

TUGAS AKHIR - TF 234801

**STUDI RESPON SPEKTRUM *LOCALIZED SURFACE*
PLASMON RESONANCE BERBASIS SERAT OPTIK MODE
REFLEKSI PADA GELATIN SAPI DAN BABI**

GANESHA SEPTO AJI

NRP. 5009201178

Dosen Pembimbing

Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.

NIP. 197809022003121002

Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc

NPP.1950202031041

Dr. Eng. Wildan Panji Tresna, M.T

NIP. 198508312098121001

Program Studi S1 Teknik Fisika

Departemen Teknik Fisika

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2024



Tugas Akhir - TF 234801

STUDI RESPON SPEKTRUM *LOCALIZED SURFACE PLASMON RESONANCE* BERBASIS SERAT OPTIK MODE REFLEKSI PADA GELATIN SAPI DAN BABI

GANESHA SEPTO AJI
NRP. 5009201178

Dosen Pembimbing

Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIP. 197809022003121002

Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc
NPP. 1950202031041

Dr. Eng. Wildan Panji Tresna, M.T
NIP. 198508312098121001

Program Studi S1 Teknik Fisika
Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2024



FINAL PROJECT - TF 234801

***STUDY OF SPECTRUM RESPONSE OF LOCALIZED SURFACE
PLASMON RESONANCE BASED ON OPTICAL FIBER
REFLECTION MODE IN BOVINE AND PORCINE GELATIN***

GANESHA SEPTO AJI
NRP. 5009201178

Advisor

Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIP. 197809022003121002

Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc
NPP. 1950202031041

Dr. Eng. Wildan Panji Tresna, M.T
NIP. 198508312098121001

Study Program Bachelor of Engineering Physics
Department of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2024

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama Mahasiswa / NRP : Ganesha Septo Aji / 5009201065

Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika

Dosen Pembimbing / NIP : Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D. / 197809022003121002

Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc./ 1950202031041

Dr. Eng. Wildan Panji Tresna, M.T./ 198508312098121001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “**STUDI RESPON SPEKTRUM LOCALIZED SURFACE PLASMON RESONANCE BERBASIS SERAT OPTIK MODE REFLEKSI PADA GELATIN SAPI DAN BABI**” adalah hasil karya saya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 24 Juli 2024

Mahasiswa,



(Ganesha Septo Aji)

NRP. 5009201178

Halaman ini sengaja dikosongkan

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Ganesha Septo Aji / 5009201178

Department : Engineering Physics

Advisor / NIP : Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D. / 197809022003121002

Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc./ 1950202031041

Dr. Eng. Wildan Panji Tresna, M.T./ 198508312098121001

hereby declare that the Final Project with the title of “**STUDY OF SPECTRUM RESPONSE OF LOCALIZED SURFACE PLASMON RESONANCE BASED ON OPTICAL FIBER REFLECTION MODE IN BOVINE AND PORCINE GELATIN**” is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 24 July 2024

Student,



(Ganesha Septo Aji)

NRP. 5009201178

Halaman ini sengaja dikosongkan

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**STUDI RESPON SPEKTRUM *LOCALIZED SURFACE PLASMON RESONANCE*
BERBASIS SERAT OPTIK MODE REFLEKSI PADA GELATIN SAPI DAN BABI**

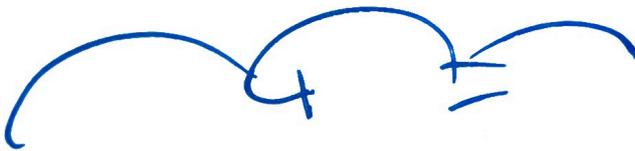
Oleh:

Ganesha Septo Aji

NRP. 5009201178

Surabaya,

**Menyetujui,
Pembimbing I**



Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.

NIP. 197809022003121002

**Menyetujui,
Pembimbing II**



Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.

NPP. 1950202031041

**Mengetahui,
Kepala Departemen**



**Menyetujui,
Pembimbing III**



Dr. Eng. Wildan Panji Tresna, M.T.

NIP. 198508312098121001

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI RESPON SPEKTRUM LOCALIZED SURFACE PLASMON RESONANCE BERBASIS SERAT OPTIK MODE REFLEKSI PADA GELATIN SAPI DAN BABI

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi Sarjana Teknik Fisika
Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **Ganesha Septo Aji**
NRP. 5009201178

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | |
|--|----------------|
| 1. Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D. | Pembimbing I |
| 2. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc. | Pembimbing II |
| 3. Dr. Eng. Wildan Panji Tresna, M.T | Pembimbing III |
| 4. Dr.rer.nat. Ir. Aulia Muhammad Taufiq Nasution, M.Sc. | Penguji |
| 5. Iwan Cony Setiadi, S.T., M.T. | Penguji |
| 6. Prof. Dr. Katherin Indriawati, S.T., M.T. | Penguji |



SURABAYA

Juli, 2024

Halaman ini sengaja dikosongkan

APPROVAL SHEET

STUDY OF SPECTRUM RESPONSE OF LOCALIZED SURFACE PLASMON RESONANCE BASED ON OPTICAL FIBER REFLECTION MODE IN BOVINE AND PORCINE GELATIN

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree Bachelor of Engineering at
Undergraduate Study Program of Engineering Physics
Department of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By:

GANESHA SEPTO AJI

NRP. 5009201178

Approved by the Final Project Examination Team:

1. Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.

Advisor I

(.....)

2. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.

Co-Advisor

(.....)

3. Dr. Eng. Wildan Panji Tresna, M.T

Co-Advisor II

(.....)

4. Dr.rer.nat. Ir. Aulia Muhammad Taufiq Nasution, M.Sc.

Examiner

(.....)

5. Iwan Cony Setiadi, S.T., M.T.

Examiner

(.....)

6. Prof. Dr. Katherin Indriawati, S.T., M.T.

Examiner

(.....)

SURABAYA

July, 2024

Halaman ini sengaja dikosongkan

STUDI RESPON SPEKTRUM LOCALIZED SURFACE PLASMON RESONANCE BERBASIS SERAT OPTIK MODE REFLEKSI PADA GELATIN SAPI DAN BABI

Nama Mahasiswa / NRP : Ganesha Septo Aji / 5009201178
Departemen : Teknik Fisika FTIRS – ITS
Dosen Pembimbing : Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.
Dr. Eng. Wildan Panji Tresna, M.T

Abstrak

Gelatin adalah protein hasil hidrolisis kolagen dari jaringan hewan, digunakan luas di industri makanan dan non-makanan. Di Indonesia sendiri, konsumsi gelatin meningkat dapat dilihat dari data impor gelatin ke Indonesia, namun penggunaannya sering menimbulkan masalah kepercayaan terkait kehalalan. Oleh karena itu untuk identifikasi gelatin sapi dan babi dapat digunakan dengan bantuan *Localized Surface Plasmon Resonance* (LSPR) berbasis serat optik digunakan karena deteksi *real-time* dan *label-free*. Pengambilan data diambil dengan menggunakan serat optik LSPR yang sudah difabrikasi menggunakan AuNPs dengan cara dicelupkan kedalam larutan gelatin sapi dan babi. Adapun hasil yang didapat bahwa adanya perbedaan antara larutan gelatin sapi dan babi dalam pergeseran panjang gelombang resonansi dalam setiap konsentrasi larutan gelatin. Selain itu penelitian ini menunjukkan bahwasannya semakin tinggi konsentrasi dari larutan gelatin sapi dan babi akan semakin tinggi pula indeks bias gelatin dan ketika indeks bias dari gelatin meningkat, semakin besar pula pergeseran panjang gelombang resonansi LSPR dan paramater dari sensor serat optik LSPR yang dihitung adalah sensitivitas dengan nilai 219.03 (nm/RIU) untuk sapi dan 231.17 (nm/RIU) untuk babi, hasil perhitungan Akurasi Deteksi dengan nilai 0.022 untuk sapi dan 0.01 untuk babi, dan hasil perhitungan Faktor Kualitas dengan nilai 8.23 untuk sapi dan 4.81 untuk babi.

Kata Kunci: Gelatin, *Localized Surface Plasmon Resonance* (LSPR), Serat optik.

Halaman ini sengaja dikosongkan

***STUDY OF SPECTRUM RESPONSE OF LOCALIZED SURFACE
PLASMON RESONANCE BASED ON OPTICAL FIBER REFLECTION
MODE IN BOVINE AND PORCINE GELATIN***

Student Name /NRP : Ganesha Septo Aji / 5009201178
Department : Engineering Physics FTIRS – ITS
Advisor : Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.
Dr. Eng. Wildan Panji Tresna, M.T

Abstract

Gelatin is a protein resulting from the hydrolysis of collagen from animal tissue, used widely in the food and non-food industries. In Indonesia itself, the consumption of gelatin is increasing as can be seen from the data on gelatin imports into Indonesia, but its use often raises issues of trust regarding halalness. Therefore for the identification of bovine and porcine gelatin can be used with the help of fiber optic-based Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR) is used because of its real-time and label-free detection. Data was collected using LSPR optical fiber that has been fabricated using AuNPs by dipping it into a solution of bovine and porcine gelatin. The results obtained showed that there was a difference between bovine and porcine gelatin solutions in the shift of resonance wavelength in each concentration of gelatin solution. In addition, this study shows that the higher the concentration of bovine and porcine gelatin solution, the higher the refractive index of gelatin and when the refractive index of gelatin increases, the greater the shift in LSPR resonance wavelength and the parameters of the LSPR fiber optic sensor calculated are sensitivity with a value of 219.03 (nm/RIU) for bovine and 231.17 (nm/RIU) for porcine, the calculation of Detection Accuracy with a value of 0.022 for bovine and 0.01 for porcine, and the calculation of Quality Factor with a value of 8.23 for bovine and 4.81 for porcine.

Keywords: *Gelatine, Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR), Fiber Optic*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Respon Spektrum *Localized Surface Plasmon Resonance* Berbasis Serat Optik Mode Refleksi pada Gelatin Sapi dan Babi” Dalam penyusunan skripsi, penulis tak lepas dari pihak-pihak yang telah membantu dari awal hingga skripsi dapat terselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Keluarga penulis terkhususnya kedua orang tua penulis yang sangat penulis cintai (Bapak Yalta Hasanudin Nuh dan Ibu Reni Silviana) yang senantiasa selalu memberi doa, dukungan, dan motivasi kepada penulis secara penuh dalam bentuk apapun sehingga bisa sampai ke titik ini.
2. Bapak Dr. Suyanto, S.T., M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T, M.Si, Ph.D., Bapak Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc, dan Bapak Dr. Eng. Wildan Panji Tresna, M.T selaku dosen pembimbing skripsi, atas segala bentuk bimbingan, arahan, dan motivasi yang sangat berarti kepada penulis selama penyusunan skripsi.
4. Bapak Gunawan Nugroho S.T., M.T., Ph.D selaku dosen wali penulis yang senantiasa membimbing penulis dari awal perkuliahan hingga sampai saat ini.
5. Seluruh Bapak/Ibu dosen pengajar serta tenaga pendidik di Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Priana Walifathul Santika sebagai rekan kerja dalam pengerjaan tugas akhir riset LSPR selama di BRIN
7. Seluruh Tenaga Kerja BRIN yang telah membantu dalam memahami materi dan membimbing selama melakukan Praktek Kerja Lapangan (PKL) serta pengerjaan tugas akhir.
8. Teman-teman yang menemani penulis ketika melakukan Praktek Kerja Lapangan serta Tugas Akhir di BRIN (Hanun, Mega, Joshua, Aflah, Nawal, Shela, Sultan, Khamim, Jovita). Terima kasih sudah menjadi teman belajar dan bertukar cerita saat di BRIN Serpong.
9. Rekan-rekan satu bimbingan tugas akhir Laboratorium Rekayasa Fotonika yang selalu mendukung dalam proses pengerjaan tugas akhir ini

10. Teman-teman E-Toll (Alif, Bryan, Ghofri, Fahmi, Priana, Willy, Yuchan) yang sudah menemani dan mengisi masa perkuliahan dengan sangat baik penulis selama perkuliahan.

Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Semoga laporan tugas akhir ini dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya.

Surabaya, 25 Juni 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
APPROVAL SHEET.....	ix
Abstrak.....	xi
Abstract.....	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
2.1 Teknologi Serat Optik Sebagai Sensor.....	7
2.2 <i>Localized Surface Plasmon Resonance</i>	9
2.3 Studi Literatur yang Relevan.....	12
2.4 Gelatin.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Identifikasi Masalah.....	20
3.2 Studi Literatur.....	20

3.3	Pembuatan Sampel Larutan Gelatin	20
3.4	Pengukuran Indeks Bias Larutan Gelatin	20
3.5	Perancangan Sistem Sensor Serat Optik <i>Localized Surface Plasmon Resonance</i> dengan Mode Sensor Refleksi.....	21
3.6	Fabrikasi Sensor Serat Optik dengan Nanopartikel Emas (AuNPs)	22
3.7	Pengambilan Data Identifikasi Gelatin Sapi dan Babi dengan Sensor Serat Optik LSPR	22
3.8	Pengolahan Data.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Pengukuran Indeks Bias Larutan Gelatin Sapi dan Babi serta Hubungan terhadap Konsentrasi Larutan	25
4.2	Hasil Fabrikasi Sensor Serat Optik LSPR menggunakan AuNPs.....	25
4.3	Hasil Pengambilan Data pada Masing-masing Larutan Gelatin	27
4.4	Perbedaan Larutan Gelatin Sapi dan Larutan Gelatin Babi	29
4.5	Hubungan Perubahan Indeks Bias dengan Panjang Gelombang Resonansi LSPR....	31
4.6	Parameter Sensor Serat Optik LSPR untuk Mendeteksi Larutan Gelatin	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		35
5.1	Kesimpulan.....	35
5.2	Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA		37
LAMPIRAN.....		41
BIODATA PENULIS		47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema dari struktur serat optik silika(Keiser, 2010).....	7
Gambar 2.2 Skema penataan sensor serat optik mode refleksi(Krohn et al., 2014)	8
Gambar 2.3 Konfigurasi <i>backward scattering</i> sensor serat optik SPR(Chauhan & Kumar Singh, 2021).....	9
Gambar 2.4 Skema alat eksperimental SPR-based sensor (Devy et al., 2019).....	12
Gambar 2.5 Sensitivitas untuk rasio kerapatan permukaan dan ukuran sampel(Jeong et al., 2012).....	13
Gambar 2.6 Skematik dari <i>gold-coated optical fiber</i> (Houngkamhang, 2018)	14
Gambar 2.7 Representasi umum dari asam amino(Pinto-Iguanero et al., 2003)	15
Gambar 2.8 Profil FTIR gelatin terhidrolisis setelah hidrolisis pepsin selama 1 jam(Hermanto et al., 2013).....	16
Gambar 3. 1 Skema sistem sensor serat optik mode refleksi.....	21
Gambar 3. 2 Fabrikasi sensor serat optik dengan nanopartikel emas (AuNPs).....	22
Gambar 4. 1 Grafik konsentrasi terhadap indeks bias larutan gelatin	25
Gambar 4. 2 Grafik data yang tidak menunjukkan adanya <i>Resonance Dip</i>	26
Gambar 4. 3 Grafik data yang menunjukkan adanya <i>Resonance Dip</i>	26
Gambar 4. 4 Grafik data larutan gelatin sapi	27
Gambar 4. 5 Grafik data larutan gelatin babi.....	28
Gambar 4. 6 Grafik perbandingan panjang gelombang resonansi dari setiap konsentrasi larutan gelatin	29
Gambar 4. 7 Model respons biosensor berbasis SPR terhadap perbandingan di antara gelatin sapi dan babi (Devy et al., 2019).....	30
Gambar 4. 8 <i>Resonance Wavelength</i> Larutan Gelatin Sap	31
Gambar 4. 9 <i>Resonance Wavelength</i> Larutan Gelatin Babi.....	31
Gambar 4. 10 Grafik panjang gelombang resonansi rata-rata terhadap indeks bias larutan gelatin sapi.....	33
Gambar 4. 11 Grafik panjang gelombang resonansi rata-rata terhadap indeks bias larutan gelatin babi	33

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi asam amino dari gelatin (GMIA, 2012)	16
Tabel 2.2 Penggunaan gelatin sebagai bahan makanan(GMIA, 2012).....	17
Tabel 4. 1 Ketidakpastian pengukuran tipe A.....	32

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelatin adalah protein yang berasal dari hasil hidrolisis parsial kolagen dari jaringan ikat, tendon, tulang, dan kulit hewan dengan air hangat. Kolagen dominan dalam tubuh hewan, mencakup 20%-25% total protein mamalia, dengan komposisi asam amino khas termasuk hidroksirolin dan hidroksiprolin. Namun, varian molekul kolagen jumlahnya bervariasi antar jenis hewan dan bergantung pada tipe jaringan (Said, 2020; Sultana et al., 2018).

Secara umum, gelatin merupakan komponen kunci dalam industri makanan modern berkat kemampuannya dalam membentuk gel. Dalam industri makanan, gelatin digunakan untuk tekstur, pembentukan busa, kejernihan, serta untuk menjaga struktur makanan, seperti pada hidangan dessert. Gelatin juga digunakan pada produk daging kaleng seperti sosis, sosis Frankfurt, roti daging, dan ham untuk menjaga kelembaban dan mendukung penghantar panas selama proses masak. Gelatin edibel digunakan pada produk konfeksi seperti salad buah, es krim, busa, dan keju *cottage*. Berkat kemampuannya membentuk film dan nilai nutrisinya, gelatin dapat digunakan sebagai bahan film dan pelapis edibel. Gelatin juga berperan sebagai agen pembeku dalam kosmetik dan produk kesehatan seperti garam mandi, sampo, tabir surya, losion tubuh, hairspray, dan krim wajah. Dalam industri medis, gelatin digunakan dalam hidrogel, wadah nanomikrosfer, nanofiber, aditif farmasi, dan sebagai pembawa transplantasi sel. Gelatin juga digunakan dalam pengkapsulan produk obat. Di bidang kesehatan, konsumsi gelatin secara oral dapat meningkatkan kesehatan tulang dan sendi. Gelatin juga memiliki peran penting dalam bidang medis seperti dalam hemostasis (mencegah pendarahan), di mana gelatin dan trombin dapat membentuk bekuan stabil di lokasi pendarahan. Selain itu, gelatin juga digunakan untuk terapi sel dalam pengobatan luka dalam dengan menggunakan mikrogelatin injeksi (GMs) untuk membawa sel ke lapisan dalam jaringan luka. Metode ini mengurangi efek samping yang invasif dan terkonsentrasi di lokasi yang ditargetkan (Alipal et al., 2019). Gelatin sendiri memiliki banyak sumber untuk pembuatannya, bisa menggunakan tumbuhan ataupun hewan. Pada umumnya, sumber komersial yang sering dan layak digunakan oleh gelatin adalah tulang sapi, babi, dan kulit sapi. Bahan mentah dari produksi gelatin sendiri sebenarnya bisa dari berbasis sapi dan babi, atau ikan, unggas, unta, ataupun dari hewan amfibi. Biasanya

sebanyak 29,4% dan 23,1% dari gelatin ini berasal dari kulit dan tulang sapi, 46% dari kulit babi, dan sekitar 1,5% dari ikan (Alipal et al., 2019).

Di Indonesia sendiri, pemakaian gelatin ini bisa dibilang cukup banyak yang bisa dilihat dari perkembangan impor gelatin dari tahun 2018 hingga 2022 mengalami kenaikan sebesar 44,66% berdasarkan data dari Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2023 (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2023). Dikarenakan berbagai ragamnya bahan yang digunakan untuk membuat gelatin, menimbulkan masalah kepercayaan pada masyarakat terutama di Indonesia yang dimana per tanggal 31 Agustus 2023, masyarakat yang memegang agama Islam sebanyak 87% dari agama-agama lain menurut Kementerian Agama RI (Kementerian Agama RI, 2022), karena masyarakat muslim memiliki beberapa larangan terkait makanan yang diperbolehkan terutama dalam konteks ini salah satu hewan yang digunakan pada pembuatan gelatin adalah babi.

Dengan adanya permasalahan ini, perlu adanya identifikasi gelatin sapi dan babi dengan beberapa cara yang telah dilakukan peneliti-peneliti sebelumnya seperti melakukan diferensiasi gelatin sapi dan babi menggunakan sensor *Quartz Crystal Microbalance* (Pradini, 2017), menggunakan *Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy Coupled with Pattern Recognition* (Aloglu & de Harrington, 2018), menggunakan *Gel Electrophoresis* (Yap & Gam, 2019), dan pada tahun 2019 oleh Wardani menggunakan *Surface Plasmon Resonance Based Biosensor*. Dari beberapa metode tersebut, metode pengidentifikasian gelatin sapi dan babi lebih unggul dengan *Surface Plasmon Resonance (SPR) Based Biosensor* karena SPR memiliki keuntungan berupa *real-time detection* dan *label-free assay*. *Surface Plasmon Resonance* merupakan sebuah fenomena optik dengan prinsip fundamental yang terletak pada resonansi osilasi medan elektromagnetik yang kuat pada antarmuka film nanomaterial dan medium dielektrik dengan cahaya datang terpolarisasi-p, yang menghasilkan profil pita gelap pada reflektifitas cahaya pada panjang gelombang tertentu (Prabowo et al., 2018). Pada penelitian yang dilakukan Wardani pada tahun 2019, digunakan SPR menggunakan prisma dengan metal yang digunakan adalah plat emas. Sampel gelatin yang digunakan dibuat berbentuk jeli dan ditempelkan pada plat emas. Adapun metode yang digunakan Wardani diawali dengan peletakkan gelatin di atas kaca penutup dan kemudian ditempelkan pada permukaan sensor (sistem prisma/Au) untuk mengamati sudut SPR-nya. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan alat SPR dengan menggunakan metode *attenuated total reflection (ATR)* dengan Laser He-Ne dengan panjang gelombang 632,8 nm digunakan sebagai sumber

cahaya. Akan tetapi, masih perlu penyelidikan lebih lanjut untuk membandingkan hasil ini dengan indeks bias gelatin pada berbagai konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang diutarakan oleh penulis untuk deteksi lanjutan kontaminasi gelatin dalam produk makanan dan farmasi, dibutuhkan pengembangan metode imobilisasi molekul (Devy et al., 2019). Hal tersebut bisa diatasi dengan menggunakan metode *Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR)*.

LSPR merupakan fenomena optik yang dihasilkan oleh osilasi kolektif gas elektron dalam struktur nano logam yang dikelilingi oleh dielektrik dan cara kerja dari LSPR sendiri terjadi ketika struktur nano logam berinteraksi dengan berkas cahaya, bagian dari foton yang datang diserap dan sebagian lagi tersebar ke berbagai arah. Penyerapan dan hamburan sangat ditingkatkan apabila LSPR tereksitasi (Sepúlveda et al., 2009). LSPR sendiri dapat diaplikasikan pada serat optik dikarenakan serat optik dapat menggantikan peran prisma yang dimana prisma berfungsi untuk mendapatkan fenomena *Total Internal Reflection (TIR)* yang fenomena TIR dapat didapatkan dengan menggunakan serat optik. Selain itu juga keuntungan yang didapat dengan memakai perangkat serat optik sebagai sensor adalah ukuran yang kecil dan sensor serat optik merupakan sensor yang *label-free solution* yang membuat mereka berkontribusi pada pengurangan biaya secara keseluruhan dan faktor kemudahan penggunaan (Caucheteur et al., 2015).

Penelitian ini ditujukan untuk mengidentifikasi gelatin sapi dan babi berbasis serat optik dengan *Localized Surface Plasmon Resonance* mode refleksi agar dapat melihat perbedaan dari gelatin sapi dan babi dengan biaya yang lebih murah dan *label-free* sehingga harapannya pengaplikasian sensor LSPR ini dapat digunakan dengan mudah..

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana perbedaan jenis larutan gelatin sapi dan babi yang digunakan terhadap perbedaan panjang gelombang LSPR pada konsentrasi larutan gelatin yang sama untuk masing-masing jenis gelatin?
- b. Bagaimana hubungan antara konsentrasi larutan gelatin sapi dan babi dengan indeks bias larutan gelatin dan pengaruhnya terhadap panjang gelombang LSPR?
- c. Berapa nilai paramater (Sensitivitas, *Detection Accuracy (DA)*, dan *Quality Factor (QF)*) sensor serat optik berbasis LSPR untuk mendeteksi jenis larutan gelatin sapi dan babi?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- a. Mendapatkan perbedaan jenis larutan gelatin sapi dan babi yang digunakan terhadap perbedaan panjang gelombang LSPR pada konsentrasi larutan gelatin yang sama untuk masing-masing jenis gelatin.
- b. Mencari hubungan antara konsentrasi larutan gelatin sapi dan babi dengan indeks bias larutan gelatin dan pengaruhnya terhadap panjang gelombang LSPR.
- c. Mencari nilai parameter (Sensitivitas, *Detection Accuracy* (DA), dan *Quality Factor* (QF)) sensor serat optik berbasis LSPR untuk mendeteksi jenis larutan gelatin sapi dan babi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Hanya membedakan dua jenis gelatin yang terbuat dari hewan sapi dan babi.
- b. Sampel gelatin sapi dan babi yang digunakan berasal dari toko *online*
- c. Konsentrasi sampel gelatin tiap jenis yang digunakan dengan 0.8%, 1%, 1.2%, 1.4%, 1.6%, 1.8%, dan 2% (w/w) dalam bentuk larutan.
- d. Fabrikasi serat optik LSPR menggunakan nanopartikel logam berupa emas (AuNPs)
- e. Serat optik yang digunakan berjenis *multimode silica optical fiber* dengan diameter inti sebesar 400 μm
- f. Sensor serat optik yang digunakan menggunakan mode refleksi

1.5 Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab, antara lain:

BAB I Pendahuluan

BAB I terdiri dari latar belakang penelitian dan urgensi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika laporan akhir

BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

BAB II terdiri dari beberapa kajian literatur mulai dari penelitian sebelumnya yang relevan serta membahas terkait teori dasar mengenai sensor serat optik menggunakan metode *localized surface plasmon resonance* (LSPR) dengan konfigurasi refleksi yang terdiri dari cara memfabrikasi sensor serat optik, sistematika pengambilan datanya, dll.

BAB III Metodologi Penelitian

BAB III memuat tentang tahapan penelitian dalam melakukan pembuatan sensor serat optik dengan metode *localized surface plasmon resonance* (LSPR) dengan konfigurasi refleksi, skema sistem untuk pengambilan data, hingga validasi data dari hasil yang didapatkan oleh sensor.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Pada BAB I membahas hasil dari data dari tiap sampel gelatin sapi dan babi yang didapat menggunakan sensor serat optik dengan metode *localized surface plasmon resonance* (LSPR) dengan konfigurasi refleksi serta melakukan validasi data yang sudah didapat.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Pada BAB V berisi tentang kesimpulan penelitian berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diperoleh serta berbagai saran untuk penelitian selanjutnya terkait dengan pengembangan sensor serat optik dengan metode *localized surface plasmon resonance* (LSPR) dengan konfigurasi refleksi untuk mengidentifikasi gelatin sapi dan babi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

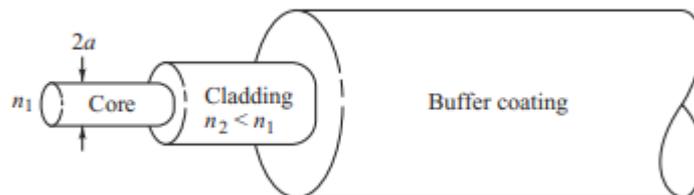
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Teknologi Serat Optik Sebagai Sensor

2.1.1 Prinsip Kerja Serat Optik

Komponen utama dalam serat optik adalah inti (*core*), yang bertindak sebagai media pandu untuk cahaya. Biasanya, inti terbuat dari bahan kaca atau plastik dengan diameter berkisar antara 8 hingga 400 mikrometer. Ukuran inti ini akan mempengaruhi karakteristik serat optik. Inti memiliki indeks bias yang lebih tinggi daripada *cladding*. *Cladding* adalah lapisan pelindung yang melingkupi inti dan berfungsi sebagai batas pemantul, memungkinkan cahaya optik yang merambat untuk dipantulkan kembali ke dalam inti sehingga cahaya yang dipandu dapat mencapai ujung serat optik yang lainnya. Selain itu, *cladding* memiliki indeks bias yang lebih rendah dibandingkan inti. Hubungan indeks bias antara inti dan *cladding* ini akan mempengaruhi propagasi cahaya dalam inti. Bagian terluar dari serat optik adalah jaket (*buffer coating*), yang terbuat dari plastik dan bertindak sebagai lapisan pelindung mekanis untuk melindungi serat optik dari gangguan eksternal. Penting untuk dicatat bahwa coating ini tidak memiliki indeks bias (Keiser, 2010).



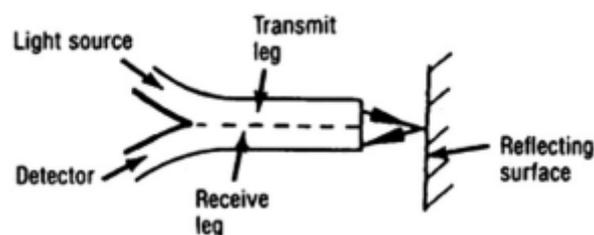
Gambar 2. 1 Skema dari struktur serat optik silika(Keiser, 2010)

Sebagai alternatif serat optik dari sensor-sensor tradisional, sensor serat optik dapat didefinisikan sebagai cara di mana berbagai parameter fisik, kimia, dan biologi berinteraksi dengan cahaya yang dipandu melalui serat optik atau cahaya yang dipandu ke wilayah interaksi oleh serat optik, untuk menghasilkan sinyal optik yang termodulasi dengan informasi terkait dengan parameter pengukuran. Konsep dasar dari sistem sensor serat optik adalah dengan cara berinteraksi dengan parameter eksternal dan membawa sinyal cahaya yang termodulasi dari sumber ke detector. Salah satu keuntungan terbesar yang dimiliki oleh sensor serat optik adalah kapabilitasnya untuk mengukur banyak parameter seperti tekanan, gaya, regangan, rotasi,

akselerasi, medan listrik dan magnet, akustik dan vibrasi, temperatur, kelembapan, pH dan kekentalan, dan lain-lain. Selain hal tersebut dengan kemajuan dalam pengembangan serat optik dan peralatan, kemampuan pengembangan dan pengukuran sensor serat optik juga meningkat dan saat ini digunakan dalam banyak aplikasi pemantauan kesehatan struktural (SHM) dan biomedis. Mengenai keunggulan sensor serat optik, mereka memiliki semua manfaat dari serat optik dan merupakan kandidat yang sangat baik untuk memantau perubahan lingkungan/eksternal. Beberapa keunggulan sensor serat dibandingkan dengan sensor elektronik konvensional antara lain ringan, pasif/low power, EMI resistant, sensitivitas tinggi dan bandwidth tinggi, ketangguhan lingkungan, mudah diintegrasikan ke berbagai jenis struktur, dan lain-lain(Rajan, 2015).

2.1.2 Sensor Serat Optik Mode Refleksi

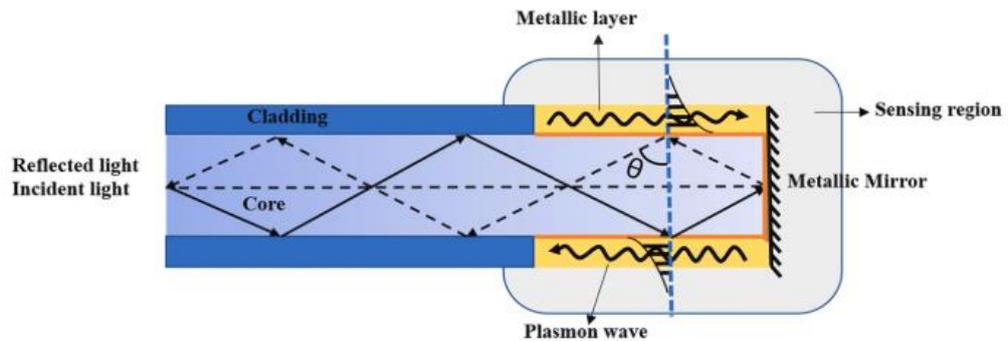
Sensor serat optik terbagi menjadi 4 kategori utama berdasarkan dengan properti cahaya yang dimodifikasi dari cahaya itu sendiri yaitu *phase-modulated*, *intensity-modulated*, *wavelength-modulated*, dan *polarization-based* dimana masing-masing kategori memiliki prinsip kerja masing-masing (Rajan, 2015). Mode refleksi termasuk pada sensor yang berkategori *intensity-modulated* dimana pada kategori sensor sinyal optik ditransmisikan melalui serat optik, dan kemudian intensitasnya dimodulasi dengan berbagai cara salah satunya refleksi(Rajan, 2015). Kategori sensor serat optik refleksi ini terdiri dari dua bundel serat atau sepasang serat tunggal dimana satu bundel serat mentransmisikan cahaya ke target yang memantulkan, dan bundel lainnya menerima cahaya yang dipantulkan dan mentransmisikannya ke detektor(Krohn et al., 2014).



Gambar 2.2 Skema penataan sensor serat optik mode refleksi(Krohn et al., 2014)

Mode refleksi pada sensor serat optik LSPR pernah diteliti oleh beberapa peneliti. Pada sensor berbasis SPR, panjang gelombang resonansi biasanya ditentukan dengan memantau pantulan (refleksi) atau absorbansi cahaya pada permukaan sensor. Ketika cahaya yang datang sesuai dengan panjang gelombang resonansi sistem SPR, sebagian besar cahaya diserap atau dipantulkan, yang mengarah ke penurunan atau puncak karakteristik dalam spektrum pantulan.

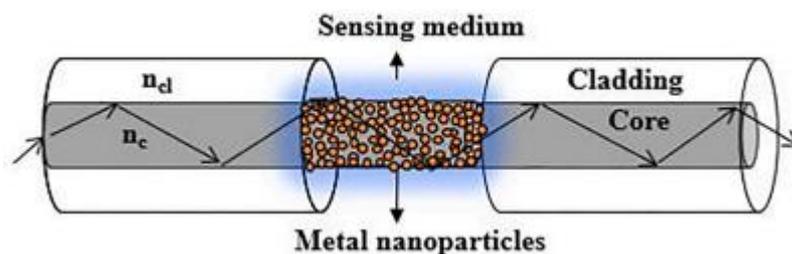
Dengan memantau reflektansi pada panjang gelombang resonansi, para peneliti dapat melacak perubahan ini dan mengukur konsentrasi analit atau parameter lingkungan (Tu et al., 2012). Selain itu sensor serat optik SPR dengan konfigurasi refleksi akan mendeteksi perubahan indeks bias dengan melihat spektra pantulan dari cahaya. Mode refleksi ini bisa disebut juga sebagai sensor *backward scattering* yang dimana sensor ini dapat memberikan kinerja penginderaan yang lebih baik karena cahaya berinteraksi dua kali dengan analit dalam mode deteksi ini (Arghir et al., 2015).



Gambar 2.3 Konfigurasi *backward scattering* sensor serat optik SPR (Chauhan & Kumar Singh, 2021)

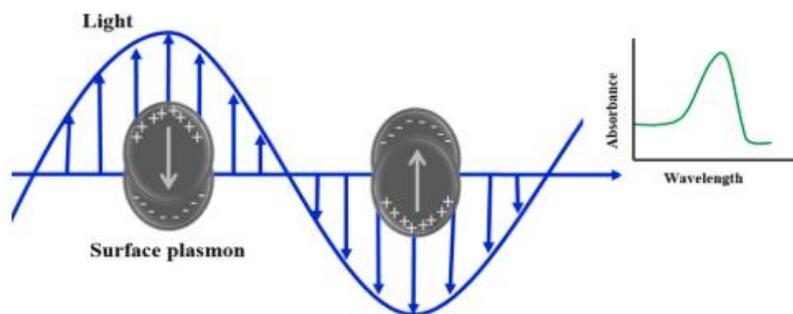
2.2 Localized Surface Plasmon Resonance

Surface Plasmon Resonance (SPR) adalah fenomena yang terjadi ketika cahaya terpolarisasi mengenai sebuah lapisan logam tipis pada sudut tertentu, menyebabkan elektron-elektron di permukaan logam beresonansi. Resonansi ini menciptakan medan elektromagnetik yang menjalar ke dalam medium sekitarnya, memungkinkan untuk mendeteksi perubahan dalam indeks bias medium tersebut. SPR umumnya digunakan dalam biosensor untuk mendeteksi ikatan biomolekul pada permukaan logam, memungkinkan pengukuran berbagai parameter kimia, fisik, dan biokimia. Konfigurasi dari SPR sendiri banyak macamnya salah satunya adalah dengan menggunakan waveguide yaitu serat optik yang dimana sensor SPR serat optik telah mengalami perkembangan yang signifikan sejak diperkenalkannya teknologi serat optik (Rani et al., 2013).



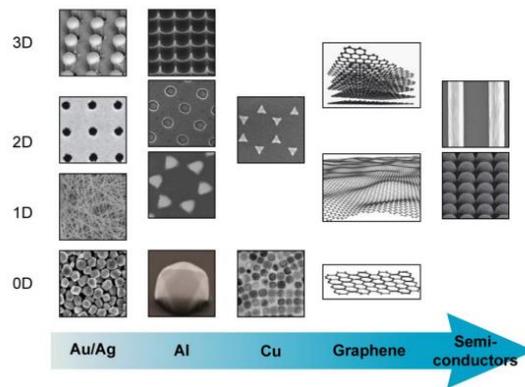
Gambar 2.4 Skema dari LSPR serat optik (Chauhan & Kumar Singh, 2021)

Ketika plasmon permukaan terbatas pada ukuran partikel kurang dari atau sebanding dengan panjang gelombang cahaya, elektron bebas dari NPs mulai osilasi kolektif yang disebut sebagai *Localized Plasmon Resonance* (LSP). LSPR terjadi ketika frekuensi dan vektor gelombang cahaya yang datang beresonansi dengan osilasi kolektif elektron bebas dalam nanopartikel logam.. Hal ini mengakibatkan perubahan dalam sifat optik dari nanopartikel logam tersebut, yang dapat dideteksi dan digunakan untuk aplikasi sensor. LSPR bisa digunakan pada serat optik yang penggunaan untuk aplikasi sensor. Dalam teknik ini, nanopartikel logam diimobilisasi di permukaan serat optik, dan fenomena LSPR digunakan untuk mendeteksi perubahan dalam lingkungan sekitarnya. Ketika nanopartikel logam terkena analit, panjang gelombang puncak LSPR bergeser, yang dapat dideteksi dengan mengukur perubahan sifat optik dari serat tersebut. Teknik ini menawarkan beberapa keunggulan, termasuk sensitivitas tinggi, deteksi tanpa label, dan kemampuan untuk melakukan pengukuran secara *real-time* (Chauhan & Kumar Singh, 2021).



Gambar 2. 5 Representasi *Localized Surface Plasmon* (LSP) pada nanopartikel dan peristiwa pengikatan nanopartikel dalam spektrum absorbansi.

Pembangkitan LSPR secara teoritis dimungkinkan dalam logam, paduan, atau semikonduktor apa pun dengan konstanta dielektrik riil negatif yang besar dan bagian imajiner positif yang kecil dari konstanta dielektrik. Sebagian besar eksperimen penginderaan LSPR telah dilakukan pada emas atau perak. Emas lebih disukai untuk aplikasi biologis dalam banyak literatur, karena sifat inert kimiawi, ketahanan terhadap oksidasi, biokompatibilitas, dan *thiol-gold association* yang telah dikembangkan dengan baik untuk imobilisasi biomolekul.



Gambar 2.6 *Graphical abstract material* (Zhou et al., 2018)

Perak adalah bahan yang populer untuk LSPR pada frekuensi yang terlihat karena lebar garis plasmon yang sempit, yang berasal dari sifat optik intrinsiknya. Namun, perak mudah teroksidasi dalam kondisi laboratorium biasa. Selain itu, sifat intrinsik bahan, struktur nano juga dapat menyesuaikan pita LSPR dalam spektrum kepunahan. Oleh karena itu, pilihan bahan dan desain struktur nano adalah masalah inti untuk membuat substrat penginderaan LSPR dengan sifat optik yang diinginkan, dan bahan non-logam mulia dengan biaya lebih rendah dan sifat optik yang baik atau lebih baik menarik di bidang *plasmonic sensing* (Zhou et al., 2018). Sensitivitas dari LSPR sensor ini menggunakan sensitivitas indeks bias yang dinyatakan dengan pergeseran panjang gelombang per unit indeks bias (nm/RIU) dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{\delta\lambda_p}{\delta n} \quad (2.1)$$

Dimana λ_p adalah puncak panjang gelombang dari spektrum LSPR, dan n adalah indeks bias dari media sekitar (Jing et al., 2022). *Detection of Accuracy* (DA) dari sensor serat optik LSPR menunjukkan seberapa akurat sensor dapat mendeteksi analit dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Detection of Accuracy (DA)} = \frac{\Delta\lambda_{SPR}}{FWHM} \quad (2.2)$$

Dimana FWHM merupakan *Full Width Half Maximum* dan $\Delta\lambda_{SPR}$ adalah pergeseran panjang gelombang resonansi FWHM yang lebih sempit mengindikasikan puncak resonansi yang lebih tajam, yang membuatnya lebih mudah untuk mengidentifikasi panjang gelombang resonansi

dan meningkatkan akurasi pendeteksian sensor (Jing et al., 2022). *Quality Factor (QF)* adalah indikator kinerja yang mengukur ketajaman puncak panjang gelombang resonansi dalam kurva SPR (Jing et al., 2022). *QF* dari sensor serat optik LSPR memiliki persamaan sebagai berikut:

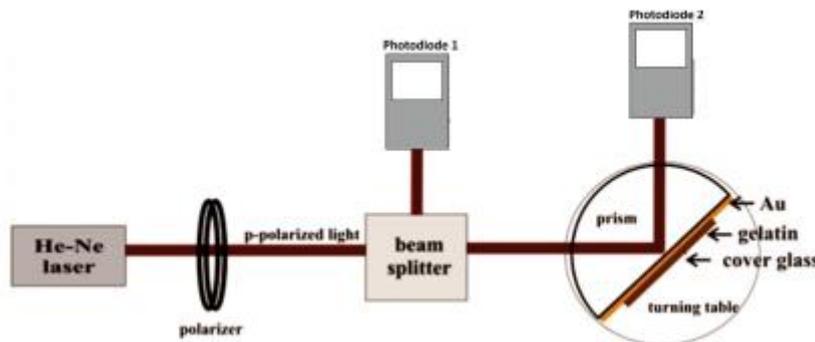
$$Quality\ Factor\ (QF) = \frac{S}{FWHM} \quad (2.3)$$

Dimana *S* adalah sensitivitas dari sensor serat optik LSPR (Riana, 2023).

2.3 Studi Literatur yang Relevan

Pada tahun 2019 dengan penulis jurnal Devy Pramudyah Wardani dan yang lain. Jurnal ini mengangkat terkait metode deteksi kuantitatif dari gelatin sapi dan babi menggunakan biosensor *Surface Plasmon Resonance* dimana disini penulis menggunakan gelatin babi dan sapi yang dibentuk jeli dengan konsentrasi 0-10% (w/w). Biosensor yang digunakan merupakan SPR dengan konfigurasi *SPR Prism Coupling*. Adapun pada biosensor SPR ini, logam yang digunakan adalah emas murni (Au 99%) dan prisma setengah silinder BK7.

Adapun skema sistem alat yang digunakan oleh penulis bisa dilihat sebagai berikut

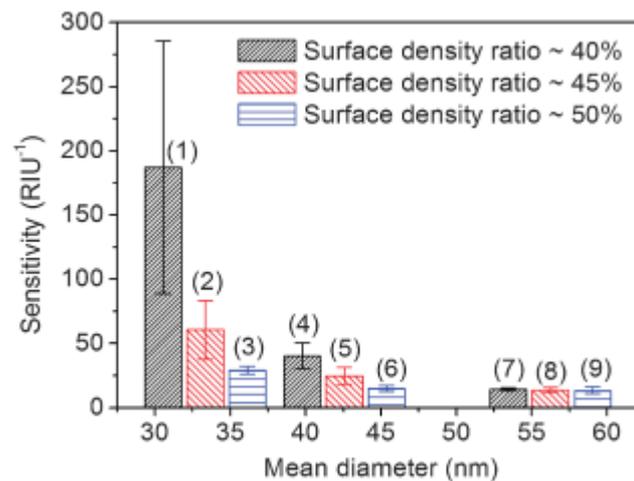


Gambar 2.7 Skema alat eksperimental SPR-based sensor (Devy et al., 2019)

Metode penguantifikasi yang dilakukan pertama sudut SPR gelatin pada beberapa konsentrasi akan diplot terhadap konsentrasinya untuk mendapatkan respon sensor terhadap gelatin sapi dan babi pada permukaan sensor. Model tersebut didapat dengan menggunakan metode fitting kurva kuadrat terkecil yang dijalankan pada Matlab, dan selanjutnya, dari model yang diperoleh dan standar deviasi dari data, sensitivitas sensor, batas deteksi (LOD) dan batas kuantifikasi (LOQ) dihitung. Dari hasil pengolahan data yang didapat, secara berturut-turut nilai sensitivitas sapi dan babi bernilai 3.04° dan 4.29° . Untuk LOD dan LOQ sensor terhadap keduanya konsentrasi gelatin masing-masing adalah 0,22% dan 0,74% (w/w). Namun, karena ada

reaktivitas silang pada 0,78%, 3,54%, 5,80% dan 9,69%, kisaran konsentrasi yang paling dapat diandalkan untuk membedakan kedua gelatin adalah antara konsentrasi 5,8% dan 9,69% (Devy et al., 2019).

Untuk sensor serat optik yang difabrikasi menggunakan nanopartikel emas pernah diteliti oleh penulis Hyeon-Ho Jeong dan yang lain dimana penelitian ini membahas tentang fabrikasi dan karakterisasi biosensor resonansi plasmon permukaan terlokalisasi serat optik (FO LSPR) berdasarkan nanopartikel emas (AuNPs) untuk deteksi biomolekul tanpa label. Penulis mensintesis AuNPs dengan berbagai ukuran dan rasio kerapatan permukaan dengan menambahkan jumlah natrium sitrat yang berbeda selama proses sintesis. AuNPs diimobilisasi pada permukaan ujung serat optik mode tunggal menggunakan metode perakitan mandiri lapis demi lapis. Sensor FO LSPR kemudian digunakan untuk mendeteksi perubahan indeks bias medium di sekitarnya yang disebabkan oleh pengikatan biomolekul ke AuNPs. Sensitivitas sensor FO LSPR dievaluasi untuk berbagai ukuran dan rasio kerapatan permukaan AuNPs.

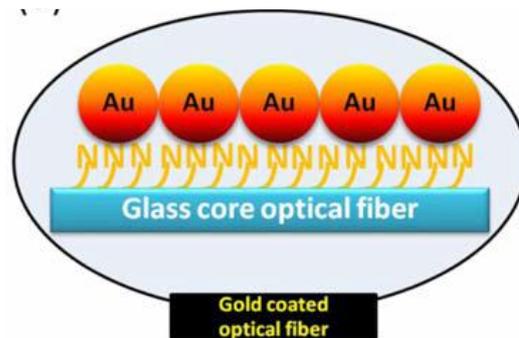


Gambar 2.8 Sensitivitas untuk rasio kerapatan permukaan dan ukuran sampel (Jeong et al., 2012)

Hasilnya menunjukkan bahwa AuNPs dengan ukuran kecil dan rasio kerapatan permukaan yang rendah lebih sensitif untuk mendeteksi perubahan indeks bias medium di sekitarnya. Biosensor FO LSPR juga digunakan untuk mendeteksi pengikatan bovine serum albumin *Bovine Serum Albumin* (BSA) ke AuNPs, dan hasilnya menunjukkan bahwa biosensor FO LSPR memiliki respons linier yang baik terhadap konsentrasi (Jeong et al., 2012).

Fabrikasi sensor serat optik menggunakan nanopartikel emas pernah diteliti oleh Nongluck Hounkamhang dan yang lain pada tahun 2018 membahas tentang pengembangan dan penerapan sensor serat optik yang dimodifikasi dengan nanopartikel emas untuk

mengindera indeks bias larutan lingkungan. Studi ini merinci proses fabrikasi sensor dimana serat optik di *uncladding* bagian tengah sepanjang 1, 1,5, dan 2 cm. Serat optik yang sudah di *uncladding* dicelupkan dalam larutan APTES untuk memodifikasi permukaan serat inti kaca dengan gugus fungsi amina terminal. Prinsip penginderaan berdasarkan resonansi plasmon permukaan yang terlokalisasi, dan hasil eksperimental yang menunjukkan sensitivitas sensor terhadap perubahan indeks bias. Gugus etoksi terhidrolisis dari APTES bereaksi dengan permukaan serat kaca dan memperpanjang rantai ujung amina, sehingga tersedia untuk reaksi lebih lanjut. Permukaan terminal amina kemudian diinkubasi dalam larutan emas, dan nanopartikel emas direaksikan dengan gugus fungsi amina, menyebabkan emas menempel di permukaan serat kaca.



Gambar 2.9 Skematik dari *gold-coated optical fiber* (Houngkamhang, 2018)

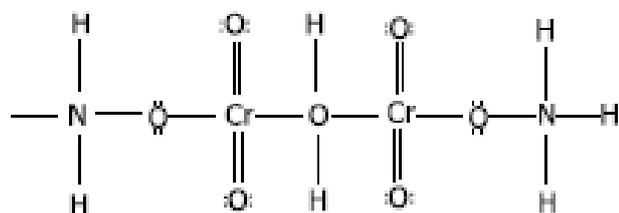
Kemampuan sensor untuk mendeteksi perubahan indeks bias membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi pemantauan lingkungan, termasuk deteksi polutan atau kontaminan dalam air atau sampel lingkungan lainnya. Selain itu, potensi sensor untuk aplikasi biosensing juga disorot, terutama dalam mendeteksi molekul atau sel biologis berdasarkan interaksinya dengan serat optik yang dimodifikasi.

2.4 Gelatin

Gelatin adalah protein yang berasal dari kolagen, yang ditemukan dalam jaringan penghubung, tulang, dan kulit hewan seperti sapi, babi, dan ikan dimana gelatin ini adalah zat yang tidak berwarna dan tidak berasa yang umum digunakan dalam industri makanan sebagai agen pengental, pengental, dan pengstabil dalam berbagai produk seperti makanan penutup, permen, dan produk susu. Gelatin juga digunakan dalam industri farmasi untuk membuat kapsul dan tablet, dan dalam industri kosmetik untuk membuat masker wajah dan produk kecantikan lainnya. Selain itu, gelatin memiliki berbagai aplikasi non-makanan seperti dalam fotografi,

penelitian medis, dan penggunaan industri (Said, 2020b). Secara kimiawi, gelatin terbuat dari 18 variasi asam amino kompleks dimana 57% terdiri dari senyawa glisin, prolin, dan hidroksiprolin. 43% sisanya terdiri dari keluarga asam amino pembeda lainnya seperti asam glutamat, alanin, arginin dan asam aspartat. Asam amino adalah sekuen khas yang berada dalam gelati dimana hidrolisis kolagen dari jaringan hewan seperti tulang, tendon, dan kulit merupakan komponen utama produksi asam amino. Proses umum ekstraksi gelatin dari bahan dasar babi dan sapi melibatkan beberapa langkah. Pertama, gelatin dibersihkan dan dikurangi kadar lemaknya dengan merendam dalam air panas dan dipanggang. Langkah berikutnya adalah *pre-treatment*, di mana gelatin direndam dalam larutan asam atau alkali selama beberapa hari. Setelah itu, gelatin dimasukkan ke dalam ekstraktor dan direbus dalam *DI water*, diikuti dengan sterilisasi menggunakan pemanasan cepat. Cairan hasil ekstraksi disaring untuk menghilangkan sisa-sisa jaringan atau kulit, dan kemudian melalui proses penguapan untuk memisahkan gelatin padat. Terakhir, gelatin padat dihasilkan setelah proses penggilingan, di mana pemanis, perasa, dan pewarna dapat ditambahkan sesuai kebutuhan (Alipal et al., 2019).

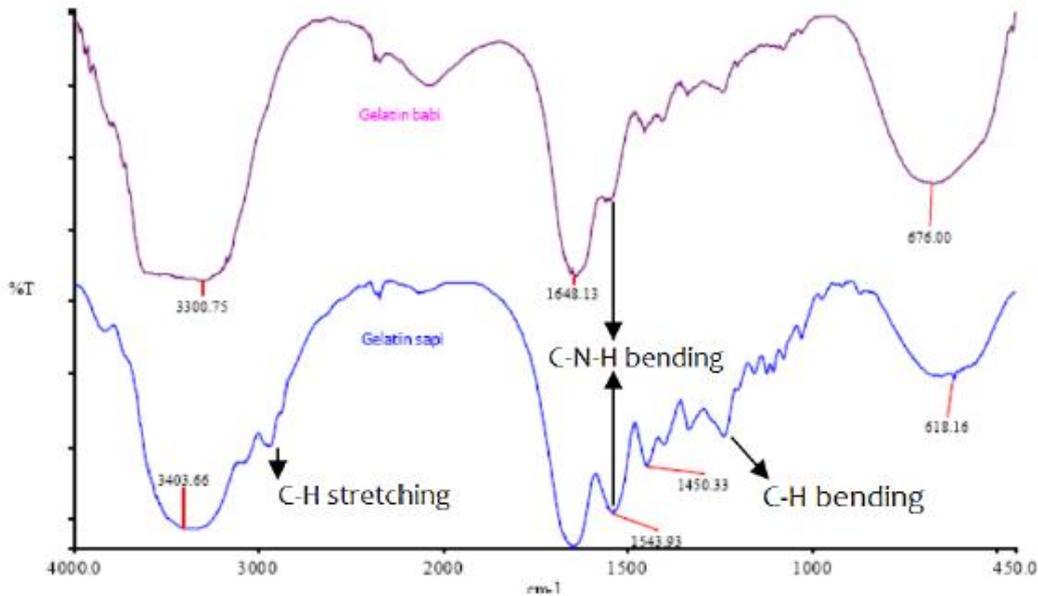
Dari perspektif kimiawi, gelatin dapat diidentifikasi sebagai sejenis protein yang tergolong dalam kelompok polimer, yaitu molekul besar yang tersusun atas satuan-satuan yang disebut monomer. Dalam konteks gelatin, monomernya adalah asam amino. Struktur asam amino tersebut menggambarkan susunan molekuler dari komponen dasar pembentuk protein, dengan gambarannya terdokumentasikan secara rinci pada Gambar 2.5 (Pinto-Iguanero et al., 2003).



Gambar 2.10 Representasi umum dari asam amino (Pinto-Iguanero et al., 2003)

Karakteristik asam amino gelatin sapi dan babi menggunakan spektroskopi FTIR bisa dilihat pada Gambar 2.6 dimana Spektrum FTIR memperlihatkan bahwa profilnya secara umum tidak berbeda secara signifikan, kecuali pada rentang 2800-3000 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya peregangan C-H alifatik dan pada 1543 cm^{-1} yang menunjukkan tekukan C-N-H pada ikatan peptida pada kedua sumber gelatin (Derrick et al., 1995). Perbedaan yang ketiga terlihat pada rentang frekuensi 1450-1300 cm^{-1} (tekukan C-H), menunjukkan perbedaan komposisi asam

amino pada kedua jenis gelatin tersebut dimana gelatin babi menunjukkan proporsi asam amino alifatik yang lebih besar dibandingkan dengan gelatin sapi (Hermanto et al., 2013).



Gambar 2.11 Profil FTIR gelatin terhidrolisis setelah hidrolisis pepsin selama 1 jam(Hermanto et al., 2013).

Adapun komposisi dari asam amino dari gelatin sapi dan babi adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Komposisi asam amino dari gelatin (GMIA, 2012)

	Type A (Porkskin)		Type B (Calf Skin)		Type B (Bone)	
Alanine	8.6	10.7	9.3	11.0	10.1	14.2
Arginine	8.3	9.1	8.55	8.8	5.0	9.0
Aspartic Acid	6.2	6.7	6.6	6.9	4.6	6.7
Cystine	0.1		Trace		Trace	
Glutamic Acid	11.3	11.7	11.1	11.4	8.5	11.6
Glycine	26.4	30.5	26.9	27.5	24.5	28.8
Histidine	0.9	1.0	0.74	0.8	0.4	0.7
Hydroxylysine	1.0		0.91	1.2	0.7	0.9
Hydroxyproline	13.5		14.0	14.5	11.9	13.4
Isoleucine	1.4		1.7	1.8	1.3	1.5
Leucine	3.1	3.3	3.1	3.4	2.8	3.5
Lysine	4.1	5.2	4.5	4.6	2.1	4.4
Methionine	0.8	0.9	0.8	0.9	0.0	0.6
Phenylalanine	2.1	2.6	2.2	2.5	1.3	2.5
Proline	16.2	18.0	14.8	16.4	13.5	15.5
Serine	2.9	4.1	3.2	4.2	3.4	3.8
Threonine	2.2		2.2		2.0	2.4
Tyrosine	0.4	0.9	0.2	1.0	0.0	0.2
Valine	2.5	2.8	2.6	3.4	2.4	3.0

Dalam pengaplikasian gelatin dalam bahan makanan, ada badan yang mengatur standar penggunaan gelatin dalam produk makanan yang dikeluarkan oleh Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA) dalam Gelatin Handbook sebagai berikut:

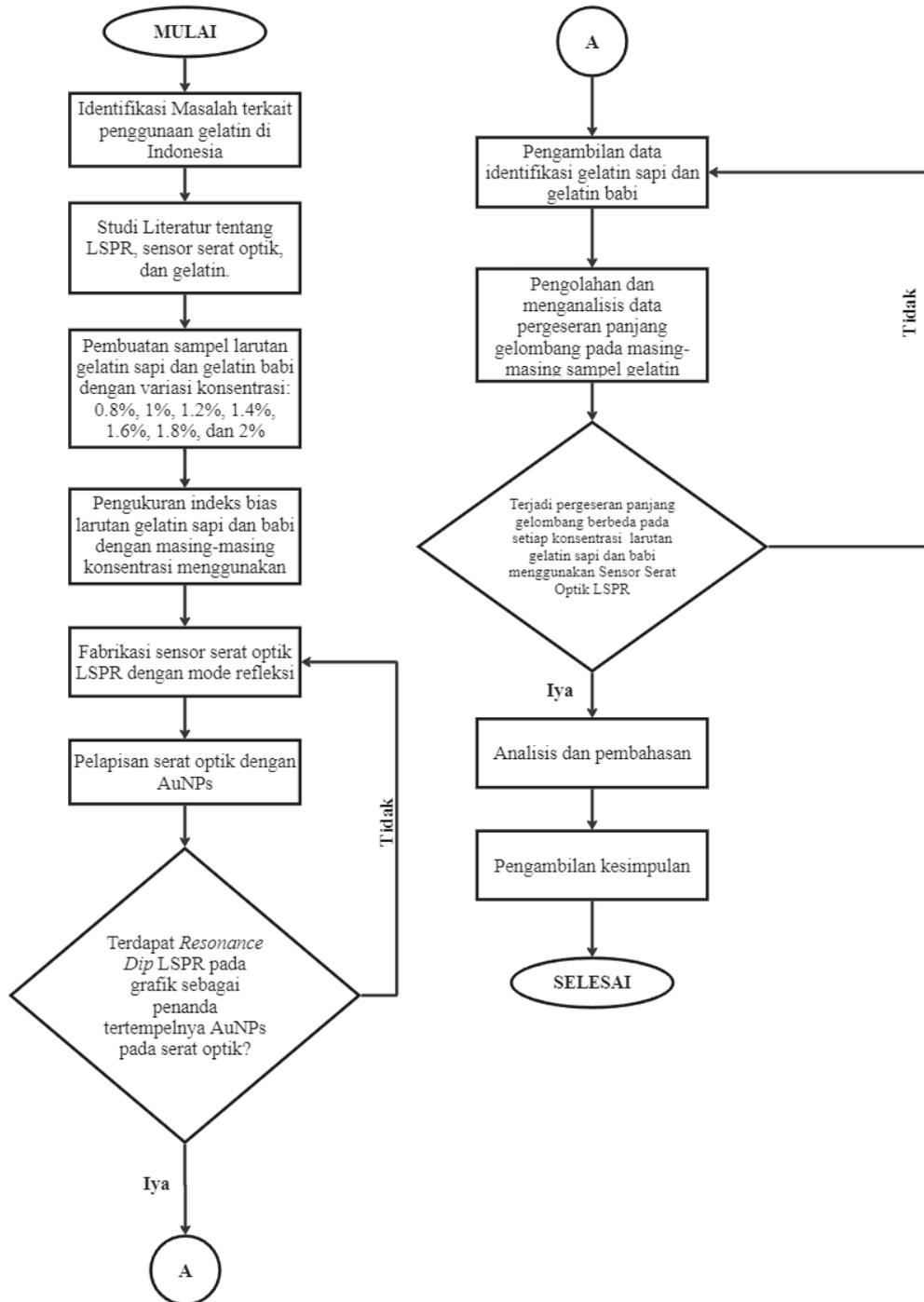
Tabel 2.2 Penggunaan gelatin sebagai bahan makanan(GMIA, 2012)

	<i>Use Level</i>		<i>Gelatin Bloom</i>	
<i>Dairy Products</i>	0.2	1.0%	150	250
<i>Frozen Foods</i>	0.1	0.5%	225	250
<i>Gelatin Desserts</i>	7	9%	175	275
<i>Confectionery</i>				
<i>Gummy Bears</i>	7	9%	200	250
<i>Marshmallows</i>	1.7	2.5%	225	275
<i>Circus Peanuts</i>	2	2.5%	225	250
<i>Lozenges</i>	0.5	1.0%	50	100
<i>Wafers</i>	0.5	1.0%	50	100
<i>Bakery Fillings &</i>	1	2.0%	225	250
<i>Icings</i>				
<i>Meat Products</i>	1	5%	175	275
<i>Wine, Beer, Juice</i>	0.002	.015%	100	200

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan- tahapan yang dilakukan dalam penelitian dapat direpresentasikan dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



miro

Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

3.1 Identifikasi Masalah

Pengerjaan penelitian untuk Tugas Akhir dimulai dengan melakukan identifikasi masalah dimana di Indonesia sendiri pemakaian gelatin ini bisa dibilang cukup banyak yang bisa dilihat dari perkembangan impor gelatin dari tahun 2018 hingga 2022 mengalami kenaikan sebesar 44,66% sesuai dengan data yang didapat oleh Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2023. Gelatin bisa terbuat dari beragam bahan baku seperti sapi, ikan, rumput laut, maupun babi. Dikarenakan berbagai ragamnya bahan yang digunakan untuk membuat gelatin, menimbulkan masalah kepercayaan pada masyarakat terutama di Indonesia dimana masyarakat yang memegang agama Islam sebanyak 87%. Hal itulah yang diperlukan adanya identifikasi terkait gelatin yang digunakan salah satunya menggunakan *Localized Surface Plasmon Resonance* (LSPR).

3.2 Studi Literatur

Pengerjaan penelitian untuk Tugas Akhir dilanjutkan dengan merinci studi literatur tentang *Localized Surface Plasmon Resonance* (LSPR) menggunakan serat optik dan juga mengeksplorasi karakteristik gelatin. Sebelum memulai penelitian, dilakukan analisis mendalam terhadap jurnal-jurnal yang relevan sebagai sumber pengetahuan tambahan.

3.3 Pembuatan Sampel Larutan Gelatin

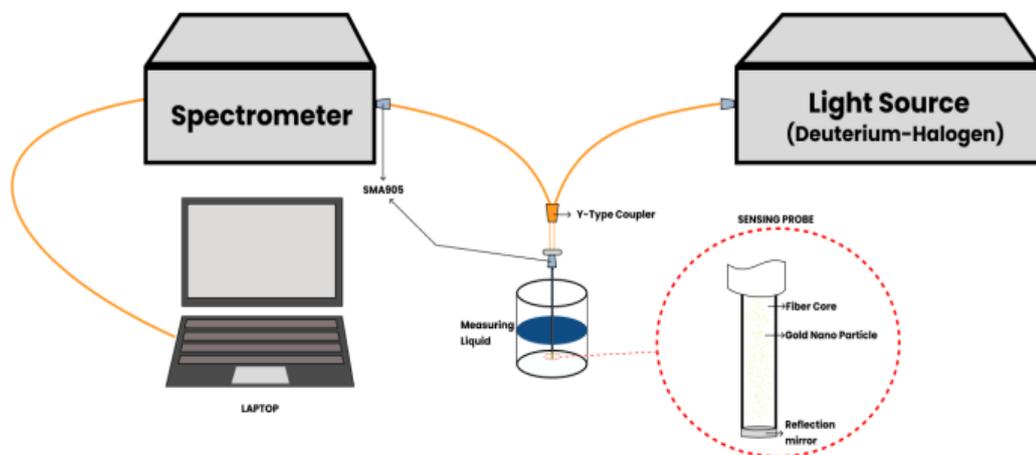
Persiapan sampel larutan gelatin sapi dan gelatin babi dengan variasi konsentrasi sebesar 0.8% (w/w), 1% (w/w), 1.2% (w/w), 1.4%(w/w) , 1.6% (w/w), 1.8%(w/w), dan 2%(w/w). Dengan Konsentrasi Larutan 0.8% (w/w) = 0,08 gram serbuk gelatin dicampur 10 ml akuades, 1% (w/w) = 0,1 gram serbuk gelatin dicampur 10 ml akuades, 1.2% (w/w) = 0.12 gram serbuk gelatin dicampur 10 ml akuades, 1.4% (w/w) = 0.14 gram serbuk gelatin dicampur 10 ml akuades, 1.6% (w/w) = 0.16 gram serbuk gelatin dicampur 10 ml akuades, 1.8% (w/w) = 0.18 gram serbuk gelatin dicampur 10 ml akuades, dan 2% (w/w) = 2 gram serbuk gelatin dicampur 10 ml akuades dengan pencampuran menggunakan *hotplate stirrer* dengan suhu 60°C serta di aduk dengan kecepatan 600 rpm.

3.4 Pengukuran Indeks Bias Larutan Gelatin

Pengukuran indeks bias larutan gelatin dilakukan pada masing-masing jenis dan masing-masing konsentrasi menggunakan refraktometer abbe. Pengukuran indeks bias ini dilakukan untuk bisa menghitung nilai sensitivitas dari larutan gelatin.

3.5 Perancangan Sistem Sensor Serat Optik *Localized Surface Plasmon Resonance* dengan Mode Sensor Refleksi.

Rancangan dari sensor serat optik LSPR dengan mode sensor refleksi ini menggunakan *Silica Optical Fiber* dengan diameter inti sebesar 400 μm . Dalam pemfabrikasian sensor serat optik ini dibutuhkan beberapa alat yaitu *fiber stripper* yang berguna sebagai pengupas *coating* atau *jacket* pada serat optik, dan *fiber cleaver* yang berguna untuk memotong serat optik. Untuk nanopartikel emas yang digunakan sudah tersintesis dari Sigma-Aldrich. Untuk sistem sensor serat optik terdiri dari beberapa komponen yang dibutuhkan yaitu sumber cahaya menggunakan *DH-mini UV-Vis-NIR Deuterium-Halogen Light Source with Shutter* dengan rentang spektral dari 200 nm hingga 2500 nm, Spektrometer Maya2000Pro, konektor serat optik, *Y-type coupler*, dan Laptop sebagai alat pemrosesan data.

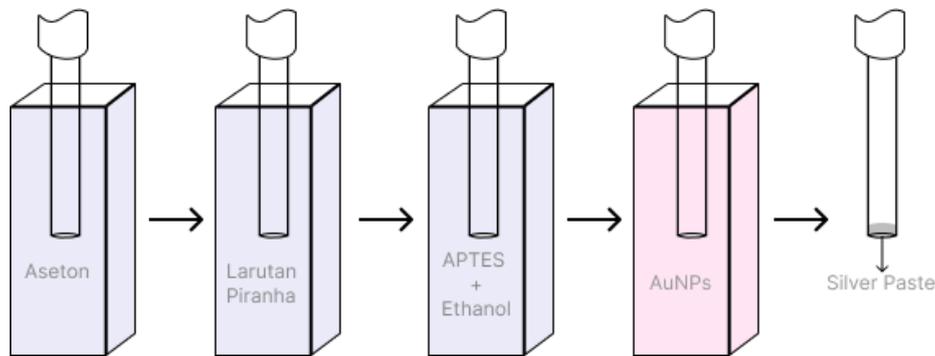


Gambar 3. 1 Skema sistem sensor serat optik mode refleksi

Untuk persiapan serat optik yang akan dijadikan sensor langkah pertama adalah dipotong serat optik sepanjang 10 cm dan dikupas hingga bagian inti pada sisi atas sebesar 1 cm sebagai bagian *connector* ke *Y-Type Coupler* dan sisi bawah sebesar 2 cm sebagai *probe sensor* yang akan digunakan. Ketika serat optik sudah dilapisi oleh nanopartikel emas, dilapiskan ujung dari serat optik menggunakan pasta *silver* sebagai *reflection mirror*.

3.6 Fabrikasi Sensor Serat Optik dengan Nanopartikel Emas (AuNPs)

Pada setiap ujung masing-masing serat optik, didiamkan pada larutan Aseton selama 20 menit guna menghilangkan *cladding* yang tersisa pada serat optik. Setelah itu serat optik dibilas dengan *akuades* hingga bersih dari Aseton selama 60 menit. Setelah itu masukan ujung serat optik kedalam larutan piranha (H_2SO_4) selama 20 menit dan setelah itu dibilas pada *akuades*. Bagian bawah serat optik yang sudah dibilas tadi direndam kembali pada larutan APTES dan *Ethanol* selama 90 menit. Setelah itu dibilas lagi dengan *akuades*. Langkah terakhir adalah *probe* sensor serat optik direndam pada nanopartikel emas (AuNPs) dengan diameter 40 nm selama 24 jam. Setelah selesai 24 jam, *probe* serat optik dikeringkan. Untuk melihat apakah AuNPs sudah mengikat pada serat optik, serat optik dilihat menggunakan SEM untuk melihat AuNPs. Sebelum pemakaian *biosensor* serat optik LSPR tersebut, dilakukan pelapisan *silver paste* untuk menjadi cermin refleksi pada sensor *probe*.



Gambar 3. 2 Fabrikasi sensor serat optik dengan nanopartikel emas (AuNPs)

Setelah dilakukan fabrikasi sensor menggunakan nanopartikel emas (AuNPs), dilakukan pengujian dengan melihat apakah adanya AuNPs yang tertempel pada sensor serat optik dengan cara dicelupkan ke *akuades*. AuNPs yang digunakan pada sensor serat optik ini berdiameter 40 nm dimana panjang gelombang absorpsi maksimum dari AuNPs yang digunakan ini bernilai 529-533 nm. Ada atau tidaknya emas yang menempel pada serat optik dapat dilihat dari nilai panjang gelombang resonansi yang seharusnya nilainya berkisar ± 533 nm karena panjang gelombang resonansi akan berubah berdasarkan indeks bias lingkungannya.

3.7 Pengambilan Data Identifikasi Gelatin Sapi dan Babi dengan Sensor Serat Optik LSPR

Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan bantuan program *Spectra Suite* untuk melihat grafik refleksi terhadap panjang gelombang. Langkah awal pengambilan data dilakukan

dengan merekam grafik ketika sensor serat optik LSPR masih pada medium udara sebagai referensi awal yang menunjukkan tidak ada/sedikit gelatin yang menempel pada serat optik yang sudah digunakan pada sampel sebelumnya. Setelah itu masukkan sensor serat optik kedalam akuades terlebih dahulu untuk menjadi referensi awal sampel dengan konsentrasi larutan gelatin 0% dan direkam grafik yang muncul pada program. Lalu sensor dimasukkan pada larutan gelatin selama 5-10 detik dan setelah itu sensor diangkat dan dibersihkan dari gelatin yang menempel pada serat optik dengan akuades sebelum serat optik digunakan kembali pada sampel larutan yang lain. Sebelum pengambilan data selanjutnya dilakukan, tunggu grafik kembali ke titik awal referensi.

3.8 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan menggunakan *software* Origin untuk mengurangi *noise* yang terjadi jika ada, mencari *peak* pada grafik serta pergeseran panjang gelombang yang hal ini dilakukan pada setiap variasi sampel gelatin, dan menghitung parameter sensor (Sensitivitas, *Detection of Accuracy* (DA), dan *Quality Factor* (QF)) dari sensor serat optik dengan menggunakan persamaan yang tertera pada BAB II. Data yang digunakan untuk diolah merupakan pergeseran panjang gelombang pada setiap variasi sampel dan *peak* dari panjang gelombang.

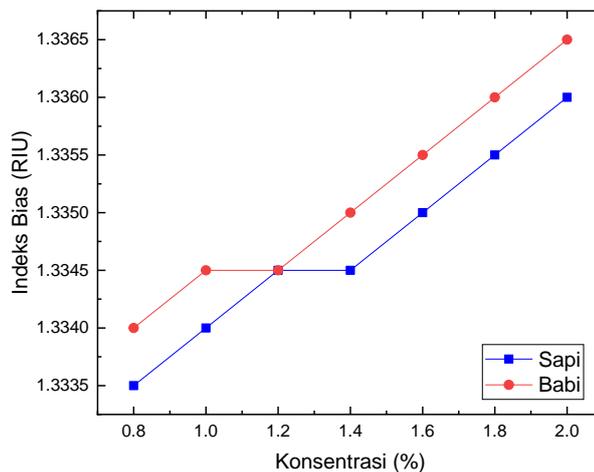
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Indeks Bias Larutan Gelatin Sapi dan Babi serta Hubungan terhadap Konsentrasi Larutan

Konsentrasi larutan gelatin sapi dan babi yang digunakan untuk diukur indeks biasnya adalah 0.8% hingga 2% dengan interval 0.2%. Pengukuran indeks bias dilakukan dengan menggunakan *abbe refractometer* yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.2. Indeks bias dari masing-masing larutan gelatin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi, tetapi ada nilai indeks bias yang sama dari larutan gelatin sapi pada konsentrasi 1 % dan 2%. Selain itu terjadi persamaan indeks bias pada konsentrasi 1.2% pada masing-masing larutan gelatin sapi dan babi. Kesamaan indeks bias ini bisa jadi disebabkan oleh pengadukan yang kurang merata sehingga tingkat kelarutannya berbeda ataupun ketika pengambilan sampel larutan gelatin yang ingin diuji kebanyakan akuades yang terambil. Secara garis besar, indeks bias babi lebih tinggi daripada indeks bias sapi

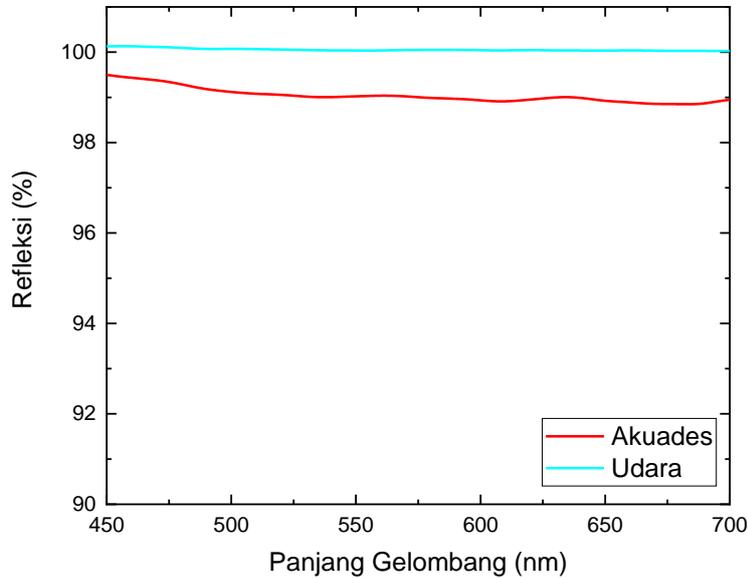


Gambar 4. 1 Grafik konsentrasi terhadap indeks bias larutan gelatin

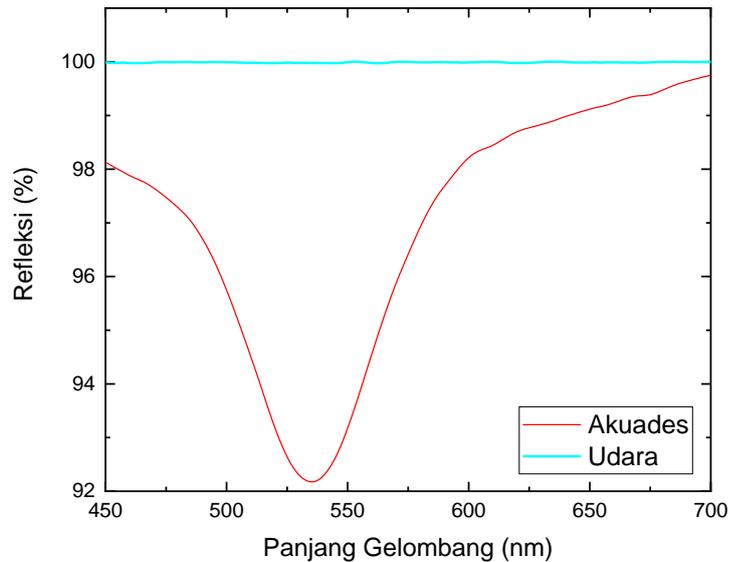
4.2 Hasil Fabrikasi Sensor Serat Optik LSPR menggunakan AuNPs

Berhasilnya fabrikasi sensor serat optik LSPR menggunakan AuNPs bisa dilihat dari ada atau tidak adanya *resonance dip* yang terjadi. *Resonance dip* merupakan penurunan amplitudo atau intensitas sinyal pada panjang gelombang tertentu yang bisa dilihat pada grafik data. *Resonance dip* mengacu pada fenomena di mana *extinction* (penyerapan + hamburan) cahaya oleh suatu bahan menurun pada panjang gelombang tertentu karena interaksi cahaya dengan

sifat bahan tersebut. Dalam konteks Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR), penurunan resonansi terbentuk ketika nanopartikel logam mulia menunjukkan penurunan *extinction* pada panjang gelombang tertentu (Kazuma & Tatsuma, 2014).



Gambar 4. 2 Grafik data yang tidak menunjukkan adanya *Resonance Dip*



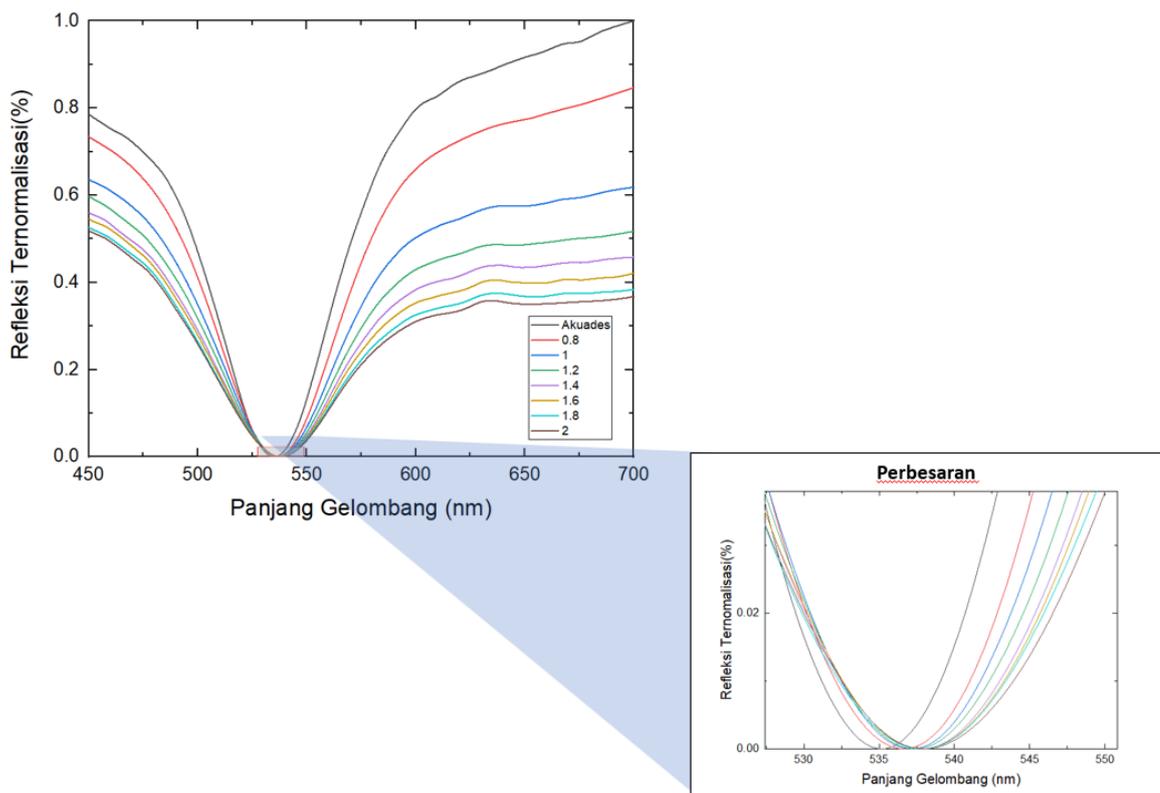
Gambar 4. 3 Grafik data yang menunjukkan adanya *Resonance Dip*

Resonance Dip bisa menunjukkan ada atau tidaknya AuNPs yang menempel dan bisa dilihat pada Gambar 4.2 merupakan sensor serat optik yang sudah difabrikasi menggunakan

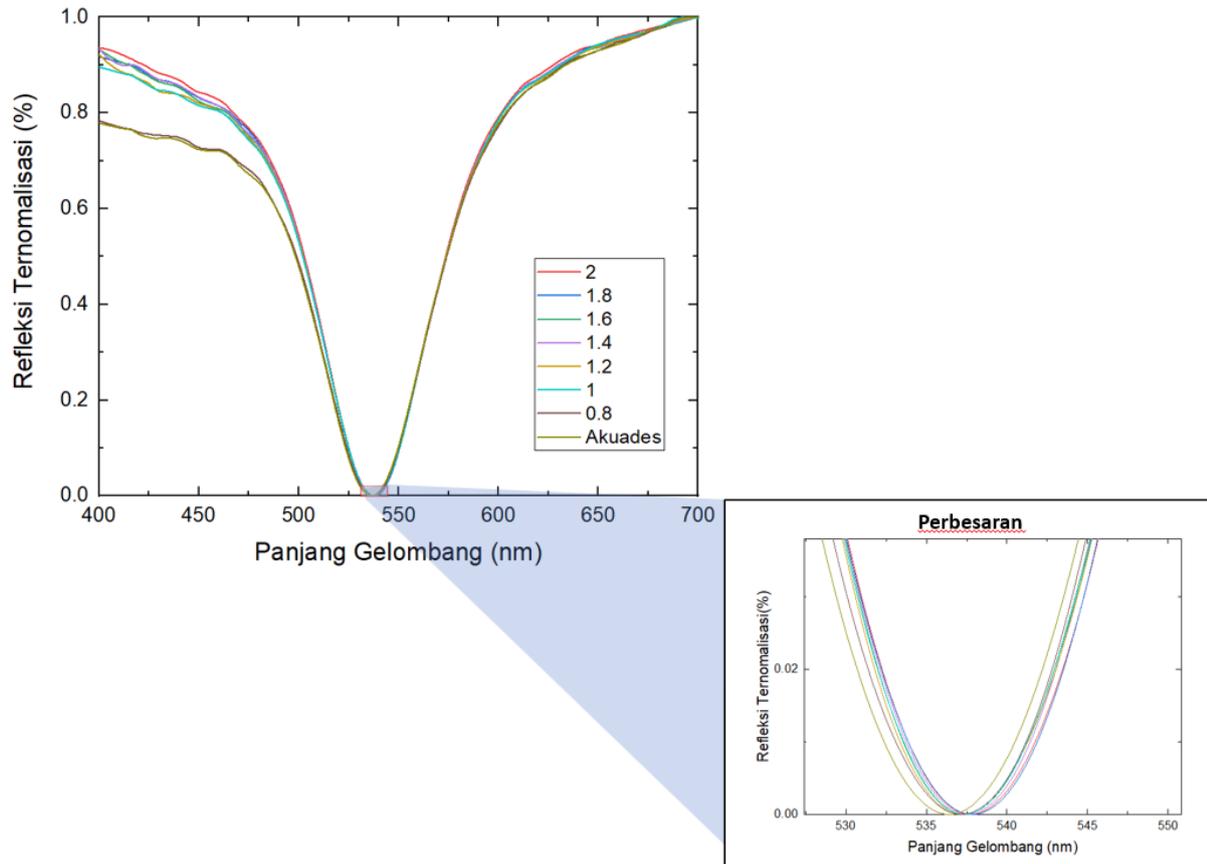
AuNPs akan tetapi tidak menunjukkan *resonance dip* berbeda dengan Gambar 4.3 dimana terlihat adanya *resonance dip* yang menunjukkan bahwa adanya AuNPs yang menempel pada sensor serat optik. Terlebih lagi panjang gelombang resonansi pada Gambar 4.3 berkisar pada rentang 530 nm dimana berada pada kisaran panjang gelombang absorpsi dari AuNPs sesuai *datasheet* yaitu bernilai 529-533 nm.

4.3 Hasil Pengambilan Data pada Masing-masing Larutan Gelatin

Berikut merupakan hasil pengambilan data pada masing-masing konsentrasi larutan gelatin sapi dan babi menggunakan sensor serat optik LSPR yang difabrikasi menggunakan AuNPs dengan ukuran 40 nm. Pengambilan data dilakukan dengan cara mencelupkan *probe* sensor kedalam botol *vial* yang berisi analit (akuades dan masing-masing larutan gelatin sapi dan babi), setelah dicelupkan akan diambil data menggunakan program SpectraSuite dan kemudian *probe* sensor dicuci dengan dicelupkan ke akuades untuk membersihkan sisa gelatin yang menempel. Adapun urutan konsentrasi yang dilakukan pada pengambilan data ini dimulai dari konsentrasi yang lebih rendah dengan alasan ingin meminimalisir penempelan gelatin pada serat optik karena jika konsentrasi yang tinggi terlebih dahulu, kemungkinan gelatin yang menempel akan lebih banyak.



Gambar 4. 4 Grafik data larutan gelatin sapi



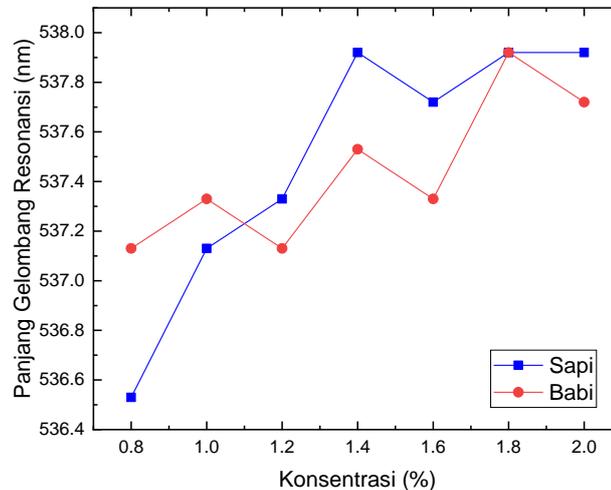
Gambar 4. 5 Grafik data larutan gelatin babi.

Pada grafik diatas bisa dilihat bahwa adanya panjang gelombang resonansi yang berbentuk seperti lembah, hal ini disebabkan karena terjadinya fenomena LSPR. Fenomena LSPR ini terjadi karena elektron bebas dalam nanopartikel emas beresilasi secara kolektif ketika plasmon pada permukaan yang berukuran kurang dari atau sama dengan panjang gelombang cahaya (Chauhan & Kumar Singh, 2021). Adanya interaksi antar nanopartikel emas dengan cahaya yang dimana sebagian dari foton yang datang terabsorpsi dan sebagian lainnya terhambur kearah yang beragam. Absorpsi dan penghamburan ini semakin kuat ketika fenomena LSPR ini terjadi karena adanya medan *evanescent* yang tercipta disekitar permukaan nanopartikel emas saat cahaya merambat melalui serat optik (Houngkamhang, 2018).

Pengambilan data yang diambil pada penelitian ini berfokus pada pergeseran panjang gelombang resonansi pada masing-masing konsentrasi larutan gelatin sapi dan babi. Bisa dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 yang merupakan pengambilan data pertama, terjadinya pergeseran panjang gelombang reseonansi walaupun pergeseran tersebut kecil. Hal tersebut menandakan bahwa panjang gelombang resonansi ditentukan sesuai dengan indeks bias media sekitarnya (analit) sensornya di dalam sensor LSPR (Rani et al., 2013b).

4.4 Perbedaan Larutan Gelatin Sapi dan Larutan Gelatin Babi

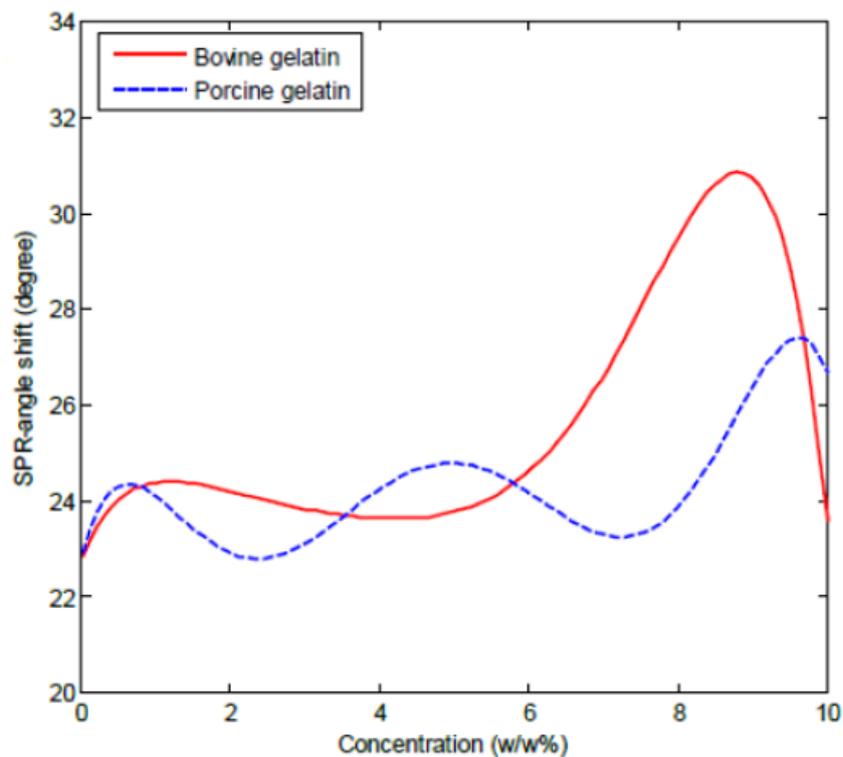
Pengambilan data pada larutan gelatin sapi dan babi menggunakan sensor serat optik LSPR yang sama pada masing-masing konsentrasi yang sama pula. Gambar 4.6 merupakan grafik perbandingan panjang gelombang resonansi dari setiap konsentrasi larutan gelatin sapi dan babi pada pengambilan data pertama.



Gambar 4. 6 Grafik perbandingan panjang gelombang resonansi dari setiap konsentrasi larutan gelatin

Disini peninjauan perbedaan larutan gelatin sapi dan babi melihat dari panjang gelombang resonansi dari konsentrasi 0.8% (w/w) dan 2% (w/w) dimana untuk pada masing-masing larutan gelatin mengalami peningkatan indeks bias seiring meningkatnya konsentrasi. Ditinjau pada konsentrasi 0.8% panjang gelombang resonansi dari larutan gelatin babi bernilai 537.13 nm yang dimana lebih besar dari pada larutan gelatin sapi yang bernilai 536.53 nm. Peninjauan pada konsentrasi 0.8% dilakukan karena konsentrasi 0.8% merupakan konsentrasi pertama yang diuji sehingga kecil kemungkinan adanya gangguan seperti impuritas dari konsentrasi gelatin yang lain. Pergeseran panjang gelombang resonansi dari sapi dari konsentrasi paling rendah (0.8%) dan paling tinggi (2%) bernilai 1.39 nm sedangkan pada babi bernilai 0.59 nm. Terlihat bahwa pergeseran panjang gelombang dari larutan gelatin sapi lebih tinggi daripada larutan gelatin babi dan panjang gelombang resonansi pada larutan gelatin sapi dan babi menunjukkan adanya perbedaan pada setiap konsentrasi. Akan tetapi terlihat bahwa pada konsentrasi 1.8% memiliki panjang gelombang yang sama antara konsentrasi larutan gelatin sapi dan babi.

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Wardani pada tahun 2019 menggunakan SPR *Prism Coupled* untuk mendeteksi perbedaan gelatin sapi dan gelatin babi. Hasil yang didapat adalah adanya perbedaan yang signifikan antara gelatin sapi dan babi dimana sensitivitas sensor yang didapat sebesar 3.04° untuk sapi dan 4.29° untuk babi. Adapun perbedaan antara keduanya dapat dilihat pada Gambar 4.7 . Pada SPR *Prism Coupled* sudut SPR yang ditinjau sedangkan pada sensor serat optik LSPR adalah panjang gelombang resonansinya. Hasil dari pengambilan data menggunakan sensor serat optik LSPR menunjukkan adanya perbedaan antara larutan gelatin sapi dan babi seperti halnya dimana sensor SPR *Prism Coupled* dapat menunjukkan adanya perbedaan yang serupa.

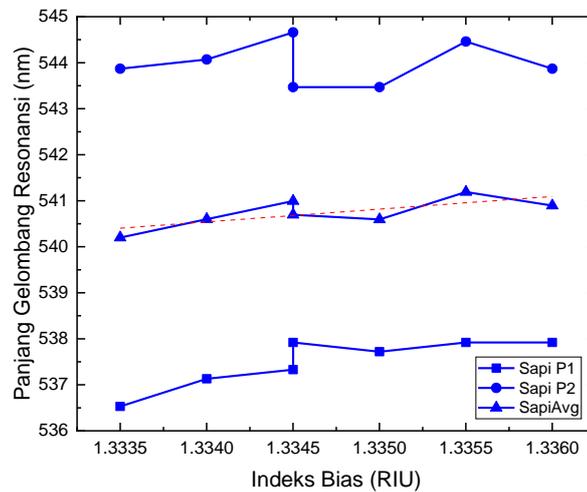


Gambar 4. 7 Model respons biosensor berbasis SPR terhadap perbandingan di antara gelatin sapi dan babi (Devy et al., 2019)

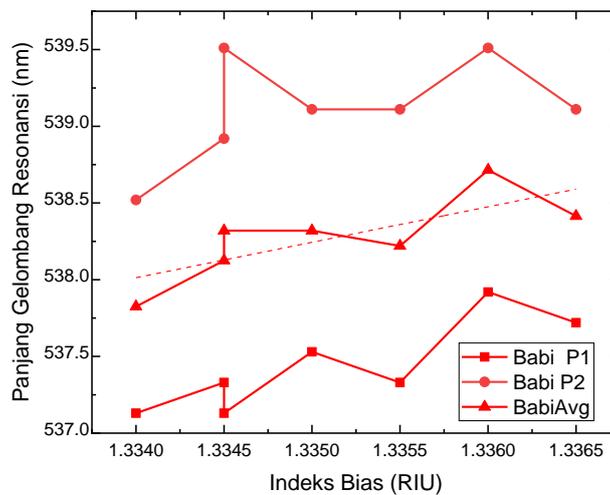
Ketika pengambilan secara berulang data larutan gelatin sapi dan gelatin babi, tidak ada terbentuknya pola *fingerprint* yang menunjukkan pola resonance wavelength tersebut milik larutan gelatin siapa tertentu. Hal ini bisa jadi menunjukkan bahwasannya sensor serat optik LSPR merupakan sensor yang non-selektif dimana membutuhkan pengolahan data lebih lanjut dengan menggunakan bantuan pihak ketiga seperti AI, Machine Learning, dsb.

4.5 Hubungan Perubahan Indeks Bias dengan Panjang Gelombang Resonansi LSPR

Adapun hubungan indeks bias dari larutan gelatin sapi dan babi dengan panjang gelombang resonansi adalah linear, walaupun ada beberapa anomali pada data yang diambil pada larutan gelatin sapi dan babi. Pada Gambar 4.8 dan 4.9, P1 berartikan pengambilan data pertama, P2 berartikan pengambilan data pengulangan kedua, dan Avg merupakan rata-rata dari kedua pengambilan data.



Gambar 4. 8 *Resonance Wavelength* Larutan Gelatin Sapi



Gambar 4. 9 *Resonance Wavelength* Larutan Gelatin Babi

Pada larutan gelatin sapi pada konsentrasi 1.4% (w/w) yang memiliki resonansi panjang gelombang di 537.92 nm dan ketika pada konsentrasi 1.6% (w/w) mengalami

penurunan/pergeseran panjang gelombang ke arah biru yang lebih kecil dari konsentrasi 1.4% (w/w) yang bernilai 537.72 nm dan hal serupa juga terjadi pada larutan gelatin babi. Ada beberapa kemungkinan yang terjadi mulai dari fabrikasi sensor serat optik hingga cara pengambilan data. Fabrikasi sensor serat optik LSPR sangat memengaruhi performansi dari sensor tersebut karena LSPR sangat tergantung pada material nanopartikel, ukuran, bentuk, aspek rasio, dan jarak antar nanopartikel (Prabowo et al., 2018). Hal tersebut tergantung dengan metode penempelan nanopartikel emas yang digunakan untuk memfabrikasi sensor LSPR pada serat optik. Selain faktor dari fabrikasi, adapun faktor dari sifat gelatin itu sendiri. Gelatin sendiri memiliki sifat yang adhesif dimana kelengketannya tersebut bergantung pada konsentrasi dari gelatin itu sendiri. Kelengketan ini bisa memungkinkan ketika pengambilan data menggunakan sensor LSPR serat optik, masih tersisa gelatin yang menempel pada serat optiknya sehingga mengganggu pengambilan data selanjutnya. Karena gelatin bersifat adhesif ini memungkinkan ada nanopartikel emas yang melengket dengan larutan gelatin tersebut dan terlepas dari serat optik dan hal ini bisa memicu pengurangan densitas dari AuNPs pada sensor serat optik. Densitas dari AuNPs pada sensor serat optik LSPR berpengaruh pada sensitivitas sensor pada perubahan indeks bias dalam sekitarnya (Calatayud-Sanchez et al., 2022).

Banyak studi terkait yang menyatakan bahwa semakin tinggi indeks bias, panjang gelombang resonansi akan semakin ke kanan (*redshift*) seperti pada penelitian dari Agharazy Dormeny et al (2020) dimana pada penelitian beliau hasilnya menunjukkan karakteristik linier dan bergeser ke arah kanan (*redshift*) (Agharazy Dormeny et al., 2020).

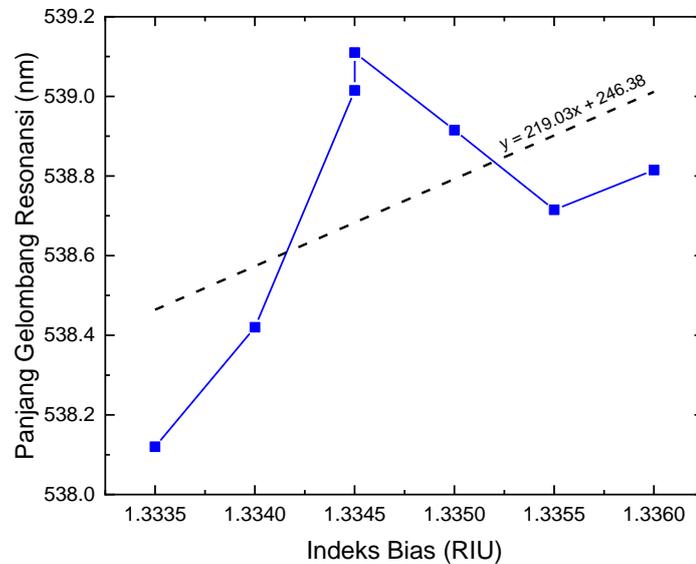
Adapun ketidakpastian dari pengukuran dihitung pada masing-masing larutan gelatin sapi karena pengambilan data dilakukan sebanyak 2 kali menggunakan satu sensor dimana hasil ketidakpastian tipe A digunakan karena ketidakpastian pengukuran tipe A dilakukan berdasarkan metode statistik terhadap hasil data dan pengamatan yang valid atau dengan kata lain menghitung ketidakpastian dari data hasil pengukuran berulang (Musyafa, 2016). Nilai ketidakpastian A bisa dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Ketidakpastian pengukuran tipe A

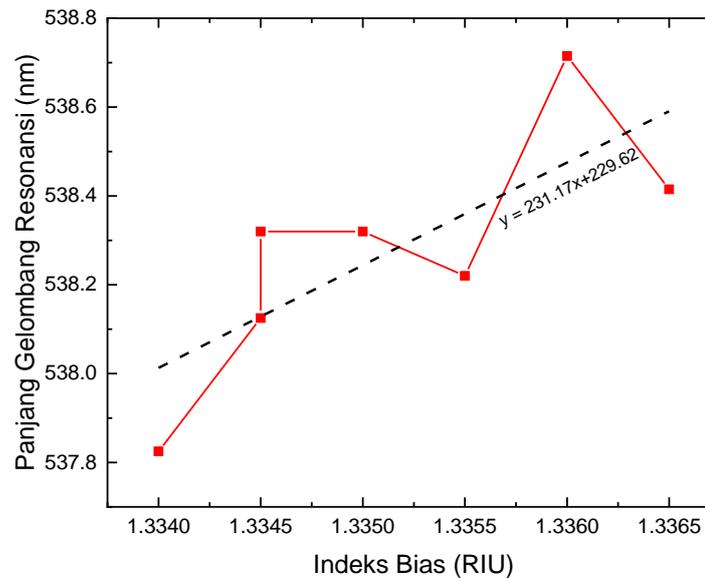
Ketidakpastian Tipe A	Sapi	Babi
U_{A1}	0.0000001428	0.0000001176
U_{A2}	0.0006748995	0.0005692785

4.6 Parameter Sensor Serat Optik LSPR untuk Mendeteksi Larutan Gelatin

Pada penelitian ini dihitung sensitivitas sensor dimana sensitivitas dihitung menggunakan persamaan 1 pada **BAB II**.



Gambar 4. 10 Grafik panjang gelombang resonansi rata-rata terhadap indeks bias larutan gelatin sapi



Gambar 4. 11 Grafik panjang gelombang resonansi rata-rata terhadap indeks bias larutan gelatin babi

Sensitivitas indeks bias dari gelatin dilihat dari perhitungan gradien grafik panjang gelombang resonansi rata-rata terhadap indeks bias yang dapat dilihat pada Gambar 4.9 untuk larutan gelatin sapi dan Gambar 4.10 untuk larutan gelatin babi. Untuk larutan gelatin sapi nilai sensitivitas (S) yang didapat sebesar 219.03 (nm/RIU) yang menunjukkan bahwa perubahan 1 unit refraktif (RIU) dalam indeks bias medium sekitar sensor menyebabkan perubahan panjang gelombang sebesar 219.03 nm, sedangkan untuk larutan gelatin babi nilai sensitivitas yang didapat sebesar 231.17 (nm/RIU) yang menunjukkan bahwa perubahan 1 unit refraktif (RIU) dalam indeks bias medium sekitar sensor menyebabkan perubahan panjang gelombang sebesar 231.17 nm

Adapun *Detection Accuracy* dari sapi bernilai 0.022 dan pada babi 0.01 menunjukkan bahwa sensor tersebut dapat mendeteksi perubahan RI dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Dengan kata lain, sensor ini sangat sensitif terhadap perubahan RI dan dapat mengukur perubahan RI dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Untuk Quality Factor (QF) dari larutan gelatin sapi bernilai 8.23 dan pada babi bernilai 4.81 dimana kualitas luaran sensor lebih baik pada larutan gelatin sapi dibanding larutan gelatin babi yang menunjukkan bahwa sensor tersebut memiliki resonansi yang kuat dan stabil. Resonansi yang lebih kuat berarti sensor tersebut dapat mendeteksi perubahan indeks refraktif dengan lebih baik dan lebih akurat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Terlihat bahwa adanya pergeseran panjang gelombang dari larutan gelatin sapi lebih tinggi daripada larutan gelatin babi dan panjang gelombang resonansi pada larutan gelatin sapi dan babi menunjukkan adanya perbedaan pada setiap konsentrasi
- b) Semakin tinggi konsentrasi dari larutan gelatin sapi dan babi akan semakin tinggi pula indeks bias gelatin dan ketika indeks bias dari gelatin meningkat, semakin besar pula pergeseran panjang gelombang resonansi LSPR.
- c) Untuk larutan gelatin sapi nilai sensitivitas (S) yang didapat sebesar 219.03 (nm/RIU) yang menunjukkan bahwa perubahan 1 unit refraktif (RIU) dalam indeks bias medium sekitar sensor menyebabkan perubahan panjang gelombang sebesar 219.03 nm, sedangkan untuk larutan gelatin babi nilai sensitivitas yang didapat sebesar 231.17 (nm/RIU) yang menunjukkan bahwa perubahan 1 unit refraktif (RIU) dalam indeks bias medium sekitar sensor menyebabkan perubahan panjang gelombang sebesar 231.17 nm. *Detection of Accuracy* dari sapi bernilai 0.022 dan pada babi 0.01 menunjukkan bahwa sensor tersebut dapat mendeteksi perubahan RI dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Untuk *Quality Factor* (QF) dari larutan gelatin sapi bernilai 8.23 dan pada babi bernilai 4.81 dimana kualitas luaran sensor lebih baik pada larutan gelatin sapi dibanding larutan gelatin babi yang menunjukkan bahwa sensor tersebut memiliki resonansi yang kuat dan stabil.

5.2 Saran

Penelitian ini banyak yang harus ditinjau mulai dari metode fabrikasi yang dipilih karena sangat berpengaruh dengan performansi dari sensor setelah itu dari cara pengambilan data larutan gelatin sapi dan babi, mengingat gelatin merupakan sebuah analit yang memiliki sifat fisik yang adhesif / lengket sehingga ada kemungkinan ketika sensor serat optik LSPR digunakan berkali-kali, gelatin ada yang melekat pada sensor yang menyebabkan turunnya performansi dari sensor. Setelah itu resolusi alat seperti *abbe refractometer* dapat di perbesar agar dapat melihat indeks bias yang lebih akurat. Dikarenakan ada kemungkinan bahwa sensor

LSPR merupakan sensor non-selektif, perlu pengolahan data lebih lanjut dengan menggunakan AI atau *Machine Learning* agar dapat mengidentifikasi gelatin jenis sapi dan babi

DAFTAR PUSTAKA

- Agharazy Dormeny, A., Abedini Sohi, P., & Kahrizi, M. (2020). Design and simulation of a refractive index sensor based on SPR and LSPR using gold nanostructures. *Results in Physics*, *16*. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2019.102869>
- Alipal, J., Mohd Pu'ad, N. A. S., Lee, T. C., Nayan, N. H. M., Sahari, N., Basri, H., Idris, M. I., & Abdullah, H. Z. (2019). A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialisation. *Materials Today: Proceedings*, *42*, 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.922>
- Aloglu, A. K., & de Harrington, P. B. (2018). Differentiation of bovine, porcine, and fish gelatins by attenuated total reflectance fourier transform infrared spectroscopy (atr-ftirs) coupled with pattern recognition. *Journal of AOAC International*, *101*(1), 221–226. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0244>
- Arghir, I., Delport, F., Spasic, D., & Lammertyn, J. (2015). Smart design of fiber optic surfaces for improved plasmonic biosensing. In *New Biotechnology* (Vol. 32, Issue 5, pp. 473–484). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2015.03.012>
- Calatayud-Sanchez, A., Ortega-Gomez, A., Barroso, J., Zubia, J., Benito-Lopez, F., Villatoro, J., & Basabe-Desmonts, L. (2022). A method for the controllable fabrication of optical fiber-based localized surface plasmon resonance sensors. *Scientific Reports*, *12*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13707-y>
- Caucheteur, C., Guo, T., & Albert, J. (2015). Review of plasmonic fiber optic biochemical sensors: improving the limit of detection. In *Analytical and Bioanalytical Chemistry* (Vol. 407, Issue 14, pp. 3883–3897). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00216-014-8411-6>
- Chauhan, M., & Kumar Singh, V. (2021). Review on recent experimental SPR/LSPR based fiber optic analyte sensors. *Optical Fiber Technology*, *64*. <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2021.102580>
- Devy, P. W., Muhammad, A., & Kamsul, A. (2019). The revised method of quantitative detection of animal-origin bovine and porcine gelatin difference using surface plasmon resonance based biosensor. *Materials Science Forum*, *948 MSF*, 146–152. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.948.146>
- Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. (2023). *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2023*.

- GMIA. (2012). GELATIN HANDBOOK. In *US Customer Service* (Vol. 563, Issue 888).
<http://www.gelita.com><http://www.nitta-gelatin.com><http://www.gelatin.com><http://www.rousselot.com><http://www.weishardt.com>
- Hermanto, S., Sumarlin, L. O., & Fatimah, W. (2013). Differentiation of Bovine and Porcine Gelatin Based on Spectroscopic and Electrophoretic Analysis. In *J.Food Pharm.Sci* (Vol. 1). www.jfoodpharmsci.com
- Houngkamhang, N. (2018). Gold-nanoparticle-based Fiber Optic Sensor for Sensing the Refractive Index of Environmental Solutions. In *Chiang Mai J. Sci* (Vol. 45, Issue 5).
<http://epg.science.cmu.ac.th/ejournal/>
- Jeong, H. H., Erdene, N., Park, J. H., Jeong, D. H., & Lee, S. K. (2012). Analysis of fiber-optic localized surface plasmon resonance sensor by controlling formation of gold nanoparticles and its bio-application. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 12(10), 7815–7821.
<https://doi.org/10.1166/jnn.2012.6218>
- Jing, J., Liu, K., Jiang, J., Xu, T., Wang, S., Ma, J., Zhang, Z., Zhang, W., & Liu, T. (2022). Performance improvement approaches for optical fiber SPR sensors and their sensing applications. *Photonics Research*, 10(1), 126. <https://doi.org/10.1364/prj.439861>
- Kazuma, E., & Tatsuma, T. (2014). Localized surface plasmon resonance sensors based on wavelength-tunable spectral dips. *Nanoscale*, 6(4), 2397–2405.
<https://doi.org/10.1039/c3nr05846h>
- Keiser, G. (2010). *Optical Fiber Communications-Fourth Edition*.
- Kementerian Agama RI. (2022, August 31). *Jumlah Penduduk Menurut Agama*.
<https://satudata.kemenag.go.id/dataset/detail/jumlah-penduduk-menurut-agama>
- Krohn, D., MacDougall, T., & Mendez, A. (2014). *Fiber Optic Sensors : Fundamentals And Application*. <http://ebooks.spiedigitallibrary.org/>
- Musyafa, A. (2016). *TEKNIK KALIBRASI STUDI KASUS : KALIBRASI KELISTRIKAN DAN SUHU*.
- Pinto-Iguanero, B., Olivares-Pérez, A., Méndez-Alvarado, A. W., Fuentes-Tapia, I., & Treviño-Palacios, C. G. (2003). Non-hydroscopic vanilla doped dichromated gelatin holographic material. *Optical Materials*, 22(4), 397–404. [https://doi.org/10.1016/S0925-3467\(03\)00003-X](https://doi.org/10.1016/S0925-3467(03)00003-X)
- Prabowo, B. A., Purwidyantri, A., & Liu, K. C. (2018). Surface plasmon resonance optical sensor: A review on light source technology. In *Biosensors* (Vol. 8, Issue 3). MDPI.
<https://doi.org/10.3390/bios8030080>

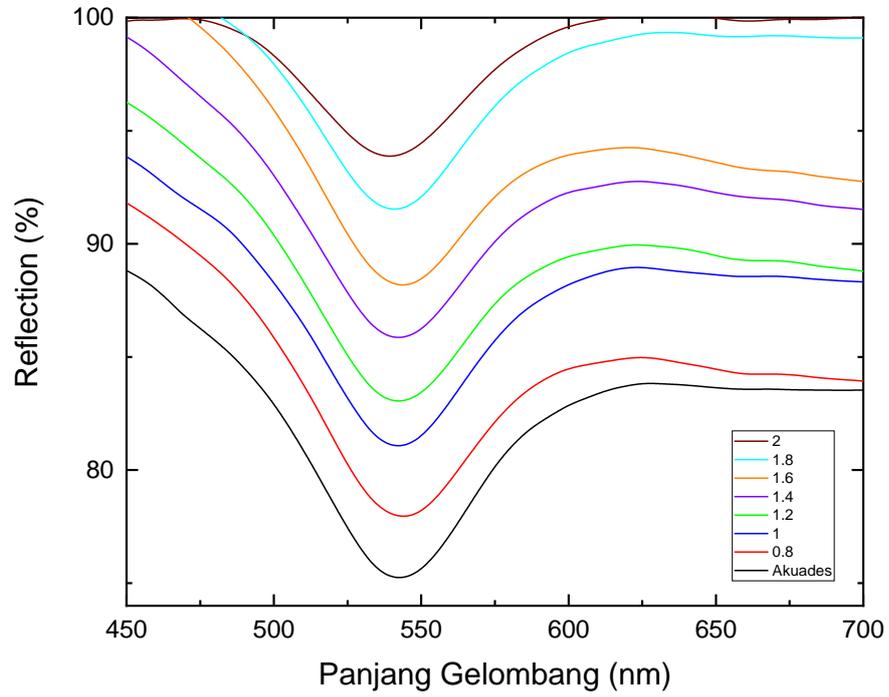
- Pradini, D. (2017). *DETEKSI GELATIN BABI DALAM MARSHMALLOW MENGGUNAKAN SENSOR QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE (QCM) TERMODIFIKASI NiO NANOPARTIKEL*.
- Rajan, G. (2015). *Optical Fibre Sensors- Advanced Techniques and Applications*. (4th ed.). CRC Press.
- Rani, M., Sharma, N. K., & Sajal, V. (2013a). Localized surface plasmon resonance based fiber optic sensor with nanoparticles. *Optics Communications*, 292, 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2012.11.087>
- Rani, M., Sharma, N. K., & Sajal, V. (2013b). Localized surface plasmon resonance based fiber optic sensor with nanoparticles. *Optics Communications*, 292, 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2012.11.087>
- Riana, D. (2023). *OPTIMASI DESAIN SENSOR SPR BERBASIS FIBER OPTIK MENGGUNAKAN METODE BEDA HINGGA DOMAIN WAKTU (FDTD)*.
- Said, M. I. (2020a). Role and function of gelatin in the development of the food and non-food industry: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 492(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/492/1/012086>
- Said, M. I. (2020b). Role and function of gelatin in the development of the food and non-food industry: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 492(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/492/1/012086>
- Sepúlveda, B., Angelomé, P. C., Lechuga, L. M., & Liz-Marzán, L. M. (2009). LSPR-based nanobiosensors. In *Nano Today* (Vol. 4, Issue 3, pp. 244–251). <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2009.04.001>
- Sultana, S., Ali, M. E., & Ahamad, M. N. U. (2018). Gelatine, collagen, and single cell proteins as a natural and newly emerging food ingredients. In *Preparation and Processing of Religious and Cultural Foods* (pp. 215–239). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101892-7.00011-0>
- Tu, M. H., Sun, T., & Grattan, K. T. V. (2012). Optimization of gold-nanoparticle-based optical fibre surface plasmon resonance (SPR)-based sensors. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 164(1), 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2012.01.060>
- Yap, B. K., & Gam, L. H. (2019). Differentiation of bovine from porcine gelatin capsules using gel electrophoresis method. *Food Chemistry*, 274, 16–19. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.111>

Zhou, J., Wang, Y., Zhang, L., & Li, X. (2018). Plasmonic biosensing based on non-noble-metal materials. *Chinese Chemical Letters*, 29(1), 54–60. <https://doi.org/10.1016/j.ccllet.2017.09.003>

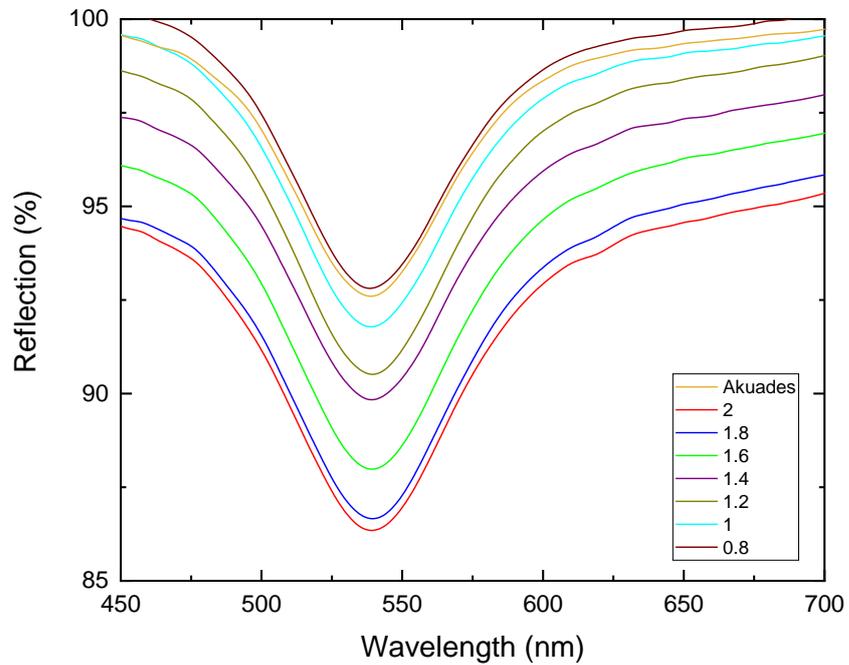
LAMPIRAN

A. Data Tambahan

Pengambilan Data Sapi kedua



Pengambilan Data Babi kedua



B. Spesifikasi Alat

Spesifikasi Sumber Cahaya

56 Sparta Avenue • Newton, New Jersey 07860
 (973) 300-3000 Sales • (973) 300-3600 Fax
 www.thorlabs.com

SLS201/M - June 16, 2016

Item # SLS201/M was discontinued on June 16, 2016. For informational purposes, this is a copy of the website content at that time and is valid only for the stated product.

COMPACT STABILIZED BROADBAND LIGHT SOURCES

- ▶ Stabilized Light Sources for 300 - 2600 nm, 450 - 5500 nm, or 500 - 9000 nm
- ▶ Stabilized Color Temperature and Output Power
- ▶ Long Lifespan: 10,000 Hours (Average)



[Hide Overview](#)

OVERVIEW

Features

- Broadband Light Sources for Visible Through IR Wavelengths
- Constant, Stable Intensity Output
 - 0.01%/hr
 - 0.1%/°C
- Closed-Loop Control for High Stability
 - Output Power Stability: 0.05%
 - Color Temperature Stability: ±15 K
- 10,000 Hour Average Lifespan
- SMA Fiber Interface or Free Space Output
- Accepts Ø1" and Ø25 mm Filters
- Compatible with 30 mm Cage System
- Low-Noise Fan Cooling

Key Specifications ^a			
Item #	SLS201(/M)	SLS202(/M)	SLS203L(/M)
Wavelength Range	300 - 2600 nm	450 - 5500 nm	500 - 9000 nm
Peak Wavelength	1000 nm	1500 nm	2400 nm
Output Power Stability ^b	<0.05%		
Output Power Drift per Hour	0.01%		
Output power Drift per °C	0.1%		
Color Temperature	2796 K	1900 K	1500 K
Color Temperature Stability	±15 K		
Bulb Electrical Power	9 W	7.2 W	24 W
Coupled Optical Power	10 mW ^c	100 mW ^d	>1.5 W ^e
Included Fiber Patch Cable	M28L01	N/A ^f	N/A
Included Power Supply	Universal AC/DC Converter, 90 - 264 VAC at 47 - 63 Hz		

- Please see the Specs tab for full list of specifications
- Standard deviation of optical power measured at room temperature over a 1 hour period with 1 Hz sampling rate after a 45 minutes warm-up. Please see the Graphs tab for the results of our stability testing.

Click to Enlarge
The removable filter holder (filters sold separately) allows the user to mount Ø25 mm or Ø1" optics inside the stabilized light source. The front face of the light source features four 4-40 tapped holes, making it compatible with our 30 mm cage system.

Spesifikasi Spektrometer



At a Glance

Range: 190-1100 nm

Resolution: From 0.1 nm (FWHM)

SNR: 250:1

Dynamic range: 1300:1 (single acquisition)

Thermal stability: 0.02 nm/°C (650 nm range), 0.06 pixels/°C

Integration time: 1 ms – 65 s

Power: 5V USB

Size: 88.9 x 63.5 x 31.9 mm (34.4 mm with feet); 3.5 x 2.5 x 1.26" (1.35" with feet)

Weight: 265 g (0.58 lb.)

Scan rate (maximum): ~400 Hz*

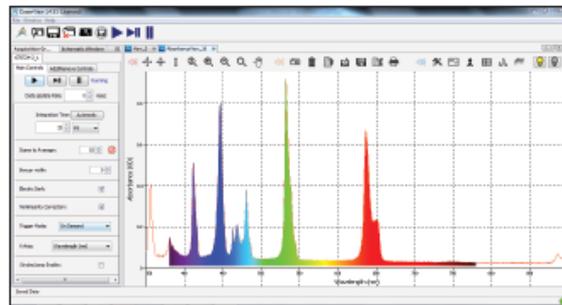
*When used with a standard, non-real time computer OS.



Learn more online at www.oceanoptics.com

Contact an Ocean Optics Application Scientist for details and pricing

Change the World, One Application at a Time



Holmium absorbance measured at 20 ms integration time from 350-800 nm with Flame spectrometer having a 25 μ m slit

We know it can be a challenge to get a spectroscopic measurement right the very first time. It's why you can configure the Flame for your specific application needs, with user-interchangeable slits to adjust for different requirements. It's also why we make our spectrometers available with the industry's largest range of modular light sources, fiber optics and sampling accessories for use within or outside of the lab. Small, rugged and easy to integrate, the Flame spectrometer is the ideal choice for OEMs, researchers and developers who can rely on our decades of experience and more than 250,000 spectrometers delivered.

The Applications that Matter, the Features You Need

Feature	Best For	Example Applications
User Interchangeable Slits	Users who wish to vary resolution and throughput during measurements, or switch from absorbance to fluorescence in minutes	Life science and other labs using a wide variety of biological samples
Indicator LEDs	Convenient visual reference for spectrometer operation and status	Teaching and general lab use
Thermal Stability	Applications that require repeatable results in industrial and other environments with varying temperatures and conditions	LED binning and light metrology, process monitoring
Reduced Unit to Unit Variation	OEM applications and other measurement needs where users benefit from low variance	OEM manufacturers of analytical instrumentation
Configurability	Optimizing your spectrometer for application-specific requirements; adjusting range, throughput and resolution and adding features such as filters as required	Laser characterization, low signal fluorescence and optimizing for specific absorbance bands
Plug & Play Operation	Users that want the convenience of simple, fast operation via the microUSB connection; lets users take the measurement to the sample	Remote sensing measurements in the field, including air and water quality monitoring and solar irradiance
Ease of Integration	OEMs and developers who need to integrate a spectrometer as part of a system via USB or RS-232	Engineering labs, developers, OEM manufacturers; works with LabVIEW and other design platforms

For more information, contact an application sales engineer today.



Photonic Solutions Ltd
Unit 2.2 Quantum Court
Heriot-Watt University Research Park
Edinburgh EH14 4AP
Tel: 0131 664 8122
Fax: 0131 449 7301
Email: sales@photronicsolutions.co.uk
Web: www.photronicsolutions.co.uk



www.oceanoptics.com
info@oceanoptics.com
US +1 727-733-2447

Spesifikasi Serat Optik



0.39 NA TECS Hard-Clad, High-OH, Step-Index, Multimode Fiber: Ø400 µm Core



Description

FT400UMT

Thorlabs' 0.39 NA TECS hard-clad, multimode, step-index fibers feature increased fiber strength and reduced static fatigue in humid environments. The high core-clad bonding prevents pistoning and provides more stable crimp-and-cleave or epoxy terminations. While this fiber has high hydroxyl ion (OH) concentrations for UV to visible (300 - 1200 nm) applications, Thorlabs also offers a low-OH fiber for applications in the visible to NIR (400 - 2200 nm) range.

Specifications

Geometrical and Mechanical	
Core Diameter	400 ± 8 µm
Clad Diameter	425 ± 10 µm
Coating Diameter	730 ± 30 µm
Core / Cladding	Pure Silica / TECS Hard Cladding
Coating	Tefzel
Operating Temperature (Tefzel Coating)	-65 to 135 °C
Stripping Tool	T21531

Optical	
Operating Wavelengths	300 - 1200 nm
Numerical Aperture	0.39
Max Attenuation @ 808 nm	14 dB/km
Core Index	436 nm: 1.467
	589.3 nm: 1.458
	1020 nm: 1.450
Cladding Index	436 nm: 1.406
	589.3 nm: 1.398
	1020 nm: 1.392
Bend Radius (Short Term / Long Term)	43 mm / 86 mm
Max Power Capability (Pulsed)	4.0 MW
Max Power Capability (CW)	0.8 kW

Specifications Subject
to Change without Notice

April 29, 2024

TTN004595-S01, Rev A

 www.thorlabs.com/contact

Spesifikasi Abbe Refractometer

Specifications

Brand	INESA	Model	WYA (2WAJ)
From		Name	Abbe refractometer



Specifications

nD measurement range	1.3000~1.7000nD
nD Measuring accuracy	±0.0002nD
Brix measurement range	0~95%Brix
Refractometer weight	2.6kg
Dimensions	200mm×100mm×240mm

Spesifikasi Nanopartikel Emas

SIGMA-ALDRICH

sigma-aldrich.com

3050 Spruce Street, Saint Louis, MO 63103, USA
 Website: www.sigmaaldrich.com
 Email USA: techserv@sial.com
 Outside USA: eurtechserv@sial.com

Product Specification

Product Name:
 Gold nanoparticles - 40 nm diameter, OD 1, stabilized suspension in citrate buffer

Product Number: 741981

Formula: Au
 Formula Weight: 196.97 g/mol
 Storage Temperature: 2 - 8 °C

Au

TEST	Specification
Appearance (Form)	Suspension
Polydispersity Index (PDI)	≤ 0.2
Core Size	37 - 43 nm
Mean Hydrodynamic Diameter (Z)	48 - 56 nm
Particles/ml	Confirmed
6.44E+ 10 - 7.87E+ 10	
Absorption Max	529 - 533 nm
Concentration	Confirmed
(OD): 1	
Buffer	Confirmed
Stabilized suspension in citrate buffer	
Product of Supplier	Confirmed
CytoDiagnostics, Inc	
Specification: PRD.0.ZQ5.1000058926	

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Bengkulu, 19 September 2002, merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 01 Kota Bengkulu, SMPN 01 Kota Bengkulu, dan SMAS Insan Cendekia Madani Tangerang Selatan. Penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP terdaftar 5009201178. Pada tahun pertama perkuliahan, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan akademik dan tergabung menjadi salah satu Pengajar Ruang Lentera 2021. Pada tahun kedua penulis menjadi bagian dari asisten laboratorium Rekayasa Fotonika sebagai anggota divisi Media. Pada tahun yang sama pula penulis tergabung menjadi staff departemen Sosial Masyarakat BEM FTIRS 2022. Pada tahun ketiga perkuliahan, penulis mengikuti kegiatan MBKM yang diselenggarakan Panasonic dalam *project LED Poultry* dan masih tetap aktif menjadi asisten laboratorium Rekayasa Fotonika di divisi *Human Resource*, selain itu penulis juga diamanahi menjadi kepala departemen Sosial Masyarakat BEM FTIRS 2023. Pada tahun terakhir perkuliahan, penulis mengambil Tugas Akhir dengan topik penelitian serat optik yang berjudul “Identifikasi Gelatin Sapi dan Babi dengan Metode *Localied Surface Plasmon Resonance (LSPR)* Berbasis Serat Optik Mode: Refleksi” sembari mempersiapkan kebutuhan pascakampus.