

**PENYELESAIAN PERSAMAAN SCHRÖDINGER BERBASIS
PEMROGRAMAN PYTHON DENGAN JUPYTER NOTEBOOK
UNTUK KASUS UNDAK POTENSIAL BERDIMENSI-1**

SKRIPSI

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



Oleh:

RETNO RAMAH DINA

NIM. 08021181823001

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENYELESAIAN PERSAMAAN SCHRÖDINGER BERBASIS
PEMROGRAMAN PYTHON DENGAN JUPYTER NOTEBOOK
UNTUK KASUS UNDAK POTENSIAL BERDIMENSI-1**

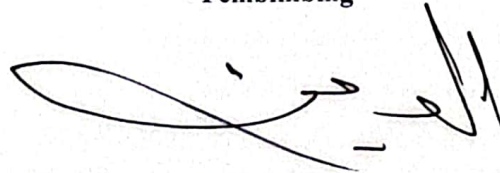
SKRIPSI

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

Oleh:

Retno Ramah Dina
NIM. 08021181823001

Indralaya, Juli 2025
Pembimbing



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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Erinsyah Virgo, S.Si., M.T.
NIP. 197009101994121001

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Retno Ramah Dina

Nim : 08021181823001

Judul Tugas Akhir : Penyelesaian Persamaan Schrödinger Berbasis Pemrograman Python Dengan Jupyter Notebook Untuk Kasus Undak Potensial Berdimensi-1

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang telah saya susun dengan judul tersebut adalah asli dan mengikuti etika penulisan karya 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 dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila di kemudian hari terdapat kesalahan ataupun keterangan palsu dalam penyatan ini, maka saya siap bertanggung jawab secara akademik dan bersedia menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Indralaya, Juli 2025

Yang menyatakan,



Retno Ramah Dina

NIM. 08021181823001

**PENYELESAIAN PERSAMAAN SCHRÖDINGER BERBASIS
PEMROGRAMAN PYTHON DENGAN JUPYTER NOTEBOOK UNTUK
KASUS UNDAK POTENSIAL BERDIMENSI-1**

Oleh:
Retno Ramah Dina
08021181823001

ABSTRAK

Penelitian ini membahas penyelesaian Persamaan Schrödinger tak gayut waktu untuk kasus undak potensial berdimensi-1 menggunakan pendekatan komputasi berbasis pemrograman Python dengan Jupyter Notebook. Fokus utama adalah visualisasi fungsi gelombang, dan koefisien refleksi serta transmisi untuk tiga kondisi energi: $E < V_0$, $E = V_0$, dan $E > V_0$. Kasus kritis saat $E = V_0$ menjadi sorotan karena jarang dibahas dalam referensi standar. Hasil yang ditunjukkan untuk $E < V_0$, terjadi *tunneling*, terdapat gelombang zarah yang sempat menembus potensial V_0 sebelum akhirnya dipantulkan kembali. Untuk $E > V_0$ masih ada kemungkinan dipantulkan meskipun secara klasik seharusnya tidak ada. Dan untuk $E = V_0$, menunjukkan sifat fungsi gelombang tidak santun yang mengimplikasikan seluruh berkas zarah dipantulkan kembali.

Kata kunci: Persamaan Schrödinger, Undak Potensial, Python, Fungsi Gelombang, Refleksi dan Transmisi Kuantum.

Indralaya,

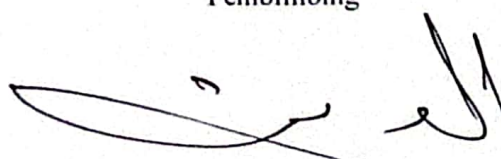
Juli 2025

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Fransyah Virgo, S.Si., M.T.
NIP. 197009101994121001

Menyetujui,
Pembimbing



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

SOLVING THE SCHRÖDINGER EQUATION USING PYTHON PROGRAMMING WITH JUPYTER NOTEBOOK FOR THE ONE- DIMENSIONAL POTENTIAL STEP CASE

By:
Retno Ramah Dina
08021181823001

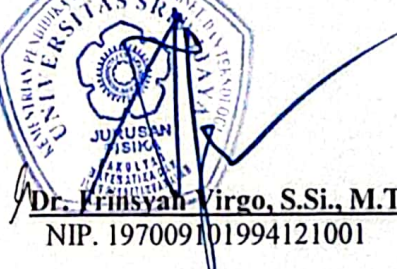
ABSTRACT

This research discusses the solution of the time-independent Schrödinger Equation for the case of a 1-dimensional potential step using a computational approach based on Python programming with Jupyter Notebook. The main focus is the visualization of the wave function, as well as the reflection and transmission coefficients for three energy states: $E < V_0$, $E = V_0$, and $E > V_0$. The critical case of $E = V_0$ is highlighted due to its rare discussion in standard references. The results show that for $E < V_0$, tunneling occurs, with particle waves briefly penetrating the potential barrier before being reflected. For $E > V_0$, there is still a possibility of reflection, even though classically there should be none. And for $E = V_0$, it shows the nature of the non-proper wave function which implies that the entire particle beam is reflected back.

Keywords: Schrödinger Equation, Potential Step, Python, Wave Function, Quantum Reflection and Transmission.

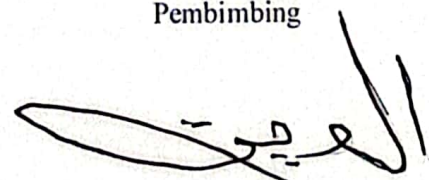
Indralaya, Juli 2025

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Frinsyan Virgo, S.Si., M.T.
NIP. 197009101994121001

Menyetujui,
Pembimbing



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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, saya dipermudahkan dalam membuat Laporan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini berjudul *“Penyelesaian Persamaan Schrödinger Berbasis Pemrograman Python Dengan Jupyter Notebook Untuk Kasus Undak Potensial Berdimensi-1”*. Dibuatnya Tugas Akhir ini sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Bidang Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Dalam proses membuat Tugas Akhir ini, saya berusaha menyesuaikan dengan aturan atau pedoman yang telah ditetapkan. Meskipun saya mengalami beberapa kesulitan, namun saya banyak mendapatkan bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tua dan saudara laki-laki yang selalu mendoakan dan mendukung saya dengan sepenuh hati.
2. Bapak Dr. Akhmad Aminuddin Bama, S.Si., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, waktu, dan kesabaran beliau dalam membantu saya selama proses pembuatan laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T. sebagai Ketua Jurusan Fisika dan Ibu Erni, S.Si., M.Si. sebagai Sekretaris Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si., Bapak Dr. Supardi, S.Pd., M.Si. dan Ibu Erni, S.Si., M.Si. sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh staf Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya.
6. Fithri, Sishilia, Indri, Sukma, Ayuk Santi, Ayuk Rinda dan Mbak Era yang merupakan sahabat terbaik karena telah banyak membantu, menyemangati, dan menemani dalam keadaan senang maupun susah.
7. Teman-teman Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya angkatan tahun 2018 yang selalu membantu dan memberikan semangat.
8. Serta seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, dengan memberikan semangat dan masukkan yang sangat membantu.

Saya menyadari masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisan Tugas Akhir ini, maka dari itu saya meminta maaf atas segalanya. Saya sangat berharap laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Indralaya, Juni 2025

Penulis,



Retno Ramah Dina

NIM. 08021181823001

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACK	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Persamaan Schrödinger.....	4
2.2 Bentuk Potensial Konstan Berdimensi-1	5
2.3 Undak Potensial Berdimensi-1 Dengan Potensial Konstan.....	6
2.4 Pemrograman Python	7
2.4.1 <i>Library</i> Matplotlib	8
2.4.2 <i>Library</i> NumPy	8
2.4.3 <i>Library</i> SciPy	8
2.4.4 <i>Library</i> Pandas	9
BAB III METODE PENELITIAN	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Alur dan Kerangka Pikir Penelitian	11
3.3.1 Diagram Alir Penelitian.....	11
3.3.2 <i>Flowchart</i> Program Fungsi Gelombang $\psi(x)$, Koefisien Refleksi (R) dan Koefisien Transmisi (T).....	12
3.4 Analisis Data	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Penyelesaian Undak Potensial Untuk Kasus $E < V_0$, $E > V_0$, dan $E = V_0$...	14
4.2 Visualisasi Fungsi Gelombang Untuk Undak Potensial Dengan Python	18
BAB V KESIMPULAN	23
DAFTAR PUSTAKA.....	24
LAMPIRAN.....	25
A Listing Program Python	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Potensial undak berdimensi-1.....	6
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	11
Gambar 3.2	<i>Flowchart</i> program fungsi gelombang $\psi(x)$, koefisien refleksi (R) dan koefisien transmisi (T).....	12
Gambar 4.1a	Plot fungsi gelombang untuk kasus $E < V_0$, dengan $E = 0,01 \times 10^{-19}\text{J}$; $0,51 \times 10^{-19}\text{J}$; $1,01 \times 10^{-19}\text{J}$; $1,51 \times 10^{-19}\text{J}$; dan $1,60 \times 10^{-19}\text{J}$ dan $V_0 = 1,60 \times 10^{-19}\text{J}$	19
Gambar 4.1b	Plot fungsi gelombang untuk kasus $E > V_0$, dengan $E = 3,106 \times 10^{-19}\text{J}$; $2,606 \times 10^{-19}\text{J}$; $2,106 \times 10^{-19}\text{J}$; $1,606 \times 10^{-19}\text{J}$; dan $1,60 \times 10^{-19}\text{J}$ dan $V_0 = 1,60 \times 10^{-19}\text{J}$	20
Gambar 4.2	Plot koefisien refleksi dan transmisi terhadap E/V_0 pada rentang 0 hingga $5V_0$	21

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Nama peralatan.....	10
Tabel 3.2	Parameter/variabel uji	10
Tabel 3.3	Data besar potensial undak konstan V_0 (J) dan energi berkas datang E (J) untuk pemodelan komputasi (Python)	13

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam fisika klasik, terdapat dua cabang utama yang berfungsi sebagai model untuk memahami dunia luar dan dianggap mampu menjelaskan seluruh fenomena fisika. Pertama, mekanika klasik newton yang ditandai dengan keberadaan partikel yang terdapat di dalam ruang. Kedua, medan elektromagnetik Maxwell ditandai dengan besaran medan pada gelombang saat merambat dalam ruang. Hal ini berlangsung hingga menjelang abad ke-20 yaitu dengan ditemukannya berbagai gejala fisika yang gagal dijelaskan oleh teori fisika klasik. Gejala itu di antaranya adalah spektrum radiasi benda hitam, efek fotolistrik, efek Compton, difraksi elektron oleh kisi atom, efek zeeman, dan percobaan Stern-Gerlach. Selain itu, elektrodinamika klasik juga gagal menjelaskan stabilitas atom dan molekul. Berbagai kegagalan tersebut mendorong munculnya sejumlah gagasan baru yang revolusioner; yang kemudian melahirkan teori baru yaitu Teori Kuantum. Teori baru inilah yang kemudian menjadi dasar dalam mengkaji struktur materi pada tingkatan atomik (dunia mikro) serta penerapannya untuk menjelaskan dan meramalkan berbagai sifat fisika suatu bahan secara makro yang meliputi sifat mekanis, termal, hingga elektromagnetis.

Dinamika sistem kuantum, pada tingkatan dasar, lazim digambarkan menggunakan persamaan Schrödinger (Penggambaran Schrödinger); di samping penggambaran lainnya, yaitu penggambaran model Heisenberg dan model interaksi (Dirac-Tomonaga). Persamaan Schrödinger secara umum menggambarkan sifat atau perilaku gelombang dari partikel, yang penyelesaiannya praktis ditentukan oleh potensial sistemnya. Beberapa bentuk potensial yang lazim dibahas pada teori kuantum tingkat dasar diantaranya adalah partikel dalam kotak, undak potensial, tanggul potensial, dan sumur potensial. Secara umum, penyelesaian persamaan Schrödinger untuk berbagai kasus tersebut berupa fungsi gelombang kuantum yang berbentuk fungsi kompleks yang merupakan ungkapan matematis abstrak dan tidak memiliki arti fisis secara langsung. Meskipun demikian, fungsi gelombang merupakan kunci dalam memahami perilaku sistem karena fungsi itu menyimpan semua informasi bagi sistem (Bama, 2021).

Terkait dengan potensial konstan, khususnya untuk kasus undak potensial berdimensi-1, terdapat suatu keadaan khusus yaitu ketika besar energi berkas zarah sama dengan besar potensialnya ($E = V_0$). Pada kasus ini fungsi gelombang yang diperoleh secara teoritis mengalami sejumlah keterbatasan dalam pemaknaan fenomena yang terjadi. Keadaan yang demikian itu tidak dibahas dalam berbagai buku referensi Fisika/Mekanika Kuantum standar, di antaranya di dalam buku Griffiths, 1995; Thankappan, 1985; Beiser, 1981; Gasiorowicz, 1974; Merzbacher, 1970; Powell & Crasemann, 1961; dan Sciff, 1955.

Telah dibahas mengenai undak potensial berdimensi-1, namun sama sekali tidak menyinggung keadaan kritis ($E = V_0$) (Yanti, 2011). Juga telah dibahas kasus yang sama dengan tambahan pembahasan untuk kasus $E = V_0$. Meskipun demikian, pendekatannya murni analitik yang tidak menyertakan deskripsi grafis. Di samping itu, tidak ada atau tidak dibahas mengenai interpretasi fisis yang mungkin berkaitan dengan kasus tersebut (Aminah, 2019).

Konsep potensial konstan kuantum menjadi landasan awal untuk masuk ke pembahasan yang lebih kompleks seperti model potensial inti atom yang membuat elektron dapat terikat di dalam sistem atom dan masih banyak lagi persoalan kuantum lainnya, akan jauh lebih mudah jika penggambarannya juga dibantu oleh perhitungan dan visualisasi komputasi, yaitu dengan mengadopsi beberapa algoritma komputasi berbasis pemrograman Python. Dengan menggunakan pendekatan komputasi itu, diharapkan analisis mengenai sistem kuantum dengan potensial konstan berdimensi-1, dapat dibahas dan diselesaikan secara tuntas.

Bahasa pemrograman Python merupakan interpretasi tingkat tinggi yang sangat kuat, berorientasi objek, dengan scripting bahasa yang semantik dinamis. Terdapat beberapa domain aplikasi pada Python, diantaranya situs web, internet, dan beberapa pengembangan perangkat lunak. Di samping itu, Python juga telah digunakan dalam dunia pendidikan, GUI desktop, dan komunikasi numerik ilmiah yang telah menempatkannya sebagai sarana untuk simulasi ilmiah. Dalam pengoperasiannya, bahasa pemrograman Python menggunakan IDE *Jupyter Notebook* dan bersifat *open source* yang memungkinkan untuk semua user membuat fungsi sesuai keperluan, sehingga sangat memudahkan dalam pengaplikasiannya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah memodelkan Persamaan Schrödinger untuk kasus undak potensial berdimensi-1 ke dalam bahasa pemrograman Python?
2. Bagaimanakah bentuk penyelesaian Persamaan Schrödinger pada keadaan kritis, yaitu ketika energi berkas datang mendekati dan sama dengan potensial sistem ($E \cong V_0$) untuk kasus undak potensial konstan?
3. Bagaimana bentuk fungsi gelombang dan interpretasi fisisnya dalam kasus undak potensial dengan $E \approx 0$?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Dapat memodelkan Persamaan Schrödinger untuk kasus undak potensial berdimensi-1 ke dalam bahasa pemrograman Python.
2. Mendapatkan bentuk penyelesaian Persamaan Schrödinger untuk kasus undak potensial konstan khususnya pada keadaan kritis, yaitu ketika energi berkas datang sama dengan potensial sistem ($E \cong V_0$).
3. Mendapatkan bentuk fungsi gelombang dan interpretasi fisis untuk kasus undak potensial dengan $E \approx 0$.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Menambah pengetahuan mengenai penyelesaian persamaan Schrödinger pada kasus undak potensial melalui visualisasi grafis dengan menggunakan pemrograman Python.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi salah satu referensi dalam pembahasan sistem kuantum berpotensial konstan.

1.5 Batasan Masalah

Kajian hanya dibatasi pada Persamaan Schrodinger tak gayut waktu (keadaan tunak) untuk kasus potensial undak 1-D yang berpotensial tetap ($V(x) = V_0$).

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarizi, M.R.S., Al-fasrish, M.Z., Taufiqurrahman, M., Ardiansah, G., dan Elgar, M., 2023. *Penggunaan Python Sebagai Bahasa Pemrograman Untuk Machine Learning Dan Deep Learning*. Karimah Tauhid, 1(2): 3-4.
- Aminah, N. N., 2019. Penyelesaian Persamaan Schrödinger untuk Kasus Potensial Undak yang Berubah Secara Linier (*Skripsi*). Indralaya: Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.
- Bama, A.A., 2021. *Fisika Kuantum*. Palembang: SIMETRI.
- Beiser, A., 1981. *Concepts of Modern Physics, 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Gasiorowicz, S., 1974. *Quantum Physics*. New York: John Willey and Sons.
- Griffiths, D.J., 1995. *Introduction to Quantum Mechanics*. United State of America (USA): Prentice Hall.
- Halim, C., dan Rosyid, M.F., 2020. *Kajian Integral Lintasan Levy dalam Mekanika Kuantum Fraksional untuk Membentuk Persamaan Schrödinger Fraksional*. Jurnal Sains, Teknologi, Sosial, Pendidikan, dan Bahasa, 1(5): 81.
- Hermanto, K., Salim, D., Wu, B., Salim, O.R., dan Gunadi, R.B., 2023. *Penggunaan Python Untuk Menganalisis Pola Penyebaran Covid-19 Di Masa Pandemi*. Journal of Student Development Information System (JoSDIS), 2(3): 64.
- Merzbacher, E., 1970. *Quantum Mechanics*, Ed. 2. New York: John Willey & Sons Inc.
- Powell, J. L. dan Crasemann, B., 1961. *Quantum Mechanics*. Massachusetts: Addison Wesley Pub. Co. LTD.
- Raharjo, B., 2021. *Pembelajaran Mesin (Machine Learning)*. Semarang: Yayasan Prima Agus Teknik.
- Sciff, L. I., 1955. *Quantum Mechanics*, Ed. 2. Tokyo: Kogakusha Company LTD.
- Supardi, Y. dan Dede, 2020. *Semua Bisa Menjadi Programmer: Python Case Study*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Thankappan, V. W., 1985. *Quantum Mechanics*. New Delhi: Willey Eastern Limited.
- Umam, K., 2021. *Algortima dan Pemrograman Komputer dengan Python*. Pamekasan: Duta Media Publishing.
- Yanti, Y., 2011. *Kajian Analitis Persamaan Schrodinger untuk Kasus Potensial Sederhana (Skripsi)*. Indralaya: Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.