

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Penyakit ginjal kronis adalah suatu kondisi patofisiologis yang disebabkan oleh berbagai faktor penyebab, yang mengakibatkan penurunan fungsi ginjal secara bertahap (Arroyo, 2013). Penyakit ginjal kronis (PGK) ditandai dengan adanya kerusakan ginjal atau filtrasi glomerulus (eGFR) yang diperkirakan kurang dari 60 mL/menit/1,73 m², yang berlangsung selama 3 bulan atau lebih dari waktu tersebut (Kalantar-Zadeh dkk., 2021). Kondisi ini biasanya berkembang secara progresif dan sering berujung pada gagal ginjal apabila tidak ditangani dengan baik. Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi penurunan fungsi ginjal meliputi aspek genetik, perilaku individu, faktor lingkungan, serta proses *degeneratif* yang terjadi seiring bertambahnya usia (Yan dkk., 2021). Masing-masing faktor ini dapat berkontribusi pada kerusakan ginjal secara bertahap, mempercepat terjadinya gangguan fungsi ginjal (Webster dkk., 2017). Penyakit ginjal dapat menjadi serius dan sering kali tidak menunjukkan gejala pada tahap awal. Oleh karena itu, deteksi dini sangat penting untuk mencegah terjadinya komplikasi (Aly dkk., 2020). Penggunaan sensor atau biosensor dapat membantu dalam mendeteksi penyakit ginjal dengan memantau parameter seperti kadar kreatinin dalam urin (Gaitonde dkk., 2017). Deteksi dini memungkinkan intervensi yang lebih cepat, sehingga meningkatkan peluang pengelolaan penyakit secara lebih efektif (Khalil dkk., 2014).

Kreatinin adalah produk limbah dari metabolisme otot yang digunakan selama kontraksi otot. Sebelum diekskresikan dari tubuh melalui urine, kreatinin harus mengalami filtrasi oleh ginjal (Bonilla dkk., 2021). Konsentrasi kreatinin dalam serum seharusnya tetap stabil jika ginjal berfungsi dengan baik. Sebaliknya, jika ada masalah dengan ginjal, kadar kreatinin dapat meningkat dan menumpuk dalam darah. Akibatnya, berbagai penyakit yang berhubungan dengan ginjal dan masalah urologi dapat muncul (Yan dkk., 2021). Oleh karena itu, pengujian diperlukan untuk menilai kadar kreatinin, baik dalam darah maupun urine. Ini membantu menentukan seberapa baik ginjal berfungsi dalam hal laju filtrasi, yang juga dikenal sebagai laju filtrasi glomerulus (GFR) (Pundir dkk., 2019).

Penerapan Resonansi Plasmon Permukaan Terlokalisasi (LSPR) dalam biosensor untuk mendeteksi kreatinin dalam urine merupakan kemajuan revolusioner dalam bidang kedokteran (Pham dkk., 2021). Resonansi Plasmon Permukaan Terlokalisasi adalah osilasi kolektif elektron bebas di permukaan logam yang diinduksi oleh medan listrik dari cahaya (Samsuri dkk., 2017). Logam-logam umum yang biasanya menunjukkan fenomena plasmonik termasuk emas, perak, platinum, dan palladium (Pellas dkk., 2020). Plasmon permukaan sangat responsif dan sensitif terhadap perubahan konstanta dielektrik dari medium sekitarnya, membuatnya sangat menjanjikan untuk aplikasi sensor (Mayer & Hafner, 2011). Selain itu, LSPR juga sangat dipengaruhi oleh dimensi dan bentuk nanostruktur bahan sensor, yang lebih meningkatkan sensitivitas dan selektivitasnya dalam aplikasi sensor (Ahmed dkk., 2019).

Ukuran LSPR dalam konteks sensor atau biosensor dapat berbeda – berbeda tergantung pada aplikasinya serta jenis partikel plasmonik yang digunakan. Secara umum, nanopartikel yang digunakan untuk sensor LSPR memiliki ukuran antara 10 nm hingga 100 nm. Ukuran ini dipilih agar partikel plasmonik dapat merespon perubahan lingkungan di sekitar nanopartikel, seperti perubahan indeks bias pada permukaan sensor (Mayer & Hafner, 2011). Diantara nanopartikel logam mulia yang sering digunakan, seperti emas dan perak, nanopartikel emas (AuNP) memiliki sensitivitas tertinggi terhadap perubahan indeks bias di lingkungan sekitarnya dibandingkan dengan logam mulia lainnya dalam mendeteksi molekul (Khan dkk., 2014). Emas dianggap optimal untuk LSPR yang digunakan dalam aplikasi biosensor, karena material ini tidak beracun, biokompatibel, inert dan mudah disintesis (Samsuri dkk., 2017). Performa optimal LSPR diukur melalui nilai sensitivitas yang tinggi. Sensitivitas dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti bentuk nanopartikel, ukuran, aspek rasio, komposisi material, serta mencakup perbandingan rinci anatara berbagai jenis partikel (Mayer & Hafner, 2011).

AuNP nanorod memiliki medan magnet yang tidak biasa pada setiap sudut, menunjukkan adanya kehilangan plasmon yang rendah karena kekasaran pada permukaan yang rendah (Sekhon & Verma, 2011). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa kinerja pada AuNP nanorod yang optimal dapat dicapai dengan mengandalkan setiap variabel yang dapat menentukan sensitivitas AuNP, khususnya pada variabel diameter (ketebalan) dan ukuran panjang (Khan dkk., 2014). Penelitian lain menyebutkan bahwa LSPR dengan AuNP yang dilapisi

dengan cangkang silikon memiliki performa yang baik. Lapisan silikon memungkinkan inti AuNP terpapar langsung pada lingkungan sekitar (Pellas dkk., 2020). Material silikon banyak digunakan sebagai material pelapis, karena dapat meningkatkan luas permukaan dan sekaligus dapat menjaga sifat optik pada inti nanopartikel emas dan juga meningkatkan biokompatibilitas (Kus-liśkiewicz dkk., 2021).

Biosensor yang mengandalkan Resonansi Plasmon Permukaan Terlokalisasi (LSPR), yang pada dasarnya adalah varian dari fenomena Resonansi Plasmon Permukaan (SPR), telah mendapatkan perhatian yang semakin meningkat (Mayer & Hafner, 2011). Sifat fisik logam mulia mengalami perubahan signifikan dari apa yang biasanya kita ketahui ketika ukuran partikel logam ini mencapai tingkat nano dan menjadi lebih kecil dari panjang gelombang cahaya yang digunakan untuk meneranginya (Pellas dkk., 2020). Dengan menggunakan metode LSPR, nanorod emas dengan aspek rasio tinggi dapat dengan mudah diperoleh dengan hasil yang tinggi (Cao dkk., 2014a).

Pada penelitian ini AuNP nanorod digunakan untuk mengembangkan biosensor berbasis LSPR untuk mendeteksi kreatinin. AuNP nanorod dioptimasi dengan memodifikasi ukuran dimensi yang mencakup diameter (ketebalan) dan ukuran panjang untuk mencapai performa yang optimal. Pada penelitian ini juga akan membandingkan performa LSPR AuNP nanorod dengan LSPR Au@SiNP nanorod. Spektrum transmisi kreatinin ditemukan dengan menggunakan pendekatan *Finite Difference Time Domain* (FDTD) dengan melakukan simulasi pada indeks bias latar belakang yang berbeda. Pada perubahan indeks bias dapat diasumsikan sebagai perubahan konsentrasi kreatinin dalam darah.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut, adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh dimensi (panjang dan diameter) nanorod emas terhadap performa optik pada sensor berbasis *localized surface plasmon resonance* (LSPR) untuk deteksi kreatinin?
2. Bagaimana pengaruh Aspek Rasio nanorod emas terhadap performa optik pada sensor berbasis *localized surface plasmon resonance* (LSPR) untuk deteksi kreatinin?

3. Bagaimana pengaruh pelapisan struktur partikel nanorod emas dengan material silikon terhadap performa optik pada sensor berbasis *localized surface plasmon resonance* (LSPR) untuk deteksi kreatinin?

1.3 Batasan Masalah Penelitian

Agar penelitian ini tidak terlalu luas tinjauanya dan tidak menyimpang dari rumusan masalah, maka perlu adanya pembatasan masalah yang ditinjau. Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Optimasi desain sensor LSPR yang dilakukan dalam penelitian ini hanya di fokuskan pada ukuran dimensi yang mencakup diameter (ketebalan) dan panjang nanorod emas.
2. Optimasi desain sensor LSPR yang dilakukan pada penelitian ini hanya di fokuskan pada variasi Aspek rasio nanorod emas.
3. Optimasi struktur LSPR yang dimaksud dalam penelitian ini adalah optimasi yang dilakukan dengan cara menambahkan lapisan Silikon pada struktur partikel nanorod emas.
4. Performa LSPR yang diukur pada penelitian ini adalah sensitivitas nanorod emas untuk deteksi kreatinin.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh dimensi (panjang dan diameter) nanorod emas terhadap performa optik pada sensor berbasis *localized surface plasmon resonance* (LSPR) untuk deteksi kreatinin.
2. Mengetahui pengaruh Aspek Rasio nanorod emas terhadap performa optik pada sensor berbasis *localized surface plasmon resonance* (LSPR) untuk deteksi kreatinin.
3. Mengetahui pengaruh pelapisan struktur partikel *nanorods* AuNP dengan material silikon yang digunakan terhadap performa optik pada sensor berbasis *localized surface plasmon resonance* (LSPR) untuk deteksi kreatinin.

1.5 Manfaat Penelitian

- a. Manfaat dari Segi Teori

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang fisika dan

material. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi peneliti lain yang ingin mengeksplorasi lebih lanjut mengenai LSPR, nanomaterial, dan aplikasinya dalam deteksi senyawa biologis, sehingga dapat mendorong penelitian lanjutan di bidang ini.

b. Manfaat dari Segi Pratik

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi praktis mengenai desain dan pengembangan sensor berbasis LSPR yang lebih efisien untuk deteksi kreatinin. Hasil penelitian ini dapat mendorong inovasi dalam teknologi sensor, khususnya dalam pengembangan biosensor nanomaterial.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini terdiri dari lima bab yaitu pendahuluan, kajian pustaka, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran. Pada bab satu yaitu pendahuluan yang berisi mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, tujuan dari penelitian, manfaat dari penelitian, dan sistematika penulisan. Kemudian pada bab kedua membahas mengenai kajian pustaka yang berisi mengenai teori yang berhubungan dengan penelitian. Pada bab ketiga yaitu metodologi penelitian yang berisikan metode yang diterapkan pada penelitian. Selanjutnya, pada bab empat yaitu hasil dan pembahasan yang menjelaskan hasil mengenai analisis data yang sudah didapat. Kemudian yang terakhir yaitu bab lima berisi mengenai kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.