

**SOLUSI PERSAMAAN SCHRÖDINGER PADA TANGGUL POTENSIAL
(*POTENTIAL BARRIER*) UNTUK KASUS ENERGI PADA KEADAAN
KRITIS ($E \approx V_0$) BERBASIS PEMROGRAMAN PYTHON**

SKRIPSI

*Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika*



Oleh:

**SIMON RAFAEL SIHOMBING
08021281924027**

**JURUSAN FISIKA
KBI FISIKA TEORI DAN MATERIAL
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**SOLUSI PERSAMAAN SCHRÖDINGER PADA TANGGUL POTENSIAL
(POTENTIAL BARRIER) UNTUK KASUS ENERGI PADA KEADAAN
KRITIS ($E \approx V_0$) BERBASIS PEMROGRAMAN PYTHON**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains bidang studi Fisika Fakultas MIPA

Oleh:

SIMON RAFAEL SIHOMBING
NIM. 09021281924027

Inderalaya, Mei 2023

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Supardi, S.Pd, M.Si
NIP. 197112112002121002

Pembimbing II



Dr. Akhmad Aminuddin Bama, M.Si
NIP. 197009141997021004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika FMIPA
Universitas Sriwijaya



Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T
NIP. 1970091019941210

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya

Nama : Simon Rafael Sihombing
NIM : 08021281924027
Judul TA : Solusi Persamaan Schrodinger Pada Tanggul Potensial (Potential Barrier) Untuk Kasus Energi Pada Keadaan Kritis ($E \approx V_0$) Berbasis Pemrograman Python

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun dengan judul tersebut adalah asli atau orisinalitas dan mengikuti etika penulisan karya tulis ilmiah sampai pada waktu skripsi ini diselesaikan, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di program studi Fisika Universitas Sriwijaya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila dikemudian hari ditemukan kesalahan ataupun keterangan palsu dalam surat pernyataan ini, maka saya siap bertanggung jawab secara akademik dan bersedia menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Indralaya, Juni 2023

Menyatakan

METERAN
TEMPER
9FAKX424260157
Simon Rafael Sihombing
NIM. 08021281924027

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan YME, yang telah mencurahkan rahmat, hidayah, serta nikmat yang tak terhingga jumlahnya. Oleh karena itu penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Universitas Sriwijaya kampus Inderalaya dan menyusun Tugas Akhir ini dengan baik. Adapun maksud dan tujuan dibuatnya Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi S1 Jurusan Fisika Universitas Sriwijaya, di mana topik yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini ialah “SOLUSI PERSAMAAN SCHRÖDINGER PADA TANGGUL POTENSIAL (*POTENTIAL BARRIER*) UNTUK KASUS ENERGI PADA KEADAAN KRITIS ($E \approx V_0$) BERBASIS PEMROGRAMAN PYTHON”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih atas bantuan dan kesempatan yang telah diberikan oleh:

1. Tuhan YME yang telah memberikan nikmat usia, kesehatan, dan kesempatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir tepat pada waktunya.
2. Kedua orang tua dan juga saudara saya yang telah mendoakan dengan sepenuh hati, dukungan penuh baik materi maupun waktu demi kelancaran penulis mengerjakan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Supardi, S.Pd, M.Si selaku dosen pembimbing pertama dan Dr. Akhmad Aminuddin Bama, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua tugas akhir saya.
4. Bapak Dr. Ramlan, M.Si selaku dosen penguji pertama dan Bapak Hadi, S.Si., M.T. selaku dosen penguji kedua saya.
5. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.

6. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
7. Teman-teman KBI Teori dan Material.
8. Abdul Aziz Syahputra sebagai teman satu konsentrasi yaitu fisika teori yang sangat banyak menyumbang pikiran dan tenaga dalam tugas akhir ini.
9. Andalas Batak Timbangan yang selalu memberi doa dan dukungan saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
10. Sixer Clothing (Abetnego, Bambang, Maruba, Pebri, dan Pelik) yang selalu membantu saya dan memberi saya dukungan dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang selalu memberikan semangat serta bantuan nasehat yang sangat bermanfaat.

Akhir kata penulis menyampaikan maaf yang sebesar-besarnya jika terdapat banyak kesalahan dalam penulisan tugas akhir ini. Penulis menyadari masih sangat banyak kekerungan pada tugas akhir ini. Oleh karena itu dibutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam perbaikan maupun penyempurnaan tugas akhir ini di masa yang akan datang. Besar harapan penulis bahwasannya tugas akhir ini dapat memotivasi dan bermanfaat khususnya untuk diri penulis serta khalayak umum.

Inderalaya, ... Mei 2023



Penulis

**Solusi Persamaan Schrödinger pada Tanggul Potensial (*Potential Barrier*)
untuk Kasus Energi pada Keadaan Kritis ($E \approx V_0$) Berbasis Pemrograman
Python**

Oleh
Simon Rafael Sihombing
NIM.08021281924027

INTISARI

Dengan bantuan pemrograman *Python*. Energi pada persamaan gelombang Schrodinger pada potensial sederhana dapat dirumuskan dengan analitik, dan juga Pemrograman *Python* ini dapat memberikan visualisasi (gambaran) dari persamaan Schrodinger untuk potensial sederhana tersebut. Data penelitian merupakan hasil penurunan rumus untuk menemukan solusi persamaan Schrodinger pada tanggul potensial. Selanjutnya, dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python* dilakukan simulasi komputasi. Hasil penelitian menunjukkan besarnya selisih E terhadap V_0 memengaruhi peluang pemantulan dan peluang penerobosan amplitudo pada kasus Tanggul Potensial. Untuk kasus $E \approx V_0$, kedua grafik bentuknya hampir sama. Amplitudo $E = 61 \times 10^{-39} \text{J}$ lebih banyak mencrobos tanggul potensial dibandingkan $E = 59 \times 10^{-39} \text{J}$ karena nilai E nya lebih besar dibandingkan V_0 sehingga peluang penerobosannya lebih besar.

Kata kunci: teori kuantum, persamaan *schrodinger*, tanggul potensial, dan *Python*

Inderalaya, Mei 2023

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Supardi, S.Pd, M.Si
NIP. 197112112002121002



Dr. Akhmad Aminuddin Bama, M.Si
NIP. 197009141997021004

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika FMIPA
Universitas Sriwijaya



Dr. Friasyah Virgo, S.Si., M.T
NIP. 1970091019941210

**Solution of Schrödinger Equation on Potential Barrier for Energy Cases in
Critical Situations ($E \approx V_0$) Based on Python Programming**

By
Simon Rafael Sihombing
NIM.08021281924027

ABSTRACT

The energy in the Schrodinger wave equation for simple potentials can be formulated analytically, and this Python programming can provide a visualization (illustration) of the Schrodinger equation for these simple potentials. The research data is the result of deriving the formula to find a solution to the Schrodinger equation on a potential barrier. Furthermore, using the Python programming language, a computational simulation is carried out. The results show that the difference between E and V_0 affects the chance of reflection and the chance of amplitude breaking in the case of the Potential Embankment. For the $E \approx V_0$ case, the two graphs are almost the same shape. The amplitude of $E = 61 \times 10^{-39}\text{J}$ is more likely to penetrate the potential barrier than $E = 59 \times 10^{-39}\text{J}$ because the value of E is greater than V_0 so the chance of breaking is greater

Keywords: quantum theory, schrodinger equation, potential barrier, and Python

Inderalaya, Mei 2023

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Supardi, S.Pd, M.Si
NIP. 197112112002121002

Pembimbing II



Dr. Akhmad Aminuddin Bama, M.Si
NIP. 197009141997021004

Mengetahui,

Ketua-Jurusan Fisika FMIPA
Universitas Sriwijaya



Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T
NIP. 1970091019941210

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR SIMBOL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Paradigma Fisika Kuantum	5
2.2 Persamaan Schrödinger.....	5
2.2.1 Persamaan Schrödinger Bergantung Waktu	7
2.2.2 Persamaan Schrödinger tak Bergantung Waktu	8
2.3 Persamaan Schrödinger untuk Kasus Potensial Sederhana.....	9
2.3.1 Undak Potensial (<i>Potential Step</i>)	10
2.3.2 Tanggul Potensial (<i>Potential Barrier</i>)	11
2.4 Pemrograman <i>Python</i>	12
2.4.1 <i>Library</i> Matplotlib	13
2.4.2 <i>Library</i> NumPy	13
2.4.3 <i>Library</i> Pandas	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tempat Penelitian	15
3.2 Waktu Penelitian	15
3.3 Metode Penelitian.....	15
3.4 Diagram Alir Penelitian dan Pemrograman	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Penyelesaian Persamaan Schrödinger untuk Kasus Tanggul Potensial (<i>Potential Barrier</i>).....	18
4.2 Grafik Fungsi Persamaan Schrödinger untuk Kasus Tanggul	

Potensial (Potential Barrier).....	28
BAB V PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	40
L1 Persamaan Umum Schrödinger Tanggul Potensial	41
L2 Data Hasil Pengamatan	44
L3 Listing Pemograman Python untuk Kasus Tanggul Potensial.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai refleksi dan transmisi pada Tanggul Potensial untuk kasus $E < V_0$	30
Tabel 4.2 Nilai refleksi dan transmisi pada Tanggul Potensial untuk kasus $E > V_0$	32
Tabel 4.3 Nilai refleksi dan transmisi pada Tanggul Potensial untuk kasus $E \approx V_0$	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Potensial Undak 1 Dimensi	10
Gambar 2.2 Tanggul Potensial Berdimensi-1	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3.2. Diagram Alir Pemrograman	17
Gambar 4.1 Tanggul Potensial Berdimensi-1	19
Gambar 4.2 Grafik fungsi Tanggul Potensial untuk Kasus $E < V_0$, dimana $V_0 = 60 \times 10^{-39}\text{J}$	29
Gambar 4.3 Grafik gabungan amplitudo pada Tanggul Potensial untuk Kasus $E < V_0$	30
Gambar 4.4 Grafik fungsi Tanggul Potensial untuk Kasus $E > V_0$, dimana $V_0 = 60 \times 10^{-39}\text{J}$	31
Gambar 4.5 Grafik gabungan amplitudo pada Tanggul Potensial untuk Kasus $E > V_0$	32
Gambar 4.6 Grafik fungsi Tanggul Potensial untuk Kasus $E \approx V_0$, dimana $V_0 = 60 \times 10^{-39}\text{J}$	33
Gambar 4.7 Grafik gabungan amplitudo pada Tanggul Potensial untuk Kasus $E \approx V_0$	34

DAFTAR SIMBOL

Lambang/Singkatan		Keterangan
p	:	Momentum
x	:	Posisi
t	:	Waktu
m	:	Massa
$V(x)$:	Potensial Energi
$\psi(x)$:	Fungsi Energi
E	:	Energi
A	:	Amplitudo
∇	:	Operator Laplace
N	:	Konstanta Normalisasi
R	:	Koefisien Pemantulan
T	:	Koefisien Penerobosan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fisika merupakan ilmu yang mempelajari sesuatu dalam lingkup ruang dan waktu. Fisika pada awalnya didasari oleh konsep-konsep fisika klasik, yang mana terdapat dua kelompok besar dalam konsep tersebut, yakni Mekanika Newtonian dan Elektromagnetika klasik. Tetapi, pada akhir abad ke 19, semakin terlihat jelas bahwa konsep dari teori-teori fisika yang sebelumnya berkembang (teori klasik) memerlukan revisi atau penyempurnaan. Oleh karena itu, muncullah Teori Kuantum yang digagas oleh Planck (Nurlina, 2017). Munculnya Teori Kuantum ini didasari oleh kegagalan teori klasik dalam menjelaskan spektrum radiasi benda hitam, efek fotolistrik, efek Compton, difraksi elektron oleh kisi atom, efek Zeeman, dan juga percobaan Stern-Gerlach. Tak hanya itu, kegagalan elektrodinamika klasik dalam menjelaskan stabilitas atom dan molekul juga menjadi salah satu pendorong munculnya Teori Kuantum ini. Teori Kuantum ini menjadi dasar teori untuk struktur materi pada tataran atomik serta penerapannya untuk menjelaskan dan juga meramalkan sifat-sifat fisika suatu bahan secara makro mencakupi sifat mekanis, termal, hingga elektromagnetis (Bama, Fisika Kuantum, 2021).

Teori kuantum berhasil menerangkan mengenai spektrum garis atom hidrogen, dan juga mampu membuktikan gejala-gejala yang ada dalam tingkat atom dan sub atom. Akan tetapi, teori kuantum ini dinilai masih sangat bersifat khusus dan ternyata tidak bisa digunakan untuk gejala-gejala non periodik pada tingkat atom. Karena dirasa masih kurang, muncullah gagasan atau teori mekanika baru, yang mana didalam teori baru tersebut harus mengandung sebagian besar hal-hal mendasar dari teori kuantum lama, seperti dualisme partikel gelombang, postulat de Broglie, dan hukum kekekalan energi. Atas dasar tersebut, Persamaan yang dibuat oleh Schrödinger dirasa dapat mengatasi kekurangan yang ada. Pendekatan yang dilakukan oleh Schrödinger adalah melalui penggambaran gelombang. Seperti yang dihipotesiskan de Broglie, perilaku dari gerak partikel dapat dimisalkan sebagai suatu gelombang (Subagyo & Nuryadin, 2018).

Dalam persamaan Schrödinger terdapat beberapa sistem potensial sederhana yang memungkinkan persamaan itu diselesaikan secara eksak. Persamaan Schrödinger berdimensi satu yang tidak bergantung waktu tersebut dapat diselesaikan apabila bentuk potensialnya telah diketahui sebelumnya. Bentuk dari potensial sederhana tersebut diantaranya ada undak potensial dan juga tanggul potensial (Lubis, Salomo, & Defrianto, 2016). Kedua bentuk dari potensial tersebut telah banyak dibahas secara terpisah, baik itu dalam kajian analisa teoritisnya maupun bentuk dari gelombangnya. Akan tetapi, dari sekian banyak kajian yang telah dilakukan, hanya sedikit yang membahas saat kondisi energi pada potensial berada pada keadaan kritis, atau dengan kata lain energi mendekati nilai dari potensial sistem. Perkembangan teknologi dan informasi yang sangat pesat belakangan ini, dengan bantuan bahasa pemrograman untuk membantu menyelesaikan persamaan dan juga menjelaskan perilaku suatu sistem dapat menyelesaikan permasalahan ini. Salah satunya dengan bantuan pemrograman Python. Energi pada persamaan gelombang Schrödinger pada potensial sederhana dapat dirumuskan dengan analitik, dan juga Pemrograman Python ini dapat memberikan visualisasi (gambaran) dari persamaan Schrödinger untuk potensial sederhana tersebut, sehingga perilaku sistem partikel dalam potensial sederhana tekhhusus pada tanggul potensial untuk kasus Energi pada keadaan kritis ($E \approx V_0$) dapat diamati dan dianalisa (Ardhuha, et al., 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka bisa dirumuskan beberapa masalah berikut ini:

1. Bagaimana persamaan Schrödinger dalam menyelesaikan persoalan potensial sederhana tekhhusus pada tanggul potensial untuk kasus Energi pada keadaan kritis ($E \approx V_0$)?
2. Bagaimana program pyhon untuk menyelesaikan persoalan potensial sederhana tekhhusus pada tanggul potensial untuk kasus Energi pada keadaan kritis ($E \approx V_0$)?
3. Bagaimana bentuk gelombang dan perilaku partikel pada kasus tersebut?

4. Bagaimana perbandingan peluang refleksi dan transmisi pada tanggul potensial untuk keadaan $E < V_0$, $E \approx V_0$, dan $E > V_0$?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengkaji persamaan Schrödinger dalam menyelesaikan persoalan potensial sederhana tekhusus pada tanggul potensial untuk kasus E pada keadaan kritis ($E \approx V_0$)
2. Membuat program pyhon untuk menyelesaikan persoalan potensial sederhana tekhusus pada tanggul potensial untuk kasus E pada keadaan kritis ($E \approx V_0$)
3. Menganalisa bentuk gelombang dan perilaku partikel pada kasus tersebut
4. Mengetahui perbandingan peluang refleksi dan transmisi pada tanggul potensial untuk keadaan $E < V_0$, $E \approx V_0$, dan $E > V_0$.

1.4 Manfaat Penelitian

Menambah wawasan mengenai persamaan Schrödinger dalam kasus tanggul potensial, serta memberikan pemahaman tentang visualisasi dari persamaan Schrödinger untuk kasus tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terbatas pada solusi persamaan Schrödinger dalam menyelesaikan persoalan potensial sederhana yang mana akan dikhususkan pada tanggul potensial untuk kasus $E < V_0$, $E > V_0$, dan pada keadaan kritis ($E \approx V_0$), tetapi tidak menutup kemungkinan untuk membahas keadaan pada undak potensial sebagai bahan banding untuk peneliltian ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Bab 1 berisi pendahuluan yang meliputi; latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab 2 berisi tinjauan pustaka yang meliputi paradigma Fisika

Kuantum, Persamaan Schrödinger, Persamaan Schrödinger untuk Kasus Potensial Sederhana, Pemrograman Python. Bab 3 berisi tentang metodologi penelitian yang meliputi; waktu dan tempat penelitian, metode penelitian, dan diagram alir penelitian. Bab 4 Berisi tentang hasil dan pembahasan. Bab 5 berisi penutup yang meliputi kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhuha, J., Sudiarta, I. W., Savalas, L. R., Ap'aluddin, Al-Qoyim, T. M., Maemum, P. J., et al. (2021). Pelatihan Bahasa Pemrograman Python Berbasis Modul Sympy untuk Memvisualisasi Konsep Fisika Matematika bagi Mahasiswa Calon Guru. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4, 466-473.
- Bama, A. A. (2015). *Mengenal Fisika dari Paradigma, Metodologi, hingga Implementasi*. Palembang: SIMETRI.
- Bama, A. A. (2021). *Fisika Kuantum*. Palembang: SIMETRI.
- Fuadah, F., Prastowo, S. H., & Nuraini, L. (2018). Solusi Persamaan Schrodinger Aton Deutrium dengan Bilangan Kuantum $n=4$. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika, III*, 142-147.
- Griffiths, D. J. (1995). *Introduction to Quantum Mechanics*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hendri. (2003). *Cepat Mahir Python*. Jakarta: Ilmu Komputer.
- Humaidi, S., Simbolon, T. R., Ong, R., & Afrida, W. N. (2016). Analisis dan Visualisasi Persamaan Klein-Gordon pada Elektron dalam Sumur Potensial dengan Menggunakan Program Mathematic 10. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF 2016, V*, 19-24.
- Khumaeni, A. (2022). *Buku Ajar Fisika Modern*. Yogyakarta: DIVA Press.
- Kumar, R. (2015). Future for Scientific Computing Using Python. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research, II*, 30-41.
- Lubis, N. F., Salomo, & Defrianto. (2016). Penentuan Energi Eigen Persamaan Schrodinger dengan Sumur Potensial Sembarang Menggunakan Metode Matriks Transfer Numerik. *Repository FMIPA*, 1-8.
- Molin, S. (2021). *Hands-On Data Analysis with Pandas Second Edition*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Nurlina. (2017). *Fisika Kuantum*. Makassar: LPP Unismuh Makassar.
- Sani, R. A., & Kadri, M. (2017). *Fisika Kuantum*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Sial, A. H., Rashdi, S. Y., & Khan, A. H. (2021). Comparative Analysis of Data Visualization Libraries Matplotlib and Seaborn in Python. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, X*, 277-281.

Subagyo, L., & Nuryadin, A. (2018). *Pengantar Fisika Kuantum*. Samarinda: Mulawarman University PRESS.

Sudiarta, I. W. (2019). *Mekanika Kuantum*. Surabaya: CV. Garuda Ilmu.

Sutopo. (2005). *Pengantar Fisika Kuantum*. Malang: Jurusan Fisika FMIPA UM.

syharto, & farhan, s. (2001). *komunikasi*. jakarta: grqmediq.

Wibowo, W., Ulama, B. S., & Azies, H. A. (2020). *Belajar Pemrograman Bahasa Python*. Surabaya: ITS Press.