

APLIKASI FAST FOURIER TRANSFORM DALAM ANALISIS KORELASI PERIODISITAS CURAH HUJAN DI SUMATERA UTARA DENGAN FENOMENA VARIABILITAS IKLIM GLOBAL

APPLICATION OF FAST FOURIER TRANSFORM IN ANALYSING THE CORRELATION OF RAINFALL PERIODICITY IN NORTH SUMATRA WITH THE PHENOMENON OF GLOBAL CLIMATE VARIABILITY

Revo Zulhan Nugroho^{1*}, Najla Ailiya Azzahra², Prigan Jundan Wisanggeni³, Nurjanah Kastella⁴, Zuhayr Raditya Hasibuan⁵, Yosep Tampubolon⁶

Sekolah Tinggi Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Indonesia,
Jl. Perhubungan I No.5 Pondok Betung, Kec. Pd. Aren, Kota Tangerang Selatan, Banten 15221.

*E-mail: revo.zulhan.nugroho@gmail.com

Naskah masuk: 12 Januari 2024 Naskah diperbaiki: 17 April 2024 Naskah diterima: 30 Juni 2024

ABSTRAK

Provinsi Sumatera Utara memiliki variabilitas dan pola curah hujan yang dipengaruhi berbagai fenomena variabilitas iklim global seperti Dipole Mode, IOD (*Indian Ocean Dipole*) dan ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*). Untuk melihat aktivitas dan pengaruh dari tiap-tiap fenomena iklim global tersebut, digunakan beberapa indeks antara lain *Dipole Mode Index* (DMI) untuk IOD, *Australian Monsoon Index* (AUSMI) dan *Western North Pacific Monsoon Index* (WNPPI) untuk peredaran monsun, dan Indeks NINO 3.4 untuk fenomena ENSO. Penelitian ini menggunakan data curah hujan bulanan selama 30 tahun yang dianalisis secara spektral menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*), kemudian menghubungkan dan menganalisis pola periodisitas curah hujan terhadap indeks fenomena iklim global melalui Korelasi Pearson. Analisis spektral FFT terhadap Curah Hujan dan Indeks Fenomena Iklim Global di Sumatera Utara mengungkap variasi pola periodisitas tertinggi serupa di ketujuh titik pengamatan yaitu 12 Bulan. Indeks NINO 3.4 mempunyai korelasi paling kuat di Stasiun Maritim Belawan, Stasiun Meteorologi Kualanam, Stasiun Geofisika Deli Serdang, dan Stasiun Meteorologi Binaka dengan nilai korelasi secara berurutan 0.1958, 0.1695, 0.1352, dan 0.1532. WNPPI (*Western North Pacific Monsoon Index*) mempunyai nilai korelasi paling kuat di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara dan Stasiun Meteorologi FL

Tobing dengan nilai korelasi berurutan 0.0900 dan 0.1614. DMI (*Dipole Mode Index*) mempunyai nilai korelasi paling kuat di Stasiun Meteorologi Aek Godang dengan nilai korelasi 0.1813. Dari hasil korelasi Pearson menunjukkan nilai hubungan korelasi yang terkuat memiliki nilai korelasi < 0.2, nilai ini menunjukkan korelasi yang lemah antara Indeks Faktor Iklim Global dengan Pola Curah Hujan di Sumatera Utara.

Kata kunci: Periode, Curah Hujan, FFT, Variabilitas Iklim Global, Korelasi Pearson

ABSTRACT

North Sumatra Province has rainfall variability and patterns that are influenced by various global climate variability phenomena such as Dipole Mode, IOD (*Indian Ocean Dipole*), Madden Julian Oscillation (MJO) and ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*). To see the activity and influence of each of these global climate phenomena, several indices are used, *Dipole Mode Index* (DMI) for IOD, *Australian Monsoon Index* (AUSMI) and *Western North Pacific Monsoon Index* (WNPPI) for Monsoon Circulation, and NINO 3.4 Index for ENSO phenomenon. This study uses 30 years of monthly rainfall data which is spectrally analysed using FFT (*Fast Fourier Transform*), then correlates and analyses the periodicity pattern of rainfall to the global climate phenomenon index through Pearson Correlation. FFT spectral analysis of Rainfall and Global Climate Phenomenon Index in

North Sumatra reveals the highest variation of periodicity pattern is similar in all seven observation points which is 12 Months. The NINO 3.4 index has the strongest correlation at Belawan Maritime Station with Kualanamu Meteorological Station, Deli Serdang Geophysical Station, and Binaka Meteorological Station with correlation values of 0.1958, 0.1695, 0.1352, and 0.1532, respectively. WNPML (Western North Pacific Monsoon Index) has the strongest correlation value at North Sumatra Climatological Station and FL Tobing Meteorological Station with a

correlation value of 0.0900 and 0.1614 respectively. DMI (Dipole Mode Index) has the strongest correlation value at Aek Godang Meteorological Station with a correlation value of 0.1813. From the results of the strongest Pearson correlation shows the strongest correlation relationship value has a correlation value <0.2 , this value indicates a weak correlation between the Global Climate Factor Index and Rainfall Patterns in North Sumatra.

Keywords: Period, Rainfall, FFT, Global Climate Variability, Perason Correlation

1. Pendahuluan

Sumatera Utara (Sumut) adalah salah satu provinsi di wilayah Sumatera Bagian Utara (Sumbagut) yang secara astronomis terletak pada koordinat 1° - 4° Lintang Utara (LU) dan 98° - 100° Bujur Timur (BT). Secara geografis wilayah Sumut memiliki karakteristik yang unik dan strategis karena terletak di sekitar garis ekuatorial, dilalui oleh pegunungan Bukit Barisan, dan diapit oleh dua perairan yaitu Selat Malaka dan Samudera Hindia [1]. Provinsi Sumatera Utara yang menjadi salah satu bagian dari Negara Indonesia inilah yang menjadikan wilayah tersebut memiliki iklim tropis. Daerah tropis di ekuatorial mempunyai variasi suhu yang kecil, namun variasi curah hujannya cukup besar. Oleh karena itu, curah hujan menjadi salah satu unsur iklim yang paling sering diamati [2].

Curah hujan di Provinsi Sumatera Utara relatif cukup tinggi yaitu berkisar 1.431 - 2.265 mm per tahun dengan jumlah hari hujan rata-rata sebesar 173 - 230 hari per tahun. Musim kemarau pada umumnya terjadi pada Juni sampai September dan musim penghujan terjadi pada bulan November sampai Maret. Variabilitas iklim global di Sumatera Utara umumnya dipengaruhi oleh beberapa fenomena yaitu *El Nino-Southern Oscillation* (ENSO), *Dipole Mode*, IOD (Indian Ocean Dipole) dan *Madden Julian Oscillation* (MJO).

ENSO merupakan fenomena cuaca dan variasi suhu muka laut yang terjadi di wilayah Samudera Pasifik Tengah. Secara umum, fenomena ini memiliki siklus waktu selama 2 hingga 7 tahun (WMO, 2014). ENSO memiliki

dua fase yaitu fase El Nino dan fase La Nina [3]. Keberadaan ENSO dapat mempengaruhi keadaan curah hujan di wilayah Sumatera Utara. Pada saat terjadi fenomena El Nino tahun 1997/1998, Indonesia pada umumnya mengalami musim kering yang panjang sedangkan saat terjadi La Nina tahun 1999 Indonesia mengalami kenaikan curah hujan yang tinggi dan kenaikan tinggi muka air laut sebesar 20-30 cm sehingga menyebabkan banjir di sebagian besar wilayah Indonesia, terutama wilayah pesisir [4].

Dipole Mode merupakan fenomena atmosfer dan laut ditandai dengan adanya perbedaan anomali suhu muka laut di perairan Indonesia sekitar Sumatra dan Jawa dengan perairan pantai timur. *Dipole Mode* memiliki dua periode yaitu *Dipole Mode* positif dan *Dipole Mode* negatif. *Dipole Mode* positif merupakan periode dimana suhu muka laut di pantai timur Afrika lebih panas dibandingkan suhu muka laut di pantai barat Sumatera, sedangkan *Dipole Mode* negatif terjadi jika suhu permukaan laut di perairan barat Sumatra lebih tinggi daripada pantai timur Afrika [3].

IOD adalah fenomena pergerakan massa udara di wilayah Samudera Hindia yang disebabkan oleh perbedaan anomali suhu permukaan laut antara Samudera Hindia bagian barat (sekitar wilayah Afrika) dan timur (sekitar wilayah Indonesia). Untuk wilayah Indonesia, IOD dianggap aktif jika indeksinya bernilai negatif, menandakan pergerakan massa udara menuju wilayah Indonesia sehingga mengakibatkan peningkatan curah hujan di wilayah Indonesia.

Fenomena MJO adalah gangguan tropis yang merambat dari barat ke arah timur sepanjang daerah tropis dengan siklus 30-60 hari yang menyebabkan peningkatan atau penurunan curah hujan pada wilayah tropis utamanya di Samudra Hindia dan Pasifik [5].

Fenomena cuaca skala global merupakan sebuah pola siklus yang akan terus terjadi. Dalam hal ini, analisis perhitungan dapat digunakan untuk melihat pola cuaca pada suatu daerah tertentu. Salah satu analisis perhitungan yang dapat digunakan adalah analisis spektral. Analisis ini telah digunakan oleh beberapa peneliti untuk menentukan pola cuaca di suatu daerah. Beberapa penelitian menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) yang merupakan bagian dari analisis spektral untuk mengkaji pola hujan berdasarkan periodisitas tertinggi [6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara periodisitas curah hujan di wilayah Sumatera Utara terhadap variabilitas iklim global (ENSO, Dipole Mode, IOD, MJO) dengan perhitungan analisis spektral menggunakan metode *Fast Fourier Transform* untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Ini memungkinkan untuk menganalisis komponen periode dari sinyal dan menampilkan pola seperti amplitudo atau fase pada frekuensi tertentu.

2. Metode Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dan deskriptif. Metode Kuantitatif didasarkan penggunaan data-data (angka) yang dikumpulkan. Penelitian ini menggunakan data bulanan selama 30 tahun (1993 – 2022). Data-Data tersebut meliputi data Curah Hujan beserta data Indeks Variabilitas Iklim Global (*Dipole Mode Index*/DMI, *Australian Monsoon Index*/AUSMI, *Western North Pacific Monsoon Index*/WNPMI, dan NINO 3.4) yang diambil dari APEC Climate Center (APCC) penyedia layanan iklim domestik dan internasional beserta *ensemble forecast* iklim. Masing-masing indeks telah digunakan diberbagai penelitian dalam analisis curah hujan [6 - 9] dan digunakan dalam operasional BMKG. Metode Deskriptif didasarkan pada analisis dan interpretasi periodogram dari indeks DMI, AUSMI, WNPMI, NINO 3.4, dan curah hujan yang telah diproses dengan FFT (*Fast Fourier Transform*),

Kemudian menghubungkan dan menganalisis pola periodisitas melalui Korelasi Pearson.

Penelitian ini menggunakan Google Collaboratory yang merupakan *software* data science dalam format Jupyter Notebook berbentuk cloud yang dijalankan menggunakan browser yang dapat digunakan untuk menyimpan, menulis, serta membagikan program yang telah ditulis melalui Google Drive [10]. *Module* seperti Numpy, Scipy, Matplotlib, dan Panda digunakan untuk memproses data agar menghasilkan periodogram curah hujan beserta fenomena iklim global dan korelasi curah hujan terhadap fenomena iklim global [11–14]. Untuk *Fast Fourier Transform* (FFT) dan Korelasi Pearson menggunakan *packages* dari *module* Numpy dan Scipy. Adapun *packages* yang digunakan adalah *scipy.fftpack* dan *numpy.fft*. Secara matematis FFT yang diimplementasikan di dalam *module* Numpy dirumuskan sebagai berikut:

$$A_k = \sum_{m=0}^{n-1} a_m \exp \left\{ -2\pi i \frac{mk}{n} \right\} \\ k = 0, \dots, n-1. \#(1)$$

Sebuah komponen *single-frequency* pada linear frequency ($\square$) direpresentasikan sebagai sebuah eksponensial kompleks:

$$a_m = \exp\{2\pi i f m \Delta t\} \#(2)$$

Bentuk *inverse*-nya dirumuskan dengan:

$$a_m = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} A_k \exp \left\{ 2\pi i \frac{mk}{n} \right\} \\ m = 0, \dots, n-1. \#(3)$$

Selain FFT, Numpy juga memiliki implementasi Korelasi Pearson (*Return Pearson product-moment correlation coefficients*) dengan nilai (R) antara -1 dan 1. Dirumuskan dengan hubungan antara *correlation coefficient matrix* (R) dan *covariance matrix* (C):

$$R_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sqrt{C_{ii}C_{jj}}} \#(4)$$

Dari proses FFT, periodogram akan diplot untuk 7 titik pengukuran curah hujan dan hasil

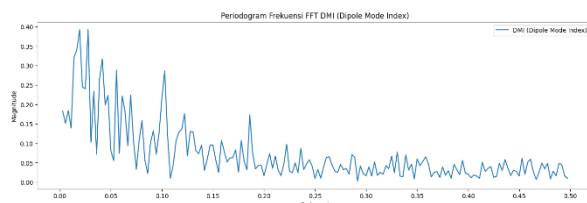
kemudian akan diambil 3 puncak periode tertinggi untuk melihat pola curah hujan di suatu daerah. Begitupun untuk indeks fenomena iklim global. Terakhir akan dilakukan Korelasi Pearson untuk melihat hubungan antara curah hujan di titik tertentu dengan fenomena iklim global. Adapun profil dari titik UPT BMKG dan Pos Hujan yang diambil di Provinsi Sumatera Utara sebagai berikut:

Tabel 1. Profil dari UPT BMKG dan Pos Hujan di Provinsi Sumatera Utara

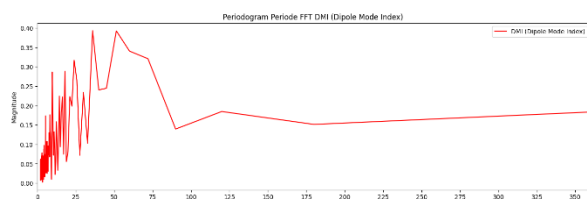
Nama	Lintang	Bujur	Elevasi
Stasiun Klimatologi Sumatera Utara	3.62114	98.71485	25
Stasiun Meteorologi Maritim Belawan	3.78824	98.71492	3
Stasiun Meteorologi Kualanamu	3.64573	98.88488	23
Stasiun Geofisika Deli Serdang	3.501	98.56	86
Stasiun Meteorologi Aek Godang	1.55	99.45	281
Stasiun Meteorologi FL Tobing	1.55	98.88	10
Stasiun Meteorologi Binaka	1.1649	97.7036	7

3. Hasil dan Pembahasan

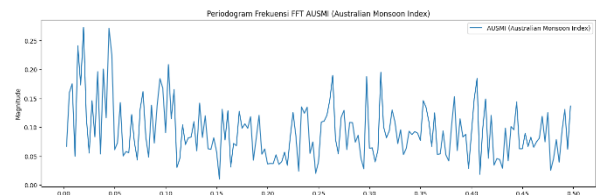
Hasil analisis spektral menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) terhadap Indeks Fenomena Iklim Global sebagai berikut.



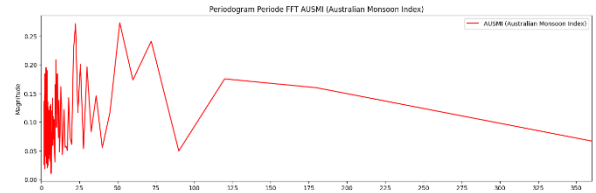
Gambar 1. Periodogram Frekuensi FFT Dipole Mode Index (DMI)



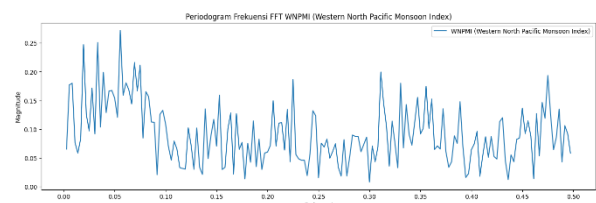
Gambar 2. Periodogram Periode FFT Dipole Mode Index (DMI)



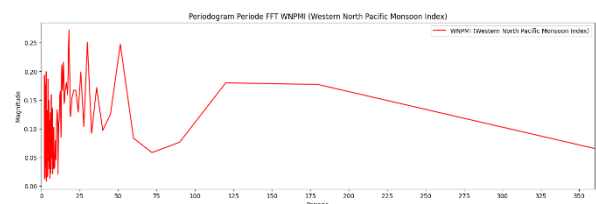
Gambar 3. Periodogram Frekuensi FFT Australian Monsoon Index (AUSMI)



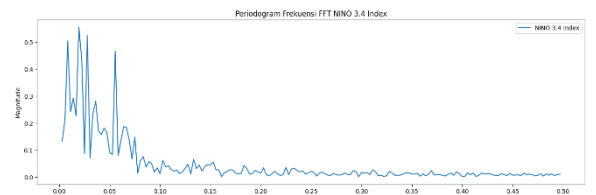
Gambar 4. Periodogram Periode FFT Australian Monsoon Index (AUSMI)



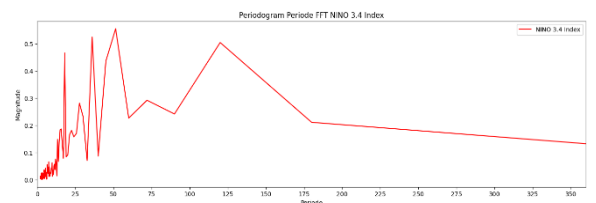
Gambar 5. Periodogram Frekuensi FFT Western North Pacific Monsoon Index (WNPMI)



Gambar 6. Periodogram Periode FFT Western North Pacific Monsoon Index (WNPMI)



Gambar 7. Periodogram Frekuensi FFT Indeks NINO 3.4

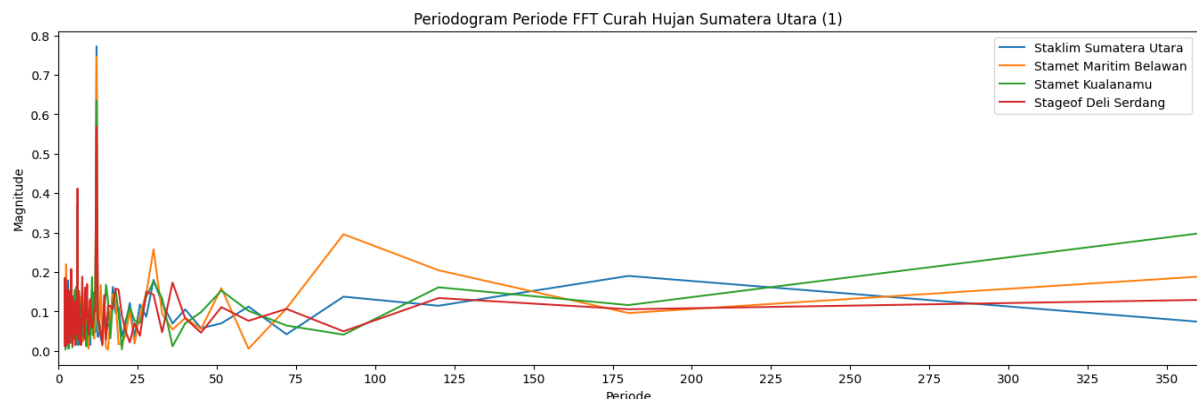


Gambar 8. Periodogram Periode FFT Indeks NINO 3.4

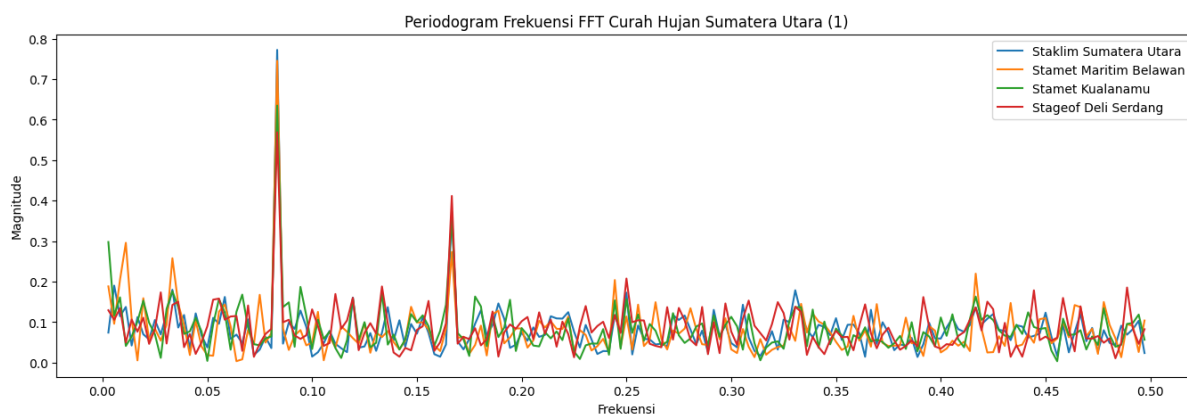
Gambar 1 dan 2 merupakan *Dipole Mode Index* (DMI) dimana didapati secara berurut dari puncak pertama, puncak kedua, dan puncak ketiga dengan nilai magnitudo 0.39, 0.39, 0.32. adalah 34 Bulan, 52 Bulan, dan 24 Bulan. Untuk Australian Monsoon Index (AUSMI) terdapat pada Gambar 3 dan 4, secara berurut dengan nilai magnitudo 0.27, 0.27, 0.24 adalah 23 Bulan, 51 Bulan, dan 71 Bulan. Untuk *Western North Pacific Monsoon Index* (WNPMI) terdapat pada Gambar 5 dan 6, secara berurut dengan nilai magnitudo 0.27, 0.25, 0.25 adalah 19 Bulan, 27 Bulan, dan 51 Bulan. Untuk Indeks NINO 3.4 terdapat pada Gambar 7 dan 8, secara berurut dengan nilai magnitudo 0.56, 0.53, 0.50 adalah 52 Bulan, 32 Bulan, dan 120 Bulan.

Tabel 2. Profil dari UPT BMKG dan Pos Hujan di Provinsi Sumatera Utara

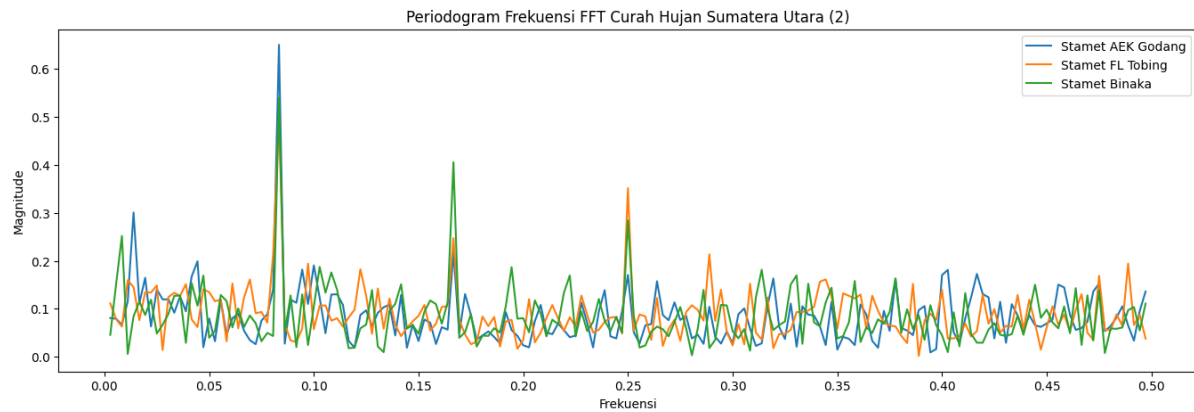
Nama	Puncak Periode		
	Ke-1	Ke-2	Ke-3
Stasiun Klimatologi Sumatera Utara	12	6	180
Stasiun Meteorologi Maritim Belawan	12	90	6
Stasiun Meteorologi Kualanamu	12	6	360
Stasiun Geofisika Deli Serdang	12	6	4
Stasiun Meteorologi Aek Godang	12	72	6
Stasiun Meteorologi FL Tobing	12	4	6
Stasiun Meteorologi Binaka	12	6	4



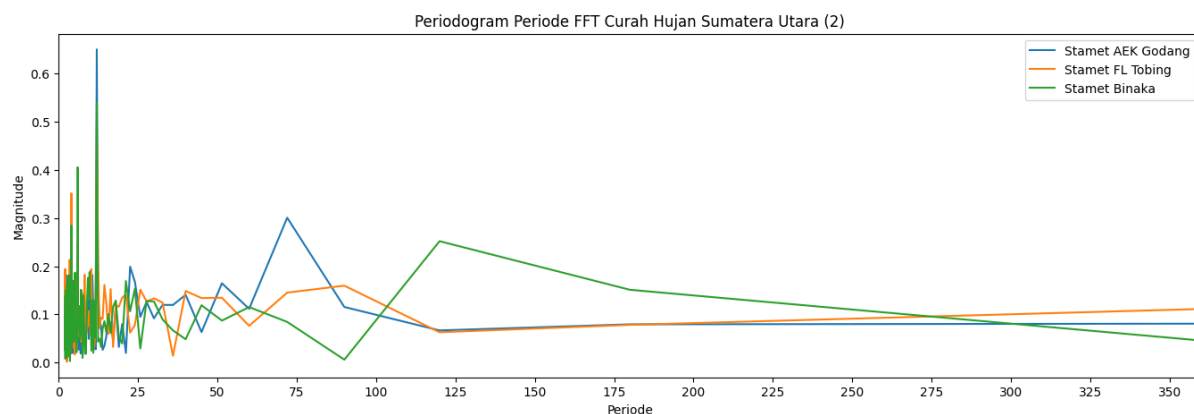
Gambar 9. Periodogram Frekuensi FFT Curah Hujan Sumatera Utara (1)



Gambar 10. Periodogram Periode FFT Curah Hujan Sumatera Utara (1)



Gambar 11. Periodogram Frekuensi FFT Curah Hujan Sumatera Utara (2)



Gambar 12. Periodogram Periode FFT Curah Hujan Sumatera Utara (2)

Hasil analisis spectral menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) terhadap Curah Hujan di 7 titik di Provinsi Sumatera Utara yang diplot terpisah menjadi dua bagian agar hasil yang ditampilkan lebih jelas. Bagian pertama terdapat pada Gambar 9 dan 10, periodogramnya berisi analisis spektral untuk Stasiun Klimatologi Sumatera Utara, Stasiun Meteorologi Maritim Belawan, Stasiun Meteorologi Kualanamu, dan Stasiun Geofisika Kualanamu. Puncak Periode tertinggi dari keempat titik di bagian pertama berada di Bulan 12, artinya ada kecenderungan pengulangan yang kuat setiap 12 Bulan Sekali. Hal yang sama juga terjadi pada ketiga titik yang berada di bagian kedua pada gambar 11 dan 12, di mana puncak periode tertingginya juga berada di Bulan 12. Untuk lebih detail, puncak periode curah hujan bisa dilihat di Tabel 2. Hasil Periodogram UPT BMKG di Provinsi Sumatera Utara.

Dari data yang didapat terkait tujuh puncak periode tertinggi, didapati bahwa wilayah Provinsi Sumatera Utara memiliki karakteristik pola pengulangan curah hujan yang serupa di ketujuh titik pengamatan yaitu berada di 12 Bulan. Pengulangan 12 Bulan disebabkan oleh faktor tahunan terutama gerak semu matahari

yang menyebabkan adanya pengulangan pola hujan setiap tahun. Hal ini belum menjawab terkait pengaruh Fenomena Iklim Global terhadap pengulangan pola curah hujan di ketujuh titik pos hujan di Sumatera Utara. Untuk bisa melihat gambaran yang lebih jelas tentang pengaruh Fenomena Iklim Global, dapat dilakukan analisis Korelasi Pearson Curah Hujan terhadap Indeks Fenomena Iklim Global (DMI, AUSMI, WNPMI, NINO 3.4).

Korelasi Pearson digunakan untuk melihat hubungan positif atau negatif dari masing-masing Pos Hujan terhadap Indeks. Hasilnya dapat dilihat di Tabel 3, dimana korelasi paling kuat antara Curah Hujan dengan Indeks Iklim adalah Indeks NINO 3.4 di 4 Stasiun, Indeks WNPMI di 2 Stasiun, dan DMI di 1 Stasiun. Indeks NINO 3.4 mempunyai korelasi paling kuat di Stasiun Maritim Belawan dengan Stasiun Meteorologi Kualanamu, Stasiun Geofisika Deli Serdang, dan Stasiun Meteorologi Binaka dengan nilai korelasi secara berurut 0.1958, 0.1695, 0.1352, dan 0.1532. WNPMI (*Western North Pacific Monsoon Index*) mempunyai nilai korelasi paling kuat di Stasiun Klimatologi Sumatera Utara dan Stasiun Meteorologi FL Tobing dengan nilai korelasi berurut 0.0900 dan

0.1614. DMI (*Dipole Mode Index*) mempunyai nilai korelasi paling kuat di Stasiun Meteorologi Aek Godang dengan nilai korelasi 0.1813.

Untuk korelasi paling lemah antara Curah Hujan dengan Indeks Iklim adalah AUSMI di 4 Stasiun, WNPMI di 2 Stasiun, dan DMI di 1 Stasiun. AUSMI memiliki korelasi paling lemah di Stamar Belawan, Stamet Kualanamu, Stamet FL Tobing, Stamet Binaka dengan nilai korelasi berurut - 0.0121, 0.0426, -0.0401, dan 0.0841. WNPMI memiliki korelasi paling lemah di Stageof Deli Serdang dan Stamet Aek Godang dengan nilai korelasi berurut 0.00037 dan 0.0672. DMI memiliki korelasi paling lemah di Staklim Sumut dengan nilai 0.0123.

Dari hasil korelasi terkuat menunjukkan nilai hubungan korelasi yang tertinggi dengan nilai < 0.2, nilai ini menunjukkan korelasi yang lemah antara Indeks Faktor Iklim Global dengan Pola Curah Hujan di Sumatera Utara, hal ini dapat disebabkan karena Curah Hujan di wilayah Sumatera Utara lebih dipengaruhi oleh faktor-faktor lokal ataupun faktor-faktor lain seperti fase MJO dan Surge. Untuk nilai korelasi yang lemah menunjukkan nilai yang mendekati 0, artinya Indeks Iklim tadi tidak punya hubungan positif ataupun negatif dalam mempengaruhi Pola Curah Hujan di Sumatera Utara.

Tabel 3. Nilai (R) Korelasi Pearson Curah Hujan terhadap Indeks Fenomena Iklim Global

Nama Stasiun	DMI	AUSMI	WNPMI	NINO 3,4
Staklim Sumut	0,0123	-0,0778	0,0900	0,0761
Stamar Belawan	0,0837	-0,0121	0,1368	0,1958
Stamet Kualanamu	0,1169	0,0426	0,0790	0,1695
Stageof Deli Serdang	0,0907	-0,0717	0,0037	0,1352
Stamet Aek Godang	0,1813	0,1398	0,0672	0,1689
Stamet FL Tobing	0,1614	-0,0401	0,1667	0,1284
Stamet Binaka	0,0816	0,0841	0,1403	0,1532

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, menggunakan metode *Fast Fourier*

Transform dapat disimpulkan bahwa wilayah Provinsi Sumatera Utara memiliki karakteristik pola pengulangan curah hujan yang serupa di ketujuh titik pengamatan yaitu terjadi setiap 12 bulan. Hal ini menunjukkan bahwa curah hujan di wilayah Sumatera Utara memiliki pola tahunan. Dimana korelasi paling kuat antara Curah Hujan dengan Indeks Iklim adalah Indeks NINO 3.4 di 4 Stasiun, Indeks WNPMI di 2 Stasiun, dan DMI di 1 Stasiun. Dari hasil korelasi pearson terkuat menunjukkan nilai hubungan korelasi yang terkuat memiliki nilai korelasi < 0.2, nilai ini menunjukkan korelasi yang lemah antara Indeks Faktor Iklim Global dengan Pola Curah Hujan di Sumatera Utara. Untuk nilai korelasi yang lemah menunjukkan nilai yang mendekati 0, artinya Indeks Iklim tadi tidak punya hubungan positif ataupun negatif dalam mempengaruhi Pola Curah Hujan di Sumatera Utara.

Berdasarkan hasil penelitian ini, direkomendasikan untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji lebih dalam terkait faktor apa yang mempengaruhi Pola Curah Hujan di Sumatera Utara. Penelitian lebih lanjut tersebut dapat dilakukan dengan Menambahkan data Indeks Fenomena Iklim Global yang lain dan lebih banyak titik pengamatan.

Daftar Pustaka

- [1] Saragih, I. J. A. (2020). *Identifikasi Pola Diurnal Curah Hujan di Sumatera Utara (Studi Kasus Tahun 2019)*. Seminar Nasional Fisika 2020 (pp.24-27). Program Pascasarjana, Universitas Negeri Makassar.
- [2] Hermawan, E. (2007). Penggunaan Fast Fourier Transform Dalam Analisis Kenormalan Curah Hujan Di Sumatera Barat Dan Selatan Khususnya Saat Kejadian Dipole Mode. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 8(2), 79–86.
- [3] Novi, M. B., Muliadi., & Adriat, R. (2018). Pengaruh ENSO dan Dipole Mode Terhadap Curah Hujan di Kota Pontianak. *Prisma Fisika*, 6(3), 210–213.
- [4] Bappenas. (2010). *Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap – ICCSR Basis Saintifik: Analisis dan Proyeksi Kenaikan Muka Air Laut dan Cuaca Ekstrim*. Bappenas
- [5] Madden, R. A., & Julian, and P. R. (1971). Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40–50-day period. *Journal Atmospheric Science*, 29, 1109– 1123.
- [6] Bimaprawira, A., & Rejeki, H. A. (2021). Keterkaitan Periodisitas Curah Hujan Di Daerah Pesisir Dan Pegunungan Provinsi Jawa Timur Dengan Variabilitas Cuaca Skala Global Dan Regional. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 22(2), 51–59. Retrieved from <https://doi.org/10.29122/jstmc.v22i2.4422>
- [7] Sagita, N., As'ari, & Wandayantolis. (2013). Analisis spektral data curah hujan di sulawesi utara. *Jurnal Mipa Unsrat Online*, 2(2), 133–139. Retrieved from <https://doi.org/https://doi.org/10.35799/jm.2.2.2013.31>

- [8] Noya, V. H. P., Rumlawang, F. Y., & Lesnussa, Y. A. (2014). Aplikasi Transformasi Fourier untuk Menentukan Periode Curah Hujan (Studi Kasus: Periode Curah Hujan di Kabupaten Seram Bagian Barat, Provinsi Maluku). *Jurnal Matematika Integratif*, 10(2), 85. Retrieved from <https://doi.org/10.24198/jmi.v10.n2.10251.85-94>
- [9] Hermawan, E. (2007). Penggunaan fast fourier transform dalam analisis kenormalan curah hujan di Sumatera Barat dan Selatan khususnya saat kejadian dipole mode. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 8(2), 79–86.
- [10] Bisong, E. (2019). *Google Colaboratory. In Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform: A Comprehensive Guide for Beginners*. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4470-8_7
- [11] Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., Wieser, E., Taylor, J., ...Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585, 357–362.
- [12] Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., Burovski, E., Peterson, P., ...SciPy 1.0 Contributors. (2020). SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. *Nature Methods*, 17, 261–272.
- [13] Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90–95.
- [14] McKinney, W., & others. (2010). Data structures for statistical computing in python. *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*, 445, 51–56. Al-Matarneh, L., Sheta, A., Bani-Ahmad, S., Alshaer, J., & Al-Oqily, I. (2014). Development of temperature-based weather forecasting models using neural networks and fuzzy logic. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 9(12), 343–366.