

**ANALISIS ENERGI EKSITON DAN EFEK
PENGURUNGAN KUANTUM TERHADAP ENERGI
EMISI *QUANTUM DOTS* MENGGUNAKAN
PENDEKATAN *FINITE POTENTIAL WELL* SATU
DIMENSI**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat S-1
Program Studi Fisika



diajukan oleh:

Adi Ahmad Dimisa

16620001

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2021



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1518/Un.02/DST/PP.00.9/08/2021

Tugas Akhir dengan judul : ANALISIS ENERGI EKSITON DAN EFEK PENGURUNGAN KUANTUM TERHADAP ENERGI EMISI QUANTUM DOTS MENGGUNAKAN PENDEKATAN FINITE POTENTIAL WELL SATU DIMENSI

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ADI AHMAD DIMISA
Nomor Induk Mahasiswa : 16620001
Telah diujikan pada : Kamis, 05 Agustus 2021
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Joko Purwanto, S.Si., M.Sc.

SIGNED

Valid ID: 611a1d2ee1cb



Penguji I

Cecilia Yanuarief, M.Si.

SIGNED

Valid ID: 6119edc9e4e46



Penguji II

Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D.

SIGNED

Valid ID: 6119edd739846



Yogyakarta, 05 Agustus 2021

UIN Sunan Kalijaga

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.

SIGNED

Valid ID: 611e56f99404

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ADI AHMAD DIMISA

NIM : 16620001

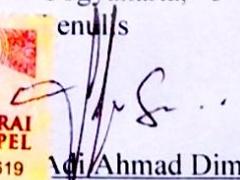
Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “ANALISIS ENERGI EKSITON DAN EFEK PENGURUNGAN KUANTUM TERHADAP ENERGI EMISI *QUANTUM DOTS* MENGGUNAKAN PENDEKATAN *FINITE POTENTIAL WELL* SATU DIMENSI” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 3 Mei 2021

enulis

Adi Ahmad Dimisa
16620001





SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan skripsi
Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan
Teknologi UIN Sunan Kalijaga
Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Adi Ahmad Dimisa
NIM : 16620001
Judul Skripsi : *Analisis Energi Eksiton dan Efek Pengurungan Kuantum terhadap Energi Emisi Quantum Dots menggunakan Pendekatan Finite Potential Well Satu Dimensi*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 9 Juli 2021

Pembimbing

Joko Purwanto, S. Si., M. Sc.
NIP. 19820306 200912 1 002

**ANALISIS ENERGI EKSITON DAN EFEK PENGURUNGAN KUANTUM TERHADAP
ENERGI EMISI *QUANTUM DOTS* MENGGUNAKAN PENDEKATAN *FINITE
POTENTIAL WELL* SATU DIMENSI**

**Adi Ahmad Dimisa
16620001**

INTISARI

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh energi pengurungan kuantum dan energi eksiton terhadap energi emisi *QDs*. *QDs* merupakan material semikonduktor yang memiliki ukuran setara dengan molekul tunggal. Secara fungsional *QDs* dimanfaatkan karakteristik elektronik dan fotoniknya untuk perangkat teknologi. Karakteristik fotonik memanfaatkan energi yang diemisikan oleh *QDs* saat terjadi proses eksitasi. Energi yang diemisikan *QDs* ditentukan oleh energi celah pita material, energi pengurungan, dan energi eksiton. Penelitian kali ini bertujuan untuk memperoleh hasil berupa penurunan analitik energi pengurungan dan eksiton, memperoleh nilai energi pengurungan tingkat dasar, serta memperoleh energi total berdasarkan variabel yang mempengaruhinya. Hasil tersebut kemudian dianalisis bagaimana pengaruh energi pengurungan dan eksiton terhadap energi total dalam berbagai variasi *QDs*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analitik-komputasional yang mana memadukan antara metode analitik untuk memperoleh solusi energi pengurungan dan energi eksiton serta metode komputasional berupa *graphical method* untuk memperoleh energi pengurungan tingkat dasar *QDs*. Hasil yang diperoleh penelitian ini yaitu ukuran *QDs* berbanding terbalik dengan energi emisinya secara eksponensial, panjang gelombang yang diperoleh semakin menuju panjang gelombang merah seiring dengan bertambahnya ukuran *QDs*, serta pengaruh energi pengurungan lebih dominan dibandingkan pengaruh energi eksiton.

Kata kunci: eksiton, *finite potential well*, *graphical method*, pengurungan kuantum, *Quantum Dots*.

HALAMAN MOTTO

You'll never happy if you continue to search what happiness consist. On the other hand, you'll never life if you continue to search the meaning of life.

(Albert Camus)

*Apakah kata masih memiliki makna yang relevan dengan dunia yang tak bermakna ?
begitu juga 12 kata sebelum tanda tanya tersebut.*

*Apa yang kita jalani hanya sebatas memenuhi ideal absurd, dan apa yang kita akui
sebagai realitas hanyalah fenomena. Lalu, apakah dunia masih relevan untuk
dijalani?*

(Penulis)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Diri saya dan orang-orang yang berkemauan membacanya



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan dan kesabaran yang tidak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir judul “ANALISIS ENERGI EKSITON DAN EFEK PENGURUNGAN KUANTUM TERHADAP ENERGI EMISI *QUANTUM DOTS* MENGGUNAKAN PENDEKATAN *FINITE POTENTIAL WELL* SATU DIMENSI”. Shalawat serta salam tak lupa selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, semoga kita mendapatkan syafaatnya di *yaumulqiyamah* aamiin.

Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana strata satu (S-1) Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Ayah, Ibu, Nenek dan saudara/iku yang telah memberikan semangat, perhatian dan kasih sayang serta doa yang tiada henti kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
4. Bapak Joko Purwanto, M. Sc dan Bapak Cecilia Yanuarif, M.Si. selaku Dosen Pembimbing tugas akhir.

5. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Fisika.
6. Seluruh Dosen Fisika beserta jajarannya yang telah memberikan ilmu untuk bekal melakukan tugas akhir.
7. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir ini jauh dari ideal penulis, oleh sebab itu kritik dan saran penulis harapkan demi perbaikan selanjutnya. Akhir kata penulis berharap supaya laporan tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak dan dapat menjadi sumber referensi yang representatif, dijadikan sebagai acuan dalam melakukan kajian penelitian selanjutnya.



Yogyakarta, 26 Juli 2021

Adi Ahmad Dimisa

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
INTISARI.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	9
1.3. Tujuan Penelitian.....	9
1.4. Batasan Penelitian.....	10
1.5. Manfaat Penelitian.....	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1. Studi Pustaka.....	12

2.2.	Landasan Teori	16
2.2.1.	<i>Quantum Dots</i>	16
2.2.2.	<i>Finite Potential Well</i>	20
2.2.3.	<i>Wannier-Mott Exciton</i>	27
2.2.4.	Fisika Komputasi dan <i>Graphical Method</i>	30
2.3.	Integrasi Interkoneksi Fisika Kuantum dan Sains Islam	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		37
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.2.	Instrumentasi Penelitian	37
3.3.	Prosedur Penelitian	37
3.3.1.	Menentukan solusi analitik: energi kurungan dan energi eksiton.....	38
3.3.2.	Menentukan energi kurungan dengan grafik.....	41
3.3.3.	Identifikasi sifat optik <i>QDs</i> material CdSe	44
3.3.4.	Analisis hasil pengaruh energi kurungan	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		47
4.1.	Hasil Penelitian.....	47
4.1.1.	Solusi analitik energi kurungan dan energi eksiton	47
4.1.2.	Energi Kurungan <i>QDs</i>	48
4.1.3.	Sifat optik <i>QDs</i> material CdSe.....	48
4.1.4.	Analisis pengaruh energi kurungan dan energi eksiton	49

4.2. Pembahasan	52
4.2.1. Solusi analitik energi kurungan dan energi eksiton	52
4.2.2. Energi kurungan <i>QDs</i>	56
4.2.3. Sifat optik <i>QDs</i> material CdSe	59
4.2.4. Analisis pengaruh energi kurungan dan energi eksiton	60
4.3. Integrasi Interkoneksi	63
BAB V KESIMPULAN	67
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur celah pita <i>QDs</i> dengan variasi ukuran	19
Gambar 2.2. <i>Finite potential well</i> dengan keadaan $E > V_0$ dan $0 < E < V_0$	20
Gambar 2.3. <i>Finite potential well</i> yang dibagi menjadi 3 wilayah	22
Gambar 2.4. Solusi grafik <i>finite potential well</i>	25
Gambar 3.1. Diagram Alir Penurunan Persamaan Energi Kurungan.....	39
Gambar 3.2. Lanjutan Diagram Alir Penurunan Persamaan Energi Kurungan...	40
Gambar 3.3. Diagram Alir Penurunan Persamaan Energi Eksiton.....	41
Gambar 3.4. Diagram alir menentukan energi kurungan dari grafik.....	43
Gambar 3.5. Lanjutan Diagram alir menentukan energi kurungan dari grafik ...	44
Gambar 4.1. Pengaruh variasi ukuran terhadap energi kurungan tingkat dasar ..	50
Gambar 4.2. Persentase pengaruh energi kurungan vs energi eksiton	51
Gambar 4.3. Pengaruh penambahan energi eksiton	52
Gambar 4.4. Solusi grafik energi kurungan.....	57
Gambar 4.5. Pengaruh variasi ukuran terhadap kelengkungan fungsi RHS	58
Gambar 4.6. Titik potong kurva persentase pengaruh.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Instrumentasi penelitian	37
Tabel 3.2. Panjang gelombang sinar tampak.....	45
Tabel 4.1. Solusi analitik energi kurungan dan energi eksiton.....	47
Tabel 4.2. Nilai energi kurungan variasi ukuran <i>QDs</i>	48
Tabel 4.3. Energi total <i>QDs</i> variasi ukuran	49
Tabel 4.4. Persentase pengaruh energi eksiton dan energi kurungan.....	50



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fisika merupakan ilmu yang menelaah segala fenomena alam nonmetafisik baik berupa partikel maupun gelombang. Fenomena alam yang ditelaah tersebut meliputi ukuran mikro (partikel elementer) sampai pada ukuran makro (jagat raya) serta meliputi kecepatan rendah hingga kecepatan cahaya (Anugraha, 2011). Penelaahan fenomena alam dilakukan baik secara empiris berupa pengamatan atau eksplorasi dan dilakukan secara teoritis. Menurut al-Faruq (2019) tujuan dari pengamatan dan penelaahan fenomena alam tersebut adalah untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan peradaban manusia, serta akan memunculkan suatu penyelesaian baru dari permasalahan-permasalahan yang dihadapi manusia dalam keberlangsungan hidupnya.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan peradaban manusia akan membawa suatu dampak yang besar terhadap pola pikir manusia. Terlepas dari dampak negatif yang dibawa yakni berupa eksploitasi alam besar-besaran, ilmu pengetahuan membawa manusia kepada suatu nilai yang menghantarkan manusia kepada Tuhannya. Hal tersebut merupakan ciri khas dari paradigma atau cara pandang dari sains islam, dalam hal ini adalah fisika. Menurut Rapik (2017) perbedaan ilmu barat (sekuler) dengan ilmu islam terletak pada sumber dan

titik akhirnya. Sumber dari ilmu barat bersifat antroposentrik yakni menempatkan rasionalitas manusia pada posisi yang sentral dalam ilmu pengetahuan dan memiliki titik akhir yang didominasi oleh kepentingan yang sifatnya materi dan bebas nilai. Berbeda dari ilmu sekuler, paradigma ilmu berbasis islam dibangun dengan corak “dari Tuhan dan menuju Tuhan”. Berdasarkan sifat tersebut berarti sumber utama ilmu pengetahuan adalah wahyu atau firman Tuhan, serta memiliki titik akhir yakni berupa suatu nilai (iman) yang menghantarkan manusia kepada Tuhannya.

Titik akhir berupa nilai keimanan adalah hal yang fundamental untuk membangun corak keilmuan fisika dalam kerangka paradigma sains islam. Sebelum menuju titik akhir yang berupa keimanan, tentu fisika dibangun berdasarkan sumber yang berasal dari Tuhan yakni wahyu (Al-Qur'an). Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa objek kajian fisika adalah gejala alam sedangkan metode untuk mempelajari fisika adalah observasi atau pengamatan terhadap gejala-gejala alam. Penjelasan tersebut memiliki relevansi dengan Q. S. Ali Imran ayat 190 sebagai berikut.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ۝١٩٠

Artinya: “190. Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal”.

Menurut tafsir Ibnu Katsir, ayat tersebut dapat dipenggal menjadi tiga bagian. Bagian pertama “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi...*” dapat dimaknai sebagai tempat terjadinya gejala alam, yakni langit yang memiliki tinggi seakan-akan tanpa batas dan hamparan bumi yang sangat luas. Pada penggalan bagian kedua, “*...dan silih bergantinya malam dan siang...*” dapat dimaknai sebagai waktu terjadinya gejala alam. Pergantian siang dan malam sendiri memiliki panjang waktu yang setiap saat berbeda. Sekalipun setiap saat memiliki panjang waktu yang berbeda, substansi yang terkandung didalamnya adalah bahwa gejala alam terjadi setiap saat, setiap waktu, dan tak ada hentinya. Bagian ketiga, “*...terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal*” dapat dimaknai bahwa tanda yang berupa gejala alam tersebut hanya dapat diketahui hakikatnya secara jelas oleh orang-orang yang memiliki kecerdasan (Katsir, 2004).

Orang-orang yang memiliki kecerdasan dalam paradigma islam tidak semata-mata orang yang mampu menggunakan rasionalitasnya namun memiliki ciri-ciri tertentu. Ciri-ciri orang yang memiliki kecerdasan dijelaskan pada ayat berikutnya yaitu ayat 191 sebagai berikut.

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ۝١٩١

Artinya: “191. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka”.

Tafsir Ibnu Katsir juga menjelaskan bahwa orang cerdas yang dimaksud dalam ayat tersebut adalah orang yang senantiasa berdzikir tanpa putus dalam mengingat kebesaran Tuhannya pada semua kondisi baik berdiri, duduk ataupun berbaring. Lisan, hati dan pikiran mereka senantiasa mengingat, “...tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka” (Katsir, 2004). Ayat tersebut jelas membicarakan mengenai titik akhir dari sebuah ilmu pengetahuan yakni menumbuhkan keimanan kepada Tuhan. Dengan demikian, wahyu dan titik akhir berupa keimanan adalah pegangan utama dalam penelaah gejala-gejala alam dalam rangka mengkonstruksi/membangun sains atau ilmu pengetahuan.

Penelaahan gejala-gejala alam merupakan basis utama untuk mengkonstruksi teori-teori dalam fisika. Terdapat penelaahan gejala alam yang sangat revolusioner dalam fisika pada awal abad 20. Penelaahan fisika tersebut terbagi menjadi dua kutub besar yakni, teori relativitas dan teori kuantum. Teori relativitas merupakan sebuah teori yang menata dan meluruskan konsep-konsep dasar dalam fisika, khususnya yang berkaitan dengan ruang-waktu, momentum-energi sebagai aspek kinematika gejala alam, serta menyatakan bahwa cahaya sebagai materi berkelajuan maksimum (Anugraha, 2011). Berbeda dari relativitas, teori kuantum merupakan sebuah teori yang menelaah gejala alam dalam wilayah

mikroskopik yang meliputi struktur atom dan molekul serta bagaimana mereka berinteraksi khususnya dengan cahaya (Zettili, 2009). Berdasarkan dua teori tersebut, teori kuantum lebih dapat kita rasakan manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari. Teori kuantum menjadi dasar atas lahirnya teknologi-teknologi canggih pada era kontemporer saat ini.

Perkembangan teknologi sangat pesat pada era kontemporer saat ini hingga pada teknologi berukuran nano (10^{-9} m), atau biasa disebut sebagai nanoteknologi. Nanoteknologi tumbuh dan berkembang diawali dari sebuah ide untuk mereduksi ukuran bahan semikonduktor hingga seukuran atom. Reduksi tersebut bertujuan untuk efisiensi ukuran perangkat, dan konsumsi daya yang lebih sedikit (Cahyanto dkk, 2006). Menurut Ikeri dkk (2019) reduksi dimensi bahan semikonduktor tersebut memiliki aplikasi yang potensial dalam teknologi modern, yang mampu menarik minat untuk penelitian pada perangkat elektronik berukuran nano dan memiliki nilai revolusioner dalam penelitian terbaru dalam fisika zat padat. Reduksi ukuran tersebut akhirnya akan membentuk suatu *artificial atom* (atom buatan) atau biasa disebut *Quantum Dots* (*QDs*).

QDs merupakan semikonduktor yang memiliki struktur berupa kulit dan inti serta memiliki diameter antara 2 sampai 10 nm (Onyia dkk, 2018). Namun, dalam referensi lain *QDs* dijelaskan memiliki ukuran yang lebih kecil dari 2 nm seperti dalam penelitian Okorie dan Iboh (2018). Berdasarkan informasi dalam Onyia dkk (2018) bahwa inti dari *QDs* biasanya tersusun dari bahan

semikonduktor CdSe, PbSe, ZnS, InAs, GaAs, dan lain sebagainya. Berdasarkan sumber tersebut juga dijelaskan bahwa *QDs* secara substansial adalah material semikonduktor yang diasumsikan memiliki dimensi nol yang mana ukuran tersebut sebanding dengan karakteristik alami dari pemisahan pasangan elektron-*hole* yang dikenal sebagai jari-jari eksiton Bohr. Sebagaimana istilah yang diberikan yaitu atom buatan, tentu *QDs* juga memiliki struktur seperti elektron dan *hole*. Secara khusus pasangan elektron dan *hole* disebut sebagai eksiton. Eksiton tersebut dikurung dalam dimensi *QDs* (Ephrem dkk, 2012). Mengingat *QDs* memiliki struktur selayaknya atom alami, maka *QDs* memiliki sifat optik dan elektronik. Berdasarkan sifat-sifat tersebut *QDs* dapat dimanfaatkan dalam berbagai macam teknologi.

Salah satu sifat dari *QDs* yang banyak dimanfaatkan dalam teknologi adalah sifat optiknya. Sifat optik tersebut muncul akibat adanya energi yang diemisikan *QDs*. Emisi energi tersebut merupakan fenomena yang terjadi karena adanya pengurungan partikel kuantum (*quantum confinement*). Efek tersebut dapat teramati apabila material semikonduktor direduksi hingga berukuran nano dan direkayasa dengan memvariasikan bentuk serta ukuran material tersebut. Peluang besar muncul dari sifat-sifat tersebut diantaranya adalah dalam berbagai piranti nanofotonik (Yulyanto & Nugroho, 2018).

Sifat optik *QDs* tersebut ditelaah dengan menggunakan kaidah-kaidah dalam fisika kuantum. Berdasarkan informasi bahwa struktur *QDs* adalah dengan

mengurung partikel, maka telaah yang digunakan adalah dengan menggunakan model partikel dalam potensial pengurung, baik itu satu dimensi, dua dimensi ataupun tiga dimensi seperti yang dilakukan oleh Ikeri dkk (2019) yang melakukan telaah dengan menggunakan model partikel yang terkurung dalam *infinite potential well* satu dimensi. Penelitian lain dilakukan oleh Onyia dkk (2018) yang melakukan telaah *QDs* melalui pendekatan dengan menggunakan model partikel dalam kotak. Kedua penelitian tersebut menganalisis material semikonduktor CdSe, ZnS, dan GaAs dengan berbagai ukuran yang divariasikan secara berbeda. Berdasarkan telaah yang dilakukan Ikeri dkk (2019) dan Onyia dkk (2018) tersebut memberikan solusi persamaan yang berbeda, tentu hal tersebut dikarenakan pendekatan yang berbeda saat mengkonstruksi model *QDs*. Maka, pendekatan yang digunakan untuk menganalisis *QDs* menjadi suatu hal yang penting untuk menentukan solusi analitik maupun komputasional akan tetapi, kedua penelitian tersebut memberikan hasil yang secara eksplisit sama, bahwa ukuran *QDs* berbanding terbalik secara eksponensial dengan energi pengurungnya. Efek pengurungan kuantum tersebut pada akhirnya akan mempengaruhi energi emisi yang dihasilkan oleh *QDs*.

Efek perubahan energi emisi *QDs* tidak semata-mata hanya dipengaruhi oleh energi pengurungnya. Faktor lain yang mempengaruhi besarnya energi emisi adalah energi celah pita material semikonduktor yang digunakan. Seperti dalam Okorie dan Iboh (2018) yang memberikan informasi bahwa energi celah pita

material semikonduktor memberikan pengaruh dalam besarnya energi emisi dalam *QDs*. Karena setiap material semikonduktor memiliki energi celah pita yang berbeda maka pada setiap bahan semikonduktor akan memiliki nilai energi emisi yang berbeda pada ukuran sama. Faktor lain yang mempengaruhi energi emisi *QDs* adalah energi ikat eksiton. Hal tersebut dijelaskan oleh Marnocha (2017) bahwa pengaruh energi eksiton terbagi menjadi tiga: *weak confinement regime* (ukuran *QDs* > jari-jari Bohr), *Intermediate confinement regime* (ukuran *QDs* = jari-jari Bohr), *strong confinement regime* (ukuran *QDs* < jari-jari Bohr).

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas maka, penelitian mengenai energi emisi *QDs* dinilai sangat penting, mengingat emisi *QDs* memiliki manfaat besar pada teknologi modern utamanya teknologi yang berkaitan dengan sifat-sifat optik seperti panel surya dan teknologi *imaging* berbasis fluoresensi. Terdapat fokus utama dalam penelitian skripsi ini yaitu energi pengurung dan energi eksiton. Energi celah pita tidak akan dibahas secara mendalam namun tetap akan dimasukkan dalam variabel yang mempengaruhi energi *QDs*. Selain itu, konstruksi atau pendekatan yang digunakan dalam telaah *QDs* menjadi hal yang fundamental untuk dipertimbangkan. *QDs* yang akan dikonstruksi adalah *QDs* dengan satu pasang elektron-hole yang dikurung dalam *finite potential well* satu dimensi dan akan diselesaikan menggunakan *graphical method* yang merupakan metode paling mudah dan sederhana diantara metode-metode untuk menyelesaikan model kuantum *finite potential well*. Material yang digunakan adalah CdSe, hal tersebut didasarkan pada penelitian Ikeri dkk (2019) dan Onyia

dkk (2018) yang menggunakan tiga jenis bahan semikonduktor dengan ukuran yang berbeda-beda. Selain itu, penggunaan material CdSe juga didasarkan pada variasi ukuran yang digunakan dalam Okorie (2018) yang diperluas melebihi jari-jari Bohr sehingga memenuhi kategori tiga wilayah yang disebutkan dalam Marnocha (2017). Berdasarkan penjelasan diatas maka, akan ditelaah bagaimana pengaruh energi pengurung dan energi ikat elektron-*hole* terhadap energi emisi *QDs*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa pertanyaan penting yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian skripsi ini, yaitu:

1. Bagaimana solusi analitik energi kurungan model *Quantum Dots* menggunakan pendekatan *finite potential well* dan energi eksitonnya?
2. Bagaimana solusi untuk energi kurungan kuantum dengan menggunakan solusi grafik ?
3. Bagaimana sifat optik *QDs* pada material CdSe ?
4. Bagaimana pengaruh energi kurungan variasi ukuran *QDs* dan energi eksiton terhadap energi emisi *QDs* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin diperoleh dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan solusi analitik energi kurungan *QDs* menggunakan pendekatan *finite potential well* dan energi eksiton.
2. Menentukan energi kurungan kuantum menggunakan solusi grafik.
3. Identifikasi sifat optik *QDs* pada material CdSe.
4. Menganalisis pengaruh energi kurungan variasi ukuran *QDs* dan energi eksiton terhadap energi emisi *QDs*.

1.4. Batasan Penelitian

Batasan masalah dimaksudkan untuk memberikan arah kepada penelitian supaya tidak melebar sehingga mengakibatkan pembahasan menjadi rancu. Adapun batasan masalah dalam pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini sebatas pada telaah teoritis dan komputasi serta tidak dibahas mengenai fabrikasi dan implementasinya secara langsung.
2. Struktur *Quantum Dots* hanya dipandang memiliki satu pasang elektron-hole yang memiliki potensial listrik Coulomb.
3. Model pendekatan yang digunakan adalah *Finite Potential Well* satu dimensi.
4. Sifat optik yang diidentifikasi hanya sebatas panjang gelombang dan spektrum warnanya.
5. Material CdSe yang digunakan hanya sebatas objek penelitian sebelumnya yang diambil ukuran dan nilai celah pita-nya.

1.5. Manfaat Penelitian

Solusi analitik yang diperoleh dari penelitian skripsi ini menjadi suatu referensi untuk penelitian skripsi selanjutnya maupun publikasi tentang *Quantum Dots*. Selain itu, hasil dari penelitian skripsi ini diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai bentuk nyata aplikasi teori kuantum dalam kehidupan manusia serta mampu meningkatkan minat mahasiswa terhadap teori kuantum dan aplikasinya. Pada akhirnya, telaah mengenai fenomena dalam wilayah mikroskopik ini mampu meningkatkan keimanan kita kepada Tuhan sebab dalam wilayah yang tak kasat matapun terdapat tanda-tanda kebesaran-Nya.

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh pada bab IV maka, dapat diperoleh suatu kesimpulan. Kesimpulan tersebut dijelaskan pada uraian berikut:

1. Solusi analitik energi kurungan dan energi eksiton untuk model *finite*

potential well satu dimensi adalah $\tan(\phi) = \left(\frac{\phi^2}{\phi^2} - 1\right)^{\frac{1}{2}}$ untuk solusi genap,

$$-\cot(\phi) = \left(\frac{\phi^2}{\phi^2} - 1\right)^{\frac{1}{2}} \text{ untuk solusi ganjil dan } E_{ex} = \frac{e^2}{2\kappa a_B}.$$

2. Hubungan energi kurungan tingkat dasar dan variasi ukuran menunjukkan bahwa semakin besar ukuran *QDs* maka energi kurungan semakin berkurang secara eksponensial.
3. Sifat optik Material CdSe yang telah diidentifikasi dibagi menjadi dua yakni nilai kuantitatif dan kualitatif. Panjang gelombang yang dipancarkan saat terjadi transisi elektron dari pita konduksi menuju pita valensi bergantung pada ukuran *QDs*, semakin besar ukuran *QDs* panjang gelombang yang dipancarkan menuju spektrum warna merah.
4. Pengaruh energi kurungan lebih dominan dibandingkan energi eksiton. Namun, Semakin besar ukuran *QDs* pengaruh energi kurungan berkurang secara signifikan. Sebaliknya, pengaruh energi eksiton bertambah seiring

bertambahnya ukuran *QDs*. Pada ukuran 19,5 nm terjadi pertukaran dominasi pengaruh antara energi kurungan dan energi eksiton.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh pada penelitian skripsi ini, terdapat beberapa hal yang perlu disempurnakan pada penelitian selanjutnya. Mengingat penelitian mengenai *QDs* sangat luas, maka saran yang diberikan oleh penulis hanya berkisar pada penelitian yang penulis lakukan, hal-hal yang perlu disempurnakan diantaranya yakni:

1. Analisis energi pada model finite potential well dengan dimensi yang lebih tinggi.
2. Analisis dengan melibatkan energi ikat eksiton terhadap molekul kristal semikonduktor dengan menggunakan model ekstion frenkel.
3. Pengaruh variasi potensial terhadap energi kurungan tingkat dasar.
4. Pengaruh variasi material semikonduktor yang digunakan seperti GaAs dan ZnS.

DAFTAR PUSTAKA

- al-Faruq, A. (2019). *Visualisasi Fungsi Gelombang Persamaan Schrodinger Potensial Coulombic Rosen Morse menggunakan Metode Numerik Beda Hingga*. Yogyakarta: Fisika UIN Sunan Kalijaga.
- Anugraha, R. (2011). *Teori Relativitas dan Kosmologi*. Yogyakarta: FMIPA UGM.
- Beiser, A. (2003). *Concepts of Modern Physics : Sixth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Bhardwaj, P., & Das, N. (2016). Exciton Binding Energy In Bulk and Quantum Well of Semiconductors With Non-Parabolic Energy Bands. *International Journal Of Engineering Sciences & Research*, 289.
- Brazis, P. W. (2017). Quantum Dots And Their Potential Impact On Lighting And Display Applications. *WHITE PAPER*, 3.
- Cahyanto, W. T., Abraha, K., & Nurwantoro, P. (2006). Telaah Teoritis Bak-Atom Quantum Dot Semikonduktor Dalam Medan Magnet Luar. *Berkala MIPA*, III(16).
- Chukwuocha, E. O., Onyeaju, M. C., & Harry, T. S. (2012). Theoretical Studies on the Effect of Confinement on Quantum Dots Using the Brus Equation. *Condensed Matter Physics*, 2.
- Dachriyanus. (2004). *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: LPTIK Universitas Andalas.
- Ephrem, C., Onyeaju, M. C., & Harry, T. S. (2012). Theoretical Studies on the Effect of Confinement on Quantum Dots Using the Brus Equation. *Condensed Matter Physics*, 2.
- Ikeri, H. I., Onyia, A. I., & Vwavware, O. J. (2019). The Dependence of Confinement Energy on the Size of Quantum Dots. *Physics and Applied Sciences*, 7(2).
- Katsir, a.-I. A. (2004). *Tafsir Ibnu Katsir Juz 4*. Jakarta: Sinar Baru Algensindo.
- Leavengood, S., & Reeb, J. (1998). *Using the Graphical Method*. Oregon: Oregon State University.
- Melville, J. (2015). *Optical Properties of Quantum Dots*. California: The University of California.
- Müller, L., Singer, & Buchmann, M. -A. (2017). *Introduction to Computational Physics*. Zürich: Swiss Federal Institute of Technology ETH.

- Okorie, U. S., & Iboh, U. A. (2018). The Influence of Quantum Dot Size on Confinement Energy: A Modified Single Band Toy Model Approach. *Modern Physics and Application*, 1.
- Onyia, A. I., Ikeri, H. I., & Nwobodo, A. N. (2018). Theoretical Study Of The Quantum Confinement Effects On Quantum Dots Using Particle In A Box Model. *Ovonic Research*, 14(1).
- Onyia, H. I. (2018). Theoretical Study Of The Quantum Confinement Effects On Quantum Dots Using Particle In A Box Model. *Journal of Ovonic Research*, 49-54.
- Rapik, M. (2017). Diskursus Filsafat Ilmu: dari Peradaban Manusia ke Peradaban Tuhan. *Jurnal Titian*, 156.
- Rocca, G. C. (2003). Wannier–Mott Excitons in Semiconductors. *THIN FILMS AND NANOSTRUCTURES*, 97.
- Yulyanto, & Nugroho, B. S. (2018). Analisis Respons Optik Semiconductor Quantum Dot Sistem Three-Level Bertipe V. *Positron*, 1.
- Zettili, N. (2009). *Quantum Mechanics Concepts and Applications 2nd Edition*. United Kingdom: John Wiley & Son.

