



Peramalan Curah Hujan di Indonesia Menggunakan Metode Rantai Markov Waktu Diskrit

Heni¹, Maia Nur Choyriatul Budiarti², Muhammad Yusuf³, Erlyne Nadhilah Widyaningrum^{4,*}

^{1,2,3,4} Program Studi Statistika FMIPA Universitas Mulawarman, Kalimantan Timur, Indonesia

*Correspondance author: erlynenadhilah@fmipa.unmul.ac.id

ABSTRACT

Rainfall is a crucial indicator in climate analysis and air resource planning in Indonesia. To observe changes in rainfall intensity over time, a Markov Chain approach is used, which can model the shift in rainfall conditions between periods based on transition probabilities. Monthly rainfall data for 2024 was obtained from NASA's Prediction of Worldwide Energy Resource and classified into three discrete categories: low, moderate, and high rainfall based on quartile values. The analysis was performed by constructing a transition probability matrix, calculating short- and long-term transition probabilities, and determining stable state probabilities to assess long-term rainfall trends. The analysis showed that the initial distribution of rainfall was relatively even across the three categories. However, the best model based on the transition matrix yielded stable state probabilities of 25% for low conditions, 25% for high conditions, and 50% for moderate conditions. These findings indicate that although rainfall appears to vary evenly throughout the year, the system tends to maintain a moderate rainfall state over the long term.

Keywords : *Rainfall, State Classification, Markov Chain*

ABSTRAK

Curah hujan merupakan salah satu indikator penting dalam analisis iklim dan perencanaan sumber daya air di Indonesia. Untuk mengamati perubahan intensitas curah hujan dari waktu ke waktu digunakan pendekatan Rantai Markov, yang mampu memodelkan perpindahan kondisi curah hujan antarperiode berdasarkan probabilitas transisi. Data curah hujan bulanan tahun 2024 diperoleh dari NASA *Prediction of Worldwide Energy Resource* dan diklasifikasikan menjadi tiga kategori diskrit, yaitu curah hujan rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan nilai kuartil. Analisis dilakukan dengan menyusun matriks peluang transisi, menghitung probabilitas transisi jangka pendek dan panjang, serta menentukan peluang steady state untuk melihat kecenderungan kondisi curah hujan dalam jangka panjang. Hasil analisis menunjukkan bahwa distribusi awal curah hujan relatif merata pada ketiga kategori. Namun, model terbaik berdasarkan matriks transisi menghasilkan peluang steady state sebesar 25% untuk kondisi rendah, 25% untuk kondisi tinggi, dan 50% untuk kondisi sedang. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun curah hujan sepanjang tahun tampak bervariasi secara seimbang, dalam jangka panjang sistem cenderung berada pada kondisi curah hujan sedang.

Kata Kunci: *Curah Hujan, Klasifikasi State, Rantai Markov*

ARTICLE INFO

Submission received: 31 January 2026

Accepted: 31 August 2026

Revised: 18 August 2026

Published: 31 August 2026

Available on: <https://doi.org/10.32493/sm.v8i2.58266>

StatMat: Jurnal Statistika dan Matematika is licenced under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



PENDAHULUAN

Rantai Markov waktu diskrit merupakan salah satu pendekatan dalam proses stokastik yang digunakan untuk menggambarkan perubahan keadaan suatu sistem secara bertahap. Dalam model ini, peluang kondisi pada waktu berikutnya hanya dipengaruhi oleh keadaan saat ini sehingga analisis difokuskan pada hubungan transisi antar *state*. Sifat Markov yang menekankan ketergantungan lokal ini menjadikan modelnya sederhana namun efektif untuk proses yang bergerak secara berurutan, seperti perubahan cuaca, hidrologi, dan fenomena lingkungan lainnya (1). Rantai Markov memiliki kemampuan yang baik dalam memodelkan perubahan kondisi cuaca yang bersifat berurutan. Metode ini diterapkan untuk memprediksi cuaca harian pada suatu wilayah berdasarkan pola transisi antar keadaan yang terbentuk dari data historis (2).

Perubahan curah hujan merupakan salah satu fenomena karakteristik transional tersebut. Intensitas hujan dapat bergeser dari tidak hujan menuju hujan ringan, sedang, maupun lebat dalam urutan yang tidak selalu teratur (3). Data historis diklasifikasikan ke dalam beberapa keadaan cuaca, kemudian dianalisis menggunakan matriks peluang transisi untuk melihat kecenderungan perpindahan kondisi dari satu hari ke hari berikutnya. Hasil penelitian tersebut mengungkap bahwa Rantai Markov mampu menangkap karakter berurutan dari data cuaca dan menghasilkan prediksi probabilistik yang lebih stabil dibandingkan pendekatan yang hanya mengandalkan tren linier (4). Model Markov mampu menggambarkan pola transisi hujan harian secara lebih sistematis, terutama pada wilayah dengan variabilitas curah hujan yang tinggi. Penelitian tersebut mengungkap bahwa matriks transisi dapat menangkap kecenderungan perubahan kondisi hujan dari hari ke hari dan memberikan estimasi probabilistik yang cukup akurat untuk prediksi jangka pendek (5). Wilayah tropis seperti Indonesia, perubahan ini semakin dipengaruhi topografi, sirkulasi angin monsun, serta fenomena global yang mengakibatkan pola hujan sulit diprediksi secara deterministik. Oleh karena itu, pendekatan probabilistik seperti rantai Markov menjadi relevan untuk memotret kecenderungan perpindahan keadaan curah hujan berdasarkan data historis (6).

Kemampuan rantai Markov dalam menggambarkan peluang perpindahan antar keadaan menjadikan salah satu metode yang cukup banyak digunakan dalam analisis. Dengan membagi curah hujan ke dalam kategori tertentu, peluang perpindahan dari satu keadaan ke keadaan berikutnya dapat dihitung melalui matriks transisi yang merepresentasikan pola historis data (7). Informasi ini dapat dimanfaatkan untuk memprediksi peluang kondisi curah hujan pada periode mendatang maupun menganalisis kestabilannya dalam jangka panjang melalui *steady state*. Penelitian pada tahun 2025, Mawaddah et al. (8) menunjukkan bahwa model Markov mampu mengidentifikasi keadaan hujan yang cenderung stabil di Bengkulu, sedangkan pada tahun 2024, Saputri et al. (6) menemukan bahwa dua kecamatan di Sarolangun memenuhi sifat Markov sehingga layak dianalisis menggunakan matriks transisi. Hasil serupa ditunjukkan oleh Nasib et al. pada tahun 2022 (9) di wilayah yang berbeda, dan memperlihatkan bahwa rantai Markov merupakan metode yang cocok diterapkan untuk data curah hujan di Indonesia.

Berdasarkan kajian terdahulu memperlihatkan bahwa rantai Markov merupakan model yang sesuai untuk menganalisis perubahan curah hujan yang bersifat berurutan. Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana peluang perpindahan antar *state* curah hujan terbentuk, bagaimana model Markov dapat digunakan untuk meramalkan kondisi curah hujan periode selanjutnya, serta bagaimana pola jangka panjang mungkin terbentuk melalui *steady state*.



Tujuan-tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini, yaitu menganalisis matriks peluang transisi dari curah hujan di Indonesia, menganalisis distribusi *steady state* untuk menggambarkan kecenderungan jangka panjang intensitas curah hujan, dan mengelompokkan data curah hujan di Indonesia tahun 2024 ke dalam *state* berdasarkan kuartil bawah dan kuartil atas.

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah serangkaian teknik dan prosedur yang digunakan untuk mendapatkan informasi dan data yang akan mendukung proses penelitian. Pada penelitian ini, menggunakan data sekunder yaitu data curah hujan di Indonesia pada tahun 2024 yang diambil dari situs resmi NASA *Prediction of Worldwide Energy Resource* yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Penelitian

Bulan	Curah Hujan (%)
Januari	93,77
Februari	86,47
Maret	91,08
April	84,49
Mei	90,48
Juni	87,21
Juli	76,44
Agustus	86,11
September	74,94
Oktober	85,23
November	88,34
Desember	95,27

Pendekatan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan menggunakan simulasi untuk menganalisis sistem berbasis waktu diskrit. Penelitian menggunakan metode Rantai Markov Waktu Diskrit untuk memetakan transisi antara keadaan dalam sistem, serta untuk memperkirakan distribusi keadaan dalam jangka panjang. Adapun langkah-langkah dalam analisis adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi masalah
2. Mengumpulkan Data
3. Analisis Statistika Deskriptif
4. Mengidentifikasi *state*
5. Membentuk matriks peluang transisi
6. Menghitung peluang *steady state*
7. Mengklasifikasi *state*
8. Menarik kesimpulan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Statistika Deskriptif

Data yang dianalisis merupakan data curah hujan bulanan yang diperoleh dari NASA *Prediction of Worldwide Energy Resource* dari bulan Januari sampai Desember 2024, statistika deskriptif ini dapat memberikan informasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Statistika Deskriptif

n	Rata-rata	Deviasi Standar	Minimum	Maksimum
12	86,65	6,11	74,94	95,27

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa rata-rata curah hujan bulanan di Indonesia pada tahun 2024 adalah sebesar 86,65 %. Dengan deviasi standar sebesar 6,11 % yang mengindikasikan bahwa titik data tersebar disekitar rata-rata. Bulan dengan curah hujan terendah adalah bulan Juli yaitu sebesar 74,94 %, sedangkan bulan dengan curah hujan tertinggi adalah bulan Desember yaitu sebesar 95,27 %.

Identifikasi State

Dalam penelitian ini *state* dibagi menjadi tiga yaitu *state* 0 (rendah), *state* 1 (sedang), dan *state* 2 (Tinggi). Menurut Shulhany et al. (2022), pembagian ini berdasarkan perhitungan menggunakan Matlab, teorema spektral dan matriks diagonal. Perhitungan menggunakan matriks transisi tiga *state*, dimana *state* 0 ($X_t = 0$), jika curah hujan yang diamati pada waktu t kurang dari nilai kuartil bawah (Q_1). *State* 1 ($X_t = 1$), jika curah hujan yang diamati waktu t setidaknya sebesar nilai kuartil bawah (Q_1) dan kurang dari kuartil atas (Q_3). *State* 2 ($X_t = 2$), jika curah hujan yang diamati pada waktu t setidaknya sebesar nilai kuartil atas (Q_3). Berikut merupakan klasifikasi curah hujan yang tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi State

State	Kategori	Intensitas Hujan
0	Rendah	< 85,05%
1	Sedang	85,05% – 90,62%
2	Tinggi	≥ 90,63%

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh fungsi kalsifikasi *state* berdasarkan intensitas curah hujan (x) pada bulan ke $-n$, yaitu:

$$X_n = f(x) = \begin{cases} 0, & \text{untuk } < 80,05 \\ 1, & \text{untuk } 80,05 \leq x < 90,63 \\ 2, & \text{untuk } \geq 90,63 \end{cases} \quad (1)$$

Selanjutnya, matriks peluang transisi akan dibentuk berdasarkan distribusi peluang perpindahan curah hujan dari bulan ke $-n$ hingga bulan ke $-(n+1)$. Matriks transisi ini didefinisikan sebagai $P(X_n = i | X_{n+1} = j)$, yang merepresentasikan peluang curah hujan berpindah dari *state* i pada bulan ke n ke *state* j pada bulan $n+1$. Bentuk umum dari

matriks transisi tersebut adalah sebagai berikut:

$$P_{i,j} = \begin{bmatrix} P_{0,0} & P_{0,1} & P_{0,2} \\ P_{1,0} & P_{1,1} & P_{1,2} \\ P_{2,0} & P_{2,1} & P_{2,2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Matriks ini digunakan untuk menganalisis bagaimana pola perubahan intensitas hujan dari waktu ke waktu dan membantu memahami kecenderungan perubahan curah hujan dibulan-bulan berikutnya. Adapun penjelasan dari masing-masing pola interaksi antar *state space* yaitu seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Definisi Interaksi Antar *Space*

Interaksi Antar <i>Space</i>	Definisi
P_{00}	Peluang curah hujan rendah pada bulan ke $-n$ dan ke $-(n+1)$
P_{01}	Peluang curah hujan rendah pada bulan ke $-n$ dan curah hujan sedang pada bulan ke $-(n+1)$
P_{02}	Peluang curah hujan rendah pada bulan ke $-n$ dan curah hujan tinggi pada bulan ke $-(n+1)$
P_{10}	Peluang curah hujan sedang pada bulan ke $-n$ dan curah hujan rendah pada bulan ke $-(n+1)$
P_{11}	Peluang curah hujan sedang pada bulan ke $-n$ dan ke $-(n+1)$
P_{12}	Peluang curah hujan sedang pada bulan ke $-n$ dan curah hujan tinggi pada bulan ke $-(n+1)$
P_{20}	Peluang curah hujan tinggi pada bulan ke $-n$ dan curah hujan rendah pada bulan ke $-(n+1)$
P_{21}	Peluang curah hujan tinggi pada bulan ke $-n$ dan curah hujan sedang pada bulan ke $-(n+1)$
P_{22}	Peluang curah hujan tinggi pada bulan ke $-n$ dan ke $-(n+1)$

Matriks Peluang Transisi

Berdasarkan hasil klasifikasi curah hujan di Indonesia Tahun 2024, diperoleh tabel transisi yang menggambarkan pola perubahan intensitas curah hujan dari bulan ke bulan di Indonesia Tahun 2024. Tabel 5 menunjukkan jumlah pengamatan yang mencatat perpindahan kondisi curah hujan dari satu kategori ke kategori lainnya pada bulan berikutnya. Dari tabel tersebut, diperoleh peluang transisi antar kondisi curah hujan di Indonesia Tahun 2024 sebagai berikut:

Tabel 5. Transisi *State*

<i>State</i>	0	1	2	Total
0	0	3	0	3
1	2	2	2	6
2	1	1	1	3
Jumlah				12



Sehingga, diperoleh peluang transisi *state* sebagai berikut:

$$P_{i,j} = \begin{bmatrix} 0 & 1,00 & 0 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Berdasarkan matriks peluang transisi, diketahui bahwa curah hujan pada bulan ini berada pada kondisi rendah, maka tidak ada peluang untuk tetap berada pada kondisi rendah, peluang meningkat menjadi kondisi sedang adalah sebesar 1, dan tidak ada peluang untuk langsung meningkat ke kondisi tinggi. Selanjutnya, peluang curah hujan di Indonesia yang berada pada kondisi sedang menurun menjadi kondisi rendah pada bulan berikutnya sebesar 0,33, peluang tetap pada kondisi sedang adalah sebesar 0,33, dan peluang meningkat menjadi kondisi tinggi adalah sebesar 0,33. Sementara itu, peluang curah hujan di Indonesia yang berada pada kondisi tinggi menurun menjadi kondisi rendah pada bulan berikutnya sebesar 0,33, peluang berada pada kondisi tinggi menurun menjadi kondisi sedang pada bulan berikutnya sebesar 0,33, dan peluang tetap pada kondisi tinggi adalah sebesar 0,33.

Perhitungan Matriks Probabilitas Transisi

Berdasarkan matriks peluang transisi yang telah diperoleh didapatkan hasil matriks probabilitas 1-step sebagai berikut:

$$P^1 = \begin{bmatrix} 0 & 1,00 & 0 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Maka penentuan matriks probabilitas n – step nya adalah

$$P^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1,00 & 0 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 1,00 & 0 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,22 & 0,55 & 0,22 \\ 0,22 & 0,55 & 0,22 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$P^3 = \begin{bmatrix} 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,22 & 0,55 & 0,22 \\ 0,22 & 0,55 & 0,22 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 1,00 & 0 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,22 & 0,55 & 0,22 \\ 0,25 & 0,47 & 0,25 \\ 0,25 & 0,47 & 0,25 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$P^4 = \begin{bmatrix} 0,22 & 0,55 & 0,22 \\ 0,25 & 0,47 & 0,25 \\ 0,25 & 0,47 & 0,25 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 1,00 & 0 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,22 & 0,55 & 0,22 \\ 0,25 & 0,47 & 0,25 \\ 0,25 & 0,47 & 0,25 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$P^5 = \begin{bmatrix} 0,22 & 0,55 & 0,22 \\ 0,25 & 0,47 & 0,25 \\ 0,25 & 0,47 & 0,25 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 1,00 & 0 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,25 & 0,47 & 0,25 \\ 0,24 & 0,49 & 0,24 \\ 0,24 & 0,49 & 0,24 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$P^6 = \begin{bmatrix} 0,25 & 0,47 & 0,25 \\ 0,24 & 0,49 & 0,24 \\ 0,24 & 0,49 & 0,24 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 1,00 & 0 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,24 & 0,49 & 0,24 \\ 0,24 & 0,49 & 0,24 \\ 0,24 & 0,49 & 0,24 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Selanjutnya, perhitungan matriks probabilitas n – step memperlihatkan bagaimana probabilitas transisi berkembang seiring waktu. Pada P^6 nilai probabilitas mulai stabil

dengan ketiga keadaan menunjukkan probabilitas yang hampir sama yaitu sekitar 24% untuk rendah, 49% untuk sedang dan 24% untuk tinggi. Pada Kondisi ini Curah hujan rendah meningkat dari 0% menjadi 24%, curah hujan sedang menurun dari 1% menjadi 49% dan curah hujan tinggi meningkat dari 0% menjadi 24%. Berdasarkan hasil perhitungan matriks transisi diperoleh bahwa sistem mencapai kondisi *steady state* pada tahap P^6 . Kestabilan ini menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, sistem cenderung mencapai equilibrium, di mana peluang transisi tidak lagi berubah signifikan. Hasil ini dapat di gunakan untuk memproyeksikan tren curah hujan di Indonesia di masa depan.

Matriks Transisi *Steady State*

Dalam analisis ini, *steady state* tercapai ketika probabilitas keadaan (π_0 dan π_1) tidak lagi berubah terjadi. Persamaan $\pi(P-I) = 0$ digunakan untuk mencari nilai *steady state*, di mana P adalah matriks transisi dan I adalah matriks identitas.

$$\pi(P-I) = 0$$

$$[\pi_0 \pi_1 \pi_2] \left[\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right] = [0 \quad 0 \quad 0]$$

$$[\pi_0 \pi_1 \pi_2] \left[\begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0,33 & -0,67 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & -0,67 \end{bmatrix} \right] = [0 \quad 0 \quad 0]$$

$$[-\pi_0 + 0,33\pi_1 + 0,33\pi_2] \quad (10)$$

$$[\pi_0 - 0,67\pi_1 + 0,33\pi_2] \quad (11)$$

$$[\pi_0 + 0,33\pi_1 - 0,67\pi_2] \quad (12)$$

$$\pi_0 + \pi_1 + \pi_2 = 1 \quad (13)$$

Berdasarkan persamaan tersebut, diperoleh matriks *steady state* adalah:

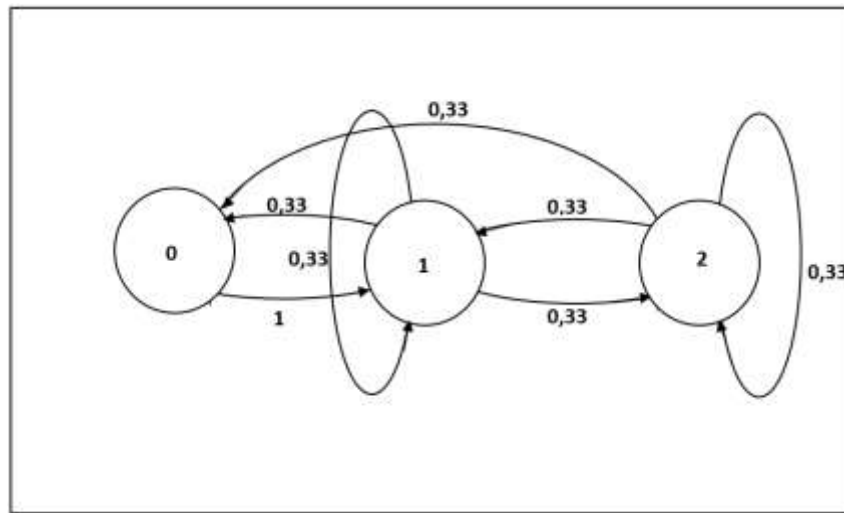
$$\pi = \begin{bmatrix} 0,25 & 0,50 & 0,25 \\ 0,25 & 0,50 & 0,25 \\ 0,25 & 0,50 & 0,25 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada persamaan (14), diperoleh solusi *steady state* dengan peluang untuk masing-masing *state*, yaitu $\pi_0 = 0,25$, $\pi_1 = 0,50$, dan $\pi_2 = 0,25$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, sekitar 25% bulan yang diamati berada pada kondisi curah hujan rendah di Indonesia kurang dari 80,05 satuan, 50% bulan berada pada kondisi curah hujan sedang rentang 80,05 hingga 90,63 satuan, dan 25% bulan berada pada kondisi curah hujan tinggi lebih dari 90,63 satuan.

Klasifikasi *State*

Berdasarkan matriks peluang transisi, diperoleh diagram transisi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2. Terdapat 3 *state* yaitu 0, 1 dan 2 dengan nilai

probabilitas transisi antar *state* sesuai yang terlampir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Transisi

Berdasarkan diagram transisi pada Gambar 2, didapatkan rantai Markov terdiri atas tiga *state*, yaitu 0, 1, dan 2, dengan peluang transisi positif antar-*state*. Dari *state* 0 terdapat transisi menuju *state* 1 dengan probabilitas 1, sedangkan *state* 1 dan *state* 2 masing-masing memiliki peluang transisi kembali ke dirinya sendiri sebesar 0,33. Selain itu, *state* 1 memiliki probabilitas 0,33 untuk berpindah ke *state* 0 maupun ke *state* 2, dan *state* 2 memiliki probabilitas 0,33 untuk berpindah ke *state* 1. Struktur transisi ini menunjukkan bahwa setiap *state* dapat dicapai dari *state* lain dalam sejumlah langkah berhingga, sehingga seluruh *state* berada dalam satu kelas komunikasi. Dengan demikian, rantai Markov pada Gambar 2 bersifat *irreducible*. Adanya *self-loop* pada *state* 1 dan 2 juga menyebabkan periode tiap *state* bernilai 1, sehingga rantai Markov ini bersifat *aperiodic*. Karena rantai bersifat *irreducible*, *aperiodic*, dan memiliki jumlah *state* yang hingga, maka rantai Markov tersebut termasuk ke dalam kategori *ergodic Markov chain*.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis menggunakan metode Rantai Markov Waktu Diskrit, diperoleh beberapa hasil sebagai berikut:

1. Di diperoleh peluang transisi *state* sebagai berikut:

$$P_{i,j} = \begin{bmatrix} 0 & 1,00 & 0 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 \end{bmatrix}$$

Matriks peluang yang terbentuk mampu menggambarkan pola perubahan intensitas curah hujan antar periode, dimana kondisi rendah selalu berpindah ke kondisi sedang dengan peluang 1, sedangkan kondisi sedang dan tinggi memiliki peluang transisi yang seimbang menuju kondisi lain maupun kembali ke kondisi tetap.

2. Distribusi *steady state* menunjukkan bahwa dalam jangka panjang intensitas curah hujan berada dalam kondisi yang relatif seimbang, yaitu 25% pada kondisi rendah dengan



kurang dari 80,05 satuan, 50% pada kondisi sedang dengan rentang antara 80,05 hingga 90,63 satuan, dan 25% pada kondisi tinggi dengan lebih dari 90,63 satuan.

3. Pengelompokkan data curah hujan tahun 2024 di Indonesia berdasarkan kuartil bawah dan atas berhasil membagi data ke dalam tiga *state* yang jelas, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa curah hujan tersebar secara relatif merata pada ketiga *state*, yaitu dengan peluang sekitar 0,33 untuk masing-masing *state*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Shulhany A, Fitriawati A, Prariesa D, Budiman YY, Sasmito KA. Penentuan Curah Hujan Menggunakan Rantai Markov Di Beberapa Daerah Provinsi Banten. J Stat dan Mat. 2022;4(2).
2. Fransiska W, Nufus RH, Syafi'i M, Hasibuan LH. Penerapan Rantai Markov Dalam Peramalan Cuaca (Studi Kasus: Cuaca Harian di Kota Padang). Buana Mat J Ilm Mat dan Pendidik Mat. 2022;12(2):117–26.
3. Onyutha C. Variability of rainfall and river flow in the Nile Basin. 2017;
4. Sari EPK, Lahmadi AMU. Peramalan Cuaca Harian di Kota Purwokerto Menggunakan Metode Rantai Markov. JMT (Jurnal Mat dan Ter. 2024;6(1):17–26.
5. Haniyathul H, Dony P, Nonong A, Fadhilah F. Markov Chain Model Application For Rainfall Pattern In Padang City. UNP J Stat DATA Sci Учредители Univ Negeri Padang. 2024;2(3):257–64.
6. Saputri M, Yurinanda S, Sormin C. Prediksi curah hujan di kabupaten sarolangun menggunakan rantai markov Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB , 2020), tahun 2016 yang berakibat lahan pertanian dan ratusan rumah tergenang. 2024;15(2):213–24.
7. Alyarahma NN, Nur'Adilah S, Alfaris MR. Prediksi Frekuensi Probabilitas Curah Hujan di Jambi Menggunakan Rantai Markov serta Modul Tree Forecasting Berbantuan Software Qm-V5. Multi Prox J Stat. 2022;1(2):82–92.
8. Mawaddah N, Permana D, Amalita N, Salma A. Analisis Pola Curah Hujan Di Kota Bengkulu Menggunakan Model Rantai Markov. 2025;7(4):352–9.
9. Nasib SK, Nurwan N, Yanuari EDD, Macmud T. Karakteristik rantai markov pada data curah hujan bulanan stasiun djalaluddin. JMPM J Mat dan Pendidik Mat. 2022;7(2):81–9.