

**PEMODELAN MATEMATIKA PADA LAJU KECEPATAN ANGIN DI
PROVINSI LAMPUNG MENGGUNAKAN METODE BEDA HINGGA
(*FINITE DIFFERENCE METHOD*) DENGAN SENSITIVITAS MIDPOINT
THEOREM**

Skripsi

Oleh

**RECHA RAMONA ALNU
NPM. 2217031042**



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

2026

ABSTRACT

MATHEMATICAL MODELING OF WIND SPEED IN LAMPUNG PROVINCE USING FINITE DIFFERENCE METHOD WITH MIDPOINT SENSITIVITY THEOREM

By

Recha Ramona Alnu

This study aims to verify the results of wind speed calculations using the finite difference method manually with the calculation of the finite difference method implemented in Python programming. Modeling is carried out using wind speed data from four sub-districts in Lampung Province, namely Batu Brak, Labuhan Ratu, Way Khilau and Negara Batin. The results show that both approaches provide very consistent and accurate results, making this method an effective solution in analyzing wind speed distribution at various points. This study supports the use of wind energy in various environmentally friendly renewable energy through an accurate mathematical approach.

Keywords: Wind speed, finite difference method, intermediate scheme, Python programming, renewable energy.

ABSTRAK

PEMODELAN MATEMATIKA PADA LAJU KECEPATAN ANGIN DI PROVINSI LAMPUNG MENGGUNAKAN METODE BEDA HINGGA (*FINITE DIFFERENCE METHOD*) DENGAN SENSITIVITAS MIDPOINT THEOREM

Oleh

Recha Ramona Alnu

Penelitian ini bertujuan untuk Memverifikasi hasil perhitungan nilai kecepatan angin menggunakan metode beda hingga tengah secara manual dengan perhitungan metode beda hingga tengah yang diimplementasikan dalam pemrograman Python. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan data kecepatan angin dari empat kecamatan di Provinsi Lampung, yaitu kec. Batu Brak, Labuhan Ratu, Way Khilau dan Negara Batin. Hasil menunjukkan bahwa kedua pendekatan memberikan hasil yang sangat konsisten dan akurat, menjadikan metode ini sebagai salah satu solusi yang efektif dalam menganalisis distribusi kecepatan angin di berbagai titik. Penelitian ini mendukung pemanfaatan energi angin diberbagai energi terbarukan yang ramah lingkungan melalui pendekatan matematis yang akurat.

Kata-kata kunci: Kecepatan angin, metode beda hingga, skema tengah, pemrograman Python, energi terbarukan.

**PEMODELAN MATEMATIKA PADA LAJU KECEPATAN ANGIN DI
PROVINSI LAMPUNG MENGGUNAKAN METODE BEDA HINGGA
(*FINITE DIFFERENCE METHOD*) DENGAN SENSITIVITAS MIDPOINT
THEOREM**

RECHA RAMONA ALNU

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 PADA LAJU
KECEPATAN ANGIN DI PROVINSI
LAMPUNG MENGGUNAKAN METODE
BEDA HINGGA (*FINITE DIFFERENCE
METHOD*) DENGAN SENSITIVITAS
MIDPOINT THEOREM**

Nama Mahasiswa : **Recha Ramona Anu**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2217031042**

Program Studi : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



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



Dra. Dorrah Azis, M.Si.
NIP 196101281988112001

2. Ketua Jurusan Matematika



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

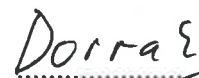
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : **Dra. Dorrah Azis, M.Si.**



Penguji

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



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **12 Februari 2026**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Recha Ramona Alnu**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2217031042**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Pemodelan Matematika Pada Laju Kecepatan Angin di Provinsi Lampung Menggunakan Metode Beda Hingga (*Finite Difference Method*) dengan Sensitivitas Midpoint theorem**

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, 12 Februari 2026

Penulis



Recha Ramona Alnu

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Recha Ramona Alnu yang lahir di Bandar Lampung pada tanggal 2 November 2003. Penulis merupakan Anak kedua dari pasangan Bapak Ali Amin dan Ibu Nurjanah. Penulis memiliki 1 kakak perempuan serta 2 adik perempuan dan 2 adik laki-laki.

Penulis memulai Pendidikan Taman Kanak-Kanak An-Nur pada tahun 2009-2010, kemudian menempuh Pendidikan formal Sekolah Dasar di SDN 2 Tanjung Senang pada tahun 2010-2016, setelah itu penulis melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 20 Bandar Lampung pada tahun 2017-2019 dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 5 Bandar Lampung pada tahun 2020-2022. Pada tahun 2022 penulis melanjutkan ke perguruan tinggi dan terdaftar sebagai Mahasiswi S1 Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN.

Pada awal tahun 2023 penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA) dan penulis diamanahkan menjadi Anggota Bidang Minat dan Bakat, tidak berhenti disitu penulis lanjut aktif di HIMATIKA pada tahun 2024 dan melanjutkan amanah menjadi Sekretaris Bidang Minat dan Bakat.

Pada Bulan Desember 2024 sampai Januari 2025, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Dinas Komunikasi, informatika dan Statistik dengan penempatan di bidang Persandian dan Statistik. Kemudian pada pertengahan tahun 2025, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Kelurahan Gotong Royong, Kecamatan Tanjung Karang Pusat, Kota Bandar Lampung.

KATA INSPIRASI

Jika bukan Karena Allah yang memampukan, aku mungkin sudah lama menyerah.

(Q.S Al-Insyirah:05-06)

Allah memang tidak menjanjikan hidupmu akan selalu mudah, tapi dua kali allah berjanji bahwa: ” Fa Inna Ma’al-Usri Yusra, Inna Ma’al- Usri Yusra”
” setiap kesulitan pasti ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah:05-06)

Keberhasilan bukanlah milik orang pintar, keberhasilan adalah milik mereka yang senantiasa berusaha.

(BJ Habibie)

Bukan siapa cepat kamu sampai, tapi seberapa kuat kamu bertahan.

Hiduplah selayak-layaknya, Jika lelah beristirahatlah. Lakukan apapun yang kamu sukai, tanpa perlu menjadikan manusia lain sebagai rumahmu, jadilah rumah untuk diri sendiri.

(Recha Ramona Alnu)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan Alhamdulillah dan syukur kepada Allah SWT atas nikmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Dengan rasa syukur dan Bahagia, saya persembahkan rasa terimakasih saya kepada:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Terima kasih kepada kedua orang tua saya atas cinta yang tak bertepi dan pengorbanan yang tak terhingga, segala pengorbanan, motivasi, doa dan ridho serta dukungannya selama ini. Terima kasih telah memberikan pelajaran yang berharga serta doa yang tidak pernah putus, kesabaran yang tiada batas, dan dukungan moral maupun material selama proses pendidikan ini. terima kasih untuk selalu menjadi alasan saya agar bertahan untuk setiap harinya.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terima kasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang sudah sangat membantu selalu memberikan dorongan, motivasi dan arahan serta ilmu yang berharga. Semoga Dedikasi Bapak/Ibu yang telah diberikan selama ini menginspirasi saya untuk terus belajar dan berkembang.

Sahabat-sahabatku

Terima kasih kepada semua orang-orang baik disekeliling penulis yang telah memberikan pengalaman, semangat, motivasi, canda tawa serta doa-doanya yang 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 Pada Laju Kecepatan Angin di Provinsi Lampung Menggunakan Metode Beda Hingga (*Finite Difference Method*) dengan Sensitivitas Midpoint theorem" 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 I yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi, saran serta dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dra. Dorrah Azis, 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. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Ibu Dra. Dorrah Azis, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik dan seluruh dosen, staff dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

6. Kedua orang tua saya, Papa dan Mama. Terima kasih atas segala doa, dukungan, semangat dan usahanya yang tidak pernah berhenti. Mereka memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, namun mereka mampu mendidik memberikan motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
7. Seluruh keluarga tercinta Tati, keempat Adik serta keluarga besar Sukri Hawiyah dan keluarga besar Mursalin Masyuli, yang senantiasa memberikan doa dan dukungan.
8. Sahabat-sahabat penulis dan teman seperjuangan dalam grup Ga ramah anak kecil, Gc Kalkulus 3, dan Panitia demis yang telah banyak memberikan tawa dan selalu meluangkan waktu untuk saling membantu.
9. Pimpinan HIMATIKA Periode 2024 dan Bidang Minat dan Bakat Periode 2023 dan 2024, terima kasih banyak karena sudah menjadi pimpinan dan anggota yang sangat keren luar biasa.
10. Teman-teman seperjuangan Jurusan Matematika angkatan 2022.
11. Kepada satu nama yang belum dapat penulis tuliskan dihalaman ini, namun penulis percaya telah tercatat di Lauhul Mahfudz. Terima kasih karena telah menjadi bagian dari proses ini, meski tanpa kehadiran secara langsung.
12. Terakhir, untuk diri saya sendiri Recha Ramona Alnu, terima kasih atas segala kerja keras dan semangatnya sehingga mampu bertahan dan terus melangkah sejauh ini. Terima kasih pada raga dan jiwa yang masih tetap tegar dan ikhlas menjalani semuanya hingga sekarang.

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, 12 Februari 2026
Penulis,

Recha Ramona Alnu
NPM. 2217031042

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pemodelan Matematika	4
2.2 Persamaan Differensial Parsial	5
2.3 Persamaan Differensial Parsial Pada Metode Beda Hingga	6
2.4 Metode Beda Hingga	11
2.5 Angin	14
2.6 Python	15
III METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Data Penelitian	16
3.3 Langkah - Langkah Penelitian	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Deskripsi Data Penelitian	18
4.2 Hasil Metode Beda Hingga Dengan Perhitungan Manual	19
4.3 Hasil Metode Beda Hingga Dengan Pemrograman Python	25
V KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	32

DAFTAR TABEL

4.1	Data Laju Kecepatan Angin pada Empat Lokasi	19
4.2	Tabel Perhitungan Nilai Beda Hingga	24
4.3	Verifikasi hasil perhitungan manual dan Python	27

DAFTAR GAMBAR

2.1	Grafik metode beda hingga skema maju	7
2.2	Grafik metode beda hingga skema mundur	7
2.3	Grafik metode beda hingga skema tengah	8
2.4	<i>Grid</i> metode beda hingga skema maju	9
2.5	<i>Grid</i> metode beda hingga skema mundur	10
2.6	<i>Grid</i> metode beda hingga skema tengah	10
2.7	Beda hingga pada pada bidang empat titik	11
2.8	Beda hingga pada pada bidang sembilan titik	12
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 Laju Kecepatan Angin	18
4.2	Grafik Pendekatan Beda Hingga	19
4.3	<i>Grid</i> Perhitungan Tahap 1	20
4.4	<i>Grid</i> Perhitungan Tahap 2	21
4.5	<i>Grid</i> Perhitungan Tahap 3	22
4.6	Syntak perhitungan dengan Python	26
4.7	Hasil <i>Output</i>	26

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Angin merupakan fenomena alam berupa pergerakan massa udara yang terjadi akibat adanya perbedaan tekanan udara di atmosfer. Pergerakan udara tersebut berlangsung dari daerah yang memiliki tekanan udara lebih tinggi menuju daerah yang memiliki tekanan udara lebih rendah. Selain itu, angin juga dapat bergerak dari wilayah yang bersuhu lebih rendah ke wilayah yang bersuhu lebih tinggi. Perbedaan tekanan dan suhu udara ini tidak terjadi secara acak, melainkan dipengaruhi oleh distribusi energi panas matahari yang diterima oleh permukaan bumi. Energi panas matahari yang diterima oleh setiap wilayah di permukaan bumi tidak sama, sehingga menyebabkan terjadinya variasi suhu udara antar wilayah. Daerah yang menerima radiasi matahari lebih besar akan mengalami peningkatan suhu udara. Udara yang bersuhu lebih tinggi akan mengalami pemuaian, sehingga massa jenis udara menjadi lebih kecil dan tekanan udara di wilayah tersebut cenderung menurun. Sebaliknya, daerah yang menerima energi panas matahari lebih sedikit akan memiliki suhu udara yang lebih rendah, udara menjadi lebih rapat, dan tekanan udara relatif lebih tinggi (Hogi *et al.*, 2021).

Provinsi Lampung termasuk salah satu Provinsi di Indonesia yang memiliki kondisi geografis bervariasi meliputi wilayah pesisir, dataran rendah, hingga perbukitan sehingga menyebabkan pola pergerakan angin yang kompleks dan dinamis. Variasi tersebut menuntut adanya pendekatan ilmiah untuk memodelkan dan menganalisis perubahan kecepatan angin di berbagai titik wilayah kota ini. Analisis tersebut tidak hanya penting untuk kepentingan penelitian klimatologi, tetapi juga sangat relevan bagi perencanaan pembangunan berkelanjutan, terutama dalam sektor energi dan lingkungan.

Pemodelan matematika merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk merepresentasikan fenomena fisis secara kuantitatif. Melalui pemodelan matematika, hubungan antar variabel yang memengaruhi kecepatan angin dapat dijelaskan dalam bentuk persamaan diferensial parsial yang menggambarkan perubahan terhadap ruang dan waktu (Giordano dan Weir, 2002). Namun, penyelesaian persamaan diferensial secara analitik sering kali tidak memungkinkan, terutama untuk permasalahan yang kompleks dan melibatkan banyak variabel. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan numerik sebagai alternatif penyelesaian, salah satunya yaitu metode beda hingga (*Finite Difference Method*).

Metode beda hingga merupakan metode numerik yang digunakan untuk merepresentasikan turunan-turunan pada persamaan diferensial dalam bentuk diskret berupa selisih hingga. Pendekatan ini memungkinkan penyelesaian masalah matematis secara numerik melalui pembagian domain menjadi titik-titik diskret tertentu (Liet *et al.*, 2017). Metode ini banyak digunakan karena memiliki tingkat akurasi yang baik, mudah diterapkan, serta mampu memberikan hasil yang mendekati solusi analitik. Dengan demikian, metode beda hingga menjadi pilihan yang tepat untuk memodelkan laju kecepatan angin pada suatu wilayah tertentu.

Penelitian mengenai penerapan metode beda hingga dalam pemodelan matematika telah dilakukan oleh Tiryono *et al.*, (2023). Dalam penelitiannya, Nurhayati dkk melakukan penelitian tentang pemodelan matematika laju perpindahan panas pada wajan dalam proses pembuatan arang aktif-13 menggunakan metode beda hingga. Pada penelitian ini mengkaji bentuk numerik menggunakan persamaan umum suhu agar bisa ditentukan laju aliran panas tersebut. Selain itu, Emmanuel dan Okhuese (2020) meneliti mengenai simulasi numerik untuk meramalkan cuaca menggunakan skema beda hingga yang diterapkan pada data cuaca bulanan di Bandara Abuja, Nigeria. Hasan, *et al* (2016), melakukan Penelitian ini membahas penerapan metode beda hingga dalam pemodelan matematika aliran banjir yang dirumuskan berdasarkan persamaan *Saint-Venant*. Model aliran banjir tersebut dinyatakan dalam bentuk persamaan diferensial parsial, yang selanjutnya didiskretisasi ke dalam bentuk numerik melalui penerapan metode beda hingga dengan skema *leapfrog*.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang model matematika untuk menganalisis laju kecepatan angin dengan pendekatan metode beda hingga yang diimplementasikan menggunakan Python. Penelitian ini diharapkan mampu

memberikan manfaat dalam optimalisasi pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

Memverifikasi hasil perhitungan nilai kecepatan angin menggunakan metode beda hingga tengah secara manual dengan perhitungan metode beda hingga tengah yang diimplementasikan dalam pemrograman Python.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menyediakan alat analisis untuk memprediksi dan memahami pola kecepatan angin di berbagai lokasi, sehingga mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga angin.
2. Meningkatkan efisiensi perhitungan laju kecepatan angin dengan pemanfaatan Python, sehingga lebih aplikatif bagi kebutuhan industri energi terbarukan.
3. Mendorong optimalisasi energi terbarukan melalui pengembangan model prediksi angin yang dapat diterapkan di beragam wilayah dan kondisi geografis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemodelan Matematika

Secara etimologis, kata matematika berasal dari bahasa Latin *mathēmatikē* atau *mathemata* yang bermakna “belajar” atau “hal yang dipelajari”. Dalam bahasa Belanda, matematika dikenal dengan istilah *wiskunde* yang memiliki arti “ilmu pasti”. dan seluruhnya berhubungan erat dengan kegiatan bernalar. Matematika merupakan cabang ilmu yang sangat dekat dengan realitas kehidupan manusia. Perkembangan dan pembentukan ilmu ini telah berlangsung sejak zaman kuno dan terus berlanjut hingga masa kini tanpa henti (Meksianis, 2018). Sepanjang sejarah, pemahaman manusia terhadap matematika terus mengalami kemajuan. Sementara itu, pemodelan matematika dapat diartikan sebagai proses mengubah fenomena dunia nyata ke dalam bentuk representasi matematis yang termasuk ke dalam dunia matematika (Giordano dan Weir, 2002).

Model dapat diartikan sebagai bentuk representasi yang disederhanakan dari suatu kenyataan yang kompleks, dengan tujuan utama untuk memahami realitas tersebut. Model memiliki karakteristik yang serupa dengan sistem aslinya sehingga dapat digunakan untuk menganalisis atau menyelesaikan suatu permasalahan (Puspita, E. S., Yulianti, L. 2016). Secara umum, model berfungsi sebagai gambaran umum yang mewakili sekelompok fenomena, atau sebagai penyajian suatu permasalahan dalam bentuk yang lebih sederhana agar dapat dianalisis dengan lebih mudah.

Dalam bidang matematika, teori model merupakan salah satu cabang ilmu yang mengkaji bagaimana cara merepresentasikan konsep-konsep matematis melalui teori himpunan, serta menelaah berbagai struktur atau model yang berperan dalam mendukung suatu sistem matematis tertentu (Meksianis, 2018). Teori model dimulai dengan asumsi adanya objek-objek matematika, seperti bilangan, kemudian

dilanjutkan dengan penelaahan terhadap operasi, relasi, dan aksioma yang berlaku pada objek-objek tersebut.

Model matematika yang dihasilkan dari suatu permasalahan selanjutnya diselesaikan dengan menerapkan kaidah-kaidah matematis yang sesuai. Setelah diperoleh solusi, hasil tersebut perlu dilakukan pengujian guna memastikan tingkat validitasnya.. Jika hasil yang diperoleh memenuhi model yang dibuat, maka solusi tersebut dianggap benar atau *valid*. Namun, jika tidak sesuai, maka model perlu dianalisis dan disusun kembali sehingga dapat memberikan penyelesaian yang tepat dengan permasalahan yang dikaji.

2.2 Persamaan Differensial Parsial

Persamaan Diferensial Parsial (PDP) didefinisikan sebagai persamaan diferensial yang memiliki karakteristik utama bahwa ada lebih dari satu variabel independen (misal, $z, y, \dots$). Selain karakteristik utamanya, ada suatu variabel terikat yang merupakan fungsi yang tidak diketahui dari variabel-variabel ini, yaitu $u(z, \dots)$, banyak kasus, akan ditunjukkan turunannya dengan persamaandan seterusnya. Identitas PDP yang menghubungkan variabel independen, variabel terikat U , dan turunan parsial U dituliskan sebagai (Strauss, 2007):

$$F(x, y, u(x, y), u_x(x, y), u_y(x, y)) = F(x, y, u, u_x, u_y) = 0$$

Persamaan berikut menyatakan bentuk umum Persamaan Diferensial Parsial orde pertama dengan dua variabel independen, sedangkan bentuk umum Persamaan Diferensial Parsial orde dua dengan dua variabel independen dapat dinyatakan sebagai (Strauss, 2007):

$$F(x, y, u, u_x, u_y) = 0$$

Dan dapat digolongkan menjadi (Maulidi, 2018):

- (a) PDP Eliptik $u_{xx} + u_{yy} = f(x, y)$ Persamaan tersebut disebut sebagai persamaan Poisson, apabila $f(x, y) = 0$ maka persamaan tersebut dikenal sebagai persamaan Laplace. Persamaan ini digunakan untuk memodelkan kestabilan penyebaran suhu di bidang atau aliran potensial satu dimensi (*incompressible*). Persamaan ini memerlukan nilai batas (*initial condition*) di setiap titik di batas. Nilai batas dapat berupa nilai U atau turunan U di batas.

- (b) PDP Parabolik (Persamaan Difusi satu dimensi). Persamaan $U_t = kU_{xx}$ digunakan untuk memodelkan penyebaran suatu nilai, seperti perubahan suhu yang dipengaruhi oleh waktu pada sistem satu dimensi. Model ini memerlukan *initial condition* yang diberikan pada waktu $t = 0$ dan satu kondisi batas (*boundary condition*) di titik ujung domain spasial. Persamaan ini banyak diterapkan dalam fisika dan teknik untuk menggambarkan proses difusi, seperti penyebaran suhu atau konsentrasi suatu zat.
- (c) PDP Hiperbolik $U_t = kU_{zz}$ termasuk persamaan gelombang yang berperan dalam pemodelan getaran tali gitar dan aliran supersonik pada sistem satu dimensi.

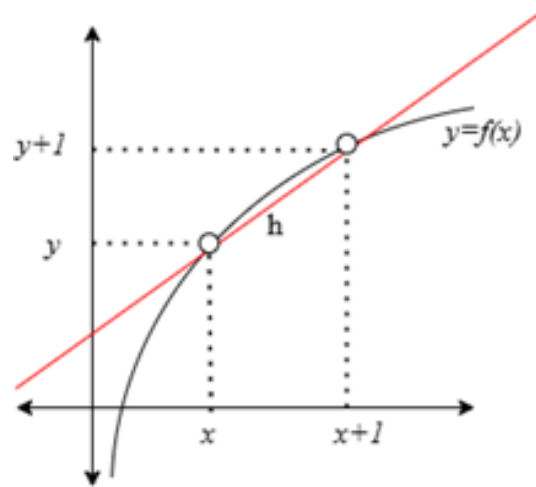
2.3 Persamaan Differensial Parsial Pada Metode Beda Hingga

Penyelesaian Persamaan Diferensial Parsial (PDP) dalam metode numerik pada umumnya dilakukan dengan menggunakan metode beda hingga. Prinsip dasar metode beda hingga adalah menggantikan turunan-turunan yang terdapat dalam persamaan diferensial dengan bentuk aproksimasi diskret berupa selisih hingga yang diturunkan dari deret Taylor. Dalam penerapannya, metode beda hingga bekerja dengan mendiskretisasi daerah variabel independen ke dalam sejumlah titik berhingga yang membentuk suatu *grid* atau *mesh*, *grid* atau *mesh* adalah pembagian suatu domain atau wilayah penelitian menjadi bagian-bagian kecil (titik, sel, atau elemen) yang teratur maupun tidak teratur, di mana nilai variabel independen pada setiap titik tersebut didekati melalui aproksimasi numerik (Maulidi, 2018).

Metode beda hingga memiliki tiga macam bentuk hampiran, yakni hampiran beda maju (*forward difference approximation*), hampiran beda mundur (*backward difference approximation*), serta hampiran beda pusat (*central difference approximation*) (Bukhari et al, 2023).

- Beda maju

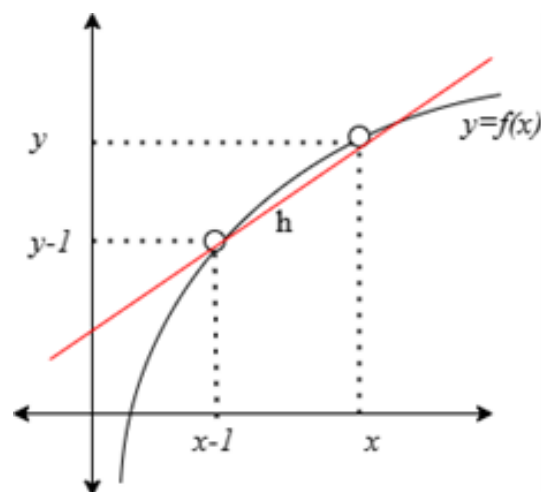
$$\frac{dy}{dx} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$



Gambar 2.1 Grafik metode beda hingga skema maju

- Beda mundur

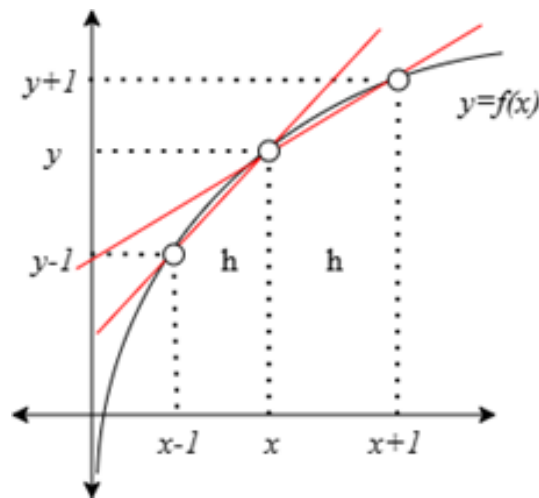
$$\frac{dy}{dx} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x) - f(x-h)}{h}$$



Gambar 2.2 Grafik metode beda hingga skema mundur

- Beda tengah

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



Gambar 2.3 Grafik metode beda hingga skema tengah

- dan

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

Berdasarkan definisi tersebut, dapat dirumuskan pengertian turunan parsial sebagai berikut

- Beda maju

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

- Beda mundur

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

- Beda tengah

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

Dan definisi turunan parsial tingkat dua (Strauss, 2007):

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

dan

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

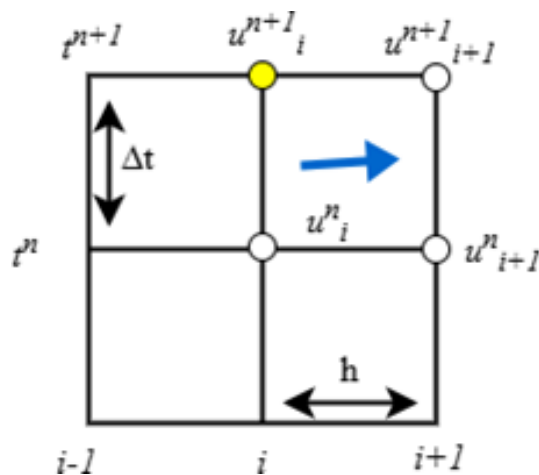
Prinsip dasar metode beda hingga adalah menggantikan turunan-turunan yang terdapat dalam persamaan diferensial dengan bentuk aproksimasi diskret berupa selisih hingga yang diperoleh dari pengembangan deret Taylor. Melalui pengembangan tersebut, nilai suatu fungsi pada titik tinjauan dapat dinyatakan sebagai kombinasi dari nilai fungsi pada titik-titik di sekitarnya dengan jarak yang sangat kecil dalam ruang maupun waktu. Secara fisis, pendekatan deret Taylor menggambarkan bahwa besaran pada suatu ruang dan waktu tertentu dapat diperkirakan berdasarkan nilai besaran yang sama pada ruang dan waktu lain yang berdekatan, sehingga perubahan kontinu dapat direpresentasikan dalam bentuk diskret (Sitompul dan Siahaan, 2022).

Berdasarkan pada pengembangan deret Taylor, metode beda hingga memiliki tiga skema utama, yaitu skema maju, skema mundur dan skema tengah.

(1) Skema maju

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

Pada skema maju, informasi pada titik hitung i dikaitkan dengan titik hitung $i + 1$ yang berada di arah depan.

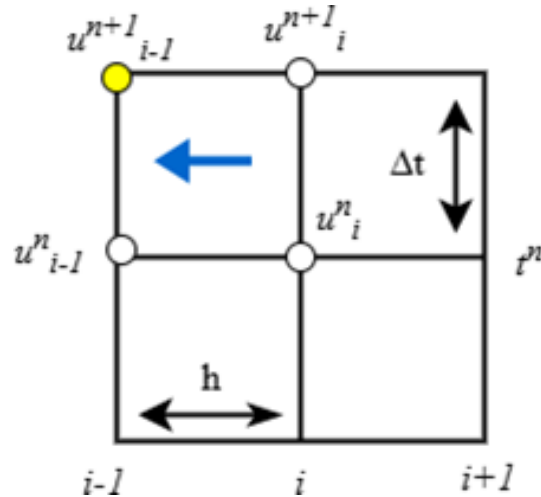


Gambar 2.4 Grid metode beda hingga skema maju

(2) skema mundur

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

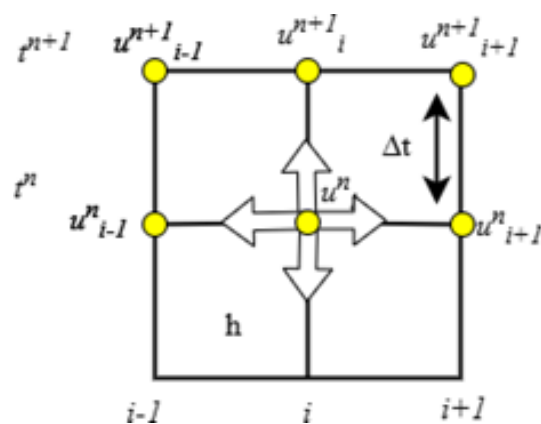
Pada skema mundur, informasi pada titik hitung i dihubungkan dengan titik hitung $i - 1$ yang berada di belakangnya.



Gambar 2.5 Grid metode beda hingga skema mundur

(3) skema tengah

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



Gambar 2.6 Grid metode beda hingga skema tengah

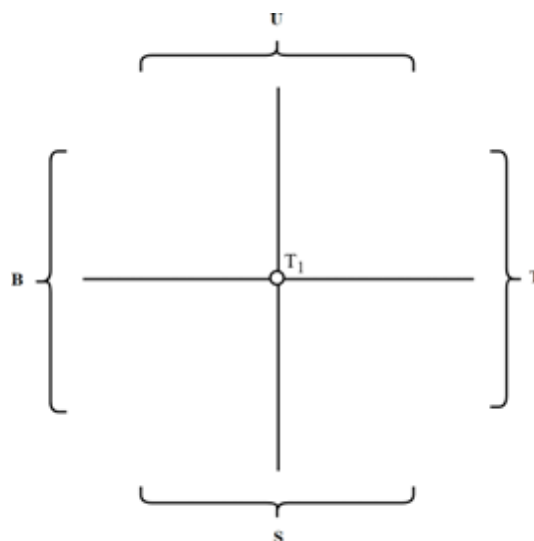
(Powers, 2006)

2.4 Metode Beda Hingga

Metode beda hingga merupakan salah satu metode numerik yang banyak digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan teknis maupun persoalan matematis yang berkaitan dengan gejala fisis. Secara umum, metode beda hingga relatif mudah diterapkan dalam penyelesaian permasalahan fisis yang memiliki bentuk geometri teratur, seperti interval pada satu dimensi, domain berbentuk persegi pada dua dimensi serta domain berbentuk kubus pada ruang tiga dimensi (Li dkk., 2017).

beda hingga memiliki peranan penting dalam analisis numerik, terutama dalam penyelesaian persamaan diferensial biasa maupun persamaan diferensial parsial. Prinsip dasar metode ini adalah menggantikan turunan-turunan yang terdapat dalam persamaan diferensial dengan bentuk diskret berupa selisih hingga.

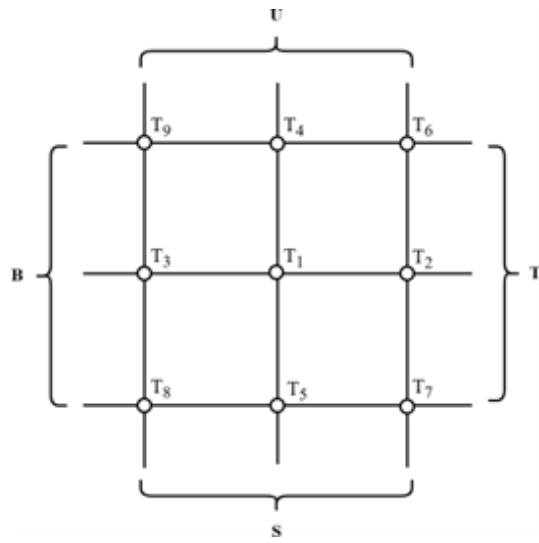
- Nilai fungsi di titik T_1



Gambar 2.7 Beda hingga pada pada bidang empat titik

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

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



Gambar 2.8 Beda hingga pada pada bidang sembilan titik

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

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

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

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

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

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

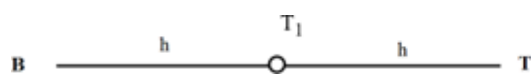
$$T_7 : T_5 + T + S + T_2 - 4T_7 = 0$$

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

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

Metode beda hingga dapat digambarkan ke dalam grafik sederhana:

1. Garis horizontal



Gambar 2.9 Garis horizontal

- Nilai T_1

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

- Laju T_1

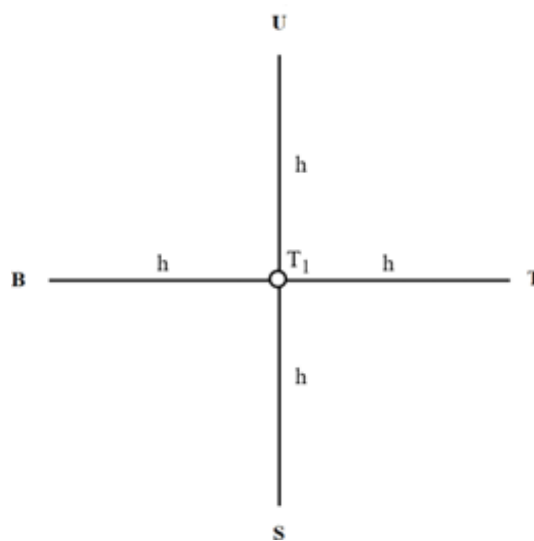
$$\partial T_1 = \frac{B - T}{2h}$$

2. Garis Vertikal



Gambar 2.10 Garis vertikal

3. Garis Horizontal dan Vertikal



Gambar 2.11 Garis Horizontal dan vertikal

- Nilai T_1

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

- laju T_1

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

2.5 Angin

Angin secara umum didefinisikan sebagai pergerakan udara relatif terhadap permukaan bumi. Dalam pengertian teknis, angin merupakan gerakan udara yang berlangsung secara horizontal atau hampir horizontal. Angin memiliki arah dan kecepatan yang dipengaruhi oleh perbedaan tekanan udara di permukaan bumi. Pergerakan angin terjadi dari daerah yang memiliki tekanan udara lebih tinggi menuju daerah yang bertekanan lebih rendah. Besarnya perbedaan tekanan udara tersebut berbanding lurus dengan kecepatan angin, di mana semakin besar perbedaan tekanan udara, maka semakin tinggi pula kecepatan angin yang dihasilkan (Baedowi, H. R., Nur Hidayati, Wibowo, A, 2025).

Faktor yang mempengaruhi terjadinya angin antara lain besarnya gradien barometris, di mana semakin besar perbedaan tekanan udara maka semakin tinggi kecepatan angin yang dihasilkan. Kecepatan angin di wilayah sekitar khatulistiwa umumnya lebih besar dibandingkan dengan wilayah yang berada lebih jauh dari garis khatulistiwa. Selain itu, ketinggian tempat juga memengaruhi kecepatan angin, yaitu semakin tinggi suatu wilayah, maka angin yang bertiup cenderung semakin kencang. Kondisi ini disebabkan oleh pengaruh gaya gesekan yang menghambat pergerakan udara (Hogi *et al.*, 2021). Di dekat permukaan bumi, keberadaan gunung, pepohonan serta topografi yang tidak rata menimbulkan gaya gesekan yang relatif besar. Sebaliknya, pada ketinggian yang lebih tinggi, pengaruh gaya gesekan tersebut semakin kecil. Di samping itu, kecepatan angin pada siang hari umumnya lebih besar dibandingkan dengan kecepatan angin pada malam hari.

2.6 Python

Python merupakan bahasa pemrograman berbasis *interpreter* yang menggunakan sintaks berbentuk teks serta didukung oleh pustaka standar yang lengkap (Wibowo *et al.*, 2020). Sebagai bahasa pemrograman interpreter, Python mengeksekusi kode program secara langsung baris demi baris tanpa melalui proses kompilasi terlebih dahulu (Rahmatudin Sumliyah, 2024). Python memiliki pustaka, seperti numpy, scipy, matplotlib dan sympy yang digunakan untuk perhitungan numerik maupun simbolik serta memungkinkan integrasi komputasi matematika dengan visualisasi (Maulida Surbakti *et al.*, 2024). Selain itu, Python memiliki keunggulan berupa kemampuan dijalankan pada berbagai platform sistem operasi (Enterprise, 2017). Namun demikian, karena Python tidak menyediakan ekspresi matematika secara bawaan, penerapan turunan numerik dengan metode selisih memerlukan finisian rumus perhitungan secara manual dalam kode program.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 di Jurusan Matematika Fakultas 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 Penelitian

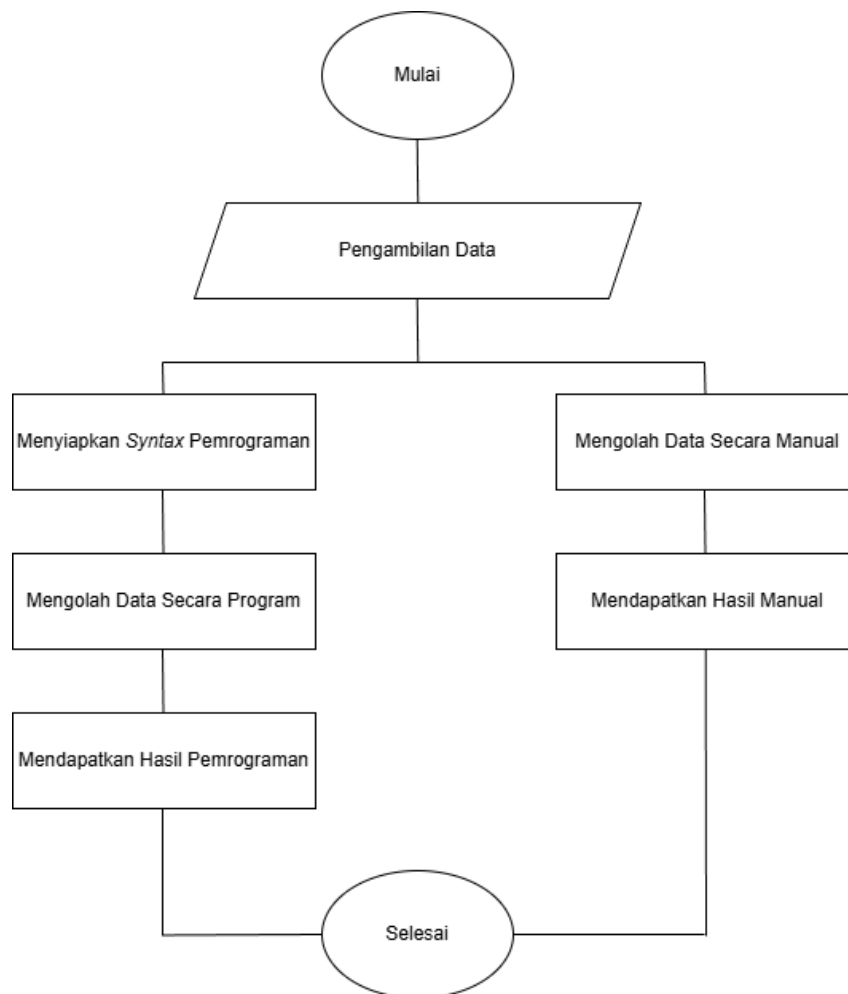
Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari publikasi resmi pada situs Open-Meteo, berupa data kecepatan angin di empat lokasi yang berada di Provinsi Lampung.

3.3 Langkah - Langkah Penelitian

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode beda hingga. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Mengumpulkan dan mempelajari sumber-sumber referensi yang berhubungan dengan penelitian diberbagai situs internet dan buku-buku, serta jurnal.
2. Melakukan pengambilan data.
3. Menganalisis data dan mengolah data secara manual dengan menggunakan metode beda hingga.

4. Menyiapkan syntax pemrograman Python untuk perhitungan.
5. Mengolah data dengan syntax pemrograman Python yang telah disiapkan.
6. Mendapatkan hasil dan kesimpulan serta solusi dari hasil perhitungan di atas.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Nilai hasil angin di 9 titik daerah provinsi Lampung yang diperoleh berdasarkan perhitungan manual dan *software* Python didapatkan:

Nilai hasil hitung manual	Nilai hasil hitung Python
$T_1 = 19$	$T_1 = 19$
$T_2 = 18,625$	$T_2 = 18,625$
$T_3 = 19,775$	$T_3 = 19,775$
$T_4 = 18,6$	$T_4 = 18,6$
$T_5 = 19$	$T_5 = 19$
$T_6 = 18,03125$	$T_6 = 18,03125$
$T_7 = 18,53125$	$T_7 = 18,53125$
$T_8 = 19,96875$	$T_8 = 19,96875$
$T_9 = 19,46875$	$T_9 = 19,46875$

2. Metode beda hingga dapat digunakan untuk menghitung data laju kecepatan angin dari empat lokasi di Provinsi Lampung. Pendekatan ini memungkinkan estimasi kondisi kecepatan angin di titik-titik yang tidak memiliki data langsung, sehingga memberikan gambaran yang lebih luas mengenai pola pergerakan angin di daerah tersebut.
3. Hasil perhitungan manual menggunakan metode beda hingga tengah secara manual menunjukkan kesesuaian dengan hasil perhitungan metode beda hingga tengah yang diimplementasikan dalam pemrograman Python. Hasil yang sama ini membuktikan bahwa metode numerik yang diterapkan dalam Python tidak hanya dapat diandalkan, tetapi juga memberikan keunggulan dalam hal kecepatan, akurasi, dan skalabilitas perhitungan. Oleh karena itu,

implementasi metode beda hingga tengah dalam pemrograman Python sangat direkomendasikan untuk analisis laju kecepatan angin, khususnya dalam studi berskala besar atau yang melibatkan data kompleks.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Penelitian selanjutnya dapat memperluas lebih dari 25 titik pengamatan dengan cakupan wilayah yang lebih luas, sehingga variasi laju angin dapat dianalisis dengan lebih mendalam.
2. Penelitian ini menggunakan metode beda hingga tengah dalam pemodelan laju kecepatan angin. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar mengembangkan atau membandingkan menggunakan metode lain, seperti beda hingga maju atau mundur, metode elemen hingga atau pendekatan numerik lainnya yang lebih akurat dan sesuai dengan karakteristik data yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baedowi, H. R., Nur Hidayati, Wibowo, A. (2025). Studi Komparatif Turunan Numerik dengan Metode Selisih Menggunakan Python dan Maple: Akurasi dan Kemudahan Implementasi. *Leibniz: Jurnal Matematika*, 5(02), 76–92.
- Bukhari, F., Nurdianti, S., Julianto, M. T., Najib, M. K., dan Valentdio, R. H. (2023). Implementasi Penyelesaian Persamaan Burgers Dengan Metode Beda Hingga Dalam Bahasa Pemrograman Julia. *MILANG Journal of Mathematics and Its Applications*, 19(1), 1–9.
- Enterprise, J. (2017). Otodidak Pemrograman Python. PT Elex Media Komputindo Grup.
- Emmanuel, J., dan Okhuese, V.A. (2020). *Numerical Solution for Weather Forecasting Using Finite Difference Scheme. IOSR Journal of Mathematics*, 16(3), 49-56.
- Febriyanti, A. L., Pancahayani, S., Faisal, M. (2022). Model Matematika Penyebaran Polusi Udara untuk Menentukan Jarak Aman Pemukiman dari Cerobong Asap Industri. 6(1), 35–46.
- Giordano, F.R. dan Weir, M.D. (2002). *Differential Equations A Modeling Approach. Addison-Wesley Publishing Company: New York.*
- Hasan, Yuliyanto, T., Amalia, R., Faisol. 2016. Penerapan Metode Beda Hingga pada Model Matematika Aliran Banjir dari Persamaan Saint venat. *Zeta-Math Journal*. Vol. 02.

- Hogi, F., Syam, M., Limbong, S., Ilmu, P., Makassar, P., & Nautika, P. S. (2021). Analisis Pengaruh Angin dan Arus Terhadap Olah Gerak USV . 05, 121–126.
- Li, Z., Qiao, Z., Tang, T. (2017). *Numerical Solution of Differential Equation: Introduction to Finite Difference and Finite Element Methods*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Maulidi, I. (2018). Metode Beda Hingga untuk Penyelesaian Persamaan Diferensial Parsial. OSF Preprints, 2(1), 1–10.
- Meksianis, Z. 2018. Pemodelan Matematika Dinamika Populasi dan Penyebab Penyakit. Yogyakarta, Universitas Nusa Cendana.
- Nurhayati, Ruby, T., Aziz, D., dan Nuryaman, A (2023). Pemodelan Matematika Laju Aliran Panas pada Wajan Pembuatan Arang Aktif-13 dengan menggunakan Metode Beda Hingga (Finite Difference Method). *Journal Of Innovation Research and Knowledge*, 3(1), 124-130
- Powers, D.L. (2006). *Boundary Value Problem and Partial Differential Equation 5th edition*. Elsevier inc.: New York.
- Rahmatudin, J., Sumliyah. (2024). Pemrograman Python. PT Literasi Nusantara Abadi Grup.
- Sitompul, H.A., dan Siahaan E.W.B. (2022). Akurasi Solusi Numerik pada Persamaan Gelombang berdimensi-satu. *Jurnal Penelitian Fisikawan*, 5(1), 54-63.
- Strauss, W. (2007). *Partial Differential Equations, An Introduction 2nd Edition*. John Wiley and Sons: New York.