

PERFORMA SENSOR BERBASIS *SURFACE PLASMON RESONANCE* (SPR)
KONFIGURASI KRETSCHMANN DENGAN FILM TIPIS EMAS UNTUK
DETEKSI GULA DARAH

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Departemen Pendidikan Fisika Program Studi Fisika
Konsentrasi Fisika Material



oleh

Chandra Wulandari
NIM 1507494

PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2019

PERFORMA SENSOR BERBASIS *SURFACE PLASMON RESONANCE*
(SPR) KONFIGURASI KRETSCHMANN DENGAN FILM TIPIS EMAS
UNTUK DETEKSI GULA DARAH

Oleh
Chandra Wulandari

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Chandra Wulandari
Universitas Pendidikan Indonesia
Mei 2019

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis

CHANDRA WULANDARI

PERFORMA SENSOR BERBASIS *SURFACE PLASMON RESONANCE*
(SPR) KONFIGURASI KRETSCHMANN DENGAN FILM TIPIS EMAS
UNTUK DETEKSI GULA DARAH

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I,



Dr. Lilik Hasanah, M.Si.
NIP 197706162001122002

Pembimbing II,



Prof. Dr. Budi Mulyanti, M.Si.
NIP 196301091994022001

Mengetahui,
Ketua Departemen Pendidikan Fisika



Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si.
NIP 196305091987031002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Performa Sensor Berbasis *Surface Plasmon Resonance* (SPR) Konfigurasi Kretschmann dengan Film Tipis Emas untuk Deteksi Gula Darah" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Mei 2019

Yang membuat pernyataan,



Chandra Wulandari

NIM 1507494

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat, rahmat dan kehendak-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Performa Sensor Berbasis *Surface Plasmon Resonance* (SPR) Konfigurasi Kretschmann dengan Film Tipis Emas untuk Deteksi Gula Darah”. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabat-sahabatnya, tabi’in dan tabi’atnya yang telah mengantarkan kita pada agama yang fitrah. Semoga kita senantiasa tergolong umat yang patuh pada ajarannya.

Skripsi ini merupakan hasil kerjasama dari berbagai pihak yang membantu penulis, mulai dari tahap perencanaan, persiapan, pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan. Walaupun demikian, penulis menyadari sepenuhnya penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan yang penulis miliki. Maka dari itu, saran maupun kritik yang sifatnya membangun dengan terbuka penulis terima untuk ilmu pengetahuan yang lebih baik bagi kepentingan bersama.

Semoga apa yang tertulis dalam skripsi ini dapat memberikan kontribusi ilmu pengetahuan. Semoga masyarakat khususnya pembaca dapat memperoleh manfaat dari skripsi ini dan mengamalkannya, sehingga menjadi amal jari’ah bagi penulis dan pihak-pihak yang membantu penulis.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa membuka jalan bagi peningkatan kualitas ilmu pengetahuan dalam upaya mendapatkan ridho-Nya. Aamiin.

Bandung, Mei 2019

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas ridho dan karunia-Nya penulis dapat mengamalkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh dalam bentuk skripsi ini. Puji syukur penulis panjatkan juga atas segala kemudahan yang penulis terima selama proses penulisan skripsi ini, baik berupa do'a, bantuan, bimbingan, pengetahuan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui tulisan ini, secara khusus penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si. dan Dr. Winny Liliawat, S.Pd., M.Si., selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Pendidikan Fisika yang telah memfasilitasi berbagai aspek dalam proses perkuliahan penulis.
2. Dr. Andhy Setiawan, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika, pembimbing akademik dan penguji skripsi yang selalu memperhatikan dan membantu penulis selama menjadi mahasiswa di Program Studi Fisika.
3. Ibu Dr. Lilik Hasanah, M.Si., selaku pembimbing I yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan ilmu dan motivasi kepada penulis dalam berbagai aspek penelitian.
4. Prof. Dr. Budi Mulyanti, M.Si., selaku pembimbing II yang dengan sabar membimbing penulis agar lebih mendalami ilmu pengetahuan dari penelitian yang dijalani.
5. Dr. P. Sushita Menon dan Dr. Dilla Duryha Berhanuddin, selaku pembimbing lapangan yang telah membantu penulis mengembangkan kemampuan dan nalar penelitian.
6. Dr. Wiendartun, M.Si., selaku penguji skripsi yang telah membantu penulis untuk memperbaiki dan memahami karya tulis ini lebih baik lagi.
7. Bapak Rudi Setiawan dan Ibu Een Yuningsih, selaku orang tua penulis yang telah memberikan ridho, do'a dan dukungan kepada penulis untuk terus bersungguh-sungguh menuntut ilmu sehingga menjadi manusia bermanfaat.

8. Rusmiati dan Resqy Rahmawati, selaku kakak dan adik penulis yang selalu menambah motivasi penulis untuk menyelesaikan studi ini dengan sebaik mungkin.
9. Teman-teman mahasiswa KBK Fisika Material yang selalu menjadi teman, pendukung sekaligus pesaing bagi penulis untuk menjadi lebih baik dalam berbagai aspek.
10. Teman-teman mahasiswa Departemen Pendidikan Fisika angkatan 2015 khususnya Fisika Kelas C, yang telah menjadi rekan seperjuangan.
Semoga semua yang telah diberikan kepada penulis menjadi barokah dan dibalas kebaikan oleh Allah SWT. Aamiin.

ABSTRAK

Diabetes merupakan salah satu penyakit berbahaya yang dapat menyebabkan serangan jantung mendadak (SCDs). Oleh karena itu, penderita diabetes harus melakukan monitoring terhadap level gula darah secara intensif dan teliti. Berbagai sensor glukosa terus dikembangkan untuk memperoleh performa sensor terbaik yang dapat memenuhi kebutuhan medis, salah satu jenis sensor yang dikembangkan adalah sensor berbasis *surface plasmon resonance* (SPR). Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa sensor berbasis SPR konfigurasi Kretschmann dengan film tipis emas ketebalan ~50 nm untuk deteksi gula darah. Performa sensor ditunjukkan oleh nilai sensitivitas, akurasi deteksi dan *signal-to-noise ratio*. Sensor diuji dengan analit berupa larutan glukosa pada konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Larutan glukosa konsentrasi tinggi berada pada rentang 55,50 – 277,53 mmol/L, sedangkan rentang 4 – 12 mmol/L merupakan konsentrasi rendah yang sesuai dengan level gula darah pada tes diagnosa diabetes. Pengujian dilakukan dengan menggunakan instrumen *surface plasmon resonance spectroscopy* terintegrasi yaitu SPR Navi-200 dari BioNavis Ltd.. Sensitivitas sensor terbaik untuk deteksi larutan glukosa konsentrasi tinggi diperoleh pada panjang gelombang 785 nm dengan sensitivitas 26,249 – 54,482°/RIU untuk konsentrasi tinggi dan 2,206 – 6,369°/RIU untuk konsentrasi rendah. Hubungan linier positif antara sensitivitas dan *signal-to-noise ratio* dengan konsentrasi larutan ditunjukkan oleh hasil penelitian ini. Sebaliknya, nilai akurasi deteksi semakin baik seiring dengan menurunnya nilai konsentrasi larutan. Performa sensor yang diperoleh penelitian ini menunjukkan bahwa sensor berbasis SPR potensial untuk meningkatkan kinerja teknologi monitoring penyakit diabetes.

Kata kunci: *surface plasmon resonance* (SPR), sensor berbasis SPR, konfigurasi Kretschmann, glukosa

ABSTRACT

Diabetes is a dangerous disease that can cause sudden cardiac deaths (SCDs). Therefore, diabetes patients must conduct intensive and thorough monitoring of blood sugar levels. Various glucose sensors continue to be developed to obtain the best performance that can meet medical needs, one type of sensor developed is a surface plasmon resonance (SPR)-based sensor. This study aims to examine the performance of the Kretschmann configuration SPR-based sensor with a nano-laminated gold film ~ 50 nm-thicknesses in blood sugar detection. Sensor performance shown by sensitivity, detection accuracy and signal-to-noise ratio values. The sensor is tested with glucose solutions at high and low concentrations as analytes. High concentrations of glucose solution are in the range 55,50 – 277.53 mmol/L, while the range 4 – 12 mmol/L is a low concentration that corresponds to the blood sugar level in diabetes diagnostic test. The test was carried out using an integrated surface plasmon resonance spectroscopy instrument, the SPR Navi-200 from BioNavis Ltd.. The best sensor sensitivity for detection of high concentration glucose solutions was obtained at 785 nm wavelength, the sensitivity was shown as 26,249 – 54,482°/RIU for high concentration and 2,206 – 6,369°/RIU for low concentration. A positive linear relationship between sensitivity and signal-to-noise ratio with solution concentration is indicated by the results of this study. Conversely, the value of detection accuracy is getting better as the solution concentration decreases. Sensor performance obtained by this study shows that SPR-based sensors is potential to improve the performance of diabetes monitoring technology.

Keywords: *surface plasmon resonance* (SPR), SPR-based sensors, Kretschmann configuration, glucose

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Surface Plasmon (SPs)</i>	7
2.2 Sensor Berbasis <i>Surface Plasmon Resonance (SPR)</i>	11
2.2.1 Prinsip Kerja Sistem Deteksi	11
2.2.2 Material Sensor	16
2.3 <i>Surface Plasmon Resonance Spectroscopy</i>	18
2.4 Karakteristik Larutan Glukosa	20
2.5 Performa Sensor Berbasis SPR	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Desain Penelitian	24
3.3 Diagram Alur Penelitian.....	27
3.4 Tahapan Eksperimen	28

3.4.1	Pembuatan Analit	28
3.4.2	Pengujian Sensor SPR.....	29
3.5	Prosedur Pengolahan dan Analisis Data.....	33
3.5.1	Sensitivitas (<i>S</i>).....	33
3.5.1.1	Analisis Kurva Respon SPR.....	33
3.5.1.2	Optimasi Indeks Bias Analit	33
3.5.2.	Akurasi Deteksi (<i>DA</i>).....	39
3.5.3.	<i>Signal-to-Noise Ratio (SNR)</i>	40
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Pengujian Sensor berbasis SPR untuk Deteksi Larutan Glukosa Konsentrasi Tinggi	40
4.2	Pengujian Sensor berbasis SPR untuk Deteksi Larutan Glukosa Konsentrasi Rendah.....	44
4.3	Optimasi Nilai Indeks Bias.....	49
4.4	Analisis Performa Sensor berbasis SPR dalam Deteksi Glukosa.....	52
4.4.1	Sensitivitas (<i>S</i>).....	52
4.4.2	Akurasi Deteksi (<i>DA</i>).....	57
4.4.3	<i>Signal-to-Noise Ratio (SNR)</i>	57
BAB V SIMPULAN DAN REKOMENDASI		60
5.1	Simpulan.....	60
5.2	Rekomendasi	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN.....		72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan sensitivitas sensor berbasis SPR dengan sistem prisma dan sistem kisi pada berbagai pendekatan modulasi (Homola dkk., 1999)	13
Tabel 2.2 Karakteristik utama <i>surface plasmon wave</i> (SPW) pada permukaan logam (Ordal, 1983)	15
Tabel 2.3 Indeks bias larutan glukosa pada konsentrasi dan panjang gelombang yang bervariasi (suhu = 22°C) (Belay, 2018)	21
Tabel 2.4 Performa Sensor Berbasis SPR dalam Berbagai Aplikasi (Abdulhalim dkk., 2008)	22
Tabel 3.1 Komposisi glukosa yang digunakan untuk membuat larutan glukosa .	28
Tabel 3.2 Indeks bias material sensor pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm berdasarkan literatur	36
Tabel 4.1 Nilai reflektansi minimum (R_{\min}), reflektansi maksimum (R_{\max}) dan sudut SPR (θ_{SPR}) dari pengujian sensor berbasis SPR untuk deteksi larutan glukosa konsentrasi tinggi pada panjang gelombang 670 nm.....	44
Tabel 4.2 Nilai reflektansi minimum (R_{\min}), reflektansi maksimum (R_{\max}) dan sudut SPR (θ_{SPR}) dari pengujian sensor berbasis SPR untuk deteksi larutan glukosa konsentrasi tinggi pada panjang gelombang 785 nm.....	44
Tabel 4.3 Nilai reflektansi minimum (R_{\min}), reflektansi maksimum (R_{\max}) dan sudut SPR (θ_{SPR}) dari pengujian sensor berbasis SPR untuk deteksi larutan glukosa konsentrasi rendah pada panjang gelombang 670 nm	48
Tabel 4.4 Nilai reflektansi minimum (R_{\min}), reflektansi maksimum (R_{\max}) dan sudut SPR (θ_{SPR}) dari pengujian sensor berbasis SPR untuk deteksi larutan glukosa konsentrasi rendah pada panjang gelombang 785 nm	49
Tabel 4.5 Ketebalan dan indeks bias film tipis emas (Au) dan kromium (Cr) nm hasil optimasi SPR Navi <i>LayerSolver</i>	50

Tabel 4.6 Indeks bias larutan glukosa pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm hasil optimasi SPR Navi <i>LayerSolver</i>	50
Tabel 4.7 Sensitivitas sensor berbasis SPR dengan film tipis emas ketebalan ~50 nm terhadap larutan glukosa konsentrasi tinggi	53
Tabel 4.8 Sensitivitas sensor berbasis SPR dengan film tipis emas ketebalan ~50 nm terhadap larutan glukosa konsentrasi rendah	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dua media semi-infini non-magnetik dengan fungsi dielektrik ϵ_1 dan ϵ_2 dipisahkan oleh antarmuka planar di $z = 0$	7
Gambar 2.2 Representasi skematis dari gelombang kerapatan elektron yang merambat di sepanjang antarmuka logam-dielektrik (Greffet, 2012).....	8
Gambar 2.3 Konfigurasi sensor SPR yang paling banyak digunakan: (a) sistem SPR berbasis prisma; (b) sistem SPR berbasis kisi-kisi; (c) sistem SPR berbasis pandu gelombang optik (Homola dkk., 1999)	11
Gambar 2.4 Sistem penginderaan berbasis konfigurasi Kretschmann yang terdiri dari prisma (p) – metal (m) – dielektrik (d) (Miyazaki dkk., 2017).....	13
Gambar 2.5 Ilustrasi fenomena interaksi sinar dengan <i>surface plasmon</i> untuk menghasilkan <i>surface plasmon resonance</i> (SPR), dengan (a) sebelum eksitasi <i>surface plasmon</i> dan (b) setelah eksitasi <i>surface plasmon</i>	15
Gambar 2.6 Skema lapisan-lapisan material pada sensor <i>chip</i> mulai dari substrat – lapisan adhesi – film tipis logam.....	17
Gambar 2.7 Skema konfigurasi <i>surface plasmon resonance spectroscopy</i> manual (Chegel, 2004).....	18
Gambar 3.1 Skema sensor berbasis SPR dengan konfigurasi Kretschmann pada instrumen SPR Navi 200.....	25
Gambar 3.2 Diagram alur penelitian	27
Gambar 3.3 Spesifikasi serbuk glukosa sebagai bahan pembuatan analit.....	28
Gambar 3.4 Diagram alur pengujian sensor	29
Gambar 3.5 Instrumen SPR Navi 200 yang terhubung dengan komputer untuk mengoperasikan perangkat lunak SPR Navi Control.....	30
Gambar 3.6 Lubang injeksi sampel dan <i>mode switch</i> pada instrumen SPR Navi 200.....	31

Gambar 3.7 Kurva respon SPR yang bergeser untuk pengujian sensor berbasis SPR pada kondisi analit yang berbeda	33
Gambar 3.8 Bentuk umum kurva sensorgram dari hasil pengujian sensor berbasis SPR pada satu variasi analit (Marquart, 2006).....	34
Gambar 3.9 Diagram alur optimasi indeks bias	35
Gambar 3.10 Pengaturan model awal sensor.....	37
Gambar 3.11 Model optimasi sensor hasil kalkulasi SPR Navi <i>LayerSolver</i> pada panjang gelombang (a) 670 nm dan (b) 785 nm	38
Gambar 3.12 Skema FWHM pada kurva respon SPR (Bdullah dkk., 2018)	39
Gambar 4.1 Kurva respon SPR dari pengujian sensor dengan film tipis emas ketebalan ~50 nm terhadap variasi larutan glukosa konsentrasi tinggi pada panjang gelombang 670 nm	41
Gambar 4.2 Kurva respon SPR dari pengujian sensor dengan film tipis emas ketebalan ~50 nm terhadap variasi larutan glukosa konsentrasi tinggi pada panjang gelombang 785 nm	42
Gambar 4.3 Sensorgram dari pengujian sensor dengan film tipis emas ketebalan ~50 nm terhadap variasi larutan glukosa konsentrasi tinggi pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm.....	43
Gambar 4.4 Kurva respon SPR dari pengujian sensor dengan film tipis emas ketebalan ~50 nm terhadap variasi larutan glukosa konsentrasi rendah pada panjang gelombang 670 nm	45
Gambar 4.5 Kurva respon SPR dari pengujian sensor dengan film tipis emas ketebalan ~50 nm terhadap variasi larutan glukosa konsentrasi rendah pada panjang gelombang 785 nm	46
Gambar 4.6 Sensorgram dari pengujian sensor dengan film tipis emas ketebalan ~50 nm terhadap variasi larutan glukosa konsentrasi rendah pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm.....	47

Gambar 4.7 Perbandingan nilai indeks bias larutan glukosa dari literatur dan hasil optimasi <i>LayerSolver</i>	51
Gambar 4.8 Perubahan sudut SPR terhadap perubahan indeks bias larutan glukosa konsentrasi tinggi.....	53
Gambar 4.9 Perubahan sudut SPR terhadap perubahan indeks bias larutan glukosa konsentrasi rendah	55
Gambar 4.10 <i>Full-width at half maximum</i> (FWHM) pada kurva respon SPR dalam analit air.....	57
Gambar 4.11 Perubahan nilai <i>full width of half maximum</i> (FWHM) untuk setiap konsentrasi larutan glukosa.....	57
Gambar 4.12 Perubahan nilai akurasi deteksi (DA) untuk setiap konsentrasi larutan glukosa (a) konsentrasi rendah dan (b) konsentrasi tinggi.....	58
Gambar 4.13 Perubahan nilai <i>signal-to-noise ratio</i> (SNR) untuk setiap konsentrasi larutan glukosa.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Sensitivitas.....	72
Lampiran 2 <i>Full Width of Half Maximum</i> (FWHM).....	76
Lampiran 3 Perhitungan Akurasi Deteksi (DA) dan <i>Signal-to-Noise Ratio</i> (SNR)	79
Lampiran 4 Dokumentasi	82
Lampiran 5 Logbook Harian Penelitian	85
Lampiran 6 Riwayat Penulis	90

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulhalim, I., Zourob, M., & Lakhtakia, A. (2008). Surface plasmon resonance for biosensing: a mini-review. *Electromagnetics*, 28(3), 214-242.
- ADA, A. D. A. (2014). Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus, 37(January), 81–90.
- Akowuah, E. K., Gorman, T., Ademgil, H., Haxha, S., Robinson, G. K., & Oliver, J. V. (2012). Numerical analysis of a photonic crystal fiber for biosensing applications. *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 48(11), 1403-1410.
- Allen, B. L., Kichambare, P. D., & Star, A. (2007). Carbon nanotube field-effect-transistor-based biosensors. *Advanced Materials*, 19(11), 1439-1451.
- Amendola, V., & Meneghetti, M. (2009). Laser ablation synthesis in solution and size manipulation of noble metal nanoparticles. *Physical chemistry chemical physics*, 11(20), 3805-3821.
- Arnold, M. D., & Blaber, M. G. (2009). Optical performance and metallic absorption in nanoplasmonic systems. *Optics express*, 17(5), 3835-3847.
- Bakhtiar, R. (2012). Surface plasmon resonance spectroscopy: a versatile technique in a biochemist's toolbox. *Journal of Chemical Education*, 90(2), 203-209.
- Bashkatov, A. N., & Genina, E. A. (2003, October). Water refractive index in dependence on temperature and wavelength: a simple approximation. In *Saratov Fall Meeting 2002: Optical Technologies in Biophysics and Medicine IV* (Vol. 5068, pp. 393-396). International Society for Optics and Photonics.
- Belay, A. (2018). Optics & Photonics Concentration , Wavelength and Temperature Dependent Refractive Index of Sugar Solutions and Methods of Determination Contents of Sugar in Soft Drink Beverages using Laser Lights, *Journal of Lasers*, 5(2).
- Besselink, G. A., R. P. Kooyman, P. J. Van Os, G. H. Engbers, & R. B. Schasfoort. 2004. Signal amplification on planar and gel-type sensor surfaces in surface plasmon resonance-based detection of prostate-specific antigen. *Anal. Biochem.* 333:165–173.
- Bhatt, B. I., & Vora, S. M. (1996). *Stoichiometry: (si Units)*. Tata McGraw-Hill Pub. Co.
- BioNavis Ltd. (2015). MP-SPR Navi LayerSolver user manual.

- BioNavis Ltd. (2016). Calculating thickness and refractive index from full SPR curves. Diakses 4 Maret, 2019, dari <http://www.bionavis.com>
- Bolano, A. (2019). Molar Mass of Glucose. Diakses dari <https://sciencetrends.com/>
- Bruen, D., Delaney, C., Florea, L., & Diamond, D. (2017). Glucose sensing for diabetes monitoring: recent developments. *Sensors*, *17*(8), 1866.
- Carr, J. J., & Brown, J. M. (1998). *Introduction to Biomedical Equipment Technology, Third Edition*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall Professional.
- Chakma, S., Khalek, M. A., Paul, B. K., Ahmed, K., Hasan, M. R., & Bahar, A. N. (2018). Gold-coated photonic crystal fiber biosensor based on surface plasmon resonance: Design and analysis. *Sensing and Bio-Sensing Research*, *18*, 7–12.
- Chegel, V. (2004). Surface Plasmon Resonance Spectroscopy: Potentialities and Limitations. *Sensor Electronics and Microsystem Technology*, *2*.
- ChemBuddy. (2011). Refractive index of sucrose solutions. Diakses 24 April, 2019, dari <http://www.refractometer.pl>
- Choi, S. H., Lee, J. W., & Sim, S. J. (2005). Enhanced performance of a surface plasmon resonance immunosensor for detecting Ab–GAD antibody based on the modified self-assembled monolayers. *Biosensors and Bioelectronics*, *21*(2), 378–383.
- Coille, I., G. Gauglitz, & J. Hoebcke. 2002. Characterisation of antibodies and analytes by surface plasmon resonance for the optimisation of a competitive immunoassay based on energy transfer. *Anal. Bioanal. Chem.* *372*:293–300.
- Daghestani, H. N., & Day, B. W. (2010). Theory and applications of surface plasmon resonance, resonant mirror, resonant waveguide grating, and dual polarization interferometry biosensors. *Sensors*, *10*(11), 9630–9646.
- Dai, X., Liang, Y., Zhao, Y., Gan, S., Jia, Y., & Xiang, Y. (2019). Sensitivity Enhancement of a Surface Plasmon Resonance with Tin Selenide (SnSe) Allotropes. *Sensors*, *19*(1), 173.
- Daly, S. J., G. J. Keating, P. P. Dillon, B. M. Manning, R. O’Kennedy, H. A. Lee, & M. R. A. Morgan. 2000. Development of surface plasmon resonance-based assay for Aflatoxins B1. *J. Agric. Food Chem.* *48*:5097–5104.
- Daniel, M. C., & Astruc, D. (2004). Gold nanoparticles: assembly, supramolecular chemistry, quantum-size-related properties, and applications toward biology, catalysis, and nanotechnology. *Chemical reviews*, *104*(1), 293–346.

- Daniyal, W. M. E. M. M., Fen, Y. W., Abdullah, J., Sadrolhosseini, A. R., Saleviter, S., & Omar, N. A. S. (2018). Exploration of surface plasmon resonance for sensing copper ion based on nanocrystalline cellulose-modified thin film. *Optics express*, 26(26), 34880-34893.
- Dash, Narayan, J., & Jha, R. (2016). SPR biosensor based on polymer PCF coated with conducting metal oxide. *IEEE Photonics Technology Letters*, 26(6), 595–598.
- Delacour, C., Blaize, S., Grosse, P., Fedeli, J. M., Bruyant, A., Salas-Montiel, R., ... & Chelnokov, A. (2010). Efficient directional coupling between silicon and copper plasmonic nanoslot waveguides: toward metal– oxide– silicon nanophotonics. *Nano letters*, 10(8), 2922-2926.
- Dostalek, J., Čtyroký, J., Homola, J., Brynda, E., Skalský, M., Nekvindova, P., ... & Schröfel, J. (2001). Surface plasmon resonance biosensor based on integrated optical waveguide. *Sensors and actuators B: Chemical*, 76(1-3), 8-12.
- Ekinci, Y., Solak, H. H., & Löffler, J. F. (2008). Plasmon resonances of aluminum nanoparticles and nanorods. *Journal of Applied Physics*, 104(8), 083107.
- Fan, X., White, I. M., Shopova, S. I., Zhu, H., Suter, J. D., & Sun, Y. (2008). Sensitive optical biosensors for unlabeled targets: A review. *analytica chimica acta*, 620(1-2), 8-26.
- Fen, Y. W., Yunus, W. M. M., Talib, Z. A., & Yusof, N. A. (2013). Fabrication and evaluation of surface plasmon resonance optical sensor for heavy metal ions detection. In *2013 IEEE 4th International Conference on Photonics (ICP)* (pp. 114-116). IEEE.
- Fen, Y. W., Yunus, W., & Yusof, N. A. (2011). Surface plasmon resonance optical sensor for detection of essential heavy metal ions with potential for toxicity: copper, zinc and manganese ions. *Sensor Letters*, 9(5), 1704-1711.
- Ferri, S., Kojima, K., & Sode, K. (2011). Review of glucose oxidases and glucose dehydrogenases: a bird's eye view of glucose sensing enzymes.
- Fratamico, P. M., T. P. Strobaugh, M. B. Medina, & A. G. Gehring. 1998. Detection of Escherichia coli O157:H7 using a surface plasmon resonance biosensor. *Biotechnol. Techn.* 12:571–576
- Grange, B. W., Stevenson, W. H., & Viskanta, R. (1975). Refractive index of liquid solutions at low temperatures: an accurate measurement. *Applied Optics*, 2, 0–1.
- Greffet, J. J. (2012). Introduction to surface plasmon theory. In *Plasmonics* (pp. 105-148). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). *Textbook of medical physiology* (11th ed.). New Delhi: Elsevier Inc.
- Hahnefeld, C., Drewianka, S., & Herberg, F. W. (2004). Determination of kinetic data using surface plasmon resonance biosensors. In *Molecular diagnosis of infectious diseases* (pp. 299-320). Humana Press.
- Harvard Medical School. (2011). Controlling blood sugar in diabetes: How low should you go? Diakses 2 Maret, 2019, dari <https://www.health.harvard.edu>
- Homola, J., Dostalek, J., Chen, S., Rasooly, A., Jiang, S., & Yee, S. S. (2002). Spectral surface plasmon resonance biosensor for detection of staphylococcal enterotoxin B in milk. *International journal of food microbiology*, 75(1-2), 61-69.
- Homola, J., Yee, S. S., & Gauglitz, G. (1999). Surface plasmon resonance sensors. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 54(1-2), 3-15.
- Huang, Y. Y., Hsu, H. Y., & Huang, C. J. C. (2007). A protein detection technique by using surface plasmon resonance (SPR) with rolling circle amplification (RCA) and nanogold-modified tags. *Biosensors and Bioelectronics*, 22(6), 980-985.
- Jackson, J. D., & Levitt, L. C. (1962). Classical Electrodynamics. *Physics Today*, 62.
- Jokiranta, T. S., Hellwage, J., Koistinen, V., Zipfel, P. F., & Meri, S. (2000). Each of the three binding sites on complement factor H interacts with a distinct site on C3b. *Journal of Biological Chemistry*, 275(36), 27657-27662.
- Jokiranta, T. S., Westin, J., Nilsson, U. R., Nilsson, B., Hellwage, J., Löfås, S., ... & Meri, S. (2001). Complement C3b interactions studied with surface plasmon resonance technique. *International immunopharmacology*, 1(3), 495-506.
- Joo, S., & Brown, R. B. (2008). Chemical sensors with integrated electronics. *Chemical reviews*, 108(2), 638-651.
- Farré, M., Kantiani, L., Pérez, S., & Barceló, D. (2009). Sensors and biosensors in support of EU Directives. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 28(2), 170-185.
- Kamaruddin, N., Bakar, A. A., Mobarak, N., Zan, M. S., & Arsad, N. (2017). Binding affinity of a highly sensitive Au/Ag/Au/chitosan-graphene oxide sensor based on direct detection of Pb²⁺ and Hg²⁺ ions. *Sensors*, 17(10), 2277.
- Kesehatan, K. (2018). Hasil Utama Riskesdas 2018.

- Khan, M. R. R., Watekar, A. V., & Kang, S. W. (2017). Fiber-optic biosensor to detect pH and glucose. *IEEE Sensors Journal*, 18(4), 1528-1538.
- Knight, M. W., King, N. S., Liu, L., Everitt, H. O., Nordlander, P., & Halas, N. J. (2013). Aluminum for plasmonics. *ACS Nano*, 8(1), 834–840.
- Komai, R., Honda, H., Baba, A., Shinbo, K., Kato, K., & Kaneko, F. (2014, June). Simultaneous detection of ammonia and water vapors using surface plasmon resonance waveguide sensor. In *Proceedings of 2014 International Symposium on Electrical Insulating Materials* (pp. 284-286).
- Kretschmann, E., & Raether, H. (1968). Radiative Decay of Non Radiative Surface Plasmons Excited by Light. *Notizen*, (November), 9–10.
- Kurihara, K., Nakamura, K., & Suzuki, K. (2000). Asymmetric SPR sensor response curve-fitting equation for the accurate determination of SPR resonance angle. *Sens. Actuators B Chem.*, 86, 49–57.
- Kurihara, K., & Suzuki, K. (2002). Theoretical understanding of an absorption-based surface plasmon resonance sensor based on Kretschmann's theory. *Analytical chemistry*, 74(3), 696-701.
- Lecaruyer, P., Canva, M., & Rolland, J. (2007). Metallic film optimization in a surface plasmon resonance biosensor by the extended Rouard method. *Applied optics*, 46(12), 2361-2369.
- Leonard, P., S. Heatry, J. Quinn, & R. O’Kennedy. 2004. A generic approach for the detection of whole *Listeria monocytogenes* cells in contaminated samples using surface plasmon resonance. *Biosens. Bioelectron.* 19:1331–1335.
- Liedberg, Bo, Nylander, C., & Lunström, I. (1983). Surface plasmon resonance for gas detection and biosensing. *Sensors and Actuators*, 4, 299–304.
- Lim, T. K., Oyama, M., Ikebukuro, K., & Karube, I. (2000). Detection of Atrazine Based on the SPR Determination of P450 mRNA Levels in *Saccharomyces cerevisiae*. *Analytical chemistry*, 72(13), 2856-2860.
- Lin, C., & Chen, S. (2017). Theoretical investigation of detection accuracy of surface plasmon resonance sensor with dielectric layer. *Journal of Nanophotonics*, 11(4), 046014.
- Lin, T. J., Huang, K. T., & Liu, C. Y. (2006). Determination of organophosphorous pesticides by a novel biosensor based on localized surface plasmon resonance. *Biosensors and Bioelectronics*, 22(4), 513-518.
- Liu, S., Li, M., Gong, C., & Gao, H. (2016). Effects of light source on the performance of a Kretschmann surface plasmon resonance sensor. *Laser Physics*, 26(6), 065006.

- Liu, Z., Tabakman, S., Welsher, K., & Dai, H. (2009). Carbon nanotubes in biology and medicine: in vitro and in vivo detection, imaging and drug delivery. *Nano research*, 2(2), 85-120.
- Löfås, S., Malmqvist, M., Rönnerberg, I., Stenberg, E., Liedberg, B., & Lundström, I. (1991). Bioanalysis with surface plasmon resonance. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 5(1-4), 79-84.
- Lund-Katz, S., Nguyen, D., Dhanasekaran, P., Kono, M., Nickel, M., Saito, H., & Phillips, M. C. (2010). Surface plasmon resonance analysis of the mechanism of binding of apoA-I to high density lipoprotein particles. *Journal of lipid research*, 51(3), 606-617.
- Mat Yunus, W. M., & bin Abdul Rahman, A. (1988). Refractive index of solutions at high concentrations. *Applied optics*, 27(16), 3341-3343.
- Malinow, L. B. (2015). *The Real Cause of Diabetes*. Diakses dari <https://www.mdvip.com/>
- Marquart, A. (2006). Sensorgram - A Curve. Diakses 4 Maret, 2019, dari <https://www.sprpages.nl>
- Marquart, A. (2006). SPR Instrument. Diakses dari <https://www.sprpages.nl/>
- Masson, J. F. (2017). Surface plasmon resonance clinical biosensors for medical diagnostics. *ACS sensors*, 2(1), 16-30.
- Matarèse, B. F., Feyen, P. L., Falco, A., Benfenati, F., & Lugli, P. (2018). Use of SU8 as a stable and biocompatible adhesion layer for gold bioelectrodes. *Scientific reports*, 8(1), 5560.
- Mauriz, E., Calle, A., Lechuga, L. M., Quintana, J., Montoya, A., & Manclus, J. J. (2006). Real-time detection of chlorpyrifos at part per trillion levels in ground, surface and drinking water samples by a portable surface plasmon resonance immunosensor. *Analytica Chimica Acta*, 561(1-2), 40-47.
- Maurya, J. B., & Prajapati, Y. K. (2018). Influence of adhesion layer on performance of surface plasmon resonance sensor. *IET Optoelectronics*, 12(4), 168-175.
- Mayer, K. M., Hafner, J. H., & Antigen, A. À. (2011). Localized Surface Plasmon Resonance Sensors, 3828–3857.
- Mayo Clinic. (2018). Diabetes - Diagnosis and Treatment. Diakses 2 Maret 2019, dari <https://www.mayoclinic.org>
- McLaurin, J., Cecal, R., Kierstead, M. E., Tian, X., Phinney, A. L., Manea, M., ... & Janus, C. (2002). Therapeutically effective antibodies against amyloid- β peptide target amyloid- β residues 4–10 and inhibit cytotoxicity and

- fibrillogenesis. *Nature medicine*, 8(11), 1263.
- McPeak, K. M., Jayanti, S. V., Kress, S. J., Meyer, S., Iotti, S., Rossinelli, A., & Norris, D. J. (2015). Plasmonic films can easily be better: rules and recipes. *ACS photonics*, 2(3), 326-333.
- Menon, P. S., Kandiah, K., Ehsan, A. A., & Shaari, S. (2011). Concentration-dependent minority carrier lifetime in an In_{0.53}Ga_{0.47}As interdigitated lateral PIN photodiode model based on spin-on chemical fabrication methodology. *International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields*, 24(5), 465-477.
- Menon, P. S., Said, F. A., Mei, G. S., Berhanuddin, D. D., Umar, A. A., Shaari, S., & Majlis, B. Y. (2018). Urea and creatinine detection on nano-laminated gold thin film using Kretschmann-based surface plasmon resonance biosensor. *PloS one*, 13(7), e0201228.
- Merwe, P. A. Van Der. (2011). Surface plasmon resonance General Principles Of Biacore Experiments, 1–50.
- Mishra, A. K., Mishra, S. K., Eisenstein, G., & Gupta, B. D. (2014, October). Enhanced Detection Accuracy and Figure of Merit of Surface Plasmon Resonance Based Fiber Optic Sensor for Blood-Glucose Sensing. In *Frontiers in Optics* (pp. FTu4B-6). Optical Society of America.
- Mitchell, J. S., Y. Wu, C. J. Cook, & L. Main. 2005. Sensitivity enhancement of surface plasmon resonance biosensing of small molecules. *Anal. Biochem.* 343:125–135.
- Miyazaki, C. M., Shimizu, F. M., & Ferreira, M. (2017). Surface plasmon resonance (SPR) for sensors and biosensors. In *Nanocharacterization Techniques* (pp. 183-200). William Andrew Publishing.
- Miyazaki, C. M., Shimizu, F. M., Mejía-Salazar, J. R., Oliveira Jr, O. N., & Ferreira, M. (2017). Surface plasmon resonance biosensor for enzymatic detection of small analytes. *Nanotechnology*, 28(14), 145501.
- Murray, K. R., Granner, D. K., & Rodwell, V. W. (2006). *Metabolism of proteins and amino acids: Harper's Illustrated Biochemistry*. New York, USA: McGraw Hill.
- Ock, K., Jang, G., Roh, Y., Kim, S., Kim, J., & Koh, K. (2001). Optical detection of Cu²⁺ ion using a SQ-dye containing polymeric thin-film on Au surface. *Microchemical journal*, 70(3), 301-305.
- Oh, B. K., Kim, Y. K., Park, K. W., Lee, W. H., & Choi, J. W. (2004). Surface plasmon resonance immunosensor for the detection of Salmonella typhimurium. *Biosensors and Bioelectronics*, 19(11), 1497-1504.

Chandra Wulandari, 2019

PERFORMA SENSOR BERBASIS SURFACE PLASMON RESONANCE (SPR) KONFIGURASI KRETSCHMANN DENGAN FILM TIPIS EMAS UNTUK DETEKSI GULA DARAH

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Oh, B. K., Lee, W., Kim, Y. K., Lee, W. H., & Choi, J. W. (2004). Surface plasmon resonance immunosensor using self-assembled protein G for the detection of *Salmonella paratyphi*. *Journal of biotechnology*, 111(1), 1-8.
- Ojeda, C., & Rojas, F. (2006). Recent development in optical chemical sensors coupling with flow injection analysis. *Sensors*, 6(10), 1245-1307.
- Ordal, M. A., Long, L. L., Bell, R. J., Bell, S. E., Bell, R. R., Alexander, R. W., & Ward, C. A. (1983). Optical properties of the metals al, co, cu, au, fe, pb, ni, pd, pt, ag, ti, and w in the infrared and far infrared. *Applied optics*, 22(7), 1099-1119.
- Otto, A. (1968). Excitation of Nonradiative Surface Plasma Waves in Silver by the Method of Frustrated Total Reflection. *Zeitschrift Fur Physik*, 216, 398–410.
- Pattnaik, P. (2005). Surface Plasmon Resonance. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 126(1), 79–92.
- Piliarik, M., & Homola, J. (2009). Surface plasmon resonance (SPR) sensors : approaching their limits?, 17(19), 3530–3538.
- Pines, D. (1952). Collective Description of Electron Interactions: II. Collective vs Individual Particle Aspects of the Interactions. *Physical Review*, 85(2).
- Pines, D. (1956). Collective Energy Losses in Solid. *Reviews of Modern Physics*, 28(3).
- Pitarke, J. M., Silkin, V. M., Chulkov, E. V., & Echenique, P. M. (2006). Theory of surface plasmons and surface-plasmon polaritons. *Reports on progress in physics*, 70(1), 1.
- Plata, M. R., Contento, A. M., & Ríos, A. (2010). State-of-the-art of (bio) chemical sensor developments in analytical spanish groups. *Sensors*, 10(4), 2511-2576.
- Powell, C. J., & Swan, J. B. (1959). Origin of the Characteristics Electron Energy Losses in Aluminium. *Physical Review*, 115(4).
- Retra, K., Irth, H., & van Muijlwijk-Koezen, J. E. (2010). Surface Plasmon Resonance biosensor analysis as a useful tool in FBDD. *Drug Discovery Today: Technologies*, 7(3), e181-e187.
- Ritchie, R. H. (1956). Plasma Losses by Fast Electrons in Thin Films. *Physical Review*, 184(5).
- Ritchie, R. H., Arakawa, E. T., Cowan, J. J., & Hamm, R. N. (1968). Surface Plasmon Resonance Effect in Grating Diffraction. *Physical Review Letters*, 21(22).

Chandra Wulandari, 2019

PERFORMA SENSOR BERBASIS SURFACE PLASMON RESONANCE (SPR) KONFIGURASI KRETSCHMANN DENGAN FILM TIPIS EMAS UNTUK DETEKSI GULA DARAH

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Ronkainen, N. J., Brian, H., & Heineman, W. R. (2010). Electrochemical biosensors, 1747–1763.
- Scarano, S., Mascini, M., Turner, A. P., & Minunni, M. (2010). Surface plasmon resonance imaging for affinity-based biosensors. *Biosensors and bioelectronics*, 25(5), 957-966.
- Schuck, P. (1997). Use of surface plasmon resonance to probe the equilibrium and dynamic aspects of interactions between biological macromolecules. *Annual review of biophysics and biomolecular structure*, 26(1), 541-566.
- Simangunsong, D. S., Zahra, A. A., & Hidayatno, A. (2013). Estimasi Perbaikan Nilai Snr (Signal To Noise Ratio) Pada Proses Denoising Menggunakan Metode Wavelet Terhadap Suatu Sinyal Berderau. *TRANSIENT*, 2(4), 895-899.
- Soh, N., Tokuda, T., Watanabe, T., Mishima, K., Imato, T., Masadome, T., ... & Brown, S. (2003). A surface plasmon resonance immunosensor for detecting a dioxin precursor using a gold binding polypeptide. *Talanta*, 60(4), 733-745.
- Srivastava, S. K., Verma, R., & Gupta, B. D. (2012, January). Surface plasmon resonance based fiber optic glucose biosensor. In *Third Asia Pacific Optical Sensors Conference* (Vol. 8351, p. 83511Z). International Society for Optics and Photonics.
- Stern, E. A., & Ferrell, R. A. (1960). Surface Plasma Oscillations of a Degenerate Electron Gas. *Physical Review*, 120(1).
- Stetter, J. R., & Li, J. (2008). Amperometric gas sensors a review. *Chemical reviews*, 108(2), 352-366.
- Szunerits, S., Castel, X., & Boukherroub, R. (2008). Surface plasmon resonance investigation of silver and gold films coated with thin indium tin oxide layers: Influence on stability and sensitivity. *The Journal of Physical Chemistry C*, 112(40), 15813-15817.
- Tang, Y., Zeng, X., & Liang, J. (2010). Surface plasmon resonance: an introduction to a surface spectroscopy technique. *Journal of chemical education*, 87(7), 742-746.
- Thakur, M. S., & Ragavan, K. V. (2013). Biosensors in food processing. *Journal of food science and technology*, 50(4), 625-641.
- Todeschini, M., Bastos da Silva Fanta, A., Jensen, F., Wagner, J. B., & Han, A. (2017). Influence of Ti and Cr adhesion layers on ultrathin Au films. *ACS applied materials & interfaces*, 9(42), 37374-37385.
- Tompkins, H. G., Tasic, S., Baker, J., & Convey, D. (2000). Spectroscopic ellipsometry measurements of thin metal films. *Surface and Interface*

Analysis: An International Journal devoted to the development and application of techniques for the analysis of surfaces, interfaces and thin films, 29(3), 179-187.

- Tudös, A. J., E. R. Lucas-van den Bos, & E. C. A. Stigter. 2003. Rapid surface plasmon resonancebased inhibition assay of deoxynivalenol. *J. Agric. Food Chem.* 51:5843–5848.
- Uddin, S. M. A., Chowdhury, S. S., & Kabir, E. (2017, February). A theoretical model for determination of optimum metal thickness in Kretschmann configuration based surface plasmon resonance biosensors. In *2017 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)* (pp. 651-654).
- Wang, J. (2008). Electrochemical Glucose Biosensors, 814–825.
- Wei, R., Gatterdam, V., Wieneke, R., Tampé, R., & Rant, U. (2012). Stochastic sensing of proteins with receptor-modified solid-state nanopores. *Nature nanotechnology*, 7(4), 257.
- WHO, W. H. O. (2010). *Diabetes Mellitus - Fact Sheet 138*. Diakses dari <https://www.who.int/>
- Willander, M., & Al-hilli, S. (2009). Chapter 14 Analysis of Biomolecules Using Surface Plasmons. *Micro and Nano Technology in Bioanalysis*, 544.
- Wu, C. M., & Lin, L. Y. (2004). Immobilization of metallothionein as a sensitive biosensor chip for the detection of metal ions by surface plasmon resonance. *Biosensors and Bioelectronics*, 20(4), 864-871.
- Yamamoto, M. (2002). Surface plasmon resonance (SPR) theory: tutorial. *Review of Polarography*, 48(3), 209-237.
- Yu, Q. M., S. F. Chen, A. D. Taylor, J. Homola, B. Hock, & S. Y. Jiang. 2005. Detection of low-molecular-weight domoic acid using surface plasmon resonance sensor. *Sens. Actuat. B: Chem.* 107:193–201.
- Yokogawa, S., Burgos, S. P., & Atwater, H. A. (2012). Plasmonic color filters for CMOS image sensor applications. *Nano Letters*, 8(12), 4349–4354
- Zayats, A. V., Smolyaninov, I. I., & Maradudin, A. A. (2005). Nano-optics of surface plasmon polaritons. *Physics reports*, 408(3-4), 131-314.
- Zhao, H., Wang, C., Vellacheri, R., Zhou, M., Xu, Y., Fu, Q., ... & Lei, Y. (2014). Self-Supported Metallic Nanopore Arrays with Highly Oriented Nanoporous Structures as Ideally Nanostructured Electrodes for Supercapacitor Applications. *Advanced Materials*, 26(45), 7654-7659.