

Analisis Pola Curah Hujan Di Kota Bengkulu Menggunakan Model Rantai Markov

Nurul Mawaddah¹, Dony Permana², Nonong Amalita³, Admi Salma⁴

^{1,2,3,4}Universitas Negeri Padang

1mwanurul23@gmail.com

ABSTRAK

Curah hujan merupakan komponen penting dalam sistem iklim tropis yang berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem serta mendukung sektor pertanian, perikanan, transportasi, dan mitigasi bencana hidrometeorologi. Kota Bengkulu sebagai wilayah pesisir di barat Pulau Sumatera memiliki karakteristik curah hujan yang fluktuatif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola transisi curah hujan harian di Kota Bengkulu tahun 2023 menggunakan model rantai Markov. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif deskriptif menggunakan data curah hujan harian dari Stasiun Meteorologi Fatmawati Soekarno Bengkulu selama periode 1 Januari hingga 31 Desember 2023. Tahapan analisis meliputi analisis deskriptif, kategorisasi data berdasarkan intensitas hujan, penyusunan tabel frekuensi dan peluang transisi, pembentukan matriks transisi, perhitungan peluang transisi n-step, serta penentuan kondisi steady state. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hujan ringan merupakan kondisi yang paling dominan dengan peluang stabil sebesar 89,33%, disusul oleh hujan sedang (8,33%) dan hujan lebat (2,34%). Peluang transisi terbesar terjadi pada hujan ringan yang tetap hujan ringan sebesar 90,2%, sedangkan transisi ke hujan sedang dan lebat masing-masing sebesar 7,5% dan 2,3%. Temuan ini mengindikasikan bahwa Kota Bengkulu cenderung mengalami hujan ringan secara konsisten, sementara intensitas hujan yang lebih tinggi terjadi secara sporadis. Hasil ini bermanfaat dalam mendukung pengelolaan sumber daya air, mitigasi risiko bencana, serta perencanaan adaptasi perubahan iklim di wilayah pesisir.

Kata Kunci: curah hujan; rantai Markov; Kota Bengkulu; peluang transisi; matriks transisi

ABSTRACT

Rainfall is an important component in the tropical climate system that plays a role in maintaining ecosystem balance and supporting the agriculture, fisheries, transportation, and hydrometeorological disaster mitigation sectors. Bengkulu City as a coastal area in the west of Sumatra Island has characteristics of fluctuating rainfall. This study aims to analyze the daily rainfall transition pattern in Bengkulu City in 2023 using a Markov chain model. The study was conducted with a descriptive quantitative approach using daily rainfall data from the Fatmawati Soekarno Bengkulu Meteorological Station for the period of January 1 to December 31, 2023. The analysis stages include descriptive analysis, data categorization based on rainfall intensity, preparation of frequency tables and transition probabilities, formation of a transition matrix, calculation of n-step transition probabilities, and determination of steady-state conditions. The results show that light rain is the most dominant condition with a stable probability of 89.33%, followed by moderate rain (8.33%) and heavy rain (2.34%). The greatest transition probability occurred for light rain that remained light rain at 90.2%, while transitions to moderate and heavy rain were 7.5% and 2.3%, respectively. These findings indicate that Bengkulu City tends to experience light rain consistently, while higher rainfall intensity occurs sporadically. These results are useful for supporting water resource management, disaster risk mitigation, and climate change adaptation planning in coastal areas.

Keywords: rainfall; Markov Chain; Bengkulu City; transition opportunities; transition matrix

PENDAHULUAN

Cuaca adalah kondisi atmosfer yang diamati dalam periode waktu yang relatif singkat di suatu wilayah tertentu. Menurut Konferensi Iklim Dunia, cuaca mencakup perubahan, perkembangan, serta kemunculan dan hilangnya fenomena udara yang diukur secara kompleks (Luthfiarta dkk., 2020). Unsur-unsur pembentuk cuaca meliputi suhu udara, tekanan udara, kelembapan, laju uap air, awan, curah hujan, dan angin. Salah satu komponen penting dalam sistem iklim adalah curah hujan, karena berperan langsung dalam menjaga keseimbangan ekosistem alam. Indonesia, sebagai negara yang terletak di garis khatulistiwa, memiliki karakteristik iklim tropis dengan dua musim utama, yaitu musim kemarau dan musim hujan (Rachmawati, 2021).

Kondisi curah hujan di wilayah tropis sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti lintang, ketinggian tempat, kedekatan dengan air, arah angin, suhu permukaan tanah, dan luas tutupan lahan. Variasi ini menyebabkan perbedaan intensitas curah hujan yang signifikan antarwilayah, bahkan pada musim yang sama. Fenomena cuaca di Indonesia juga cenderung tidak stabil akibat dinamika atmosfer dan faktor regional lainnya, sehingga intensitas curah hujan sering berubah secara tiba-tiba (Soekendro, 2021). Oleh karena itu, prakiraan cuaca, khususnya pola curah hujan, sangat penting bagi berbagai sektor seperti pertanian, perikanan, transportasi, dan mitigasi bencana (Rizki dkk., 2020).

Perubahan iklim global dalam beberapa dekade terakhir telah memberikan dampak yang signifikan terhadap pola cuaca dan curah hujan di berbagai belahan dunia, termasuk Indonesia. Kondisi ini tidak hanya berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem, tetapi juga mengancam keberlanjutan sektor-sektor vital seperti pertanian, perikanan, dan infrastruktur (Ainurrohmah & Sudarti, 2022). Perubahan pola curah hujan yang ekstrem dapat meningkatkan risiko bencana alam seperti banjir, kekeringan, dan tanah longsor. Oleh karena itu, diperlukan kajian mendalam mengenai pola curah hujan di berbagai wilayah di Indonesia untuk mengidentifikasi potensi risiko dan mendukung perencanaan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim (Nugroho & Habiballoh, 2023).

Pulau Sumatera, sebagai salah satu wilayah yang rentan terhadap dinamika iklim tropis, memiliki variasi curah hujan antarwilayah yang cukup signifikan. Kota Bengkulu, yang terletak di pesisir barat Pulau Sumatera, memiliki karakteristik curah hujan yang berbeda-beda meskipun berada di zona geografis yang bersebelahan. Bengkulu memiliki pola curah hujan yang relatif merata sepanjang tahun dengan intensitas yang lebih moderat (Akhsan, 2021). Untuk memahami karakteristik pola curah hujan tersebut, diperlukan pendekatan ilmiah yang tepat. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah model rantai Markov, yaitu proses stokastik yang memodelkan sistem dinamis di mana probabilitas suatu keadaan di masa mendatang hanya bergantung pada keadaan saat ini (Langi, 2011). Model ini dinilai cocok untuk menganalisis data curah hujan karena mampu menggambarkan transisi probabilistik antarkategori curah hujan dalam kurun waktu tertentu (Nabila dkk., 2024). Selain itu, model rantai Markov juga memungkinkan estimasi probabilitas hujan ringan, sedang, lebat, atau tidak ada hujan di masa mendatang berdasarkan data historis (Wahyudi dkk., 2021).

Berbagai penelitian sebelumnya telah membuktikan efektivitas model rantai Markov dalam menganalisis pola curah hujan di beberapa wilayah di Indonesia. Penelitian Wahyudi dkk. (2021) di Kabupaten Karo menunjukkan bahwa model ini mampu menentukan probabilitas curah hujan harian dengan hasil yang sesuai dengan kondisi aktual. Hasil serupa juga diperoleh pada penelitian Ultari Femi Arshinta dan Defri Ahmad (2019) di Kota Padang yang menunjukkan kecenderungan curah hujan berada pada kategori sedang di sebagian besar stasiun. Sementara itu, penelitian lain di Kota Makassar dan Tangerang juga membuktikan kemampuan model ini dalam memetakan transisi curah hujan antar periode

dan mendeteksi kondisi steady state di beberapa stasiun pengamatan (Haniyathul Husna dkk., 2024; Maemunah, 2020). Berdasarkan urgensi penelitian dan keberhasilan penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola curah hujan di Kota Bengkulu menggunakan model rantai Markov. Pengembangan dalam penelitian ini terletak pada penerapan komparatif model rantai Markov di dua wilayah pesisir Sumatera Barat, yang diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang karakteristik curah hujan, serta kontribusi terhadap upaya mitigasi risiko bencana dan perencanaan adaptasi iklim di wilayah Indonesia bagian barat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif deskriptif. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis Kota Bengkulu menggunakan model rantai Markov. Model ini dipilih karena kemampuannya memetakan transisi probabilitas antar kategori curah hujan secara dinamis berdasarkan data historis, sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pengelolaan sumber daya berbasis cuaca di wilayah pesisir Sumatera Barat.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data curah hujan harian periode 1 Januari hingga 31 Desember 2023. Data tersebut diperoleh dari situs web resmi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang dapat diakses melalui laman https://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim. Data yang digunakan berasal dari stasiun pengamatan, yaitu Stasiun Meteorologi Fatmawati Soekarno Bengkulu. Pemilihan stasiun ini didasarkan pada ketersediaan data harian yang lengkap dan representatif selama periode pengamatan. Variabel dalam penelitian ini adalah curah hujan harian yang tercatat di setiap stasiun pengamatan selama tahun 2023. Data curah hujan dinyatakan dalam milimeter per hari. Struktur data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Struktur

Periode(Hari)	Curah Hujan
1	x_1
⋮	⋮
365	x_{365}

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah penerapan model rantai Markov. Model ini merupakan salah satu metode stokastik yang digunakan untuk menganalisis peluang transisi antar kategori curah hujan dari waktu ke waktu. Tahapan analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis Deskriptif

Melakukan analisis deskriptif terhadap data curah hujan di setiap kota untuk mendapatkan gambaran umum karakteristik data, meliputi nilai maksimum, minimum, rata-rata, dan simpangan baku.

2. Kategorisasi Data Curah Hujan

Data curah hujan harian diklasifikasikan menjadi empat kategori, yaitu:

- a. Hujan Ringan (0-20 mm)
- b. Hujan Sedang (21–50 mm)
- c. Hujan Lebat (51–100 mm)
- d. Hujan Sangat Lebat (>100 mm)

Setiap kategori kemudian diberi label numerik untuk memudahkan proses analisis data menggunakan model rantai Markov.

3. Penyusunan Tabel Frekuensi Transisi
 Buatlah tabel frekuensi transisi yang mencatat jumlah perubahan dari satu kategori ke kategori lainnya.

Tabel 2. Jumlah Transisi Antar Keadaan

Transisi	Jumlah	Transisi	Jumlah	...	Transisi	Jumlah
$0 \rightarrow 0$	a	$1 \rightarrow 0$	d	...	$m \rightarrow 0$	g
$0 \rightarrow 1$	b	$1 \rightarrow 1$	e	...	$m \rightarrow 1$	h
\vdots		\vdots		...	\vdots	
$0 \rightarrow m$		$1 \rightarrow m$			$m \rightarrow m$	i
Total transisi	c	Total transisi	f	...	Total transisi	

4. Perhitungan Probabilitas Transisi
 Probabilitas transisi antar kategori dihitung dengan membagi frekuensi transisi setiap kategori dengan total frekuensi kategori awal. Probabilitas X_{t+1} berada dalam keadaan j jika X_t berada dalam keadaan i disebut probabilitas transisi satu langkah dan dilambangkan dengan P_{ij} sehingga akan membentuk persamaan berikut:

$$P\{X_{t+1} = j | X_t = i\} = P_{ij}$$

5. Penyusunan Matriks Probabilitas Transisi
 Probabilitas transisi yang telah dihitung disusun dalam matriks 3×3 berdasarkan jumlah kategori curah hujan.
6. Perhitungan Probabilitas Transisi n-Langkah
 Probabilitas transisi beberapa langkah ke depan dihitung menggunakan persamaan Chapman-Kolmogorov untuk memproyeksikan kemungkinan pola curah hujan pada periode berikutnya.
7. Penentuan Kondisi Steady State
 Melakukan iterasi peluang transisi hingga tercapai keadaan tetap, yaitu kondisi di mana peluang transisi antar kategori cenderung stabil seiring waktu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Statistika Deskriptif

Tabel 3. Descriptive Statistics

Kota	N	Min	Max	Median	Sd	mean
Bengkulu	300	0	77,1	0	12,87	6,02

Pada Tabel 2, kolom N menyatakan banyaknya hari atau banyaknya amatan yang akan dianalisis pada kota Bengkulu . Selanjutnya pada kolom maksimum, terlihat bahwa pernah terjadi hujan dengan intensitas tertinggi di Kota Bengkulu, dengan nilai tertinggi sebesar 77,10 mm.

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika menetapkan curah hujan dengan nilai yang berada dalam rentang 0-20 mm perhari sebagai hujan kecil. Dalam penelitian ini hujan ringan didefinisikan sebagai state 1, yang artinya jika suatu hari tidak ada curah hujan terdeteksi atau terdeteksi curah hujan dengan nilai kurang dari 20 mm pada suatu keadaan, maka keadaan tersebut dikatakan hujan ringan dan termasuk pada state 1. State 2 adalah

hujan sedang dengan nilai curah hujan yang berada dalam rentang 20-50 mm perhari. Sedangkan state 3, yaitu hujan besar dengan nilai curah hujan yang lebih besar dari 50 mm perhari. Adapun pengklasifikasian curah hujan berdasarkan besarnya intensitas curah hujan yang telah ditetapkan oleh BMKG dan banyaknya hari setiap state untuk kota Bengkulu dapat dijelaskan pada Tabel 3.

Table 4. Intensitas Curah Hujan Harian di Kota Bengkulu

Kota	State	Kategori	Jumlah Hari	Persentase
Bengkulu	1	Ringan	267	0.89
	2	Sedang	26	0.0866
	3	Lebat	7	0.02333

Berdasarkan data pada Tabel 3, intensitas curah hujan harian di Kota Bengkulu selama periode pengamatan didominasi oleh kategori hujan ringan. Tercatat sebanyak 267 hari atau sebesar 89,00% mengalami hujan ringan. Sementara itu, kategori hujan sedang terjadi selama 26 hari dengan persentase 8,66%, dan kategori hujan lebat hanya tercatat sebanyak 7 hari atau sebesar 2,33%. Jika dibandingkan, persentase tertinggi berada pada state 1 yaitu hari hujan ringan sebesar 89%, yang menunjukkan bahwa Kota Bengkulu lebih sering mengalami hujan ringan dibandingkan kategori hujan sedang dan hujan lebat. Sementara itu, persentase terendah terdapat pada state 3 yaitu hujan lebat sebesar 2,33%.

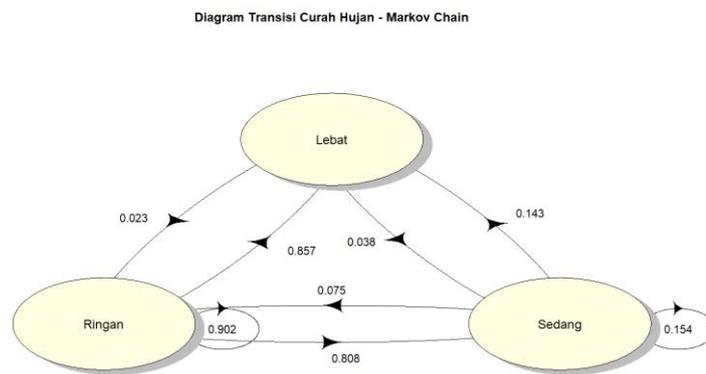
2. Matriks Peluang Transisi Curah Hujan di Kota Bengkulu

$$P = \begin{bmatrix} 0,0 & 0,8571 & 0,1429 \\ 0,0226 & 0,9026 & 0,0752 \\ 0,0385 & 0,8077 & 0,1538 \end{bmatrix}$$

Matriks P berisi nilai peluang transisi dari state i ke state j atau disebut dengan matriks peluang transisi. Elemen dari matriks peluang transisi ini terdiri dari:

- P_{11} merupakan peluang besok akan terjadi hujan kecil apabila hari ini juga hujan kecil sebesar 0,0.
- P_{12} merupakan peluang besok akan terjadi hujan sedang apabila hari ini hujan kecil sebesar 0,8571.
- P_{13} merupakan peluang besok akan terjadi hujan besar apabila hari ini hujan kecil sebesar 0,1429.
- P_{21} merupakan peluang besok akan terjadi hujan kecil apabila hari ini hujan sedang sebesar 0,0226.
- P_{22} merupakan peluang besok akan terjadi hujan sedang apabila hari ini juga hujan sedang sebesar 0,9026.
- P_{23} merupakan peluang besok akan terjadi hujan besar apabila hari ini hujan sedang sebesar 0,0752.
- P_{31} merupakan peluang besok akan terjadi hujan kecil apabila hari ini hujan besar sebesar 0,0385.
- P_{32} merupakan peluang besok akan terjadi hujan sedang apabila hari ini hujan besar sebesar 0,8077.
- P_{33} merupakan peluang besok akan terjadi hujan besar apabila hari ini juga hujan besar sebesar 0,1538

Secara keseluruhan, hasil analisis matriks peluang transisi curah hujan di Kota Bengkulu menunjukkan bahwa peluang transisi tertinggi berada pada nilai 85,7% pada kondisi dari hujan kecil ke hujan sedang P₁₂. Artinya, kemungkinan terjadinya hujan sedang setelah hujan kecil lebih besar dibanding peluang untuk kondisi lainnya. Sebaliknya, peluang transisi terendah tercatat pada nilai 0,0% pada kondisi dari hujan kecil ke hujan kecil P₁₁, yang menunjukkan bahwa curah hujan kecil pada hari ini tidak memiliki kecenderungan berlanjut sebagai hujan kecil pada keesokan harinya. Nilai peluang transisi ini menggambarkan kecenderungan pola perubahan curah hujan harian di Kota Bengkulu, dan dapat divisualisasikan melalui diagram transisi atau transition diagram yang menunjukkan arah serta besar peluang antar kategori curah hujan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Transisi Curah Hujan Kota Bengkulu

3. Peluang Steady State

Peluang transisi pada kondisi *steady state* atau biasa disebut dengan peluang keadaan tetap adalah keadaan dimana peluang pada setiap state tetap atau tidak berubah lagi seiring dengan berjalannya waktu. Peluang steady state ini biasanya digunakan untuk memprediksi jangka panjang. Persamaan Chapman-Kolmogorov digunakan untuk menghitung peluang transisi n-langkah hingga tercapai kondisi *steady state*. Matriks merupakan matriks peluang transisi satu langkah, maka matriks transisi n-langkah atau diperoleh dari hasil perpangkatan matriks sebanyak n kali

$$\text{Ringan} = 0,8933228$$

$$\text{Sedang} = 0,08332236$$

$$\text{Lebat} = 0,02335484$$

Kota Bengkulu memiliki peluang sebesar 89,33% untuk mengalami hujan ringan pada hari tertentu, peluang 8,33% untuk mengalami hujan sedang, dan hanya 2,34% kemungkinan untuk mengalami hujan lebat. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi cuaca yang paling dominan di Kota Bengkulu dalam jangka panjang adalah hujan ringan, sedangkan hujan sedang dan hujan lebat merupakan kejadian yang relatif jarang.

B. Pembahasan

Berdasarkan analisis rantai Markov terhadap data curah hujan harian di Kota Bengkulu tahun 2023, diketahui bahwa hujan ringan merupakan kondisi cuaca yang paling dominan, terjadi pada 89% hari. Peluang steady state menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, hujan ringan memiliki probabilitas sebesar 89,33%, hujan sedang 8,33%, dan hujan lebat 2,34%. Hujan ringan juga memiliki peluang tertinggi untuk tetap terjadi pada hari

berikutnya (90,2%). Hasil ini menunjukkan bahwa curah hujan di Kota Bengkulu cenderung ringan dan stabil, sedangkan hujan sedang dan lebat merupakan kejadian yang jarang dan tidak berlangsung lama.

Kondisi ini mencerminkan karakteristik klimatologis Kota Bengkulu yang didominasi oleh curah hujan ringan dalam rentang waktu yang panjang, sementara peluang terjadinya hujan sedang dan hujan lebat relatif kecil. Secara umum, hasil penelitian ini memberikan gambaran tentang pola transisi curah hujan harian di Kota Bengkulu yang dapat menjadi landasan penting dalam perencanaan tata kelola sumber daya air, mitigasi risiko bencana hidrometeorologi, serta pengambilan kebijakan terkait pengelolaan lingkungan dan sektor pertanian di wilayah Kota Bengkulu.

PENUTUP

Berdasarkan analisis rantai Markov data curah hujan harian di Kota Bengkulu tahun 2023, diketahui bahwa hujan ringan merupakan kondisi cuaca yang paling dominan, terjadi pada 89% hari. Probabilitas steady state menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, hujan ringan memiliki probabilitas sebesar 89,33%, hujan sedang 8,33%, dan hujan lebat 2,34%. Hujan ringan juga memiliki peluang tertinggi untuk terus terjadi pada hari berikutnya (90,2%). Hasil ini menunjukkan bahwa curah hujan di Kota Bengkulu cenderung ringan dan stabil, sedangkan hujan sedang dan lebat merupakan kejadian yang jarang terjadi dan tidak berlangsung lama.

Kondisi ini mencerminkan karakteristik klimatologi Kota Bengkulu yang didominasi oleh hujan ringan dalam jangka waktu yang panjang, sementara peluang terjadinya hujan sedang dan lebat relatif kecil. Secara umum hasil penelitian ini memberikan gambaran pola peralihan curah hujan harian di Kota Bengkulu yang dapat menjadi dasar penting dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air, mitigasi risiko bencana hidrometeorologi, dan pengambilan kebijakan terkait pengelolaan lingkungan hidup dan sektor pertanian di wilayah Kota Bengkulu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Statistika, Universitas Negeri Padang atas dukungan fasilitas, bantuan akademik, dan lingkungan ilmiah yang mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- Ainurrohman, S., & Sudarti, S. (2022). Analisis Perubahan Iklim dan Global Warming yang Terjadi sebagai Fase Kritis. *Jurnal Phi Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 3(3), 1.
- Akhsan, H. (2021). *Analisis Dinamika Curah Hujan Dan Ekstrem Ekstrem Di Wilayah Sumatera Bagian Selatan*. Universitas Sriwijaya.
- Hakiki, N. (2023). *Penerapan Rantai Markov dalam Menentukan Pola Penyebaran Curah Hujan Harian di Kabupaten Maros = Application of the Markov Chain in Determining Daily Rainfall Distribution Patterns in Maros Regency*. Universitas Hasanuddin.
- Haniyathul husna, Dony Permana, Nonong Amalita, & Fadhilah Fitri. (2024). Markov Chain Model Application for Rainfall Pattern in Padang City. *UNP Journal of Statistics and Data Science*, 2(3), 257–264.
- Hardianti, W. T. (2024). Penentuan Pola Distribusi Curah Hujan Harian Kabupaten Bogor Dengan Model Rantai Markov. *Journal of Scientech Research and Development*, 6(1), 1600–1609.
- Langi, Y. A. (2011). Penentuan Klasifikasi State pada Rantai Markov dengan Menggunakan

Nilai Eigen dari Matriks Peluang Transisi. *Jurnal Ilmiah Sains*, 124–130.

- Luthfiarta, A., Febriyanto, A., Lestiawan, H., & Wicaksono, W. (2020). Analisa Prakiraan Cuaca dengan Parameter Suhu, Kelembaban, Tekanan Udara, dan Kecepatan Angin Menggunakan Regresi Linear Berganda. *JOINS (Journal of Information System)*, 5(1), 10–17.
- Maemunah, N. A. (2020). *Penerapan Teori Rantai Markov pada Data Curah Hujan Harian di Wilayah Tangerang*. UIN Syarif Hidayatullah.
- Masrury. (2021). *Analisis Curah Hujan Manual dan Otomatis di Wilayah Tropis*. Jurnal Ilmu Lingkungan dan Kebencanaan, 10(2), 89–97.
- Nabila, A. P., Maharani, C., Putri, N. S., Pangesti, Z. R., Mardhotillah, B., Matematika, P., Jambi, U., & Shop, T. (2024). Analisis Rantai Markov untuk Mengetahui Peluang Perpindahan Platform E-Commerce yang dipilih Mahasiswa Matematika Markov Chain Analysis to Find Out Opportunities for Switching E-Commerce Platforms Chosen by Mathematics Students. *Multi Proximity: Jurnal Statistika Universitas Jambi*, 3(1), 27–35.
- Nugroho, J. R., & Habiballoh, A. A. (2023). Studi Climate Smart Agricultur (CSA) Perubahan Iklim terhadap Ketahanan Pangan. *Jurna; Pendidikan Tambusai*, 7(2), 16605–16613.
- Rachmawati, R. N. (2021). Estimation of Extreme Rainfall Patterns Using Generalized Linear Mixed Model for Spatio-temporal data in West Java, Indonesia. *Procedia Computer Science*, 179(2020), 330–336.
- Rahim, S. E., & Abdullah, M. (2019). Kajian Perbandingan Antara Alat Penakar Hujan Manual dan Otomatis. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 16(1), 13–22.
- Rahim, S. E., & Abdullah, M. (2019). Kajian Perbandingan Antara Alat Penakar Hujan Manual dan Otomatis. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 16(1), 13–22.
- Rizki, M., Basuki, S., & Azhar, Y. (2020). Implementasi Deep Learning Menggunakan Arsitektur Long Short Term Memory(LSTM) Untuk Prediksi Curah Hujan Kota Malang. *Jurnal Repositor*, 2(3), 331.
- Ross, Sheldon M. 2023. *Introduction to Probability Models*. 13th ed. Academic Press.
- Soekendro, C. A. (2021). *Prediksi Curah Hujan di Kab. Bandung Dengan Analisis Time Series, Menggunakan Model SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average)*. 8(2), 2865–2875.
- Supangat, D. (2020). *Pengembangan Sistem Monitoring Curah Hujan Berbasis Internet of Things (IoT)*. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 22(2), 112–120.
- Wahyudi, R., Sari, R. F., & Widyasari, R. (2021). Penentuan Pola Penyebaran Curah Hujan Harian Kabupaten Karo Dengan Menggunakan Rantai Markov Orde-N. *J. Ris. & Ap. Mat*, 05(02), 144–157.
- Grimmett, G., & Stirzaker, D. (2001). *Probability and Random Processes* (3rd ed.). Oxford University Press.