



TUGAS AKHIR TF 181801

**PERBANDINGAN PERFORMANSI SENSOR SPR
(SURFACE PLASMON RESONANCE)
BERDASARKAN KONFIGURASI OTTO DAN
KONFIGURASI KRETSCHMANN**

**GODWIN GOMOSMA
NRP 02311540000112**

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

**Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TF 181801

**PERFORMANCE COMAPRISON OF SURFACE PLASMON
RESONANCE SENSOR BASED ON OTTO CONFIGURATION
AND KRETSCHMANN CONFIGURATION**

GODWIN GOMOSMA
NRP. 02311540000112

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

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

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Godwin Gomosma
NRP : 02311540000112
Departemen / Prodi : Teknik Fisika/ S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul *“PERBANDINGAN PERFORMANSI SENSOR SPR (SURFACE PLASMON RESONANCE) BERDASARKAN KONFIGURASI OTTO DAN KONFIGURASI KRETSCHMANN ”* adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 31 Juli 2019
Yang membuat pernyataan,



Godwin Gomosma

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

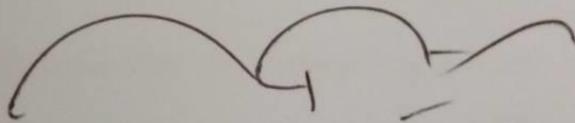
**PERBANDINGAN PERFORMANSI SENSOR SPR
(*SURFACE PLASMON RESONANCE*) BERDASARKAN
KONFIGURASI OTTO DAN KONFIGURASI
KRETSCHMANN**

Oleh:

Godwin Gomosma
NRP 02311540000112

Surabaya, 25 Juli 2019

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



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

Mengetahui,
Kepala Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS



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

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**LEMBAR PENGESAHAN
PERBANDINGAN PERFORMANSI SENSOR SPR
(SURFACE PLASMON RESONANCE) BERDASARKAN
KONFIGURASI OTTO DAN KONFIGURASI
KRETSCHMANN**

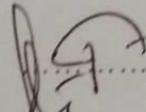
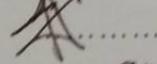
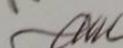
TUGAS AKHIR

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

Oleh:

GODWIN GOMOSMA
NRP. 02311540000112

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | | |
|---|---|-----------------------|
| 1. Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D |  | (Pembimbing) |
| 2. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M. Sc |  | (Ketua Penguji) |
| 3. Dr.rer.nat. Ir. Aulia M. T. Nasution, M.Sc |  | (Penguji I) |

**SURABAYA
JULI 2019**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ABSTRAK
PERBANDINGAN PERFORMANSI SENSOR SPR
(SURFACE PLASMON RESONANCE) BERDASARKAN
KONFIGURASI OTTO DAN KONFIGURASI
KRETSCHMANN

Nama : Godwin Gomosma
NRP : 0231154000112
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si, Ph.D

Pada penelitian ini, dilakukan simulasi untuk mengetahui performansi SPR (*Surface Plasmon Resonance*) berbasis Konfigurasi Otto dan Konfigurasi Kretschmann. SPR merupakan eksitasi gelombang plasmon pada suatu permukaan logam dan media dielektrik. Eksitasi tersebut dapat dilakukan menggunakan prisma, logam dan material dielektrik yang disusun dengan struktur geometri Kretschmann atau Otto. Pada konfigurasi Otto, lapisan dielektrik berada di antara prisma dan lapisan logam. Pada konfigurasi Kretschmann, lapisan logam berada diantara prisma dengan lapisan dielektrik. Dua konfigurasi tersebut umumnya digunakan pada SPR tipe prisma. Dewasa ini, SPR menjadi salah satu topik yang sering diteliti dalam pembuatan sensor karena akurasi yang baik, sensitivitas yang tinggi dan sifatnya yang *real time monitoring*. Hasil dari simulasi memperlihatkan bahwa terdapat perbedaan antara Konfigurasi Otto dan Konfigurasi Kretschmann. Dari perbandingan performansi dari jenis logam yang digunakan, Konfigurasi Otto memiliki FWHM yang lebih baik sehingga memiliki akurasi yang bagus. Selanjutnya dilakukan simulasi SPR sebagai sensor untuk memeriksa kadar larutan gula dan etanol untuk dibandingkan sensitivitasnya Konfigurasi Kretschmann memiliki performansi yang baik sebagai sensor konsentrasi larutan etanol karena memiliki sensitivitas sebesar 181,958 %/RIU, sedangkan Konfigurasi Otto memiliki performansi yang baik sebagai sensor konsentrasi larutan gula karena sensitivitas 167,7156 %/RIU.

Kata Kunci : *Surface Plasmon Resonance, Kretschmann, Otto*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ABSTRACT
**PERFORMANCE COMPARISON OF SURFACE PLASMON
RESONANCE SENSOR BASED ON OTTO
CONFIGURATION AND KRETSCHMANN
CONFIGURATION**

Name : Godwin Gomosma
NRP : 0231154000112
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisor : Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si, Ph.D

In this study, a simulation was conducted to determine the performance of the SPR (Surface Plasmon Resonance) based on the Otto Configuration and the Kretschmann Configuration. SPR is plasmon wave excitation on a metal surface and dielectric media. The excitation can be carried out using prisms, metals and dielectric materials arranged with Kretschmann or Otto geometry structures. In the Otto configuration, the dielectric layer is between the prism and the metal layer. In the Kretschmann configuration, the metal layer is between the prism and the dielectric layer. These two configurations are generally used in prism type SPR. Nowadays, SPR is one of the topics that is often researched in making sensors because of its good accuracy, high sensitivity and its real time monitoring. The results of the simulation show that there are differences between the Otto Configuration and the Kretschmann Configuration. From the performance comparison of the types of metals used, the Otto configuration has a better FWHM so it has good accuracy. The SPR simulation was then performed as a sensor to check the levels of sugar and ethanol solutions to be built. The sensitivity of the Kretschmann Configuration has good performance as an ethanol solution concentration sensor because it has a sensitivity of $181.958^\circ / \text{RIU}$, while the Otto Configuration has a good performance as a sensor concentration of sugar solution due to sensitivity $167,7156^\circ / \text{RIU}$.

Keywords : Surface Plasmon Resonance, Kretschmann, Otto

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan yang maha Esa sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul **PERBANDINGAN PERFORMANSI SENSOR SPR (SURFACE PLASMON RESONANCE) BERDASARKAN KONFIGURASI OTTO DAN KONFIGURASI KRETSCHMANN**

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Ucapan terimakasih ini, khususnya diberikan kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T, M.Si, Ph.D selaku Pembimbing dan Ketua Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu, bimbingan, kesabaran dalam mengajar serta fasilitas selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M. Sc selaku ketua penguji dan Kepala Laboratorium Rekayasa Fotonika yang selalu sabar mengajar dan memberikan inspirasi kepada penulis agar dapat menjadi pribadi yang lebih baik selama proses pembuatan tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua serta keluarga atas segala kasih sayang dan doa serta dukungan moril dan materil yang telah diberikan.
4. Icarus, kelompok absurd dan idealis yang terdiri dari saya, Gideon Saputra, Josafat M Malau, Effran Rajagukguk, dan Matus Nata Pakpahan karena selalu menemani dan menyemangati penulis selama pembuatan tugas akhir ini.
5. Herbert Hasudungan selaku adik kandung penulis yang juga menjadi inspirasi penulis dalam menjalani hidup.
6. Rofifah Hilya dan Vidiyan Nabila dari Dept. Ristek HMTF 17/18 selaku wakil kepala departemen penulis selagi menjabat menjadi kepala departemen Ristek HMTF ITS.

7. Yosiana Ria Donna Allo G, yang membuat proses pembuatan tugas akhir penulis menjadi lebih asik dan penuh gejolak.
8. Asisten Laboratorium Fotonika dan rekan seperjuangan tugas akhir yang mengambil bidang minat rekayasa fotonika.
9. Tashia Ega, sepupu penulis yang selalu mengajak penulis untuk jalan-jalan menikmati dunia.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidaklah sempurna, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan permintaan maaf atas kekeliruan apabila ditemukan dikemudian hari. Namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Selain itu juga semoga dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan tugas akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 31 Juli 2019

DAFTAR HALAMAN

| | |
|--|------|
| Halaman Judul Indonesia | i |
| HALAMAN JUDUL..... | iii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASME..... | v |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | vii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | ix |
| ABSTRAK..... | xi |
| <i>ABSTRACT</i> | xiii |
| KATA PENGANTAR..... | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR TABEL..... | xxi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.5 Sistematika Laporan | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Surface Plasmon Resonance | 5 |
| 2.2 TM dan TE | 6 |
| 2.2 Konfigurasi Otto..... | 8 |
| 2.3 Konfigurasi Kretschman..... | 8 |
| 2.4 Prinsip Kerja SPR sebagai Sensor | 9 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 13 |
| 3.1 Studi Literatur | 13 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2 Pembuatan Program | 14 |
| 3.3 Validasi | 16 |
| 3.4 Perbandingan dan Analisa Hasil simulasi | 16 |
| 3.5 Penyusunan Laporan | 20 |
| BAB IV TINJAUAN PUSTAKA..... | 21 |
| 4.1 Hasil Simulasi | 21 |
| 4.1.1 Perubahan Jenis Logam terhadap Nilai Reflektansi SPR | 21 |
| 4.2 Perbandingan Performansi..... | 33 |
| 4.2.2 Sebagai Sensor Konsentrasi Sukrosa | 33 |
| 4.2.3 Sebagai Sensor Konsentrasi Etanol | 34 |
| | 35 |
| BAB V | 37 |
| 5.1 Kesimpulan | 37 |
| 5.2 Saran | 38 |
| DAFTAR PUSTAKA | 39 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|---------------------|--|----|
| Gambar 2. 1 | Bentuk Gelombang Elektromagnetik Cahaya..... | 6 |
| Gambar 2. 2 | Mode TM dan TE..... | 7 |
| Gambar 2. 3 | Konfigurasi Otto | 8 |
| Gambar 2. 4 | Konfigurasi Kretschmann..... | 9 |
| Gambar 2. 5 | Grafik fungsi sudut terhadap reflektansi [2] | 10 |
| Gambar 2. 6 | Perbedaan sudut resonansi akibat perubahan indeks bias [2] | 11 |
| Gambar 2. 7 | SPR Sebagai Sensor Refraktometri | 12 |
| Gambar 3. 1 | Diagram alir proses pengerjaan tugas akhr..... | 13 |
| Gambar 3. 2 | Diagram alir proses penghitungan sensitivitas larutan | 18 |
| Gambar 4. 1 | Grafik reflektansi menggunakan emas dan perak Konfigurasi Kretschmann..... | 22 |
| Gambar 4. 2 | Grafik reflektansi menggunakan emas dan perak Konfigurasi Otto..... | 22 |
| Gambar 4. 3 | Grafik Variasi Indesk Bias Prisma terhadap Sudut Resonansi Konfigurasi Kretschmann | 24 |
| Gambar 4. 4 | Grafik Variasi Indesk Bias Prisma terhadap FWHM Konfigurasi Kretschmann..... | 24 |
| Gambar 4. 5 | Grafik Variasi Indesk Bias Prisma terhadap Sudut Resonansi Konfigurasi Otto | 25 |
| Gambar 4. 6 | Grafik Variasi Indesk Bias Prisma terhadap FWHM Konfigurasi Otto..... | 25 |
| Gambar 4. 7 | Pengaruh Indeks Bias terhadap Sensitivitas Konfigurasi Otto dan Kretschmann | 26 |
| Gambar 4. 8 | Grafik Variasi Indesk Bias Dielektrik terhadap Sudut Resonansi Konfigurasi Kretschmann | 28 |
| Gambar 4. 9 | Grafik Variasi Indesk Bias Dielektrik terhadap Sudut Resonansi Konfigurasi Kretschmann | 29 |
| Gambar 4. 10 | Grafik Variasi Indesk Bias Dielektrik Sudut Resonansi Konfigurasi Otto | 29 |
| Gambar 4. 11 | Grafik Variasi Indesk Bias Dielektrik terhadap FWHM Konfigurasi Otto | 30 |
| Gambar 4. 12 | Grafik Variasi Indesk Bias Dielektrik terhadap Nilai Reflektansi Konfigurasi Otto..... | 30 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4. 13 Variasi Lebar Dielektrik terhadap nilai Reflektansi Konfigurasi Kretschmann | 32 |
| Gambar 4. 14 Variasi Lebar Dielektrik terhadap nilai Reflektansi Konfigurasi Otto..... | 32 |
| Gambar 4. 15 Perbandingan Sensitivitas Konfigurasi Otto dan Kretschmann pada Larutan Gula | 34 |
| Gambar 4. 16 Perbandingan Sensitivitas Konfigurasi Otto dan Kretschmann pada Larutan Etanol | 35 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3. 1 Hubungan konsentrasi larutan gula dengan indeks bias larutan | 19 |
| Tabel 3. 2 Hubungan konsentrasi larutan etanol dengan indeks bias larutan | 19 |
| Tabel 4. 1 Variasi Logam Konfigurasi Otto..... | 23 |
| Tabel 4. 2 Variasi Logam Konfigurasi Kretschmann..... | 23 |
| Tabel 4. 3 Perbandingan FWHM Kretschmannn dengan Otto... | 27 |
| Tabel 4. 4 FWHM Konfigurasi Kretschmann pada vairasi indeks bias dielektrik | 28 |
| Tabel 4. 5 Spesifikasi Konfigurasi Otto dan Kretcshmann pada simulasi sensitivitas Larutan Gula | 33 |
| Tabel 4. 6 Spesifikasi Konfigurasi Otto dan Kretcshmann pada simulasi sensitivitas Larutan Gula | 35 |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

SPR (*Surface Plasmon Resonance*) merupakan eksitasi gelombang plasmon pada suatu permukaan logam dan media dielektrik [1]. Eksitasi tersebut terjadi saat permukaan logam mendapatkan momentum foton yang cukup dari sebuah gelombang TM (*Transverse Magnetic*) sehingga elektron bebas pada permukaan logam mengalami osilasi. Fenomena tersebut pertama kali diamati oleh Wood pada 1902 yang menemukan suatu kejanggalan pada sifat refleksi optik kisi logam [2]. Selanjutnya, Pines pada tahun 1956 secara teoritis menjelaskan bahwa elektron bebas pada sebuah logam dapat mengalami osilasi dan mengalami kehilangan energi ketika menelusuri logam, dan menyebut osilasi tersebut sebagai plasmon [1]. Kemudian, Ritchie menginvestigasi hilangnya energi elektron pada film tipis dan berhasil menjelaskan teori dan deskripsi pertama mengenai *surface plasmon* [2]. Pada tahun 1968, Otto menciptakan sebuah konfigurasi yang memungkinkan penggabungan antara gelombang plasmon dan gelombang cahaya yang selanjutnya di kembangkan oleh Kretschmann menjadi konfigurasi Kretschman. Konfigurasi Otto dan Kretschman menjadi salah satu konfigurasi yang paling sering digunakan sampai saat ini untuk mengeksitasi *surface plasmon* [3] [4]. Pada konfigurasi Otto, lapisan dielektrik berada di antara prisma dan lapisan logam. Sedangkan pada konfigurasi Kretschmann, lapisan logam berada diantara prisma dengan lapisan dielektrik. Dua konfigurasi tersebut kerap digunakan pada SPR tipe prisma [2] [4].

Dewasa ini, SPR menjadi salah satu topik yang sering diteliti dalam pembuatan sensor karena akurasi yang baik, sensitivitas yang tinggi dan sifatnya yang *real time monitoring* [5]. Penelitian tersebut umumnya lebih sering menggunakan konfigurasi Kretschmann sebagai konfigurasi penghasil *surface plasmon*. Hal tersebut dikarenakan penggunaan konfigurasi Otto yang lebih sulit diaplikasikan pada eksperimen sebagai akibat keharusannya untuk mengontrol jarak yang tipis antara permukaan logam dengan

prisma [2] [6]. Walaupun begitu, pada beberapa penelitian, konfigurasi Otto juga memiliki keunikan sendiri karena penggunaan konfigurasi Otto juga memiliki kelebihan, yaitu tidak mengalami *loss* yang besar dari jenis logam tebal yang digunakan [6] [7]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pembuatan konfigurasi Otto sebagai sensor SPR juga layak untuk diteliti. Untuk kekurangannya, pembuatan SPR sebagai sensor memiliki biaya fabrikasi yang mahal [8]. (jenis logam yang umumnya digunakan adalah emas dan perak). Untuk mengurangi kerugian akibat kegagalan fabrikasi, dapat dilakukan sebuah simulasi. Simulasi akan membantu dalam proses pembuatan sensor tersebut karena dari simulasi, bisa didapatkan rancangan sensor SPR yang optimal. Dari simulasi, bisa juga didapatkan, konfigurasi mana yang lebih baik digunakan sebagai suatu sensor.

Melihat hal tersebut, maka diperlukan sebuah penelitian untuk mengetahui perbandingan Performansi Sensor SPR (*Surface Plasmon Resonance*) berdasarkan Konfigurasi Otto dan Konfigurasi Krestchman dengan membandingkan variasi jenis logam, ketebalan logam, dan jenis sudut prisma yang digunakan dan aplikasinya sebagai sensor berbasis refraktometri. Hasil yang didapatkan dari hasil simulasi diharapkan dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan konfigurasi Otto dan Kretschmann terhadap perubahan nilai indeks bias dielektrik, indeks bias prisma, ketebalan logam untuk konfigurasi Kretschmann dan lebar dielektrik untuk konfigurasi Otto?
2. Bagaimana perbandingan aplikasi konfigurasi Kretschmann dan Otto sebagai sensor konsentrasi larutan gula dan etanol?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membandingkan konfigurasi Otto dan Kretschmann terhadap perubahan nilai indeks bias dielektrik, indeks bias prisma, ketebalan logam untuk konfigurasi Kretschmann dan lebar dielektrik untuk konfigurasi Otto.
2. Menerapkan dan membandingkan aplikasi konfigurasi Kretschmann dan Otto sebagai sensor konsentrasi larutan gula dan etanol.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Konfigurasi yang disimulasikan adalah tipe Otto dan Kretschmann.
2. Parameter yang dinalisa adalah pengaruh jenis logam, indeks bias medium dielektrik, indeks bias prisma, cahaya monokromatik yang digunakan pada konfigurasi terhadap perubahan sudut resonansi.
3. Sensitivitas dicari menggunakan metode *angular modulation*.

1.5 Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini tersusun atas lima bab yang tersusun secara sistematis dengan rincian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan pada tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai beberapa teori dasar yang menunjang penelitian tugas akhir ini mengenai SPR.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memberikan penjelasan detail tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan hasil dan pembahasan pada perancangan dan hasil simulasi

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Surface Plasmon Resonance

SPR (*Surface Plasmon Resonance*) adalah fenomena resonansi antara gelombang cahaya dengan elektron-elektron bebas pada permukaan logam, dimana elektron-elektron tersebut berosilasi dan menghasilkan gelombang plasmon. SPR terjadi pada bidang batas logam-dielektrik saat sebuah berkas cahaya dengan tipe polarisasi p (*Transversed Magnetic/P Polarized*) mengenai permukaan tersebut [1].

Berdasarkan persamaan gelombang Maxwell, dapat diketahui bahwa gelombang plasmon memiliki konstanta propagasi (K_{sp}) [2] yang diberikan melalui persamaan

$$K_{sp} = \frac{\omega}{c} \left(\frac{\epsilon_m}{\epsilon_m + \epsilon_d} \right)^{1/2} \quad (1)$$

Dimana ϵ_m dan ϵ_s masing-masing merepresentasikan konstanta dielektrik dari logam dan medium dielektrik; ω merepresentasikan frekuensi dari gelombang cahaya datang dan c merepresentasikan kecepatan cahaya. Persamaan (1) menunjukkan bahwa kedua material (logam dan dielektrik) diperlukan agar dapat dihasilkan vektor gelombang plasmon.

Ketika cahaya dengan frekuensi ω melewati medium dielektrik, konstanta propagasi maksimum cahaya didapat melalui persamaan [2]

$$K_s = \frac{\omega}{c} (\epsilon_d)^{1/2} \quad (2)$$

Agar dapat dihasilkan fenomena SPR, nilai K_{sp} harus lebih besar dari nilai K_s . Cahaya langsung tidak dapat mengeksitasi gelombang plasmon pada permukaan logam karena nilai K_s yang akan lebih kecil. Untuk meningkatkan nilai tersebut, diperlukan momentum yang lebih sehingga

gelombang plasmon dapat dieksitasi pada permukaan logam-dielektrik, salah satunya adalah dengan menggunakan prisma atau medium transparan[1] sehingga persamaan pada K_s menjadi:

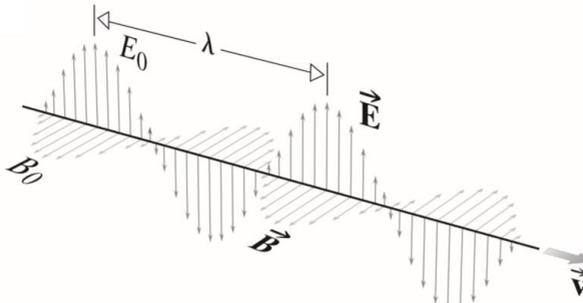
$$K_s = \frac{\omega}{c} (\epsilon_p)^{1/2} \sin \theta \quad (3)$$

Nilai sinus pada persamaan adalah sudut dari cahaya datang. Dengan begitu, gelombang plasmon dapat dikeluarkan saat kondisi pada persamaan (4) dapat terpenuhi[2]:

$$\frac{\omega}{c} \left(\frac{\epsilon_m \epsilon_d}{\epsilon_m + \epsilon_d} \right)^{1/2} = \frac{\omega}{c} (\epsilon_p)^{1/2} \sin \theta \quad (4)$$

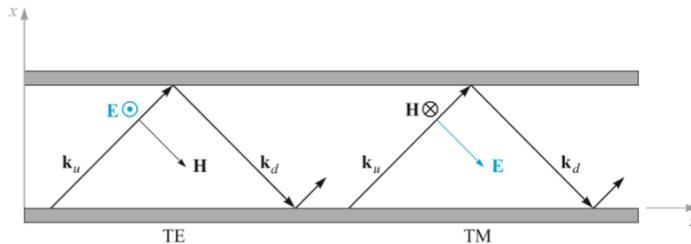
2.2 TM dan TE

Fenomena SPR dapat dipengerti menggunakan teori gelombang elektromagnetik yang menjelaskan transmisi, refleksi dan absorpsi cahaya pada sebuah medium. Dalam perambatannya sebagai gelombang elektromagnetik, cahaya memiliki medan magnet dan medan listrik yang selalu berorientasi sebagai gelombang dengan bentuk transversal.



Gambar 2. 1 Bentuk Gelombang Elektromagnetik Cahaya [9]

Dari gambar diatas, dapat dilihat bentuk perambatan masing-masing medan. Medan listrik berosilasi sehingga menghasilkan medan magnet, begitu juga sebaliknya sehingga cahaya dapat merambat sebagai gelombang elektromagnetik. Umumnya, cahaya pada ruang terbuka merambat dalam mode TEM (*Transver Electromagnetic*) seperti pada gambar 21. Mode tersebut dapat diubah menjadi mode TM (*Transverse Magnetic*) atau TE (*Transverse Electric*) yang diilustrasikan pada gambar 2.2



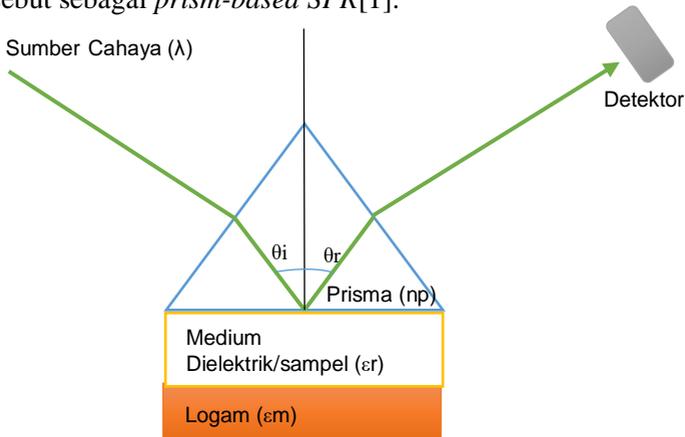
Gambar 2. 2 Mode TM dan TE [10]

TE adalah kondisi saat kuat medan magnet (H) merambat pada bidang paralel dengan sumbu z , sedangkan medan listrik mengarah tegak lurus kearah pembaca (gambar 2.2,dimana titik menandakan arah perambatan menuju pembaca). Pada mode ini, komponen E_z , yaitu gaya listrik dengan arah sumbu z , bernilai nol.

Pada mode TM, gaya listrik (E) merambat pada bidang paralel dengan sumbu z , sedangkan medan magnet mengarah tegak lurus kearah pembaca. Pada mode ini, komponen H_z , yaitu kuat medan magnet dengan arah sumbu z , bernilai nol.

2.2 Konfigurasi Otto

Konfigurasi Otto[1][2] adalah konfigurasi untuk menghasilkan gelombang plasmon yang ditemukan oleh Otto pada tahun 1968. Pada Konfigurasi ini, sistem terdiri dari prisma, medium dielektrik, dan logam dengan struktur geometri seperti pada gambar 2.21. Konfigurasi ini sering disebut sebagai *prism-based SPR*[1].



Gambar 2. 3 Konfigurasi Otto

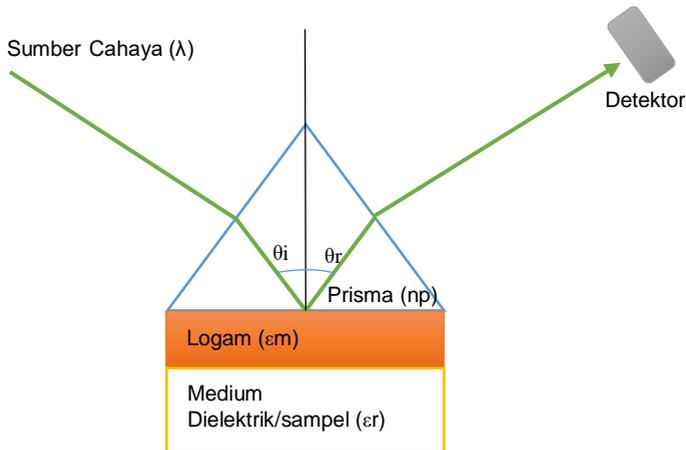
Prisma berfungsi untuk meningkatkan momentum cahaya datang sehingga kondisi pada persamaan (4) dapat terpenuhi.

Lebar dari logam pada konfigurasi otto tidak mempengaruhi fenomena resonansi yang terjadi. Fenomena resonansi lebih dipengaruhi oleh jenis dan lebar medium dielektrik dengan skala sekitar 200-1000 nm.

2.3 Konfigurasi Kretschman

Pada konfigurasi Kretschmann[4][3], lapisan logam berada kontak langsung dengan prisma sedangkan lapisan dielektriknya menutupi lapisan logam tersebut. Konfigurasi

terebut dapat dilihat pada Gambar 2. Seperti pada Konfigurasi Otto, prisma berfungsi untuk meningkatkan momentum cahaya datang sehingga kondisi pada persamaan (4) dapat terpenuhi



Gambar 2. 4 Konfigurasi Kretschmann

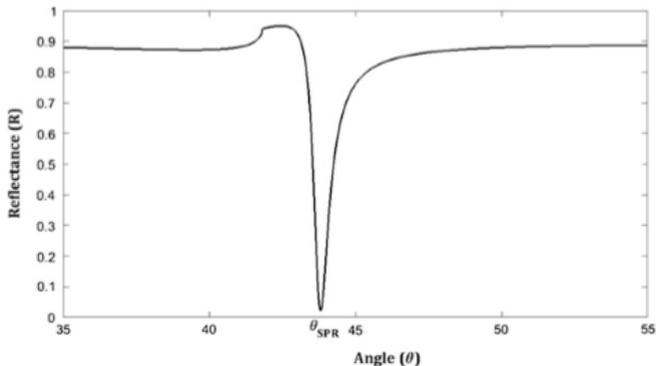
Berbeda dengan konfigurasi Otto, pada konfigurasi Kretschmann lebar logam harus dibuat setipis mungkin (skala nanometer), sehingga fenomena SPR dapat dihasilkan. Umumnya, lebar logam yang digunakan berkisar dari 40-50 nm. Penggunaan logam yang tebal akan menghilangkan fenomena SPR pada sistem[1].

2.4 Prinsip Kerja SPR sebagai Sensor

Akibat perbedaan indeks bias antara logam dengan medium dielektrik, cahaya datang yang menuju permukaan logam dapat mengalami TIR (*Total Internal Reflection*). TIR terjadi karena cahaya datang belum memenuhi kondisi resonansi pada persamaan (4) sehingga cahaya datang tetap dipantulkan.

Saat resonansi, eksitasi gelombang plasmon yang terjadi pada permukaan logam-dielektrik adalah hasil dari

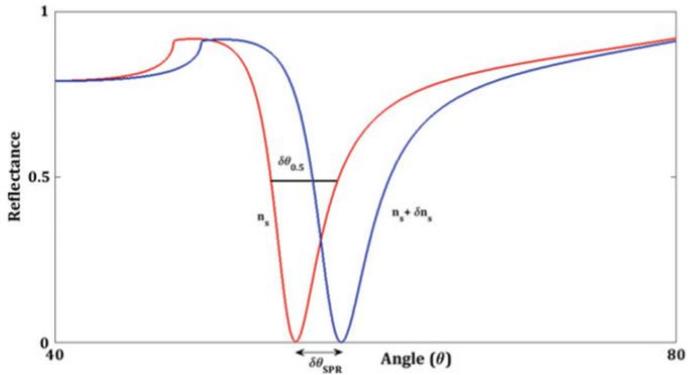
transfer energi cahaya sumber ke permukaan plasmon, yang mengurangi energi dari cahaya yang direfleksikan[1]. Resonansi tersebut menyebabkan tidak ada cahaya yang direfleksikan sehingga nilai refleksi akan bernilai 0. Pada Gambar 2.3, θ_{SPR} adalah sudut terjadinya resonansi karena nilai reflektansi bernilai 0.



Gambar 2. 5 Grafik fungsi sudut terhadap reflektansi [2]

Sudut resonansi dapat ditemukan dengan merubah sudut cahaya datang (dari 0 sampai 90 derajat). Proses tersebut dinamakan *angular modulation* [11]. Selanjutnya, nilai reflektansi dan sudut resonansi dapat digunakan sebagai dasar *sensing* pada SPR.

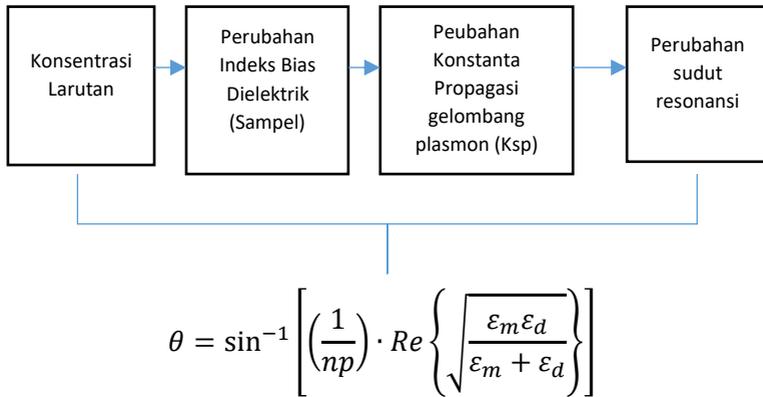
Dengan menetapkan karakteristik cahaya datang (panjang gelombang dan fase) dan karakteristik prisma (indeks bias prisma), perubahan jenis material dielektrik akan merubah sudut resonansi karena perubahan tersebut merubah nilai indeks bias dari medium dielektrik seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.4. Perbedaan tersebut dapat digunakan untuk menentukan sensitivitas dari sensor[1][2][9] dan menentukan jenis dari material dielektrik. SPR yang memanfaatkan perubahan indeks bias dari dielektrik dinamakan sensor *SPR direct sensor* atau *Refractrometri SPR Sensor*[].



Gambar 2. 6 Perbedaan sudut resonansi akibat perubahan indeks bias [2]

Input SPR sebagai sensor adalah indeks bias dari material dielektrik yang dapat dianalisa dengan memainkan parameter berupa panjang gelombang cahaya datang, indeks bias prisma, dan sudut datang cahaya dan jenis logam yang digunakan. Keluaran yang diharapkan berupa sudut resonansi atau nilai reflektansi yang merupakan daya dari cahaya datang.

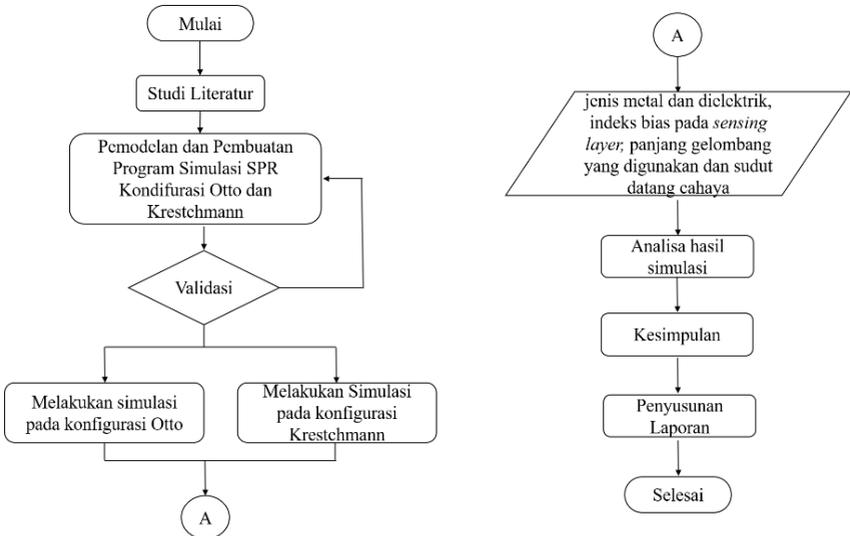
Pada gambar 2.5 dapat dilihat cara kerja SPR sebagai sensor berbasis refraktometri. Perubahan dari konsentrasi larutan akan merubah indeks bias dari sampel yang merubah nilai konstanta dielektrik sampel (ϵ_d), hal tersebut akan merubah konstanta propagasi gelombang plasmon pada persamaan (1). Akibat dari berubahnya nilai K_{sp} , sudut resonansi agar gelombang plasmon dapat dihasilkan juga mengalami perubahan. Persamaan θ yang ada pada gambar 2.5 merupakan turunan dari persamaan (4).



Gambar 2. 7 SPR Sebagai Sensor Refraktometri

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metodologi penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram alir proses pengerjaan tugas akhir

3.1 Studi Literatur

Studi Literatur merupakan studi mengenai teori dasar dan fisika dari *surface plasmon resonance* dan cara kerjanya sebagai sensor. Pembelajaran dari studi didapat dari jurnal-jurnal dan penelitian seputar SPR dan *textbook* mengenai fisika SPR dan gelombang elektromagnetik. Tahap ini dilakukan agar penulis mendapat pemahaman yang lebih dalam. Hasil dari studi selanjutnya akan dijadikan sebagai dasar teori dalam melakukan penelitian ini.

3.2 Pembuatan Program

Setelah dilakukan studi literatur, program simulasi dibuat dengan software untuk mensimulasikan SPR pada konfigurasi Otto dan konfigurasi Kretschmann. Parameter yang dimulasikan adalah variasi jenis material logam yang digunakan pada masing-masing konfigurasi pada SPR, variasi indeks bias prisma, variasi indeks bias material dielektrik dan ketebalan logam untuk Konfigurasi Kretschman dan leba dielektrik untuk Konfigurasi Otto

Pada simulasi, hasil yang akan ditampilkan merupakan nilai reflektansi dari SPR. Nilai reflektansi dapat dicari menggunakan persamaan Fresnel [12], yang didapat dilihat melalui persamaan (5).

$$R = |r_{pmd}|^2 = \left| \frac{r_{pm} + r_{md} e^{2ik_{mz}d_m}}{1 + r_{pm} r_{md} e^{2ik_{mz}d_m}} \right| \quad (5)$$

Dimana,

R = reflektansi

r_{pm} = koefisien reflektansi prisma dengan logam

r_{md} = koefisien reflektansi logam dengan dielektrik

k_{mz} = vector gelombang terhadap medium logam

d_m = tebal logam

Koefisien reflektansi dapat dicari menggunakan persamaan (6) dan (7), dengan p, m, s adalah kondisi pada prisma, logam, dan material dielektrik secara berturut-turut.

$$r_{pm} = \frac{k_{pz} \varepsilon_m - k_{mz} \varepsilon_p}{k_{pz} \varepsilon_m + k_{mz} \varepsilon_p} \quad (6)$$

$$r_{ms} = \frac{k_{mz} \varepsilon_m - k_{sz} \varepsilon_m}{k_{mz} \varepsilon_m + k_{sz} \varepsilon_m} \quad (7)$$

Untuk memakai persamaan (6) dan (7), persamaan vector dapat dilihat pada persamaan (8) dengan nilai permisivitas dapat dicari menggunakan persamaan (9).

$$k_{jz} = \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon_j - \varepsilon_p (\sin \theta)^2} \quad (8)$$

Dimana,

ω = frekuensi angular dari cahaya datang

θ = sudut datang cahaya

c = kecepatan cahaya

ε_j = permitivitas relatif suatu material

Nilai real dan imajiner untuk mengetahui permitivitas relatif pada persamaan (9) dari masing-masing material dapat dicari menggunakan persamaan (10) dan (11).

$$\tilde{\varepsilon}_r = \varepsilon_1 - i\varepsilon_2 \quad (9)$$

$$\varepsilon_1 = n^2 - \kappa^2 \quad (10)$$

$$\varepsilon_2 = 2nk \quad (11)$$

Nilai n dan k adalah nilai real dan imajiner dari indeks bias suatu material.

Persamaan (5) digunakan untuk pada Konfigurasi Kretschman.

Penggunaan persamaan (5) pada Konfigurasi Otto adalah dengan mengganti hubungan prisma dengan logam menjadi hubungan antara prisma dengan dielektri [13], sesuai dengan urutan konfigurasi Otto sehingga persamaan menjadi:

$$R = |r_{pdm}|^2 = \left| \frac{r_{pd} + r_{dm} e^{2ik_{dz}d}}{1 + r_{pd} r_{dm} e^{2ik_{dz}d}} \right| \quad (12)$$

Dimana,

R = reflektansi

r_{pd} = koefisien reflektansi prisma dengan dielektrik

r_{dm} = koefisien reflektansi dielektrik dengan logam

k_{dz} = vector gelombang terhadap medium dielektrik

d_d = tebal dielektrik

Penurunan untuk persamaan (12) dapat menggunakan persamaan (6) sampai (11) dengan mengganti hubungan prisma-logam-dielektrik menjadi prisma-dielektrik-logam.

3.3 Validasi

Untuk mengetahui ketepatan dari simulasi maka dilakukan validasi, yaitu dengan cara membandingkan hasil referensi jurnal-jurnal penelitian yang telah dilakukan mengenai SPR.

Selanjutnya, hasil simulasi dicocokkan dengan hasil dari penelitian yang pernah dilakukan. Untuk Konfigurasi Kretschmann, validasi menggunakan [14] [15], sedangkan untuk Konfigurasi Otto menggunakan [13]. Validasi juga dilakukan dari hasil penelitian dan S.P. Yushanov, et all [16] menggunakan software simulasi COMSOL Multiphysics untuk kedua Konfigurasi.

3.4 Perbandingan dan Analisa Hasil simulasi

Program yang dibuat selanjutnya dijalankan dan simulasi dilakukan pada masing masing konfigurasi dengan mengubah Parameter: variasi jenis material logam yang digunakan pada masing-masing konfigurasi pada SPR, variasi indeks bias prisma, variasi indeks bias material dielektrik dan ketebalan logam untuk Konfigurasi Kretschman dan lebar dielektrik untuk Konfigurasi Otto.

Setelah melakukan perubahan variasi, dilakukan simulasi dengan menggunakan sampel dari konsentrasi larutan gula dan

larutan etanol. Perubahan dari konsentrasi akan merubah indeks bias dari sampel sehingga merubah sudut resonansi dari sampel. Informasi mengenai indeks bias larutan gula didapat dari [15] dan informasi mengenai indeks bias etanol didapat dari [16].

Performansi dari masing-masing konfigurasi dapat dianalisa dengan membandingkan hasil variasi, reflektansi sensitivitas [13][1][2].

Indeks bias sampel merupakan rentang yang didapat dilihat pada tabel 3.1 dan tabel 3.2. Selanjutnya nilai konstanta dielektrik logam (ϵ_m), indeks bias prisma (np), panjang gelombang cahaya datang (λ), dan ketebalan (d) logam untuk konfigurasi Krestchmann, lebar dielektrik (d) untuk konfigurasi Otto ditentukan sebagai parameter desain sensor. Selanjutnya diberikan sudut cahaya datang dari 0 sampai 90 derajat agar sudut resonansi dapat diketahui nilainya. Sudut resonansi merupakan reflektansi minimum. Setelah itu, selisih dari perubahan sudut resonansi antara indeks bias sampel pada larutan konsentrasi nol dengan sudut resonansi dari kenaikan indeks bias. Selisih dari indeks bias juga dicari. Setelah mendapatkan nilai tersebut, Sensitivitas dapat dicari menggunakan persamaan [12] (13):

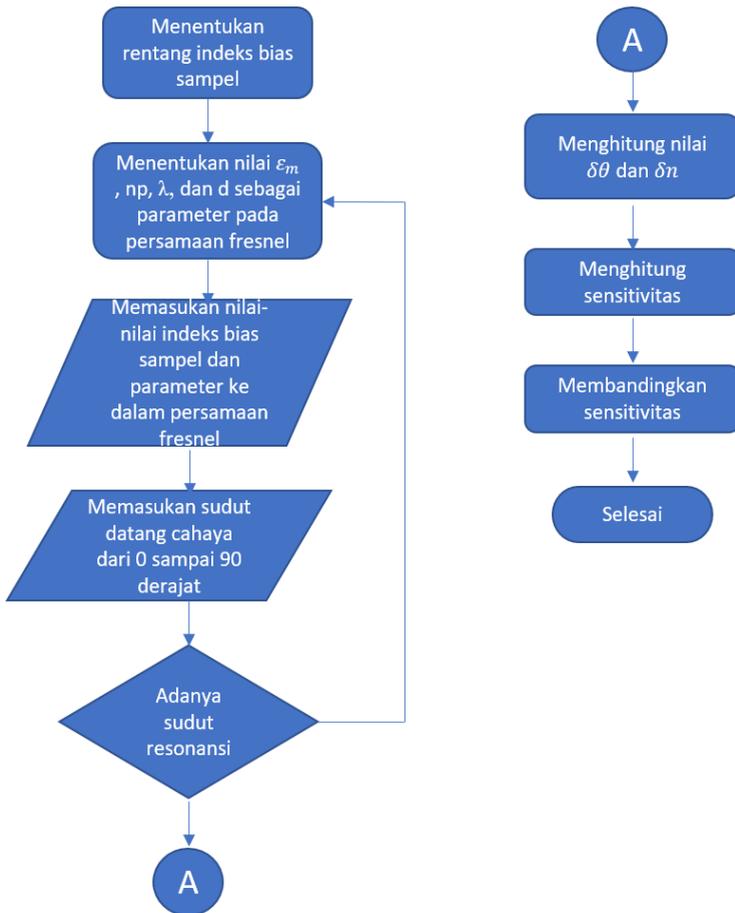
$$S = \frac{\delta\theta}{\delta n} \quad (13)$$

Dimana:

S = Sensitivitas

$\delta\theta$ = Perubahan Sudut Resonansi

δn = Perubahan Indeks Bias



Gambar 3. 2 Diagram alir proses penghitungan sensitivitas larutan

Tabel 3. 1 Hubungan konsentrasi larutan gula dengan indeks bias larutan

| Konsentrasi (% wt) | Indeks Bias Larutan Gula dengan Laser He-Ne (632 nm) |
|--------------------|--|
| 0 | 1,3282 |
| 5 | 1,338 |
| 10 | 1,3465 |
| 15 | 1,3558 |
| 20 | 1,3602 |
| 25 | 1,3688 |
| 30 | 1,377 |
| 35 | 1,3848 |
| 40 | 1,3948 |
| 45 | 1,4041 |
| 50 | 1,414 |

Tabel 3. 2 Hubungan konsentrasi larutan etanol dengan indeks bias larutan

| Konsentrasi (% wt) | Indeks Bias dengan Laser 589.29 nm |
|--------------------|------------------------------------|
| 0 | 1,333 |
| 2 | 1,3342 |
| 4 | 1,3354 |
| 6 | 1,3367 |
| 8 | 1,3381 |
| 10 | 1,3395 |
| 12 | 1,341 |
| 14 | 1,3425 |
| 16 | 1,344 |
| 18 | 1,3455 |
| 20 | 1,3469 |

3.5 Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan Tugas Akhir merupakan pembukuan serta dokumentasi yang menghasilkan sebuah tulisan ilmiah sebagai tahap akhir dari penelitian ini.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi

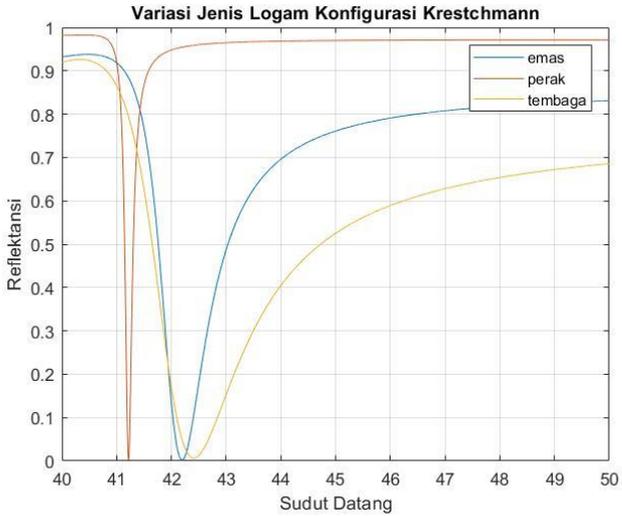
Simulasi dilakukan menggunakan persamaan (5) untuk struktur geometri dari SPR dengan tiga *layer* yaitu, prisma (medium transparan), logam, dan material dielektrik. Selanjutnya, dilakukan variasi perubahan dari jenis logam, indeks bias medium transparan, indeks bias material dielektrik dan panjang gelombang terhadap nilai reflektansi SPR.

4.1.1 Perubahan Jenis Logam terhadap Nilai Reflektansi SPR

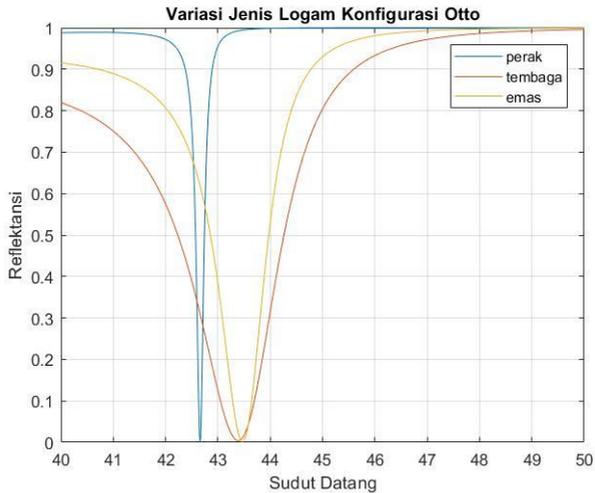
Pada gambar 4.1 dan 4.2, dapat dilihat perbandingan antara penggunaan jenis logam emas, jenis logam perak dan tembaga pada konfigurasi Kretschmann dan Otto. Simulasi disituasikan pada kondisi material dielektrik berupa udara dengan indeks bias 1, indeks bias prisma 1,516 dan panjang gelombang cahaya datang 632 nm. Lebar Dielektrik dan tebal logam disesuaikan untuk menghasilkan hasil yang baik, yaitu nilai reflektansi yang bernilai nol

Dari hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2, perbedaan sudut resonansi antara Konfigurasi Otto dan Konfigurasi Kretschman tidak berbeda jauh. Penggunaan logam perak memiliki nilai FWHM (*Full Width Half Maximum*) yang paling baik pada masing-masing konfigurasi. Hal tersebut disebabkan karena penggunaan logam perak memiliki nilai imajiner yang lebih besar dibandingkan nilai realnya. Nilai FWHM yang kecil akan mengurangi SNR (*Signal to Noise*) dari sensor.

Pada logam emas dan perak untuk masing-masing konfigurasi, nilai FWHM yang lebih tinggi membuat sensitivitas lebih baik karena nilai realnya yang tinggi.



Gambar 4. 1 Grafik reflektansi menggunakan emas dan perak Konfigurasi Kretschmann



Gambar 4. 2 Grafik reflektansi menggunakan emas dan perak Konfigurasi Otto

Tabel 4. 1 Variasi Logam Konfigurasi Otto

| Jenis Logam | Sudut Resonansi | Nilai Reflektansi | FWHM | Lebar Dielektrik |
|-------------|-----------------|-------------------|------|------------------|
| Perak | 42,66 | 0,0004 | 0,18 | 1000 nm |
| Emas | 43,48 | 0,0002 | 1,1 | 600 nm |
| Tembaga | 43,31 | 0,0003 | 2,02 | 500 nm |

Tabel 4. 2 Variasi Logam Konfigurasi Kretschmann

| Jenis Logam | Sudut Resonansi | Nilai Reflektansi | FWHM | Tebal Logam |
|-------------|-----------------|-------------------|------|-------------|
| Emas | 42,196 | 0,0023 | 1,27 | 50 nm |
| Perak | 41,234 | 0,0012 | 0,15 | 55 nm |
| Tembaga | 42,41 | 0,0063 | 2,64 | 40 nm |

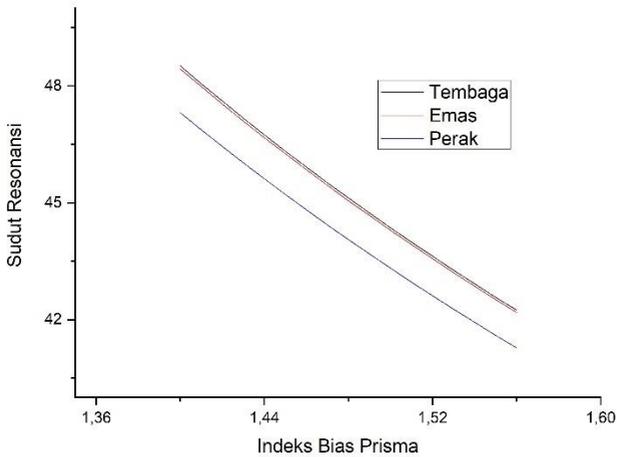
4.1.2 Variasi Indeks Bias Prisma

Simulasi dilakukan dengan menggunakan spesifikasi indeks bias material dielektrik 1, panjang gelombang cahaya datang, tebal logam dan lebar untuk masing-masing logam seperti pada tabel 4.1 dan 4.2. Indeks bias prisma divariasikan dari 1.36 sampai 1.5.

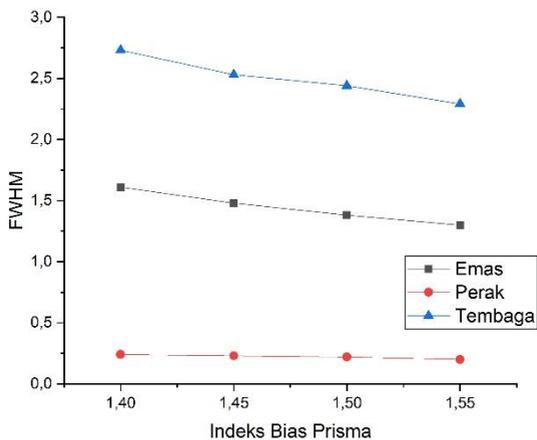
Perubahan indeks bias akan mengubah sudut resonansi pada Konfigurasi Kretschmann dan Otto. Semakin tinggi nilai indeks bias prisma, maka akan terjadi penurunan sudut resonansi yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.6. Perubahan indeks bias tidak mengubah nilai reflektansi pada dua konfigurasi tersebut. Variasi penggunaan jenis indeks bias prisma dapat digunakan untuk meningkatkan nilai sensitivitas dari sensor SPR[15]. Tidak terdapat perbedaan performansi dalam sudut resonansi untuk masing-masing konfigurasi.

Selanjutnya dilakukan penghitungan FWHM dari masing-masing konfigurasi yang dapat dilihat melalui tabel 4.3.

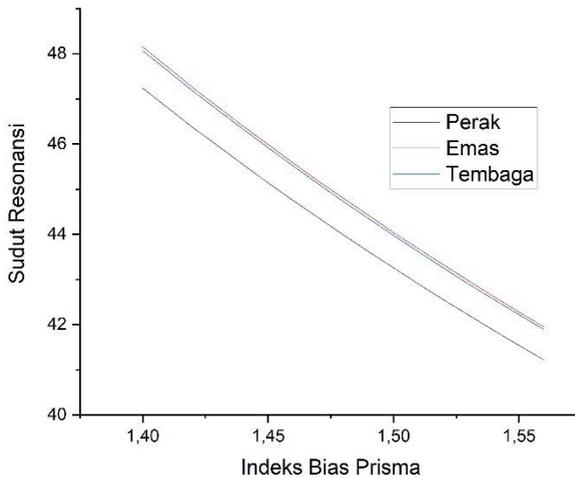
Variasi Indeks Bias Prisma terhadap Sudut Resonansi Konfigurasi Kretschmann

**Gambar 4. 3** Grafik Variasi Indeks Bias Prisma terhadap Sudut Resonansi Konfigurasi Kretschmann

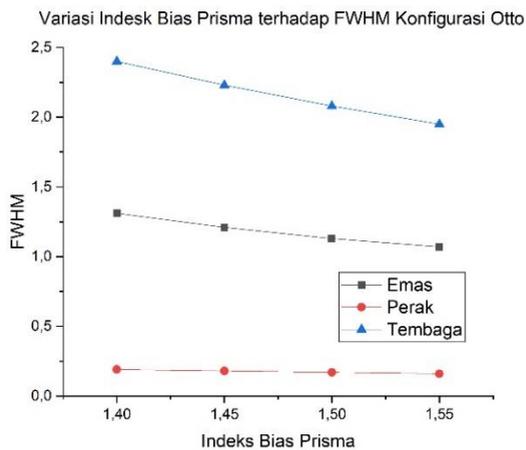
Variasi Indeks Bias Prisma terhadap FWHM Konfigurasi Kretschmann

**Gambar 4. 4** Grafik Variasi Indeks Bias Prisma terhadap FWHM Konfigurasi Kretschmann

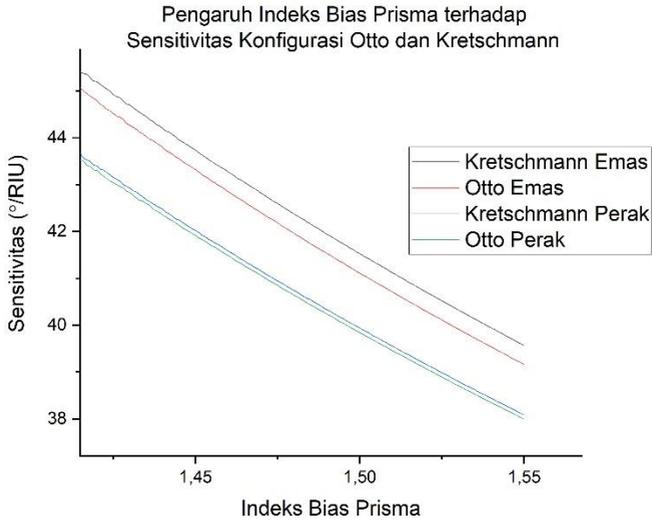
Variasi Indeks Bias Prisma terhadap Sudut Resonansi Konfigurasi Otto



Gambar 4. 5 Grafik Variasi Indeks Bias Prisma terhadap Sudut Resonansi Konfigurasi Otto



Gambar 4. 6 Grafik Variasi Indeks Bias Prisma terhadap FWHM Konfigurasi Otto



Gambar 4. 7 Pengaruh Indeks Bias terhadap Sensitivitas Konfigurasi Otto dan Kretschmann

Berdasarkan[13], penurunan indeks bias mampu meningkatkan sensitivitas dari sistem. Dengan menggunakan data dari gambar 4.5 dan 4.3, sensitivitas dari masing-masing konfigurasi dicari. Seperti[13], penurunan indeks bias akan meningkatkan sensitivitas. Dari hasil simulasi, didapatkan bahwa konfigurasi Kretschmann memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dari konfigurasi Otto untuk penggunaan jenis logam emas dan perak.

Tabel 4. 3 Perbandingan FWHM Kretschmannn dengan Otto

| Indeks Bias Prisma | FWHM Kretschmann | | | FWHM Otto | | |
|--------------------|------------------|------|---------|-----------|------|---------|
| | Perak | Emas | Tembaga | Perak | Emas | Tembaga |
| 1,4 | 0,19 | 1,35 | 2,79 | 0,2 | 1,32 | 2,37 |
| 1,42 | 0,19 | 1,32 | 2,67 | 0,2 | 1,29 | 2,33 |
| 1,44 | 0,19 | 1,26 | 2,61 | 0,19 | 1,24 | 2,25 |
| 1,46 | 0,18 | 1,21 | 2,53 | 0,18 | 1,2 | 2,19 |
| 1,48 | 0,17 | 1,16 | 2,32 | 0,17 | 1,17 | 2,18 |
| 1,5 | 0,17 | 1,15 | 2,32 | 0,17 | 1,15 | 2,06 |
| 1,52 | 0,17 | 1,1 | 2,31 | 0,17 | 1,12 | 2,03 |
| 1,54 | 0,16 | 1,09 | 2,28 | 0,16 | 1,07 | 1,97 |
| 1,56 | 0,16 | 1,8 | 2,19 | 0,16 | 1,06 | 1,9 |

4.1.3 Variasi Indeks Bias Dielektrik

Spesifikasi yang digunakan sama seperti pada simulasi sebelumnya dengan indeks bias prisma 1,516 dan indeks bias dielektrik, yaitu medium sampel (*sensing medium*) divariasikan dari 1 sampai 1.33..Perubahan indeks bias dielektrik memiliki efek yang berbeda pada masing-masing konfigurasi. Pada konfigurasi Kretschmann, perubahan jenis dan nilai indeks bias dielektrik hanya mempengaruhi sudut resonansi. Sudut resonansi akan semakin tinggi, seiring dengan penambahan nilai indeks bias dielektrik pada konfigurasi Kretschmannn yang dapat dilihat pada gambar 4.8. Kenaikan sudut juga terjadi pada konfigurasi otto.

Nilai FWHM pada masing-masing konfigurasi dapat dibandingkan melalui gambar 4.9. Dari grafik dapat dilihat bahwa konfigurasi otto memiliki nilai FWHM yang lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi Kretschmannn.

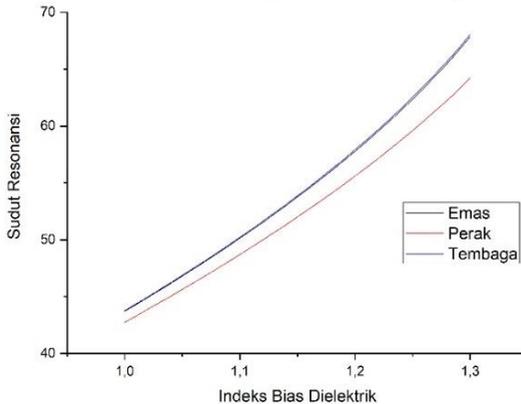
Pada konfiugrasi Otto, kenaikan nilai indeks bias dielektrik akan mengubah nilai reflektansi dari kondisi optimal. Semakin tinggi nilai, maka nilai reflektansi akan semakin

tinggi seperti yang dilihat pada gambar 4.12. Untuk mengoptimalkan kembali hasil, lebar dielektrik harus diubah.

Tabel 4. 4 FWHM Konfigurasi Kretschmann pada vairasi indeks bias dielektrik

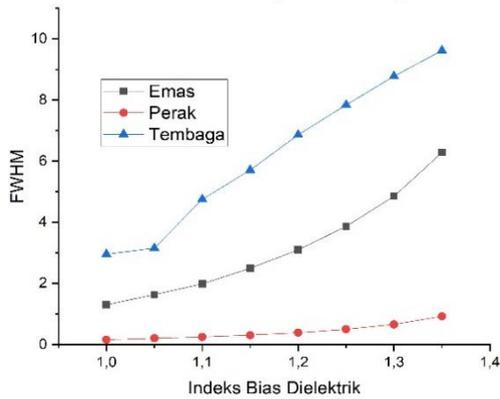
| Indeks Bias Dielektrik | Kretschmann | | | Otto | | |
|------------------------|-------------|------|---------|-------|------|---------|
| | Perak | Emas | Tembaga | Perak | Emas | Tembaga |
| 1 | 0,16 | 1,3 | 2,96 | 0,18 | 1,13 | 2,03 |
| 1,05 | 0,21 | 1,63 | 3,16 | 0,2 | 1,23 | 2,06 |
| 1,1 | 0,25 | 1,99 | 4,75 | 0,16 | 1,24 | 2,01 |
| 1,15 | 0,31 | 2,5 | 5,71 | 0,23 | 1,49 | 2,43 |
| 1,2 | 0,39 | 3,1 | 6,86 | 0,3 | 1,56 | 2,54 |
| 1,25 | 0,5 | 3,87 | 7,84 | 0,29 | 1,71 | 3,42 |
| 1,3 | 0,66 | 4,85 | 8,78 | 0,38 | 2,56 | 4,32 |
| 1,35 | 0,92 | 6,28 | 9,62 | 0,5 | 0 | 6,14 |

Variasi Indeks Bias Dielektrik terhadap Sudut Resonansi Konfigurasi Kretschmann

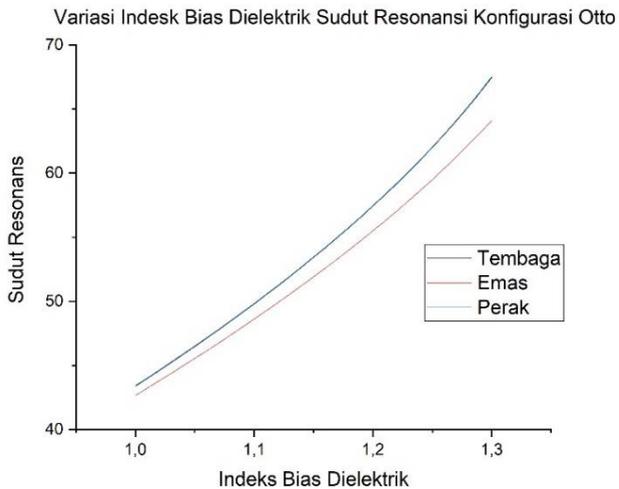


Gambar 4. 8 Grafik Variasi Indeks Bias Dielektrik terhadap Sudut Resonansi Konfigurasi Kretschmann

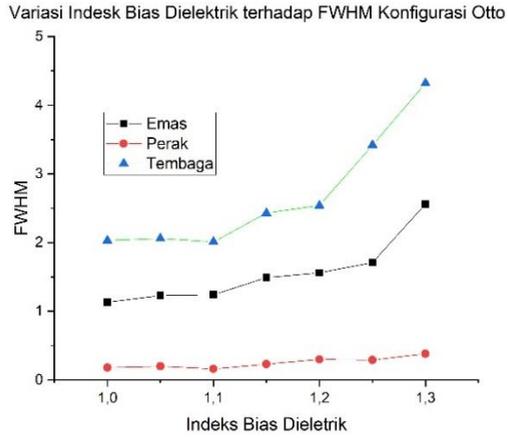
Variasi Indeks Bias Dielektrik terhadap FWHM Konfigurasi Kretschmann



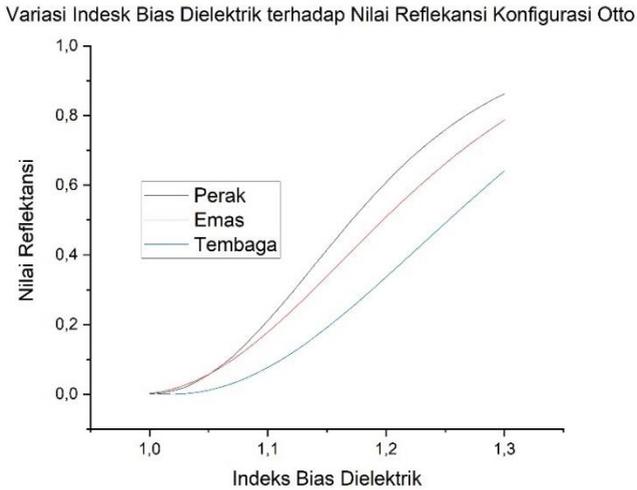
Gambar 4. 9 Grafik Variasi Indeks Bias Dielektrik terhadap Sudut Resonansi Konfigurasi Kretschmann



Gambar 4. 10 Grafik Variasi Indeks Bias Dielektrik Sudut Resonansi Konfigurasi Otto



Gambar 4. 11 Grafik Variasi Indeks Bias Dielektrik terhadap FWHM Konfigurasi Otto



Gambar 4. 12 Grafik Variasi Indeks Bias Dielektrik terhadap Reflektansi Minimum Konfigurasi Otto

4.1.4 Variasi Ketebalan Logam/Dielektrik

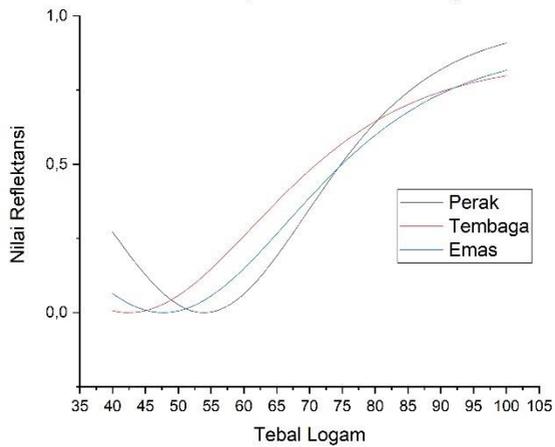
Variasi dilakukan dengan merubah ketebalan logam pada konfigurasi Kretschmann dengan variasi dari 30 nm sampai 100 nm, sedangkan pada konfigurasi Otto, variasi yang dilakukan adalah lebar dielektrik karena Pada Konfigurasi Kretschmann, ketebalan logam mempengaruhi nilai reflektansi. Pada Konfigurasi Otto, nilai reflektansi dipengaruhi oleh lebar material dielektrik, sedangkan ketebalan logam tidak mempengaruhi nilai reflektansinya. Perubahan ketebalan logam dan lebar dielektrik pada masing-masing konfigurasi tidak merubah sudut resonansi.

Pada gambar 4.13, nilai panjang gelombang cahaya yang digunakan adalah 632 nm dengan indeks bias prisma 1,51 dan indeks bias dielektrik adalah 1. Nilai paling optimal berada saat nilai berada pada angka nol.

Pada Konfigurasi Otto, seperti yang dilihat pada gambar 4.13, lebar dielektrik akan mengubah nilai reflektansi. Nilai panjang gelombang cahaya yang digunakan adalah 632 nm dengan indeks bias prisma 1,51 dan indeks bias dielektrik adalah 1.

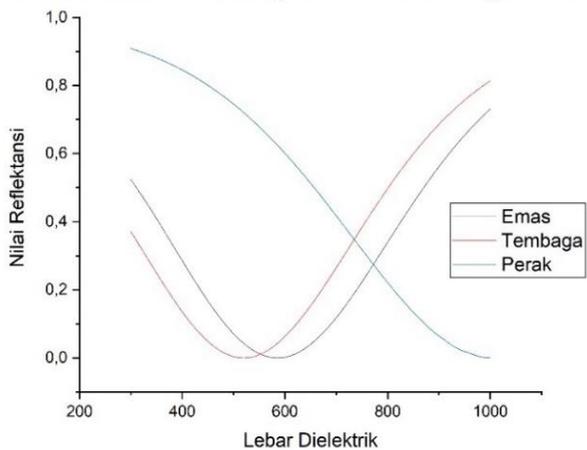
Perubahan variasi tebal logam atau lebar dielektrik dapat dilakukan untuk meningkatkan performansi, yaitu untuk mendapatkan nilai reflektansi bernilai nol. Jika perubahan indeks bias dielektrik pada masing-masing konfigurasi membuat nilai reflektansi semakin tinggi, maka nilai tersebut dapat divariasikan untuk menghasilkan nilai reflektansi yang mendekati nol.

Variasi Lebar Dielektrik terhadap nilai Reflektansi Konfigurasi Kretschmann



Gambar 4. 13 Variasi Lebar Dielektrik terhadap nilai Reflektansi Konfigurasi Kretschmann

Variasi Lebar Dielektrik terhadap Nilai Reflektansi Konfigurasi Otto



Gambar 4. 14 Variasi Lebar Dielektrik terhadap nilai Reflektansi Konfigurasi Otto

4.2 Perbandingan Performansi

Perbandingan performansi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (14) untuk menghitung sensitivitas.

4.2.2 Sebagai Sensor Konsentrasi Sukrosa

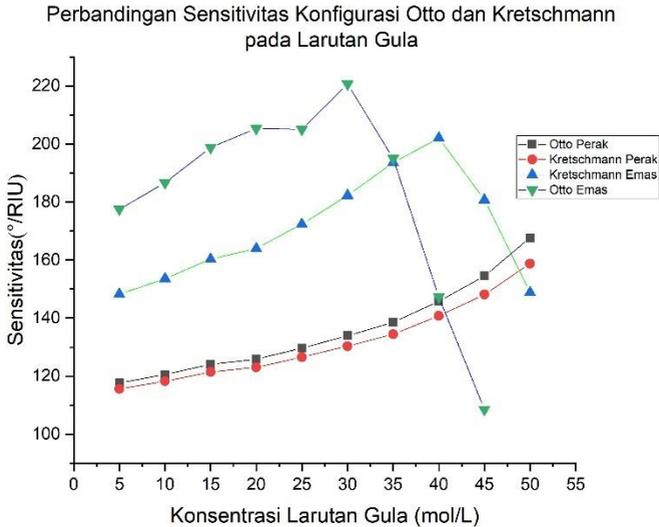
Selanjutnya dilakukan simulasi pada larutan gula dengan konsentrasi dari 0 sampai 55 mol/L. Spesifikasi Konfigurasi yang digunakan adalah sebagai tabel 4.5 dengan data indeks bias dari tabel 3.1

Tabel 4. 5 Spesifikasi Konfigurasi Otto dan Kretschmann pada simulasi sensitivitas Larutan Gula

| Konfigurasi | Otto | | Kretschmann | |
|--------------------|--------|--------|-------------|--------|
| | Emas | Perak | Emas | Perak |
| Panjang Gelombang | 632 nm | 632 nm | 632 nm | 632 nm |
| Lebar Dielektrik | 300 nm | 600 nm | 50 nm | 50 nm |
| Indeks Bias Prisma | 1,5151 | 1,5151 | 1,5151 | 1,5151 |

Perubahan konsentrasi merubah nilai indeks bias sampel yang merubah sudut resonansi. Untuk spesifikasi konfigurasi, pada Kretschmann digunakan logam emas dan perak dengan ketebalan 50 nm. Pada konfigurasi Otto digunakan lebar dielektrik sebesar 300 nm untuk logam emas dan 600 nm untuk logam perak. Masing-masing menggunakan prisma dengan indeks bias 1,5151 (Gelas BK7) dengan panjang gelombang cahaya datang 632 nm (Laser He-Ne). Pada gambar 4.14, dapat dilihat bahwa sensitivitas paling baik dimiliki oleh penggunaan logam emas dengan nilai sensitivitas, namun pada konsentrasi 35 mol/L, sensitivitas mulai berkurang. Sensitivitas paling stabil dan baik adalah pada penggunaan logam perak pada konfigurasi Otto, sehingga untuk mengecek sensitivitas larutan

pada gula, lebih baik menggunakan konfigurasi otto dengan penggunaan logam perak dengan sensitivitas 167,7156 °/RIU.



Gambar 4. 15 Perbandingan Sensitivitas Konfigurasi Otto dan Kretschmann pada Larutan Gula

4.2.3 Sebagai Sensor Konsentrasi Etanol

Spesifikasi dari SPR yang disimulasikan sebagai sensor konsentrasi etanol dapat dilihat pada tabel 4.6. Sebelumnya, pernah dilakukan penelitian SPR sebagai sensor etanol[15] dan menghasilkan sistem dengan sensitivitas 134,40 °/RIU sebagai sensor konsentrasi etanol sampai 20 ml menggunakan konfigurasi Kretschmann dengan spesifikasi logam perak, sumbu cahaya datang 589 nm dan indeks bias prisma 1,5391. Hasil tersebut dibandingkan dengan hasil simulasi yang dapat dilihat pada gambar4.15.

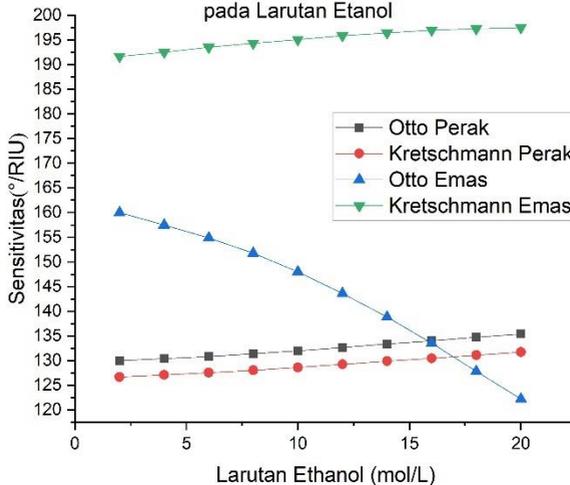
Dari gambar 4.15, dapat dilihat bahwa sensitivitas paling baik dimiliki oleh penggunaan logam emas pada Konfigurasi Kretschmann. Sehingga sebagai sensor konsentrasi etanol,

lebih baik digunakan konfigurasi Kretschmann dengan menggunakan logam emas yang memiliki sensitivitas 181,958 °/RIU. Penggunaan emas sebagai sensor etanol layak untuk diteliti karena hasil simulasi menunjukkan sensitivitas yang lebih baik.

Tabel 4. 6 Spesifikasi Konfigurasi Otto dan Kretschmann pada simulasi sensitivitas Larutan Gula

| Konfigurasi | Otto | | Kretschmann | |
|--------------------|--------|--------|-------------|--------|
| Logam | Emas | Perak | Emas | Perak |
| Panjang Gelombang | 589 nm | 589 nm | 589 nm | 589 nm |
| Lebar Dielektrik | 200 nm | 600 nm | 50 nm | 50 nm |
| Indeks Bias Prisma | 1,5151 | 1,5151 | 1,5151 | 1,5151 |

Perbandingan Sensitivitas Konfigurasi Otto dan Kretschmann pada Larutan Etanol



Gambar 4. 16 Perbandingan Sensitivitas Konfigurasi Otto dan Kretschmann pada Larutan Etanol

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari simulasi ini adalah:

1. Dari tabel 4.1 dan 4.2, Konfigurasi Otto Memiliki FWHM yang lebih kecil dari Konfigurasi Kretschmann sehingga Konfigurasi Otto memiliki akurasi yang lebih baik dalam mendeteksi sudut resonansi. Penurunan nilai indeks bias prisma akan meningkatkan sensitivitas dari sistem, dimana Konfigurasi Kretschmann memiliki sensitivitas yang lebih besar dari Konfigurasi Otto. Reflektansi minimum dari kurva reflektansi pada Konfigurasi Kretschmann cenderung stabil, sedangkan reflektansi minimum pada kurva reflektansi konfigurasi Otto cenderung meningkat setiap kenaikan nilai indeks bias dielektrik.
2. Pada pengaplikasian sebagai sensor konsentrasi larutan gula, lebih baik menggunakan konfigurasi otto dengan penggunaan logam perak yang memiliki sensitivitas $167,7156 \text{ }^\circ/\text{RIU}$ karena nilai sensitivitas tersebut paling tinggi diantara penggunaan logam perak untuk kedua konfigurasi. Sebagai sensor konsentrasi etanol, lebih baik digunakan konfigurasi Kretschmann dengan menggunakan logam perak yang memiliki sensitivitas $181,958 \text{ }^\circ/\text{RIU}$ karena penggunaan logam perak memiliki kenaikan yang linear dan stabil seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.15.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan percobaan untuk dibandingkan dengan hasil simulasi dari masing-masing konfigurasi.

DAFTAR PUSTAKA

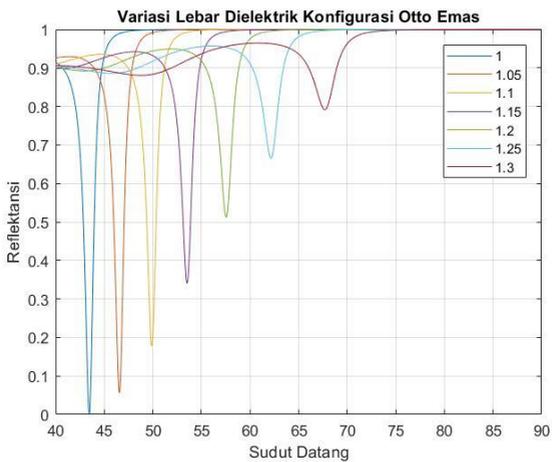
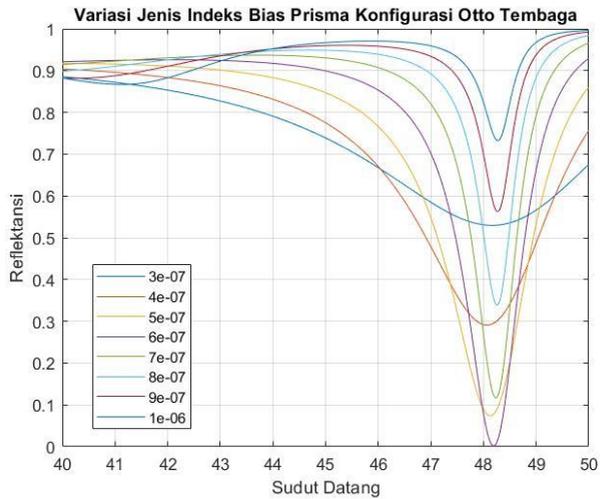
- [1] Junxi Zhang, Wei Xu, "Surface Plasmon Polaritons: Physics and applications," *Journal of Physics D Applied Physics*, pp. 1-19, 2012.
- [2] Anuj K. Sharma, Rajan Jha, B. D. Gupta, "Fiber-Optics Sensors Based on Surface Plasmon Resonance: A Comprehensive Review," *IEEE SENSORS JOURNAL*, vol. 7, pp. 1118-1130, 2007.
- [3] S. A. MAIER, *PLASMONICS: FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS*, UK: Springer, 2007.
- [4] M. Greenley, *Design, Characterization, and Evaluation of a Surface Plasmon Resonance Sensor*, U.S: Department of Mechanical Engineering and Materials Science Duke University , 2012.
- [5] Md. Saiful Islam, Abbas Z. Kouzani, Xiu 1. Dai and Wojtek P. Michalski, "Parameter Sensitivity Analysis of Surface Plasmon Resonance Biosensor through Numerical Simulation," *The 2010 IEEEICME International Conference on Complex Medical Engineering*, pp. 171-176, 2010.
- [6] E. K. Akowuah, T. Gorman, and S. Haxha, "Design and optimization of a novel surface plasmon resonance biosensor based on Otto configuration," *OPTICS EXPRESS*, vol. 17, 2009.
- [7] R. Nuster, G. Paltauf and P. Burgholzer , "Comparison of surface plasmon resonance devices for acoustic wave detection in liquid," *OPTICS EXPRESS*, vol. 15, no. 10, 2007.
- [8] Yijun Tang, Xiangqun Zeng, and Jennifer Liang, "Surface Plasmon Resonance: An Introduction to a Surface Spectroscopy Technique," *J Chem Educ*, vol. 87, no. 7, pp. 742-746, 2010.

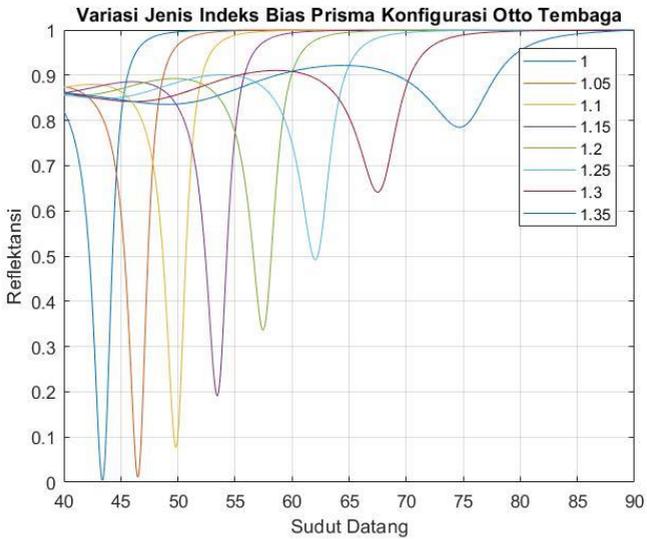
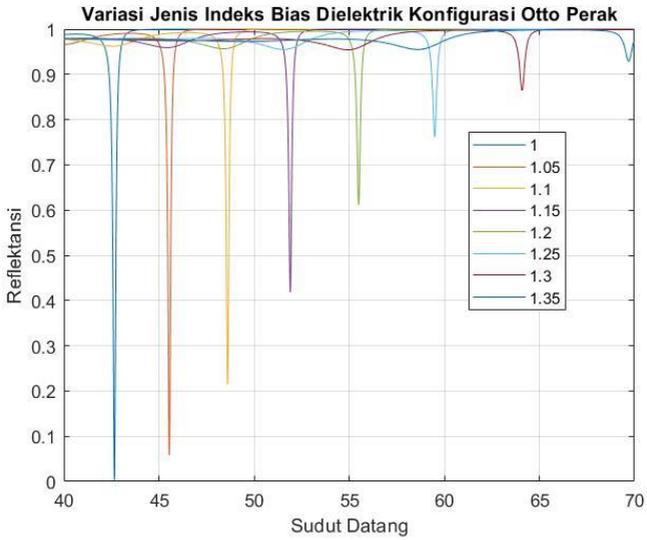
- [9] E. Hecht, *Optics*, Pearson, 2016.
- [10] W. Hayt, *Engineering Electromagnetics*, McGraw-Hill Higher Education , 2006.
- [11] J. Homola, "Surface Plasmon Resonance (SPR) Sensors," *Springer Ser Chem Sens Biosens*, vol. 4, pp. 45-67, 2006.
- [12] Masahiro Yamamoto Department of Energy and Hydrocarbon Chemistry, *Surface Plasmon Resonance (SPR) Theory: Tutorial*, Kyoto: Department of Energy and Hydrocarbon Chemistry, Kyoto University,, 2008.
- [13] C.-E. Lina, "Pulley-type metallic microring surface plasmon polariton sensor based on Otto-configuration," *Results in Physics*, vol. 12, pp. 1980-1983, 2019.
- [14] A. S. a. Y. K. PRAJAPATI, "Performance Analysis of Silicon and Blue Phosphorene/MoS₂ Hetero-Structure Based SPR Sensor," *Springer: Photonic Sensor*, 2018.
- [15] "Tuning and sensitivity enhancement of surface plasmon resonance senso," *Sensors and Actuators B Chemical*, vol. 122, pp. 381-388, 2007.
- [16] L. G. J. C. a. K. K. S.P. Yushanov, "Analysis of Surface Plasmon Resonance," *COMSOL Conference*, 2012.

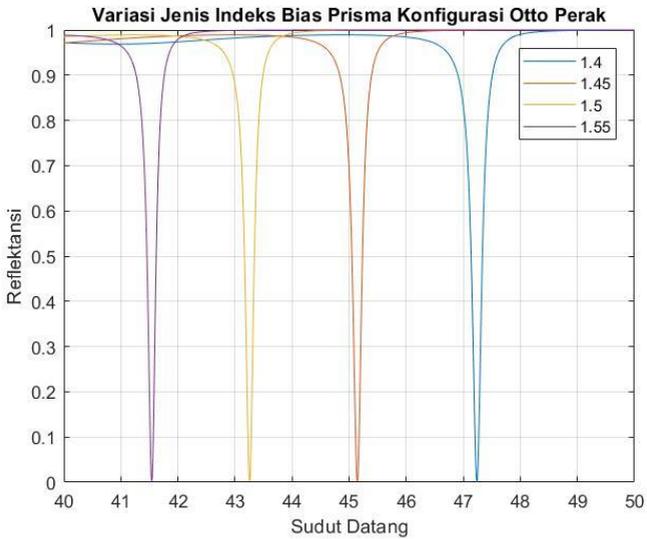
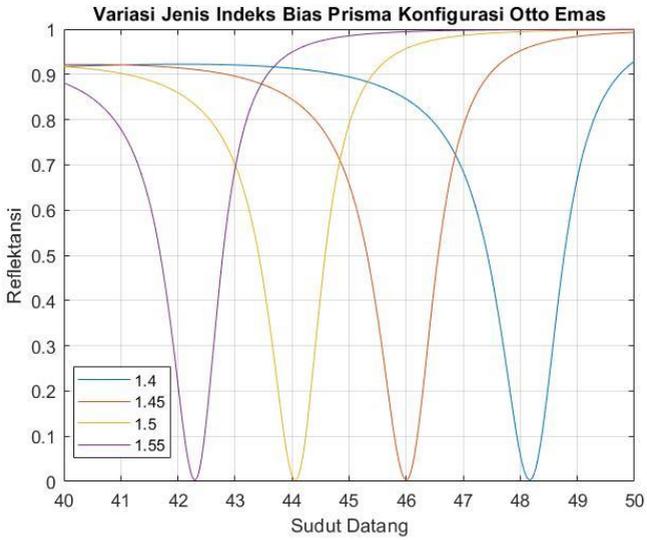
LAMPIRAN

Kurva Reflektansi

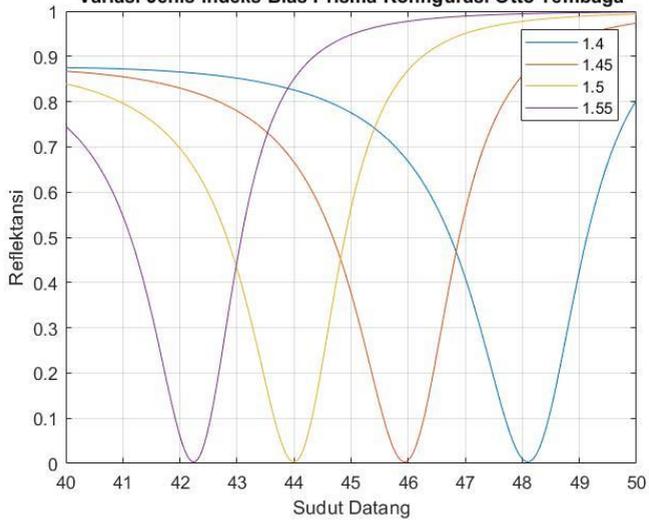
Konfigurasi Otto





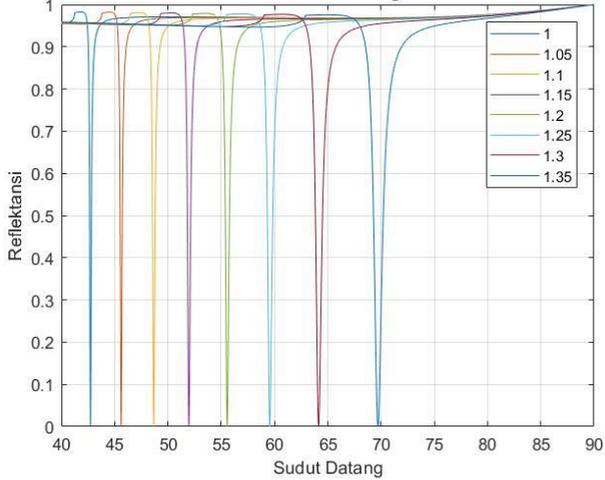


Variasi Jenis Indeks Bias Prisma Konfigurasi Otto Tembaga

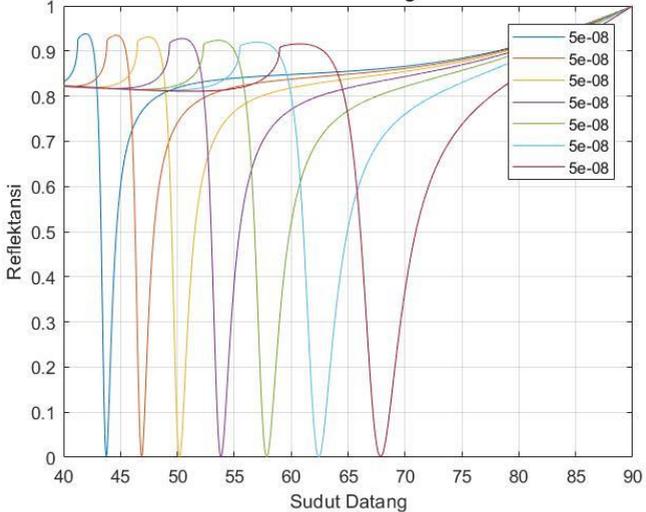


Konfigurasi Kretschmann

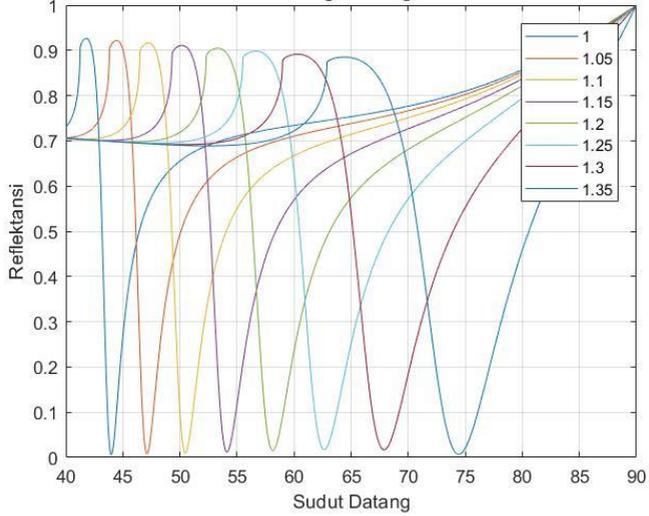
Variasi Jenis Indeks Bias Dielektrik Konfigurasi Kretschmann Perak



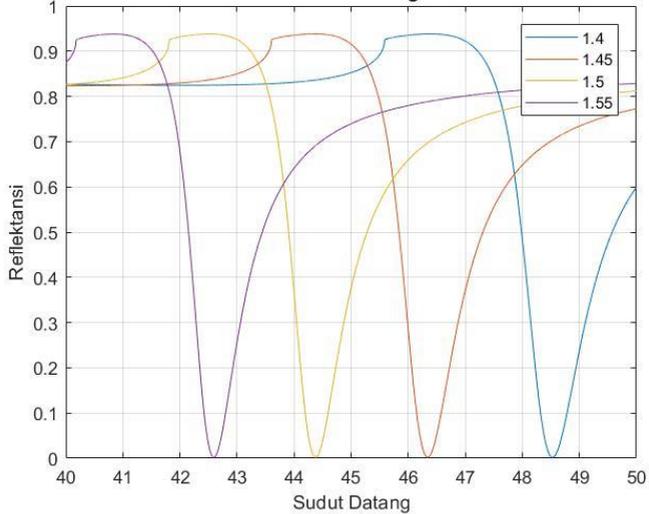
Variasi Jenis Indeks Bias Prisma Konfigurasi Kretschmann Emas



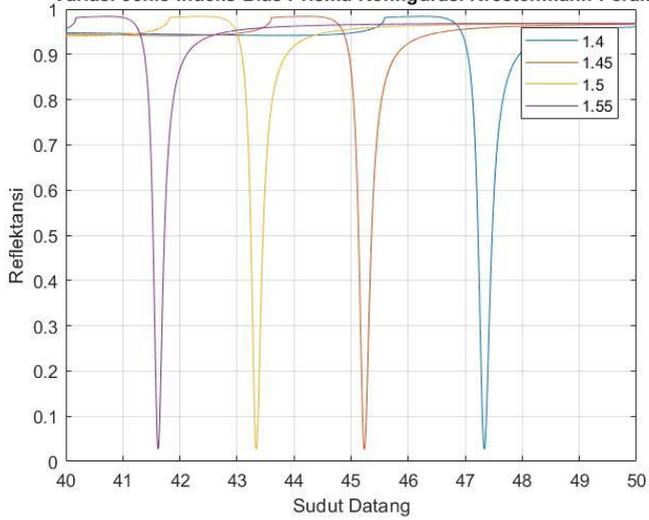
Variasi Jenis Indeks Bias Tembaga Konfigurasi Krestschmann Tembaga



Variasi Jenis Indeks Bias Prisma Konfigurasi Krestschmann Emas



Variasi Jenis Indeks Bias Prisma Konfigurasi Krestchmann Perak



Variasi Jenis Indeks Bias Prisma Konfigurasi Krestchmann Perak





BIOGRAFI PENULIS

Godwin Gomosma dilahirkan di Kota Jakarta pada tanggal 25 Mei 1996. Memulai sekolah dasar di SD Stella Maris BSD sampai jenjang SMP. Selanjutnya penulis melanjutkan sekolah di SMAK BPK Penabur Bintaro Jaya dan lulus pada tahun 2014. Setelah lulus SMA, Penulis melanjutkan Pendidikan dengan berkuliah di Teknik Fisika ITS sejak tahun 2015. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai kegiatan keorganisasian. Penulis pernah mejadi anggota dan pengurus HMTF ITS sebagai staff Ristek pada kengurusan tahun 2016-2017 dan diamanahi menjadi kepala departemen Ristek HMTF pada kepengurusan HMTF ITS 2017-2018. Penulis juga menjadi asisten laboratorium Rekayasa Fotonika sejak tahun 2015 karena ketertarikan penulis pada bidang minat Rekayasa Fotonika. Pada tahun 2018, Penulis menjadi bagian dari Trainer Keilmiahan ITS karena keinginan penulis untuk meningkatkan atmosfer keilmiahan di ITS. Penulis sadar bahwa tidak ada kata berhenti untuk belajar dan perubahan. Penulis juga sadar jika tugas akhir ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu penulis sangat terbuka terhadap segala kritik, saran, diskusi, dan pertanyaan mengenai tugas akhir ini. Penulis dapat dihubungi melalui email di godwin_bsd@yahoo.co.id. Penulis memiliki keinginan untuk menjadi Fisikawan dan menemukan makna dari kehidupan di dunia yang penuh kekosongan.

