

**ANALISIS PERFORMA *LOCALIZED SURFACE PLASMON RESONANCE*  
BERBENTUK HEKSAGONAL DENGAN MATERIAL EMAS UNTUK DETEKSI  
ALBUMIN DALAM URIN**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Sarjana Program  
Studi Fisika

Kelompok Bidang Kajian Fisika Material



oleh

**Silva Nurfasha**

**2001536**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**BANDUNG**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ANALISIS PERFORMA LOCALIZED SURFACE PLASMON RESONANCE  
BERBENTUK HEKSAGONAL DENGAN MATERIAL EMAS UNTUK DETEKSI  
ALBUMIN DALAM URIN**

Disusun oleh:

**Silva Nurfasha**

**NIM. 2001536**

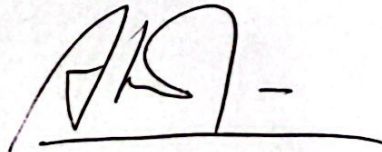
Disetujui dan disahkan oleh:

**Pembimbing I**



**Prof. Dr. Lilik Hasanah, M.Si.  
NIP. 197706162001122002**

**Pembimbing II**



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

Mengetahui

**Ketua Program Studi Fisika**



**Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si.  
NIP. 197905012003121001**

---

# **ANALISIS PERFORMA LOCALIZED SURFACE PLASMON RESONANCE BERBENTUK HEKSAGONAL DENGAN MATERIAL EMAS UNTUK DETEKSI ALBUMIN DALAM URIN**

Oleh  
Silva Nurfasha

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

© Silva Nurfasha 2024  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Juli 2024

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.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

*Alhamdulillahirabbil'amin*, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Performa *Localized Surface Plasmon Resonance* Berbentuk Heksagonal Dengan Material Emas Untuk Deteksi Albumin Dalam Urin”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Fisika di Program Studi Fisika Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulisan skripsi ini dapat terselesaikan atas bantuan dan dukungan dari banyak pihak secara moril maupun materil, untuk itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Lilik Hasanah, M.Si., dan Prof. Dr. Budi Mulyanti, M.Si., selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan solusi selama proses penyusunan skripsi. Serta selalu memberi dukungan selama pengerjaan skripsi.
2. Prof. Dr. Endi Suhendi, S.Si., M.Si. selaku ketua Program Studi Fisika Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.
3. Chandra Wulandari, M.T. selaku asisten penelitian yang selalu memberi saran dan solusi selama penyusunan skripsi.
4. Kedua Orang Tua Penulis: Bapak Yayat Supriatna, Ibu Iin Sulastri serta Kakak saya Alfianti Nurfadillah dan Adik saya Hilmi Fauzan Pratama yang senantiasa menjadi motivasi terbesar, serta setia memberikan dukungan moril dan materil selama penulis studi jenjang strata satu dan selama penyusunan skripsi sehingga dapat berjalan dengan lancar.
5. Teman-teman penulis: Riski, Risti, Risma, Zahra, Delia, dan Christina yang selalu mendukung dan memberi semangat.
6. Seluruh dosen dan karyawan Program Studi Fisika Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memberikan ilmu dan membantu urusan akademik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik

dan saran yang membangun demi kesempurnaan pada penulisan ini. Penulis berharap karya ini dapat memperkaya ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

*Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Bandung, 30 April 2024

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping letters that appear to be 'SAS'.

Penulis

## ABSTRAK

Organ ginjal pada manusia memiliki peran yang sangat penting. Kerusakan pada ginjal akan menyebabkan penyaringan cairan limbah di dalam tubuh menjadi terganggu dan dapat menyebabkan komplikasi kesehatan. Kerusakan pada ginjal dideteksi dengan adanya protein albumin dalam urin. Kerusakan pada ginjal dapat dideteksi dari kadar albumin yang terdapat pada urin, karena protein ini seharusnya disaring di ginjal, namun dapat terbawa dalam urin. Penggunaan *Localized Sensor Plasma Resonance* (LSPR) dalam bidang biosensor untuk mendeteksi protein albumin dalam urin merupakan terobosan terbaru dalam bidang medis. Dengan menggunakan simulasi FDTD, ketebalan dan ukuran lateral nanopartikel emas heksagonal (AuNP) divariasikan untuk meningkatkan sensitivitas LSPR agar lebih optimal. Dalam beberapa penelitian, material emas merupakan material yang paling sensitif untuk penggunaan LSPR. Memvariasikan geometri AuNP heksagonal akan mempengaruhi sensitivitas dan sifat optiknya. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa sensitivitas LSPR dengan material emas berkisar antara 200 – 500 nm/RIU pada geometri dan ukuran yang beragam. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapat ukuran LSPR yang optimal. Parameter ketebalan dan ukuran lateral heksagonal di variasikan dengan rasio 3:8. Ukuran lateral AuNP heksagonal bervariasi dari 20 nm - 120 nm, dengan ketebalan konstan 30 nm. Performa LSPR AuNP dengan ukuran optimal dibandingkan dengan LSPR Au@SiNP heksagonal. Kurva absorpsi bergeser ke arah panjang gelombang yang besar. Efek ini kemudian dianalisis untuk menentukan geometri optimum nanopartikel emas heksagonal. Hasil penelitian ini menunjukkan LSPR AuNP heksagonal memiliki performa yang optimal pada ukuran 100 nm, 30 nm dengan sensitivitas 391 nm/RIU dan dengan membandingkannya dengan LSPR Au@SiNP heksagonal didapat bahwa performa LSPR Au@SiNP lebih bagus dengan sensitivitas 651 nm/RIU. Optimalisasi geometri AuNP heksagonal dalam penelitian ini diharapkan dapat secara signifikan meningkatkan kinerja sensor berbasis LSPR untuk mendeteksi albumin.

Kata kunci: LSPR, Albumin, FDTD, Sensitivitas.

## ABSTRACT

The kidney organ in humans has a very important role. Damage to the kidneys will cause the filtering of waste fluids in the body to be disrupted and can cause health complications. Damage to the kidneys is detected by the presence of albumin protein in the urine. Damage to the kidneys can be detected from the albumin levels found in the urine, because this protein should be filtered in the kidneys, but can be carried in the urine. The use of Localized Sensor Plasma Resonance (LSPR) in the field of biosensors to detect albumin protein in urine is the latest breakthrough in the medical field. Using FDTD simulation, the thickness and lateral size of hexagonal gold nanoparticles (AuNPs) is varied to increase the sensitivity of LSPR to be more optimal. In some studies, gold material is the most sensitive material for the use of LSPR. Varying the geometry of hexagonal AuNPs will affect their sensitivity and optical properties. Previous studies mentioned that the sensitivity of LSPR with gold material ranges from 200 - 500 nm/RIU at various geometries and sizes. The purpose of this study is to obtain the optimal LSPR size. The parameters of lateral size and hexagonal thickness were varied with a ratio of 3:8. The lateral size of hexagonal AuNPs was varied from 20 nm - 120 nm, with a constant thickness of 30 nm. The performance of LSPR AuNPs with optimal size was compared with hexagonal LSPR Au@SiNPs. The absorption curves shifted towards large wavelengths. This effect was then analyzed to determine the optimum geometry of hexagonal gold nanoparticles. The results of this study showed that hexagonal LSPR AuNPs have optimal performance at 100 nm, 30 nm with a sensitivity of 391 nm/RIU and by comparing it with hexagonal LSPR Au@SiNPs, it was found that the performance of LSPR Au@SiNPs was better with a sensitivity of 651 nm/RIU. Optimisation of hexagonal AuNP geometry in this study is expected to significantly improve the performance of LSPR-based sensors for albumin detection.

Key word: LSPR, Albumin, FDTD, Sensitivity.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 LSPR.....	6
2.2 LSPR Sebagai Biosensor .....	9
2.3 Ketergantungan Indeks Bias pada LSPR .....	10
2.4 Indeks Bias Albumin .....	11
2.5 Lumerical FDTD .....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1 Alur penelitian.....	16
3. 2. Metode FDTD .....	17
3.3. Desain LSPR .....	17
3.4. Perancangan Sistem Simulasi.....	18
3.5 Metode Analisis.....	19



3.5.1 Teknik Analisis Pengaruh Geometri .....	19
3.5.2 Metode Analisis Pengaruh Modifikasi Material.....	20
3.5.3 Metode Analisis Performa Deteksi .....	21
BAB IV PEMBAHASAN .....	23
4.1 Optimasi Ketebalan dan Ukuran Lateral AuNP Heksagonal.....	23
4.2 Optimasi Ukuran Lateral AuNP Heksagonal dengan Ketebalan Konstan.....	26
4.3 Perbandingan Performa LSPR AuNP Heksagonal dengan LSPR Au@SiNp Heksagonal.....	31
BAB V PENUTUP .....	36
5.1 Kesimpulan .....	36
5.2. Saran .....	36
DAFTAR PUSTAKA .....	38
LAMPIRAN .....	42

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ilustrasi (a) plasmon permukaan (Mayer dkk, 2011). dan (b) skema resonansi plasmon permukaan terlokalisasi (Cortés, E dkk, 2022).....	6
Gambar 2.2. Ilustrasi cara kerja biosensor LSPR (b) ilustrasi mikroskopis AuNP mengikat albumin (Oh dkk., 2019).....	9
Gambar 2.3 Grafik konsentrasi terhadap indeks bias Bovine Serum Albumin (BSA) (Barer dkk, 1954).....	11
Gambar 3.1. Diagram alur penelitian.....	15
Gambar 3.2. Representasi <i>Yee Cell</i> .....	16
Gambar 3.3 (a) Desain heksagonal nanopartikel emas (AuNP) (b) Inti emas dilapisi dengan silikon (Au@SiNPs).....	17
Gambar 3.4. (a) Monitor-monitor pada simulasi. (b) Pengaturan FDTD.....	18
Gambar 3.5. Grafik pergeseran puncak (Pellas dkk., 2020).....	19
Gambar 3.6. Grafik untuk mencari nilai sensitivitas (Mahmood dkk., 2021).....	21
Gambar 4.1. Absorpsi heksagonal AuNP dengan rasio ukuran 3:8 di latar belakang indeks bias 1,33.....	22
Gambar 4.2. Absorpsi heksagonal AuNP dengan rasio ukuran 3:8 di latar belakang indeks bias 1,34.....	23
Gambar 4.3. Grafik absorpsi yang disimulasikan pada dua indeks bias yang berbeda (a) $h = 15$ nm dan $l = 40$ nm. (b) $h = 30$ nm dan $l = 80$ nm. (c) $h = 45$ nm dan $l = 120$ nm. (d) $h = 60$ nm dan $l = 160$ nm. (e) $h = 75$ nm dan $l = 200$ nm. (f) $h = 90$ nm dan $l = 240$ nm.....	24
Gambar 4.4. Absorpsi heksagonal AuNP di latar belakang indeks bias 1,33.....	26
Gambar 4.5. Grafik absorpsi yang disimulasikan pada dua indeks bias yang berbeda (a) $l = 20$ nm. (b) $l = 40$ nm. (c) $l = 60$ nm. (d) $l = 80$ nm. (e) $l = 100$ nm (f) $l = 120$ nm.....	27

Gambar 4.6. Absorpsi LSPR dari AuNP heksagonal pada $l = 100$ nm pada variasi indeks bias.....	28
Gambar 4.7. Grafik plot puncak LSPR AuNP heksagonal vs indeks bias.....	29
Gambar 4.8. Grafik absorpsi yang disimulasikan pada dua indeks bias yang berbeda (a) $t = 1$ nm. (b) $t = 2$ nm. (c) $t = 3$ nm. (d) $t = 4$ nm. (e) $t = 5$ nm. (f) $t = 6$ nm. (g) $t = 7$ nm. (h) $t = 8$ nm. ....	31
Gambar 4.8. (i) $t = 9$ nm. (j) $t = 10$ nm.....	32
Gambar 4.9. Absorpsi LSPR dari Au@SiNP heksagonal dengan $t$ silikon 9 nm pada variasi indeks bias.....	33
Gambar 4.10. Grafik plot puncak LSPR Au@SiNP heksagonal vs indeks bias.....	34

## DAFTAR TABEL

Table 2.1. Indeks bias BSA pada setiap konsentrasi.....	12
Table 4.1. Pergeseran puncak LSPR disetiap ukuran heksagonal AuNP dengan rasio 3:8...	25
Table 4.2. Pergeseran puncak LSPR disetiap ukuran lateral.....	28
Tabel 4.3. Puncak LSPR AuNP heksagonal $l = 80$ nm, $h = 30$ nm disetiap indeks bias.....	29
Table 4.4. Pergeseran puncak LSPR disetiap $t$ silikon .....	33
Tabel 4.5. Puncak LSPR Au@SiNP heksagonal $l = 109$ nm, $h = 39$ nm pada indeks bias...	32

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skript absorpsi Ansys Lumerical FDTD.....	42
--	----

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, D. (2022). Aspek Klinis Dan Pemeriksaan Laboratorium Penyakit Ginjal Kronik. *An-Nadaa Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(2), 236. <https://doi.org/10.31602/ann.v9i2.9229>
- Bakir. (2011). Pengembangan Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Air Rebusan Daun Bisbul (*Diospyros Blancoi*) untuk Deteksi Ion Tembaga (II) dengan Metode Kolorimetri. Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Program Studi S1 Fisika, Universitas Indonesia, Depok.
- Cortés, E., Wendisch, F. J., Sortino, L., Mancini, A., Ezendam, S., Saris, S., de S. Menezes, L., Tittl, A., Ren, H., & Maier, S. A. (2022). Optical Metasurfaces for Energy Conversion. In *Chemical Reviews* (Vol. 122, Issue 19, pp. 15082–15176). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00078>
- Decroli, E. (2019). Diabetes Melitus Tipe 2 (A. Kam, Y. P. Efendi, G. P. Decroli, & A. Rahmadi (eds.); Edisi Pert). Pusat Penerbitas Bagia
- Do, P. Q., Huong, V. T., Phuong, N. T., Nguyen, T.-H., Ta, H. K., Ju, H., Phan, T. B., Phung, V.-D., Trinh, K. T., & Tran, N. H. (2020a). The highly sensitive determination of serotonin by using gold nanoparticles (AU NPS) with a localized surface plasmon resonance (LSPR) absorption wavelength in the visible region. *RSC Advances*, 10(51), 30858–30869. <https://doi.org/10.1039/d0ra05271j>
- Ekaputri, G. J., Khasanah, T. A., Program, \*, Gizi, S., Kesehatan, I., & Teknologi, D. (n.d.).(2-022). Hubungan Asupan Energi Dan Protein Terhadap Status Gizi Pasien Penyakit Ginjal Kronik Dengan Hemodialisa Relationship Of Energy And Protein Intake To Nutritional Status Of Chronic Kidney Disease Patients With Hemodialization. In *Journal of Nutrition and Culinary* (Vol. 2, Issue 2).
- Fadhilah, A. Z. (2014). CHRONIC KIDNEY DISEASE STAGE V. In *J Agromed Unila* (Vol. 1, Issue 2.).
- Fahmi, M. Z. (2020). Nanoteknologi dalam perspektif kesehatan. Airlangga University Press.
- Fazrin, E. I., Naviardianti, A. I., Wyantuti, S., Gaffar, S., & Hartati, Y. W. (2020). Review: Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Emas (AuNP) Serta Konjugasi AuNP

- Dengan DNA Dalam Aplikasi Biosensor Elektrokimia. *PENDIPA Journal of Science Education*, 4(2), 21–39. <https://doi.org/10.33369/pendipa.4.2.21-39>
- Finite difference time domain (FDTD) solver introduction – ansys optics.* <https://www.lumerical.com/>. (n.d.). <https://optics.ansys.com/hc/en-us/articles/360034914633-Finite-Difference-Time-Domain-FDTD-solver-introduction>
- Hammond, J. L., Bhalla, N., Rafiee, S. D., & Estrela, P. (2014). Localized surface plasmon resonance as a biosensing platform for developing countries. In *Biosensors* (Vol. 4, Issue 2, pp. 172–188). MDPI. <https://doi.org/10.3390/bios4020172>
- Ilma Arifa, S., Azam, M., Woro Kasmini Handayani Ilmu Kesehatan Masyarakat, O., Ilmu Keolahragaan, F., & Negeri Semarang, U. (2017). FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN KEJADIAN PENYAKIT GINJAL KRONIK PADA PENDERITA HIPERTENSI DI INDONESIA Factors Associated with Chronic Kidney Disease Incidence among Patients with Hypertension in Indonesia. In *JURNAL MKMI* (Vol. 13, Issue 4
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2018). Hasil Utama Riskesdas.
- Ketrat, S., Japrun, D., & Pongprayoon, P. (2020). Exploring how structural and dynamic properties of bovine and canine serum albumins differ from human serum albumin. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 98, 107601. <https://doi.org/10.1016/j.jmgm.2020.107601>
- Lee, S., Mayer, K. M., & Hafner, J. H. (2009). Improved localized surface plasmon resonance immunoassay with gold bipyramid substrates. *Analytical Chemistry*, 81(11), 4450–4455. <https://doi.org/10.1021/ac900276n>
- Mahmood, H. Z., Jilani, A., Farooq, S., Javed, Y., Jamil, Y., Iqbal, J., Ullah, S., & Wageh, S. (2021). Plasmon-based label-free biosensor using gold nanosphere for dengue detection. *Crystals*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/cryst11111340>
- Mayer, K. M., & Hafner, J. H. (2011). Localized surface plasmon resonance sensors. In *Chemical Reviews* (Vol. 111, Issue 6, pp. 3828–3857). <https://doi.org/10.1021/cr100313v>

- Oh, S. Y., Heo, N. S., Bajpai, V. K., Jang, S. C., Ok, G., Cho, Y., & Huh, Y. S. (2019). Development of a Cuvette-Based LSPR Sensor Chip Using a Plasmonically Active Transparent Strip. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00299>
- Palani, S., Kenison, J., Sabuncu, S., Huang, T., Çivitçi, F., Esener, S. C., & Nan, X. (2023). Multispectral Localized Surface plasmon resonance (MSLSPR) reveals and overcomes spectral and sensing heterogeneities of single gold nanoparticles. *ACS Nano*, 17(3), 2266–2278. <https://doi.org/10.1021/acsnano.2c08702>
- Park, G., Min, K. S., Kwon, H., Yoon, S., Park, S., Kwon, J., Lee, S., Jo, J., Kim, M., & Kim, S. K. (2021). Strain-induced modulation of localized surface plasmon resonance in ultrathin hexagonal gold nanoplates. *Advanced Materials*, 33(38). <https://doi.org/10.1002/adma.202100653>
- Pellas, V., Hu, D., Mazouzi, Y., Mimoun, Y., Blanchard, J., Guibert, C., Salmain, M., & Boujday, S. (2020). Gold Nanorods for LSPR Biosensing: Synthesis, Coating by Silica, and Bioanalytical Applications. In *Biosensors* (Vol. 10, Issue 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/BIOS10100146>
- Putra, R. A., Fadilly, T. A., Yakob, M., Jalil, Z., & Rahwanto, I. A. (2021). Biosensor berbasis Surface Plasmon Resonance (SPR). Deepublish.
- Putri, T. D., Mongan, A. E., & Memah, M. F. (2016). Gambaran Kadar albumin serum Pada pasien penyakit ginjal kronik stadium 5 non dialisis. *Jurnal E-Biomedik*, 4(1). <https://doi.org/10.35790/ebm.4.1.2016.10861>
- Putri, T. D., Mongan, A. E., Memah, M. F., Skripsi, K., Kedokteran, F., Sam, U., Manado, R., Patologi, B., Fakultas, K., Universitas, K., & Manado, S. R. (2016). Gambaran kadar albumin serum pada pasien penyakit ginjal kronik stadium 5 non dialisis. In *Jurnal e-Biomedik (eBm)* (Vol. 4, Issue 1).
- Rai, V. N. & Srivastava, A. K. Correlation between optical and morphological properties of nanostructured gold thin film. *JSM Nanotech-nol. Nanomed.* 4, 1039 (2016)
- Ravindra, P. (2009). Protein-mediated synthesis of gold nanoparticles. *Materials Science and Engineering: B*, 163(2), 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2009.05.013>



- Razali, N.L. (2020). Kajian sifat nanopartikel emas sebagai bahan penginderaan plasmonik untuk deteksi klorotalonil (Disertasi Doktor, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia).
- Rivai, A.T., 2009. Status Albumin Serum Pasien Penyakit Ginjal Kronik yang Menjalani Hemodialisis di Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo pada Bulan Februari 2009 dan Hubungannya dengan Lama Hemodialisis, Skripsi, Jakarta: Perpustakaan Universitas Indonesia.
- Shabaninezhad, M., & Ramakrishna, G. (2019). Theoretical investigation of size, shape, and aspect ratio effect on the LSPR sensitivity of hollow-gold nanoshells. *Journal of Chemical Physics*, 150(14). <https://doi.org/10.1063/1.5090885>
- Satya Darmayani, P., Tribakti, I., Musa, B., Satriawan, D., Rustiah, W., Helilusiatiningsih, N., Suryani Sahabuddin, E., Pranandita Putra, R., Mubina Idewadi, F., & Cundaningsih, N. (n.d.). *KIMIA KIMIA LINGKUNGAN LINGKUNGAN*. [www.globaleksekitifteknologi.co.id](http://www.globaleksekitifteknologi.co.id)
- Sitanggang, D., Pasaribu, W., & Turnip, M. (2017). SISTEM PAKAR UNTUK MENDIAGNOSA PENYAKIT GINJAL MENGGUNAKAN METODE BACKWARD CHAINING. *Jurnal Informatika Kaputama (JIK)*, 1(2).
- Sun, M., Li, Y., Zhang, B., Argyropoulos, C., Sutter, P., & Sutter, E. (2020). Plasmonic Effects on the Growth of Ag Nanocrystals in Solution. *Langmuir*, 36(8), 2044–2051. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.9b03765>
- Takei, H., Bessho, N., Ishii, A., Okamoto, T., Beyer, A., Vieker, H., & Götzhäuser, A. (2014). Enhanced infrared LSPR sensitivity of cap-shaped gold nanoparticles coupled to a metallic film. *Langmuir*, 30(8), 2297–2305. <https://doi.org/10.1021/la403407g>
- Tira, C., Tira, D., Simon, T., & Astilean, S. (2014). Finite-Difference Time-Domain (FDTD) design of gold nanoparticle chains with specific surface plasmon resonance. *Journal of Molecular Structure*, 1072(1), 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2014.04.086>
- Walker, R. C., Marshall, M. R., & Polaschek, N. R. (2014). A prospective clinical trial of specialist renal nursing in the primary care setting to prevent progression of chronic

- kidney: A quality improvement report. *BMC Family Practice*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2296-15-155>
- Wu, C., & Xu, Q. H. (2009). Stable and functionable mesoporous silica-coated gold nanorods as sensitive localized surface plasmon resonance (LSPR) nanosensors. *Langmuir*, 25(16), 9441–9446. <https://doi.org/10.1021/la900646n>
- Xu, T., & Geng, Z. (2021). Strategies to improve performances of LSPR biosensing: Structure, materials, and interface modification. In *Biosensors and Bioelectronics* (Vol. 174). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112850>
- Yin, H., Guo, Y., Cui, X., Lu, W., Yang, Z., Yang, B., & Wang, J. (2018). Plasmonic and sensing properties of vertically oriented hexagonal gold nanoplates. *Nanoscale*, 10(31), 15058–15070. <https://doi.org/10.1039/c8nr04463e>
- Yockell-Lelièvre, H., Lussier, F., & Masson, J. (2015). Influence of the particle shape and density of Self-Assembled gold nanoparticle sensors on LSPR and SERS. *Journal of Physical Chemistry C*, 119(51), 28577–28585. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.5b09570>
- Zeng, Z., Liu, Y., & Wei, J. (2016). Recent advances in surface-enhanced raman spectroscopy (SERS): Finite-difference time-domain (FDTD) method for SERS and sensing applications. In *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* (Vol. 75, pp. 162–173). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.06.00>