

**PENDETEKSIAN DAN ANALISIS PERFORMA SURFACE PLASMON  
RESONANCE DALAM MENDETEKSI *CANCER MARKER* DAN DARAH  
PADA PANJANG GELOMBANG 785 NM DAN 670 NM**

**SKRIPSI**

*sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar*

*sarjana sains program studi fisika*



**OLEH:**

**DICKY ABDURRAHMAN FAJRI**

**NIM. 08021381924066**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2023**

LEMBAR PENGESAHAN

PENDETEKSIAN DAN ANALISIS PERFORMA SURFACE PLASMON  
RESONANCE DALAM MENDETEKSI *CANCER MARKER* DAN DARAH  
PADA PANJANG GELOMBANG 785 NM DAN 670 NM

SKRIPSI

*sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar*

*sarjana sains program studi fisika*

Oleh:

**DICKY ABDURRAHMAN FAJRI**

**NIM. 08021381924066**

Inderalaya, 31 Juli 2023

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I



Dr. Fitri Suryani Arsvad, M. Si

NIP. 197010191995122001

Mengetahui,

Dosen Pembimbing II



Assoc. Prof. Dr. P. Susthitha

Menon, SMIEEE, M.OSA, M.SPIE

NIP. K01773

Menyetujui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M. T.

NIP. 197009101994121001

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya:

Nama : Dicky Abdurrahman Fajri

NIM : 08021381924066

Judul TA : Pendeteksian dan Analisis Performa Surface Plasmon Resonance dalam Mendeteksi *Cancer Marker* dan Darah pada Gelombang 785 nm dan 670 nm

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun dengan judul tersebut adalah asli atau orisinalitas dan mengikuti etika penulisan karya tulis ilmiah sampai pada waktu skripsi ini diselesaikan, sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains di program studi Fisika Universitas Sriwijaya.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila dikemudian hari terdapat kesalahan ataupun keterangan palsu dalam surat pernyataan ini, maka saya siap bertanggung jawab secara akademik dan menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Indralaya, 27 Oktober 2023

Yang menyatakan



Dicky Abdurrahman Fajri

NIM.08021381924066

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat, rahmat dan kehendak-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pendeteksian dan Analisis Performa Surface Plasmon Resonance dalam Mendeteksi *Cancer Marker* dan Darah pada Gelombang 785 nm dan 670 nm”. Sholawat dan salam semoga selalu tercurah limpahkan 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.

Laporan ini terwujud atas bimbingan, pengarahan dan bantuan dari berbagai pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kepada Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Frinsyah Virgo, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Fitri Suryani Arsyad, M. Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Assoc. Prof. Dr. P. Susthitha Menon, SMIEEE, M.O.S.A, M.SPIE selaku Pembimbing Lapangan yang telah memberi pengarahan dan memberi dukungan moral pada proses penelitian.

5. Kepada kedua orang tua dan keempat adik yang selalu mendoakan dan menjadi penyemangat.
6. Teman-teman saya terutama Rahmat Akbar, Almukminah, Gusti, Kak Wimbi dan teman-teman dari Fisika Angkatan 2019 yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi saya.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan, ketulusan, bimbingan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang dapat mengevaluasi dan meningkatkan kualitas dalam penyusunan laporan kerja praktek ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, 29 Juli 2023

Dicky Abdurrahman Fajri  
NIM. 08021381924066

**PENDETEKSIAN DAN ANALISIS PERFORMA SURFACE PLASMON  
RESONANCE DALAM MENDETEKSI *CANCER MARKER* DAN DARAH  
PADA PANJANG GELOMBANG 785 NM DAN 670 NM**

Oleh:  
**DICKY ABDURRAHMAN FAJRI**  
**08021381924066**

**ABSTRAK**

*Cancer marker* atau zat penanda kanker adalah zat atau molekul yang terdapat pada tubuh manusia yang dapat memberikan indikasi adanya suatu kanker tertentu pada tubuh manusia. Ada banyak *cancer marker* yang telah ditemukan. Namun, penelitian ini hanya menggunakan enam *cancer marker* saja yaitu Jurkat, HeLa, PC-12, MDA-MB-231, MCF-7, dan Basal. Adapun sampel darah juga digunakan sebagai tambahan untuk melihat performa sensor *Surface Plasmon Resonance* (SPR) dalam mendeteksi suatu zat dengan nilai indeks bias berkisar antara 1,36 sampai dengan 1,44. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *software Lumerical FDTD Solutions* sehingga hanya dilakukan simulasi saja. Keunggulan melakukan simulasi dengan *software Lumerical FDTD Solution* yaitu lingkungan terjadinya SPR yang terjaga sehingga tidak ada kontaminasi apapun yang terjadi. Optimasi yang dilakukan berupa penggunaan film tipis emas sebagai *sensor chip* setebal 50 nm. Penggunaan darah dengan nilai indeks bias yang berbeda-beda dapat membantu peneliti untuk melihat seberapa besar indeks bias yang dapat dideteksi dengan SPR.

Kata kunci: *Surface Plasmon Resonance*, Kanker, *Cancer Marker*, Biosensor, darah

Inderalaya, 31 Juli 2023

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

**Dr. Fitri Suryani Arsyad, M. Si**

**NIP. 197010191995122001**

Mengetahui.

Dosen Pembimbing II

**Assoc. Prof. Dr. P. Susthitha**

**Menon, SMIEEE, M.OSA, M.SPIE**

**NIP. K01773**

Menyetujui,

Ketua Jurusan Fisika

**Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M. T.**

**NIP. 197009101994121001**

**DETECTION AND PERFORMANCE ANALYSIS OF SURFACE  
PLASMON RESONANCE IN DETECTING CANCER MARKER AND  
BLOOD AT WAVELENGTHS OF 785 NM AND 670 NM**

By:  
**DICKY ABDURRAHMAN FAJRI**  
**08021381924066**

**ABSTRACT**

Cancer markers, or substances indicating the presence of specific cancers in the human body, are molecules found in the human body that provide indications of certain types of cancer. Numerous cancer markers have been discovered. However, this research focuses only on six specific cancer markers: Jurkat, HeLa, PC-12, MDA-MB-231, MCF-7, and Basal. Blood samples are also used as an additional component to assess the Surface Plasmon Resonance (SPR) sensor's performance in detecting substances with refractive index values ranging from 1.36 to 1.44. The research is conducted solely through simulations using Lumerical FDTD Solutions software. The advantage of using Lumerical FDTD Solutions for simulation lies in maintaining a controlled SPR environment, ensuring no contamination occurs. The optimization is achieved by utilizing a 50 nm-thick gold thin film as the sensor chip. By employing blood samples with different refractive index values, researchers can determine the sensitivity of SPR in detecting various refractive indices.

Keywords: Surface Plasmon Resonance, Cancer, Cancer Marker, Biosensor, Blood

Inderalaya, 31 Juli 2023

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

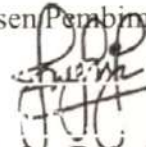


**Dr. Fitri Survani Arsyad, M. Si**

**NIP. 197010191995122001**

Mengetahui.

Dosen Pembimbing II



**Assoc. Prof. Dr. P. Susthitha**

**Menon, SMIEEE, M.OSA, M.SPIE**

**NIP. K01773**

Menyetujui,

Ketua Jurusan Fisika



**Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M. T.**

**NIP. 197009104994121001**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR RUMUS .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Fenomena <i>Surface Plasmon</i> .....	4
2.2 Detektor kanker menggunakan SPR berbasis Kretschman.....	5
2.3 Kanker.....	6
2.4 Cancer Marker.....	7
2.5 Software Anys Lumerical FDTD Solution .....	8
2.6 Darah.....	9
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>10</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	10
3.1.1 Tempat Penelitian.....	10
3.1.2 Waktu Penelitian.....	10
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	10



3.3 Metode Penelitian.....	10
3.4 Tabel Pengamatan .....	12
3.4.1 Tabel Pengukuran FWHM <i>Cancer Marker</i> .....	12
3.4.2 Tabel Pengukuran FWHM Darah .....	12
3.4.3 Tabel Akurasi Deteksi <i>Cancer Marker</i> .....	13
3.4.4 Tabel Akurasi Deteksi Darah.....	13
3.4.5 Tabel Sensitivitas <i>Cancer Marker</i> .....	13
3.4.6 Tabel Sensitivitas Darah .....	14
3.5 Algoritma .....	15
3.5.1 Algoritma Penelitian .....	15
3.5.2 Algoritma Pembuatan Desain Software FDTD Solution.....	16
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>17</b>
4.1 Hasil Simulasi Keenam sampel <i>Cancer Marker</i> .....	17
4.1.1 Jurkat.....	17
4.1.2 HeLa.....	18
4.1.3 PC-12.....	19
4.1.4 MDA-MB-231 .....	20
4.1.5 MCF-7 .....	21
4.1.6 Basal.....	22
4.2 Hasil Simulasi darah dan air .....	23
4.2.1 Darah .....	23
4.2.2 Air .....	24
4.3. Analisis Simulasi Keenam sampel <i>Cancer Marker</i> dan Darah.....	26
4.3.1 FWHM .....	26
4.3.2 Akurasi Deteksi.....	30
4.3.3 Sensitivitas .....	33

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>36</b>
5.1 Kesimpulan .....	36
5.2 Saran.....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>40</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema pandangan sudut datangnya cahaya untuk menghasilkan ATR .....	4
Gambar 2.2 Skema SPR dalam konfigurasi Kretschman.....	5
Gambar 2.3 Kurva respon SPR .....	6
Gambar 3.1 Sensor Bionavis SPR Navi-200.....	11
Gambar 3.1 Desain skema simulasi SPR .....	11
Gambar 4.1 Skema perhitungan FWHM .....	26

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sel cancer marker dan sel sehatnya beserta indeks bias cahaya masing-masing sel .....	8
Tabel 3.1 Tabel Pengukuran FWHM Cancer Marker pada panjang gelombang 785 nm dan 670 nm .....	12
Tabel 3.2 Tabel pengukuran FWHM darah pada panjang gelombang 785 nm dan 670 nm .....	12
Tabel 3.3 Tabel Akurasi deteksi Cancer Marker pada panjang gelombang 785 nm dan 670 nm .....	13
Tabel 3.4 Tabel Akurasi deteksi darah pada panjang gelombang 785 nm dan 670 nm .....	13
Tabel 3.5 Tabel Sensitivitas Cancer Marker .....	13
Tabel 3.6 Tabel Sensitivitas darah pada panjang gelombang 785 nm dan 670 nm .....	14
Tabel 4.1 FWHM jurkat dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm .....	27
Tabel 4.2 FWHM Hela dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm .....	27
Tabel 4.3 FWHM PC-12 dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm .....	28
Tabel 4.4 FWHM MDA-MB-231 dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm .....	28
Tabel 4.5 FWHM MCF-7 dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm .....	28
Tabel 4.6 FWHM Basal dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm.....	29
Tabel 4.7 FWHM darah pada panjang gelombang 785 nm .....	29
Tabel 4.8 FWHM darah pada panjang gelombang 670 nm .....	29

Tabel 4.9 Akurasi deteksi Jurkat dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm .....	30
Tabel 4.10 Akurasi deteksi HeLa dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm .....	31
Tabel 4.11 Akurasi deteksi PC-12 dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm .....	31
Tabel 4.12 Akurasi deteksi MDA-MB-231 dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm .....	31
Tabel 4.13 Akurasi deteksi MCF-7 dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm .....	32
Tabel 4.14 Akurasi deteksi Basal dan sel normal pada panjang gelombang 670 nm dan 785 nm .....	32
Tabel 4.15 Akurasi deteksi darah pada panjang gelombang 785 nm .....	32
Tabel 4.16 Akurasi deteksi darah pada panjang gelombang 670 nm .....	33
Tabel 4.17 Tabel sensitivitas cancer marker .....	34
Tabel 4.18 Tabel sensitivitas darah pada panjang gelombang 785 nm .....	34
Tabel 4.19 Tabel sensitivitas darah pada panjang gelombang 670 nm .....	35

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Kurva Respon SPR dengan sampel Jurkat pada panjang gelombang 785 nm .....	17
Grafik 4.2 Kurva Respon SPR dengan sampel Jurkat pada panjang gelombang 670 nm .....	18
Grafik 4.3 Kurva Respon SPR dengan sampel Hela pada panjang gelombang 785 nm .....	18
Grafik 4.4 Kurva Respon SPR dengan sampel Hela pada panjang gelombang 670 nm .....	19
Grafik 4.5 Kurva Respon SPR dengan sampel PC-12 pada panjang gelombang 785 nm .....	19
Grafik 4.6 Kurva Respon SPR dengan sampel PC-12 pada panjang gelombang 670 nm .....	20
Grafik 4.7 Kurva Respon SPR dengan sampel MDA-MB-231 pada panjang gelombang 785 nm .....	20
Grafik 4.8 Kurva Respon SPR dengan sampel MDA-MB-231 pada panjang gelombang 670 nm .....	21
Grafik 4.9 Kurva Respon SPR dengan sampel MC-7 pada panjang gelombang 785 nm .....	21
Grafik 4.10 Kurva Respon SPR dengan sampel MC-7 pada panjang gelombang 670 nm .....	22
Grafik 4.11 Kurva Respon SPR dengan sampel Basal pada panjang gelombang 785 nm .....	22
Grafik 4.12 Kurva Respon SPR dengan sampel Basal pada panjang gelombang 670 nm .....	23
Grafik 4.13 Kurva Respon SPR dengan sampel darah pada panjang gelombang 785 nm .....	23

Grafik 4.14 Kurva Respon SPR dengan sampel darah pada panjang gelombang 785 nm .....	24
Grafik 4.15 Kurva Respon SPR dengan sampel air pada panjang gelombang 785 nm .....	24
Grafik 4.16 Kurva Respon SPR dengan sampel air pada panjang gelombang 670 nm .....	25

## DAFTAR RUMUS

4.1 Rumus <i>Half maximum</i> .....	27
4.2 Rumus FWHM .....	27
4.3 Rumus <i>Detection Accuracy</i> .....	30
4.4 Rumus sensitivitas <i>cancer marker</i> .....	33
4.5 Rumus sensitivitas darah.....	34



## DAFTAR SINGKATAN

CSC	: <i>Cancer Stem Cell</i>
SPR	: <i>Surface Plasmon Resonance</i>
FWHM	: <i>Full Width Half Maximum</i>
ATR	: <i>Attenuated Total Reflection</i>
FDTD	: <i>Finite-Difference Time-Domain</i>
CT Scan	: <i>Computerized Tomography Scan</i>
MRI	: <i>Magnetic resonance imaging</i>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut jurnal yang diterbitkan oleh International Journal of Cancer pada tahun 2020 sebanyak 19,3 juta jiwa terjangkit penyakit kanker dan angka kematiannya sebesar 10 juta jiwa. *Study* juga menunjukkan sebanyak 9,2 juta kasus terjadi pada pasien perempuan dengan presentase sebesar 24,5% diantaranya adalah kasus kanker payudara dan total kematian sebanyak 4,4 juta jiwa dengan presentase kematian sebesar 15,5% akibat kanker payudara. Sebanyak 10,1 juta kasus terjadi pada pasien laki-laki dengan presentase sebesar 14,3% diantaranya adalah kasus kanker paru-paru dan total kematian sebanyak 5,5 juta jiwa dengan presentase kematian sebesar 21,5% kematian akibat kanker paru-paru (Ferlay et al., 2021).

Signifikansi *Cancer stem cell* (CSC) penting dalam identifikasi dan prediksi dinamika tumor. Sejalan dengan ini pernyataan, merancang pendekatan baru untuk penargetan obat anti-kanker CSC jelas bagi semua orang. Sel-sel ini menunjukkan lebih banyak resistensi terhadap agen kemoterapi daripada sel tumor biasa, sehingga kebutuhan untuk mengembangkan metode deteksi baru untuk CSC telah ditingkatkan. Pembuatan obat anti kanker CSC menjadi hal yang sulit karena memiliki resistansi yang lebih besar jika dibandingkan dengan sel tumor biasa, hal ini menjadi alasan utama diperlukannya metode deteksi kanker yang baru untuk mengatasi masalah tersebut (Fathi et al., 2019).

Detektor kanker yang lazim digunakan di banyak rumah sakit di Indonesia seperti CT Scan dan MRI memakan biaya yang besar untuk satu kali pemeriksaan. Oleh karena itu peneliti berupaya untuk mengembangkan detektor kanker menggunakan *Surface Plasmon Resonance* (SPR) berbasis Kretschmann yang mempunyai biaya operasional yang lebih murah dibandingkan dua alat konvensional tersebut. Sensor SPR merupakan sensor optik yang menggunakan fenomena plasmon untuk melihat interaksi antara permukaan film dan material biomolekul (Rajabiah, 2016).

Dalam beberapa tahun ini penelitian SPR telah banyak dilakukan. Makalah yang banyak diterbitkan berdasarkan penelitian untuk mendeteksi partikel besar seperti Eksonom, Vesikel, Sel Kanker, dan sebagainya. Terdapat lima kelompok makalah dalam penelitian SPR, tergantung pada tingkat kelayakan pada penelitian sebelumnya. Komponen yang digunakan pada biosensor biasanya menggunakan chip, reseptor dan penghubung yang digunakan, serta kalibrasi strategi. Aplikasi SPR digunakan untuk melihat interaksi dari sebuah biomolekul dan analisis dibuat berdasarkan menggunakan biosensor. Hal ini berarti aplikasi SPR meningkat seiring perkembangan dan kebutuhan teknologi untuk penyelesaian masalah medis (Gorodkiewicz & Lukaszewski, 2018).

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuktian konsep untuk melihat jika SPR dapat digunakan untuk mendeteksi enam *cancer marker* dan juga darah. Pembuktian akan dilakukan dengan menggunakan *software Finite-Difference Time-Domain (FDTD) Solutions*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Masalah yang mencangkup penelitian yang dilakukan dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah sensor SPR dapat digunakan untuk mendeteksi *cancer marker* dan darah?
2. Bagaimana performa SPR dalam mendeteksi *cancer marker* dan darah?
3. Apa perbedaan SPR dalam mendeteksi *cancer marker* dan darah dalam gelombang 670 nm dan 785 nm?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian dijabarkan menjadi tiga poin utama yaitu:

1. Membuktikan sensor SPR dapat digunakan untuk mendeteksi *cancer marker* dan darah
2. Mengetahui performa SPR dalam mendeteksi *cancer marker* dan darah
3. Mengetahui perbedaan SPR dalam mendeteksi *cancer marker* dan darah dalam panjang gelombang 785 nm dan 670 nm

#### **1.4 Batasan Masalah**

Simulasi akan menghasilkan kurva respon SPR berupa grafik reflektansi terhadap sudut datang. Pengukuran yang akan dilakukan yaitu pengukuran *Full Width Half Maximum (FWHM)*, sensitivitas dan akurasi deteksi.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian dengan menggunakan sensor SPR dapat terus ditingkatkan baik secara simulasi maupun eksperimental. Serta diharapkan tingkat kesembuhan terhadap penyakit kanker dapat menjadi lebih baik. Penelitian dilakukan sebagai *proof of concept* untuk membuktikan sensor SPR dengan *sensor chip* berupa film tipis emas dapat digunakan sebagai sensor yang dapat mendeteksi cancer.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anys (n.d.). Ansys Lumerical FDTD. [www.ansys.com](http://www.ansys.com). Diakses pada 29 Juli 2023, from <https://www.ansys.com/products/photonics/fdtd>.
- Brilliana, A., Arafah, R., Notobroto, H. B., Biostatistika, D., Kependudukan, D., Kesehatan, F., Kampus, M., Unair, C., & Korespondensi, M. A. (2012). FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN PERILAKU IBU RUMAH TANGGA MELAKUKAN PEMERIKSAAN PAYUDARA SENDIRI (SADARI). *The Indonesian Journal of Public Health*, *12*(2), 143–153. <https://doi.org/10.20473/ijph.v12i1.2017.143-153>
- 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. <https://doi.org/10.1364/oe.26.034880>
- Dwi Nugroho, K., Sucipto, U., Pengajar Prodi, D. S., Tinggi Ilmu Kesehatan Panti Waluya Malang, S., & Pengajar Profesi Ners Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Panti Waluya Malang, D. (2020). *Studi Fenomenologi: Dampak Pengabaian Gejala Kanker Bagi Klien Dan Keluarga Phenomenology Study: The Impact Of Cancer Symptoms For Clients And Families*. <http://jurnal.stikespantiwaluya.ac.id/>
- Fania, L., Didona, D., Morese, R., Campana, I., Coco, V., Di Pietro, F. R., Ricci, F., Pallotta, S., Candi, E., Abeni, D., & Dellambra, E. (2020). Basal cell carcinoma: From pathophysiology to novel therapeutic approaches. In *Biomedicines* (Vol. 8, Issue 11, pp. 1–38). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/biomedicines8110449>
- Ferlay, J., Colombet, M., Soerjomataram, I., Parkin, D. M., Piñeros, M., Znaor, A., & Bray, F. (2021). Cancer statistics for the year 2020: An overview. *International Journal of Cancer*, *149*(4), 778–789. <https://doi.org/10.1002/ijc.33588>
- Gutiérrez-Hoya, A., Zerecero-Carreón, O., Valle-Mendiola, A., Moreno-Lafont, M., López-Santiago, R., Weiss-Steider, B., & Soto-Cruz, I. (2019). Cervical cancer cells express markers associated with immunosurveillance. *Journal of Immunology Research*, *2019*. <https://doi.org/10.1155/2019/1242979>

- Joshi, S., Kumar, S., Bafna, S., Rachagani, S., Wagner, K. U., Jain, M., & Batra, S. K. (2015). Genetically engineered mucin mouse models for inflammation and cancer. In *Cancer and Metastasis Reviews* (Vol. 34, Issue 4, pp. 593–609). Springer New York LLC. <https://doi.org/10.1007/s10555-015-9549-1>
- Kuhn, V., Diederich, L., Keller, T. C. S., Kramer, C. M., Lückstädt, W., Panknin, C., Suvorava, T., Isakson, B. E., Kelm, M., & Cortese-Krott, M. M. (2017). Red Blood Cell Function and Dysfunction: Redox Regulation, Nitric Oxide Metabolism, Anemia. In *Antioxidants and Redox Signaling* (Vol. 26, Issue 13, pp. 718–742). Mary Ann Liebert Inc. <https://doi.org/10.1089/ars.2016.6954>
- Lazareva, E., & Tuchin, V. (2018). Blood refractive index modelling in the visible and near infrared spectral regions. *Journal of Biomedical Photonics & Engineering*, 4(1), 010503. <https://doi.org/10.18287/jbpe18.04.010503>
- Liu, S., Deng, Z., Li, J., Wang, J., & Huang, N. (2019). Measurement of the refractive index of whole blood and its components for a continuous spectral region. *Journal of Biomedical Optics*, 24(03), 1. <https://doi.org/10.1117/1.jbo.24.3.035003>
- 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 nanolaminated gold thin film using Kretschmann-based surface plasmon resonance biosensor. *PLoS ONE*, 13(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201228>
- Miyazaki, C. M., Shimizu, F. M., & Ferreira, M. (2017). *Nanocharacterization Techniques*.
- Parvin, T., Ahmed, K., Alatwi, A. M., & Rashed, A. N. Z. (2021). Differential optical absorption spectroscopy-based refractive index sensor for cancer cell detection. *Optical Review*, 28(1), 134–143. <https://doi.org/10.1007/s10043-021-00644-w>
- Rajabiah, N. (2016). Surface Plasmon Resonance (SPR) Phenomenon of the Oxidizing and Reducing Polypyrrole. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 05(02), 149–154.
- Riski Andani, K. (2022). Literature Review: Cost Calculation of Blood Services in Some Countries (Based on HDI Level). *Unnes Journal of Public Health*, 11(1). <https://doi.org/10.15294/ujph.v11i1.40872>

- Shui, G. (2011). Development of In Vitro Neural Models for Drug Discovery and Toxicity Screening. *Comprehensive Biotechnology, Second Edition*, 5, 565–572. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00513-4>
- Zheng, Y., Fang, Y. C., & Li, J. (2019). PD-L1 expression levels on tumor cells affect their immunosuppressive activity. *Oncology Letters*, 18(5), 5399–5407. <https://doi.org/10.3892/ol.2019.10903>