

**PENGARUH *INTERMEDIATE LEVEL* PADA SERAPAN DUA
FOTON**

HERO HARTATO

NIM H1021171032

SKRIPSI



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2023**

**PENGARUH *INTERMEDIATE LEVEL* PADA SERAPAN DUA
FOTON**

HERO HARTATO

NIM H1021171032

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Fisika



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2023**

PENGARUH *INTERMEDIATE LEVEL* PADA SERAPAN DUA FOTON

Tanggung Jawab Yuridis Material Pada

Hero Hartato

H1021171032

Disetujui oleh

Pembimbing 1



Dr Bintoro Siswo Nugroho
NIP 198102062006041003

Pembimbing 2



Dr Dwiria Wahyuni M. Sc
NIP 198206082008122001

Disahkan oleh
Dekan Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura



Dr Gusrizal, S.Si., M. Si
NIP. 197108022000031001

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PONTIANAK**

TIM PENGUJI SKRIPSI

NAMA/ NIP	TIM PENGUJI	GOLONGAN/ JABATAN	TANDA TANGAN
Dr. Bintoro Siswo Nugroho, M.Si. NIP 198102062006041003	Pimpinan Sidang (merangkap sebagai anggota penguji)	III/d Lektor	
Dr. Dwiria Wahyuni M. Sc. NIP 198206082008122001	Sekretaris Sidang (merangkap sebagai anggota penguji)	III/b Asisten Ahli	
Yudha Arman, D.Sc. NIP 197805132003121002	Ketua Penguji	III/c Lektor	
Hasanuddin, S.Si., M.Si., Ph.D. NIP 198412162008121003	Anggota Penguji	III/c Lektor	

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengerahuan Alam
Universitas Tanjungpura Pontianak

Nomor : 1179/UN22.8/TD.06/2023
Tanggal : 29 Maret 2023
Tanggal lulus : 6 April 2023

Pengaruh *Intermediate Level* pada Serapan Dua Foton

Abstrak

Telah dilakukan penelitian secara teoretis untuk analisis respon optis pada kuantum titik berupa *semiconductor quantum dot* (SQD) model *three level system* (3LS) bertipe tangga. Proses eksitasi yang terjadi adalah serapan dua foton yang disebut *two photon absorption* (TPA). Studi ini dilakukan untuk analisis pengaruh *intermediate level* pada TPA. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar jarak tingkat energi *ground state* ke *intermediate level* maka semakin besar pula populasi sistem berada pada *excited state*. Pada spektrum *excited state*, semakin besar jarak tingkat energi *ground state* ke *intermediate level* maka puncak spektrum akan bergeser ke energi yang lebih besar.

Kata kunci: nanomaterial, kuantum titik, serapan dua foton, eksitasi, spektrum

Effect of Intermediate Level on the Absorption of Two Photons

Abstract

Theoretical research has been conducted for the analysis of optical response in quantum dots in the form of semiconductor quantum dot (SQD) model of a three-level system (3LS) in a ladder type configuration. The excitation process that occurs is a two-photon absorption (TPA). This study was conducted to analyze the influence of intermediate levels on TPA. The research results show that the greater the energy level distance between the ground state and the intermediate level, the higher the population of the system in the excited state. In the excited state spectrum, the larger the energy level distance between the ground state and the intermediate level, the peak of the spectrum will shift to a higher energy

Keywords: nanomaterial, quantum dot, two photons absorption, excited and spectrum

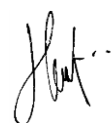
PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan karnia-Nya, penulis telah menyelesaikan penelitian yang berjudul **“PENGARUH *INTERMEDIATE LEVEL* PADA SERAPAN DUA FOTON”**. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk gelar sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Tanjungpura.

Penulis menyadari terdapat banyak kekurangan selama penelitian ini berlangsung. Penulis juga menerima banyak dukungan yang berarti baik secara moril dan maupun materi. Oleh karena itu, dengan rasa syukur penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Bintoro Siswo Nugroho, selaku pembimbing pertama yang telah mendampingi dan membimbing penulis dari awal hingga selesainya penelitian ini.
2. Ibu Dr. Dwiria Wahyuni M. Sc., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan masukan pada penelitian ini.
3. Bapak Yudha Arman S.Si., M.Si., D.Sc., selaku penguji pertama yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun.
4. Bapak Hasanuddin S.Si., M.Si., Ph.D., selaku penguji kedua yang telah bersedia memberikan kritik dan saran yang membangun.
5. Seluruh dosen dan pihak civitas di lingkungan Jurusan Fisika FMIPA Universitas Tanjungpura.
6. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu

Pontianak, 6 April 2023



Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 <i>Semiconductor Quantum Dot</i>	4
2.2 <i>Two Photon Absorption</i>	5
2.3 <i>Formalisme Density Matrix</i>	6
2.4 Metode Runge-Kutta Fehlberg 45.....	8
2.5 <i>Analisis Steady State</i>	9
BAB III METODOLOGI	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Tahapan Penelitian	10
3.2.1 Model Teoritik SQD : TPA	10
3.2.2 Parameter Penelitian.....	11
3.2.3 Kebergantungan Respon Optis SQD Terhadap Intensitas.....	11
3.2.4 Analisis Dinamika Populasi	11
3.2.5 Analisis Spektrum Keadaan Tereksitasi	12
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Solusi Analitik.....	14
4.1.1 Persamaan Gerak <i>Density Matrix</i>	14
4.1.2 Solusi <i>Steady State</i>	18

4.2	Grafik Kebergantungan Respon Optis SQD Terhadap Intensitas	20
4.3	Grafik Dinamika Populasi	23
4.4	Grafik Spektrum Spektrum Populasi Keadaan Tereksitasi	25
BAB V PENUTUP		27
5.1	Kesimpulan.....	27
5.2	Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA		28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Nanopartikel selenida (SQD berukuran 5 nm).....	4
Gambar 2.2 Skema tingkat-tingkat energi TPA.....	5
Gambar 3.2 (a) Proses luminasi SQD	10
Gambar 3.2 (b) skema tingkatan energi TPA bertipe tangga.....	10
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian.....	13
Gambar 4.1 Populasi osilasi terhadap intensitas	20
Gambar 4.1 (a) Populasi SQD pada keadaan <i>ground state</i>	21
Gambar 4.1 (b) Populasi SQD pada keadaan <i>intermediate state</i>	21
Gambar 4.1 (b) Populasi SQD pada keadaan <i>excited state</i>	21
Gambar 4.2 Dinamika Populasi SQD	23
Gambar 4.2 (a) Dinamika populasi SQD pada <i>ground state</i>	24
Gambar 4.2 (b) Dinamika populasi SQD pada <i>intermediate state</i>	24
Gambar 4.2 (c) Dinamika populasi SQD pada <i>excited state</i>	24
Gambar 4.3 Spektrum populasi SQD.....	25
Gambar 4.4 Spektrum populasi <i>excited state</i>	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Penurunan persamaan elemen <i>density matrix</i>	30
--	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di tengah pesatnya perkembangan teknologi pada era modern ini, salah satu topik yang hangat diperbincangkan dalam bidang perkembangan sains adalah *nanoscience*. *Nanoscience* merupakan ilmu yang mempelajari tentang material berukuran nano yaitu antara 0,1 nm hingga 100 nm. Teknologi yang dirancang dan dikembangkan khusus untuk penelitian pada material berukuran nano disebut sebagai nanoteknologi (Jumini, 2017). Bidang *nanoscience* membuka peluang penemuan-penemuan baru yang menarik dan dapat diaplikasikan dalam nanoteknologi.

Berbagai aspek perlu diperhitungkan dalam studi material berukuran nano (nanomaterial), diantaranya adalah ukuran dan bentuk serta material penyusun dan konfigurasi nanomaterial tersebut (Hartland, 2004). Ada banyak struktur dasar nanomaterial yang diketahui saat ini. Salah satu struktur dasar nanomaterial yang menarik dipelajari adalah *semiconductor quantum dot* (SQD). SQD memiliki berbagai tingkat energi elektronik. Beberapa model SQD diantaranya *two level system* (2LS) dan *three level system* (3LS). Pada 3LS terdapat beberapa tipe, yaitu 3LS bertipe tangga, *lambda* dan V (Nugroho et al., 2020). SQD dapat dipabrikasi dengan beberapa cara, salah satunya adalah deposisi dari fase uap ke fase substrat (Beard et al., 2010).

Respon optis SQD berkaitan dengan sifat yang ditunjukkan SQD saat berinteraksi dengan cahaya. Ketika material diluminasi sinar laser berintensitas tinggi, dapat terjadi penyerapan 2 foton atau yang disebut *two photon absorption* (TPA). Intensitas yang tinggi diperlukan untuk meningkatkan peluang terjadinya TPA dikarenakan adanya interaksi simultan dari dua foton (Pawlicki et al., 2009). TPA dapat mengeksitasi SQD pada keadaan yang tidak memiliki momen dipol. SQD juga dapat digunakan untuk penyimpanan data optik dan berbagai manfaat

lainnya (Nugroho et al., 2020). Beberapa studi menunjukkan analisis respon optis SQD tunggal 3LS bertipe V (Yulyanto & Nugroho, 2018) dan pengaruh TPA pada respon optis SQD yang dihibridasi terhadap *metallic nanoshell composite* (MNS) (Nugroho et al., 2020).

Respon optis pada SQD dapat dianalisis dengan formalisme *density matrix*. Metode *density matrix* merupakan formalisme teoritik untuk perhitungan nilai ekspektasi *observable* hingga probabilitas suatu sistem. SQD dengan model 2LS digunakan matriks orde 2×2 , sedangkan model 3LS digunakan matriks orde 3×3 untuk formalisme *density matrix*. Ketika telah terjadi proses eksitasi, SQD mengalami deeksitasi. Proses deeksitasi merupakan proses SQD melepaskan energi dalam bentuk pancaran sinar atau cahaya yang menyebabkan terjadinya *radiative damping*. Formalisme *density matrix* menyempurnakan persamaan *Schrödinger* yang secara eksplisit tidak mengakomodir efek *damping* (Kien & Hakuta, 2004).

TPA menarik untuk dibahas karena memiliki banyak manfaat pada bidang industri teknologi maupun kesehatan. Contoh penggunaan sistem TPA adalah fotopolimerisasi 3D, TPA menghasilkan polimerisasi pada titik fokus laser dengan intensitas cahaya yang tinggi, sehingga bentuk suatu objek dapat dicitrakan oleh sinar laser. Penyimpanan data optik juga digunakan sistem TPA, sehingga media penyimpanan dapat berkapasitas lebih besar karena tidak dipengaruhi lingkungan sekitar karena kemampuan eksitasi dua foton. Pada bidang kesehatan, TPA dimanfaatkan untuk pengendalian aktivitas protein endogen dengan selektivitas farmokologis 3D. Hal ini digunakan untuk analisis sirkuit saraf dan pengembangan fototerapi berbasis obat serta manfaat penggunaan TPA pada beberapa bidang lainnya (Hayat et al., 2011). Namun penelitian terkait TPA pada SQD masih sangat terbatas, sehingga penelitian ini menjadi menarik untuk dipelajari dengan analisis pengaruh *intermediate level* pada proses eksitasi SQD.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana cara menganalisis TPA pada SQD yang dimodelkan sebagai 3LS bertipe tangga?
2. Bagaimana pengaruh *intermediate level* pada eksitasi TPA untuk SQD yang dimodelkan sebagai 3LS bertipe tangga?
3. Bagaimana pengaruh *intermediate level* pada spektrum TPA untuk SQD yang dimodelkan sebagai 3LS bertipe tangga?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sinar pengeksitasi dimodelkan berupa gelombang elektromagnetik klasik.

1.4 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan dari penelitian yang akan dilakukan:

1. Menjelaskan cara analisis TPA pada SQD yang dimodelkan sebagai 3LS bertipe tangga.
2. Menjelaskan pengaruh *intermediate level* pada eksitasi TPA untuk SQD yang dimodelkan sebagai 3LS bertipe tangga.
3. Menjelaskan pengaruh *intermediate level* pada spektrum TPA untuk SQD yang dimodelkan sebagai 3LS bertipe tangga.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah diuraikan, manfaat dari penelitian ini adalah

1. Memberikan informasi cara analisis TPA dengan metode analitik *density matrix*.
2. Memberikan informasi tentang pengaruh *intermediate level* pada proses TPA.