

Analisis Probabilistik Untuk Perediksi Cuaca Di Kota Medan Dan Kabupaten Deli Serdang (Menggunakan Metode Rantai Markov)

ANJU HAMONANGAN SIANTURI¹, ESRANI JULYTA BR PANJAITAN², FRISKA ADILINA BR KABAN³, INDAH FABRIANE JOHANA PANGGABEAN⁴, NURYUSRIDAH LIANI⁵, SAMUEL JULIUSTA BANGUN⁶, SUVRIADI PANGGABEAN⁷

¹ Mahasiswa Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

² Mahasiswa Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

³ Mahasiswa Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

⁴ Mahasiswa Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

⁵ Mahasiswa Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

⁶ Mahasiswa Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

⁷ Dosen Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

anjuhamonangan64@gmail.com.

Diterima:.....; Direvisi:.....; Dipublikasi:

Abstract

Weather is a natural phenomenon that is difficult to predict because it is influenced by various interrelated variables. Weather forecasting plays an important role in decision making and planning people's daily activities. Meteorological data from the BMKG can be used to analyze and predict future weather conditions. One method that can be used in weather forecasting is Markov Chain analysis. Markov Chain is a stochastic process that models a dynamic system, where future conditions only depend on current conditions and can be expressed by the equation $P\{X_{n+1} = j | X_0 = i_0 \dots \dots, X_{n-1} = i_{n-1}, X_n = i\} = P\{X_{n+1} = j | X_n = i\}$. This method uses a transition probability matrix to estimate changes in conditions mathematically. This study aims to apply the Markov Chain model to predict daily weather in Deli Serdang Regency and Medan City based on BMKG data for the period 1-30 September 2025. The variables used include sunny, cloudy, light rain, and rainy conditions. The results show that in Deli Serdang, the probability of light rain reaches 73% if the previous day was sunny, 65.6% if it was cloudy, and 99.9% if it was light rain. In Medan, the probability of cloudiness reaches 77.7% if it was sunny and 99.9% if it was cloudy. These results demonstrate that the Markov Chain model is effective in representing weather change patterns probabilistically and accurately for short-term forecasting.

Keywords: 1; Markov Chain, 2; Weather Forecasting, 3; Transition Probability, 4; BMKG, 5; Deli Serdang, Medan City.

Abstrak

Cuaca merupakan fenomena alam yang sulit diprediksi karena dipengaruhi oleh berbagai variabel yang saling berkaitan. Peramalan cuaca memiliki peranan penting dalam pengambilan keputusan dan perencanaan aktivitas masyarakat sehari-hari. Data meteorologi dari BMKG dapat dimanfaatkan untuk menganalisis dan memprediksi kondisi cuaca di masa mendatang. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam peramalan cuaca adalah analisis Rantai Markov. Rantai Markov merupakan proses stokastik yang memodelkan sistem dinamis, di mana keadaan di masa depan hanya bergantung pada kondisi saat ini dan

dapat dinyatakan dengan persamaan $P\{X_{n+1} = j | X_0 = i_0, \dots, X_{n-1} = i_{n-1}, X_n = i\} = P\{X_{n+1} = j | X_n = i\}$. Metode ini menggunakan matriks peluang transisi untuk memperkirakan perubahan keadaan secara matematis. Penelitian ini bertujuan menerapkan model Rantai Markov untuk memprediksi cuaca harian di Kabupaten Deli Serdang dan kota Medan berdasarkan data BMKG periode 1-30 September 2025. Variabel yang digunakan meliputi kondisi cerah, berawan, hujan ringan, dan hujan. Hasil menunjukkan bahwa di Deli Serdang, peluang hujan ringan mencapai 73% jika sebelumnya cerah, 65,6% jika berawan, dan 99,9% jika sebelumnya hujan ringan. Di Kota Medan, peluang berawan mencapai 77,7% jika sebelumnya cerah dan 99,9% jika sebelumnya berawan. Hasil ini menunjukkan bahwa model Rantai Markov efektif dalam merepresentasikan pola perubahan cuaca secara probabilistik dan akurat untuk peramalan jangka pendek.

Kata Kunci: 1; Rantai Markov, 2; Peramalan Cuaca, 3; Probabilitas Transisi, 4; BMKG, 5; Deli Serdang, Kota Medan

1. PENDAHULUAN

Cuaca merupakan fenomena yang sulit diprediksi karena dipengaruhi oleh banyak variabel yang saling berkaitan. Umumnya, prediksi hanya didasarkan pada kondisi udara dalam rentang waktu yang singkat, dengan mempertimbangkan beberapa aspek seperti tekanan udara, suhu, kecepatan angin, curah hujan, serta berbagai peristiwa di atmosfer yang menjadi komponennya (Siregar et al., 2020). Saat ini, peramalan cuaca menjadi kebutuhan penting untuk orang-orang di seluruh dunia. Upaya dalam memperkirakan hujan, pengolahan data cuaca memiliki peranan yang sangat penting (Fauzy et al., 2016). Beberapa pihak juga menginginkan adanya kemampuan untuk memprediksi kondisi atmosfer dalam rentang waktu yang lebih spesifik, seperti per sehari, per satu jam, bahkan per beberapa menit. Permintaan tersebut mendorong para ahli dan peneliti di bidang atmosfer untuk terus melakukan kajian dan mengembangkan berbagai metode penentuan kondisi cuaca agar hasil prediksi yang diperoleh semakin akurat dan dapat diandalkan (Dewi et al., 2014). Oleh karena itu, setiap hari BMKG Indonesia sebagai lembaga yang berfokus pada tersebut memiliki tanggung jawab besar untuk menyampaikan informasi perkiraan cuaca di wilayah Indonesia berdasarkan data-data historis meteorologi yang telah dikumpulkan (Wele et al., 2020). Berdasarkan data-data dari BMKG kita juga dapat memprediksi kondisi perubahan cuaca di masa yang akan datang, dengan menganalisis data historis atau keadaan yang telah terjadi sebelumnya (Andini & Auristandi, 2016). Peramalan cuaca merupakan aspek yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, karena berpengaruh terhadap berbagai aktivitas masyarakat. Secara umum, peramalan cuaca mencakup serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk memperoleh informasi terkait kondisi cuaca (Nurhamiddin & Sulisa, 2019). Salah satu cara untuk memprediksi kondisi cuaca di masa mendatang adalah analisis menggunakan metode Rantai Markov (Markov Chain). Metode ini digunakan untuk menganalisis kondisi atmosfer saat ini dari berbagai variabel, dengan tujuan memperkirakan perubahan atau peralihan keadaan cuaca pada periode berikutnya (Masuku et al., 2018). Model Rantai Markov awalnya diperkenalkan oleh ilmuwan Rusia, A.A. Markov, pada tahun 1896. Melalui pendekatan analisis Markov, dapat diperoleh informasi probabilistik yang berguna sebagai acuan dalam proses pengambilan keputusan (Laksono & Projo, 2021). Awalnya, konsep rantai Markov digunakan dalam bidang meteorologi dan ilmu fisika. Melalui teknik rantai Markov, perilaku partikel gas di dalam wadah tertutup dianalisis untuk memperkirakan serta memprediksi kondisi cuaca (Tjoe & Sarjono, 2007). Stokastik merupakan peristiwa yang

kemungkinan terjadinya belum dapat dipastikan (Phasa & Astuti, 2021). Rantai Markov merupakan proses stokastik di mana peluang keadaan berikutnya hanya dipengaruhi oleh keadaan sebelumnya yang paling dekat. Metode ini sering diterapkan dalam memodelkan urutan hasil pengamatan dan mengevaluasi peluang terjadinya perubahan di masa yang akan datang (Rofiroh et al., 2020). Matriks probabilitas transisi adalah matriks yang merepresentasikan pergerakan suatu sistem dari satu keadaan ke keadaan lainnya. Matriks ini disebut juga matriks stokastik karena nilai peluang transisi bersifat tetap dan tidak Pij bergantung pada waktu, dimana Pij menunjukkan kemungkinan perpindahan satu langkah dari keadaan i menuju keadaan j (Nuryam et al., 2022). Rantai Markov memiliki ciri khas di mana peluang terjadinya suatu peristiwa pada waktu mendatang ditentukan semata oleh kondisi terkini tanpa terpengaruh oleh peristiwa-peristiwa sebelumnya. Dalam penerapannya, metode ini menggunakan matriks peluang transisi guna menggambarkan perpindahan antara satu keadaan (state) dan keadaan lainnya (Sasake et al., 2021). Rantai markov adalah salah satu pendekatan matematis yang digunakan untuk memodelkan berbagai jenis sistem maupun proses dalam bidang bisnis (Andry, 2015). Keunggulan utama metode ini terletak pada kemampuan dalam memperkirakan perubahan yang akan terjadi di masa depan dengan mengacu di masa lalu (Ihsan et al., 2020). Salah satu kelebihan dari rantai markov adalah mampu memprediksi keadaan dimasa depan dengan hanya berdasarkan kondisi saat ini, tanpa dipengaruhi oleh keadaan di masa lalu, sehingga analisis menjadi lebih sederhana dan fokus pada data terbaru (Langi, 2011). Teknik ini dapat dimanfaatkan untuk mengkaji secara matematis berbagai kejadian yang mungkin akan terjadi pada masa waktu berikutnya (Rizanti & Soehardjoepri, 2017). Penerapan yang menarik lainnya adalah dalam menganalisis secara matematis berbagai peristiwa yang akan terjadi di masa depan (Az-zahra et al., 2019). Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan model Rantai Markov dalam memprediksi kondisi cuaca harian di Kabupaten Deli Serdang dan Kota Medan. Data yang digunakan berasal dari BMKG dan mencakup periode 1 hingga 30 September 2025. Variabel yang dianalisis meliputi kondisi cuaca seperti cerah, berawan, hujan ringan, dan hujan. Proses peramalan cuaca selama 30 hari ke depan dilakukan secara bertahap dengan memperhatikan pola cuaca pada hari-hari sebelumnya. Hasil prediksi menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya setiap kondisi cuaca pada hari berikutnya dapat digambarkan dengan jelas, sehingga menghasilkan representasi probabilistik yang lebih akurat dibandingkan pendekatan deterministik konvensional (Siboro et al., 2025). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memprediksi kondisi cuaca di Kota Medan menggunakan model Rantai Markov berdasarkan data observasi yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Melalui penerapan pendekatan probabilistik ini, diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai pola perubahan cuaca serta estimasi peluang terjadinya kondisi tertentu, seperti cerah, berawan, hujan ringan, dan hujan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam perencanaan aktivitas harian yang dipengaruhi oleh kondisi cuaca.

2. METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian kuantitatif dengan pendekatan pemodelan probabilistik. Desain yang diterapkan adalah studi kasus analitik melalui penerapan model Rantai Markov orde pertama (first-order Markov Chain) untuk menganalisis pola transisi cuaca harian dan memprediksi kondisi cuaca ke depan berdasarkan data historis. Penelitian bersifat eksploratif-prediktif dengan mengolah data sekunder menjadi matriks probabilitas transisi yang selanjutnya digunakan untuk simulasi prediksi cuaca harian. Penelitian dilakukan secara tidak langsung (studi dokumen) dengan data cuaca harian yang bersumber dari dua stasiun meteorologi di Provinsi Sumatera Utara: Stasiun Meteorologi Kualanamu – mewakili wilayah Kabupaten Deli Serdang. Stasiun Meteorologi Maritim Belawan – mewakili wilayah Kota Medan.

Waktu pengambilan data adalah periode 1 September 2025 hingga 30 September 2025, sesuai dengan ketersediaan data dari BMKG. Subjek penelitian adalah data cuaca harian yang tercatat dalam empat kategori kondisi:

1. Cerah (X_1)
2. Berawan (X_2)
3. Hujan Ringan (X_3)
4. Hujan (X_4)

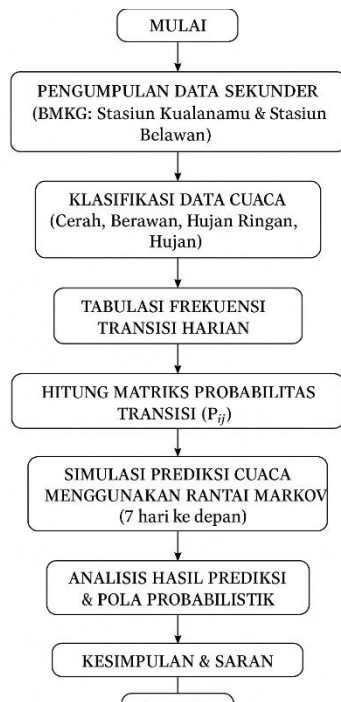
Data diambil berdasarkan pengamatan dalam empat periode waktu harian: pagi, siang, sore, dan malam. Data yang digunakan bersifat sekunder dan diperoleh dari situs resmi BMKG. Prosedur Pelaksanaan Penelitian, dilaksanakan melalui tahapan berikut:

1. Pengumpulan Data
2. Mengunduh data historis cuaca harian dari BMKG untuk Kota Medan dan Kabupaten Deli Serdang periode 1–30 September 2025.
3. Melakukan filter data untuk memilih kategori cuaca yang sesuai (Cerah, Berawan, Hujan Ringan, Hujan).
4. Mengatasi data hilang (missing data) dengan tidak memasukkannya dalam perhitungan transisi.
5. Klasifikasi dan Tabulasi Data
6. Membuat tabel frekuensi perubahan cuaca berdasarkan urutan hari.
7. Menghitung jumlah transisi dari satu kondisi ke kondisi lainnya.
8. Perhitungan Probabilitas Transisi
9. Menghitung probabilitas transisi menggunakan rumus:
10. Membentuk matriks probabilitas transisi berukuran 4×4 untuk masing-masing wilayah.
11. Simulasi Prediksi dengan Rantai Markov
12. Menggunakan matriks transisi untuk memprediksi cuaca 7 hari ke depan.

13. Menetapkan vektor keadaan awal sesuai kondisi awal (misal: [1,0,0,0] untuk kondisi cerah).
14. Melakukan perkalian matriks berulang untuk mendapatkan probabilitas kondisi cuaca pada hari ke- n .
15. Menghitung rata-rata probabilitas selama satu minggu untuk setiap skenario awal.
16. Analisis dan Interpretasi Hasil
17. Membandingkan pola cuaca antara Kota Medan dan Kabupaten Deli Serdang.
18. Menginterpretasi makna probabilistik dari hasil prediksi.
19. Menyimpulkan kecenderungan cuaca berdasarkan nilai probabilitas tertinggi.

Alur penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian



Keterangan Gambar 1:

Diagram alir tersebut menggambarkan tahapan sistematis penelitian, mulai dari pengumpulan data cuaca harian, klasifikasi kondisi cuaca, perhitungan matriks probabilitas transisi, simulasi prediksi menggunakan model Rantai Markov, analisis hasil prediksi, hingga penarikan kesimpulan berdasarkan pola probabilistik yang dihasilkan. Analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak pengolah data (Microsoft Excel) untuk menghitung frekuensi dan probabilitas transisi.

Pemodelan Markov dilakukan secara manual berdasarkan persamaan Rantai Markov waktu diskrit. Hasil prediksi disajikan dalam bentuk tabel probabilitas dan diinterpretasi secara deskriptif-probabilistik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sub-bagian Hasil

Kategori dianalisis berdasarkan periode waktu harian : pagi, siang, sore, dan malam. Gunanya untuk mengamati pergeseran atau transisi kondisi cuaca, misalnya dari cerah menjadi berawan atau dari cerah berubah ke hujan ringan.

3.2 Sub-bagian Pembahasan

A. Kabupaten Deli Serdang

Tabel 1. Data perubahan cuaca di Kabupaten Deli Serdang

Perubahan cuaca	X_1	X_2	X_3	X_4	Total
Cerah	14	0	7	0	21
Berawan	0	3	5	0	18
Hujan riangan	0	0	15	0	15
Hujan	0	0	4	8	12

Setelah itu data perubahan cuaca dibuat dalam bentuk matriks probabilitas transisi metode Rantai Markov menjadi :

$$P = \begin{bmatrix} 0,666 & 0 & 0,333 & 0 \\ 0 & 0,722 & 0,277 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0,333 & 0,666 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Berdasarkan matriks probabilitas transisi yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa prediksi kondisi cuaca dapat dilakukan menggunakan metode Rantai Markov waktu diskrit. Untuk memperkirakan kemungkinan perubahan cuaca selama satu minggu ke depan, digunakan matriks peluang keadaan tunak (steady state). Adapun kondisi awal ditetapkan sebagai berikut: Untuk cuaca cerah [1 0 0 0], Cuaca Berawan [0 1 0 0], Hujan Ringan [0 0 1 0], dan untuk Hujan [0 0 0 1].

Maka hasil dari perkalian Matriks probabilitas transisi dengan kondisi cuaca yang mendefinisikan keadaannya masing masing

Tabel 2. Probabilitas cuaca yang kondisi sebelumnya adalah cerah

Probabilitas cuaca	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
A	0,666	0	0,333	0
B	0,443556	0	0,554778	0
C	0,295408	0	0,702482	0
D	0,196742	0	0,800853	0
E	0,13103	0	0,866368	0
F	0,087266	0	0,910001	0
G	0,058119	0	0,939061	0
rata rata	0,26	0	0,73	0

Keterangan: A = Senin
 B = Selasa
 C = Rabu
 D = Kamis
 E = Jumat
 F = Sabtu
 G = Minggu

X₁ = Cerah
 X₂ = Berawan
 X₃ = Hujan Ringan
 X₄ = Hujan

Tabel 3. Probabilitas cuaca yang kondisi sebelumnya adalah Berawan

Probabilitas cuaca	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
A	0	0,722	0,277	0
B	0	0,521284	0,476994	0
C	0	0,376367	0,62139	0
D	0	0,271737	0,725643	0
E	0	0,196194	0,800914	0
F	0	0,141652	0,85526	0
G	0	0,102273	0,894498	0
rata rata	0	0,332	0,656	0

Tabel 4. Probabilitas cuaca yang kondisi sebelumnya adalah Hujan Ringan

Probabilitas cuaca	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
A	0	0	1	0
B	0	0	1	0
C	0	0	1	0
D	0	0	1	0
E	0	0	1	0

F	0	0	1	0
G	0	0	1	0
rata rata	0	0	1	0

Tabel 5. Probabilitas cuaca yang kondisi sebelumnya adalah Hujan

Probabilitas cuaca	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
A	0	0	0,333	0,666
B	0	0	0,554778	0,443556
C	0	0	0,702482	0,295408
D	0	0	0,800853	0,196742
E	0	0	0,866368	0,13103
F	0	0	0,910001	0,087266
G	0	0	0,939061	0,058119
rata rata	0	0	0,729	0,263

B. Kota Medan

Tabel 6. Data perubahan cuaca di Kabupaten Deli Serdang

Perubahan Cuaca	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Total
Cerah	33	5	4	0	42
Berawan	0	10	0	0	10
Hujan Ringan	1	4	4	0	9
Hujan	0	0	0	18	18

Setelah itu data perubahan cuaca dibuat menjadi matriks probabilitas transisi model Rantai Markov menjadi

$$P = \begin{bmatrix} 0,7857 & 0,119 & 0,0952 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0,111 & 0,444 & 0,444 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Setelah menemukan nilai dari matriks probabilitas transisi lalu dikalikan dengan matriks yang mempresentasikan cuacanya masing masing (cerah, berawan, hujan ringan dan hujan) seperti pada pembahasan sebelumnya.

Tabel 7. Probabilitas cuaca yang kondisi sebelumnya adalah cerah

Probabilitas Perubahan	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
A	0.7875	0.119	0.0952	0
B	0.63072345	0.2549813	0.1172388	0
C	0.509708224	0.382091418	0.1120989	0
D	0.413838204	0.492518608	0.098296134	0
E	0.336808457	0.585408838	0.083040881	0
F	0.274454197	0.662359195	0.068934316	0
G	0.223784389	0.725626081	0.056734876	0
Rata-Rata	0,182527778	0,777446708	0,046494559	0

Tabel 8. Probabilitas cuaca yang kondisi sebelumnya adalah Berawan

Probabilitas Perubahan	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
A	0	1	0	0
B	0	1	0	0
C	0	1	0	0
D	0	1	0	0
E	0	1	0	0
F	0	1	0	0
G	0	1	0	0
Rata-Rata	0	1	0	0

Tabel 9. Probabilitas cuaca yang kondisi sebelumnya adalah Hujan Ringan

Probabilitas Perubahan	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
A	0.111	0.444	0.444	0
B	0.1366965	0.654345	0.2077032	0
C	0.130703549	0.762832104	0.105233728	0
D	0.114609989	0.825109602	0.059166753	0
E	0.096822876	0.865018229	0.037180909	0
F	0.080375095	0.893048474	0.025725861	0
G	0.066150958	0.914035393	0.019073992	0
Rata-Rata	0,066150958	0,914035393	0,019073992	0

Tabel 10. Probabilitas cuaca yang kondisi sebelumnya adalah Hujan

Probabilitas Perubahan	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
------------------------	----------------	----------------	----------------	----------------

A	0	0	0	0
B	0	0	0	0
C	0	0	0	0
D	0	0	0	0
E	0	0	0	0
F	0	0	0	0
G	0	0	0	0
Rata-Rata	0	0	0	0

4. SIMPULAN

Prakiraan cuaca harian menggunakan metode Rantai Markov menghasilkan informasi mengenai kondisi cuaca setiap harinya yaitu :

Kabupaten Deli Serdang

A. Ketika cuaca sebelumnya hujan ringan, maka kemungkinan kondisi cuaca selama seminggu berikutnya adalah cerah sebesar 26%, berawan sebesar 0%, hujan ringan sebesar 73%, dan hujan sebesar 0%.

B. Ketika cuaca sebelumnya hujan ringan, maka kemungkinan kondisi cuaca selama seminggu berikutnya adalah cerah sebesar 0%, berawan sebesar 33,2%, hujan ringan sebesar 65,6%, dan hujan sebesar 0%.

C. Ketika cuaca sebelumnya hujan ringan, maka kemungkinan kondisi cuaca selama seminggu berikutnya adalah cerah sebesar 0%, berawan sebesar 0%, hujan ringan sebesar 99,9%, dan hujan sebesar 0%.

D. Ketika cuaca sebelumnya hujan ringan, maka kemungkinan kondisi cuaca selama seminggu berikutnya adalah cerah sebesar 0%, berawan sebesar 0%, hujan ringan sebesar 72,9%, dan hujan sebesar 26,3%.

Kota Medan

A. Jika kondisi cuaca sebelumnya cerah, maka hasil prediksi selama satu minggu ke depan menunjukkan kemungkinan cerah sebesar rata-rata 18,2%, berawan sebesar 77,7%, hujan ringan sebesar 4,6%, dan hujan sebesar 0%.

B. Ketika cuaca sebelumnya hujan ringan, maka kemungkinan kondisi cuaca selama seminggu berikutnya adalah cerah sebesar 0%, berawan sebesar 99,9%, hujan ringan sebesar 0%, dan hujan sebesar 0%.

C. Ketika cuaca sebelumnya adalah hujan ringan, maka kemungkinan kondisi cuaca untuk seminggu berikutnya adalah cerah sebesar 6,6%, berawan sebesar 91,4%, hujan ringan sebesar 1,9%, dan hujan sebesar 0%.

D. Jika kondisi sebelumnya adalah hujan, maka cuaca untuk satu minggu ke depan diperkirakan memiliki peluang 0% untuk setiap kondisi (cerah, berawan, hujan ringan,

maupun hujan), hal ini disebabkan oleh adanya data yang tidak lengkap atau hilang pada situs resmi BMKG.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa Kabupaten Deli Serdang lebih sering mengalami hujan ringan dibanding kondisi cuaca lainnya. Ketika cuaca sebelumnya cerah, dalam seminggu ke depan besar kemungkinan akan berubah menjadi hujan ringan dengan peluang sekitar 73%. Kondisi serupa terjadi saat cuaca sebelumnya berawan, dengan peluang 65,6% untuk beralih menjadi hujan ringan. Bahkan ketika sudah hujan ringan, keadaan ini cenderung berlanjut dengan probabilitas mencapai 99,9%. Hal ini menunjukkan bahwa cuaca di Deli Serdang bersifat lembap dan sering mengalami hujan ringan, sedangkan kondisi cerah atau berawan jarang bertahan lama. Sementara itu, Kota Medan memiliki pola cuaca yang berbeda, di mana kondisi berawan lebih dominan dan cenderung stabil. Jika sebelumnya cerah, umumnya cuaca akan berubah menjadi berawan dengan probabilitas sekitar 77,7%. Jika sudah berawan, maka kemungkinan besar cuaca akan tetap berawan dengan peluang mencapai 99,9%. Bahkan setelah terjadi hujan ringan, cuaca di Medan biasanya kembali berawan dengan peluang sekitar 91,4%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) atas ketersediaan data cuaca harian yang digunakan dalam penelitian ini.
2. Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam penyusunan metode analisis.
3. Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan atas fasilitas yang mendukung kegiatan penelitian.
4. Rekan-rekan kelompok penelitian yang telah berkolaborasi dalam pengolahan data dan diskusi analitis.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

6. REKOMENDASI

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar data cuaca yang digunakan diambil dalam waktu yang lebih lama supaya hasil prediksi bisa lebih akurat. Pengumpulan data juga sebaiknya dilakukan di lebih banyak lokasi agar hasilnya bisa menggambarkan kondisi cuaca secara menyeluruh. Selain itu, metode Rantai Markov dapat dikombinasikan dengan metode lain seperti machine learning agar hasil peramalan menjadi lebih baik. Peneliti berikutnya juga sebaiknya mempertimbangkan faktor lain seperti suhu udara, tekanan, dan kecepatan angin karena hal-hal tersebut bisa memengaruhi hasil prediksi cuaca.

7. REFERENSI

- Andini, T. D., & Auristandi, P. (2016). Peramalan Jumlah Stok Alat Tulis Kantor di UD Achmad Jaya Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, *10*(1), 1–10.
- Andry, J. F. (2015). Implementasi Penerapan Markov Chain Pada Database Marketing Studi Kasus Pelanggan E-Commerce. *Jurnal Syarikah*, *5*(1), 94–108.
- Az-zahra, K., Wiranatha, A. A. P. A. S., & Wrasiasi, L. P. (2019). Analisis Pangsa Pasar Beberapa Merek Produk Minuman Susu Fermentasi dalam Kemasan dengan Metode Rantai Markov di Lingkungan Kampus Universitas Udayana. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, *7*(4), 561–571. <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i04.p08>
- Dewi, C., Kartikasari, D. P., & Mursityo, Y. T. (2014). Prediksi Cuaca Pada Data Time Series Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIK)*, *1*(1), 18–24.
- Fauzy, M., Saleh, W., & Asror, I. (2016). Penerapan Metode Association Rule Menggunakan Algoritma Apriori untuk Prediksi Cuaca. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, *2*(2), 221–227.
- Ihsan, H., Sanusi, W., & Hasriani, H. (2020). Peramalan Pola Curah Hujan di Kota Makassar Menggunakan Model Rantai Markov. *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, *2*(1), 19–28. <https://doi.org/10.35580/jmathcos.v2i1.12448>
- Laksono, B. C., & Projo, N. W. K. (2021). Pemodelan Analisis Rantai Markov untuk Mengestimasi Potensi Kasus Narkoba di Indonesia. *Seminar Nasional Official Statistics*, *2021*(1), 715–722. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2021i1.1016>
- Langi, Y. A. R. (2011). Penentuan Klasifikasi State Pada Rantai Markov Dengan Menggunakan Nilai Eigen Dari Matriks Peluang Transisi. *Jurnal Ilmiah Sains*, *11*(1), 124–130. <https://doi.org/10.35799/jis.11.1.2011.54>
- Masuku, F. N., Langi, Y. A., & Mongi, C. (2018). Analisis Rantai Markov Untuk Memprediksi Perpindahan Konsumen Maskapai Penerbangan Rute Manado-Jakarta. *Jurnal Ilmiah Sains*, *18*(2), 75–82. <https://doi.org/10.35799/jis.18.2.2018.20495>
- Nurhamiddin, F., & Sulisa, F. M. (2019). Peramalan Cuaca Menggunakan Metode Rantai Markov. *Jurnal Biosainstek*, *2*(1), 16–22. <https://doi.org/10.52046/biosainstek.v2i01.312>
- Nuryam, S., Arman, A., Jufra, J., & La Gubu, L. G. (2022). Aplikasi Analisis Rantai Markov Untuk Memprediksi Status Pasien Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Kabupaten Buton. *Jurnal Matematika Komputasi Dan Statistika*, *2*(2), 85–91. <https://doi.org/10.33772/jmks.v2i2.12>

- Phasa, A. S., & Astuti, Y. P. (2021). Analisis Perilaku Brand Switching Dengan Metode Rantai Markov. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, *9*(1), 212–219. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v9n1.p212-219>
- Rizanti, I. N., & Soehardjoepri, S. (2017). Prediksi Produksi Kayu Bundar Kabupaten Malang Dengan Menggunakan Metode Markov Chains. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *6*(2), 89–94. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.27846>
- Rofiroh, D., Firdaus, F. N., & Salim, S. (2020). Aplikasi Rantai Markov Pada Prediksi Hari Bersalju di Beberapa Kota Amerika Serikat. *Matematika FMIPA Unpam*, *2*(2), 131–141.
- Sasake, S., Lesnussa, Y. A., & Wattimena, A. Z. (2021). Peramalan Cuaca Menggunakan Metode Rantai Markov (Studi Kasus: Cuaca Harian di Kota Ambon). *Jurnal Matematika*, *11*(1), 1–10. <https://doi.org/10.24843/jmat.2021.v11.i01.p131>
- Siboro, A. H., Simanjuntak, C. N., Manullang, M. A. I., Simanjuntak, N. A., Sitanggang, S. F., Simbolon, T. P., Simanunullang, S., & Nasution, A. S. (2025). Penerapan Rantai Markov Dalam Peramalan Cuaca (Studi Kasus: Cuaca Harian di Kota Padang). *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, *5*(3), 7262–7276.
- Siregar, A. M., Tukino, T., Faisal, S., Fauzi, A., & Kadori, I. (2020). Klasifikasi Untuk Prediksi Cuaca Menggunakan Ensemble Learning. *PETIR: Jurnal Pengkajian Dan Penerapan Teknik Informatika*, *13*(2), 138–147. <https://doi.org/10.33322/petir.v13i2.998>
- Subagyo, A. M., Jayadi, O., & Dewi, A. C. (2018). Analisis Strategi Bersaing Perusahaan Bus Menggunakan Teknik Rantai Markov, Game Theory, dan Short Route Models. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, *11*(2), 48–59. <https://doi.org/10.30813/jiems.v11i2.1180>
- Tjoe, T. F., & Sarjono, H. (2007). Model Rantai Markov Pangsa Pasar Operator Selular di Universitas Bina Nusantara, Jakarta Barat. *The Winners*, *8*(2), 139–148. <https://doi.org/10.21512/tw.v8i2.736>
- Wele, I. H., Rumlaklak, N. D., & Boru, M. (2020). Sistem Peramalan Cuaca dengan Fuzzy Mamdani (Studi Kasus: BMKG Lasiana). *Jurnal Komputer Dan Informatika*, *8*(2), 163–169. <https://doi.org/10.35508/jicon.v8i2.2883>