

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**SENSOR SERAT OPTIK BERBASIS FIBER TAPER
TERLAPISI GRAPHENE UNTUK DETEKSI AFLATOKSIN**

SKRIPSI



IMASDA RAHMATULLOH

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

LEMBAR PERNYATAAN

**SENSOR SERAT OPTIK BERBASIS FIBER TAPER
TERLAPISI GRAPHENE UNTUK DETEKSI AFLATOKSIN**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains bidang
Fisika pada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

Oleh:

IMASDA RAHMATULLOH
081811333066

Tanggal Lulus:
2022

Disetujui Oleh:

Pembimbing I



Prof. Dr. Retna Apsari, M.Si
NIP. 196806261993032003

Pembimbing II



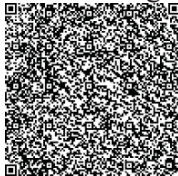
Prof. Dr. Moh Yasin, M.Si
NIP. 196703121991021001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Sensor Serat Optik Berbasis Fiber Taper Terlapisi Graphene
untuk Deteksi Aflatoksin
Penyusun : Imasda Rahmatulloh
NIM : 081811333066
Pembimbing I : Prof. Dr. Retna Apsari, M.Si
Pembimbing II : Prof. Dr. Moh Yasin, M.Si
Tanggal Seminar : 02 Agustus 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Prof. Dr. Retna Apsari, M.Si
NIP. 196806261993032003

Pembimbing II



Prof. Dr. Moh Yasin, M.Si
NIP. 196703121991021001

Mengetahui,
Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 197712282003121003

LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga. Diperkenankan untuk digunakan sebagai referensi kepustakaan. Akan tetapi, pengutipan harus menyebutkan sumbernya sesuai kaidah ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Imasda Rahmatulloh
NIM : 081811333066
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi yang berjudul:

**SENSOR SERAT OPTIK BERBASIS FIBER TAPER
TERLAPISI GRAPHENE UNTUK DETEKSI AFLATOKSIN**

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah diterapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 22 Juli 2022



Imasda Rahmatulloh
NIM. 081811333066

Imasda Rahmatulloh, 2022. Sensor Serat Optik Berbasis Fiber Taper Terlapisi Graphene untuk Deteksi Aflatoksin. Skripsi ini di bawah bimbingan Prof. Dr. Retna Apsari, M.Si dan Prof. Dr. Moh Yasin, M.Si. Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Sensor serat optik berbasis fiber taper terlapisi graphene untuk deteksi aflatoksin B₁ telah berhasil dirancang dan diselidiki. Dalam merancang sensor, teknik *heat and pull* digunakan untuk fabrikasi fiber taper dan teknik *drop-casting* untuk melapisi graphene pada fiber taper sehingga didapatkan diameter fiber sebesar $(9.43 \pm 0.57) \mu\text{m}$. Prinsip dari sensor ini didasarkan pada perubahan intensitas transmisi akibat adanya perubahan konsentrasi sampel. Adapun fungsi graphene adalah sebagai passive cladding dan bekerja untuk mempengaruhi perambatan cahaya pada fiber. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan melakukan pelapisan graphene pada fiber taper, terjadi peningkatan sensitivitas sensor dari 0.129 dBm/ppm menjadi 0.187 dBm/ppm atau sekitar 44.96%.

Kata Kunci: Aflatoksin B₁, fiber taper, graphene, indeks bias

Imasda Rahmatulloh, 2022. Fiber Optic Sensor Based Graphene Coated Tapered-Fiber for Aflatoxin Detection. This thesis is under the guidance of Prof. Dr. Retna Apsari, M.Si and Prof. Dr. Moh Yasin, M.Si. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

Graphene coated tapered fiber sensors for aflatoxin B₁ detection have been successfully designed and investigated. In creating the sensor, the heat and pull technique was used to fabricate tapered fiber and the drop casting technique to coat graphene on the taper fiber so that a fiber diameter of $(9.43 \pm 0.57) \mu\text{m}$ was obtained. The principle of this sensor is based on a change of transmission intensity due to a change of concentration from 0 ppm to 10 ppm. The function of graphene is as passive cladding and affects the light propagation on fibers. The results showed that by coating graphene on tapered fibers, there was an increase in sensitivity from 0.129 dBm/ppm to 0.187 dBm/ppm or around 44.96%.

Keywords: Aflatoxin B₁, tapered fiber, graphene, refractive index

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi berjudul **Sensor Serat Optik Berbasis Fiber Taper Terlapisi Graphene untuk Deteksi Aflatoksin** tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun dan diselesaikan untuk meraih gelar Sarjana Sains di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

Skripsi yang telah dibuat penulis dapat diselesaikan melalui kontribusi dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada

1. Bapak Budi Yulianto dan Ibu Sri Lelaningtyas selaku kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan dan mendukung penulis selama melaksanakan studi S-1 Fisika di Universitas Airlangga.
2. Ibu Prof. Dr. Retna Apsari, M.Si selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, waktu, dan pengetahuan selama proses pengerjaan skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Moh Yasin, M.Si selaku pembimbing I yang telah memberikan saran dan bimbingan selama proses pengerjaan skripsi.
4. Bapak Samian, S.Si, M.Si sebagai penguji I yang telah memberikan masukan, bimbingan, dan kritik yang membangun sehingga skripsi dapat selesai dengan baik.
5. Bapak Andi Hamim Zaidan, M.Si., Ph.D sebagai penguji II yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun sehingga skripsi dapat selesai dengan baik.
6. Bapak Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Departemen Fisika dan Ketua Program Studi S-1 Fisika yang memfasilitasi dalam proses pengajuan skripsi
7. Ibu Nuril Ukhrowiyah sebagai dosen wali yang telah membimbing saya selama menjadi mahasiswa fisika di Universitas Airlangga.
8. Ibu Nurfina Yudasari, M.Sc selaku pembimbing pada waktu PKL yang telah memberikan ilmu mengenai kepustakaan serta karya ilmiah.

9. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmu serta didikan yang sangat bermanfaat.
10. Teman-teman fisika 2018 yang memberikan dorongan dan motivasi dalam melakukan kegiatan sebagai mahasiswa.
11. Serta beberapa pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diperlukan guna menyempurnakan skripsi ini. Semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan baik akademisi maupun pihak lainnya.

Surabaya, 22 Juli 2022

Penulis,



Imasda Rahmatulloh

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1 Latar Belakang.....	1
1. 2 Rumusan Masalah	5
1. 3 Batasan Masalah	5
1. 4 Tujuan Penelitian.....	5
1. 5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Aflatoksin	8
2.2 Cahaya	7
2.2.1 Spektrum Cahaya.....	8
2.2.2 Peristiwa Fisis Cahaya.....	10
2.2.3 Interaksi Cahaya dengan Materi	11
2.3 Serat Optik.....	13
2.3.1 Struktur Serat Optik.....	13
2.3.2 Jenis Serat Optik	14
2.3.3 Perambatan Cahaya dalam Serat Optik	15
2.3.4 Gelombang <i>Evanescent</i>	17
2.4 Fiber Taper	17
2.4.1 Transmisi Cahaya di dalam Fiber Taper.....	18
2.4.2 Desain Fiber Taper	18

2.5	Graphene.....	20
2.5.1	Struktur Graphene.....	20
2.5.2	Sifat Optis Graphene.....	21
2.5.3	Karakterisasi Pelapisan Graphene pada Fiber Taper	24
2.6	Perambatan Cahaya dalam Fiber Taper Terlapisi Graphene	25
2.7	Uji Spektroskopi UV Vis.....	26
BAB III METODE PENELITIAN.....		27
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	27
3.2.1	Alat Penelitian	27
3.2.2	Bahan Penelitian	28
3.3	Variabel Penelitian	29
3.4	Prosedur Penelitian.....	29
3.4.1	Fabrikasi Sensor dan Uji Karakterisasi Fiber Normal.....	30
3.4.2	Fabrikasi Fiber Taper beserta Uji Karakterisasi Sensor	30
3.4.3	Pembuatan Sampel Aflatoksin.....	31
3.4.4	Pelapisan dan Karakterisasi Graphene pada Fiber Taper ..	33
3.4.5	Karakterisasi Sensor Fiber Taper Terlapisi Graphene.....	34
3.5	Metode Analisis Data	35
3.5.1	Penentuan Hubungan antara Indeks Bias Larutan terhadap Variasi Konsentrasi Sampel.....	35
3.5.2	Penentuan Parameter Kinerja Sensor.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Hasil Penelitian.....	38
4.1.1	Hasil Pembuatan Sampel	38
4.1.2	Pengukuran Indeks Bias Sampel Aflatoksin.....	39
4.1.3	Hasil Desain dan Pembuatan Fiber Taper Terlapisi Graphene.....	39
4.1.4	Hasil Karakterisasi Sensor Fiber Taper dan Fiber Taper Terlapisi Graphene.....	42
4.1.5	Hasil Uji Stabilitas Sensor	45
4.2	Pembahasan	46
BAB V PENUTUP.....		566
5.1	Kesimpulan.....	566
5.2	Saran.....	566

DAFTAR PUSTAKA	577
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Sifat dan karakteristik aflatoksin	7
2.2	Karakteristik serat optik <i>singlemode</i> dan <i>multimode</i>	15
2.3	Performansi graphene sebagai pelapis fiber taper	24
3.1	Pembuatan sampel aflatoksin metode pelarutan	32
4.1	Performansi graphene	41
4.2	Perbandingan parameter sensor fiber taper tanpa dan dengan pelapisan graphene	53

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Struktur kimia aflatoksin (Abbas, H. K., 2005)	6
2.2	Spektrum cahaya (Fowles, G. R., 1975)	9
2.3	(a)Pemantulan teratur (b) Pemantulan baur (Guenther, R. D., 1990)	10
2.4	Pembiasan cahaya (Guenther, R. D., 1990)	11
2.5	Absorpsi foton oleh elektron (Svelto, Orazio, 2010)	12
2.6	Emisi spontan foton (Svelto, Orazio, 2010)	12
2.7	Emisi foton terstimulasi (Svelto, Orazio, 2010)	13
2.8	Perambatan cahaya melalui dua medium (Yang <i>et al.</i> , 2017)	15
2.9	Perambatan cahaya melalui serat optik (Krohn <i>et al.</i> , 2014)	16
2.10	Gelombang <i>evanescent</i> (Qiu <i>et al.</i> , 2016)	17
2.11	Transmisi cahaya didalam fiber taper (Clarkin, J. P., 2007)	18
2.12	Dasar fiber taper (Clarkin, J. P., 2007)	19
2.13	Diagram parameter fiber taper (Clarkin, J. P., 2007)	20
2.14	Struktur graphene (Balaji <i>et al.</i> , 2018)	21
2.15	Ketergantungan sudut dari rasio pantulan cahaya mode TM dan TE (Zhao <i>et al.</i> , 2016)	22
2.16	Gelombang <i>evanescent</i> dari graphene yang dilapiskan pada fiber taper (Yu <i>et al.</i> , 2015)	23
2.17	Skema <i>core</i> fiber taper terlapisi graphene (Qiu <i>et al.</i> , 2016)	25
3.1	Diagram alir penelitian	29
3.2	Pengukuran indeks bias sampel	32
3.3	Proses pelapisan graphene pada fiber taper	33
3.4	Set-up peralatan sensor aflatoksin (Yasin <i>et al.</i> , 2019)	34
4.1	Sampel larutan aflatoksin B ₁	38
4.2	Hasil uji spektroskopi UV Vis aflatoksin	38
4.3	Hubungan antara konsentrasi vs indeks bias aflatoksin	39
4.4	Struktur Geometris (a) Fiber normal dan (b) Fiber taper	40
4.5	(a) Struktur geometris fiber taper terlapisi graphene (b) Karakteristik graphene	41
4.6	Hasil uji spektroskopi UV Vis graphene	42
4.7	Grafik Daya Transmisi (dBm) Fiber normal vs Fiber taper vs Fiber taper terlapisi graphene	43
4.8	Hasil perbandingan daya transmisi sensor fiber taper tanpa dan dengan pelapisan graphene	44
4.9	Hasil perbandingan pergeseran panjang gelombang sensor fiber taper tanpa dan dengan pelapisan graphene	44
4.10	Hasil uji stabilitas sensor fiber taper tanpa pelapisan graphene	45

4.11	Hasil uji stabilitas sensor fiber taper dengan pelapisan graphene	46
4.12	Spektrum Cahaya Fiber normal vs Fiber taper vs Fiber taper terlapisi graphene	48
4.13	Intensitas transmisi vs Panjang gelombang sensor fiber taper tanpa pelapisan graphene	50
4.14	Intensitas Transmisi vs Panjang gelombang sensor fiber taper dengan pelapisan graphene	52

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul
1	Pembuatan Konsentrasi Larutan Aflatoksin
2	Pengukuran Indeks Bias Aflatoksin
3	Pengukuran Diameter Fiber
4	Analisis Pengukuran Performansi Graphene
5	Analisis Daya Transmisi
6	Pengukuran Kestabilan Sensor
7	Data Awal