

Peramalan Cuaca Harian di Kota Purwokerto Menggunakan Metode Rantai Markov

Sausan^{1, a)}, Ernawati Prahesta Kurnia Sari^{1, b)}, Abdurrahman Muhammad Umar Lahmadi^{1, c)}

¹ *Institut Teknologi Telkom Purwokerto*

Email: ^{a)} 21110027@ittelkom-pwt.ac.id, ^{b)} 21110011@ittelkom-pwt.ac.id, ^{c)} 21110015@ittelkom-pwt.ac.id

Abstract

Daily weather forecasting is an important aspect in anticipating and managing the impact of weather changes that can affect various sectors of life, such as agriculture, transportation, tourism, and other activities. Purwokerto City, which is located in the middle of Java Island, Indonesia, is one of the cities that faces fluctuating weather changes. This research aims to perform daily weather forecasting in Purwokerto City using the Markov Chain Method, a statistical approach that has been widely used in various fields including weather forecasting. This research uses daily weather data in Purwokerto City on July 5 to 10, 2023. The data was obtained from the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency (BMKG) Purwokerto City. The weather data is based on the weather categories of cloudy, light rain, moderate rain, and thunder rain, as well as observation time which includes morning, afternoon, evening, and night. The results showed that the daily weather data from July 5 to 10, 2023 analyzed showed significant weather variations. However, cloudy weather was the most dominant condition during that week.

Keywords: Forecasting, Weather, Markov Chain, Purwokerto.

Abstrak

Peramalan cuaca harian merupakan aspek penting dalam mengantisipasi dan mengelola dampak dari perubahan cuaca yang dapat mempengaruhi berbagai sektor kehidupan, seperti pertanian, transportasi, pariwisata, dan kegiatan lainnya. Kota Purwokerto, yang terletak di tengah Pulau Jawa, Indonesia, merupakan salah satu kota yang menghadapi perubahan cuaca yang fluktuatif. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan peramalan cuaca harian di Kota Purwokerto menggunakan Metode Rantai Markov, sebuah pendekatan statistik yang telah banyak digunakan dalam berbagai bidang termasuk peramalan cuaca. Penelitian ini menggunakan data cuaca harian di Kota Purwokerto pada tanggal 5 sampai 10 Juli 2023. Data tersebut diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kota Purwokerto. Data cuaca tersebut didasarkan pada kategori cuaca berawan, hujan ringan, hujan sedang, dan hujan petir, serta waktu pengamatan yang mencakup pagi hari, siang hari, sore hari, dan malam hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data cuaca harian dari tanggal 5 hingga 10 Juli 2023 yang dianalisis menunjukkan variasi cuaca yang signifikan. Namun, cuaca berawan merupakan kondisi paling dominan selama satu minggu tersebut.

Kata-kata kunci: Peramalan, Cuaca, Rantai Markov, Purwokerto.

PENDAHULUAN

Peramalan cuaca harian merupakan bagian yang penting dalam kehidupan sehari-hari, terutama dalam mengantisipasi dan mengelola dampak dari perubahan cuaca yang dapat mempengaruhi berbagai sektor, seperti pertanian, transportasi, pariwisata, dan kegiatan lainnya. Dalam konteks ini,

Diterima: 24 September 2023, Direvisi: 27 Februari 2024, Disetujui: 27 Februari 2024

pengembangan metode peramalan cuaca harian dapat membantu dalam mengurangi risiko terhadap terjadinya suatu bencana alam dan mampu memberikan informasi yang akurat bagi para pelaku di berbagai sektor (Winda Fransiska et al., 2022).

Kota Purwokerto merupakan salah satu kota di Indonesia yang terletak di tengah Pulau Jawa dan termasuk ke dalam salah satu kota yang menghadapi perubahan cuaca yang fluktuatif. Perubahan cuaca yang tidak dapat diprediksi dengan tepat dapat berdampak signifikan pada kegiatan sehari-hari masyarakat serta sektor ekonomi dan sosial di kota tersebut (Firdaniza, Gusriani and Suryamah, 2016). Oleh karena itu, terdapat suatu kebutuhan yang mendesak untuk mengembangkan metode peramalan cuaca yang dapat memberikan informasi yang akurat dan dapat diandalkan.

Dalam konteks tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan peramalan cuaca harian di Kota Purwokerto dengan menggunakan Metode Rantai Markov. Metode Rantai Markov adalah salah satu pendekatan statistik yang telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk peramalan cuaca. Rantai Markov memungkinkan pemodelan perubahan keadaan cuaca dari waktu ke waktu berdasarkan keadaan cuaca pada hari sebelumnya. Sifat Markov dalam pendekatan ini menunjukkan bahwa peramalan cuaca di masa depan hanya tergantung pada keadaan cuaca saat ini, dan tidak bergantung pada keadaan cuaca sebelumnya (Nurjana, Paendong and Langi, 2016). Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Sasake, Lesnussa and Wattimena, 2021) juga menunjukkan bahwa pendekatan ini didasarkan pada gagasan bahwa keadaan cuaca di masa yang akan datang hanya dipengaruhi oleh keadaan cuaca terakhir atau sebelumnya. Dengan memanfaatkan data cuaca harian sebelumnya, model Rantai Markov dapat memberikan gambaran tentang pola transisi cuaca dan membantu dalam mengestimasi kemungkinan cuaca di masa mendatang.

Namun, penelitian ini juga memiliki keterbatasan masalah yang memerlukan perhatian. Fokus penelitian hanya berfokus pada peramalan cuaca harian di Kota Purwokerto, sehingga generalisasi dari hasil penelitian ini ke wilayah lain harus dilakukan dengan hati-hati. Selain itu, penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor eksternal lainnya yang dapat mempengaruhi cuaca, seperti aktivitas manusia atau pola aliran udara yang kompleks. Penelitian ini juga tidak memperhitungkan dampak perubahan iklim jangka panjang.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam pengambilan keputusan terkait dengan kegiatan sehari-hari dan manajemen risiko terkait cuaca di Kota Purwokerto. Selain itu, pengembangan metode peramalan cuaca menggunakan Rantai Markov juga dapat memberikan kontribusi pada pengembangan bidang ilmu peramalan cuaca secara keseluruhan (Kadafi, Nugroho and Novianti, 2016).

METODE

Penelitian ini menggunakan data cuaca harian di Kota Purwokerto pada tanggal 5 sampai 10 Juli 2023. Data tersebut diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kota Purwokerto. Penelitian ini menerapkan Metode Rantai Markov untuk analisisnya. Metode Rantai Markov digunakan untuk melakukan peramalan atau estimasi tentang perubahan-perubahan yang akan terjadi di masa mendatang berdasarkan perubahan-perubahan yang terjadi pada variabel-variabel dinamis di waktu sebelumnya (Ihsan, Sanusi and Hasriani, 2020). Penelitian ini berfokus pada beberapa variabel, yaitu kondisi cuaca harian, termasuk berawan, hujan ringan, hujan sedang, dan hujan petir, serta waktu pengamatan yang mencakup pagi hari, siang hari, sore hari, dan malam hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Dalam penelitian ini, data yang dianalisis mencakup kondisi cuaca harian di Kota Purwokerto dari tanggal 5 hingga 10 Juli 2023. Pengelompokan data cuaca dilakukan berdasarkan kategori: Berawan, Hujan Ringan, Hujan Sedang, dan Hujan Petir. Langkah awal adalah mengumpulkan data tentang perubahan cuaca pada empat periode waktu: pagi, siang, sore, dan malam. Data cuaca harian Kota Purwokerto disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1. Cuaca harian di Kota Purwokerto, Tanggal 5 sampai 10 Juli 2023

| Juli | | Cuaca | | | |
|--------|------------|---------|--------------|--------------|--------------|
| Hari | Tanggal | Pagi | Siang | Sore | Malam |
| Rabu | 05/07/2023 | Berawan | Berawan | Hujan Ringan | Berawan |
| Kamis | 06/07/2023 | Berawan | Hujan Ringan | Hujan Petir | Hujan Ringan |
| Jumat | 07/07/2023 | Berawan | Hujan Petir | Berawan | Hujan Ringan |
| Sabtu | 08/07/2023 | Berawan | Hujan Petir | Hujan Ringan | Berawan |
| Minggu | 09/07/2023 | Berawan | Berawan | Hujan Sedang | Hujan Sedang |
| Senin | 10/07/2023 | Berawan | Hujan Ringan | Hujan Sedang | Hujan Ringan |

Sumber: BMKG Kota Purwokerto (2023)

Berdasarkan Tabel 1, data cuaca harian menunjukkan variasi yang cukup signifikan. Meskipun demikian, dari kolom "Cuaca" untuk setiap periode waktu (pagi, siang, sore, malam) selama enam hari, cuaca yang paling umum adalah "Berawan". Cuaca berawan mendominasi pada pagi hari, siang hari, sore hari, dan malam hari sebagian besar dalam periode tersebut.

Menggambarkan Data Cuaca dalam Bentuk Matriks Transisi Model Rantai Markov

Dari data cuaca harian pada Tabel 1, jumlah cuaca yang terjadi dalam satu hari dihitung berdasarkan kategori yang ada. Hasil perhitungan tersebut kemudian ditampilkan dalam Tabel 2, yang berisi data tentang jumlah cuaca harian untuk setiap kategori dalam satu hari, yaitu pagi, siang, sore dan malam. Sebagai contoh, pada Hari Jumat terdapat cuaca berawan pada pagi dan sore hari, cuaca hujan petir pada siang hari, serta cuaca hujan ringan pada malam hari.

TABEL 2. Jumlah Perubahan Cuaca Harian

| Perubahan | Berawan | Hujan Ringan | Hujan Sedang | Hujan Petir |
|---------------|-----------|--------------|--------------|-------------|
| Rabu | 3 | 1 | - | - |
| Kamis | 1 | 2 | - | 1 |
| Jumat | 2 | 1 | - | 1 |
| Sabtu | 2 | 1 | - | 1 |
| Minggu | 2 | - | 2 | - |
| Senin | 1 | 2 | 1 | - |
| Jumlah | 11 | 7 | 3 | 3 |

Dari data cuaca, diperoleh p_{ij} dimana $i = 1,2,3,4$ dan $j = 1,2,3,4,5,6$ yaitu probabilitas transisi dari *state* i ke *state* j . Untuk mendapatkan p_{ij} , dilakukan perhitungan dengan cara membagi perubahan kondisi cuaca i ke cuaca j dengan total perubahan dari kondisi cuaca i . Perubahan cuaca i ke cuaca j dinotasikan sebagai t_{ij} dimana $i = 1,2,3,4$ dan $j = 1,2,3,4,5,6$.

$$p_{ij} = \frac{t_{ij}}{\sum_{j=1}^4 t_{ij}} \tag{1}$$

Perubahan cuaca dapat diamati dari berbagai kondisi, seperti berubah dari berawan ke berawan, berawan ke hujan ringan, berawan ke hujan sedang, berawan ke hujan petir, dan seterusnya. Berdasarkan data pengumpulan cuaca pada Tabel 2, diperoleh peluang perubahan kondisi cuaca yang dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3. Banyaknya Perubahan Cuaca Harian

| Perubahan Cuaca | Berawan | Hujan Ringan | Hujan sedang | Hujan Petir | Jumlah |
|-----------------|---------|--------------|--------------|-------------|--------|
| Berawan | 5 | 4 | 1 | 0 | 10 |
| Hujan Ringan | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 |
| Hujan Sedang | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |

| Perubahan Cuaca | Berawan | Hujan Ringan | Hujan sedang | Hujan Petir | Jumlah |
|-----------------|---------|--------------|--------------|-------------|--------|
| Hujan Petir | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 |

Proses dalam mengetahui jumlah perubahan state atau dengan kata lain transisi berdasarkan sifat Rantai Markov. Hasil pada Tabel 3 diubah menjadi bentuk peluang seperti yang disajikan pada Tabel 4.

TABEL 4. Probabilitas Transisi Cuaca Harian

| Perubahan Cuaca | Berawan | Hujan Ringan | Hujan sedang | Hujan Petir | Total Peluang |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| Berawan | $\frac{5}{10}$ | $\frac{4}{10}$ | $\frac{1}{10}$ | $\frac{0}{10}$ | $\frac{10}{10} = 1$ |
| Hujan Ringan | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{5}$ | $\frac{2}{5}$ | $\frac{5}{5} = 1$ |
| Hujan Sedang | $\frac{0}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{0}{2}$ | $\frac{2}{2} = 1$ |
| Hujan Petir | $\frac{2}{3}$ | $\frac{0}{3}$ | $\frac{0}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{3}{3} = 1$ |

Nilai peluang yang terdapat pada Tabel 4 dapat dimasukkan ke dalam bentuk matriks berukuran 4x4 yang dikenal dengan istilah matriks probabilitas transisi satu langkah (Kadafi, Nugroho and Novianti, 2016). Dengan demikian, diperoleh matriks probabilitas transisi dengan 4 state cuaca yang menyatakan peluang perubahan cuaca harian di Purwokerto, maka dari Tabel 5 dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.50 & 0.40 & 0.10 & 0 \\ 0.20 & 0.20 & 0.20 & 0.40 \\ 0 & 0.50 & 0.50 & 0 \\ 0.67 & 0 & 0 & 0.33 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Keterangan:

0 = Cuaca Berawan

1 = Cuaca Hujan Ringan

2 = Cuaca Hujan Sedang

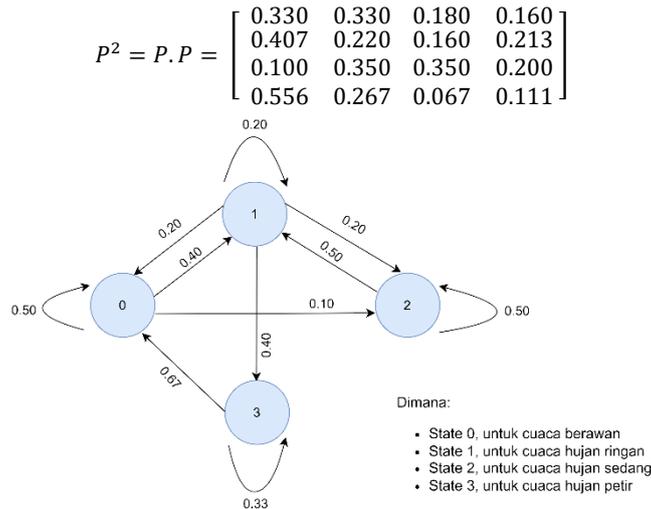
3 = Cuaca Hujan Petir

Berdasarkan matriks transisi di atas, dapat diprediksi cuaca di Kota Purwokerto sebagai berikut:

1. Jika hari ini berawan, maka besok akan berpeluang 50% cuaca berawan, 40% hujan ringan, 10% hujan sedang, dan 0% hujan petir.
2. Jika hari ini hujan ringan, maka besok akan berpeluang 20% cuaca berawan, 20% hujan ringan, 20% hujan sedang, dan 40% hujan petir.
3. Jika hari ini hujan sedang, maka besok akan berpeluang 0% cuaca berawan, 50% hujan ringan, 50% hujan sedang, dan 0% hujan petir.
4. Jika hari ini hujan petir, maka besok akan berpeluang 67% cuaca berawan, 0% hujan ringan, 0% hujan sedang, dan 33% hujan petir.

Matriks probabilitas transisi satu langkah juga dapat digambarkan dalam bentuk diagram transisi, dimana tanda panah menunjukkan transisi dan lingkaran adalah state. Gambaran diagram transisi disajikan pada Gambar 1.

Dari data probabilitas transisi satu langkah di atas, dilakukan analisis prediksi perubahan cuaca hingga mencapai kondisi steady state. Pada penelitian ini, untuk menentukan kondisi steady state dilakukan metode pemangkatan matriks probabilitas transisi P, dengan tujuan untuk memperoleh nilai elemen pada satu kolom yang akan konvergen menuju nilai yang sama dengan cara memangkatkan matriks probabilitas transisi dengan pangkat yang membesar (Hidayat, Sari and Azzery, 2020). Proses perhitungannya dibantu oleh Microsoft Excel, dan hasilnya adalah sebagai berikut:



GAMBAR 1. Diagram Transisi

Karena belum tercapai kondisi steady state, perhitungan akan terus dilakukan untuk transisi selanjutnya hingga mencapai kondisi di mana state yang diharapkan telah terpenuhi.

$$P^4 = \begin{bmatrix} 0.350 & 0.287 & 0.185 & 0.176 \\ 0.358 & 0.295 & 0.178 & 0.167 \\ 0.321 & 0.286 & 0.209 & 0.182 \\ 0.360 & 0.295 & 0.173 & 0.171 \end{bmatrix}$$

$$P^{24} = \begin{bmatrix} 0,349 & 0,291 & 0,186 & 0,174 \\ 0,349 & 0,291 & 0,186 & 0,174 \\ 0,349 & 0,291 & 0,186 & 0,174 \\ 0,349 & 0,291 & 0,186 & 0,174 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan perkalian matriks tersebut, menunjukkan bahwa matriks peluang transisi pada langkah 1 menuju langkah 24 atau P^{24} nilai peluangnya mengalami perubahan atau berbeda. Pada pemangkatan ke-24, matriks mencapai kondisi steady state, yang berarti nilai elemen di setiap kolom bernilai sama. Pada langkah ke-25 dan seterusnya, nilai matriks peluang transisinya akan tetap sama seperti nilai P^{24} tanpa mengalami perubahan.

Metode steady state digunakan untuk menghitung nilai peluang tetap dari setiap state. Penyelesaiannya dilakukan dengan menggunakan metode eliminasi dan substitusi, serta dengan bantuan Python. Metode eliminasi dan substitusi digunakan untuk mencari nilai $\pi_0, \pi_1, \pi_2, \pi_3$ dan peluang awal, atau dapat dituliskan sebagai berikut.

$$[\pi_0 \quad \pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3] = [\pi_0 \quad \pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3] \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{30} & P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix}$$

dan $\pi_0 + \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 = 1$

$$[\pi_0 \quad \pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3] = [\pi_0 \quad \pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3] \begin{bmatrix} 0.50 & 0.40 & 0.10 & 0 \\ 0.20 & 0.20 & 0.20 & 0.40 \\ 0 & 0.50 & 0.50 & 0 \\ 0.67 & 0 & 0 & 0.33 \end{bmatrix}$$

Dari perkalian matriks di atas diperoleh

$$\pi_0 = 0.50\pi_0 + 0.40\pi_1 + 0.10\pi_2$$

$$\pi_1 = 0.20\pi_0 + 0.20\pi_1 + 0.20\pi_2 + 0.40\pi_3$$

$$\pi_2 = 0.50\pi_1 + 0.50\pi_2$$

$$\pi_3 = 0.67\pi_0 + 0.33\pi_3$$

Hasil yang diperoleh dari metode *steady state* di atas nilai peluang transisi tetap masing-masing state adalah

$$\pi_0 = 0.3491$$

$$\pi_1 = 0.2910$$

$$\pi_2 = 0.1862$$

$$\pi_3 = 0.1737$$

Artinya, untuk jangka waktu kedepan yang panjang peluang cuaca di Kota Purwokerto akan tetap berawan adalah 34,91%, peluang cuaca akan tetap hujan ringan adalah 29,10%, peluang cuaca akan tetap hujan sedang adalah 18,62%, dan peluang cuaca akan tetap hujan petir adalah 17,37%.

Peramalan Cuaca dengan Menggunakan Model Rantai Markov

Berdasarkan matriks transisi perubahan cuaca yang telah disajikan di atas, dapat diketahui bahwa metode *Discrete Time* Markov Chain dapat digunakan untuk melakukan perkiraan cuaca. Menurut (Nurhamiddin and Sulisa, 2019), beberapa hal yang terkait dengan *Discrete Time* Markov Chain antara lain :

1. Proses selanjutnya hanya bergantung pada proses saat ini.
2. Waktu dan populasi diskrit.
3. Keadaan sistem stabil dari waktu ke waktu (stasioner).

Dalam *Discrete Time* Markov Chain ini, terdapat 4 kategori cuaca yang digunakan, yaitu 1 = berawan, 2 = hujan ringan, 3 = hujan sedang, dan 4 = hujan petir. Untuk memprediksi cuaca yang akan terjadi selama satu minggu kedepan dapat dihitung menggunakan matriks steady state $\pi(0)$.

$$\pi_j = \sum_{i=1}^6 \pi_i P_{ij} , i = j = 1,2,3,4 \tag{2}$$

Setelah matriks probabilitas transisi telah didapatkan, langkah selanjutnya melakukan peramalan cuaca untuk satu minggu berikutnya menggunakan matriks peluang steady state. Kondisi cuaca berawan direpresentasikan oleh [1 0 0 0], kondisi cuaca hujan ringan direpresentasikan oleh [0 1 0 0], kondisi cuaca hujan sedang direpresentasikan oleh [0 0 1 0], dan kondisi cuaca hujan petir direpresentasikan oleh [0 0 0 1].

Berdasarkan matriks peluang steady state tersebut, dapat diprediksi kondisi cuaca jika minggu sebelumnya berawan, maka peramalan cuaca untuk satu minggu kedepan disajikan pada Tabel 5.

TABEL 5. Prediksi Perubahan Cuaca Harian dengan Kondisi Sebelumnya Berawan

| Probabilitas Perubahan | Berawan | Hujan Ringan | Hujan Sedang | Hujan Petir |
|------------------------|-------------------|--------------|--------------|-------------|
| Rabu | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0 |
| Kamis | 0,33 | 0,33 | 0,18 | 0,16 |
| Jumat | 0,337666667 | 0,288 | 0,189 | 0,185333333 |
| Sabtu | 0,349988889 | 0,287166667 | 0,185866667 | 0,176977778 |
| Minggu | 0,350412963 | 0,290362222 | 0,185365556 | 0,173859259 |
| Senin | 0,349185099 | 0,290920407 | 0,185796519 | 0,174097975 |
| Rata-Rata | 0,36954227 | 0,314408216 | 0,17100479 | 0,145044724 |

Dari hasil perhitungan state di atas, nilai rata-rata probabilitas dapat digambarkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 2.



GAMBAR 2. Grafik Nilai Rata-Rata Probabilitas Perubahan Cuaca Harian dengan Kondisi Sebelumnya Berawan

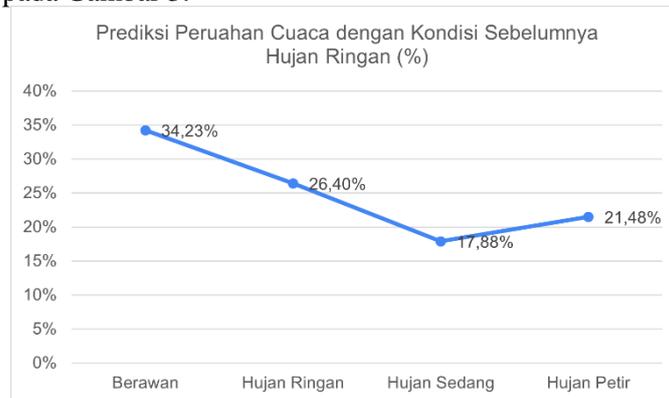
Hasil prediksi perubahan cuaca menunjukkan variasi cuaca yang signifikan, dengan kondisi cuaca yang paling dominan selama satu minggu adalah berawan, dengan probabilitas rata-rata sebesar 0,36954227 atau 36,95%. Adapun hujan ringan memiliki probabilitas rata-rata sebesar 0,314408216 atau 31,44%, hujan sedang memiliki probabilitas rata-rata sebesar 0,17100479 atau 17,10% dan hujan petir memiliki probabilitas rata-rata sebesar 0,145044724 atau 14,50%.

Jika kondisi sebelumnya hujan ringan, maka peramalan cuaca untuk satu minggu kedepan dapat disajikan pada Tabel 6.

TABEL 6. Prediksi Perubahan Cuaca Harian dengan Kondisi Sebelumnya Hujan Ringan

| Probabilitas Perubahan | Berawan | Hujan Ringan | Hujan Sedang | Hujan Petir |
|------------------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Rabu | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,4 |
| Kamis | 0,406666667 | 0,22 | 0,16 | 0,213333333 |
| Jumat | 0,389555556 | 0,286666667 | 0,164666667 | 0,159111111 |
| Sabtu | 0,358185185 | 0,295488889 | 0,178622222 | 0,167703704 |
| Minggu | 0,34999284 | 0,291682963 | 0,184227407 | 0,17409679 |
| Senin | 0,349397539 | 0,290447432 | 0,18544958 | 0,174705449 |
| Rata-Rata | 0,342299631 | 0,264047658 | 0,178827646 | 0,214825064 |

Dari hasil perhitungan state di atas, nilai rata-rata probabilitas dapat digambarkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 3.



GAMBAR 3. Grafik Nilai Rata-Rata Probabilitas Perubahan Cuaca Harian dengan Kondisi Sebelumnya Hujan Ringan

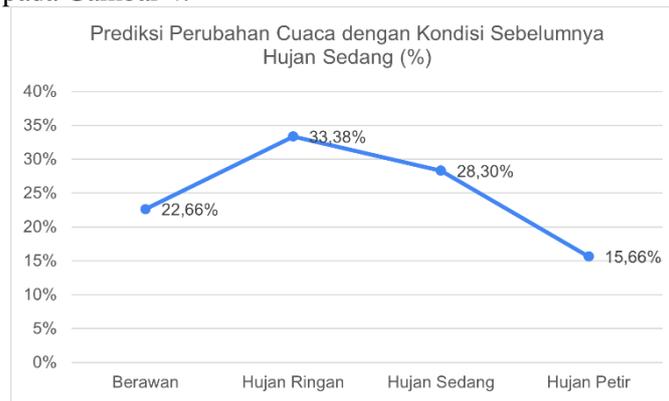
Hasil prediksi perubahan cuaca menunjukkan variasi cuaca yang signifikan, dengan kondisi cuaca yang paling dominan selama satu minggu adalah berawan, dengan probabilitas rata-rata sebesar 0,342299631 atau 34,22%. Sedangkan hujan ringan memiliki probabilitas rata-rata sebesar 0,264047658 atau 26,40%, hujan sedang memiliki probabilitas rata-rata sebesar 0,178827646 atau 17,88% dan hujan petir memiliki probabilitas rata-rata sebesar 0,214825064 atau 21,48%.

Jika kondisi sebelumnya hujan sedang, maka peramalan cuaca untuk satu minggu kedepan dapat disajikan pada Tabel 7.

TABEL 7. Prediksi Perubahan Cuaca Harian dengan Kondisi Sebelumnya Hujan Sedang

| Probabilitas Perubahan | Berawan | Hujan Ringan | Hujan Sedang | Hujan Petir |
|------------------------|-------------|--------------------|--------------|-------------|
| Rabu | 0 | 0,5 | 0,5 | 0 |
| Kamis | 0,1 | 0,35 | 0,35 | 0,2 |
| Jumat | 0,253333333 | 0,285 | 0,255 | 0,206666667 |
| Sabtu | 0,321444444 | 0,285833333 | 0,209833333 | 0,182888889 |
| Minggu | 0,339814815 | 0,290661111 | 0,194227778 | 0,175296296 |
| Senin | 0,344903827 | 0,291172037 | 0,189227593 | 0,174696543 |
| Rata-Rata | 0,226582737 | 0,333777747 | 0,283048117 | 0,156591399 |

Dari hasil perhitungan state di atas, nilai rata-rata probabilitas dapat digambarkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 4.



GAMBAR 4. Grafik Nilai Rata-Rata Probabilitas Perubahan Cuaca Harian dengan Kondisi Sebelumnya Hujan Sedang

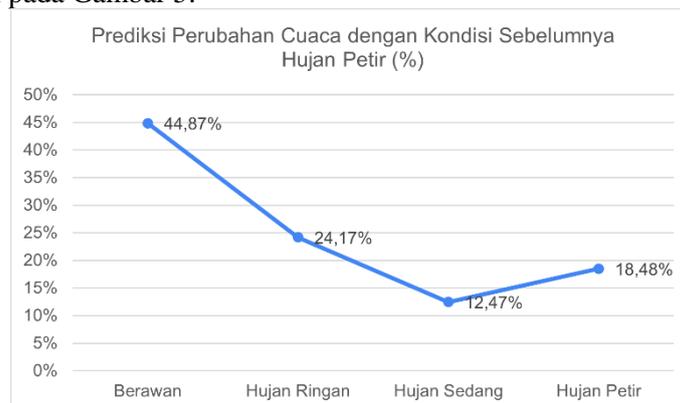
Hasil prediksi perubahan cuaca menunjukkan variasi cuaca yang signifikan, dengan kondisi cuaca yang paling dominan selama satu minggu adalah hujan ringan, dengan probabilitas rata-rata sebesar 0,333777747 atau 33,37%, sedangkan berawan memiliki probabilitas rata-rata sebesar 0,226582737 atau 22,65%, hujan sedang memiliki probabilitas rata-rata sebesar 0,283048117 atau 28,30% dan hujan petir memiliki probabilitas rata-rata sebesar 0,156591399 atau 15,65%.

Jika kondisi sebelumnya hujan petir, maka peramalan cuaca untuk satu minggu kedepan dapat disajikan pada Tabel 8.

TABEL 8. Prediksi Perubahan Cuaca Harian dengan Kondisi Sebelumnya Hujan Petir

| Probabilitas Perubahan | Berawan | Hujan Ringan | Hujan Sedang | Hujan Petir |
|------------------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Rabu | 0,666666667 | 0 | 0 | 0,333333333 |
| Kamis | 0,555555556 | 0,266666667 | 0,066666667 | 0,111111111 |
| Jumat | 0,405185185 | 0,308888889 | 0,142222222 | 0,143703704 |
| Sabtu | 0,36017284 | 0,294962963 | 0,173407407 | 0,17145679 |
| Minggu | 0,353383539 | 0,289765432 | 0,18171358 | 0,175137449 |
| Senin | 0,351403155 | 0,290163292 | 0,18414823 | 0,174285322 |
| Rata-Rata | 0,448727824 | 0,241741207 | 0,124693018 | 0,184837952 |

Dari hasil perhitungan state di atas, nilai rata-rata probabilitas dapat digambarkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 5.



GAMBAR 5. Grafik Nilai Rata-Rata Probabilitas Perubahan Cuaca Harian dengan Kondisi Sebelumnya Hujan Petir

Hasil prediksi perubahan cuaca menunjukkan variasi cuaca yang signifikan, dengan kondisi cuaca yang paling dominan selama satu minggu adalah berawan, dengan probabilitas rata-rata sebesar 0,448727824 atau 44,87%, sedangkan hujan ringan memiliki probabilitas rata-rata sebesar

0,241741207 atau 24,17%, hujan sedang memiliki probabilitas rata-rata sebesar 0,124693018 atau 12,46% dan hujan petir memiliki probabilitas rata-rata sebesar 0,184837952 atau 18,48%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Diperoleh matriks probabilitas transisi perubahan cuaca harian di Kota Purwokerto sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} 0.50 & 0.40 & 0.10 & 0 \\ 0.20 & 0.20 & 0.20 & 0.40 \\ 0 & 0.50 & 0.50 & 0 \\ 0.67 & 0 & 0 & 0.33 \end{bmatrix}$$

2. Hasil prediksi menggunakan rantai markov terhadap perubahan cuaca yang terjadi untuk satu minggu berikutnya adalah sebagai berikut:
 - a) Prediksi perubahan cuaca harian dengan kondisi sebelumnya berawan menunjukkan bahwa selama satu minggu, kondisi cuaca yang paling dominan adalah “berawan”, dengan probabilitas rata-rata 36,95%.
 - b) Prediksi perubahan cuaca harian dengan kondisi sebelumnya hujan ringan menunjukkan bahwa selama satu minggu, kondisi cuaca yang paling dominan adalah “berawan”, dengan probabilitas rata-rata sebesar 34,22%.
 - c) Prediksi perubahan cuaca harian dengan kondisi sebelumnya hujan sedang menunjukkan bahwa selama satu minggu, kondisi cuaca yang paling dominan adalah “hujan ringan”, dengan probabilitas rata-rata sebesar 33,37%.
 - d) Prediksi perubahan cuaca harian dengan kondisi sebelumnya hujan petir menunjukkan bahwa selama satu minggu, kondisi cuaca yang paling dominan adalah “berawan”, dengan probabilitas rata-rata sebesar 44,87%.
3. Peluang masing-masing *state* untuk jangka waktu kedepan yang panjang adalah 34,91% untuk peluang cuaca akan tetap berawan, 29,10% untuk peluang cuaca akan tetap hujan ringan, 18,62% untuk peluang cuaca akan tetap hujan sedang, dan 17,37% untuk peluang cuaca akan tetap hujan petir.

Saran

Saran yang dapat penulis sampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah memperluas cakupan data cuaca dengan menggunakan data yang lebih lengkap dan terkini, seperti data cuaca harian selama satu tahun atau lebih. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi dan keandalan peramalan cuaca menggunakan metode Rantai Markov. Selain itu, penting juga untuk memperhatikan faktor-faktor lain yang memiliki pengaruh terhadap cuaca, seperti kecepatan angin, tekanan udara, kelembaban udara, dan fenomena iklim global. Integrasi faktor-faktor ini dalam model Rantai Markov dapat membuat peramalan cuaca lebih kompleks dan lebih mendekati situasi di dunia nyata.

REFERENSI

- Firdaniza, Gusriani, N. and Suryamah, E. (2016) ‘Distribusi Stasioner Rantai Markov Untuk Prediksi Curah Hujan Di Wilayah Jawa Barat’, *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 1(1), pp. 1035–1050.
- Hidayat, T., Sari, D.Y. and Azzery, Y. (2020) ‘Analisa Prediksi Pertumbuhan Start-Up Di Era Industri 4.0 Menggunakan Metode Markov Chain’, *Teknokom*, 3(2), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.31943/teknokom.v3i2.45>.
- Ihsan, H., Sanusi, W. and Hasriani, H. (2020) ‘Peramalan Pola Curah Hujan Di Kota Makassar Menggunakan Model Rantai Markov’, *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*,

- 2(1), p. 19. Available at: <https://doi.org/10.35580/jmathcos.v2i1.12448>.
- Kadafi, I., Nugroho, S. and Novianti, P. (2016) 'Aplikasi Rantai Markov Untuk Menentukan Peluang Transisi Curah Hujan', *Jurnal MIPA Universitas Bengkulu*, pp. 1–4.
- Nurhamiddin, F. and Sulisa, F.M. (2019) 'Peramalan Cuaca Menggunakan Metode Rantai Markov', *Jurnal Biosainstek*, 2(01), pp. 16–22. Available at: <https://doi.org/10.52046/biosainstek.v2i01.312>.
- Nurjana, S., Paendong, M. and Langi, Y. (2016) 'Penerapan Rantai Markov Dalam Pemilihan Minat Masuk Siswa SMA Ke Universitas Di Indonesia', *d'CARTESIAN: Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 5(1), p. 50. Available at: <https://doi.org/10.35799/dc.5.1.2016.12733>.
- Sasake, S., Lesnussa, Y.A. and Wattimena, A.Z. (2021) 'Peramalan Cuaca Menggunakan Metode Rantai Markov (Studi Kasus : Cuaca Harian Di Kota Ambon)', *Jurnal Matematika*, 11(1), p. 1. Available at: <https://doi.org/10.24843/jmat.2021.v11.i01.p131>.
- Winda Fransiska *et al.* (2022) 'Penerapan Rantai Markov Dalam Peramalan Cuaca (Studi Kasus: Cuaca Harian di Kota Padang)', *Buana Matematika : Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika*, 12(2), pp. 117–126. Available at: <https://doi.org/10.36456/buanamatematika.v12i2.6374>.