

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit ginjal kronis merupakan proses patofisiologis dengan etiologi yang beragam dan berakibatkan dengan menurunnya fungsi ginjal yang progresif, yang mana umumnya berakhir dengan gagal ginjal (Putri dkk., 2016). Penyakit gagal ginjal kronis terjadi bila Laju Filtrasi Glomerulus (LFG) kurang dari $60 \text{ ml/menit/1,73 m}^2$ selama tiga bulan ataupun lebih dan tanpa ada kerusakan ginjal (Anggraini dkk., 2022). Faktor - faktor yang dapat mempengaruhi penurunan fungsi ginjal dapat berasal dari genetik, perilaku, lingkungan maupun proses *degenerative* (Fadhilah, 2014). Menurut *World Health Organization* (WHO) pada Arifa, 2017, penyakit ginjal kronis berkontribusi pada beban penyakit dunia dengan angka kematian sebesar 850.000 jiwa per tahun (Ilma Arifa dkk., 2017). Menurut Riskesdas 2018 (dalam Ekaputri dkk., 2022), prevalensi penyakit ginjal kronis mengalami peningkatan yaitu 1,8% yang mana pada tahun 2013 prevalensi sebesar 2,0%, sedangkan di tahun 2018 sebesar 3,8%, DKI Jakarta adalah wilayah dengan persentase tertinggi di Indonesia yaitu, 38,7%. Penyakit ginjal dapat berbahaya dan seringkali tanpa gejala pada awalnya. Deteksi dini sangat penting untuk mencegah komplikasi. Penggunaan sensor atau biosensor dapat membantu dalam mendeteksi penyakit ginjal dengan memonitor parameter seperti kadar kreatinin atau protein albumin dalam urine. Deteksi dini memungkinkan intervensi lebih cepat, meningkatkan peluang pengelolaan penyakit secara efektif (Fahmi, 2020).

Tidak adanya gejala peringatan pada penderita penyakit ginjal mengharuskan dilakukannya deteksi dini, jika tidak dilakukan akan memperburuk kondisinya dari waktu ke waktu (Sitanggang dkk., 2017). Pada penderita penyakit ginjal kronis yang kehilangan protein melalui urin dapat menyebabkan hipoalbuminemia atau penurunan kadar albumin serum. Peningkatan permeabilitas di tingkat glomerulus yang menyebabkan protein lolos ke dalam filtrat glomerulus dan menyebabkan protein albumin terdapat pada urin (Putri dkk., 2016). Penggunaan *Albumin to Creatinine Ratio* (ACR) untuk penilaian proteinuria serta sebagai sarana pemantauan dianjurkan oleh *International Society of Nephrology* (ISN). Pemeriksaan ACR umumnya digunakan sebagai pengganti pemeriksaan kadar albumin urin 24 jam karena sulitnya pengumpulan urin selama 24 jam. Pemeriksaan ACR menggunakan

urin sewaktu (Decroli, 2019). Penderita penyakit ginjal kronis memiliki nilai ACR >30 $\mu\text{g}/\text{mmol}$ (Walker dkk., 2014).

Pada proses uji ACR, biosensor digunakan untuk mendeteksi protein albumin dalam urin. Biosensor selalu memainkan peran penting dalam diagnosis medis dan pemantauan lingkungan. Salah satu terobosan dalam biosensor adalah mengaplikasikan *Localized Surface Plasmon Resonance* (LSPR) pada biosensor. LSPR merupakan sifat optik unik yang ditunjukkan oleh nanopartikel logam yang mengacu pada osilasi kooperatif elektron dalam pita konduksi nanopartikel logam yang beresonansi dengan panjang gelombang cahaya datang tertentu (Palani dkk., 2023). Biosensor LSPR dapat dengan mudah diintegrasikan dan dapat mendeteksi molekul kecil dan sampel dengan konsentrasi yang sangat rendah. Frekuensi LSPR tergantung pada ukuran, bentuk, jarak antar partikel, sifat dielektrik material dan indeks bias dari lingkungan sekitar struktur nanopartikel. Sehingga LSPR dapat bekerja secara fleksibel dalam rentang spektral yang luas (Xu., 2021). Sensitivitas LSPR yang sangat tinggi terhadap perubahan lingkungan sekitar nanopartikel logam mulia dan telah dieksplorasi untuk menunjukkan penerapannya yang sangat baik dalam mendeteksi protein, molekul, DNA, polimer dan zat kimia dan biologi lainnya (Ravindra, 2009).

Ukuran LSPR dalam konteks sensor atau biosensor dapat bervariasi tergantung pada aplikasi dan jenis partikel plasmonik yang digunakan. Umumnya, ukuran nanopartikel yang digunakan untuk LSPR sensor berkisar antara 10 nm -100 nm. Ukuran ini dipilih agar partikel plasmonik dapat merespon perubahan lingkungan di sekitar nanopartikel, seperti perubahan indeks bias pada permukaan sensor. Sehingga pemilihan ukuran yang tepat dapat mempengaruhi sensitivitas dan performa keseluruhan dari sensor LSPR (Putra dkk., 2021)

Diantara nanopartikel logam mulia yang sering digunakan, yaitu emas dan perak, nanopartikel emas (AuNP) merupakan logam mulia yang sensitivitasnya paling tinggi terhadap perubahan indeks bias dilingkungan sekitarnya dibandingkan logam mulia lainnya dalam mendeteksi molekul (Yin dkk., 2018). Emas dianggap optimal untuk LSPR yang digunakan untuk aplikasi biosensor, karena emas merupakan material yang tidak beracun, biokompatibel, inert dan mudah disintesis. Performa optimal LSPR diidentifikasi dengan nilai sensitivitas yang tinggi. Sensitivitas LSPR dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu bentuk nanopartikel, ukuran, rasio aspek, komposisi material, dan mencakup perbandingan rinci di antara banyak jenis partikel (Mayer & Hafner, 2011).

Berbagai penelitian telah melaporkan aplikasi AuNP dalam biosensing. Para peneliti berlomba-lomba untuk mendapatkan performa yang paling signifikan dalam mendeteksi berbagai macam analit, terutama dengan memvariasikan morfologi dari LSPR. LSPR bipyramid dengan material emas memiliki sensitivitas antara 288 hingga 381 nm/RIU (Lee dkk., 2009). Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Takei dkk (2014) menyebutkan juga bahwa LSPR dengan material emas yang dilapisi oleh bahan organik memiliki sensitivitas sebesar 506 nm/RIU (Takei dkk., 2014). Pengembangan lebih lanjut dari AuNP heksagonal masih terus dilakukan, terutama untuk meningkatkan sensitivitasnya terhadap perubahan lingkungan sekitar. Geometri heksagonal dilaporkan dapat membuat sensitivitas lebih tinggi. AuNP dengan bentuk heksagonal memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan AuNP segitiga dan nano pyramid (Yockell-Lelièvre dkk., 2015).

AuNP heksagonal memiliki medan magnet yang tidak biasa pada setiap sudut, juga menunjukkan kehilangan plasmon yang rendah karena kekasaran permukaan yang rendah (Yockell-Lelièvre dkk., 2015). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa kinerja AuNP heksagonal yang optimal dapat dicapai dengan mengendalikan variabel yang menentukan sensitivitas AuNP, khususnya ketebalan dan ukuran lateral (Park dkk, 2021). Penelitian lain menyebutkan bahwa LSPR dengan AuNP yang dilapisi dengan cangkang silikon memiliki performa yang menjanjikan. Cangkang silikon memungkinkan inti AuNP terpapar langsung ke lingkungan sekitar (Wu dkk.,2009). Silikon sendiri banyak digunakan sebagai material pelapis karena dapat meningkatkan luas permukaan dan sekaligus menjaga sifat optik inti emas dan juga meningkatkan biokompatibilitas AuNP (Pellas dkk., 2020).

Pada skripsi ini AuNP heksagonal digunakan untuk mengembangkan biosensor LSPR untuk deteksi albumin. AuNP heksagonal dioptimalkan dengan memodifikasi ketebalan dan ukuran lateral untuk mencapai performa yang optimal. Dalam skripsi ini juga membandingkan performa LSPR AuNP heksagonal dengan LPSR Au@SiNP heksagonal. Spektrum transmisi albumin ditemukan dengan menggunakan pendekatan *Finite Difference Time Domain* (FDTD) dengan melakukan simulasi pada indeks bias latar belakang yang berbeda. Perubahan indeks bias diasumsikan sebagai perubahan konsentrasi albumin pada urin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, adapun rumusan masalah masalah pada skripsi ini adalah:

- a. Bagaimana pengaruh ketebalan dan ukuran lateral AuNP heksagonal dengan rasio 3:8 terhadap performa LSPR?
- b. Berapa ukuran lateral AuNP heksagonal yang optimal untuk performa LSPR?
- c. Bagaimana performa LSPR AuNP heksagonal dibandingkan dengan LSPR Au@SiNP heksagonal?

1.3 Batasan Masalah

Pada skripsi ini semua ruang lingkup penelitian mengenai performa LSPR dilakukan dengan menggunakan simulasi komputasi. Proses membangun struktur sampai mengukur nilai sensitivitas menggunakan aplikasi yaitu simulasi Ansys Lumerical FDTD. Penelitian ini menggunakan simulasi komputasi yang mana hal ini berarti bahwa hasil penelitian ini mungkin tidak sepenuhnya mencerminkan realitas pada hasil eksperimen.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan skripsi ini sebagai berikut:

- a. Mengetahui pengaruh ketebalan dan ukuran lateral AuNP heksagonal dengan rasio 3:8 terhadap performa LSPR.
- b. Mengetahui berapa ukuran lateral AuNP heksagonal yang optimal untuk performa LSPR.
- c. Mengetahui performa LSPR AuNP heksagonal dibandingkan dengan LSPR Au@SiNP heksagonal.

1.5 Manfaat Penelitian

- a. Bagi Masyarakat
Memberikan informasi kepada masyarakat terkait informasi LSPR yang optimal dalam pengaplikasiannya untuk deteksi protein albumin dalam urin.
- b. Bagi Program Studi Fisika
Menjadi dasar ataupun tambahan literatur bagi mahasiswa dan menjadi perbendaharaan Fisika dalam bidang Material.
- c. Bagi Peneliti

Mendapatkan pengetahuan, tambahan wawasan serta pengalaman mengenai pengoptimalan LSPR dan bagaimana performa LSPR yang optimal.

1.6 Sistematika Penulisan

Terdapat lima bab yang terdiri dari pendahuluan, kajian pustaka, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran. Pada bab satu pendahuluan berisikan latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, tujuan dari penelitian, manfaat dari penelitian dan sistematika penulisan. Pada bab dua berisikan kajian pustaka mengenai teori – teori apa yang mendukung dari penelitian. Bab ketiga yaitu metodologi penelitian yang membahas tentang metode yang digunakan dalam penelitian. Selanjutnya bab empat berisi hasil dan pembahasan yang menjelaskan mengenai hasil analisis data yang sudah didapat. Kemudian yang terakhir bab lima yaitu bab kesimpulan yang berisi mengenai kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya