

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Nanopartikel logam memiliki sifat optik yang khas yaitu kemampuan menghamburkan dan menyerap cahaya dengan baik. Nanopartikel logam mulia diketahui oleh para pengrajin di Roma pada abad ke-4, memiliki warna yang terang-benderang seperti pada gelas-gelas kaca. Salah satu contoh yang terkenal adalah nanopartikel emas di dalam kaca gelas yang disebut dengan cangkir *Lycurgus*. Cangkir tersebut dimiliki oleh orang-orang Roma yang dibuat dari bahan kaca rubi (Shopa, 2013).

Struktur nanopartikel logam memiliki kemampuan khusus untuk merespon gelombang elektromagnet. Nanopartikel logam menawarkan hal yang menarik dalam sains dan aplikasi mendasar. Nanopartikel logam mulia atau bidang batas logam-dielektrik datar merupakan contoh struktur dasar plasmon permukaan (SP) dalam rentang frekuensi optik (400-750 nm) (Shopa, 2013).

Plasmon permukaan umumnya didefinisikan sebagai osilasi elektron koheren yang membentuk gelombang densitas muatan permukaan pada bidang batas logam-dielektrik. Gelombang densitas muatan SP pada frekuensi optik tidak dapat diamati secara eksperimen. Istilah plasmon disini secara teori praktis merupakan gelombang cahaya yang dibatasi pada bidang batas logam-dielektrik. Prinsip plasmon permukaan yang dikenal adalah medan elektromagnet kuat yang terkungkung di permukaan bahan (Zayats dkk, 2003).

Hasil eksitasi plasmon adalah plasmon polariton permukaan (SPP) dan resonansi plasmon permukaan terlokalisasi (LSPR). LSPR merupakan eksitasi

elektron konduksi pada logam tidak bersifat menyebar ketika terkopel dengan medan elektromagnet. Fisis dari LSPR yang memiliki permukaan lengkung adalah ketika terkopel dengan medan elektromagnet akan memberikan gaya pemulih pada elektron bebas logam sehingga menimbulkan resonansi.

Sifat plasmon permukaan digambarkan dengan elektrodinamika klasik, dengan menemukan solusi persamaan Maxwell di bawah syarat batas tertentu (Shopa, 2013). Shopa (2013) telah melakukan penelitian terhadap nanologam emas (Au) untuk menemukan hubungan dispersi dengan menggunakan persamaan Maxwell untuk memperoleh solusi persamaan elektrodinamika klasik. Hubungan dispersi berguna untuk menentukan sifat dasar dari penyebaran plasmon permukaan pada bidang batas suatu geometri (Schider, 2003) dan menentukan distribusi intensitas gelombang elektromagnetik (EM) (Brodin, 2006). Pentingnya hubungan dispersi pada kasus ini adalah dapat ditemukannya solusi frekuensi resonansi dan lebar garis spektrum *surface plasmon* yang terdapat dalam model persamaan gelombang elektromagnetik suatu bentuk partikel. Shopa (2013) memperoleh hubungan dispersi menggunakan modus magnetik transvers dalam fungsi Riccati-Bessel.

Hubungan dispersi yang diperoleh Shopa (2013) terdiri dari dua komponen yaitu frekuensi resonansi dan tingkat redaman nanopartikel logam emas. Shopa (2013) memperoleh nilai hubungan dispersi bergantung pada bilangan kuantum  $l$ , frekuensi resonansi pada  $l = 1$  memiliki nilai frekuensi lebih kecil dibandingkan  $l = 3$  (pada kasus tersebut nilai bilangan kuantum yang digunakan adalah  $l = 1$  sampai  $l = 3$ ).

Hubungan dispersi juga dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan-persamaan mekanika kuantum. Salah satunya Nga dkk (2015) dan Lan dkk (2016) yang menggunakan persamaan mekanika kuantum untuk partikel banyak, dimana bahasa kuantisasi lebih disederhanakan. Persamaan ini disebut mekanika kuantisasi kedua (Henk dkk, 2008). Nga dkk (2015) telah melakukan penelitian pada lapisan tipis emas dan perak. Kemudian, Lan dkk (2016) juga melakukan penelitian terhadap geometri nanopartikel *nanowires*. Keduanya memperoleh hubungan dispersi dengan menggunakan kuantisasi kedua Hamiltonian. Kuantisasi kedua merupakan prosedur dari teori klasik ke teori kuantum.

Pada tahapan selanjutnya menggunakan persamaan transformasi linier Bogoliubov untuk persamaan kuantisasi kedua. Dalam fisika teori persamaan diagonalisasi ini disebut Transformasi Bogoliubov-Valatin, telah digunakan untuk cabang fisika teori superkonduktor, termodinamika, dan salah satunya mekanika kuantum (Dodonov, 2007). Persamaan ini dapat digunakan untuk mendiagonalisasi Hamiltonian multidimensional kuadrat seperti kasus-kasus boson dan fermion (Bogoliubov, 1949).

Penggunaan model Kuantisasi kedua Hamiltonian dan Transformasi Bogoliubov akan memudahkan penentuan hubungan dispersi pada nanopartikel bola pada penelitian ini. Karena pada saat menyelesaikan model tersebut formulasi energi masing-masing keadaan (dikuantisasi) kemudian setiap operator medan ditransformasi dengan transformasi Bogoliubov. Berbeda dengan model yang digunakan oleh peneliti sebelumnya seperti Shopa (2013) yang menghasilkan fungsi Riccati-Bessel ditinjau dari modus magnetik dan listrik

transversal (namun hanya modus magnetik saja yang ditinjau) sehingga dibutuhkan solusi dari fungsi Riccati-Bessel yang membutuhkan kalkulasi lebih kompleks. Kemudian hasil hubungan dispersi dari penelitian ini akan dibandingkan dengan hubungan dispersi pada geometri planar dan silinder dalam bentuk grafik menggunakan program MATLAB.

## 1.2 Tujuan dan Manfaat Penulisan

Menentukan hubungan dispersi nanopartikel bola dengan model kuantisasi kedua dan membandingkan hasilnya dengan hubungan dispersi yang diperoleh dari penelitian Nga (2015) pada geometri planar dan Lan (2016) pada geometri bola yang juga menggunakan hamiltonian kuantisasi kedua. Kemudian, perbandingan hasil hubungan dispersi pada penelitian Shopa (2013) menggunakan fungsi Riccati-Bessel pada geometri planar dan bola.

## 1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Konstanta dielektrik logam Au diaproksimasi dengan model Drude
2. Energi foton (cahaya tampak) dari rentang 1,8-3,2 eV
3. Memformulasikan LSPR dengan model kuantisasi kedua
4. Menggunakan Transformasi Bogoliubov untuk menemukan hubungan dispersi nanopartikel bola.
5. Hubungan dispersi divisualisasikan dengan menggunakan MATLAB.
6. Ukuran nanologam Au dari (1-50) nm.