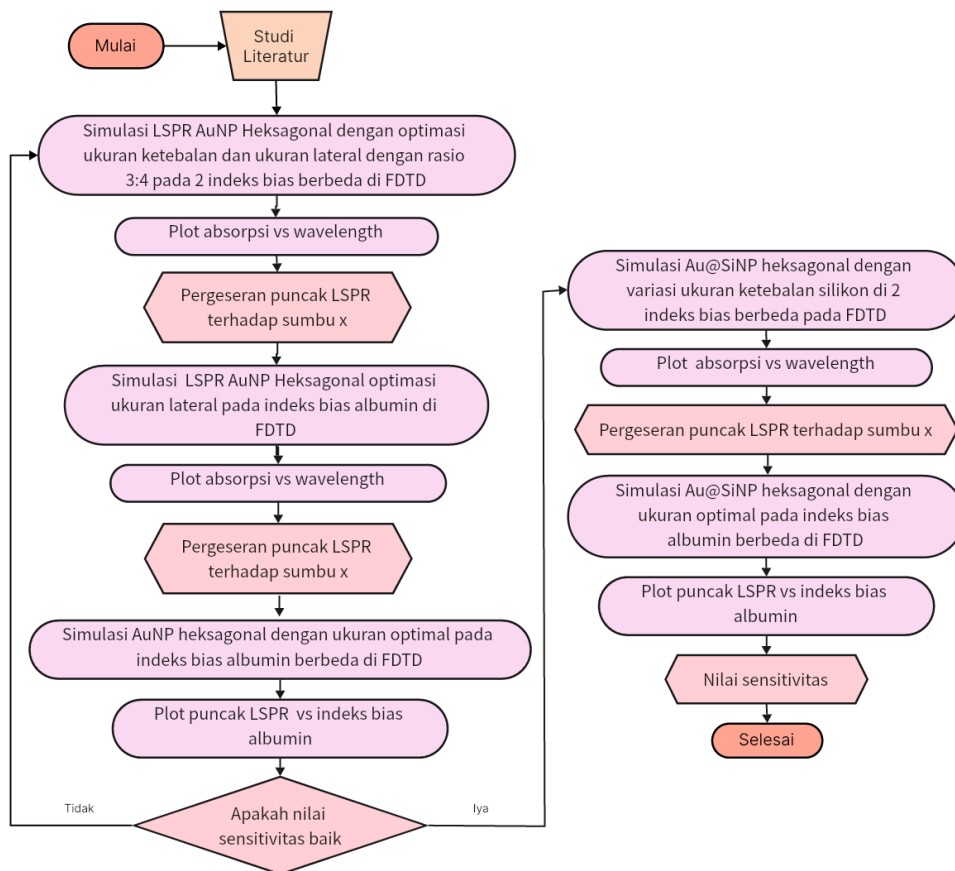


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur penelitian

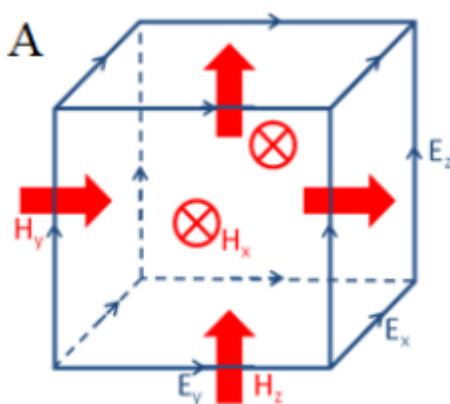
Pada penelitian ini alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 dengan tahapan pertama yaitu studi literatur untuk mengetahui LSPR dan prinsip kerja dari LSPR. Setelah itu mencari parameter apa yang dapat meningkatkan performa dari LSPR. Kemudian melakukan desain dan mensimulasikannya di indeks bias latar belakang yang berbeda dengan menggunakan FDTD untuk mendapatkan nilai absorpsi, lalu nilai absorpsi diolah untuk mendapatkan nilai sensitivitas dari LSPR. Ketika nilai sensitivitas yang paling optimal di dapatkan, dilanjutkan dengan membandingkan sensitivitas dari LSPR AuNP heksagonal dengan sensitivitas LSPR Au@SiNP heksagonal. Sebelum membandingkan kedua performa LSPR tersebut, ketebalan silikon untuk Au@SiNP dicari yang paling optimal. Setelah didapat ketebalan silikon yang optimal, Au@SiNP dibangun dengan menggunakan inti AuNP heksagonal sebelumnya. Setelah itu performa kedua LSPR tersebut dibandingkan dan didapat LSPR dengan performa yang paling optimal.



Gambar 3.1. Diagram alur penelitian

3. 2. Metode FDTD

Metode FDTD adalah salah satu metode numerik untuk menyelesaikan persamaan Maxwell untuk susunan nanopartikel kompleks yang tidak bisa didekati secara analitis. Data hasil simulasi dapat disimpan dalam berbagai bentuk untuk memudahkan identifikasi jenis data. Untuk memprediksi sifat optik medan dekat dan medan jauh dari nanopartikel logam, maka perlu untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial yang dikenal sebagai persamaan Maxwell yang menggambarkan komponen listrik dan magnetik dari gelombang elektromagnetik dalam interaksi dengan muatan quasi-bebas yang ada dalam nanopartikel logam.



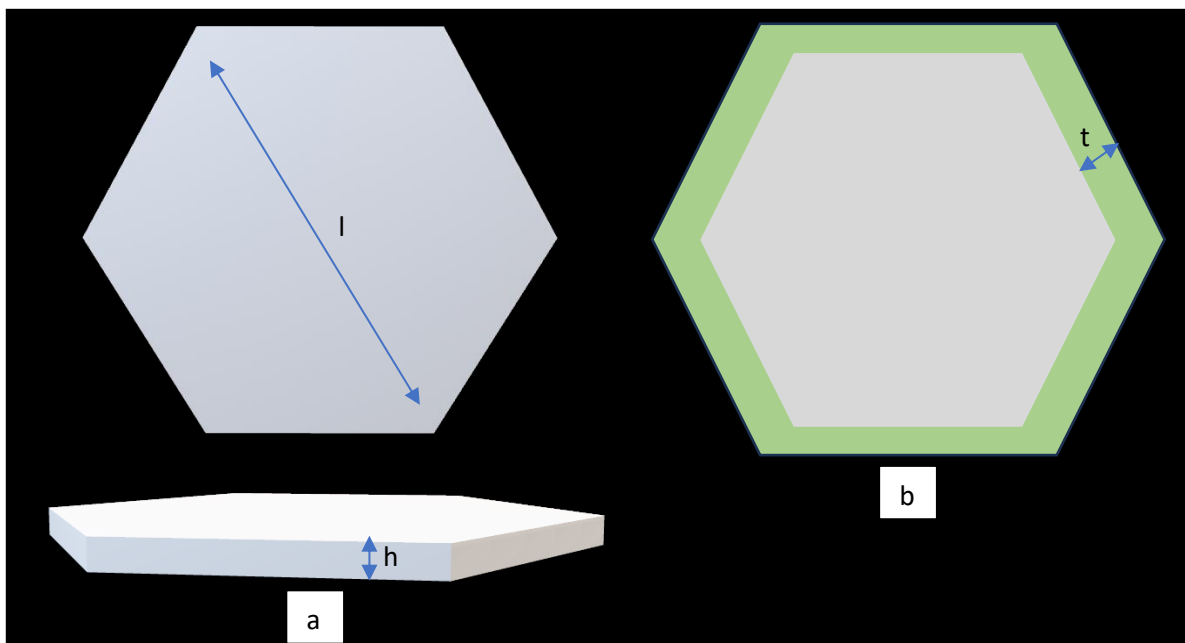
Gambar 3.2. Representasi *Yee Cell*

Gambar 3.2 menunjukkan pembagian ruang fisik menjadi sel kubik kecil (*Yee Cell*) dalam pendekatan metode FDTD. Simulasi numerik dilakukan pada ukuran nanopartikel berbeda untuk setiap polarisasi dan hasilnya digabungkan untuk menggambarkan spektrum LSPR "tak terpolarisasi". Absorpsi dihitung dengan menggunakan data yang disediakan oleh monitor total. Dengan menjumlahkan kontribusi dari semua bidang dari total kotak medan, diperoleh daya yang diserap (P_{abs}) dari struktur.

3.3. Desain LSPR

Dalam penelitian ini geometri yang akan dibuat untuk LSPR adalah berbentuk heksagonal dengan menggunakan material emas. Variasi dilakukan pada parameter ketebalan dan ukuran lateral. Kedua parameter tersebut divariasikan dengan rasio 3:8 dengan 3 untuk ketebalan (h) AuNP heksagonal dan 8 untuk ukuran lateral (l) AuNP heksagonal. Dari rasio 3:8 didapat variasi $h = 15 - 90$ nm dan variasi $l = 20 - 120$ nm. Setelah didapat ukuran yang paling optimal selanjutnya l bervariasi antara 20 - 120 nm dan h dibuat konstan

sesuai ketebalan optimal yang didapat dilangkah sebelumnya. Selanjutnya menambahkan material silikon dengan memvariasikan ketebalan cangkang silikon (t) dari 1 – 10 nm.



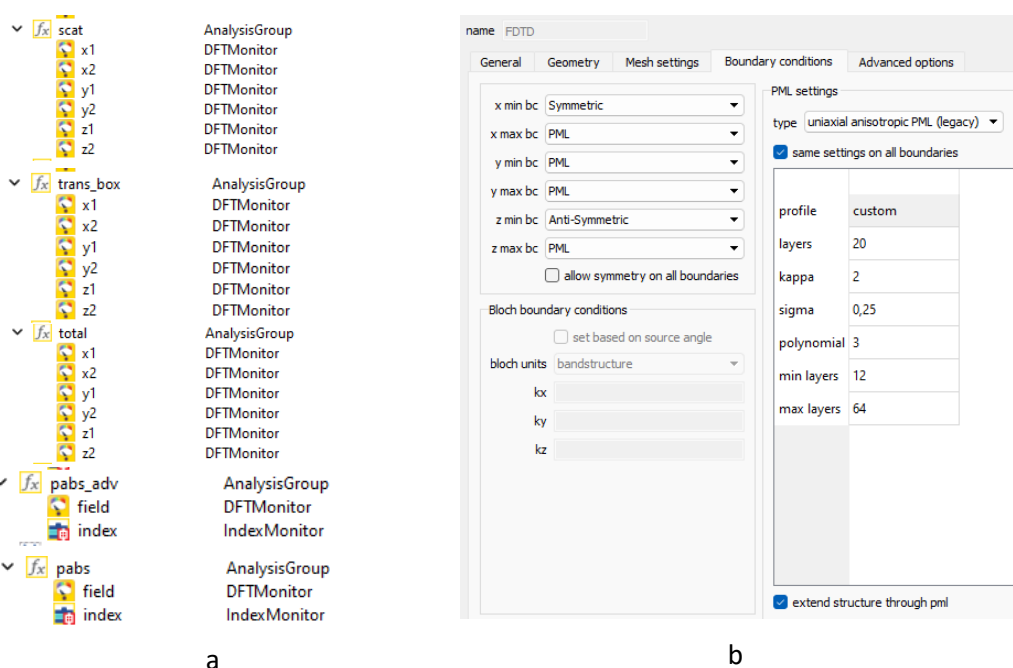
Gambar 3.3 (a) Desain heksagonal nanopartikel emas (AuNP) (b) Inti emas dilapisi dengan silikon (Au@SiNPs)

Pada Gambar 3.3 (a) menunjukkan parameter yang divariasikan pada AuNP yaitu ketebalan (h) dan ukuran lateral (l). Pada Gambar 3.3 (b) menunjukkan parameter yang divariasikan pada Au@SiNP yaitu ketebalan cangkang (t) silikon. Memvariasikan l dan h nanopartikel LSPR dapat meningkatkan absorpsi. Selain itu, material yang digunakan juga dapat meningkatkan absorpsi. Nanopartikel emas (AuNP) memiliki fitur yang cocok dalam meningkatkan sensitifitas dan selektifitas dari biosensor karena memiliki biokompatibilitas, sifat optik, elektronik, produksi dan modifikasinya yang relatif sederhana (Fazrin dkk., 2020). Dengan menggunakan material emas dan memvariasikan ukuran dari LSPR akan mengoptimalkan performa LSPR tersebut.

3. 4. Perancangan Sistem Simulasi

Simulasi dibangun pada lumerical FDTD, struktur heksagonal dibuat dengan material Au berukuran sesuai variasi yang telah ditentukan dengan mesh 2. Lalu ditambahkan FDTD dimana berfungsi untuk menyelesaikan persamaan Maxwell dalam geometri kompleks sehingga dapat memperoleh solusi frekuensi maka dihasilkan keluaran berupa besaran seperti vektor kompleks poynting dan transmisi/pantulan cahaya (*Finite difference time domain (FDTD) solver introduction – ansys optics, n.d*). Ditambahkan juga

mesh untuk dapat mengatur seberapa akurat perhitungan simulasi dengan memperbesar nilai mesh, sebagai sumbernya ditambahkan *mie source*, lalu *time corner*, dan juga beberapa monitor untuk merekam data yang dikeluarkan simulasi. Gambar 3.4 (a) menunjukkan monitor-monitor apa saja yang ditambahkan seperti pada simulasi. Pada Gambar 3.4 (b) menunjukkan pengaturan FDTD yang dipakai pada simulasi ini. Data disimulasikan pada rentang panjang gelombang 30 nm – 1200 nm. Untuk struktur material Au@SiNP mesh diatur menjadi 3. Latar belakang indeks bias di setiap ukuran diubah pada bagian FDTD.



Gambar 3.4. (a) Monitor-monitor pada simulasi. (b) Pengaturan FDTD.

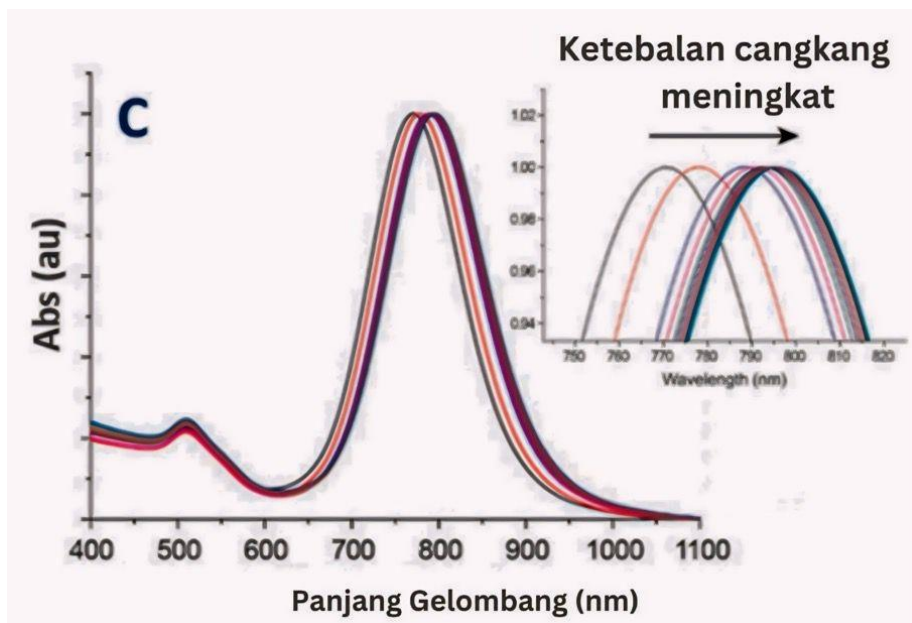
3.5 Metode Analisis

3.5.1 Teknik Analisis Pengaruh Geometri

Data yang diolah dalam penelitian ini diperoleh dari hasil rekam monitor yang diletakkan di sekeliling LSPR AuNP. Monitor ini akan merekam penyerapan pada AuNP dan menghasilkan output berupa nilai frekuensi (f) dan nilai absorpsi. Untuk mendapatkan panjang gelombang, data f diubah menjadi data panjang gelombang dengan memasukan persamaan ke dalam script pada FDTD.

Didapat grafik hubungan antara panjang gelombang terhadap absorpsi. Kemudian grafik tersebut dianalisis dengan menghitung pergeseran puncak ($\Delta\lambda$) kurva terhadap sumbu x. Gambar 3.5.1 menunjukkan pergeseran puncak LSPR yang terjadi pada penelitian yang dilakukan Pellas dkk. Nilai selisih $\Delta\lambda$ kurva terhadap sumbu x ini yang menjadi parameter

awal untuk menentukan performa LSPR yang optimum. Dari variasi ukuran AuNP heksagonal di indeks bias latar belakang yang berbeda, didapat nilai absorpsi dengan proses yang telah dijelaskan di atas. Dengan membuat grafik absorpsi terhadap panjang gelombang, dapat mengetahui ($\Delta\lambda$) kurva terhadap sumbu x. Nilai $\Delta\lambda$ tertinggi mengidentifikasi nilai sensitivitas yang tinggi dan juga performa yang optimal.



Gambar 3.5. Grafik pergeseran puncak LSPR (Pellas dkk., 2020)

Langkah selanjutnya menentukan l yang optimal dengan membuat salah satu parameter menjadi konstan. Ketebalan AuNP heksagonal dibuat konstan dengan ukuran yang paling optimal yang diperoleh dari langkah sebelumnya. Proses mendapatkan data absorpsi sama seperti yang telah dijelaskan sebelumnya kemudian untuk menentukan ukuran yang paling optimal prosesnya sama dengan sebelumnya yaitu dengan melihat $\Delta\lambda$ terhadap sumbu x. Sensitivitas menunjukkan performa dari LSPR, nilai sensitivitas diperoleh dengan membuat grafik $\Delta\lambda$ kurva absorpsi terhadap latar belakang indeks bias. Dari grafik tersebut didapat kemiringan yang mana merupakan nilai dari sensitivitas dari LSPR AuNP heksagonal.

3.5.2 Metode Analisis Pengaruh Modifikasi Material

Modifikasi material dilakukan dengan menambahkan lapisan cangkang silikon kepada LSPR AuNP heksagonal yang telah dibangun sebelumnya. Analisis perbandingan performa LSPR AuNP heksagonal dengan LSPR Au@SiNP dilakukan dengan

membandingkan sensitivitas dari keduanya. Menggunakan inti AuNP dengan ukuran optimal yang diperoleh dari hasil sebelumnya, cangkang silikon ditambahkan dengan ketebalan yang paling optimum.

Sebelum itu untuk membuat LSPR Au@SiNP dengan ukuran yang optimal maka divariasikan ukuran ketebalan cangkang silikon (t). Divariasikan t dalam rentang 1 nm – 10 nm. Data absorpsi dari berbagai variasi ketebalan cangkang silikon didapat dengan cara yang dijelaskan di atas. Untuk melihat $\Delta\lambda$ LSPR Au@SiNP dilakukan proses seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Langkah selanjutnya menghitung sensitivitas dengan proses yang sama seperti sebelumnya. Kemudian membandingkan nilai sensitivitas LSPR AuNP heksagonal dengan LPSR Au@SiNP heksagonal.

3.5.3 Metode Analisis Performa Deteksi

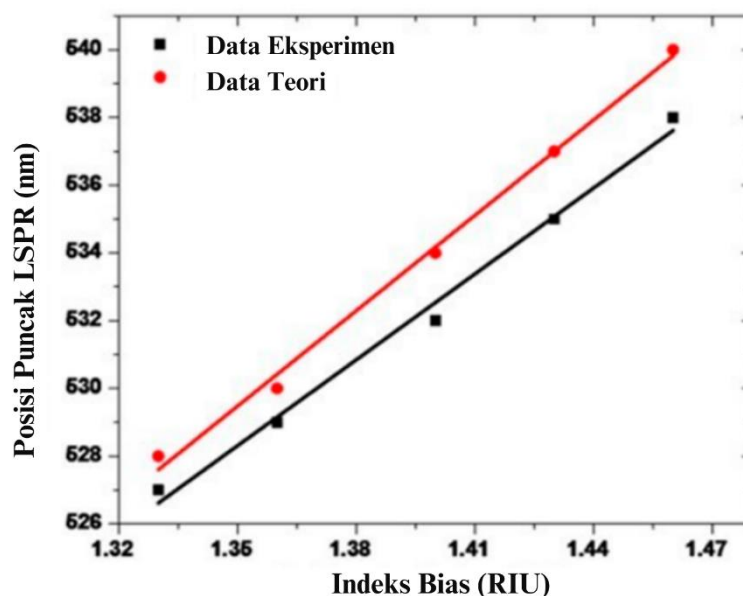
Performa LSPR dilihat dari nilai sensitivitasnya, semakin tinggi nilai sensitivitas maka performa LSPR semakin optimal. Sensitivitas didapat dengan menghitung posisi puncak (λ) LSPR per unit indeks bias (RIU) (Shabaninezhad dkk., 2019). Sehingga dengan melihat $\Delta\lambda$ LSPR di latar belakang indeks bias yang berbeda maka dapat mengidentifikasi nilai sensitivitas dari LSPR tersebut. Sensitivitas LSPR didapat dari posisi puncak LSPR per unit indeks bias:

$$S = \frac{\lambda_{LSPR}}{n} \quad (3.1)$$

Dengan persamaan kemiringan:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (3.2)$$

yang mana mengukur perubahan dalam y per unit perubahan dalam x . Maka dengan membuat grafik λ puncak LSPR terhadap perubahan indeks bias maka didapat nilai sensitivitas dari kemiringan kurjanya.



Gambar 3.6. Grafik untuk mencari nilai sensitivitas (Mahmood dkk., 2021)

Untuk mendapat nilai sensitivitas LSPR dapat dilakukan dengan mengukur kemiringan grafik λ puncak LSPR vs Indeks bias. $\Delta\lambda$ LSPR didapat dengan memvariasikan latar belakang indeks bias menggunakan rentang indeks bias BSA yang diperoleh dari indeks bias setiap konsentrasi BSA yang ditunjukkan pada Tabel.1 yaitu indeks bias berkisar antara 1,33 – 1,37. Kurva absorpsi disetiap latar belakang indeks bias dan didapat setiap titik puncak kurva. Titik puncak disetiap indeks yang berbeda di plot terhadap satuan indeks bias. Sehingga didapat grafik seperti Gambar 3.5.2 yang menunjukkan grafik pergeseran puncak LSPR terhadap indeks bias, dari grafik tersebut dapat memperoleh kemiringan yang merupakan nilai dari sensitivitas LSPR.