *differential scanning calorimetric curve*. Berdasarkan pada perbedaan karakteristik pada *peak size*, bentuk dan posisi, memungkinkan untuk membuat sebuah perbedaan antara kontaminasi lemak babi dan lemak sapi pada minyak bunga matahari.

Marikkar d.k.k juga melakukan studi tentang identifikasi kontaminasi lemak hewani pada beberapa minyak nabati yaitu *palm oil*, *palm kernel oil*, *canola oil*. Minyak tersebut dikontaminasikan dengan lemak babi, lemak sapi dan lemak ayam. Analisis *high performance liquid chromatographic* digunakan untuk memonitor perubahan komposisi dari *triacylglycerol* pada sample minyak sebelum dan sesudah diberi kontaminasi. Hasil menunjukkan penentuan kuantitatif dari kontaminasi lemak babi dapat dimungkinkan dengan membandingkan profil *triacylglycerol* dari *palm kernel oil* yang dikontaminasi dengan lemak hewani dengan profil lemak hewani. Pendekatan ini tidak efektif untuk *palm oil* dan

canola oil. Namun, dengan menggunakan data liquid chromatographic ke dalam prosedur multivariate, perbedaan grup dari sample yang dikontaminasi dengan lemak babi dapat dicapai untuk ketiga jenis minyak.

2.2 Karakteristik Kimia Minyak Babi

Minyak babi dihasilkan dari jaringan lemak dari babi yang secara kimia mengandung asam lemak dan gliserida. Asam Palmiat dan asam olet merupakan asam lemak utama dalam minyak babi. Selain kedua asam lemak tersebut, terdapat pula asam linoleat dan asam stearat. Minyak babi lebih banyak mengandung kolesterol dibandingkan dengan minyak nabati [24].

Tabel 2. 1 Asam Lemak Umum Yang Terkandung Dalam Makanan

Nama Trivial	Jumlah atom karbon	Jumlah ikatan rangkap	Nama IUPAC	Keterangan
Asam Butirat	4	0	Asam butanoat	Asam lemak jenuh
Asam kaproat	6	0	Asam heksanoat	
Asam kaprilat	8	0	Asam oktanoat	
Asam kapriat	10	0	Asam dekanoat	
Asam laurat	12	0	Asam dodekanoat	
Asam miristiat	14	0	Asam tetradekanoat	
Asam palmitat	16	0	Asam heksadekanoat	
Asam stearate	18	0	Asam oktadekanoat	
Asam arachidat	20	0	Asam ekosanoat	
Asam behenat	22	0	Asam dokosanoat	
Asam lignocerat	24	0	Asam tetrakosanoat	
Asam palmitoleat	16	1	Asam 9-heksadesenoat	Asam lemak monounsaturated
Asam oleat	18	1	Asam 9-oktadesenoat	
Asam gadoleat	20	1	Asam 9-eikosenoat	
Asam erusat	22	1	Asam 13-dokosenoat	
Asam linoleat	18	2	Asam 9,12-oktadekadienoat	Asam lemak polyunsaturated
Asam Alpha-Linolenat (ALA)	18	3	Asam 9,12,15-oktadekatrienoat	
Asam Gamma-Linoleat (GLA)	18	3	Asam 6,9,12-oktadekatrienoat	
Asam Arachidonat (AA)	20	4	Asam 5,8,11,14,17-eikosapentaenoat	
Asam eikosapentaenoat (EPA)	20	5	Asam 5,8,11,14,17-eikosapentaenoat	
Asam dokosaheksaenoat	22	6	Asam 4,7,10,13,16,19-dokosaheksaenoat	

Tabel 2.2 menunjukkan komposisi asam lemak dari minyak babi. Pada table tersebut diketahui bahwa minyak babi kaya akan asam oleat dan asam palmiat. Komposisi dari asam lemak pada minyak babi kaya akan asam oleat dan asam palmiat. Komposisi dari asam lemak pada minyak babi bergantung dari posisi lemak yang diambil dari tubuh babi. Komposisi asam lemak babi mirip dengan asam lemak yang terdeposit pada tubuh manusia, khususnya pada bagian perut untuk laki laki dan pada bagian pinggul dan paha untuk wanita.

Tabel 2. 2 Komposisi asam lemak pada minyak babi

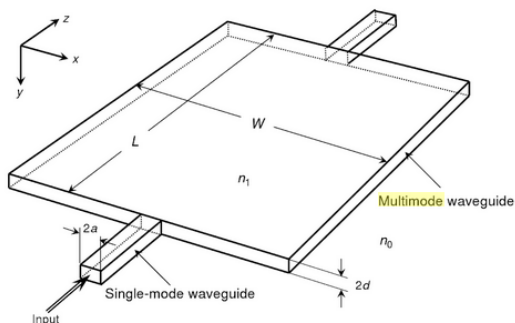
Komposisi asam lemak	%berat [25]	%berat [26]
Asam Laurat	0,5	
Asam Palmiat	37,1	
Asam miristiat	1,3	
Asam stearat	17,6	
Total asam lemak jenuh	50,5	35,46
Asam oleat	44,2	49,6
Asam linoleat	5,3	12,7
Asam linolenat		0,82
Asam arachidonat		0,42
Total asam lemak tak jenuh	49,5	64,54

2.3 Sambungan Fiber SMS

Sambungan fiber *singlemode-multimode-singlemode* adalah sebuah *multimode interference device* yang berbasis pada *self-imaging effect*. Gambar 2.1 menunjukka skematik dasar multi mode interference device.

Struktur kunci dari sebuah MMI device adalah sebuah *waveguide* yang didesain untuk mendukung banyak mode. Lebar, ketebalan, dan panjang dari multimode region masing masing adalah W , $2d$, dan L .

Singlemode waveguide dengan lebar *core* $2a$ dan ketebalan $2d$ disambungkan ke *multi-mode waveguide*. Indeks refraksi dari single-mode dan multimode waveguide adalah n_1 dan indeks refraksi dari cladding adalah n_0 .



Gambar 2. 1 Skema Multimode Interference Waveguide

Dalam kasus sensor fiber SMS, ujung yang lain disambungkan dengan fiber single mode, sehingga disetiap ujung *multimode* disambungkan ke *fiber singlemode*. Perubahan parameter dari bagian multi mode akan mempengaruhi *multimode interference*. Fenomena perubahan dari multimode interference ini digunakan dasar untuk sensing.

2.4 Graphene dan CNT

Graphene adalah monolayer atom karbon sp^2 -hibridisasi yang tersusun dalam kisi sarang lebah. Orbital hibridisasi membentuk ikatan σ kuat di dalam pesawat dan orbital p-hibridisasi tumpang tindih dengan atom tetangga untuk membentuk ikatan form. Sementara ikatan σ bertanggung jawab untuk sebagian besar integritas struktural graphene, ikatan π menentukan sifat elektronik dan optik. Interaksi graphene dengan radiasi elektromagnetik menarik karena pengurungan elektron dua dimensi dan struktur pita graphene yang luar biasa.

Struktur pita graphene terdiri dari pita konduksi terisi penuh dan pita valensi kosong yang melintang secara linear pada titik Dirac [1].

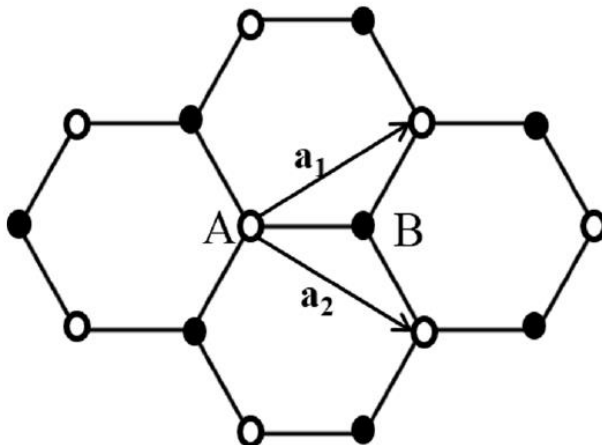
Absorpsi optik graphene murni dikaitkan dengan transisi interband dan intraband. Untuk graphene single-layer, penyerapan di wilayah spektral terlihat sangat kecil dan juga frekuensi independen [2]. Namun, penyerapan "sangat kecil" ini harus dilihat dengan mempertimbangkan ketebalan atom tunggal dari lapisan penyerap. Dengan ketebalan ini diperhitungkan, tidak sulit untuk melihat bahwa interaksi materi cahaya dalam graphene agak luar biasa besar. Pada substrat dengan kekasaran rendah, graphene dapat divisualisasikan di bawah pencahayaan cahaya putih, meskipun merupakan lapisan tebal atom tunggal [3].

Level Fermi dapat dengan mudah disetel oleh gating elektrostatik atau ekuivalen dengan doping kimia elektron / lubang, yang menghasilkan kontrol besar atas sifat optisnya [4]. Dalam wilayah inframerah jauh, penyerapan dapat dijelaskan dalam model Drude [5] dan dapat disesuaikan pada rentang frekuensi terahertz yang luas dengan menyesuaikan struktur nano graphene dan gating elektrostatik [6]. Ketika diterangi dengan cahaya biasa, pembawa muatan fotogenerasi memanaskan, dan kemudian mendinginkan secara non-radiatif untuk membentuk distribusi non-kesetimbangan di dekat titik Dirac, ini menimbulkan pendaran panas [7]. Ketika itu diterangi dengan pulsa laser ultra-pendek, konsentrasi yang lebih besar dari elektron-elektron yang termalisasi diperoleh dan ini menjenuhkan penyerapan cahaya lebih lanjut karena pemblokiran Pauli [8].

Kerusakan struktural pada kisi yang dihasilkan selama langkah pertumbuhan dan pemrosesan, memodifikasi sifat elektroniknya dan akibatnya juga memengaruhi sifat optik. Graphene berkualitas tinggi dapat disintesis dengan teknik yang berbeda seperti pengelupasan mekanis atau dengan deposisi uap kimia (CVD). Graphene yang diperoleh dari masing-masing metode memiliki sifat optik yang berbeda karena cacat struktural. Sebagai contoh, CVD graphene dicirikan oleh kepadatan kecil dari cacat sp³, selain cacat garis pada batas butir [9].

Selanjutnya, CVD graphene mengandung sejumlah karbon amorf dan residu polimer dan pengotor katalis logam. Sementara pengotor yang diserap secara analisis ini biasanya memiliki dampak minimal

pada sifat listrik, mereka dapat menyebabkan artefak dalam respons optik yang diukur..



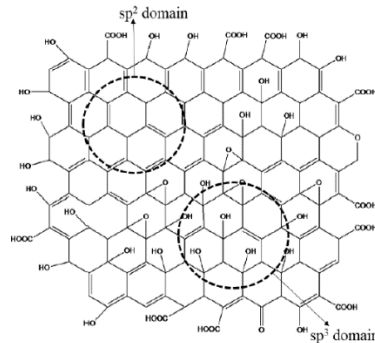
Gambar 2. 2 *Honeycomb lattice structure of graphene.*

2.4.1. Struktur dan Sifat Optik Graphene Oxide

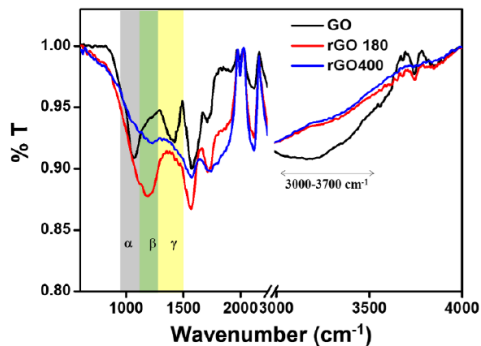
Graphene oxide (GO) adalah graphene yang dimodifikasi secara kimiawi yang dihasilkan dari graphite oxide. Graphene oxide (GO) adalah graphene yang dimodifikasi secara kimiawi yang dihasilkan dari oksidasi grafit, biasanya menggunakan metode Brodie atau Hummer [46-49]. GO terdiri dari oksida grafit tunggal atau beberapa lapis yang diperoleh dari dispersi koloid oksida grafit dalam air dan pelarut organik lainnya. GO memiliki struktur yang sangat tidak teratur. Konduktivitas listrik yang buruk disebabkan oleh adanya beberapa gugus fungsi oksigen terutama hidroksil dan epoksi pada bidang basal dan sejumlah kecil karboksil, karbonil dan lakton di tepinya, yang menyebarkan pembawa muatan dalam graphene [50-52].

Gambar 7a menunjukkan struktur graphene oxide. Kehadiran kelompok fungsional kaya oksigen ini juga memberikan beberapa manfaat untuk menggunakan GO dalam pembuatan perangkat opto-

elektronik [53]. Gugus fungsi oksigen membuat GO hidrofilik sedemikian rupa sehingga membentuk dispersi stabil dalam pelarut polar yang digunakan sebagai prekursor untuk sintesis graphene. Dispersi stabil GO dapat disimpan pada permukaan hidrofilik. Gambar 7b menunjukkan spektrum IR GO, band yang paling menonjol adalah di kisaran 3000-3700 cm^{-1} dan disebabkan oleh mode peregangan H₂O teradsorpsi / interkalasi, bersama dengan hidroksil dan karboksil.



Gambar 2. 3 Structure of graphene oxide representing sp^2 and sp^3 domains



Gambar 2. 4 IR spectrum of graphene oxide, rGO-180 and rGO-400

Mode getaran lain di GO berhubungan dengan fungsi oksigen seperti spesies ketonik ($1650\text{--}1750\text{ cm}^{-1}$), karboksil ($1600\text{--}1650\text{ cm}^{-1}$), peregangan getaran asimetris $C = C$ bersama dengan mode bending H_2O ($1500\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$) dan epoksida ($1230\text{--}1320\text{ cm}^{-1}$ dan $\sim 850\text{ cm}^{-1}$). Wilayah tumpang tindih spektral ($850\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$) dipecah menjadi tiga wilayah yaitu wilayah α ($900\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$) untuk semua turunan eter, wilayah β ($1100\text{--}1280\text{ cm}^{-1}$) untuk spesies ketonik bersama dengan peroksida, pyran, dan wilayah ($1280\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$) untuk epoksida. Lembaran GO terdiri dari atom karbon tetrahedral sp^3 di mana gugus oksigen terpasang diselingi dengan daerah grafitik yang tidak teroksidasi dengan atom karbon sp^2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7a.

Keserbagunaan GO adalah bahwa strukturnya yang tidak teratur dapat sebagian dikonversi menjadi lembaran seperti graphene dengan menghilangkan gugus fungsi dan mengembalikan struktur terkonjugasi. Film-film GO yang khas diisolasi dengan celah energi yang lebar dalam densitas keadaan dan konduktivitas lembaran pada urutan $10^{12}\ \Omega / \text{sq.}$ atau lebih [50, 54, 55]. Reduksi larutan film GO yang diproses dapat dilakukan dengan anil termal dalam atmosfer vakum atau gas inert, dengan paparan uap hidrazin atau natrium borohidrida atau dengan pemanasan laser [56-60]. Struktur reduksi oksida graphene (rGO) digambarkan sebagai pulau graphitic ukuran nanometer dipisahkan oleh graphene teroksidasi. Distribusi acak domain grafitik dan domain sp^3 teroksidasi ini, memecah simetri dan membuka celah pita di rGO. Band-gap adalah celah transportasi, karena ada daerah intervensi mid-gap state [61, 62]. Respons optik rGO tergantung pada ukuran domain grafitik dan jangkauan gugus fungsi oksigen.

Shen et al secara eksperimental menyelidiki penyerapan optik rGO dari IR ke wilayah ultraviolet [63]. Penyerapan optik pada IR dan daerah yang terlihat adalah sekitar 2,5 hingga 3,5%, yang mirip dengan penyerapan lapisan graphene. Ada puncak yang menonjol di wilayah ultraviolet, yang bergeser dari 5.1 ke 4.5 eV tergantung pada tingkat pengurangan rGO [63]. Studi teoritis telah memprediksi bahwa ada penurunan linear pada celah pita dengan penurunan kadar oksigen

GO. Penyerapan ultraviolet dalam rGO disebabkan oleh transisi π ke π^* , nilainya terletak antara 4,8 eV dan 5,2 eV ketika cakupan gugus fungsi oksigen masing-masing adalah 25% dan 75% [64]. Kelompok karbonil terutama bertanggung jawab atas pergeseran puncak plasmon [64].

Pada GO yang tidak tereduksi, gugus hidroksil dan epoksi menonjol dengan sejumlah kecil gugus karbonil, sedangkan dalam rGO konsentrasi gugus karbonil meningkat. Peningkatan gugus karbonil menciptakan kekosongan dalam lembaran graphene dan peningkatan lowongan menyebabkan robeknya lembaran graphene dan penurunan celah pita sehubungan dengan graphene yang difungsionalisasi [61, 64]. Acik et al telah secara eksperimental menunjukkan pembentukan karbonil ini dalam rGO oleh studi spektroskopi IR [65]. Pada Gambar 4b, spektrum IR GO dan rGO dianil pada 180oC (dilambangkan sebagai rGO-180) dibandingkan. Anil termal menghasilkan penurunan reguler dalam intensitas mode getaran dalam kisaran 3000-3700 cm^{-1} karena penghapusan hidroksil dan molekul air H₂O teradsorpsi / terinterkalasi dari GO. Untuk rGO-180, mode air benar-benar menghilang sementara spesies yang mengandung oksigen masih dipertahankan. Puncak getaran yang sesuai dengan daerah ketonik (1650-1750 cm^{-1}) sedikit meningkat, menunjukkan pembentukan karbonil selama penghilangan hidroksil dengan reaksi radikal bebas. Air yang terperangkap di antara lapisan GO yang berdekatan akan secara dramatis mempengaruhi kimia GO multilayer pada anil termal ringan hingga 200 oC [66]. Molekul air terbatas dalam nanospacing interlayer dari GO berlapis-lapis. Air yang terkurung ini akan membantu pembentukan cacat dan gugus karbonil dalam graphene multilayer. Selanjutnya anil hingga 400 oC, akan menghilangkan gugus fungsi oksigen dan air yang terperangkap, menghasilkan struktur graphene yang rusak (Gambar 7b). Sifat elektronik dan optik dari GO dapat disesuaikan dengan mengontrol reduksi dan air yang terperangkap.

2.4.2. Aplikasi Fotonik

Graphene dan turunannya berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik dari wilayah ultraviolet ke terahertz. Interaksi broadband seperti itu dengan properti elektronik yang ringan dan unik menjadikan graphene kandidat yang menjanjikan untuk aplikasi fotonik. Graphene memiliki konduktivitas listrik yang tinggi dan transmisi yang besar.

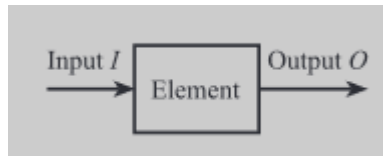
nilai, yang menunjukkan bahwa itu dapat digunakan sebagai konduktor transparan untuk banyak perangkat fotonik seperti display panel datar, sel surya dan perangkat pemancar cahaya [21, 97, 98]. Saat ini indium tin oxide (ITO) dan fluorine doped tin oxide (FTO) adalah elektroda transparan yang digunakan secara komersial karena ketahanan lembaran yang rendah yaitu $10-25 \Omega / \text{sq.}$ dan transmisi di atas 90% [99]. Berbeda dengan ITO atau FTO, graphene ringan, mekanis fleksibel, stabil kimia dan dapat disintesis dengan teknik berbiaya rendah. Graphene dapat disiapkan dengan beberapa metode seperti pengelupasan mekanis, pertumbuhan epitaksi dan deposisi uap kimia. Semua metode ini membatasi produksi massal graphene di area substrat yang diperlukan. Bae et al berhasil dalam produksi roll-to-roll film graphene monolayer 30 inci dengan metode deposisi uap kimia [21]. Film graphene ini memiliki ketahanan lembaran kurang dari $125 \Omega / \text{sq.}$ dan transmisi optik di atas 95% dan ini telah dimasukkan dalam perangkat panel layar sentuh yang dapat menahan tekanan tinggi. Berbagai upaya telah dilakukan untuk menciptakan elektroda transparan berbasis graphene oxide yang berkurang. Film rGO transparan yang stabil dapat disiapkan dengan pelapisan semprot, pelapisan spin, pelapisan celup dan filtrasi vakum [30, 55, 100-102]. Film rGO spin-anneal dan berlapis semprotan termal memberikan ketahanan kurang dari $1 \text{ k}\Omega / \text{sq.}$ dengan transmisi cahaya yang lebih besar dari 80% dari wilayah inframerah jauh ke terlihat [55]. Film ultra-tipis dapat dibuat dengan penyaringan vakum dispersi GO melalui membran selulosa asetat. Dapat ditransfer ke substrat fleksibel dengan melarutkan membran dan perlakuan kimia lebih lanjut menghasilkan film rGO. Transparansi film rGO ini dapat disetel dari

65% menjadi 95% dan resistensi lembaran dapat dikurangi dengan beberapa urutan besarnya, menjadikannya kandidat yang baik untuk elektroda fleksibel transparan [30].

Ada aplikasi serbaguna graphene dalam perangkat fotovoltaik, seperti elektroda transparan yang fleksibel, bahan peka cahaya dan lapisan pengangkut muatan. Wang et al menunjukkan film graphene ultrathin konduktif yang transparan sebagai alternatif untuk elektroda jendela ITO untuk sel surya peka-zat warna solid-state (DSSCs) [97]. Lapisan TiO₂ menangkap elektron yang diekskresi foto dari molekul pewarna dalam DSSCs. Bahan graphene dimasukkan dalam perancah TiO₂ untuk meningkatkan densitas arus foto dengan meningkatkan transpor elektron, adsorpsi pewarna dan hamburan cahaya [103-105]. Graphene atau komposisinya dengan logam, polimer konduksi atau bahan bertulang lainnya dapat digunakan sebagai pengganti platinum sebagai counter elektroda dalam DSSCs [106-109]. Sel surya perovskit (PSC) menjanjikan sel surya generasi ketiga. Turunan Graphene memiliki konduktivitas yang sangat baik dan tingkat ekstraksi muatan yang sangat tinggi. Oleh karena itu, penggunaannya dalam PSC dapat membantu meningkatkan kinerja sel surya ini. Wang et al [97] mencapai salah satu efisiensi tertinggi dalam sel surya perovskit mesostruktur dengan memanfaatkan graphene sebagai lapisan pengumpulan muatan. Mereka menggunakan nanocomposite olahan suhu rendah dari graphene dan TiO₂ sebagai lapisan koleksi elektron dengan mengurangi resistansi seri dan kerugian rekombinasi [110]. Yan et al berhasil merakit antarmuka multilayer graphene / perovskite sebagai persimpangan Schottky, yang melampaui spiro-OMeTAD (lubang penghantar lapisan) dalam laju ekstraksi lubang [111, 112]. Dalam membuat PSC transparan atau semi-transparan, penggantian Au / Ag kembali kontak dengan elektroda transparan diperlukan. You et al menyajikan PSC semi-transparan menggunakan elektroda graphene dengan efisiensi lebih dari 10% ketika diterangi dari kedua sisi [113] dan ini menunjukkan ruang lingkup menggunakan PSC sebagai sel tandem untuk sel surya silikon [114]. Elektroda transparan oksida logam digunakan sebagai anoda untuk dioda pemancar cahaya organik (OLED). Karena oksida logam ini

membentuk kontak listrik yang buruk dengan bahan organik, ini merupakan salah satu hambatan utama dalam pembuatan OLED yang efisien. Kompatibilitas graphene dan rGO membuatnya cocok untuk menjanjikan anoda transparan generasi berikutnya dalam OLED jika dapat memenuhi resistansi lembaran yang diperlukan dan transmisi optik [115-117]. Ketika graphene digunakan sebagai lapisan katoda dalam OLED, injeksi elektron dari katoda ke lapisan organik berkurang karena fungsinya yang tinggi. Untuk digunakan sebagai lapisan katoda yang efektif, fungsi kerja graphene dikurangi dengan n-doping. Dengan demikian dengan katoda graphene n-doped, solusi OLED yang diproses dapat dibuat [118].

2.5 Karakteristik Statik Sistem Pengukuran



Gambar 2. 5 Karakteristik Elemen

Hubungan yang bisa terjadi antara output O dan input I yang dimana input I berada dalam keadaan konstan atau mempunyai perubahan yang kecil [27]

2.5.1. Range

Range input dari sebuah elemen ditentukan oleh nilai minimum dan maksimum dari I , I_{\min} menuju I_{\max} . *Range output* ditentukan oleh nilai minimum dan maksimum dari O , O_{\min} menuju O_{\max} .

2.5.2. Span

Variasi maksimum pada *input* atau *output*. *Input span* yaitu $I_{\max} - I_{\min}$. *Output span* yaitu $O_{\max} - O_{\min}$.

2.5.3. Ideal Straight Line

Sebuah elemen dikatakan linear jika nilai dari I dan O berada pada sebuah garis lurus. Garis lurus ideal menghubungkan titik minimum poin A (I_{\min} , O_{\min}) ke titik maksimum B (I_{\max} , O_{\max}) sehingga mempunyai persamaan sebagai berikut

$$O + O_{\min} = \left[\frac{O_{\max} - O_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \right] (I - I_{\min}) \quad 2.1$$

$$O_{\text{ideal}} = KI + a \quad 2.2$$

Dimana

$$K = \text{ideal straight line slope} = \frac{O_{\max} - O_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}$$

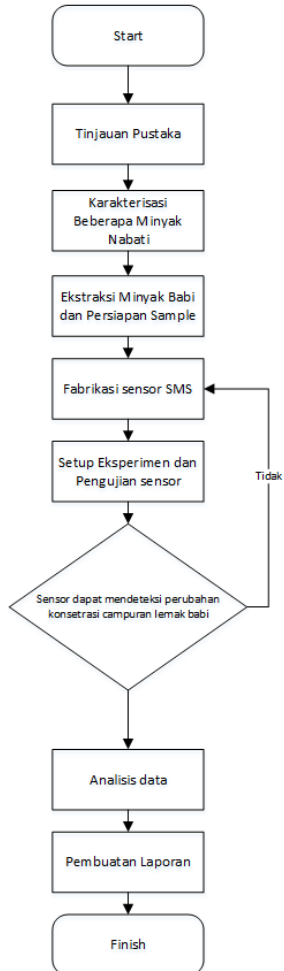
Dan

$$a = \text{ideal straight line intercept} = O_{\min} - KI_{\min}$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian yang sudah ada dipelajari. Teori dasar dan penelitian yang relevan dicari dan dipelajari untuk mendukung penelitian. Brainstorm kemungkinan kendala yang dihadapi dan bagaimana cara penanganannya. Teori dan tata cara pengolahan data yang akan diambil dipelajari

3.2.2. Karakterisasi Minyak Nabati

Indeks bias beberapa minyak nabati diukur menggunakan refractometer. Kemudian dibandingkan dengan standar yang sudah ada.



Gambar 3. 2 Refractometer

3.2.3. Ekstraksi Minyak Babi

Minyak babi diekstraksi dari lemak babi yang dibeli langsung dari penjual daging babi. Tahap pertama yaitu lemak babi dipotong kecil kecil untuk mempercepat ekstraksi minyak, ukuran potongan sebesar satu ruas jari telunjuk. Lemak yang sudah dipotong dipanaskan didalam panci yang dipanasi menggunakan api berukuran kecil untuk menghindari lemak menjadi gosong dengan cepat. Lemak diaduk

secara berkala untuk menghindari panas yang berlebihan yang dapat mengakibatkan lemak menjadi gosong. Setelah minyak terkumpul dibawah lemak, panci diangkat dan minyak yang keluar dari lemak diambil dan ditampung di gelas penampungan. Langkah sebelumnya diulang untuk mendapatkan minyak yang banyak.

Minyak nabati yang digunakan adalah minyak kelapa dan minyak bunga matahari. Minyak babi dicampurkan dengan konsentrasi 20%, 40%, 60%, dan 80%. Volume campuran adalah 20 mL. Jumlah sample adalah 11 sample (4 variasi konsentrasi untuk 2 jenis minyak ditambah 3 minyak yang masih murni). Setelah pencampuran, dimasukkan sample di masukkan ke *ultrasonic bath* selama 30 menit.



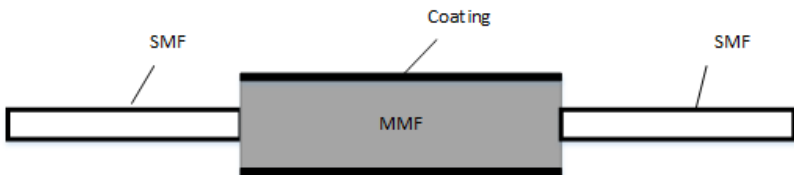
Gambar 3. 3 Ekstraksi Minyak Babi dari Lemak Babi



Gambar 3. 4 Sample yang telah siap disimpan di wadah plastik.

3.2.4. Fabrikasi Sensor SMS

Pada tahap fabrikasi, tiga sensor dibuat, yaitu: sensor tanpa lapisan, dua sensor dengan lapisan, dibuat dengan konstruksi yang sama. Lapisan yang digunakan adalah *graphene* dan CNT. Konstruksi yang digunakan adalah 1 cm singlemode fiber yang dikelupas dari jacketnya kemudian disambung dengan *multimode coreless* dengan panjang 1 cm, seperti yang diilustrasikan pada gambar 3.5. Metode pelapisan yang digunakan adalah metode *dip coating*. Komposisi lapisan adalah 25 mg bahan coating dan 1 mL pelarut Bagian *multimode* ditetesi dengan *graphene* dan CNT yang telah dilarutkan dengan pelarut: etanol untuk *graphene* dan aseton untuk CNT. Sensor dibiarkan 1x24 jam setelah diberi lapisan.



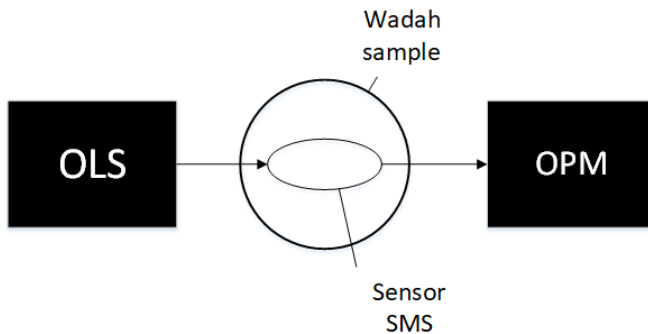
Gambar 3.5 Konstruksi sensor SMS yang diajukan

3.2.5. Setup dan Pengujian Sensor

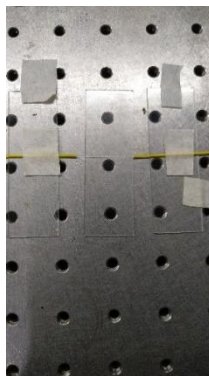
Setup alat yang akan digunakan adalah sebagai berikut: ujung pertama disambungkan ke *Optical Light Source* (OLS) JOINWIT JW3109, ujung yang lain disambungkan ke *optical power meter* THORLABS PM100USB. Tiga preparat kaca di tempatkan seperti pada gambar 3, preparat yang tengah difungsikan untuk tempat sampel. Pengujian sampel dilakukan dengan tiga tahap: persiapan sampel, pengambilan data daya yang diukur, dan pembersihan sensor.

Tahap persiapan sampel : sampel yang akan digunakan dimasukkan kedalam gelas beker yang diisi air kemudian dipanaskan dengan *magnetic stirrer* yang suhunya diatur pada 100' C dengan durasi pemanasan 20 menit, setelah dipanaskan, sampel dibiarkan mendingin hingga suhu sampel menjadi 29' C. *Optical light source* dibiarkan selama 5 menit setelah dinyalakan sebelum digunakan untuk pengujian. Sampel yang sudah disiapkan ditetaskan ke sensor hingga

menutupi seluruh bagian *multimode fiber*. Daya dalam satuan dBm yang dibaca oleh *optical power meter* didokumentasikan. Setiap sample campuran minyak diambil 50 nilai daya yang diukur dengan interval pengambilan data 1 sekon. Suhu ruangan dijaga pada 25' C dan ruangan dikondisikan agar tidak ada gangguan yang disebabkan oleh angin sehingga faktor lingkungan tidak terlalu mempengaruhi proses pengambilan data. Pembersihan tempat sampel dan sensor SMS menggunakan aquades dan tissue untuk menghilangkan minyak yang masih menempel di sensor SMS. Aquades diteteskan pada sensor SMS kemudian dibersihkan dengan tissue.



Gambar 3. 6 Setup Pengujian yang digunakan



Gambar 3. 7 Preparat sebagai tempat sampel

3.2.6. Analisis Data

Data rugi daya yang didapat dari pengujian sensor tanpa lapisan dengan data rugi daya yang didapat dari pengujian sensor dengan lapisan dibandingkan. Karakteristik statik dari setiap sensor untuk setiap pengujian sampel dihitung. Kesimpulan ditarik dari perbandingan karakteristik statik sensor. Anomali data diinterpretasikan penyebabnya dan dijelaskan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pelapisan Graphene dan CNT pada sensor SMS

4.1.1. Graphene



Gambar 4. 1 Hasil Pelapisan Graphene pada Sensor SMS

Gambar 4.1 menunjukkan hasil *Lapisan graphene* pada sensor fiber SMS menggunakan metode *dip coating*. Hasil yang didapatkan adalah *lapisan graphene* menempel pada *multimode coreless* yang berbahan silica namun tidak bisa menutupi keseluruhan bagian *multimode*. Lapisan tidak terkelupas ketika diberi sampel maupun aquades. Pengamatan setelah 2 minggu pemakaian yaitu lapisan masih menempel pada sensor. Pengamatan setelah 4 minggu pemakaian yaitu lapisan mulai terkelupas dan rontok.

4.1.2. CNT

Lapisan CNT gagal dilakukan pada sensor SMS yang menggunakan bahan silica. Pelarut divariasikan, yang mulanya menggunakan aseton, kemudian menggunakan etanol, namun CNT tidak juga menempel. Volume pelarut divariasikan, yaitu 0.5 mL, 1 mL dan 2 mL. Pada volume pelarut 0.5, CNT terlalu kental sehingga campuran tidak bisa dituangkan dari wadah pencampur menuju wadah

untuk melapisi. Pada volume pelarut 2 mL, campuran terlalu encer sehingga campuran tidak menempel pada sensor.

4.2 Hasil Perhitungan Rugi Daya

Rugi daya dihitung dengan mengurangi daya yang diukur oleh power meter sebelum ada sampel yang diletakkan dan daya yang diukur oleh power meter setelah ada sampel yang diletakkan.

Tabel 4. 1 Perhitungan rugi daya. Sample Minyak Bunga matahari. Tidak ada Pelapisan

Sampel	Daya terukur sebelum diberi sampel (dBm)	Daya terukur sesudah diberi sampel (dBm)	Rugi Daya (dBm)
<i>Sunflower</i> 100%	-10.67692	-10.6322	-0.04472
<i>Sunflower</i> 80% <i>Lard</i> 20%	-10.53642	-10.52204	-0.01438
<i>Sunflower</i> 60% <i>Lard</i> 40%	-10.5554	-10.53718	-0.01822
<i>Sunflower</i> 40% <i>Lard</i> 60%	-10.57292	-10.65078	0.07786
<i>Sunflower</i> 20% <i>Lard</i> 80%	-10.9866	-10.8872	-0.0994

Tabel 4. 2 Perhitungan rugi daya. Sample Minyak Bunga matahari. Lapisan Graphene

Sampel	Daya terukur sebelum sampel (dBm)	Daya terukur sesudah sampel (dBm)	Rugi Daya (dBm)
<i>Sunflower</i> 100%	-11.98226	-11.98626	0.004
<i>Sunflower</i> 80% <i>Lard</i> 20%	-11.976	-11.98214	0.00614
<i>Sunflower</i> 60% <i>Lard</i> 40%	-12.02776	-12.0349	0.00714
<i>Sunflower</i> 40% <i>Lard</i> 60%	-12.0306	-12.01868	-0.01192
<i>Sunflower</i> 20% <i>Lard</i> 80%	-12.02742	-12.03814	0.01072

Tabel 4. 3 Perhitungan Rugi daya. Sample minyak Kelapa. Tidak ada Pelapisan

Sampel	Daya terukur sebelum sampel (dBm)	Daya terukur sesudah sampel (dBm)	Rugi Daya (dBm)
<i>Coconut</i> 100%	-10.89238	-10.79208	-0.1003
<i>Coconut</i> 80% <i>Lard</i> 20%	-10.82254	-10.74192	-0.08062
<i>Coconut</i> 60% <i>Lard</i> 40%	-10.80098	-10.72888	-0.0721
<i>Coconut</i> 40% <i>Lard</i> 60%	-10.7759	-10.7037	-0.0722
<i>Coconut</i> 20% <i>Lard</i> 80%	-10.74844	-10.68512	-0.06332

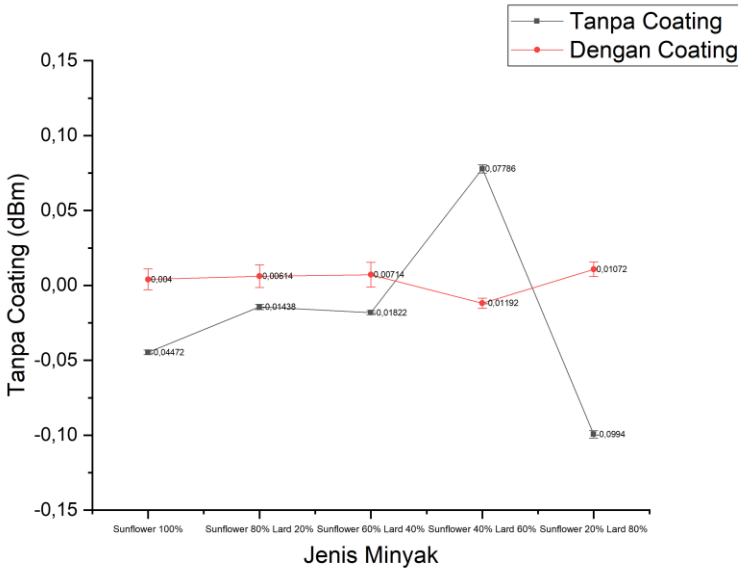
Tabel 4. 4 Perhitngan Rugi Daya Sample minyak kelapa. Coating graphene

Sampel	Daya terukur sebelum sampel (dBm)	Daya terukur sesudah sampel (dBm)	Rugi Daya (dBm)
<i>Coconut</i> 100%	-12.2705	-12.14936	-0.12114
<i>Coconut</i> 80% <i>Lard</i> 20%	-12.26056	-12.15192	-0.10864
<i>Coconut</i> 60% <i>Lard</i> 40%	-12.25402	-12.17188	-0.08214
<i>Coconut</i> 40% <i>Lard</i> 60%	-12.28884	-12.22102	-0.06782
<i>Coconut</i> 20% <i>Lard</i> 80%	-12.31856	-12.3014	-0.01716

Catatan : Coconut XX% Lard YY% maksudnya adalah perbandingan volume antara minyak kelapa (*coconut*) dan minyak babi (*Lard*) dalam campuran. Contoh : *Coconut* 80% *Lard* 20% maksudnya adalah 80% dari volume campuran sampel adalah minyak kelapa dan 20% dari volume campuran sampel adalah minyak babi.

4.3 Pembahasan

4.3.1. Sampel Minyak Bunga Matahari



Gambar 4. 2 Grafik perbandingan rugi daya sensor tanpa Lapisan dan sensor dengan lapisan *graphene* pada sampel minyak bunga matahari

Berdasarkan karakteristik statik pengukuran (*span*, *range*, standar deviasi, linearitas, sensitivitas), dapat dianalisis perbedaan performa sensor SMS yang belum diberi lapisan dan sensor SMS yang diberi lapisan.

Pada sampel minyak bunga matahari. Grafik rugi daya dengan sensor tanpa lapisan mempunyai tren naik dengan pengecualian pada campuran minyak bunga matahari 20% dan minyak babi 80% dari volume total. Salah satu penyebabnya adalah minyak yang digunakan berubah kekentalannya karena proses pemanasan yang lama dan pada suhu yang tinggi

Tabel 4. 5 Karakteristik statik sensor SMS yang tidak diberi lapisan dan yang diberi lapisan *graphene*. Sample minyak bunga matahari

Karakteristik Statik		Tanpa lapisan	Lapisan Graphene
<i>Range</i>	<i>Input</i>	<i>Min</i> = 0% Lard	<i>Min</i> = 0% Lard
		<i>Max</i> = 60% Lard	<i>Max</i> = 40% Lard
	<i>Output</i>	<i>Min</i> = -0.04472 dBm	<i>Min</i> = 0.004 dBm
		<i>Max</i> = 0.00786 dBm	<i>Max</i> = 0.00714 dBm
<i>Span</i>		0.05258 dBm	0.00314 dBm
Sensitivitas		0.0008763 dBm/% campuran minyak babi	0.0000785 dBm/% campuran minyak babi
Linearitas		76.98%	95.79%
Standar Deviasi		0.064277739	0.00160412

Sensor yang diberi lapisan *graphene* mempunyai tren yang lebih datar dibandingkan sensor tanpa lapisan. Range Pengukuran pada sensor menjadi lebih kecil ketika diberi lapisan. Sensitivitas sensor turun. Linearitas naik.

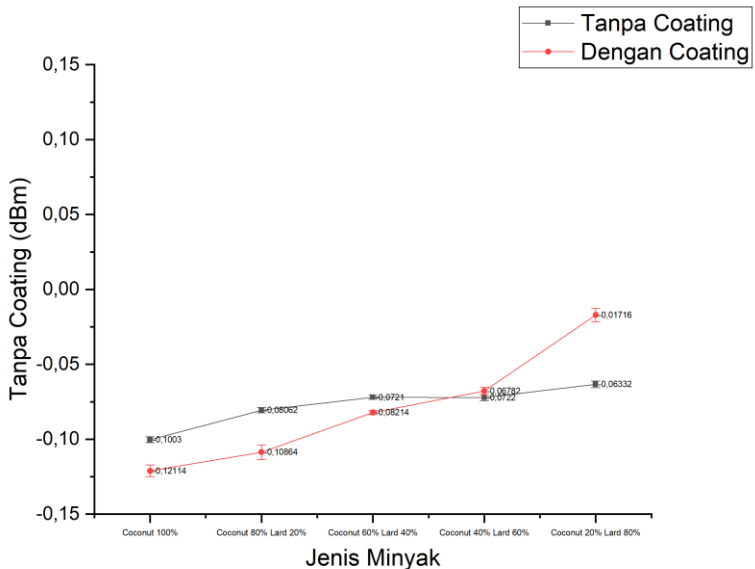
4.3.2. Sampel Minyak Kelapa

Berdasarkan karakteristik statik pengukuran (*span*, *range*, standar deviasi, linearitas, sensitivitas), dapat dianalisis perbedaan performa sensor SMS yang belum diberi lapisan dan sensor SMS yang diberi lapisan.

Pada sampel minyak kelapa. Grafik rugi daya dengan sensor tanpa lapisan maupun sensor dengan lapisan *graphene* keduanya mempunyai tren naik. Penambahan lapisan *graphene* sensor meningkatkan *range output* pengukuran minimal maupun yang maksimal. Sensitivitas naik. Linearitas naik.

Tabel 4. 6 Karakteristik statik sensor SMS yang tidak diberi lapisan dan yang diberi lapisan graphene. Sample minyak kelapa

Karakteristik Statik		Tanpa Lapisan	Lapisan <i>Graphene</i>
<i>Range</i>	<i>Input</i>	<i>Min</i> = 0% Lard	<i>Min</i> = 0% Lard
		<i>Max</i> = 80% Lard	<i>Max</i> = 80% Lard
	<i>Output</i>	<i>Min</i> = -0.1003 dBm	<i>Min</i> = -0.12114 dBm
		<i>Max</i> = -0.06332 dBm	<i>Max</i> = -0.01716 dBm
<i>Span</i>		0.03698 dBm	0.10398 dBm
Sensitivitas		0.00046225 dBm/% campuran minyak babi	0.00129975 dBm/% campuran minyak babi
Linearitas		86.16 %	93.6 %
Standar Deviasi		0.014032823	0.040659024



Gambar 4. 3 Grafik perbandingan rugi daya sensor tanpa lapisan dan sensor dengan lapisan *graphene* pada sampel minyak kelapa

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Telah diperoleh sensor SMS yang diberi lapisan untuk mendeteksi campuran minyak babi dalam minyak nabati dengan rentan pengukuran dari 0%-80% dengan hasil sebagai berikut :

1. Penambahan lapisan graphene pada sensor SMS untuk pengukuran campuran minyak babi dalam minyak bungamatahari tidak memberikan pengaruh penambahan performa sensor (range maupun sensitivitas). Dari 0.0008763 dBm/% campuran minyak babi, pada saat sebelum diberi lapisan menjadi 0.0000785 dBm/% campuran minyak babi, setelah diberi lapisan graphene.
2. Penambahan lapisan graphene pada sensor SMS untuk pengukuran campuran minyak babi dalam minyak kelapa berpengaruh pada penambahan performa sensor yaitu peningkatan range pengukuran dan sensitivitas. Dari 0.00046225 dBm/% campuran minyak babi, pada saat sebelum diberi lapisan graphene menjadi 0.00129975 dBm/% campuran minyak babi setelah diberi lapisan graphene

5.2 Saran

Saran yang diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh ketebalan dari lapisan perlu diteliti lebih lanjut.
2. Pengelupasan pada lapisan lapisan perlu diamati.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. V. Rios, M. D. F. Pessanha, P. F. de Almeida, C. L. Viana and S. C. da Silva Lannes, "Application of fats in some food products," *Food Science and Technology*, 2014.
- [2] J. F. Forde, M. Meany, J. B. Carrigan, C. Mills, S. Boland and A. HERNON, "Chapter 12 - Biobased Fats (Lipids) and Oils from Biomass as a Source of Bioenergy," in *Bioenergy Research: Advances and Applications*, Elsevier, 2014, pp. 185-201.
- [3] R. Johnson, "Food Fraud and "Economically Motivated Adulteration" of Food and Food Ingredients," Library of Congress. Congressional Research Service. , Washington D.C, 2014.
- [4] H. J. Salim, "[Cek Fakta] Hoaks Es Krim Magnum Mengandung Lemak Babi," 29 Januari 2019. [Online]. Available: <https://www.liputan6.com/cek-fakta/read/3881542/cek-fakta-hoaks-es-krim-magnum-mengandung-lemak-babi>. [Accessed 30 January 2019].
- [5] M. R. Aditya, "Heboh! Restoran Ini Dikabarkan Pakai Minyak Babi, Karyawan Dipaksa Mengaku Halal," 27 Desember 2017. [Online]. Available: <http://style.tribunnews.com/2017/12/12/heboh-restoran-ini-dikabarkan-pakai-minyak-babi-karyawan-dipaksa-mengaku-halal>. [Accessed 30 January 2019].
- [6] Q. Wang and e. al, "Impact of Nonoptimal Intakes of Saturated, Polyunsaturated, and Trans Fat on Global Burdens of Coronary Heart Disease," *Journal of American Heart Association*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [7] J. M. N. Marikkar, O. M. Lai, H. M. Ghazali and Y. B. Che Man, "Detection of lard and randomized lard as adulterants in refined-bleached-deodorized palm oil by

- differential scanning calorimetry," *Journal of the American Oil Chemist' Society*, vol. 78, no. 11, pp. 1113-1119, 2001.
- [8] Y. B. Che Man, H. L. Gan, I. NorAini, S. A. H. Hamizah and C. P. Tan, "Detection of lard adulteration in RBD palm olein using an electronic nose," *Food Chemistry*, vol. 90, no. 4, pp. 829-835, 2005.
- [9] M. A. Sairin, S. A. Aziz, N. N. A. Nizar, N. A. A. Latiff, A. Ismail, D. M. Hashim and F. Z. Rokhani, "Lard Detection in Edible Oil Using Dielectric Spectroscopy," *Sensors for Everyday Life*, vol. 23, pp. 245-271, 2016.
- [10] Z. A. Syahariza, Y. B. Che Man, J. Selamat and J. Bakar, "Detection of lard adulteration in cake formulation by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy," *Food Chemistry*, vol. 92, no. 2, pp. 365-371, 2005.
- [11] J. M. N. Marikkar, H. M. Ghazali, Y. B. Che Man, T. S. G. Peiris and O. M. Lai, "Distinguishing lard from other animal fats in admixtures of," *Food Chemistry*, vol. 91, pp. 5-14, 2005.
- [12] R. S. Farag, S. H. Abo-rya, F. A. Ahmed, F. M. Hewedi and H. H. Khalifa, "Fractional crystallization and gas chromatographic analysis of fatty acids as a means of detecting butterfat adulteration", " *Oil Chem. Soc.*, vol. 60, pp. 1665-1669, 1983.
- [13] I. Puspita, F. Rahmah, A. M. Hatta and S. Koentjoro, "Load effect on an SMS fiber structure embedded in a high-density polyethylene," in *International Seminar on Photonics, Optics, and Applications 2014*, Sanur, 2014.
- [14] A. M. Hatta, Y. Semenova, G. Rajan and G. Farrell, "A voltage sensor based on a singlemode-multimode-singlemode fiber structure," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 52, pp. 1887-1890, 2010.
- [15] A. M. Hatta, "Single-mode-multimode-single-mode fiber structures for simultaneous measurement of strain and

- temperature," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 53, pp. 2181-2185, 2011.
- [16] Q. Wu, Y. Semenova, P. Wang and G. Farrell, "High sensitivity SMS fiber structure based refractometer-analysis and experiment," *Optics Express*, vol. 19, no. 9, pp. 7937-7944, 2011.
- [17] Y. Zhao, X. Zhou, X.-g. Li and Y.-n. Zhang, "Review on the graphene based optical fiber chemical and biological sensors," *Sensors and Actuators B*, 2016.
- [18] M. S. Dresselhaus, G. Dresselhaus and P. Avouris, *Carbon Nanotubes - Synthesis, Structure, Properties and Applications*, Springer, 2000.
- [19] J. Zhang, G. Liao and e. al, "All-fiber-optic temperature sensor based on reduced graphene oxide," *Laser Physics Letters*, vol. 15, no. 1, pp. 505-509, 2014.
- [20] L. Li, Z. Feng, Q. X and e. al, "Ultrahigh Sensitive Temperature Sensor Based on Fabry-Pérot Interference Assisted by a Graphene Diaphragm," *IEEE Sensors Journal*, vol. 15, no. 1, pp. 505-509, 2015.
- [21] L. C, Q. Liu, P. X and e. al, "Analyzing the temperature sensitivity of Fabry-Perot sensor using multilayer graphene diaphragm," *Optics Express*, vol. 23, no. 21, pp. 27494-27502, 2015.
- [22] H. Fu, C. H. Zhang S and e. al, "Graphene enhances the sensitivity of fiber optic surface plasmon resonance biosensor," *IEEE Sensors Journal*, vol. 15, no. 10, pp. 5478-5482, 2015.
- [23] M. Batumalay, S. W. Harun and F. Ahmad, "Tapered plastic optical fiber coated with graphene for uric acid detection," *IEEE Sensors Journal*, vol. 26, no. 11, pp. 1092-1094, 2014.
- [24] Gunstoner, *Fatty Acid and Lipid Chemistry* 1st edition, Springer, 1996.

- [25] T. P. Hilditch, H. Stainsby and J. William, "The Body fats of the pig. IV. Progressive hydrogenation as an aid in the study of glyceride structure," *Biochemical Journal*, vol. 29, pp. 90-99, 1935.
- [26] R. W. Reimenschneider, F. E. Luddy, M. L. Swain and W. C. Ault, "Fractionation of lard and tallow by systematic crystallization," *Oil and Soap*, vol. 29, pp. 276-282, 1946.

LAMPIRAN

Tabel Data Hasil Pengukuran Daya Sensor tanpa Lapisan dengan sampel minyak bunga matahari

Uncoated; Sunflower									
PreS 100	S10 0	PRE S80 L20	S80 L20	PRE S60 L40	S60 L40	PRE S40 L60	S04 L60	PRE S20 L80	S20 L80
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.6 78	10.6 31	10.5 32	10.5 23	10.5 54	10.5 38	10.5 71	10.6 55	10.9 91	10.8 9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.6 77	10.6 31	10.5 33	10.5 23	10.5 55	10.5 39	10.5 72	10.6 56	10.9 92	10.8 91
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.6 77	10.6 32	10.5 33	10.5 23	10.5 57	10.5 39	10.5 73	10.6 56	10.9 92	10.8 91
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.6 77	10.6 33	10.5 33	10.5 23	10.5 57	10.5 39	10.5 74	10.6 55	10.9 92	10.8 91
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.6 77	10.6 32	10.5 34	10.5 22	10.5 57	10.5 37	10.5 74	10.6 55	10.9 92	10.8 9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.6 77	10.6 33	10.5 34	10.5 21	10.5 56	10.5 37	10.5 75	10.6 55	10.9 91	10.8 9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.6 77	10.6 33	10.5 34	10.5 21	10.5 55	10.5 36	10.5 74	10.6 54	10.9 91	10.8 9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.6 77	10.6 33	10.5 34	10.5 21	10.5 55	10.5 36	10.5 74	10.6 54	10.9 9	10.8 89
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.6 77	10.6 33	10.5 36	10.5 22	10.5 55	10.5 35	10.5 73	10.6 55	10.9 9	10.8 87

10.6 78	10.6 32	10.5 36	10.5 21	10.5 56	10.5 36	10.5 73	10.6 55	10.9 9	10.8 86
10.6 77	10.6 32	10.5 36	10.5 21	10.5 57	10.5 36	10.5 73	10.6 55	10.9 9	10.8 88
10.6 76	10.6 32	10.5 36	10.5 22	10.5 55	10.5 36	10.5 74	10.6 54	10.9 9	10.8 89
10.6 77	10.6 31	10.5 36	10.5 22	10.5 55	10.5 37	10.5 74	10.6 53	10.9 9	10.8 89
10.6 75	10.6 31	10.5 37	10.5 21	10.5 56	10.5 38	10.5 74	10.6 53	10.9 9	10.8 89
10.6 76	10.6 31	10.5 37	10.5 21	10.5 56	10.5 38	10.5 74	10.6 53	10.9 9	10.8 89
10.6 77	10.6 31	10.5 36	10.5 22	10.5 56	10.5 38	10.5 74	10.6 53	10.9 89	10.8 87
10.6 77	10.6 3	10.5 36	10.5 23	10.5 54	10.5 38	10.5 73	10.6 53	10.9 89	10.8 86
10.6 76	10.6 31	10.5 37	10.5 23	10.5 53	10.5 37	10.5 74	10.6 52	10.9 89	10.8 86
10.6 75	10.6 33	10.5 37	10.5 23	10.5 53	10.5 37	10.5 74	10.6 52	10.9 89	10.8 86
10.6 75	10.6 33	10.5 36	10.5 23	10.5 55	10.5 38	10.5 74	10.6 52	10.9 88	10.8 85
10.6 75	10.6 33	10.5 36	10.5 22	10.5 55	10.5 37	10.5 72	10.6 52	10.9 88	10.8 85

10.6 76	10.6 33	10.5 36	10.5 21	10.5 55	10.5 36	10.5 73	10.6 51	10.9 88	10.8 87
10.6 76	10.6 34	10.5 36	10.5 21	10.5 55	10.5 37	10.5 73	10.6 5	10.9 87	10.8 88
10.6 76	10.6 33	10.5 36	10.5 21	10.5 55	10.5 38	10.5 72	10.6 5	10.9 86	10.8 87
10.6 76	10.6 33	10.5 37	10.5 21	10.5 54	10.5 37	10.5 73	10.6 51	10.9 86	10.8 87
10.6 75	10.6 33	10.5 36	10.5 21	10.5 55	10.5 37	10.5 73	10.6 51	10.9 85	10.8 87
10.6 75	10.6 32	10.5 37	10.5 21	10.5 55	10.5 36	10.5 73	10.6 51	10.9 85	10.8 86
10.6 76	10.6 31	10.5 37	10.5 21	10.5 55	10.5 37	10.5 73	10.6 49	10.9 85	10.8 86
10.6 77	10.6 31	10.5 37	10.5 21	10.5 55	10.5 38	10.5 73	10.6 49	10.9 84	10.8 88
10.6 77	10.6 31	10.5 37	10.5 22	10.5 54	10.5 38	10.5 73	10.6 5	10.9 85	10.8 88
10.6 77	10.6 32	10.5 37	10.5 22	10.5 56	10.5 37	10.5 73	10.6 5	10.9 84	10.8 88
10.6 76	10.6 34	10.5 37	10.5 23	10.5 55	10.5 37	10.5 73	10.6 5	10.9 84	10.8 86
10.6 76	10.6 33	10.5 37	10.5 23	10.5 54	10.5 37	10.5 73	10.6 5	10.9 85	10.8 85

10.6 76	10.6 32	10.5 38	10.5 23	10.5 54	10.5 38	10.5 73	10.6 5	10.9 85	10.8 85
10.6 78	10.6 33	10.5 38	10.5 24	10.5 54	10.5 37	10.5 72	10.6 5	10.9 85	10.8 87
10.6 78	10.6 33	10.5 38	10.5 23	10.5 55	10.5 37	10.5 72	10.6 49	10.9 85	10.8 88
10.6 78	10.6 33	10.5 38	10.5 22	10.5 54	10.5 37	10.5 72	10.6 49	10.9 85	10.8 88
10.6 77	10.6 33	10.5 37	10.5 22	10.5 55	10.5 36	10.5 73	10.6 49	10.9 84	10.8 87
10.6 77	10.6 33	10.5 37	10.5 22	10.5 57	10.5 36	10.5 73	10.6 48	10.9 84	10.8 86
10.6 79	10.6 33	10.5 38	10.5 22	10.5 57	10.5 36	10.5 72	10.6 47	10.9 83	10.8 87
10.6 8	10.6 33	10.5 39	10.5 22	10.5 57	10.5 37	10.5 71	10.6 47	10.9 83	10.8 87
10.6 79	10.6 33	10.5 38	10.5 21	10.5 55	10.5 37	10.5 72	10.6 46	10.9 83	10.8 86
10.6 78	10.6 32	10.5 37	10.5 22	10.5 55	10.5 37	10.5 73	10.6 46	10.9 82	10.8 86
10.6 77	10.6 32	10.5 37	10.5 22	10.5 57	10.5 38	10.5 73	10.6 46	10.9 82	10.8 86
10.6 77	10.6 32	10.5 38	10.5 23	10.5 57	10.5 37	10.5 72	10.6 46	10.9 82	10.8 87

10.6 78	10.6 31	10.5 38	10.5 22	10.5 56	10.5 38	10.5 72	10.6 46	10.9 82	10.8 86
10.6 79	10.6 32	10.5 37	10.5 22	10.5 55	10.5 38	10.5 72	10.6 47	10.9 82	10.8 84
10.6 78	10.6 32	10.5 37	10.5 23	10.5 56	10.5 37	10.5 71	10.6 47	10.9 82	10.8 84
10.6 78	10.6 31	10.5 38	10.5 23	10.5 58	10.5 38	10.5 72	10.6 46	10.9 82	10.8 85
10.6 78	10.6 31	10.5 39	10.5 23	10.5 58	10.5 38	10.5 73	10.6 46	10.9 82	10.8 84

Tabel Data Hasil Pengukuran Daya Sensor dilapisi graphen dengan sampel minyak bunga matahari

Coated Sunflower									
Pre S10 0	S10 0	PRE S80 L20	S80 L20	PRE S60 L40	S60 L40	PRE S40 L60	S04 L60	PRE S20 L80	S20 L80
11.9 73	11. 986	11.9 84	11. 978	12.0 34	12. 026	12.0 34	12. 02	12.0 23	12. 039
11.9 74	11. 987	11.9 85	11. 978	12.0 34	12. 026	12.0 37	12. 019	12.0 23	12. 039
11.9 74	11. 993	11.9 84	11. 978	12.0 36	12. 027	12.0 36	12. 019	12.0 23	12. 039
11.9 74	11. 987	11.9 85	11. 979	12.0 36	12. 027	12.0 36	12. 019	12.0 23	12. 039

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 74	11. 986	11.9 85	11. 979	12.0 35	12. 028	12.0 35	12. 019	12.0 23	12. 039
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 72	11. 986	11.9 84	11. 979	12.0 35	12. 028	12.0 35	12. 019	12.0 23	12. 037
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 74	11. 986	11.9 83	11. 98	12.0 34	12. 029	12.0 35	12. 019	12.0 23	12. 038
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 78	11. 991	11.9 81	11. 98	12.0 33	12. 029	12.0 35	12. 019	12.0 23	12. 039
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 76	11. 99	11.9 79	11. 98	12.0 33	12. 03	12.0 36	12. 019	12.0 25	12. 039
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 74	11. 985	11.9 78	11. 98	12.0 31	12. 031	12.0 37	12. 019	12.0 26	12. 04
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 73	11. 985	11.9 78	11. 98	12.0 31	12. 031	12.0 36	12. 019	12.0 26	12. 041
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 73	11. 985	11.9 78	11. 98	12.0 31	12. 031	12.0 34	12. 019	12.0 26	12. 04
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 74	11. 986	11.9 82	11. 98	12.0 3	12. 032	12.0 32	12. 019	12.0 25	12. 04
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 74	11. 987	11.9 82	11. 981	12.0 3	12. 032	12.0 32	12. 019	12.0 24	12. 038
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 75	11. 987	11.9 82	11. 982	12.0 3	12. 033	12.0 32	12. 019	12.0 25	12. 036

11.9 78	11. 988	11.9 83	11. 981	12.0 29	12. 033	12.0 33	12. 019	12.0 26	12. 039
11.9 8	11. 988	11.9 83	11. 981	12.0 28	12. 033	12.0 32	12. 018	12.0 27	12. 04
11.9 81	11. 987	11.9 83	11. 981	12.0 29	12. 033	12.0 32	12. 019	12.0 27	12. 041
11.9 81	11. 986	11.9 82	11. 982	12.0 29	12. 033	12.0 33	12. 019	12.0 27	12. 041
11.9 79	11. 985	11.9 79	11. 981	12.0 29	12. 033	12.0 32	12. 018	12.0 27	12. 04
11.9 79	11. 985	11.9 76	11. 982	12.0 28	12. 035	12.0 31	12. 018	12.0 27	12. 041
11.9 79	11. 984	11.9 74	11. 983	12.0 29	12. 035	12.0 3	12. 019	12.0 27	12. 041
11.9 79	11. 984	11.9 74	11. 982	12.0 28	12. 036	12.0 3	12. 018	12.0 27	12. 041
11.9 79	11. 985	11.9 76	11. 982	12.0 28	12. 036	12.0 29	12. 019	12.0 26	12. 041
11.9 82	11. 987	11.9 79	11. 982	12.0 27	12. 036	12.0 29	12. 019	12.0 27	12. 041
11.9 86	11. 988	11.9 77	11. 982	12.0 27	12. 036	12.0 3	12. 019	12.0 27	12. 041

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 87	11. 988	11.9 74	11. 982	12.0 27	12. 037	12.0 3	12. 019	12.0 28	12. 04
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 87	11. 987	11.9 72	11. 982	12.0 26	12. 038	12.0 3	12. 018	12.0 27	12. 038
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 88	11. 986	11.9 71	11. 983	12.0 26	12. 039	12.0 31	12. 018	12.0 27	12. 036
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 89	11. 984	11.9 73	11. 984	12.0 26	12. 039	12.0 31	12. 018	12.0 27	12. 036
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 89	11. 984	11.9 73	11. 983	12.0 25	12. 039	12.0 3	12. 018	12.0 27	12. 039
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 89	11. 984	11.9 74	11. 983	12.0 26	12. 039	12.0 29	12. 018	12.0 29	12. 04
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 89	11. 986	11.9 73	11. 984	12.0 25	12. 039	12.0 29	12. 018	12.0 29	12. 04
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 9	11. 987	11.9 72	11. 984	12.0 25	12. 038	12.0 29	12. 018	12.0 29	12. 036
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 89	11. 988	11.9 71	11. 984	12.0 25	12. 038	12.0 29	12. 019	12.0 29	12. 038
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 89	11. 988	11.9 71	11. 984	12.0 25	12. 038	12.0 29	12. 018	12.0 28	12. 04
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.9 88	11. 987	11.9 71	11. 984	12.0 24	12. 038	12.0 28	12. 018	12.0 29	12. 04

11.9 87	11. 985	11.9 72	11. 984	12.0 24	12. 038	12.0 28	12. 018	12.0 29	12. 04
11.9 86	11. 985	11.9 71	11. 983	12.0 24	12. 038	12.0 28	12. 019	12.0 3	12. 039
11.9 86	11. 985	11.9 71	11. 984	12.0 24	12. 038	12.0 28	12. 019	12.0 31	12. 035
11.9 86	11. 984	11.9 7	11. 984	12.0 24	12. 038	12.0 27	12. 018	12.0 29	12. 033
11.9 88	11. 986	11.9 7	11. 984	12.0 24	12. 038	12.0 27	12. 018	12.0 3	12. 034
11.9 89	11. 985	11.9 7	11. 985	12.0 23	12. 039	12.0 27	12. 018	12.0 3	12. 035
11.9 89	11. 985	11.9 7	11. 984	12.0 23	12. 039	12.0 26	12. 019	12.0 31	12. 034
11.9 89	11. 985	11.9 7	11. 985	12.0 23	12. 039	12.0 25	12. 019	12.0 31	12. 032
11.9 89	11. 987	11.9 7	11. 985	12.0 23	12. 039	12.0 26	12. 019	12.0 32	12. 033
11.9 89	11. 987	11.9 69	11. 985	12.0 23	12. 039	12.0 26	12. 019	12.0 33	12. 034
11.9 89	11. 985	11.9 69	11. 984	12.0 23	12. 039	12.0 25	12. 019	12.0 33	12. 035

11.9 89	11. 985	11.9 69	11. 985	12.0 23	12. 039	12.0 25	12. 019	12.0 33	12. 035
11.9 88	11. 986	11.9 68	11. 985	12.0 23	12. 041	12.0 24	12. 019	12.0 34	12. 035

Tabel Data Hasil Pengukuran Daya Sensor tanpa lapisan dengan sampel minyak kelapa

Uncoated Coconut									
Pre S10 0	C1 00	PRE C80 L20	C80 L20	PRE C60 L40	C60 L40	PRE C40 L60	C04 L60	PRE C20 L80	C20 L80
10.8 96	10. 793	10.8 25	10. 745	10.8 02	10. 731	10.7 73	10. 708	10.7 51	10. 684
10.8 96	10. 794	10.8 24	10. 745	10.8 02	10. 73	10.7 75	10. 705	10.7 5	10. 683
10.8 98	10. 795	10.8 24	10. 744	10.8 02	10. 73	10.7 75	10. 705	10.7 5	10. 683
10.8 98	10. 795	10.8 24	10. 744	10.8 02	10. 73	10.7 74	10. 704	10.7 49	10. 685
10.8 98	10. 795	10.8 23	10. 744	10.8 02	10. 73	10.7 75	10. 704	10.7 5	10. 686
10.8 98	10. 795	10.8 23	10. 744	10.8 02	10. 73	10.7 77	10. 705	10.7 5	10. 687
10.8 98	10. 794	10.8 23	10. 743	10.8 01	10. 73	10.7 78	10. 704	10.7 49	10. 687

10.8 98	10. 794	10.8 23	10. 743	10.8 02	10. 731	10.7 78	10. 704	10.7 48	10. 686
10.8 97	10. 794	10.8 24	10. 743	10.8 02	10. 73	10.7 77	10. 705	10.7 5	10. 684
10.8 95	10. 793	10.8 25	10. 743	10.8 02	10. 73	10.7 78	10. 705	10.7 5	10. 684
10.8 94	10. 793	10.8 24	10. 744	10.8 02	10. 73	10.7 77	10. 706	10.7 5	10. 684
10.8 94	10. 793	10.8 24	10. 744	10.8 02	10. 731	10.7 77	10. 706	10.7 49	10. 684
10.8 96	10. 794	10.8 21	10. 744	10.8 01	10. 731	10.7 77	10. 706	10.7 49	10. 683
10.8 96	10. 795	10.8 24	10. 744	10.8	10. 73	10.7 77	10. 706	10.7 5	10. 685
10.8 93	10. 795	10.8 21	10. 743	10.8	10. 73	10.7 77	10. 705	10.7 49	10. 686
10.8 93	10. 794	10.8 23	10. 743	10.8	10. 73	10.7 77	10. 705	10.7 51	10. 686
10.8 92	10. 794	10.8 22	10. 743	10.8	10. 73	10.7 77	10. 707	10.7 51	10. 686
10.8 92	10. 793	10.8 22	10. 743	10.8	10. 73	10.7 76	10. 706	10.7 5	10. 685

10.8 93	10. 793	10.8 21	10. 743	10.8	10. 73	10.7 76	10. 705	10.7 5	10. 685
10.8 93	10. 791	10.8 21	10. 743	10.8	10. 73	10.7 76	10. 704	10.7 49	10. 685
10.8 92	10. 791	10.8 21	10. 742	10.8	10. 729	10.7 75	10. 703	10.7 48	10. 685
10.8 92	10. 793	10.8 21	10. 742	10.8	10. 729	10.7 74	10. 703	10.7 5	10. 686
10.8 92	10. 793	10.8 2	10. 742	10.8	10. 729	10.7 75	10. 704	10.7 51	10. 686
10.8 92	10. 792	10.8 2	10. 742	10.8 01	10. 729	10.7 76	10. 703	10.7 5	10. 686
10.8 92	10. 792	10.8 21	10. 742	10.8 01	10. 729	10.7 77	10. 706	10.7 49	10. 685
10.8 91	10. 792	10.8 23	10. 742	10.8 01	10. 729	10.7 77	10. 705	10.7 49	10. 684
10.8 91	10. 791	10.8 23	10. 742	10.8 01	10. 729	10.7 77	10. 705	10.7 5	10. 683
10.8 91	10. 79	10.8 22	10. 742	10.8 01	10. 729	10.7 76	10. 703	10.7 5	10. 685
10.8 92	10. 79	10.8 21	10. 742	10.8 01	10. 729	10.7 75	10. 703	10.7 49	10. 685

10.8 91	10. 792	10.8 22	10. 742	10.8 01	10. 729	10.7 74	10. 705	10.7 48	10. 684
10.8 91	10. 792	10.8 23	10. 741	10.8 02	10. 728	10.7 74	10. 705	10.7 48	10. 687
10.8 9	10. 791	10.8 23	10. 741	10.8 02	10. 728	10.7 76	10. 702	10.7 48	10. 687
10.8 9	10. 791	10.8 23	10. 741	10.8 01	10. 728	10.7 77	10. 701	10.7 48	10. 685
10.8 9	10. 791	10.8 23	10. 741	10.8 02	10. 728	10.7 77	10. 701	10.7 48	10. 684
10.8 9	10. 791	10.8 22	10. 74	10.8 01	10. 728	10.7 76	10. 701	10.7 47	10. 685
10.8 89	10. 792	10.8 22	10. 74	10.8 01	10. 728	10.7 76	10. 703	10.7 47	10. 686
10.8 89	10. 791	10.8 23	10. 74	10.8 01	10. 727	10.7 76	10. 701	10.7 48	10. 687
10.8 9	10. 79	10.8 22	10. 74	10.8 02	10. 728	10.7 76	10. 703	10.7 48	10. 687
10.8 89	10. 792	10.8 22	10. 739	10.8 01	10. 728	10.7 76	10. 701	10.7 46	10. 685
10.8 91	10. 791	10.8 23	10. 74	10.8 01	10. 728	10.7 76	10. 701	10.7 47	10. 685

10.8 91	10. 791	10.8 24	10. 74	10.8 01	10. 728	10.7 76	10. 701	10.7 48	10. 684
10.8 89	10. 793	10.8 25	10. 74	10.8 01	10. 728	10.7 76	10. 702	10.7 47	10. 684
10.8 89	10. 791	10.8 22	10. 74	10.8	10. 728	10.7 76	10. 703	10.7 46	10. 685
10.8 91	10. 79	10.8 21	10. 74	10.8	10. 728	10.7 76	10. 7	10.7 46	10. 685
10.8 9	10. 789	10.8 22	10. 74	10.8	10. 728	10.7 75	10. 702	10.7 46	10. 686
10.8 88	10. 789	10.8 23	10. 74	10.8 01	10. 727	10.7 75	10. 702	10.7 46	10. 686
10.8 91	10. 789	10.8 23	10. 741	10.8 01	10. 726	10.7 75	10. 703	10.7 46	10. 686
10.8 9	10. 789	10.8 22	10. 74	10.8	10. 726	10.7 75	10. 702	10.7 44	10. 685
10.8 89	10. 789	10.8 22	10. 74	10.8	10. 726	10.7 74	10. 703	10.7 45	10. 685
10.8 88	10. 789	10.8 22	10. 74	10.8	10. 726	10.7 74	10. 703	10.7 44	10. 685

Tabel Data Hasil Pengukuran Daya Sensor dilapisi graphene dengan sampel minyak kelapa.

Coated Coconut									
Pre S100	C100	PRE C80 L20	C80 L20	PRE C60 L40	C60 L40	PRE C40 L60	C04 L60	PRE C20 L80	C20 L80
12.274	12.138	12.262	12.164	12.254	12.177	12.282	12.22	12.312	12.301
12.273	12.142	12.261	12.162	12.254	12.175	12.282	12.219	12.313	12.303
12.272	12.143	12.261	12.161	12.254	12.175	12.282	12.219	12.313	12.301
12.272	12.144	12.261	12.161	12.255	12.174	12.283	12.218	12.313	12.303
12.272	12.146	12.261	12.16	12.254	12.174	12.283	12.219	12.314	12.303
12.271	12.147	12.262	12.159	12.254	12.174	12.283	12.22	12.314	12.303
12.271	12.149	12.261	12.159	12.254	12.174	12.283	12.22	12.314	12.303
12.271	12.15	12.262	12.158	12.254	12.173	12.284	12.22	12.314	12.304
12.271	12.15	12.261	12.158	12.254	12.173	12.284	12.219	12.314	12.304

12.2 71	12. 152	12.2 61	12. 158	12.2 54	12. 173	12.2 84	12. 219	12.3 14	12. 305
12.2 71	12. 152	12.2 61	12. 157	12.2 53	12. 173	12.2 84	12. 219	12.3 15	12. 304
12.2 71	12. 152	12.2 61	12. 156	12.2 54	12. 173	12.2 84	12. 219	12.3 15	12. 304
12.2 71	12. 152	12.2 61	12. 157	12.2 54	12. 173	12.2 85	12. 219	12.3 15	12. 303
12.2 71	12. 153	12.2 61	12. 156	12.2 54	12. 172	12.2 85	12. 219	12.3 16	12. 302
12.2 71	12. 152	12.2 61	12. 155	12.2 54	12. 172	12.2 86	12. 219	12.3 16	12. 301
12.2 71	12. 153	12.2 61	12. 155	12.2 54	12. 172	12.2 86	12. 219	12.3 16	12. 301
12.2 7	12. 153	12.2 61	12. 154	12.2 54	12. 172	12.2 87	12. 219	12.3 16	12. 301
12.2 7	12. 153	12.2 61	12. 154	12.2 54	12. 172	12.2 87	12. 219	12.3 17	12. 301
12.2 71	12. 154	12.2 61	12. 154	12.2 54	12. 172	12.2 87	12. 219	12.3 17	12. 301
12.2 7	12. 154	12.2 61	12. 153	12.2 54	12. 172	12.2 87	12. 219	12.3 18	12. 301

12.2 7	12. 153	12.2 6	12. 153	12.2 54	12. 172	12.2 88	12. 22	12.3 17	12. 301
12.2 7	12. 153	12.2 6	12. 153	12.2 54	12. 171	12.2 88	12. 219	12.3 17	12. 3
12.2 7	12. 153	12.2 61	12. 152	12.2 54	12. 171	12.2 89	12. 22	12.3 18	12. 3
12.2 7	12. 153	12.2 6	12. 152	12.2 53	12. 171	12.2 89	12. 22	12.3 19	12. 3
12.2 7	12. 152	12.2 6	12. 152	12.2 54	12. 171	12.2 9	12. 221	12.3 18	12. 301
12.2 71	12. 152	12.2 61	12. 15	12.2 54	12. 171	12.2 89	12. 221	12.3 18	12. 301
12.2 71	12. 152	12.2 61	12. 151	12.2 54	12. 171	12.2 9	12. 22	12.3 19	12. 301
12.2 7	12. 151	12.2 6	12. 15	12.2 54	12. 171	12.2 9	12. 221	12.3 19	12. 301
12.2 7	12. 151	12.2 61	12. 15	12.2 54	12. 171	12.2 91	12. 221	12.3 2	12. 301
12.2 7	12. 151	12.2 6	12. 15	12.2 54	12. 171	12.2 9	12. 221	12.3 19	12. 301
12.2 7	12. 151	12.2 6	12. 15	12.2 54	12. 17	12.2 91	12. 222	12.3 19	12. 301

12.2 7	12. 151	12.2 6	12. 149	12.2 54	12. 171	12.2 91	12. 221	12.3 2	12. 301
12.2 71	12. 15	12.2 6	12. 149	12.2 54	12. 17	12.2 91	12. 222	12.3 21	12. 3
12.2 7	12. 15	12.2 61	12. 148	12.2 54	12. 17	12.2 91	12. 222	12.3 2	12. 3
12.2 7	12. 15	12.2 61	12. 148	12.2 54	12. 171	12.2 92	12. 222	12.3 2	12. 301
12.2 7	12. 149	12.2 61	12. 147	12.2 54	12. 171	12.2 92	12. 222	12.3 21	12. 301
12.2 7	12. 149	12.2 61	12. 147	12.2 54	12. 171	12.2 92	12. 222	12.3 22	12. 301
12.2 7	12. 148	12.2 6	12. 147	12.2 54	12. 171	12.2 92	12. 223	12.3 22	12. 301
12.2 7	12. 148	12.2 6	12. 147	12.2 53	12. 17	12.2 92	12. 223	12.3 22	12. 301
12.2 7	12. 148	12.2 6	12. 146	12.2 54	12. 171	12.2 93	12. 223	12.3 22	12. 3
12.2 7	12. 147	12.2 6	12. 146	12.2 54	12. 171	12.2 93	12. 223	12.3 23	12. 301
12.2 7	12. 147	12.2 6	12. 146	12.2 54	12. 171	12.2 93	12. 224	12.3 23	12. 3

12.2 69	12. 147	12.2 6	12. 146	12.2 54	12. 171	12.2 94	12. 224	12.3 23	12. 301
12.2 7	12. 146	12.2 6	12. 146	12.2 54	12. 171	12.2 94	12. 224	12.3 24	12. 302
12.2 7	12. 146	12.2 6	12. 145	12.2 54	12. 171	12.2 94	12. 224	12.3 24	12. 301
12.2 7	12. 147	12.2 6	12. 145	12.2 54	12. 171	12.2 95	12. 224	12.3 24	12. 302
12.2 7	12. 146	12.2 6	12. 145	12.2 55	12. 171	12.2 95	12. 224	12.3 24	12. 301
12.2 7	12. 146	12.2 59	12. 145	12.2 54	12. 171	12.2 95	12. 225	12.3 25	12. 301
12.2 69	12. 146	12.2 59	12. 145	12.2 55	12. 172	12.2 95	12. 225	12.3 25	12. 301
12.2 69	12. 146	12.2 59	12. 145	12.2 55	12. 172	12.2 95	12. 225	12.3 24	12. 3

BIODATA PENULIS



Penulis Bernama Grovando Yun Subagyo, lahir di Klaten, 22 Desember 1995. Penulis menempuh pendidikan pertama di SDN 1 Ceper, Klaten, yang selanjutnya menempuh bangku sekolah menengah di SMPN 1 Pedan, Klaten. Setelah lulus dari sekolah menengah pertama, Grovando melanjutkan di SMA N Klaten. Atas berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa, Grovando diterima di departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember sejak tahun 2013 hingga buku ini ditulis.