

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknologi yang berkembang dewasa ini mulai banyak memanfaatkan material berdimensi nano (nanomaterial). Dalam beberapa dekade terakhir, telah terjadi perkembangan yang sangat signifikan di bidang teknologi yang memanfaatkan nanomaterial (nanoteknologi) (Suwarda and Maarif, 2013). Meskipun nanoteknologi merupakan penelitian era baru, namun nanomaterial telah dikenal beberapa abad lalu, misalnya pada pemanfaatan nanopartikel emas sebagai pewarna anorganik pada porselin oleh bangsa China, dan pemanfaatan nanopartikel logam sebagai artefak kaca Romawi agar menghasilkan variasi warna yang indah (Nuryadin, 2020).

Nanosains merupakan kajian tentang material atau partikel berukuran nano dalam kisaran 1–100 nm (Suwarda and Maarif, 2013). Satu nanometer kira-kira seukuran dengan 10 atom hidrogen dan 5 atom silicon yang disusun dalam satu garis lurus. Terdapat berbagai struktur dan jenis nanopartikel, diantaranya *quantum dot*, lipopartikel (sebuah *matrix* berdimensi nano yang diselubungi *lipid bilayer* dan ditembakkan ke dalam protein membran integral) (Sidqi, 2011), nanokristal, nanopartikel polimer, nanopartikel magnetik, dan lain sebagainya. Berbagai jenis nanopartikel tersebut dapat dimanfaatkan dan dikembangkan sesuai dengan keperluan aplikasi nanoteknologi (Suwarda and Maarif, 2013). Partikel berdimensi nano memiliki beberapa keunggulan, antara lain lebih ringan, kuat, dan konduktif. Beberapa contoh aplikasi nanoteknologi di bidang industri yang mulai banyak digunakan yaitu kaset rekaman magnetik, *bemper* pada mobil, kompas negara, alat pemotong logam, bola tenis yang tahan lama, dan di dalam bidang kedokteran salah satunya adalah nanomedis dengan menerapkan perangkat nano pada terapi dan diagnostik (Nuryadin, 2020).

Salah satu jenis nanopartikel yang menarik untuk dipelajari adalah *quantum dot*. *Quantum dot* adalah partikel berbahan semikonduktor berukuran nano (sekitar 2-100 nm). Partikel ini akan memancarkan sinar atau ber-*fluorescence* ketika

disinari laser (Sidqi, 2011). *Semiconductor quantum dot* memiliki spektrum serapan diskrit layaknya atom, sehingga partikel ini biasa disebut juga *artificial atom* (Woolley, 1957). Sifat diskrit dari spektrum serapan *semiconductor quantum dot* (SQD) berasal dari eksitasi elementernya yang berupa elektron (*hole*), eksiton, polariton, dan fonon (Baimuratov *et al.*, 2013). Karakteristik *quantum dot* yang beragam memberikan peluang besar aplikasi material ini pada berbagai bidang *nanodevice*. Studi yang telah dilakukan sebelumnya menemukan bahwa SQD dapat diaplikasikan sebagai sensor optis pada alat *imaging*, *target labeling*, *sensitizer* sel surya, sensor temperatur (Landry *et al.*, 2014), fotodetektor (Konstantatos *et al.*, 2006), modulator (Pacifci *et al.*, 2007) dan terapi fotodinamik (Samia *et al.*, 2003).

*Semiconductor quantum dot* (SQD) yang ditinjau pada penelitian ini dimodelkan dalam *three level* sistem bertipe lamda. Iluminasi laser pada nanopartikel *quantum dot three level* sistem bertipe lamda akan menimbulkan interaksi menarik yang belum dieksplorasi secara menyeluruh karakteristiknya. Oleh karena itu penelitian ini akan menganalisa secara teori respons optis pada SQD yang dimodelkan dengan *three level* sistem bertipe lamda. Karakteristik yang akan ditinjau adalah respons optis dinamika waktu dan spektrum SQD pada beberapa variasi intensitas. Pada penelitian ini, persamaan yang digunakan untuk meninjau respons optis SQD adalah metode *density matrix*. Faktor *damping* pada sistem digambarkan dengan operator Lindblad. Untuk menyederhanakan perhitungan, Hamiltonian dirumuskan dalam pendekatan *rotating wave approximation*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana memodelkan SQD *three level* sistem bertipe lamda?
2. Bagaimana respons optis SQD *three level* sistem bertipe lamda pada beberapa nilai variasi intensitas?

### 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian yang dilakukan, sistem dipelajari secara teoretis dengan beberapa pembatasan masalah sebagai berikut:

1. SQD berbentuk bola sempurna dengan model *three level* sistem bertipe lamda.
2. Konstanta peluruhan SQD yang diperhitungkan hanya *relaxation rate*.
3. Cahaya pengeksitasi dimodelkan sebagai gelombang elektromagnetik klasik.
4. Dinamika sistem ditinjau dalam kerangka *rotating wave approximation*.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan beberapa masalah yang telah dijabarkan sebelumnya, dirumuskan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Memodelkan dan merumuskan secara teoretis SQD tunggal sebagai *three level* sistem bertipe lamda.
2. Mengetahui respons optis (populasi keadaan dan spektrum serapan) SQD yang dimodelkan sebagai *level* sistem bertipe lamda pada beberapa nilai variasi intensitas.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan oleh penulis setelah membaca penelitian ini adalah

1. Diketuainya cara memodelkan SQD *three level* sistem bertipe lamda.
2. Dipahaminya respons optis SQD yang dimodelkan dengan SQD *three level* sistem bertipe lamda pada beberapa nilai variasi intensitas.