

**VISUALISASI FUNGSI GELOMBANG PERSAMAAN
SCHRODINGER POTENSIAL COULOMBIC ROSEN MORSE
MENGUNAKAN METODE NUMERIK BEDA HINGGA**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1

Program studi fisika



Disusun oleh:

Abdurrahman Al-Faruq

15620016

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2019



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1855/Un.02/DST/PP.00.9/05/2019

Tugas Akhir dengan judul : Visualisasi Fungsi Gelombang Persamaan Schrodinger Potensial Coulombic Rosen Morse Menggunakan Metode Numerik Beda Hingga.

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ABDURRAHMAN AL-FARUQ
Nomor Induk Mahasiswa : 15620016
Telah diujikan pada : Selasa, 07 Mei 2019
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Cecilia Yanuarief, M.Si.
NIP. 19840127 201503 1 001

Penguji I

Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 19830614 200901 2 009

Penguji II

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

Yogyakarta, 07 Mei 2019

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

E K A N



Dr. Martono, M.Si.
NIP. 19691212 200003 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdurrahman Al-Faruq

NIM : 15620016

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Visualisasi Fungsi Gelombang Persamaan Schrodinger Potensial Coulombic Rosen Morse Menggunakan Metode Numerik Beda Hingga” 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.

Yogyakarta, 29 April 2019

Penulis



Abdurrahman Al-Faruq
NIM. 15620016

MOTTO

...وَمَا كَانَ اللَّهُ لِيُضِيعَ إِيمَانَكُمْ إِنَّ اللَّهَ بِالنَّاسِ

لِرَءُوفٌ رَّحِيمٌ (البقرة: ١٤٣)

“... Dan Allah tidak akan menya-nyiakan imanmu. Sesungguhnya Allah Maha Pengasih lagi Maha Penyayang kepada manusia.” (Al-baqarah : 143)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Untuk seluruh pejuang ilmu yang memaknai menuntut ilmu memanglah bentuk ibadah kepada Allah, bagi yang bahkan yang tidak tahu awal untuk memulai_



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbil 'aalamiin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya kepada penulis berupa kesehatan, kekuatan, kesabaran sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "*Visualisasi Fungsi Gelombang Persamaan Schrodinger Potensial Coulombic Rosen Morse Menggunakan Metode Numerik Beda Hingga*". Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Rasullullah Muhammad SAW yang selalu dinantikan syafaatnya.

Penulisan skripsi merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana strata satu (S-1) Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan penulisan dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak. Untuk itu sepatutnya penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ayah, bunda, beserta saudara-saudara penulis yang memberikan semangat, perhatian, dorongan, kasih sayang, serta do'a kepada penulis.
2. Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si, M.Si selaku Kepala Program Studi Fisika.
3. Bapak Cecilia Yanuarief, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Skripsi, yang telah memberikan segala bimbingan, ide, nasihat, motivasi, waktu, serta kesabarannya selama penyusunan skripsi ini.

4. Seluruh dosen dan jajarannya yang telah memberikan ilmu untuk bekal melakukan Skripsi.
5. Nur Khayati, serta teman-teman fisika 2015 yang telah memberikan dukungan dan berbagi dalam beberapa kesempatan.
6. Eka Ayu Nurbaiti yang bersedia direpotkan dan selalu memberi dukungan dan kata semangat.
7. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan Skripsi ini banyak kekurangannya, oleh sebab itu kritik dan saran penulis harapkan demi perbaikan selanjutnya. Akhir kata penulis berharap Skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak, dan dijadikan sebagai acuan dalam melakukan kajian riset khususnya pada kajian fisika komputasi di manapun dan siapapun yang menekuninya.

Yogyakarta, 29 April 2019

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Penulis

VISUALISASI FUNGSI GELOMBANG PERSAMAAN SCHRODINGER POTENSIAL COULOMBIC ROSEN MORSE MENGUNAKAN METODE NUMERIK BEDA HINGGA

Abdurrahman Al-Faruq
15620016

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk memperlihatkan dalam tampilan grafik nilai fungsi gelombang untuk potensial non sentral Coulombic Rosen Morse menggunakan metode numerik beda hingga. Metode beda hingga menggunakan persamaan Schrodinger dan persamaan diferensial biasa orde II untuk mendapatkan persamaan pendekatan numerik. Persamaan pendekatan numerik kemudian dikerjakan dalam matriks dan dilakukan substitusi balik sehingga didapatkan fungsi gelombang bagian radial dan angular yang divisualisasikan dengan pemrograman komputer berbasis Matlab. Visualisasi fungsi gelombang radial yang terbentuk mendeskripsikan nilai probabilitas ditemukannya elektron pada suatu atom, sedangkan Visualisasi fungsi gelombang angular yang terbentuk memperlihatkan gerakan suatu elektron dalam suatu tingkat energi.

Kata kunci: metode beda hingga, non sentral Coulombic Rosen Morse, metode numerik

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

VISUALIZATION OF SCHRODINGER EQUATION WAVE FUNCTION OF COULOMBIC ROSEN MORSE POTENTIAL BY USING FINITE DIFFERENCE METHODS

Abdurrahman Al-Faruq
15620016

ABSTRACT

This research is aimed to show in graphic display wave functions for non central Coulombic Rosen Morse potential by using finite difference method. Finite difference methods use Schrodinger equation and second order ordinary difference equation to have numerical approximation equation . Numerical approximation equation is processed in matrix and treated reverse substitution to result the radial and angular part of wave functions visualized by Matlab based computer programming. The radial wave function visualization which perform are describing the probability values to find the electron of Hydrogen atom , whereas, The radial wave function visualization which perform are describing the prbability value of finding an electron in an atom. The angular wave function visualization shich perform are describing movement of an electron in a energy level.

Keywords: finite difference methods, non central Coulombic Rosen Morse, numerical methods

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian	8
D. Batasan Masalah	8
E. Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
A. Penelitian Terkait	10
B. Landasan Teori.....	13
1. Metode Beda Hingga.....	13
2. Fungsi Gelombang Persamaan Schrodinger Potensial Coulombic Rosen Morse	17
3. Fisika Komputasi dan Perangkat Lunak Matlab	33
BAB III METODE PENELITIAN	36
A. Waktu dan Tempat Penelitian	36
B. Instrumentasi Penelitian.....	36
C. Objek Penelitian.....	36
D. Prosedur Penelitian	38
1. Studi Literatur dan Pendalaman Materi	39
2. Pengerjaan Numerik.....	39

3. Pengerjaan Komputasi	42
4. Evaluasi.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
A. Hasil Penelitian	50
1. Program Komputer yang Dapat Diterapkan Pada Fungsi Gelombang Persamaan Schrodinger Berdasarkan Metode Beda Hingga	50
2. Grafik Visualisasi Fungsi Gelombang Persamaan Schrodinger Potensial Coulombic Rosen Morse Menggunakan Metode Beda Hingga.....	51
3. Evaluasi Grafik Visualisasi Fungsi Gelombang Persamaan Schrodinger Potensial Coulombic Rosen Morse Sebagai Hasil Metode Numerik Terhadap Hasil Eksak ...	53
B. Pembahasan.....	55
1. Program Komputer yang Dapat Diterapkan Pada Fungsi Gelombang Persamaan Schrodinger Berdasarkan Metode Beda Hingga	55
2. Grafik Visualisasi Fungsi Gelombang Persamaan Schrodinger Potensial Coulombic Rosen Morse Menggunakan Metode Beda Hingga.....	57
3. Evaluasi Grafik Visualisasi Fungsi Gelombang Persamaan Schrodinger Potensial Coulombic Rosen Morse Sebagai Hasil Metode Numerik Terhadap Hasil Eksak ...	59
4. Integrasi-Interkoneksi	62
BAB V PENUTUP	65
A. Kesimpulan	65
B. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Tinjauan Pustaka	13
Tabel 3. 1 Instrumentasi penelitian	36
Tabel 3. 2 Objek penelitian	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jaringan titik hitungan (<i>grid</i>) pada bidang $x - fx$	14
Gambar 2. 2 Potensial Rosen Morse dan Spektrumnya	18
Gambar 2. 3 Grafik fungsi gelombang potensial Coulombic Rosen Morse bagian radial	26
Gambar 2. 4 Grafik fungsi gelombang potensial Coulombic Rosen Morse bagian polar.	33
Gambar 3. 1 Tahapan prosedur penelitian	38
Gambar 3. 2 Diagram alir tahap pengerjaan numerik bagian radial	40
Gambar 3. 3 Diagram alir tahap pengerjaan numerik bagian polar	41
Gambar 3. 4 Diagram alir program bagian radial	45
Gambar 3. 5 Diagram alir program bagian polar	47
Gambar 4. 3 Grafik visualisasi fungsi gelombang persamaan Schrodinger potensial Coulombic Rosen Morse bagian radial	52
Gambar 4. 4 Grafik visualisasi fungsi gelombang persamaan Schrodinger potensial Coulombic Rosen Morse bagian polar	53
Gambar 4. 5 Tampilan dua grafik visualisasi bagian radial, (a) hasil numerik dan (b) hasil eksak.....	54
Gambar 4. 6 Tampilan dua grafik visualisasi bagian polar, (a) hasil numerik dan (b) hasil eksak.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengerjaan Numerik	69
Lampiran 2. Program Matlab Bagian Radial	72
Lampiran 3. Program Matlab Bagian Angular.....	74



BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Alam semesta merupakan himpunan yang sangat luas dan memiliki banyak unsur di dalamnya. Umat manusia terus mencoba mengenali dan mengeksplorasi alam semesta dengan berbagai pendekatan pemahaman dan penelitian. Banyak pemahaman dan penelitian telah dilakukan dengan tujuan kemajuan ilmu pengetahuan dan peradaban manusia, salah satunya dalam bidang ilmu fisika. Berbagai perkembangan penelitian memunculkan harapan kemungkinan penyelesaian baru atas permasalahan-permasalahan yang terjadi sehingga keberlangsungan kehidupan semakin membaik dari hari ke hari.

Keutamaan dilakukannya penelitian dan pemahaman atas segala sesuatu hal yang terjadi disebutkan dalam al-qur'an, terdapat dalam surah Al-Imran ayat 190 yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ
لِّأُولِي الْأَلْبَابِ

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal*” (Tim Penerjemah, 2004).

Menurut tafsir Ibnu Katsir mengenai ayat di atas adalah sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, yakni semua yang ada pada keduanya berupa tanda-tanda yang dapat disaksikan sangat besar, serta pergantian malam dan siang

semuanya itu berjalan berdasarkan pengaturan dari Allah. Terdapat tanda bagi orang-orang yang berakal maksudnya yang mempergunakan pikiran mereka.

Penelitian banyak dilakukan terhadap berbagai macam hal dari awal perkembangan ilmu pengetahuan sampai sekarang. Penelitian muncul dari rasa ingin tahu dan ide-ide atas berbagai fenomena yang terjadi baik itu dari yang sederhana sampai yang kompleks. Berbagai objek penelitian terkategori sangat beragam terutama dalam ilmu fisika, baik itu dalam ukuran yang sangat besar seperti planet, bintang, hingga ukuran melebihi tata surya, sampai dalam ukuran yang sangat kecil seperti partikel, atom, hingga unsur-unsur lainnya. Allah berfirman dalam surah Yunus ayat 61:

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُو مِنْهُ مِنْ قُرْآنٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلَّا
كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُودًا إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ ۗ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ
فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ

مُبِينٍ

Artinya: “Kamu tidak berada dalam suatu keadaan dan tidak membaca suatu ayat dari Al Quran dan kamu tidak mengerjakan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu di waktu kamu melakukannya. Tidak luput dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarah (atom) di bumi ataupun di langit. Tidak ada yang lebih kecil dan tidak (pula) yang lebih besar dari itu, melainkan (semua tercatat) dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh)” (Tim Penerjemah, 2004)

Menurut tafsir Ibnu Katsir dari ayat di atas adalah tentang bagaimana Allah memberitahukan kepada nabi-Nya bahwa Allah selalu mengetahui semua keadaan dan kejadian umatnya serta semua makhluk pada tiap detik waktu. Tidak ada sesuatu pun yang tersembunyi dari pengetahuan-Nya barang sebesar atom pun yang ada di langit dan di bumi, dan tidak ada sesuatu pun yang lebih kecil atau lebih besar daripada itu, kecuali semuanya tercatat di dalam kitab yang nyata.

Penafsiran Ibnu Katsir mengenai dua ayat diatas dapat dipahami dan membawa kepada suatu kesimpulan. Penelitian merupakan suatu hakikat yang dilakukan oleh manusia sebagai makhluk yang mempunyai akal pikiran dalam rangka memenuhi perintah Allah dan juga dalam rangka mencari kebaikan dan kesejahteraan peradaban manusia baik untuk individu maupun keseluruhan umat manusia. Segala yang ada pada alam semesta sudah dalam pengawasan Allah dan merupakan suatu ketetapan, sehingga manusia cukup dipermudah dalam mempelajari, meneliti, dan mendapatkan pengetahuan atas apa yang terdapat di alam semesta.

Adanya penyebutan langit dan bumi dapat dianalogikan kepada bagaimana objek penelitian. Langit yang luasnya tak terbatas dapat dianggap sebagai objek makroskopis yang terdiri dari komponen-komponen yang sangat besar seperti bintang, planet, tata surya serta berbagai sifat fisisnya. Bumi yang merupakan hamparan yang terlingkup dan sangat kecil dibandingkan dengan langit dapat dianggap sebagai objek mikroskopis layaknya objek kuantum. Adanya pergantian siang dan malam menggambarkan terjadinya dinamikan alam semesta. Penyebutan *zarrah* juga berarah pada fenomena fisis berukuran mikroskopis.

Sebagaimana telah diungkapkan di atas bahwa sebagai makhluk yang telah diberi akal adalah suatu hal yang seharusnya untuk selalu mempergunakan pikiran, apalagi dalam hal yang bermanfaat seperti penelitian. Berbagai pendekatan dalam ilmu fisika yang telah dimulai semenjak dulu menghasilkan beberapa hasil. Salah satunya yaitu ditemukan pendekatan matematis berupa bentuk persamaan fungsi yang kerap digunakan dan dipelajari baik dalam penelitian dan pembelajaran mengenai sifat fisis materi yaitu fungsi gelombang.

Fungsi gelombang merupakan satu diantara contoh nyata dari kemajuan manusia dalam bidang ilmu pengetahuan. Dilihat berdasarkan sejarah perkembangan ilmu fisika, setelah ada dua sektor penting berupa keluarnya teori relativitas Einstein dan pencapaian metode eksperimental pada tingkat struktur atomik dan subatomik, fisika yang awalnya dikenal sebagai fisika klasik memasuki tahap baru yaitu fisika modern atau juga dikenal sebagai fisika kuantum. Berdasarkan pada hipotesis yang telah dikemukakan oleh de Broglie mengenai dualitas gelombang-partikel, Schrodinger membangun teori mekanika gelombang yang meliputi pergerakan dari partikel mikroskopis dikenal dengan fungsi gelombang. Fungsi gelombang adalah suatu persamaan matematis yang menjelaskan salah satu atau seluruh keadaan suatu partikel dari suatu sistem kuantum terisolasi, juga menunjukkan sifat-sifat gelombang dari partikel. Secara umum fungsi gelombang suatu sistem dapat dinyatakan dalam berbagai besaran fisika seperti momentum, posisi, energi dan sebagainya. Fungsi gelombang memuat amplitudo probabilitas yang menampilkan kemungkinan ditemukannya gelombang dari suatu sistem.

Postulat de Broglie diikuti beberapa eksperimen yang menguatkan pernyataan mengenai dualitas gelombang-partikel. Schrodinger seiring itu juga mengembangkan penelitiannya yang membawa ke hasil berupa persamaan gelombang. Bentuk persamaan tersebut adalah persamaan diferensial yang solusinya menunjukkan spektrum energi dan fungsi gelombang dalam suatu sistem. Persamaan gelombang ini yang kemudian juga disebut sebagai persamaan Schrodinger (Zettili, 2009).

Penelitian dalam bidang fisika kuantum terus berlanjut sampai sekarang bahkan dari orang seluruh dunia. Hal ini menunjukkan bahwa kemajuan di bidang ilmu pengetahuan terutama dalam disiplin ilmu fisika adalah sangat penting dan dapat mengawali peradaban manusia menuju tahap selanjutnya. Bisa dilihat dengan jelas segera setelah ditemukan teori mengenai mengenai ikatan nuklir, negara yang memegang kendali nuklir akan dianggap sebagai negara yang berkuasa. Situasi ini menjadi salah satu alasan mengapa penelitian dalam fisika kuantum tidak boleh dianggap remeh.

Perkembangan permasalahan yang semakin kompleks merupakan suatu fenomena yang tak terhindari dan semakin menjadi-jadi seiring kemajuan penelitian yang ditemukan. Berdasarkan hal tersebut umat manusia mulai memerlukan tehnik dan media termutakhir agar ditemukan penyelesaian dari permasalahan terjadi. Bentuk dari pilihan alternatif atas permasalahan tersebut diantaranya adalah metode numerik dan aplikasi komputasi.

Pendekatan penyelesaian menggunakan metode numerik merupakan suatu gagasan yang timbul karena pendekatan yang biasa digunakan tidak mampu

menyelesaikan perhitungan kompleks. Metode numerik menggunakan model matematis dalam penjelasan suatu fenomena sehingga dapat meramalkan suatu kejadian di masa depan dalam bentuk suatu prediksi. Berdasarkan hal tersebut, metode numerik yang lebih dikenal dengan komputasi merupakan pendekatan yang digunakan ketika metode manual dirasa sudah tidak mampu dalam menyelesaikan permasalahan yang ada. Tujuan komputasi adalah bagaimana menampilkan dalam bentuk umum persamaan matematis yang akurat dan dapat mempresentasikan keadaan nyata

Objek yang dijadikan penelitian dalam bidang fisika kuantum berkembang dari waktu ke waktu. Demikian menunjukkan penelitian tentang penyelesaian fungsi gelombang pada persamaan Schrodinger merupakan penelitian yang sangat penting dalam ilmu fisika modern. Berbagai persamaan Schrodinger untuk gerak partikel bermuatan pada potensial-potensial yang membawa sifat kuantum beragam telah dipelajari dan diamati oleh banyak peneliti dengan metode yang berbeda dan dikembangkan. Penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti salah satunya adalah penelitian menggunakan metode Nikiforov-Uvarov dan metode polinomial Romanovski pada potensial Coulomb (Berkdemir, 2012) dan potensial Coulombic Rosen Morse (Yanuarief, Suparmi, & Cari, 2012). Contoh penelitian lain adalah menggunakan metode beda hingga pada potensial halang (Lombu, Simbolon, & Ginting, 2013) dan persamaan diferensial biasa (Sangadji, 2008).

Penelitian-penelitian yang telah terlaksana dapat diintegrasikan menjadi penelitian yang lebih tinggi dan memberi peluang baru untuk penelitian lain

sebagai inspirasi ide pemecahan masalah untuk kendala serupa yang mungkin ditemukan. Adanya variasi dalam pendekatan atau metode yang digunakan di suatu penelitian walau dengan objek dan tujuan yang sama adalah sangat penting karena dapat menguatkan serta meyakinkan bahwa suatu pernyataan teori adalah benar, serta dapat digunakan untuk menunjukkan apabila terdapat kesalahan ataupun suatu hal yang baru.

Penelitian kali ini berangkat dari penelitian terkait yang menitikberatkan pada penyelesaian fungsi gelombang dan energi dari suatu elektron yang bergerak di dalam potensial non sentral Coulombic Rosen Morse yang merupakan kombinasi antara potensial Coulomb dan potensial non sentral Rosen Morse. Hasil yang didapatkan dari penelitian sebelumnya kemudian akan menjadi dasar perbandingan penelitian yang dilakukan. Penelitian ini menggunakan metode beda hingga dengan menggunakan bantuan aplikasi perangkat lunak pada komputer. Hasil akhir akan ditampilkan dalam bentuk grafik dari kedua penelitian sehingga dapat dibandingkan.

B. Rumusan Masalah

Permasalahan yang diteliti dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana program komputer menggunakan metode beda hingga yang diterapkan untuk fungsi gelombang persamaan Schrodinger?
2. Bagaimana grafik visualisasi fungsi gelombang potensial persamaan Schrodinger Coulombic Rosen Morse menggunakan metode beda hingga?

3. Bagaimana perbandingan grafik visualisasi fungsi gelombang potensial persamaan Schrodinger Coulombic Rosen Morse sebagai hasil metode numerik terhadap hasil eksak?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat program komputer menggunakan metode beda hingga yang diterapkan untuk fungsi gelombang persamaan Schrodinger.
2. Menampilkan grafik visualisasi fungsi gelombang persamaan Schrodinger potensial Coulombic Rosen Morse menggunakan metode beda hingga.
3. Mengevaluasi perbandingan grafik visualisasi fungsi gelombang persamaan Schrodinger potensial Coulombic Rosen Morse sebagai hasil dari numerik metode beda hingga terhadap hasil eksak.

D. Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut:

1. Fungsi gelombang persamaan Schrodinger potensial yang digunakan adalah fungsi gelombang bagian radial dan angular.
2. Persamaan fungsi gelombang bagian radial diselesaikan dengan menggunakan metode Nikiforov-Uvarov.
3. Persamaan fungsi gelombang bagian angular diselesaikan dengan menggunakan metode polinomial Romanovski.
4. Metode numerik menggunakan nilai batasan awal dan akhir untuk masing-masing bagian radial dan angular berdasarkan hasil dari persamaan yang telah diselesaikan pada penelitian terkait.

5. Metode numerik menggunakan banyak bagian diskrit sebanyak 40000 untuk fungsi gelombang bagian radial dan 1000 untuk fungsi gelombang bagian angular.
6. Program komputer yang dibuat berbasis aplikasi perangkat lunak Matlab.
7. Potensial Coulombic Rosen Morse yang diteliti berada pada nilai kuantum radial $n_r = 2$, nilai kuantum orbital $n_l = 1$, nilai kuantum magnetik $m = 1$, dan nilai konstanta potensial non sentral Rosen Morse $\mu = 0$ dan $\nu = 0$.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Langkah-langkah penyelesaian persamaan Schrodinger dengan menggunakan metode beda hingga digunakan sebagai contoh untuk menyelesaikan persamaan Schrodinger jenis potensial lainnya yang memiliki tipe yang sama.
2. Solusi dari fungsi gelombang persamaan Schrodinger untuk potensial Coulombic Rosen Morse dapat digunakan untuk meramalkan perilaku sistem dan interaksinya dengan sistem yang lain sehingga dapat digunakan untuk pengembangan bidang yang lainnya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan serta pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Program komputer menggunakan metode beda hingga yang diterapkan untuk fungsi gelombang persamaan Schrodinger telah berhasil dibuat.
2. Tampilan grafik visualisasi fungsi gelombang persamaan Schrodinger potensial Coulombic Rosen Morse menggunakan metode beda hingga terlihat seperti pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.
3. Grafik visualisasi fungsi gelombang persamaan Schrodinger potensial Coulombic Rosen Morse sebagai hasil dari numerik metode beda hingga terhadap hasil eksak memiliki perbedaan pada bagian angular dapat dilihat dengan tampilan grafik hasil eksak dan hasil numerik. Bagian radial menampilkan hasil yang sama baik berupa bentuk lintasan maupun nilai grafik fungsi gelombang. Perbedaan yang terjadi merupakan hasil dari pemotongan pada deret Taylor sehingga hanya mempengaruhi nilai fungsi gelombang, bukan bentuk lintasan. Oleh karena itu metode numerik beda hingga masih valid digunakan untuk menentukan pola pada potensial dalam sistem yang kontinyu.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, masih banyak hal yang harus dibahas dan dikaji lebih lanjut. Masih banyak pula beberapa kekurangan yang

perlu diperbaiki ataupun dikembangkan. Penelitian berikutnya disarankan untuk memperhatikan hal-hal berikut:

1. Metode numerik beda hingga hanya merupakan salah satu dari sekian banyak metode pendekatan untuk menyelesaikan persamaan matematis. Pengadaan penelitian lain menggunakan metode numerik berbeda dapat memunculkan gagasan ide baru atau memperkuat penelitian yang sudah ada. Dapat pula dilakukan metode beda hingga dengan skema selain FTCS seperti dengan Crank-Nicolson yang diketahui memiliki kestabilan yang lebih baik dari FTCS.
2. Penelitian ini terbatas pada kemampuan dan pengetahuan peneliti dalam penulisan program yang dikerjakan. Diharapkan adanya pembelajaran maupun pengembangan lebih lanjut dalam bidang komputasi untuk mendapatkan metode serta hasil yang lebih efektif dalam pengerjaan program. Adanya wawasan serta pengetahuan lebih luas dapat menanggulangi keterbatasan masalah sehingga lebih memungkinkan untuk mengadakan penelitian lain yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Berkdemir, C. (2012). Application of the Nikiforov-Uvarov Method in Quantum Mechanics. *Theoretical Concepts of Quantum Mechanics*.
- Cari, Suparmi, & Marini, H. (2012). Penentuan Spektrum Energi dan Fungsi Gelombang Potensial Morse dengan Koreksi Sentrifugal Menggunakan Metode SWKB dan Operator SUSY. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 2(2), 112–123.
- Darajat, P. P. (2013). *Deskripsi Metode Beda Hingga Untuk Menyelesaikan Persamaan Fitzhugh-Nagumo*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Ghoffar, M. A., Mu'thi, A., & Al-Atsari, A. I. (2004). *Tafsir Ibnu Katsir*. Yogyakarta: Niaga Swadaya.
- Houcque, D. (2005). *Introduction to Matlab for Engineering Students*. Illinois: Northwestern University.
- Jasso, C. B. C., & Kirchbach, M. (2006). The Trigonometric Rosen-Morse Potential as a Prime Candidate for an Effective QCD Potential, 3(6), 275–278.
- Klein, A., & Godunov, A. (2010). *Introductory Computational Physics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Leveque, R. J. (2007). *Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Lombu, O. Z., Simbolon, T. R., & Ginting, T. (2013). Aplikasi Metode Beda Hingga Pada Persamaan Schrödinger Menggunakan Matlab. *Jurnal Saintia Fisika*, 3(1), 0–6.
- Norrudin, W. (2018). *Evolusi Waktu Lubang Cacing Reissner Nordstrom Dan Penyisipannya Dalam R3*. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Penerjemah, T. (2004). *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: Departemen Agama RI.
- Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., & Flannery, B. P. (1992). *Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing*. Cambridge University Press (second). Australia: Cambridge University Press.
- Sangadji. (2008). Metode beda hingga untuk solusi numerik persamaan diferensial. *Jurnal Mat Stat*, 8(9), 132–137.

Yanuarief, C., Suparmi, & Cari. (2012). Analisis Energi dan Fungsi Gelombang Potensial Non Sentral Coulombic Rosen Morse Menggunakan Polinomial Romanovski.

Zetili, N. (2009). *Quantum Mechanics: Concepts and Applications* (2nd ed.). United States: Wiley. Retrieved from

