

IMPLEMENTASI METODE BEDA HINGGA (*FINITE DIFFERENCE METHOD*) DALAM PEMODELAN PENGARUH LAJU ANGIN TERHADAP PEMBANGKIT LISTRIK

(Skripsi)

Oleh

MUHAMAD SIDIQ



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF THE FINITE DIFFERENCE METHOD IN MODELING THE EFFECT OF WIND RATE ON POWER PLANT

By

Muhamad Sidiq

Limitations of electrical energy and high dependence on fossil fuels result in the need for a solution, namely finding other sources of energy, such as wind power plants. In this study, modeling the wind speed equation at a power plant uses the finite difference method, especially Newton's interpolation. Newton's interpolation is a method for constructing interpolation polynomials from a set of data points. So that the result is that changes in wind speed affect the electricity generated so that the greater the wind speed obtained, the greater the electrical power generated. With the model obtained using the finite difference method to describe the wind speed to the power plant as follows:

$$f(x) = - 1.671841223799393 + 1.0995565663132x \\ - 0.99528686867561x^2 + 0.43199999999997x^3 \\ + 0.000000000000000023x^4$$

Keywords : Mathematical Modeling, Finite Difference, Newtonian Interpolation, and Wind Power Generation.

ABSTRAK

IMPLEMENTASI METODE BEDA HINGGA (*FINITE DIFFERENCE METHOD*) DALAM PEMODELAN PENGARUH LAJU ANGIN TERHADAP PEMBANGKIT LISTRIK

Oleh

Muhamad Sidiq

Keterbatasan energi listrik dan tingginya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil mengakibatkan diperlukannya solusi yaitu mencari sumber daya lain, seperti pembangkit listrik tenaga angin. Dalam kajian ini, dilakukan pemodelan persamaan laju angin pada pembangkit listrik menggunakan metode beda hingga khususnya interpolasi newton. Interpolasi Newton merupakan metode untuk membangun polinomial interpolasi dari suatu himpunan titik data. Sehingga diperoleh hasil bahwasanya perubahan laju angin mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan sehingga semakin besar laju angin yang didapat maka semakin besar juga daya listrik yang dihasilkan. Dengan model yang diperoleh menggunakan metode beda hingga untuk menggambarkan laju angin terhadap pembangkit listrik sebagai berikut:

$$f(x) = - 1.671841223799393 + 1.0995565663132x \\ - 0.99528686867561x^2 + 0.4319999999997x^3 \\ + 0.000000000000000023x^4$$

Kata kunci : Pemodelan Matematika, Beda Hingga, Interpolasi Newton , dan Pembangkit Listrik Tenaga Angin

IMPLEMENTASI METODE BEDA HINGGA (*FINITE DIFFERENCE METHOD*) DALAM PEMODELAN PENGARUH LAJU ANGIN TERHADAP PEMBANGKIT LISTRIK

Oleh
MUHAMAD SIDIQ
1917031001

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung



JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI METODE BEDA HINGGA
(FINITE DIFFERENCE METHOD) DALAM
PEMODELAN PENGARUH LAJU ANGIN
TERHADAP PEMBANGKIT LISTRIK**

Nama Mahasiswa : **Muhamad Sidiq**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031001**

Program Studi : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. **Komisi Pembimbing**


Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19620704 198803 1 002


Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si.
NIP. 19731109 200012 2 001

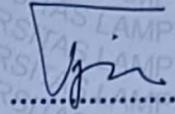
2. **Ketua Jurusan Matematika**


Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP 19740316 200501 1 001

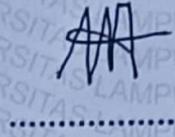
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

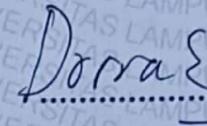
Ketua : Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.



Sekretaris : Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dra. Dorrah Aziz, M.Si.**



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Mei 2023

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Muhamad Sidiq**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031001**

Jurusan : **Matematika**

Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI METODE BEDA HINGGA
(FINITE DIFFERENCE METHOD) DALAM
PEMODELAN PENGARUH LAJU ANGIN
TERHADAP PEMBANGKIT LISTRIK**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah karya penulisan ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 22 Mei 2023

Penulis



Muhamad Sidiq
NPM. 1917031001

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Muhamad Sidiq lahir di Siswo Bangun, Kecamatan Seputih Banyak, Kabupaten Lampung Tengah pada 17 Januari 2000. Penulis merupakan anak terakhir dari pasangan Bapak Giono dan Ibu Sadiyah.

Penulis menempuh pendidikan taman kanak-kanak (TK) di RA Muslimat 04 Siswo Bangun pada tahun 2006 sampai dengan 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Siswo Bangun pada tahun 2007 sampai dengan 2013. Penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 2 Seputih Banyak pada tahun 2013 sampai dengan 2016. Kemudian menempuh pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAS Paramarta 1 Seputih Banyak pada tahun 2016 sampai dengan 2019. Pada tahun 2019 penulis melanjutkan pendidikan Strata Satu (S1) di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) serta menjadi penerima Beasiswa Bidikmisi.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah bergabung menjadi anggota Generasi Muda Penerus HIMATIKA (GEMATIKA) pada periode 2019. Pada periode 2020 penulis bergabung menjadi anggota Bidang Eksternal HIMATIKA dan menjadi Staf Ahli Dinas Pergerakan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM U KBM UNILA). Pada periode 2021 penulis bergabung menjadi Dirjen Luar Negeri Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM FMIPA) Universitas Lampung.

Pada bulan Juni sampai Agustus 2022, penulis melaksanakan kegiatan Kerja Praktik (KP) di Dinas Bina Marga dan Bina Kontruksi (BMBK) Provinsi

Lampung. Sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu kepada masyarakat, pada bulan Januari sampai Maret 2022, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gaya Baru, Kec. Seputih Surabaya, Kab. Lampung Tengah.

KATA INSPIRASI

“Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu”

(QS. Al-Baqarah : 45)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah : 5)

“(Ingatlah), ketika Yusuf berkata kepada ayahnya: 'Wahai ayahku, sesungguhnya aku bermimpi melihat sebelas bintang, matahari dan bulan; kulihat semuanya sujud kepadaku. “

(QS. Yusuf : 4)

“Sukses Mulia”

(Muhamad Sidiq)

PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim
Alhamdulillahirobbil'alamin*

Dengan segala kerendahan hati mengucapkan syukur kepada Allah SWT
Atas segala ridhonya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Saya persembahkan karya ini kepada :

Kedua Orang Tua dan Keluarga

Terima kasih atas segala kasih sayang, pengorbanan, doa, pengetahuan, dan nasehat. Terima kasih yang tiada terhingga telah mendukung segala bentuk keinginan penulis. Terima kasih telah mengajarkan banyak hal luar biasa, dan banyak pelajaran yang berharga sehingga menjadikan penulis menjadi seseorang yang kuat .

Dosen Pembimbing dan Pembahas

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

Sahabat-sahabatku

Terimakasih atas semua keceriaan dan semangat yang telah diberikan.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW atas dakwah dan risalah Beliau, sehingga kita dapat berada di zaman yang penuh ilmu. Skripsi dengan judul “**Implementasi Metode Beda Hingga (*Finite Difference Method*) dalam Pemodelan Pengaruh Laju Angin Terhadap Pembangkit Listrik**” disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat) pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D., selaku pembimbing utama atas kesediaan waktu, pemikiran dalam memberikan evaluasi, arahan, dan saran yang membangun dalam proses penyusunan skripsi.
2. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si., selaku pembimbing kedua atas kesediaan waktu, arahan, dan saran yang membangun dalam proses penyusunan skripsi.
3. Ibu Dra. Dorrah Aziz, M.Si., selaku dosen pembahas atas kesediaan waktu, saran, dan masukan yang membangun selama proses penyusunan skripsi.
4. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan nasehat selama penulis menjalankan perkuliahan.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Seluruh Dosen, Staf, dan Civitas Akademika Jurusan Matematika Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Terima kasih untuk diri sendiri yang telah berjuang, bertumbuh dan bertahan hingga dapat menyelesaikan skripsi.
9. Bapak dan Ibu tersayang, untuk kakak beserta keluarga besar yang selalu mendoakan, memberikan dukungan baik moril maupun materil, serta selalu memotivasi penulis.
10. Hilda Priharyati yang selalu support dan memberikan semangat
11. Untuk keluarga delima agung: Wiranto dan Candra yang selalu menemani setiap keluh kesah, kebersamai dengan canda tawa, kebersamaan yang tanpa batas, serta semua kebaikan yang tak terhitung lagi.
12. Teman-teman Matematika 2019 dan Abang Yunda yang telah membantu selama perkuliahan selama ini.
13. Seluruh pihak terkait yang membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu, saran dan kritikan yang membangun senantiasa penulis harapkan. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak yang memerlukan. Aamiin.

Bandar Lampung, 22 Mei 2023

Penulis

Muhamad Sidiq

NPM. 1917031001

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pemodelan Matematika	5
2.2 Persamaan Diferensial.....	6
2.3 Persamaan Diferensial Biasa.....	7
2.4 Persamaan Diferensial Parsial.....	8
2.5 Metode Beda Hingga.....	9
2.5.1 Interpolasi Newton.....	13
2.6 Generator.....	15
2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Angin	16
2.8 Laju Angin	16
2.9 Listrik	17
III. METODELOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Metode Penelitian.....	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Hasil Penelitian	20
4.2 Pembahasan Penelitian.....	23
4.2.1. Analisis Hubungan Laju Angin terhadap Daya Listrik.....	29
V. KESIMPULAN	33

5.1. Kesimpulan	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Metode Interpolasi Beda Hingga	15
2. Spesifikasi Turbin	20
3. Daya Listrik yang dihasilkan	27
4. Sampel data laju angin dan daya listrik yang digunakan	28
5. Selisih-Terbagi untuk 5 titik data berpasangan	29
6. Selisih-Terbagi untuk hubungan Laju angin terhadap daya listrik	29
7. Hasil interpolasi newton untuk hubungan Laju angin terhadap daya listrik...	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Garis Sembarang	9
2. Kemiringan Garis M	10
3. Pengukuran Titik Tengah	10
4. Laju Tc	11
5. Laju Tc Digaris Horizontal Dan Vertikal.....	11
6. Laju Tc Pada Bidang.....	12
7. Laju Tc 4 Titik	12
8. Grafik Plot Data Laju Angin	23
9. Kurva Pengaruh Laju Angin terhadap Daya Listrik	32

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Matematika merupakan suatu ilmu yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan atau persoalan matematis. Dalam kehidupan sehari-hari seseorang tidak lepas dari permasalahan nyata yang dapat diselesaikan dengan matematika. Matematika menghasilkan banyak metode atau rumus yang dapat digunakan dalam pengembangan matematika itu sendiri maupun ilmu-ilmu lainnya. Salah satu ilmu matematika yang sering digunakan untuk memecahkan masalah kehidupan adalah pemodelan matematika.

Pemodelan matematika merupakan bidang matematika yang berusaha untuk mempresentasikan dan menjelaskan sistem-sistem fisik atau masalah pada dunia nyata dalam pernyataan matematika sehingga diperoleh pemahaman dari masalah dunia nyata ini menjadi lebih tepat. Sederhananya, model matematika merupakan usaha untuk menggambarkan suatu fenomena dalam bentuk rumus matematis sehingga mudah untuk dipelajari dan dilakukan perhitungan. Matematika terapan adalah cabang matematika yang menerapkan pengetahuan matematika ke bidang lain, merangsang dan menggunakan penemuan-penemuan matematika baru, dan yang perkembangannya dapat mengarah pada perkembangan di bidang lain.

Salah satu cabang Matematika terapan yang sering digunakan adalah persamaan diferensial baik biasa maupun parsial. Persamaan diferensial merupakan persamaan yang mempunyai variabel terikat dan variabel bebas beserta turunannya. Persamaan diferensial parsial adalah persamaan dengan n variabel.

Dengan demikian perbedaan persamaan diferensial biasa dengan persamaan diferensial parsial terletak pada peubah bebasnya. Persamaan diferensial biasa dan persamaan diferensial parsial dalam pengaplikasian di dunia nyata dapat untuk menghitung laju angin, laju perpindahan panas dan lain-lain

Keterbatasan energi listrik dan tingginya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sehingga diperlukannya solusi dari permasalahan tersebut dengan mencari sumber daya lain. Indonesia merupakan negara yang kaya akan potensi sumber daya alam yang melimpah, baik matahari, air dan angin merupakan alternatif peluang energi yang dapat dimanfaatkan sebaik mungkin. Masyarakat sekarang sangat bergantung pada listrik dari bahan bakar fosil, tidak hanya sebagai penerangan juga mendukung kegiatan ekonomi. Akibat yang ditimbulkan dari beban besar pemakaian adalah sering terjadinya pemadaman bergilir dan sering terjadinya gangguan, yang mengakibatkan perekonomian berhenti. Alternatif energi pengganti yang sangat berpotensi salah satunya adalah memanfaatkan energi angin sebagai sumber energi untuk pembangkitan energi listrik. (Bachtiar *et al.*, 2018)

Metode beda hingga merupakan metode numerik yang menggunakan pendekatan solusi persamaan diferensial untuk menentukan fungsi diskrit yang memenuhi keterkaitan antara turunan fungsi dalam waktu dengan syarat batas sepanjang tepi domain. Keunggulan metode beda hingga dalam penyelesaian numerik adalah pada fitur formulasi tekanan dalam aliran. Dalam meninjau aliran tekanan udara, sering digunakan konsep diskrit meskipun aliran itu sendiri dianggap sebagai sesuatu yang kontinu. Interpolasi Newton merupakan metode untuk membangun polinomial interpolasi dari suatu himpunan titik data. Polinomial interpolasi Newton didefinisikan sebagai jumlah terbatas dari suku-suku yang dihitung dari nilai fungsi pada suatu himpunan titik-titik data. Metode ini berguna ketika kita perlu memperkirakan nilai fungsi pada suatu titik yang tidak termasuk dalam himpunan data yang diberikan. Ide dasar di balik interpolasi Newton adalah menggunakan diferensi terbagi untuk mendapatkan polinomial interpolasi. Diferensi terbagi adalah serangkaian koefisien yang digunakan untuk

membangun polinomial. Koefisien ini dihitung secara rekursif dari nilai-nilai fungsi pada titik-titik data yang diberikan (Hapsoro & Srigutomo, 2018).

Sulistyono (2015), pernah melakukan penelitian tentang penerapan metode beda hingga skema eksplisit pada persamaan konduksi panas. Dimana pada penelitian ini mengkaji bentuk numerik pada persamaan konduksi yang dimodelkan dengan persamaan diferensial parsial dengan tipe parabolik yang menerapkan metode beda hingga skema eksplisit. Sedangkan Nurhayati, *et al.* (2019), melakukan penelitian tentang penerapan metode beda hingga untuk pemodelan matematika dalam laju aliran panas pada wajan pembuatan arang aktif-13.

Berdasarkan rumusan masalah tersebut penulis tertarik untuk menerapkan metode beda hingga dalam pemodelan pengaruh laju angin terhadap pembangkit listrik.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk :

1. Mengimplementasikan metode beda hingga khususnya interpolasi Newton dalam menghitung pengaruh laju angin terhadap pembangkit listrik.
2. Memodelkan persamaan laju angin pada pembangkit listrik menggunakan metode beda hingga.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini antara lain:

1. Memberikan sumbangan pemikiran dalam memperluas wawasan ilmu matematika.

2. Menjadi referensi bagi peneliti yang ingin mengkaji perhitungan matematika dalam pemodelan laju angin pembangkit listrik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemodelan Matematika

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering mendengar kata model. Model dapat diartikan sebagai tiruan yang menyerupai sesungguhnya dalam beberapa hal mempunyai karakteristik benda aslinya. Model dapat dibedakan menjadi model ikonik, model analog, model simbolik. Model ikonik menyerupai model aslinya dari segi fisik, seperti bentuk, pola, dan fungsi. Model analog merupakan model yang berupa sistem dan digunakan untuk menggambarkan atau menjelaskan sistem lain. Sedangkan model simbolik adalah model yang menggunakan simbol atau lambang untuk menggambarkan sifat-sifat objek yang dimodelkan. Model matematika merupakan salah satu model yang menggunakan lambang atau simbol.

Model matematika suatu fenomena adalah suatu ekspresi matematika yang diturunkan dari fenomena tersebut. Ekspresi dapat berupa persamaan, sistem persamaan atau ekspresi-ekspresi matematika yang lain seperti fungsi dan relasi. Model matematika dapat diklasifikasikan lagi menjadi model statistik, model deterministik, dan model probabilistik atau stokastik. Model statistik bisa berupa fungsi baik satu variabel atau lebih. Model deterministik hanya untuk menggambarkan gejala-gejala yang dapat diukur dengan derajat kepastian yang tinggi. Model probabilistik atau stokastik untuk menggambarkan gejala yang bersifat probabilistik atau stokastik. Dalam modelnya terdapat variabel atau parameter yang bersifat probabilistik atau stokastik. Pemodelan matematika merupakan proses dalam menurunkan model matematika dari suatu fenomena

berdasarkan asumsi-asumsi yang digunakan. Secara umum dalam menerapkan matematika untuk mempelajari suatu fenomena meliputi tiga langkah, yaitu:

- Pemodelan matematika suatu fenomena, perumusan masalah. Langkah ini untuk menterjemahkan data maupun informasi yang diperoleh tentang suatu fenomena dari masalah nyata menjadi model matematika. Dalam model matematika, suatu fenomena dapat dipelajari secara lebih terukur(kuantitatif) dalam bentuk (sistem) persamaan/pertidaksamaan matematika maupun ekspresi matematika.
- Pencarian solusi/kesimpulan matematika. Setelah model matematika diperoleh, solusi atas model tersebut dicari dengan menggunakan metode-metode matematika yang sesuai. Solusi matematika ini sering dinyatakan dalam fungsi-fungsi matematika, angka-angka maupun grafik.
- Interpretasi solusi/kesimpulan matematika pada fenomena yang dipelajari

Dalam matematika terapan, solusi yang berupa fungsi, angka-angka maupun grafik tidak berarti banyak apabila solusi tersebut tidak menjelaskan permasalahan awalnya. Oleh karena itu, interpretasi solusi penting untuk mengerti arti dan implikasi solusi tersebut terhadap fenomena awal dari mana masalahnya berasal. (Edi Cahyono,2013)

2.2 Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial merupakan salah satu cabang ilmu matematika. Persamaan diferensial dapat diartikan sebagai suatu persamaan yang terdapat satu atau lebih turunan dari suatu fungsi yang tidak diketahui. Persamaan diferensial juga dapat digolongkan menjadi persamaan diferensial linear dan nonlinear. Persamaan diferensial adalah linear jika dalam persamaan tersebut setiap sukunya hanya mempunyai satu order turunan, tidak terdapat suku yang memuat fungsi yang tidak diketahui beserta turunannya, dan tidak terdapat turunan yang dipangkatkan.

Ringkasnya persamaan diferensial linear itu sederhana sedang persamaan diferensial nonlinear itu rumit.

Penerapan persamaan diferensial dapat dijumpai pada gerak suatu benda. Sebagai contoh suatu pegas diberi suatu benda bermassa pada ujungnya, digantung secara vertikal pada suatu titik tetap. Pegas tersebut dibiarkan berosilasi bebas secara vertikal, maka persamaan gerak yang diperoleh nantinya akan berwujud suatu persamaan diferensial. Ataupun juga suatu benda yang dilempar dari suatu ketinggian, posisi benda setiap saat dapat diperoleh dengan menyelesaikan persamaan diferensial gerak benda tersebut.

Persamaan diferensial adalah suatu persamaan yang tidak diketahui dituliskan sebagai fungsi $u = u(t)$ dan menghubungkan fungsi yang diketahui dengan beberapa turunannya. Beberapa notasi digunakan untuk turunan, diantaranya

$$u', \frac{du}{dt}, \dot{u}, \dots$$

Notasi titik atas umumnya digunakan pada fisika dan teknik; kebanyakan digunakan notasi umum. Persamaan diferensial dapat digunakan sampai derivatif ke n , dinotasikan dengan $u(n)$. (Nuha & Waluya, 2015)

2.3 Persamaan Diferensial Biasa

Persamaan diferensial biasa merupakan persamaan diferensial yang mengandung satu atau lebih fungsi (peubah tak bebas) beserta turunannya terhadap satu peubah bebas. Jika diambil $y(x)$ sebagian suatu fungsi satu variabel, dengan x dinamakan variabel bebas dan y dinamakan variabel tak bebas, maka suatu persamaan diferensial biasa dapat dinyatakan dalam bentuk $F(x, y, y', y'', \dots, y^n) = 0$.

Contoh :

1. $\frac{dy}{dx} = x + 7$
2. $\frac{dy}{dx} = 9x^2 - 5x + 1$

$$3. \frac{dy}{dx} = 3e^{-x}$$

(Ross, 1984).

2.4 Persamaan Diferensial Parsial

Suatu persamaan yang meliputi turunan fungsi dari satu atau lebih variabel terikat terhadap satu atau lebih variabel bebas disebut persamaan diferensial. Jika turunan fungsi itu hanya tergantung pada satu variabel bebas maka disebut persamaan diferensial biasa (PDB) dan bila tergantung pada lebih dari satu variabel bebas disebut persamaan diferensial parsial (PDP). Pada PDP, variabel bebas dapat berupa waktu dan satu atau lebih koordinat ruang.

Persamaan diferensial parsial (PDP) adalah persamaan diferensial yang menyangkut turunan parsial dari satu atau lebih variabel tak bebas terhadap satu atau lebih variabel bebas (Ross, 1984).

Persamaan diferensial parsial merupakan persamaan dengan dua variabel bebas/penentu atau lebih. Rumus-rumus beda maju, beda mundur serta beda tengah:

Beda maju

$$U_x(t, x_0) \approx \frac{U(t_n, x_{i+1}) - U(t_n, x_i)}{\Delta x} \quad (2.1)$$

Beda mundur

$$U_x(t, x_i) \approx \frac{U(t_n, x_i) - U(t_n, x_{i-1})}{\Delta x} \quad (2.2)$$

Beda tengah

$$U_x(t_n, x_i) \approx \frac{U(t_n, x_{i+1}) - U(t_n, x_{i-1})}{2\Delta x} \quad (2.3)$$

Dan

$$U_{xx}(t_n, x_i) \approx \frac{U(t_n, x_{i+1}) - 2U(t_n, x_i) + U(t_n, x_{i-1}))}{\Delta x^2} \quad (2.4)$$

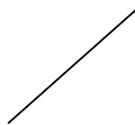
(Maulidi, 2018)

2.5 Metode Beda Hingga

Metode beda hingga merupakan metode numerik yang umum digunakan untuk menyelesaikan persoalan teknis dan problem matematis dari suatu gejala fisis. Secara umum metode beda hingga adalah metode yang mudah digunakan dalam penyelesaian problem fisis yang mempunyai bentuk geometri yang teratur, seperti interval dalam satu dimensi, domain kotak dalam dua dimensi, dan kubik dalam ruang tiga dimensi (Li, 2010).

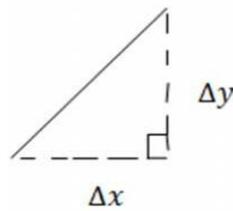
Metode beda hingga bersifat eksplisit, artinya keadaan suatu sistem atau solusi variabel pada suatu saat dapat digunakan untuk menentukan keadaan sistem pada waktu berikutnya. Berbeda dengan metode implisit, yang mana penentuan solusi sistem harus dengan memecahkan sistem pada kedua keadaan, sekarang dan yang akan datang.

Berikut merupakan gambar garis sembarang



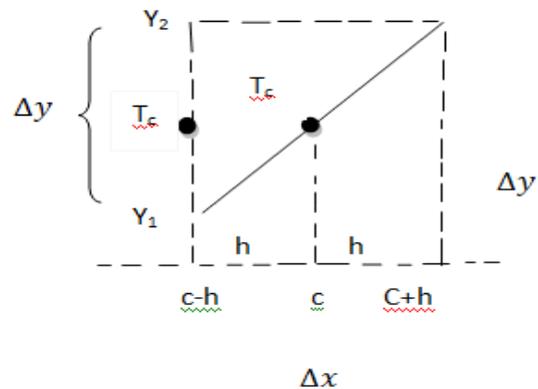
Gambar 1 Garis Sembarang

Dimana kemiringan dilambangkan dengan m , sehingga didapatkan rumus mencari kemiringan $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ dimana dapat dilihat grafiknya



Gambar 2 Kemiringan Garis M

Mengukur kemiringan garis dengan alat bantu sebuah penggaris. Titik tengah garis atau disebut *center* dengan menggunakan koordinat kartesius.



Gambar 3 Pengukuran Titik Tengah

Titik tengah garis yang dilambangkan dengan m dan didapat persamaannya

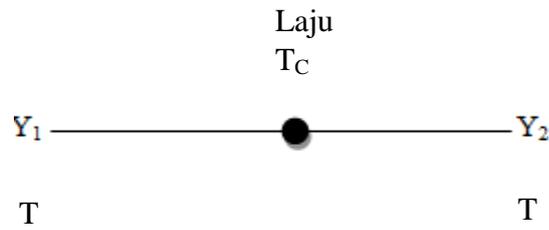
$$\text{yakni } m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{2h}$$

dimana Y_2 merupakan nilai fungsi $f(c + h) = y_2$

dan Y_1 merupakan nilai fungsi $f(c - h) = y_1$

T_c merupakan simbol dari laju angin

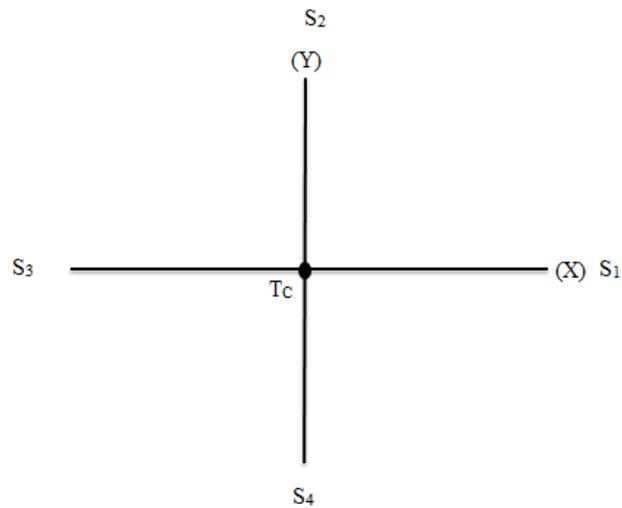
Laju T_c pada 1 titik

Gambar 4 Laju T_C

$$T_c = \frac{T_2 - T_1}{2h}$$

$$T_c = \frac{T_2 + T_1}{2}$$

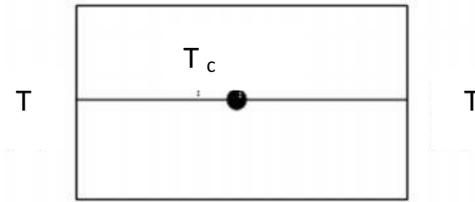
Laju T_C di titik tengah pada garis horizontal dan vertikal

Gambar 5 Laju T_C Digaris Horizontal Dan Vertikal

$$T_c = \frac{(S_1 + S_2 + S_3 + S_4)}{4}$$

$$(S_1 + S_2 + S_3 + S_4) - 4T_c = 0$$

Laju T_c pada bidang

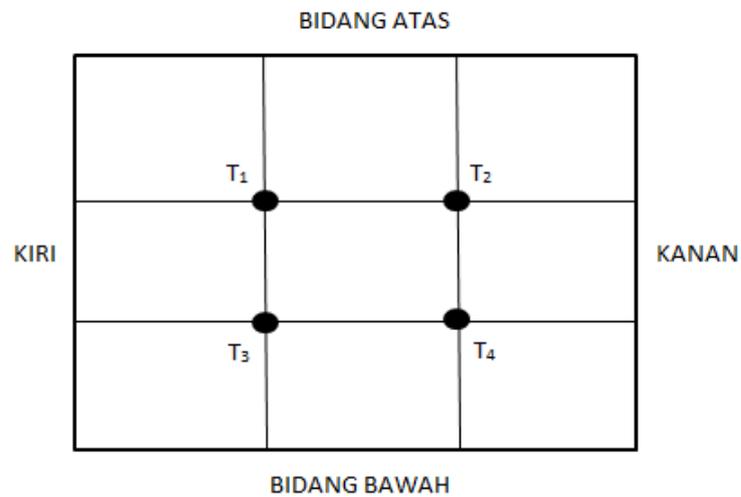


Gambar 6 Laju T_c Pada Bidang

$$2T_c = T_2 + T_1$$

$$0 = T_1 + T_2 - 2T_c$$

$$T'_c = \frac{T_2 - T_1}{2}$$



Gambar 7 Laju T_c 4 Titik

$$T_1 = \frac{K + T_2 + T_3 + BA}{4} \text{ Atau } K + T_2 + T_3 + BA - 4T_1 = 0$$

$$T_2 = \frac{T_1 + T_4 + KA + BA}{4} \text{ Atau } T_1 + T_4 + KA + BA - 4T_2 = 0$$

$$T_3 = \frac{T_4 + BB + K + T_1}{4} \quad \text{Atau} \quad T_4 + BB + K + T_1 - 4T_3 = 0$$

$$T_4 = \frac{KA + BB + T_3 + T_2}{4} \quad \text{Atau} \quad KA + BB + T_3 + T_2 - 4T_4 = 0$$

Keterangan :

Tc = Laju Angin

S = Arah Angin

K = Kiri

BA= Bidang Atas

KA = Kanan

BB =Bidang Bawah

(Alieslow, 2012).

2.5.1 Interpolasi Newton

Interpolasi newton atau dikenal dengan interpolasi polinomial newton muncul untuk membuat prediksi nilai fungsi jika diberikan banyak data. Dari sebanyak n data dapat dibuat polinomial berderajat $n - 1$

Rumus umum yang sering digunakan untuk interpolasi polinomial newton adalah :

$$f_n(x) = b_0 + b_1(x - x_0) + \dots + b_n(x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_{n-1}) \quad (2.5)$$

Seperti yang dilakukan interpolasi linier dan kuadrat, titik-titik data dapat dilakukan dengan evaluasi koefisien b_0, b_1, \dots, b_n . Untuk polinomial order n , diperlukan $(n + 1)$ titik data $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$. Dengan menggunakan titik-titik data tersebut, maka persamaan berikut digunakan untuk mengevaluasi koefisien b_0, b_1, \dots, b_n .

$$b_0 = f(x_0) \quad (2.6)$$

$$b_1 = f[x_1, x_0] \quad (2.7)$$

$$b_2 = f[x_2, x_1, x_0] \quad (2.8)$$

$$b_n = f[x_n, x_{n-1}, \dots, x_2, x_1, x_0] \quad (2.9)$$

Dengan definisi fungsi berkurung ([...]) adalah pembagian beda hingga.

Misalnya, pembagian beda hingga pertama adalah:

$$f[x_i, x_j] = \frac{f(x_i) - f(x_j)}{x_i - x_j} \quad (2.10)$$

Pembagian beda hingga kedua adalah:

$$f[x_i, x_j, x_k] = \frac{f(x_i, x_j) - f(x_j, x_k)}{x_i - x_k} \quad (2.11)$$

Pembagian beda hingga ke n adalah:

$$f[x_n, x_{n-1}, \dots, x_2, x_1, x_0] = \frac{f(x_n, x_{n-1}, \dots, x_1) - f(x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_0)}{x_n - x_0} \quad (2.12)$$

Bentuk pembagian beda hingga tersebut dapat digunakan untuk mengevaluasi koefisien-koefisien dalam persamaan (2.6) sampai persamaan (2.9) yang kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan (2.5) untuk mendapatkan interpolasi polinomial order n .

$$f_n(x) = f(x_0) + f[x_1, x_0](x - x_0) + f[x_2, x_1, x_0](x - x_0)(x - x_1) + \dots + f[x_n, x_{n-1}, \dots, x_2, x_1, x_0](x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_{n-1}) \quad (2.13)$$

Persamaan (2.10) sampai persamaan (2.12) adalah berurutan, artinya pembagian beda yang lebih tinggi terdiri dari pembagian beda hingga yang lebih rendah, secara skematis bentuk yang berurutan tersebut ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1 Metode Interpolasi Beda Hingga

i	x_i	$f(x_i)$	Pertama	Kedua	Ketiga
0	x_0	$f(x_0)$	$f[x_1, x_0]$	$f[x_2, x_1, x_0]$	$f[x_3, x_2, x_1, x_0]$
1	x_1	$f(x_1)$	$f[x_2, x_1]$	$f[x_3, x_2, x_1]$	
2	x_2	$f(x_2)$	$f[x_3, x_2]$		
3	x_3	$f(x_3)$			

2.6 Generator

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa Listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik. Generator berhubungan erat dengan hukum Faraday. Berikut hasil dari hukum Faraday “ bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk Gaya Gerak Listrik ”(Sunarlik, 2017)

Generator Listrik merupakan sebuah mesin yang dapat mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik. Energi yang menggerakkan generator sendiri sumbernya bermacam macam. Pada pembangkit listrik tenaga angin misalnya generator bergerak karena adanya kincir yang berputar karena energi angin. Demikian pula pada pembangkit listrik tenaga air maka yang menggerakkan adalah energi gerak dari air. Sedang pada pembangkit listrik tenaga diesel gerak dari generator didapatkan dari proses pembakaran bahan bakar diesel.

2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau sering juga disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki efisiensi kerja yang baik jika dibandingkan dengan pembangkit listrik energi terbarukan lainnya. Prinsip kerja PLTB adalah dengan memanfaatkan energi kinetik angin yang masuk ke dalam area efektif turbin untuk memutar baling-baling/kincir angin, kemudian energi putar ini diteruskan ke generator untuk membangkitkan energi listrik. Berdasarkan data dari GWEC, jumlah PLTB yang ada di dunia saat ini adalah sebesar 157.900 Mwa, dan pembangkit jenis ini setiap tahunnya mengalami peningkatan dalam pembangunannya sebesar 20-30%. Teknologi PLTB saat ini dapat mengubah energi gerak angin menjadi energi listrik dengan efisiensi rata-rata sebesar 40%. Efisiensi 40% ini disebabkan karena akan selalu ada energi kinetik yang tersisa pada angin karena angin yang keluar dari turbin tidak mungkin mempunyai laju sama dengan nol. (Adam et al., 2019).

2.8 Laju Angin

Laju merupakan jarak yang ditempuh per satuan waktu tanpa memperhatikan arahnya, yang artinya menandakan seberapa cepat suatu benda bergerak. Kelajuan termasuk besaran skalar karena hanya memiliki besar dan tidak memiliki arah. Kelajuan yang lebih tinggi berarti sebuah objek bergerak lebih cepat. Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah. Apabila dipanaskan, udara memuai. Udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun karena udaranya berkurang. Udara dingin di sekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tadi. Udara menyusut

menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Di atas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dinamakan konveksi.(MS & Ibrochim, 2010).

2.9 Listrik

Energi listrik merupakan salah satu jenis energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik atau energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan volt (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan Watt (W) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Energi listrik menjalankan peralatan rumah tangga, peralatan perkantoran, mesin industri, kereta api listrik, lampu umum, alat pemanasan, memasak, dan lain-lain. Energi yang dihasilkan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti air, minyak, batu bara, angin, panas bumi, nuklir, matahari, dan lainnya. Satuan pokok energi listrik adalah Joule, satuan lain adalah KWh (Kilowattjam). Listrik untuk industri dan perumahan dihasilkan dari pembangkit listrik, misalnya: PLTA, PLTB, PLTD (diesel), PLTM, PLTS (surya), PLTU, dan lainnya (Adam *et al.*, 2019).

Berikut merupakan rumus untuk mencari daya listrik yang dengan menggunakan laju angin :

$$P_w = \frac{1}{2} \rho_a A_t V^3$$

dengan:

P_w : Daya angin (W)

V : Laju angin (m/s)

A_t : Luas penampang (m^2)

ρ_a : kerapatan udara (kg/m^3)

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Semester Ganjil tahun akademik 2022/2023 dengan melakukan penelitian secara studi pustaka di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung

3.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan berupa buku-buku teks, internet, dan jurnal yang menunjang penelitian. sedangkan alat yang digunakan adalah laptop, generator kincir angin, alat pengukur dan instalansi pendukung lainnya.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara studi pustaka yaitu mempelajari buku-buku teks yang terdapat di perpustakaan jurusan matematika, perpustakaan Universitas Lampung dan jurnal yang menunjang proses penelitian dan juga praktek penelitian secara langsung. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan referensi yang berhubungan dengan penelitian.
2. Menuliskan definisi dan teorema yang berhubungan dengan penelitian.

3. Mempelajari dan memahami definisi dan teorema yang berhubungan dengan penelitian.
4. Menggunakan definisi dan teorema sebagai acuan dalam melakukan penelitian.
5. Pengambilan sampel data laju angin pada lokasi penelitian yaitu di Kelurahan Gunung Terang.
6. Menganalisi data hasil pengambilan sampel.
7. Melakukan pembahasan dan perhitungan dengan menggunakan metode beda hingga sehingga diperoleh pemodelan pengaruh laju angin terhadap pembangkit listrik.
8. Penarikan kesimpulan dari hasil perhitungan di atas.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai metode beda hingga dalam pemodelan laju angin terhadap pembangkit listrik diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode beda hingga khususnya Interpolasi Newton didapat model matematika untuk menggambarkan laju angin terhadap pembangkit listrik yaitu

$$f(x) = -1.671841223799393 + 1.0995565663132x \\ - 0.99528686867561x^2 + 0.4319999999997x^3 \\ + 0.0000000000000000023x^4$$

2. Diperoleh bahwa perubahan laju angin mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan sehingga semakin besar laju angin yang didapat maka semakin besar juga daya listrik yang dihasilkan

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M., Harahap, P., & Nasution, M. R. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Laju Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc. *RELE (Rekayasa ElektrikalEnergi) : Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 30–36.
- Alieslow.2012. <http://alieslow.blogspot.com/2012/01/persamaan-diferensial-parsial-dengan.html>.
- Bachtiar, A., & Hayyatul, W. (2018). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 7(1), 34–45.
- Cahyono, Edi. 2013. *Pemodelan Matematika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hapsoro, C. A., & Srigutomo, W. (2018). 2-D Fluid Surface Flow Modeling using Finite-Difference Method Pemodelan Aliran Fluida 2-D Pada Kasus Aliran Permukaan 2-D Fluid Surface Flow Modeling using Finite-Difference Method. *Jurnal Matematika & Sains*, 18(August 2013), 81–92.
- Li, Zhilin. 2010. *Finite Difference Methods Basics*. Scientific computation and departement of Mathematics North California State University.
- Maulidi, I. (2018). Metode Beda Hingga untuk Penyelesaian Persamaan Diferensial Parsial. *OSF Preprints*, 2(1), 1–10.
- MS, S., & Ibrochim, M. (2010). Analisa Potensi Energi Angin Dan Estimasi Energi Output Turbin Angin Di Lebak Banten. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 7(1), 51–59.
- Nuha, M., & Waluya, S. (2015). Metode Averaging Untuk Menyelesaikan Persamaan Diferensial Nonlinear Pendulum Elastis. *Unnes Journal of Mathematics*, 4(1), 21–28.
- Nurhayati, R, T., A, D., & N, A. (2019). Pemodelan Matematika Laju Aliran Panas pada Wajan Pembuatan Arang Aktif-13 dengan Menggunakan Metode Beda Hingga (*Finite Difference Method*). , 125–130.
- Shepley L. Ross. 1984. *Differential Equations*. Wiley, New York.

Sulistyo, B. A. (2015). Aplikasi Metode Beda Hingga Skema Eksplisit Pada Persamaan Konduksi Panas. *Math Educator Nusantara, 1*, 41–46.

Sunarlik, W. (2017). Prinsip Kerja Generator. *Prinsip Kerja Generator Sinkron*.