

**PEMODELAN MATEMATIKA IRRADIASI MATAHARI MENGGUNAKAN
METODE BEDA HINGGA TITIK TENGAH BERBASIS
PYTHON DI WILAYAH LAMPUNG**

Skripsi

Oleh

**SATRIA DHARMA BHAKTI
NPM. 2217031081**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

ABSTRACT

MATHEMATICAL MODELING OF SOLAR IRRADIATION USING THE CENTRAL FINITE DIFFERENCE METHOD BASED ON PYTHON IN LAMPUNG REGION

By

Satria Dharma Bhakti

This study discusses solar radiation modeling using a central difference scheme implemented through the Python programming language. The study was conducted using solar radiation data from four locations in Lampung Province. The analysis process began with manual numerical calculations using a difference approach, then the results were verified through Python-based computations. The results of the study show a high level of conformity between manual calculations and computational results, indicating that the method used is capable of producing reliable estimates. In addition, the application of Python programming provides advantages in terms of data processing efficiency and the ability to handle large amounts of data. Therefore, this numerical approach is considered effective in analyzing the distribution of solar radiation at various locations. This research is expected to serve as a reference in the development and planning of solar energy utilization as a sustainable renewable energy source through accurate mathematical and computational approaches.

Keywords: finite difference method, solar irradiance, Python programming, solar energy, numerical methods.

ABSTRAK

PEMODELAN MATEMATIKA IRRADIASI MATAHARI MENGGUNAKAN METODE BEDA HINGGA TITIK TENGAH BERBASIS PYTHON DI WILAYAH LAMPUNG

Oleh

Satria Dharma Bhakti

Penelitian ini membahas pemodelan iradiasi matahari menggunakan skema beda hingga tengah yang diimplementasikan melalui bahasa pemrograman Python. Kajian ini dilakukan dengan memanfaatkan data iradiasi matahari dari empat lokasi di Provinsi Lampung. Proses analisis diawali dengan perhitungan numerik secara manual menggunakan pendekatan beda hingga, kemudian hasilnya diverifikasi melalui komputasi berbasis Python. Hasil penelitian menunjukkan adanya tingkat kesesuaian yang tinggi antara perhitungan manual dan hasil komputasi, yang mengindikasikan bahwa metode yang digunakan mampu menghasilkan estimasi yang andal. Selain itu, penerapan pemrograman Python memberikan keuntungan dalam hal efisiensi pengolahan data serta kemampuan untuk menangani data dalam jumlah besar. Oleh karena itu, pendekatan numerik ini dinilai efektif dalam menganalisis sebaran iradiasi matahari pada berbagai lokasi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan dan perencanaan pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan yang berkelanjutan melalui pendekatan matematis dan komputasional yang akurat. .

Kata-kata kunci: metode beda hingga, iradiasi matahari, pemrograman Python, energi surya, metode numerik.

**PEMODELAN MATEMATIKA IRRADIASI MATAHARI MENGGUNAKAN
METODE BEDA HINGGA TITIK TENGAH BERBASIS
PYTHON DI WILAYAH LAMPUNG**

SATRIA DHARMA BHAKTI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

Judul Skripsi : **PEMODELAN MATEMATIKA IRADIASI
MATAHARI MENGGUNAKAN METODE
BEDA HINGGA TITIK TENGAH
BERBASIS PYTHON DI WILAYAH
LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Satria Dharma Bhakti**

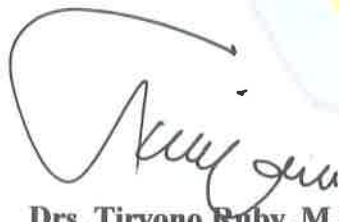
Nomor Pokok Mahasiswa : **2217031081**

Program Studi : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

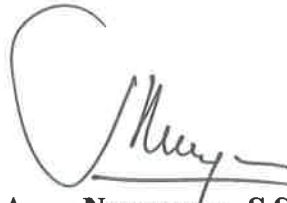


Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.
NIP 196207041988031002



Dra. Dorrah Aziz, M.Si.
NIP 196101281988112001

2. Ketua Jurusan Matematika



Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 197403162005011001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

:Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.



Sekretaris

:Dra. Dorrah Aziz, M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing **:Dr. Agus Sutrisno, S.Si., M.Si**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **13 Februari 2026**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Satria Dharma Bhakti**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2217031081**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Pemodelan matematika iradiasi matahari menggunakan metode beda hingga titik tengah berbasis Python di wilayah Lampung**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung,
Penulis,



Satria Dharma Bhakti

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Satria Dharma Bhakti yang lahir di Dwi Karya Mustika pada tanggal 26 Februari 2005. Penulis merupakan anak bungsu dari dua bersaudara, seorang anak dari pasangan Sukino dan Sumisih yang tinggal dan bekerja sebagai Petani dan Guru di daerah Mesuji.

Penulis memulai pendidikan formal di TK Dwi karya Mustika pada tahun 2009 dan menyelesaikannya pada tahun 2010. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan di SD Negeri 08 Mesuji Timur pada tahun 2010 sampai dengan 2016. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMP N 7 Mesuji pada tahun 2016 sampai dengan tahun 2019, dan menyelesaikan pendidikan di SMA Negeri 1 Mesuji Timur pada tahun 2022.

Pada tahun 2022, penulis diterima di program studi S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada akhir tahun 2024 sampai dengan awal tahun 2025, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di UPT PKB Dinas Perhubungan Kota Bandar Lampung (DISHUB) selama 40 hari sampai dengan 31 Januari 2025. Selain itu, sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat, penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari pada Bulan Juli tahun 2025 di Kelurahan Kedaton, Bandar Lampung.

Selama masa studi, penulis menunjukkan semangat dan komitmen dalam menyelesaikan berbagai tugas akademik. Penulis berharap hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Analisis Numerik.

KATA INSPIRASI

"Do what you can, with what you have, where you are."

— **Theodore Roosevelt**

PERSEMBAHAN

Alhadulillahirobbil'alamin

Dengan mengucapkan puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala karena limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Tak lupa shalawat beserta salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam.

Dengan rasa syukur dan Bahagia, saya persembahkan rasa terimakasih saya kepada:

Bapak dan Ibuku Tercinta

Terimakasih kepada orang tuaku atas segala pengorbanan, motivasi, doa dan ridho serta dukungannya selama ini. Terimakasih telah memberikan pelajaran berharga kepada anakmu ini tentang makna perjalanan hidup yang sebenarnya sehingga kelak bisa menjadi orang yang bermanfaat bagi banyak orang.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terimakasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang sudah sangat membantu, memberikan motivasi, memberikan arahan serta ilmu yang berharga.

Sahabat-sahabatku

Terimakasih kepada semua orang-orang baik yang telah memberikan pengalaman, semangat, motivasinya, serta doa-doanya dan senantiasa memberikan dukungan dalam hal apapun.

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Pemodelan matematika iradiasi matahari menggunakan metode beda hingga titik tengah berbasis Python di wilayah Lampung" dengan baik dan lancar serta tepat pada waktu yang telah ditentukan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, dukungan, arahan, motivasi serta saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing 1 yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi, saran serta dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dra. Dorrah Aziz, M.Si. selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Agus Sutrisno, S.Si., M.Si. selaku Penguji yang telah bersedia memberikan kritik dan saran serta evaluasi kepada penulis sehingga dapat menjadi lebih baik lagi.
4. Bapak Dr. Ahmad Faisol, S.Si., M.Sc. selaku dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Seluruh dosen, staff dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Seluruh guru TK, SD, SMP, dan SMA yang telah mengajarkan dan memberikan ilmu hingga penulis bisa menduduki bangku perkuliahan.
8. Bapak, ibu, serta kakak yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat segera menyelesaikan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menjadikan skripsi ini lebih baik lagi.

Bandar Lampung

Satria Dharma Bhakti

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pemodelan Matematika	3
2.2 Persamaan Diferensial	4
2.3 Persamaan Differensial Parsial	4
2.4 Metode Beda Hingga pada Persamaan Diffrensial	6
2.5 Metode Beda Hingga	10
2.6 Irradiasi Matahari	14
2.7 Pemrograman Python	15
III METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Data dan Sumber Data	16
3.3 Langkah-Langkah Penelitian	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Data Penelitian	18
4.2 Hasil Perhitungan Manual	19
4.3 Hasil Perhitungan Menggunakan Pemrograman Python	24
V KESIMPULAN DAN SARAN	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	32

DAFTAR GAMBAR

2.1	Grafik Beda Maju	6
2.2	Grafik Beda Mundur	7
2.3	Grafik Beda Tengah	7
2.4	Metode beda hingga skema maju	9
2.5	Metode beda hingga skema mundur	9
2.6	Metode beda hingga skema tengah	10
2.7	Beda hingga pada bidang empat titik	11
2.8	Beda hingga pada bidang sembilan titik	11
2.9	Garis Horizontal	12
2.10	Garis Vertikal	13
2.11	Garis Horizontal dan Vertikal	13
3.1	Diagram Alir Penelitian	17
4.1	Titik pengambilan data	18
4.2	Grafik Pendekatan beda hingga	19
4.3	<i>Grid</i> Perhitungan beda hingga tahap 1	20
4.4	<i>Grid</i> Perhitungan beda hingga tahap 2	21
4.5	<i>Grid</i> Perhitungan beda hingga tahap 3	22

DAFTAR TABEL

4.1	Data irradiasi matahari pada Empat Lokasi	18
4.2	Hasil Nilai (T) dan Nilai Laju (δT) Irradiasi Matahari	23
4.3	Hasil perhitungan manual dan Python	27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Peningkatan kecemasan atas pencemaran udara akibat pembakaran bahan bakar konvensional telah mempercepat pencarian sumber energi yang lebih bersih dan ramah lingkungan. Matahari adalah salah satu sumber utama energi terbarukan, baik dalam bentuk langsung maupun tidak langsung. Energi matahari (surya) merupakan salah satu sumber energi bersih yang memiliki emisi rendah. Menurut laporan badan energi internasional tahun 2024, sumber energi terbarukan ramah lingkungan akan menjadi penyokong utama produksi listrik beberapa dekade ke depan seiring dengan turunnya biaya dan kemajuan teknologi yang cepat (IEA, 2024).

Sinar matahari merupakan energi yang dipancarkan dalam bentuk radiasi elektromagnetik, di mana daya per satuan luas pada suatu waktu disebut irradiansi ($\frac{W}{m^2}$). Nilai irradiansi ini berfungsi sebagai parameter utama yang mengukur seberapa besar "bahan bakar" surya yang ada di suatu tempat (Pachman dkk, 2023). Karena letaknya di garis khatulistiwa, Indonesia mempunyai potensi sumber energi yang cukup besar karena mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun. Sehingga diperlukan pemodelan dan analisis matematika untuk mengetahui potensi energi matahari.

Pemodelan matematika adalah salah satu metode yang dapat diterapkan untuk memperkirakan pola irradiansi matahari, terutama dengan menggunakan metode numerik seperti metode beda hingga. Metode beda hingga mampu memodelkan perubahan dinamis dalam sistem yang rumit, seperti distribusi irradiansi matahari dengan pendekatan persamaan diferensial parsial. Metode beda hingga menjadi opsi yang baik karena mampu menyelesaikan persoalan dengan batas tertentu serta menghasilkan nilai yang hampir sesuai dengan nilai sebenarnya (Burden dan Faires, 2016).

Metode beda hingga dapat digunakan untuk melakukan perhitungan secara manual, namun prosesnya akan menjadi rumit dan memerlukan waktu yang lama apabila masalahnya kompleks. Pada perkembangan teknologi saat ini, perangkat lunak seperti Python semakin populer untuk komputasi numerik dan simulasi berkat pustaka-pustakanya yang mendukung analisis data serta pemodelan numerik (Harris dkk, 2020). Penggunaan Python menjadi solusi yang efektif karena mampu menyederhanakan perhitungan dan mempercepat proses komputasi. Sehingga memungkinkan perhitungan metode beda hingga dilakukan secara efisien.

Penelitian terdahulu yang telah mengkaji metode beda hingga yaitu Awanda dkk, (2019) yang meneliti tentang simulasi sebaran abu pabrik kapur menggunakan metode beda hingga. Kemudian Setiyowati dan Riestiana, (2021) yang meneliti simulasi numerik persamaan gelombang air dangkal 1 dimensi dengan topografi tidak datar menggunakan metode beda hingga. Pada tahun yang sama Chasamah dkk, (2021) meneliti solusi numerik persamaan gelombang dua dimensi dengan metode beda hingga skema eksplisit cts. Berdasarkan penelitian sebelumnya, belum ada peneliti yang membahas pemodelan matematika pada irradiasi matahari menggunakan metode beda hingga. sehingga penulis tertarik untuk membahas penelitian tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. menggunakan metode beda hingga titik tengah untuk menghitung nilai irradiasi matahari di Provinsi Lampung;
2. memverifikasi hasil perhitungan metode beda hingga tengah secara manual dengan perhitungan metode beda hingga tengah yang diimplementasikan dalam pemrograman Python.

1.3 Manfaat Penelitian

manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui irradiasi matahari disuatu lokasi dengan menggunakan metode beda hingga. Selain itu juga penelitian ini dapat mendorong cara berfikir matematis tentang aplikasi matematika dalam kehidupan sehari-hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemodelan Matematika

Pemodelan matematika merupakan proses merumuskan suatu masalah nyata ke dalam bentuk model matematis dengan tujuan untuk memahami, menganalisis, dan memprediksi perilaku sistem tersebut. Menurut Giordano dkk, (2014) pemodelan matematika melibatkan tahapan-tahapan penting yaitu identifikasi masalah, penyederhanaan asumsi, formulasi model matematis, penyelesaian model, serta interpretasi hasil. Melalui model matematika, fenomena kompleks di dunia nyata dapat direpresentasikan secara lebih sederhana menggunakan simbol, persamaan, atau fungsi, sehingga memudahkan proses analisis dan pengambilan keputusan.

Menurut Meyer, (2004) menyatakan bahwa pemodelan matematika tidak hanya berfungsi untuk menyelesaikan persoalan teoritis, tetapi juga menjadi alat penting dalam bidang sains, teknik, ekonomi, dan lingkungan. Model matematika memungkinkan peneliti untuk melakukan simulasi dan eksperimen secara efisien tanpa harus melakukan uji coba langsung di lapangan, sehingga dapat menghemat waktu dan biaya. Oleh karena itu pemodelan matematika berperan penting sebagai jembatan antara teori matematika dan penerapannya dalam kehidupan nyata.

Selain itu pemodelan matematika memiliki peranan besar dalam membantu pengambilan keputusan berbasis data, terutama pada sistem yang melibatkan banyak variabel dan ketidakpastian. Dengan menggunakan model matematis, suatu fenomena dapat diuji melalui simulasi numerik untuk memperoleh hasil yang mendekati kondisi nyata. Pendekatan pemodelan matematika banyak diterapkan dalam berbagai bidang seperti peramalan cuaca, analisis lalu lintas hingga prediksi ekonomi.

2.2 Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial adalah persamaan yang melibatkan turunan dari suatu fungsi terhadap satu atau lebih variabel bebas. Persamaan ini digunakan untuk memodelkan berbagai fenomena alam dan teknik, seperti gerak benda, pertumbuhan populasi, serta aliran panas. Secara umum ada dua persamaan diferensial yaitu pdb dan pdp. Persamaan differensial biasa (PDB) yang hanya memuat turunan biasa dari fungsi terhadap satu variabel bebas dan persamaan diferensial parsial (PDP) yang melibatkan turunan parsial dari dua atau lebih variabel bebas (Zill, 2018).

Metode penyelesaian persamaan diferensial dapat dibagi menjadi metode analitik dan metode numerik. Metode analitik memberikan solusi eksak, sedangkan metode numerik seperti euler, runge-kutta, dan beda hingga digunakan ketika solusi eksak sulit diperoleh. Persamaan diferensial banyak diterapkan dalam bidang fisika, biologi, ekonomi, dan teknik untuk menggambarkan sistem dinamis yang berubah terhadap waktu. Dengan adanya metode numerik penyelesaian berbagai masalah kompleks yang tidak dapat diselesaikan secara analitik dapat dihampiri dengan tingkat ketelitian yang tinggi, sehingga hasil perhitungannya tetap relevan untuk analisis dan penerapan di dunia nyata (Burden dan Faires, 2016).

Berikut diberikan contohnya :

1. $\frac{dy}{dx} + 5y = e^x$, (PDB).
2. $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$, (PDP).

(Zill, 2018).

2.3 Persamaan Differensial Parsial

Persamaan diferensial parsial (PDP) adalah persamaan yang melibatkan turunan parsial dari suatu fungsi terhadap lebih dari satu variabel bebas. Persamaan diferensial parsial digunakan secara luas untuk memodelkan berbagai fenomena fisis, seperti aliran panas, perambatan gelombang, getaran, dan dinamika fluida (Strauss, 2008).

Menurut Strauss, (2008) bentuk umum persamaan diferensial parsial dengan dua variabel bebas dapat dituliskan sebagai:

$$F(x, y, u, u_x, u_y, u_{xx}, u_{xy}, u_{yy}) = 0 \quad (2.3.1)$$

bentuk tersebut dapat digeneralisasi untuk n variabel bebas menjadi:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n, u, \frac{\partial u}{\partial x_1}, \frac{\partial u}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j}, \dots) = 0 \quad (2.3.2)$$

dengan $u = u(x_1, x_2, \dots, x_n)$ merupakan fungsi yang belum diketahui dari beberapa variabel bebas $x_1, x_2, \dots, x_n$, dan F adalah fungsi yang melibatkan variabel-variabel tersebut serta turunan parsial u terhadapnya.

Berdasarkan sifat dan bentuk matematis dari persamaannya. Strauss, (2008) mengklasifikasikan persamaan diferensial parsial menjadi tiga jenis utama, yaitu : eliptik, parabolik dan hiperbolik.

- Persamaan eliptik, seperti persamaan Laplace:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad (2.3.3)$$

digunakan untuk masalah keadaan tunak.

- Persamaan parabolik, seperti persamaan panas:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (2.3.4)$$

menggambarkan fenomena difusi atau perubahan bertahap terhadap waktu.

- Persamaan hiperbolik, seperti persamaan gelombang:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (2.3.5)$$

menjelaskan perambatan sinyal atau getaran.

Dalam banyak kasus penyelesaian PDP secara analitik sulit dilakukan. Oleh karena itu, pendekatan metode numerik seperti metode beda hingga, metode elemen hingga dan metode beda spektral digunakan untuk memperoleh solusi hampiran (Burden dan Faires, 2016). Metode beda hingga bekerja dengan mengubah ruang dan waktu ke dalam bentuk titik-titik perhitungan, sehingga turunan parsial dapat didekati melalui selisih nilai fungsi pada titik-titik tersebut. Pemahaman mengenai persamaan

diferensial parsial menjadi landasan penting dalam berbagai bidang teknik dan sains, seperti analisis suhu, tekanan, aliran fluida, serta peramalan cuaca.

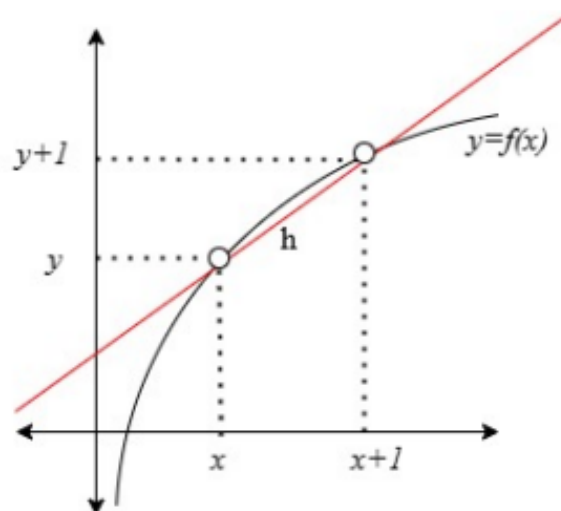
2.4 Metode Beda Hingga pada Persamaan Diferensial

Penyelesaian persamaan diferensial parsial (PDP) secara numerik umumnya dilakukan menggunakan metode beda hingga (*finite difference method*). Metode beda hingga didasarkan pada pendekatan turunan persamaan diferensial menggunakan formulasi beda hingga yang diturunkan dari ekspansi deret Taylor. Dalam metode ini, wilayah variabel independen dibagi menjadi sejumlah titik diskrit atau grid (*mesh*), sehingga nilai variabel dapat diaproksimasi pada titik-titik tersebut (Awanda dkk, 2019).

Ada tiga jenis hampiran dalam metode beda hingga, yaitu beda maju (*forward difference*), beda mundur (*backward difference*), dan beda tengah (*central difference*) (Sasongko, 2010) :

- Beda Maju (*forward difference*)

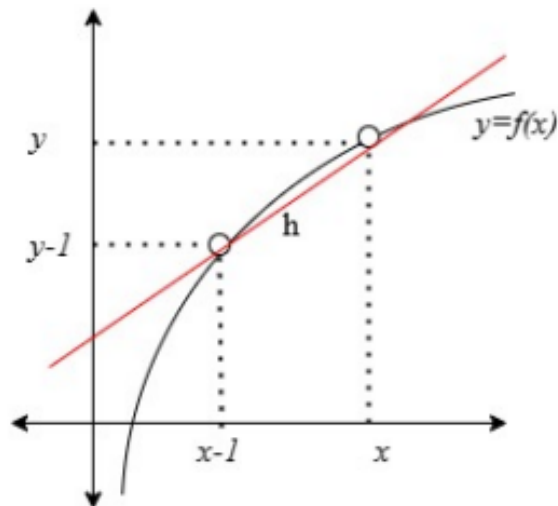
$$\frac{dy}{dx} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$



Gambar 2.1 Grafik Beda Maju

- Beda Mundur (*backward difference*)

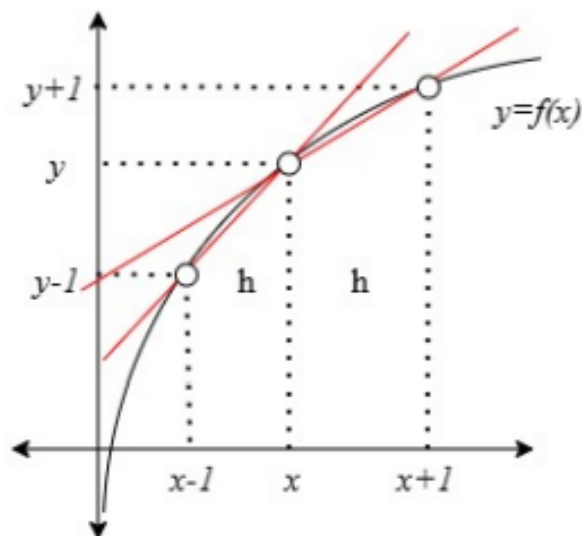
$$\frac{dy}{dx} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x) - f(x - h)}{h}$$



Gambar 2.2 Grafik Beda Mundur

- Beda Tengah (*central difference*)

$$\frac{dy}{dx} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x + h) - f(x - h)}{2h}$$



Gambar 2.3 Grafik Beda Tengah

dan

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h)f(x-h) - 2f(x)}{h^2}$$

Berdasarkan definisi di atas, maka diperoleh definisi dari turunan parsial sebagai berikut:

1. Beda maju

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h, y) - f(x, y)}{h} \quad \text{dan} \quad \frac{\partial f}{\partial y} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x, y+h) - f(x, y)}{h}$$

2. Beda mundur

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x, y) - f(x-h, y)}{h} \quad \text{dan} \quad \frac{\partial f}{\partial y} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x, y) - f(x, y-h)}{h}$$

3. Beda tengah

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h, y) - f(x-h, y)}{2h} \quad \text{dan} \quad \frac{\partial f}{\partial y} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x, y+h) - f(x, y-h)}{2h}$$

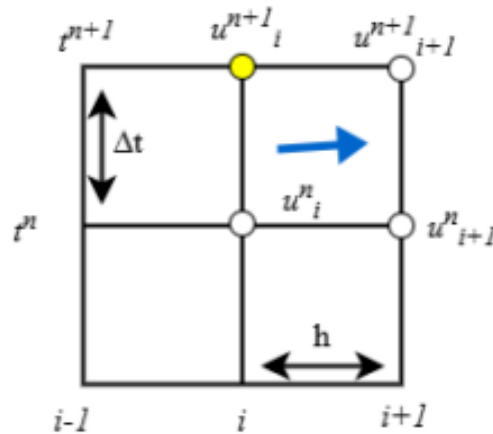
Prinsip dasar metode beda hingga adalah menggantikan turunan pada persamaan diferensial dengan aproksimasi diskrit yang diperoleh melalui ekspansi deret Taylor. Dengan pendekatan ini turunan suatu fungsi kontinu dapat diaproksimasi oleh nilai-nilai fungsi pada titik-titik diskrit di sekitar titik tinjauan. Secara fisis penggunaan deret Taylor dalam metode beda hingga dapat diartikan sebagai upaya untuk meninjau perubahan suatu besaran dalam ruang dan waktu secara mendekati kondisi sebenarnya melalui *grid* atau *mesh* yang dibentuk dari koordinat ruang dan waktu. (Awanda dkk, 2019).

Berdasarkan ekspansi Taylor di atas, terdapat tiga skema beda hingga yang biasa digunakan, yaitu skema maju, skema mundur, dan skema tengah.

1. Skema maju

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{u(x_i + h) - u(x_i)}{h}$$

Dalam skema maju, nilai pada titik hitung i dihubungkan dengan titik hitung $i + 1$ yang berada di depan titik tersebut.

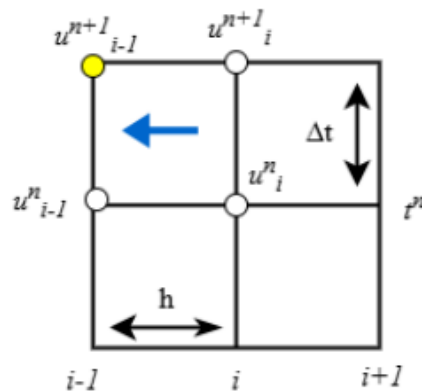


Gambar 2.4 Metode beda hingga skema maju

2. Skema mundur

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{u(x_i) - u(x_i - h)}{h}$$

Dalam skema mundur, nilai pada titik hitung i dihubungkan dengan titik hitung $i - 1$ yaitu titik yang terletak pada posisi sebelumnya.

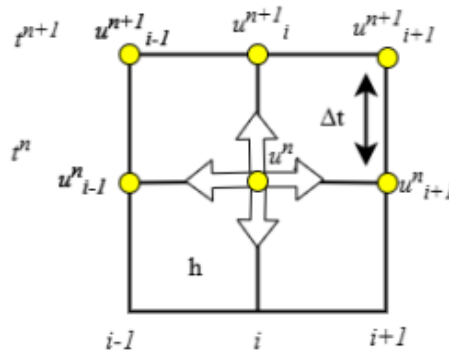


Gambar 2.5 Metode beda hingga skema mundur

3. Skema tengah

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{u(x_i + h) - u(x_i - h)}{2h}$$

Pada skema tengah, nilai pada titik hitung i dihubungkan dengan titik hitung $i - 1$ yang berada di belakangnya dan titik hitung $i + 1$ yang berada di depannya.



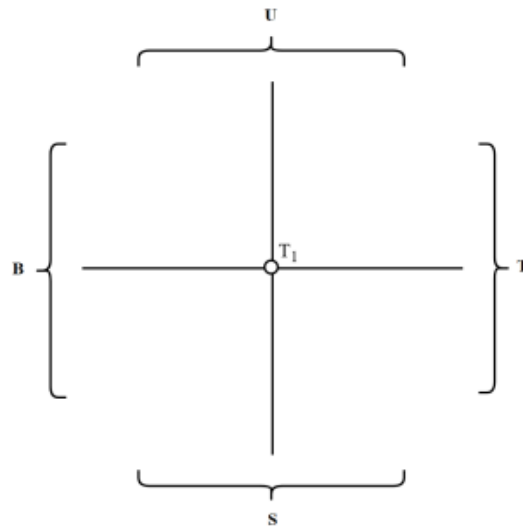
Gambar 2.6 Metode beda hingga skema tengah

2.5 Metode Beda Hingga

Metode beda hingga atau yang dikenal dengan *finite difference method* merupakan salah satu metode numerik yang banyak digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan teknis dan matematis yang berkaitan dengan fenomena fisis. Secara umum metode ini tergolong sederhana dan efisien dalam penerapannya, terutama untuk permasalahan dengan bentuk geometri yang teratur, seperti interval pada satu dimensi, domain persegi pada dua dimensi, serta kubus pada tiga dimensi (Li dkk, 2017).

Aplikasi utama dari metode beda hingga terdapat pada bidang analisis numerik, khususnya dalam penyelesaian persamaan diferensial biasa (PDB) maupun persamaan diferensial parsial (PDP). Prinsip dasar metode ini adalah mengganti turunan yang muncul pada suatu persamaan diferensial dengan bentuk diskritisasi yang diperoleh dari pendekatan beda hingga. Dengan cara ini, persamaan diferensial yang bersifat kontinu dapat diubah menjadi sistem persamaan aljabar yang dapat diselesaikan secara numerik

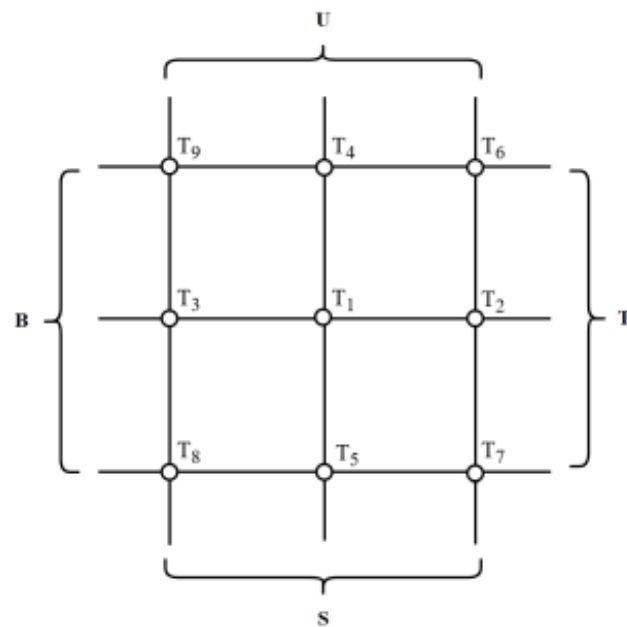
- Nilai fungsi titik di T_1 pada bidang 4 titik



Gambar 2.7 Beda hingga pada bidang empat titik

$$B + T + S + U - 4T_1 = 0$$

- Nilai fungsi titik di $T_1, T_2, T_3, \dots, T_9$ pada bidang 9 titik



Gambar 2.8 Beda hingga pada bidang sembilan titik

Membentuk suatu sistem persamaan linear simultan dengan sembilan variabel yaitu sebagai berikut

$$T_1 : B + T + S + U - 4T_1 = 0$$

$$T_2 : T_1 + T + S + U - 4T_2 = 0$$

$$T_3 : B + T_1 + S + U - 4T_3 = 0$$

$$T_4 : B + T + T_1 + U - 4T_4 = 0$$

$$T_5 : B + T + S + T_1 - 4T_5 = 0$$

$$T_6 : T_4 + T + T_2 + U - 4T_6 = 0$$

$$T_7 : T_5 + T + S + T_2 - 4T_7 = 0$$

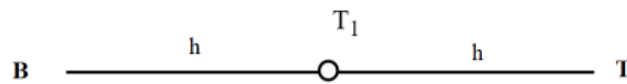
$$T_8 : B + T_5 + S + T_3 - 4T_8 = 0$$

$$T_9 : B + T_4 + T_3 + U - 4T_9 = 0$$

Metode beda hingga dapat digambarkan ke dalam grafik yang lebih sederhana:

1. Horizontal

$$T > B$$



Gambar 2.9 Garis Horizontal

- Nilai T_1

$$T_1 = \frac{T + B}{2h}$$

- Laju perubahan T_1

$$\delta T_1 = \frac{T - B}{2h}$$

2. Vertikal

$$U > S$$



Gambar 2.10 Garis Vertikal

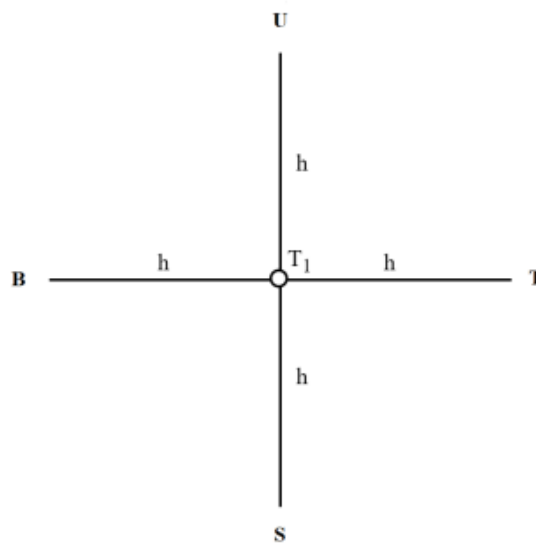
- Nilai T_1

$$T_1 = \frac{U + S}{2h}$$

- Laju perubahan T_1

$$\delta T_1 = \frac{U - S}{2h}$$

3. Horizontal dan Vertikal



Gambar 2.11 Garis Horizontal dan Vertikal

- Nilai T_1

$$T_1 = \frac{T_{1h} + T_{1v}}{2} = \frac{\frac{B+T}{2h} + \frac{S+U}{2h}}{2} = \frac{B + T + S + U}{4}$$

- Laju perubahan T_1

$$\delta T_1 = \frac{\delta T_{1h} + \delta T_{1v}}{2} = \frac{\frac{B-T}{2h} + \frac{U-S}{2h}}{2} = \frac{(B - T) + (U - S)}{4}$$

2.6 Irradiasi Matahari

Irradiasi matahari atau radiasi surya adalah jumlah energi matahari yang diterima oleh suatu permukaan per satuan luas dalam jangka waktu tertentu. Energi ini berasal dari reaksi fusi nuklir di inti matahari yang memancarkan gelombang elektromagnetik, terutama dalam bentuk cahaya tampak, ultraviolet, dan inframerah (Duffie dan Beckman, 2013).

Menurut Sulaiman dan Wibowo (2018), irradiasi matahari merupakan faktor utama dalam proses konversi energi surya menjadi energi listrik melalui sistem fotovoltaik. Besarnya irradiasi sangat bergantung pada posisi geografis, kondisi atmosfer, waktu, serta sudut datang sinar matahari. Semakin tinggi sudut datang sinar terhadap permukaan bumi, semakin besar energi yang diterima.

Selain itu variasi irradiasi matahari juga dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti tutupan awan, kelembapan udara, serta tingkat polusi. Pada wilayah tropis seperti Indonesia, intensitas irradiasi matahari relatif tinggi sepanjang tahun karena posisi geografis yang dekat dengan garis khatulistiwa, yang menyebabkan penerimaan energi surya lebih merata (Pachman dkk, 2023).

Data irradiasi matahari biasanya diukur dalam satuan watt per meter persegi (W/m^2) dan dapat diperoleh dari pengamatan langsung menggunakan *pyranometer* atau secara tidak langsung melalui model empiris dan data satelit, seperti yang disediakan oleh Global Solar Atlas (World Bank Group, 2025). Data irradiasi matahari penting digunakan untuk analisis potensi energi surya, perancangan sistem tenaga surya, dan penelitian terkait iklim serta meteorologi.

2.7 Pemrograman Python

Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang diciptakan oleh Guido van Rossum pada tahun 1991. Bahasa python dirancang dengan sintaks yang sederhana dan mudah dibaca, sehingga memudahkan pengguna dalam menulis serta memahami kode program (Van Rossum dan Drake, 2009). Python termasuk bahasa pemrograman multi-paradigma, yang mendukung paradigma pemrograman berorientasi objek, prosedural, dan fungsional.

Python memiliki pustaka (*library*) yang sangat luas, mencakup berbagai bidang seperti komputasi numerik, sains data, rekayasa, dan kecerdasan buatan. Beberapa pustaka populer yang sering digunakan dalam analisis numerik dan ilmiah antara lain NumPy, SciPy, Matplotlib, dan Pandas (Harris dkk, 2020). Kombinasi pustaka-pustaka tersebut menjadikan Python sebagai salah satu bahasa yang banyak digunakan untuk penelitian ilmiah dan pemodelan matematis.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 di Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang beralamatkan di Jalan Prof. Dr. Ir. Soemantri Brojonegoro, Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung.

3.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data iradiasi matahari di wilayah Lampung. Data diperoleh dari situs resmi *Global Solar Atlas (World Bank Group)* dan website <https://open-meteo.com/>.

Data tersebut meliputi:

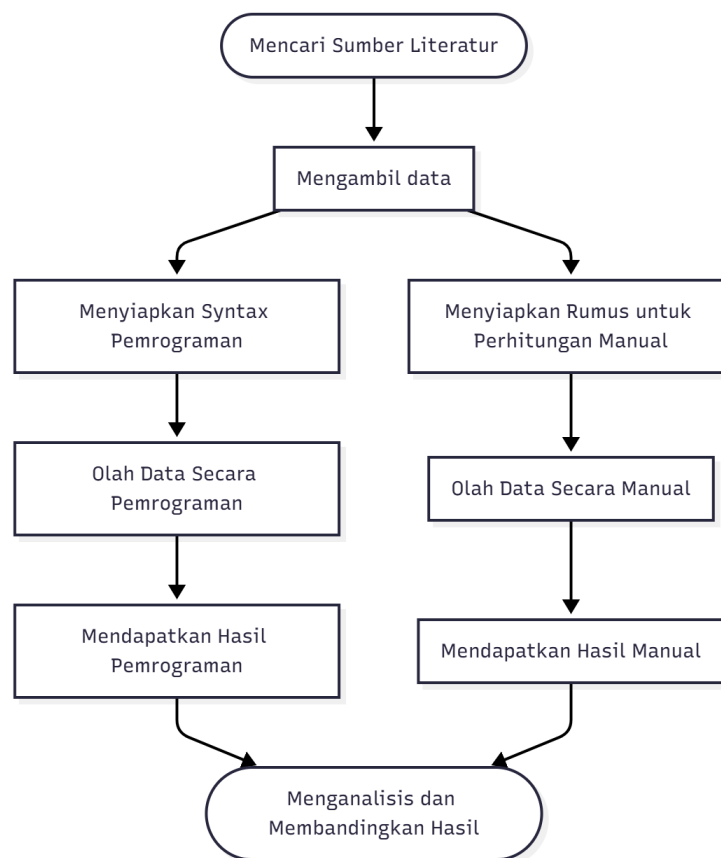
1. Nilai rata-rata iradiasi matahari (W/m^2),
2. Koordinat geografis wilayah Lampung, dan
3. Data waktu pengamatan (harian/bulanan).

3.3 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur: Mengkaji teori, jurnal, dan buku terkait pemodelan matematis, metode beda hingga, dan iradiasi matahari.
2. Pengumpulan Data

3. Mengolah data secara manual
4. Membuat syntax pemrograman Python untuk perhitungan.
5. Mengolah data dengan syntax pemrograman Python yang telah dibuat.
6. Mendapatkan hasil



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode beda hingga dapat dimanfaatkan sebagai pendekatan numerik untuk menganalisis nilai iradiasi matahari di Provinsi Lampung. Pendekatan ini memungkinkan penaksiran besaran iradiasi pada titik-titik yang tidak memiliki data pengukuran secara langsung, sehingga mampu memberikan gambaran yang lebih luas mengenai distribusi iradiasi matahari di wilayah tersebut.
2. Hasil perhitungan yang dilakukan secara manual menggunakan metode beda hingga tengah menunjukkan kesesuaian dengan hasil perhitungan yang diperoleh melalui implementasi metode yang sama dalam pemrograman Python. Kesesuaian ini menegaskan bahwa metode numerik yang diterapkan dalam Python memiliki tingkat keandalan yang baik, sekaligus menawarkan keunggulan dari segi efisiensi waktu, serta kemampuan dalam menangani data berukuran besar. Oleh karena itu, penerapan metode beda hingga tengah dalam pemrograman Python sangat direkomendasikan untuk analisis iradiasi matahari, khususnya pada penelitian berskala luas atau yang melibatkan kompleksitas data yang tinggi.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan atau membandingkan penggunaan metode beda hingga tengah dengan metode numerik lainnya, seperti metode interpolasi numerik atau metode numerik berbasis elemen hingga, guna memperoleh hasil estimasi iradiasi matahari yang lebih akurat dan komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Awanda, R., Oktafianto, K., Arifin, A. Z., & Fatihah, N. (2019). Simulasi Sebaran Abu Pabrik Kapur Menggunakan Metode Beda Hingga. *Zeta-Math Journal*, 4(2), 34-39.
- Burden, R. L., & Faires, J. D. (2016). *Numerical Analysis* (10th ed.). Brooks/Cole.
- Chasamah, A. N., Jamhuri, M., & Alisah, E. (2021). Solusi Numerik Persamaan Gelombang Dua Dimensi Dengan Metode Beda Hingga Skema Eksplisit CTCS. *Jurnal Riset Mahasiswa Matematika*, 1(1), 14-22
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Giordano, F. R., Weir, M. D., & Fox, W. P. (2014). *A First Course in Mathematical Modeling* (5th ed.). Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., Wieser, E., Taylor, J., Berg, S., Smith, N. J., Kern, R., Picus, M., Hoyer, S., van Kerkwijk, M. H., Brett, M., Haldane, A., Del Río, J. F., Wiebe, M., Peterson, P., Gérard-Marchant, P., ... Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585(7825), 357–362. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
- International Energy Agency. (2024, 16 Oktober). World Energy Outlook, IEA, Paris. Diakses pada 6 Oktober 2025 dari <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>.
- Li, Z., Qiao, Z., Tang, T. (2017). *Numerical Solution of Differential Equation: Introduction to Finite Difference and Finite Element Methods*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Meyer, W. J. (2004). *Concepts of Mathematical Modeling* (2nd ed.). Dover Publications.
- Pachman A. F., Didane D. H., Wijianto., & Ghriybah M., A. (2023). A Study of Global Solar Radiations Measurement in Java Island, Indonesia *Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy*, Vol. 10, Issue 01, pp212-218
- Sasongko, S. B. (2010). *Metode numerik dengan Scilab*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Setiyowati, R., & Riestiana, V. A. (2021). Simulasi numerik persamaan gelombang air dangkal 1D dengan topografi tidak datar menggunakan metode beda hingga. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, 18(2), 95-107.
- Strauss, W. A. (2008). *Partial Differential Equations: An Introduction* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Sulaiman, M., & Wibowo, A. S. (2018). Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap efisiensi panel surya. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 14(1), 23–30.

The World Bank. (2025). Download maps and GIS data for Lampung. Global Solar Atlas. Diakses pada 6 Oktober 2025 dari <https://globalsolaratlas.info/map?c=-4.855504,105.027299,11&s=-4.855504,105.027299&m=site>

Van Rossum, G., & Drake, F. L. (2009). *Python 3 Reference Manual* Scotts Valley, CA: CreateSpace.

Zill, D. G. (2018). *A First Course in Differential Equations with Modeling Applications* (11th ed.). Cengage Learning.