

**IDENTIFIKASI POLA CURAH HUJAN DI SUMATERA  
UTARA DENGAN METODE *FAST FOURIER TRANSFORM*  
(FFT) MENGGUNAKAN *MEACHINE LEARNING* SEBAGAI  
KONTRIBUSI UNTUK KASUS MATA KULIAH FISIKA  
KOMPUTASI**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Zahra Aulia Rahma**

**NIM: 06111282025033**

**Program Studi Pendidikan Fisika**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

**IDENTIFIKASI POLA CURAH HUJAN DI SUMATERA UTARA  
DENGAN METODE *FAST FOURIER TRANSFORM* (FFT)  
MENGUNAKAN *MEACHINE LEARNING* SEBAGAI  
KONTRIBUSI UNTUK KASUS MATA KULIAH FISIKA  
KOMPUTASI**

**SKRIPSI**

Oleh

**Zahra Aulia Rahma**

**NIM:06111282025033**

**Program Studi Pendidikan Fisika**

**Mengesahkan:**

**Indralaya, 22 Januari 2024**

**Koordinator Program Studi,**



**Saparini, S.Pd., M.Pd.**

**NIP 198610052015042002**

**Pembimbing,**

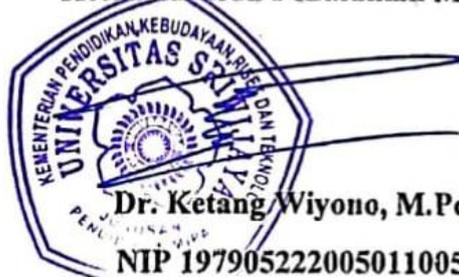


**Melly Ariska, S.Pd., M.Sc.**

**NIP 198908272015022201**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Pendidikan MIPA,**



**Dr. Ketang Wiyono, M.Pd**

**NIP 197905222005011005**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zahra Aulia Rahma

NIM : 06111282025033

Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang berjudul “Identifikasi Pola Curah Hujan di Sumatera Utara dengan Metode *Fast Fourier Transform* (FFT) Menggunakan *Machine Learning* sebagai Kontribusi untuk Kasus Mata Kuliah Fisika Komputasi” ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila di kemudian hari, ada pelanggaran yang ditemukan dalam skripsi ini dan/atau ada pengaduan dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya bersedia menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Indralaya, 05 Januari 2024

Yang membuat pernyataan,



Zahra Aulia Rahma

NIM. 06111282025033

## PRAKATA

Skripsi dengan judul “Identifikasi Pola Curah Hujan di Sumatera Utara dengan Metode *Fast Fourier Transform* (FFT) Menggunakan *Machine Learning* sebagai Kontribusi untuk Kasus Mata Kuliah Fisika Komputasi“ disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya. Dalam mewujudkan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan berbagai pihak.

Oleh sebab itu, penulis mengucapkan puji Syukur kepada Allah Subhanallahu Wata’ala atas segala nikmat dan karunia-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. terima kasih kepada Melly Ariska, S.Pd., M.Sc. sebagai pembimbing atas segala bimbingan yang telah diberikan dalam penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Hartono, M.A. selaku dekan FKIP Unsri, Dr. Rita Inderawati, M.Pd. selaku wakil Dekan Bidang Akademik, Dr. Ketang Wiyono, S.Pd., M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA, Saparini, S.Pd., M.Pd., selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika yang telah memberikan kemudahan dalam pengurusan administrasi selama penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga ditunjukkan kepada Sudirman, S.Pd., M.Si. selaku reviewer selama seminar proposal, hasil hingga menjadi penguji dalam ujian akhir program sarjana yang telah memberikan sejumlah saran untuk perbaikan skripsi ini.

Lebih lanjut penulis juga mengucapkan terimakasih kepada segenap dosen di program studi Pendidikan Fisika, admin prodi (Mba Nadya dan Mba Chika), sahabat perjuangan (Mesica, Mutia, Husna), Lability (Caca, Lesya, Vanya) dan keluarga besar Himafis serta Pendidikan Fisika Angkatan 2020 yang telah membantu saya dalam menempuh Pendidikan di Perguruan Tinggi. Terakhir penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua (Ayah Heryanto Kurniawan Putra dan Ibu Dwi Kartika Sari) yang selalu memberikan semangat, dukungan, do’a dan cintanya kepada penulis, Kakak saya (Muhammad Hafizh Naufal As-siddiq), adik saya (M. Rifqi Zahfran Hayfa), teman-teman dari SD dan SMA (Nyimas,

Clara, Pipin, Citra, Dwika, Rahma, Sindy, Susan) serta keluarga besar dari ayah dan ibu yang telah memberikan support dan masukan pada skripsi saya.

Akhirul Kalam, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembelajaran bidang studi pendidikan fisika dan pengembangan ilmu pengetahuan serta teknologi.

Indralaya, 05 Januari 2024

Penulis,



Zahra Aulia Rahma

NIM. 06111282025033

**DAFTAR ISI**

**DAFTAR ISI** .....vi

**DAFTAR GAMBAR** .....viii

**DAFTAR TABEL** ..... ix

**ABSTRAK** ..... x

**PENDAHULUAN** ..... 12

    1.1 Latar Belakang ..... 12

    1.2 Rumusan Masalah ..... 15

    1.3 Batasan Masalah..... 16

    1.4 Tujuan Penelitian..... 16

    1.5 Manfaat Penelitian ..... 16

**TINJAUAN PUSTAKA** ..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

    2.1 Perubahan Iklim ..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

    2.2 Curah Hujan ..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

    2.3 Peta Sumatera Utara ..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

    2.4 *El Niño Southern Oscillation* (ENSO)**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

    2.5 *Indian Ocean Dipole* (IOD) . **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

    2.6 *Fast Fourier Transform* (FFT)**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

    2.7 *Machine Learning* ..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

**METODE PENELITIAN** ..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

    3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

    3.3 Data Penelitian ..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

    3.4 Prosedur Penelitian..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

        3.4.1 Studi Literatur ..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

        3.4.2 Download Data..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

        3.4.3 Kompilasi Data..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

        3.4.4 Pengolahan Data..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

    3.5 Analisis Data ..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

        3.5.1 Analisis Korelasi ..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

**HASIL DAN PEMBAHASAN**..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

4.1	Hasil Penelitian .....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.1.1	Hasil Download dan Kompilasi Data	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.1.2	Hasil analisis Fenomena ENSO	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.1.3	Hasil Analisis Fenomena IOD	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.1.4	Hasil Analisis Korelasi.....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.1.5	Hasil Analisis Metode <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT) .....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.2	Pembahasan.....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.2.1	Download dan Kompilasi Data	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.2.2	Analisis Metode <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT).....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.2.3	Analisis Fenomena ENSO	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.2.4	Analisis Fenomena IOD...	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.2.5	Analisis Korelasi .....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
	KESIMPULAN DAN SARAN .....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
5.1	Kesimpulan .....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
4.2	Saran.....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
	DAFTAR PUSTAKA.....	18

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Peta Sumatera Utara ..... 8

Gambar 2.2 Skema Kondisi normal dan *El Niño* ..... 9

Gambar 2.3 Skema positif dan negatif IOD ..... 10

Gambar 3.1 Posisi Indeks *Niño* Zona 3.4 di Samudera Pasifik ..... 14

Gambar 4.1 Proses perolehan data website BMKG ..... 21

Gambar 4.2 Grafik Fenomena Indeks *Niño* 3.4 ..... 24

Gambar 4.3 Grafik *Dipole Mode Index* Tahun 1981-2020 ..... 24

Gambar 4.4 Periodigram FFT Stasiun Meteorologi Tobing ..... 26

Gambar 4.5 Periodigram FFT Stasiun Meteorologi Kualanamu ..... 26

Gambar 4.6 Periodigram FFT Stasiun Klimatologi Sumatera Utara ..... 27

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Sumbar Data Curah Hujan ..... 13

Tabel 3.2 Klasifikasi Fenomena *El Niño* dan *La Niña* berdasarkan anomaly dan penyimpangan suhu permukaan laut ..... 15

Tabel 3.3 Klasifikasi *Indian Ocean Dipole* (IOD) ..... 16

Tabel 3.4 Dasar pengambilan keputusan uji korelasi berdasarkan taraf signifikansi ..... 19

Tabel 3.5 Pendoman analisis korelasi berdasarkan nilai koefisien korelasi..... 19

Tabel 4.1 Proses perolehan data *Dipole Mode Index* (DMI) ..... 21

Tabel 4.2 Proses Perolehan Data Indeks *Niño* 3.4 ..... 22

Tabel 4.3 Hasil Analisis Korelasi ..... 25

Tabel 4.4 Tabel Fenomena ENSO ..... 29

Tabel 4.5 Tahun Terjadinya Fenomena IOD ..... 30

Tabel 4.6 Analisis Korelasi Berdasarkan Nilai Koefisien Korelasi..... 30

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN A</b> Dokumentasi Penelitian.....	36
<b>LAMPIRAN B</b> Administrasi Penelitian .....	40

## ABSTRAK

Data curah hujan yang dipelajari bertujuan untuk mengetahui pola berulang dalam rentang waktu tertentu terkait dengan curah hujan di suatu wilayah. *Fast Fourier Transform* (FFT) merupakan bentuk transformasi yang umum digunakan untuk mengubah representasi sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Penelitian ini menggunakan metode FFT dengan bantuan *machine learning* untuk mengidentifikasi pola curah hujan di wilayah Sumatera Utara pada tiga stasiun BMKG berbeda selama 40 tahun dari tahun 1981-2020. Hasilnya menunjukkan wilayah Sumatera Utara termasuk ke pola hujan Ekuatorial dikarenakan pola curah hujan yang terbentuk ialah dua puncak musim hujan yaitu pada periode bulan ke-6 dan bulan ke-12 dan hasil korelasi antara curah hujan dengan IOD dan ENSO menunjukkan bahwa pada stasiun meteorologi kwalanamu dan stasiun klimatologi Sumatera Utara lebih dipengaruhi oleh fenomena IOD sedangkan pada Stasiun Meteorologi Tobing lebih dipengaruhi oleh fenomena ENSO.

**Kata kunci:** Curah hujan, Prediksi pola, *Fast Fourier Transform* (FFT), Sumatera Utara

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di Asia Tenggara, antara benua Asia dan Australia. Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau yang membentang dari ujung barat Sumatera hingga ujung timur Papua, sehingga menjadikan Indonesia negara kepulauan terbesar di dunia. Tidak kurang dari 62% dari total wilayah Indonesia terdiri dari laut dan perairan, sebuah fakta yang ditegaskan oleh data resmi Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). Luas daratan mencapai 1,91 juta km<sup>2</sup>, sementara wilayah perairan meliputi luas mencapai 6,32 juta km<sup>2</sup>. (Lasabuda, 2013). Dua pertiga wilayah Indonesia dikelilingi oleh lautan maka dari itu Indonesia disebut negara maritim. Indonesia memiliki garis Pantai sekitar 80.791 km hal ini mungkin menjadi alasan mengapa Ramage (1971) menyebut Indonesia negara “kontinen maritim” (Adikusumo, 208 C.E.). Dilihat dari letak geografisnya Indonesia berada di garis khatulistiwa dan di antara dua Samudera, yaitu samudera hindia dan samudera pasifik. Karena itu Negara Indonesia mempunyai iklim tropis, dimana mempunyai dua musim yaitu musim hujan dan kemarau (Ariska et al., 2023).

Perubahan iklim menyatakan perubahan jangka panjang dalam pola cuaca rerata di seluruh dunia. Perubahan iklim merujuk pada kondisi di mana beberapa elemen iklim mengalami perubahan atau deviasi dalam magnitudo atau intensitasnya dari dinamika dan kondisi rata-rata, menuju suatu arah tertentu, baik itu peningkatan atau penurunan (Badan et al., 2014). Tekanan udara, arah dan kecepatan angin, serta curah hujan termasuk dalam aspek-aspek perubahan iklim. Konsekuensi dari perubahan iklim ini melibatkan perubahan pada pola musim, yang pada akhirnya membuatnya sulit untuk diprediksi (Samidjo & Suharso, 2017). Perubahan iklim di Indonesia sering kali teridentifikasi melalui perubahan suhu rata-rata harian, pola curah hujan, tinggi permukaan laut, dan variasi iklim, seperti El Niño, La Niña, serta Indian Dipole. Faktor-faktor ini memiliki dampak signifikan terhadap distribusi curah hujan di Indonesia (Badan et al., 2014).

Curah hujan menjadi salah satu parameter kunci dalam ilmu iklim dan hidrologi karena memberikan informasi mengenai pola iklim suatu daerah yang berpengaruh pada sumber daya air dan lingkungan. Di Indonesia, terdapat tiga pola hujan utama, yaitu musonal, ekuatorial, dan lokal. Pola curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh pergerakan monsoon yang dipicu oleh adanya variasi tekanan tinggi dan rendah di benua Asia dan Australia secara bergantian (Tukidi, 2010). Meskipun musim hujan dan musim kemarau berlangsung secara berkala, panjang dan jumlah curah hujan di setiap musim tidak konsisten. Hal ini mengindikasikan bahwa musim di wilayah Indonesia tidak hanya dipengaruhi oleh muson, tetapi juga oleh faktor-faktor lain yang terkait dengan muson untuk membentuk variasi dalam musim tersebut. Faktor tersebut dapat menjadi fenomena global yaitu ENSO dan IOD (Fadholi, 2013).

*Indian Ocean Dipole* (IOD) merupakan fenomena global yang terjadi di sepanjang garis khatulistiwa Samudera Hindia (samudra sebelah barat Indonesia yang memisahkan Indonesia dengan benua Afrika). Fenomena IOD mengakibatkan penurunan ataupun peningkatan suhu permukaan air laut yang menyertai penurunan ataupun meningkatnya curah hujan (Rahayu et al., 2018). Pada wilayah tropis, seperti di Indonesia, fenomena iklim yang dikenal sebagai El Niño Southern Oscillation (ENSO) dapat mengakibatkan pergeseran pola curah hujan dan perubahan suhu. Hal ini dapat menyebabkan musim hujan yang berkepanjangan dan musim kemarau yang panjang. ENSO merupakan fenomena atmosfer dan laut yang terjadi secara bersamaan di wilayah tropis Pasifik (Fadholi, 2013).

Benua maritim Indonesia (BMI) mempunyai keanekaragaman curah hujan yang tinggi. Wilayah Sumatera Utara menjadi salah satu kawasan di wilayah benua maritim Indonesia yang mempunyai curah hujan yang sangat beranekaragam. Sumatera Utara mempunyai kondisi topografi dan geografis yang beraneka ragam (Irwandi & Sudrajat, 2012). Letak geografis Sumatera Utara cukup strategis dikarenakan berada di antara garis ekuatorial, dilalui oleh pegunungan bukit barisan dan diapit oleh Selat Malaka serta Samudera Hindia. Sehingga mengakibatkan keadaan iklim curah hujan di Sumatera Utara mempunyai ciri khas iklim yang dipengaruhi oleh iklim global contohnya fenomena IOD (Gustari, 2009).

Fisika merupakan salah satu mata kuliah yang mengikuti kemajuan teknologi dan berkembang pesat. Teknologi dalam pembelajaran fisika dapat ditanamkan dalam proses pembelajaran di kelas. Contohnya dalam mata kuliah fisika komputasi (Ariska et al., 2020). Fisika komputasi merupakan salah satu mata kuliah pada prodi pendidikan fisika yang berada di bidang interdisipliner yang menggabungkan prinsip-prinsip fisika dengan teknik komputasi untuk memahami, menganalisis, dan memodelkan fenomena fisik melalui simulasi komputer dengan bantuan *Machine learning*. *Machine learning* telah mengalami perkembangan yang pesat, menghasilkan teknik-teknik yang mampu menangani berbagai masalah seperti klasifikasi, regresi, pengelompokan (clustering), dan deteksi anomali di berbagai bidang. Kemajuan ini memungkinkan penyelesaian masalah-masalah tersebut dengan lebih efisien dan efektif (Heryadi & Wahyono, 2017).

*Fast Fourier Transform* (FFT) adalah alat penting dalam konteks *machine learning* yang memungkinkan pengolahan data sinyal menjadi representasi frekuensi yang lebih informatif. FFT digunakan untuk mengubah data mentah menjadi domain frekuensi, ini memungkinkan model *machine learning* untuk mengidentifikasi pola, fitur, atau karakteristik yang mungkin sulit atau tidak mungkin terlihat dalam domain waktu asli (Syaifuddin, 2014). Selain itu, FFT sering digunakan untuk ekstraksi fitur yang lebih baik, yang dapat meningkatkan performa model *machine learning*. Dengan demikian, FFT berperan penting dalam mempersiapkan data yang sesuai untuk digunakan dalam model *machine learning*, memungkinkan aplikasi yang lebih baik dalam berbagai domain, termasuk pengenalan ucapan, pengolahan citra, dan analisis data sensor. FFT dalam pengolahan isyarat meliputi periode dan frekuensi (Kurnia & Mukhaiyar, 2021).

Penelitian yang menggunakan metode FFT telah menjadi subjek studi yang umum dilakukan oleh peneliti sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Kusuma, 2020 pada penelitian ini di simpulkan bahwa sebuah music FFT dapat digunakan sebagai salah satu metode yang mendukung pencapaian nilai AE yang dibuktikan peneliti dengan menggunakan lagu RAN-Dekat Dihati dengan durasi 30 detik, memperoleh 8800 sinyal frekuensi dan memperoleh AE sebesar 0,00044998 (Kusuma, 2021). Penelitian lainnya oleh Satria, dkk. 2020 pada penelitiannya yang

berjudul “Simulasi Penghilang Noise pada Sinyal Suara Menggunakan Metode FFT” disimpulkan bahwa metode FFT dapat diterapkan untuk menghilangkan atau meminimalisir noise pada sinyal suara, yang disebabkan oleh suara angin dan keramaian. Metode FFT juga bisa di gunakan untuk menganalisis sinyal curah hujan seperti yang dilakukan oleh Pandu, dkk 2017 pada penelitiannya analisis FFT digunakan untuk memahami pengaruh sinyal curah hujan enam bulan terhadap curah hujan di Indonesia dengan menggunakan data dari The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) 3B43. Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah Indonesia dapat dibagi menjadi tiga tipe hujan dengan kekuatan sinyal curah hujan enam bulanan yang berbeda. Urutan kekuatan sinyal secara berurutan adalah monsoonal, ekuatorial, dan kemudian lokal. Dengan demikian, metode FFT memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai pola dan karakteristik sinyal curah hujan di berbagai wilayah Indonesia selama periode enam bulan (Septiawan & Nurdiati, 2017).

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk memprediksi kondisi cuaca disuatu daerah dengan akurat adalah *machine learning*, dikarenakan dapat menangani pekerjaan yang sangat kompleks serta mampu menyesuaikan dengan data masukan sehingga menawarkan solusi untuk masalah prediksi cuaca. Oleh karena itu, pada penelitian ini, peneliti ingin mempelajari identifikasi pola curah hujan di Sumatera Utara dengan menggumpulkan data curah hujan lengkap dari tahun 1980 hingga 2020 di tiga stasiun berbeda dengan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) menggunakan *Machine learning*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, permasalahan yang akan dibahas adalah bagaimana Identifikasi Pola Curah Hujan Di Sumatera Utara dengan Metode *Fast Fourier Transform* (FFT) Menggunakan *Meachine Learning* Sebagai Kontribusi untuk Kasus Mata Kuliah Fisika Komputasi.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini mencakup:

- a. Penelitian ini difokuskan pada analisis curah hujan curah hujan di Sumatera Utara
- b. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT).

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan batasan masalah penelitian, tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi Pola Curah Hujan di Sumatera Utara dengan Metode *Fast Fourier Transform* (FFT) Menggunakan *Machine Learning* sebagai Kontribusi untuk Kasus Mata Kuliah Fisika Komputasi

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian yang akan dilakukan ini adalah:

- a. Bagi peneliti, untuk memperdalam pemahaman dan wawasan mengenai curah hujan di wilayah Sumatera Utara. Selain itu, penelitian ini bermanfaat untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan peneliti dalam menerapkan teknologi machine learning khususnya untuk mengidentifikasi dan mengolah data curah hujan, dengan menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT).
- b. Bagi Institusi, ikut andil dalam mengembangkan program studi pendidikan fisika dalam penelitian berbasis teknologi *machine learning*.
- c. Bagi pembelajaran fisika, sintaks penggunaan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) memiliki potensi sebagai sumber materi ajar, referensi, dan studi yang dapat memberikan dukungan yang signifikan untuk pembelajaran dalam mata kuliah fisika komputasi.
- d. Bagi pembaca, dapat meningkatkan pengetahuan dan pemahaman mengenai curah hujan di wilayah Sumatera Utara dapat diperoleh melalui materi ini.

Bagi peneliti lainnya, dapat digunakan sebagai rujukan atau acuan untuk penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariska, M., Akhsan, H., & Muslim, M. (2020). Dinamika Sistem Mekanik Non-Holonomik dengan Metode Koneksi Levi-Civita Terkendala Berbasis Komputasi Fisika. *JoP*, 6(1), 20–23.
- Ariska, M., Krisna Herlambang, D., Ariska, M., & Herlambang, D. K. (2023). Empirical Orthogonal Function (EOF) Analysis Based on Google Colab on Sea Surface Temperature (SST) Dataset in Indonesian Waters. *Indonesian Physical Review*, 6(1), 20–32. <https://doi.org/10.29303/ip>
- Badan, P., Pertanian, L., Balai, D., Agroklimat, P., Hidrologi, D., & Tentara Pelajar, J. (2014). *Dampak Perubahan Iklim terhadap Sumberdaya Air: Identifikasi, Simulasi, dan Rencana Aksi Impact of Climate Change on Water Resources: Identification, Simulation, and Action Plan Popi Rejekiningrum*. <http://go.worldbank.org/0F7PS203T0>
- Darmawan, A. (2023). *Analisis Curah Hujan Wilayah Ekuatorial Indonesia Berbasis Machine Learning Sebagai Studi Kasus Mata Kuliah Komputer dalam Pembelajaran Fisika*. <http://repository.unsri.ac.id/id/eprint/95431>
- Fadholi, A. (2013). STUDI DAMPAK EL NINO DAN INDIAN OCEAN DIPOLE (IOD) TERHADAP CURAH HUJAN DI PANGKALPINANG. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2). <https://doi.org/10.14710/jil.11.1.43-50>
- Fitriyah, N., Krisnando Nathanael, G., Daud, R. F., Winangsih, R., Kania Kurniawati, N., Mitrin, A., Akib, S., Putra Ode Amane, A., & Winarti, Y. (2023). *Metode Penelitian Ilmu Komunikasi*. [www.penerbitwidina.com](http://www.penerbitwidina.com)
- Gustari, I. (2009). Analisis Curah Hujan Pantai Barat Sumatera Bagian Utara Periode 1994-2007. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 10(1). <https://doi.org/10.31172/jmg.v10i1.31>
- Heryadi, Dr. Y., & Teguh Wahyono, M. C. (2017). Machine Learning Konsep dan Implementasi. *Machine Learning*, 45(13).
- Irwandi, H., & Sudrajat, A. (2012). Analisis tren suhu udara dan curah hujan di sumatera utara. *Simposium VIII PERHIMPI, June 2015*.
- Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*, 31, 685–695. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2/Published>
- Julismin. (2013). Dampak dan Perubahan Iklim di Indonesia. *Jurnal Geografi*, 5(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.24114/jg.v5i1.8083>
- Kurnia, R., & Mukhaiyar, R. (2021). Implementasi Metode Fast Fourier Transform pada Sistem Monitoring Voltage Flicker. *Jurnal of Multidisciplinary Research and Development*, 3(3), 136–146. <https://doi.org/10.38035/trj.v3i3>

- Kusuma, D. (2021). Fast Fourier Transform (FFT) Dalam Transformasi Sinyal Frekuensi Suara Sebagai Upaya Perolehan Average Energy (AE) Musik. *Jurnal Pengkajian Dan Penerapan Teknik Informatika*, 14(1), 28–35.
- Lasabuda, R. (2013). PEMBANGUNAN WILAYAH PESISIR DAN LAUTAN DALAM PERSPEKTIF NEGARA KEPULAUAN REPUBLIK INDONESIA. *JURNAL ILMIAH PLATAX*, 1(2). <https://doi.org/10.35800/jip.1.2.2013.1251>
- Latief Adikusumo, M. (208 C.E.). *Karakteristik Curah Hujan DKI Jakarta dengan Metode Empirical Orthogonal Function (EOF)*.
- Latuconsina, H. (2010). Dampak pemanasan global terhadap ekosistem pesisir dan lautan. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 3(1). <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.3.1.30-37>
- Millenia, Y. W., Helmi, M., & Maslukah, L. (2023). Analisis Mekanisme Pengaruh IOD, ENSO dan Monsun terhadap Suhu Permukaan Laut dan Curah Hujan di Perairan Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(4). <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i4.14414>
- Rahayu, N. D., Sasmito, B., & Bashit, N. (2018). Analisis Pengaruh Fenomena Indian Ocean Dipole (Iod) Terhadap Curah Hujan Di Pulau Jawa. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1).
- Rukminingsih, Adnan, G., & Latief, M. A. (2020). *Metode Penelitian Pendidikan Erhaka Utama Yogyakarta*. [www.erhakautama.com](http://www.erhakautama.com)
- Saji, H., Goswami, B., vinaychandran, & yamagata, T. (1999). A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Letters to Nature*, 401, 360–363. <https://doi.org/10.1038/43854>
- Samidjo, J., & Suharso, Y. (2017). Memahami Pemanasan Global dan Perubahan Iklim. *Online Journal Od Ivet University*, 24(2).
- Septiawan, P., & Nurdiati, S. (2017). Analisis Empirical Orthogonal Function (EOF) Dan Transformasi Fourier Pada Sinyal Curah Hujan Indonesia. *Seminar Matematika Dan Pendidikan Matematika UNY*, 179–186. <https://doi.org/10.31227/osf.io/8e2f3>
- Sofian, S. R. A., Sudarti, & Rifati Dina Handayani. (2022). Analisis Korelasi Curah Hujan dan Produktivitas Tanaman Hasil Pertanian Kabupaten Jember. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 12(2). <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.612>
- Supriyadi, S. (2015). Prediksi Total Hujan Bulanan Di Tanjung Pandan Menggunakan Persamaan Regresi Dengan Prediktor Sst Nino 3.4 Dan India Ocean Dipole (Iod). *Jurnal Matematika, Saint, Dan Teknologi*, 16(2).

- Susilokarti, D., Supadmo Arif, S., Susanto, S., & Sutiarto, L. (2015). Studi Komparasi Prediksi Curah Hujan Metode Fast Fourier Transformation (FFT), Autoregressive Integrated Moving Average (Arima) Dan Artificial Neural Network (ANN). In *AGRITECH* (Vol. 35, Issue 2).
- Syaifuddin, A. (2014). FAST FOURIER TRANSFORM (FFT) UNTUK ANALISIS SINYAL SUARA DOPPLER ULTRASONIK. In *Youngster Physics Journal* (Vol. 3, Issue 3).
- Tukidi. (2010). KARAKTER CURAH HUJAN DI INDONESIA. In *Jurnal Geografi* (Vol. 7, Issue 2).
- Yanti, C. A., & Akhri, I. J. (2022). Perbedaan Uji Korelasi Pearson, Spearman dan Kendall Tau dalam Menganalisis Kejadian Diare. *Jurnal Endurance*, 6(1), 51–58. <https://doi.org/10.22216/jen.v6i1.137>
- Yulihastin, E., & Febrianti, N. (2009). *Impacts of El Nino and IOD on the Indonesian Climate mechanism of air-sea interaction to change of diurnal rainfall over java View project Ais-Sea Interaction an It's Impact on Anomalously-Wet Dry Season View project Impacts of El Nino and IOD on the Indonesian Climate*. <https://www.researchgate.net/publication/323783989>
- Yuniasih, B., Harahap, W. N., & Wardana, D. A. S. (2023). Anomali Iklim El Nino dan La Nina di Indonesia pada 2013-2022. *AGROISTA : Jurnal Agroteknologi*, 6(2). <https://doi.org/10.55180/agi.v6i2.332>