

**PENERAPAN RANTAI MARKOV DALAM
MENENTUKAN POLA PENYEBARAN CURAH
HUJAN HARIAN DI KABUPATEN MAROS**

SKRIPSI



NUR HAKIKI

H011181010

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
AGUSTUS 2023**

**PENERAPAN RANTAI MARKOV DALAM
MENENTUKAN POLA PENYEBARAN CURAH
HUJAN HARIAN DI KABUPATEN MAROS**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Matematika Departemen Matematika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

NUR HAKIKI

H011181010

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

AGUSTUS 2023

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN RANTAI MARKOV DALAM MENENTUKAN POLA PENYEBARAN CURAH HUJAN HARIAN DI KABUPATEN MAROS

Disusun dan diajukan oleh

NUR HAKIKI

H011181010

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Matematika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

pada tanggal, 9 Agustus 2023


dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,


Jusmawati Massaless, S.Si., M.Si.
NIP. 19680601 199512 2 001


Dr. Firman, M.Si.
NIP. 19680429 200212 1 001

Ketua Program Studi,




Prof. Dr. Nurdin, S.Si., M.Si.
NIP. 197008072000031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nur Hakiki
NIM : H011181010
Program Studi : Matematika
Jenjang : S1

menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Penerapan Rantai Markov dalam Menentukan Pola Penyebaran Curah Hujan Harian di Kabupaten Maros

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 9 Agustus 2023



Nur Hakiki
NIM. H011181010

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan karunia, rahmat, serta hidayah yang tak pernah berhenti mengalir dari-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.

Penulisan skripsi yang berjudul **“Penerapan Rantai Markov dalam Menentukan Pola Penyebaran Curah Hujan Harian di Kabupaten Maros”** disusun sebagai syarat bagi penulis untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Program Studi Matematika, Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Penyelesaian skripsi ini diperlukan proses yang sangat panjang, dengan banyak tantangan dan hambatan mulai dari penyusunan hingga akhirnya skripsi ini dapat dirampungkan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini memerlukan proses dan pengorbanan yang tidaklah sedikit serta adanya bantuan dan doa dari berbagai pihak, Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc, selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Dr. Eng. Amiruddin, M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Hasanuddin.
3. Prof. Dr. Nurdin, S.Si., M.Si. selaku Ketua Departemen Matematika FMIPA universitas Hasanuddin dan Ketua Program Studi Matematika FMIPA Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Jusmawati Massalesse, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing utama yang menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Dr. Firman, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing pertama yang menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Naimah Aris, S.Si., M.Math., dan Prof. Dr. Budi Nurwahyu, MS., selaku dosen penguji dan juga Penasehat Akademik yang telah

memberikan kritik dan saran untuk perbaikan dalam penyusunan skripsi ini.

7. Bapak dan Ibu dosen Departemen Matematika FMIPA Universitas Hasanuddin atas segala ilmu dan pengetahuan yang telah beliau berikan selama perkuliahan.
8. Seluruh Staf Administrasi di lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin yang banyak membantu selama proses perkuliahan dan berbagai persuratan untuk skripsi ini.
9. Kedua orang tua penulis Bapak Yusuf dan Ibu Indawati yang senantiasa mendoakan, memberikan motivasi, nasihat serta memberikan bantuan dukungan baik secara moral maupun material.
10. Nurawadda selaku adik penulis beserta keluarga besar yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis.
11. Mufassir Ahmad yang telah memberikan semangat, hiburan dan banyak membantu selama penyusunan skripsi ini.
12. Jasrina yang telah berjuang bersama dalam proses penyusunan skripsi.
13. Terima kasih kepada saudari Sri Indriani Amil, Rahmi, Alya Sakinah Arif dan Putri Ayuni yang telah memberikan semangat dan banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini
14. Teman-teman MATEMATIKA 2018 yang telah mendukung dan berjuang bersama selama masa perkuliahan.
15. Semua pihak yang telah membantu penulisan yang tak sempat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis selama penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembang ilmu.

Makassar, 9 Agustus 2023

Penulis

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Hakiki
NIM : H011181010
Program Studi : Matematika
Departemen : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin. Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty- Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Penerapan Rantai Markov dalam Menentukan Pola Penyebaran Curah
Hujan Harian di Kabupaten Maros**

Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,
Dibuat di Lamasi pada tanggal 9 Agustus 2023

Yang menyatakan,

Nur Hakiki

ABSTRAK

Keberagaman curah hujan dapat menimbulkan permasalahan yang serius bagi kehidupan manusia. Intensitas curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan bencana banjir. Sedangkan, intensitas curah hujan yang rendah dapat menyebabkan kekeringan. Penentuan peluang curah hujan di masa mendatang di suatu daerah dapat menggunakan rantai Markov. Terjadinya hujan atau tidak dalam suatu hari dapat dimodelkan oleh rantai Markov dengan 3 *state*. *State* ditentukan berdasarkan besarnya intensitas hujan setiap hari. Matriks peluang transisi ditentukan dengan menggunakan metode *maximum likelihood*. Penelitian ini menggunakan data sekunder curah hujan harian di kabupaten Maros dengan dua stasiun, yaitu stasiun Klimatologi Maros dan stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin dalam periode 5 tahun dimulai pada tanggal 1 Januari 2018 sampai dengan 31 Desember 2022. Berdasarkan hasil penelitian, uji *Chi-Square* telah ditunjukkan bahwa data memenuhi sifat Markov. Peluang hari tidak hujan tertinggi pada stasiun Klimatologi Maros dan stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin memiliki nilai peluang yang sama sebesar 74 %. Peluang hari hujan ringan tertinggi terdapat pada stasiun Klimatologi Maros dan stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin memiliki nilai peluang yang sama sebesar 55 %. Peluang hari hujan lebat tertinggi terdapat pada stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin sebesar 11 %. Hasil uji *Wilcoxon* menyatakan bahwa faktor musim mempengaruhi model curah hujan harian yang diperoleh.

Kata Kunci: Rantai Markov, Curah Hujan Harian, *Maximum Likelihood*, *Chi-Square*, Uji *Wilcoxon*

Judul : Penerapan Rantai Markov dalam Menentukan Pola
Penyebaran Curah Hujan Harian di Kabupaten Maros

Nama : Nur Hakiki

NIM : H011181010

Program Studi : Matematika

ABSTRACT

Variety of rainfall can cause serious problems for human life. Heavy rains can cause flooding. On the other hand, low rainfall intensity can lead to drought. A Markov chain can be used to determine the probability of future precipitation in a region. Whether it rains on a day can be modeled by a 3- state Markov chain. Status is determined using maximum likelihood. In this study, two observations were made on the daily precipitation in the Maros district with his two stations, the Klimatologi Maros stations and the Meteorologi Sultan Hasanuddin stations, during the five-year period from 1 January 2018 to 31 December 2022. Based on the research results, the Chi Square test showed that the data conformed to the Markov property. The highest probability of no rain for the Klimatologi Maros stations and Meteorologi Sultan Hasanuddin stations is the same probability value 74 %. The Klimatologi Maros stations and the Meteorologi Sultan Hasanuddin stations have the highest probability value of 55 %. The highest chance of a heavy rain day is at Meteorologi Sultan Hasanuddin station with 11 %. Wilcoxon test results show that seasonal factors influence the resulting daily precipitation model.

Keywords: *Markov Chain, Daily Rainfall, Maximum Likelihood, Chi Square Test, Wilcoxon Test*

Title : *The Application of the Markov Chain in Determining the Distribution Pattern of Daily Rainfall in Maros District*

Name : Nur Hakiki

Student ID : H011181010

Study Program : *Mathematic*

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Probabilitas *Steady State* 8

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Statistika Deskriptif.....	16
Tabel 4.2 Intensitas Curah Hujan Harian Pada Stasiun Klimatologi Maros.....	17
Tabel 4.3 Intensitas Curah Hujan Harian Pada Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin.....	18
Tabel 4.4 Kategorisasi Sifat Hujan Harian	19
Tabel 4.5 Jumlah Hari Setiap <i>State</i> pada Stasiun Klimatologi Maros	19
Tabel 4.6 Jumlah Hari Setiap <i>State</i> pada Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin.....	20
Tabel 4.7 Pembagian Bulan Untuk Kasus 1 dan Kasus 2	21
Tabel 4.8 Jumlah Hari Berdasarkan 2 Musim dan <i>State</i> untuk Stasiun Klimatologi Maros	21
Tabel 4.9 Jumlah Hari Berdasarkan 2 Musim dan <i>State</i> untuk Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin	22
Tabel 4.10 Jumlah Hari Berdasarkan 3 Musim dan <i>State</i> untuk Stasiun Klimatologi Maros	22
Tabel 4.11 Jumlah Hari Berdasarkan 3 Musim dan <i>State</i> untuk Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin.....	22
Tabel 4.12 Frekuensi Transisi dari <i>State i</i> ke <i>State j</i> Musim Hujan Kasus 1 pada Stasiun Klimatologi Maros	23
Tabel 4.13 Frekuensi Transisi dari <i>State i</i> ke <i>State j</i> Musim Kemarau Kasus 1 pada Stasiun Klimatologi Maros.....	24
Tabel 4.14 Frekuensi Transisi dari <i>State i</i> ke <i>State j</i> Musim Hujan Kasus 2 pada Stasiun Klimatologi Maros	25
Tabel 4.15 Frekuensi Transisi dari <i>State i</i> ke <i>State j</i> Musim Peralihan Kasus 2 pada Stasiun Klimatologi Maros.....	25

Tabel 4.16 Frekuensi Transisi dari <i>State i</i> ke <i>State j</i> Musim Kemarau Kasus 2 pada Stasiun Klimatologi Maros.....	26
Tabel 4.17 Frekuensi Transisi dari <i>State i</i> ke <i>State j</i> Musim Hujan Kasus 1 pada Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin.....	28
Tabel 4.18 Frekuensi Transisi dari <i>State i</i> ke <i>State j</i> Musim Kemarau Kasus 1 pada Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin	28
Tabel 4.19 Frekuensi Transisi dari <i>State i</i> ke <i>State j</i> Musim Hujan Kasus 2 pada Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin.....	29
Tabel 4.20 Frekuensi Transisi dari <i>State i</i> ke <i>State j</i> Musim Peralihan Kasus 2 pada Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin	30
Tabel 4.21 Frekuensi Transisi dari <i>State i</i> ke <i>State j</i> Musim Kemarau Kasus 2 pada Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin	30
Tabel 4.22 Nilai χ^2_{kritis} berdasarkan Nilai α	32
Tabel 4.23 Hasil Uji <i>Chi Square</i> Kasus 1	33
Tabel 4.24 Hasil Uji <i>Chi Square</i> Kasus 2	33
Tabel 4.25 Hasil Uji <i>Chi Square</i> Kasus 1	33
Tabel 4.26 Hasil Uji <i>Chi Square</i> Kasus 2	34
Tabel 4.27 Peluang Transisi Jangka Panjang Kasus 1	34
Tabel 4.28 Peluang Transisi Jangka Panjang Kasus 2.....	35
Tabel 4.29 Peluang Transisi Jangka Panjang Kasus 1	35
Tabel 4.30 Peluang Transisi Jangka Panjang Kasus 2.....	36
Tabel 4.31 <i>Wilcoxon Signed Ranks</i>	36
Tabel 4.32 Hasil Uji <i>Wilcoxon</i>	37

DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Pemakaian pertama kali pada halaman
X	Proses stokastik	5
$X(t)$	Peubah acak	5
T	Parameter waktu	5
\mathbb{T}	Ruang parameter	5
X_0	State awal	5
X_n	State sekarang	5
X_{n+1}	State yang akan datang	5
P	Matriks peluang transisi	6
P_{ij}	Matriks peluang transisi dari <i>state i</i> ke <i>state j</i>	6
$f(P)$	Peluang Transisi	7
$\mathcal{L}(p)$	Fungsi <i>Likelihood</i>	7
n_{ij}	Banyaknya transisi dari <i>State i</i> ke <i>State j</i>	7
K	Banyaknya <i>state</i>	7
λ	Pengali <i>lagrange</i>	7
$g(P, \lambda)$	Fungsi Objektif	7
\hat{P}_{ij}	Pendugaan rantai Markov	8
π_j	Peluang <i>steady State</i>	8
q_{ij}	Peluang transisi 1-langkah dari <i>State i</i> ke <i>State j</i>	8
χ^2	Parameter uji <i>Chi Square</i>	11
O^i	Frekuensi hasil pengamatan	11
E^i	Frekuensi harapan	11
Z	Parameter uji <i>Wilcoxon</i>	13
W_{hitung}	Jumlah rangking bertanda terkecil	13
n	banyaknya pasang yang tidak sama nilainya	13
α	Taraf nyata	13
H_0	Hipotesis awal	12

H_1

Hipotesis kerja

12

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUTAN	i
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Proses Stokastik	5
2.1.1 Rantai Markov.....	5
2.1.2 Matriks Peluang Transisi	6
2.1.3 Pendugaan Rantai Markov	6
2.1.4 Peluang <i>Steady State</i>	8
2.2 Curah Hujan	9
2.2.1 Definisi Curah Hujan	9

2.2.2 Klasifikasi Curah Hujan	10
2.2.3 Pengukuran Curah Hujan	10
2.2.4 Iklim Geografis Di Kabupaten Maros	11
2.3 Uji Chi Kuadrat (<i>Chi Square</i>)	11
2.4 Uji <i>Wilcoxon</i>	12
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Jenis Penelitian.....	14
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian	14
3.3 Tahapan Penelitian	14
3.4 Diagram Alur Penelitian	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Deskripsi Data.....	16
4.2 Kategorisasi Hari Berdasarkan Sifat Hujan	18
4.3 Pengelompokkan Data Berdasarkan Faktor Musim.....	20
4.4 Matriks Peluang Transisi	23
4.4.1 Matriks Peluang Transisi Stasiun Klimatologi Maros	23
4.4.2 Matriks Peluang Transisi Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin.....	27
4.5 Pengujian Sifat Markov	31
4.5.1 Pengujian Sifat Markov pada Stasiun Klimatologi Maros.....	32
4.5.2 Pengujian Sifat Markov pada Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin.....	33
4.6 Peluang Transisi pada Kondisi <i>Steady State</i>	33
4.6.1 Peluang Transisi pada Kondisi <i>Steady State</i> di Stasiun Klimatologi Maros	34
4.6.2 Peluang Transisi pada Kondisi <i>Steady State</i> di Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin	34
4.7 Pengujian Pengaruh Faktor Musim Terhadap Model	35

BAB V PENUTUP	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hujan merupakan salah satu unsur iklim yang paling berpengaruh di Indonesia. Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, runoff dan infiltrasi. Hujan memiliki peranan penting bagi keberlangsungan makhluk hidup di muka bumi, termasuk manusia. Pihak yang sangat membutuhkan hujan adalah bidang pertanian. Namun, hujan juga dapat menjadi musibah dan bencana bagi makhluk hidup apabila berlebihan. Hujan yang tinggi dapat menyebabkan bencana banjir. Sedangkan, hujan yang rendah dapat menyebabkan kekeringan.

Salah satu daerah yang dapat dilihat tinggi atau rendahnya curah hujan adalah Kab. Maros. Kabupaten Maros terletak di bagian barat Sulawesi Selatan antara $40^{\circ} 45'$ - $50^{\circ} 07''$ Lintang Selatan dan $109^{\circ} 205'$ - $129^{\circ} 12'$ Bujur Timur yang berbatasan dengan Kabupaten Pangkep sebelah Utara, Kota Makassar dan Kabupaten Gowa sebelah Selatan, Kabupaten Bone disebelah Timur dan Selat Makassar disebelah Barat (Amir, 2014). Kabupaten Maros termasuk daerah yang beriklim tropis basah, karena letaknya yang berada pada daerah khatulistiwa dengan kelembapan berkisar antara 60 – 82 %. Curah hujan tahunan rata-rata 347 mm/bulan dengan rata-rata hari hujan sekitar 16 hari (Badan Pusat Statistik Kabupaten Maros, 2015).

BMKG membuat 2 stasiun pengamatan curah hujan untuk mengetahui tinggi atau rendahnya curah hujan yang turun di kabupaten Maros, yaitu Stasiun Klimatologi Maros dan Stasiun Meteorologi Kelas I Hasanuddin. Curah hujan di sekitar stasiun pengamatan tidak dapat diketahui dengan pasti, namun dapat diprediksi. Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk memprediksi curah hujan antara lain metode ARIMA, metode Algoritma Levenberg Marquardt, metode Backpropagation, metode Rantai Markov, metode Wafelet Neural Network, dll. Pada penelitian ini metode yang digunakan penulis adalah Rantai Markov. Kelebihan dari Rantai Markov dibandingkan dengan metode lainnya

yaitu lebih mudah untuk digunakan dan sederhana sehingga dalam penerapannya untuk memprediksi keadaan cuaca atau curah hujan akan lebih mudah dilakukan. Penelitian yang akan dilakukan saat ini berdasarkan oleh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Antara lain penelitian yang dilakukan oleh Said Ryanda Wahyudi, Rina Fillia Sari, dan Rina Widyasari (2021) yang berjudul Penentuan Pola Penyebaran Curah Hujan Harian Kabupaten Karo dengan menggunakan Rantai Markov Orde-N, diperoleh bahwa penentuan peluang hari hujan (tidak hujan, hujan ringan, dan hujan lebat) dalam jangka panjang pada masing-masing kelompok musim pada kriteria hujan ringan antara 0.1mm sampai 20 mm dan kriteria hujan lebat lebih besar dari 20 mm memiliki hasil yang lebih sesuai dengan kondisi yang sebenarnya di bandingkan penentuan kriteria lainnya. Sedangkan hasil untuk rata-rata panjang periode memiliki hasil yang sama pada musim hujan dan musim kemarau untuk masing- masing kriteria pada setiap kelompok musim.

Penelitian yang dilakukan oleh Ultari Femi Arshintia dan Defri Ahmad (2019) dengan judul Analisis Curah Hujan di Kota Padang dengan Menggunakan Rantai Markov. Pada penelitian tersebut data curah hujan yang digunakan bersumber dari delapan stasiun. Diperoleh bahwa terdapat satu stasiun yang mencapai kondisi steady state cenderung tinggi sedangkan terdapat tujuh stasiun yang mencapai kondisi steady state cenderung menengah. Adapun peluang curah hujan untuk Kota Padang cenderung menengah. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Hisyam Ihsan, Wahidah Sanusi, dan Hasriani (2019) yang berjudul Peramalan Pola Curah Hujan di Kota Makassar Menggunakan Model Rantai Markov. Data curah hujan yang digunakan bersumber dari tiga stasiun. Diperoleh peluang transisi di Stasiun Panaikang pada periode ke-10 sudah mencapai keadaan steady state, Stasiun Biring Romang mencapai keadaan steady state pada periode ke-15 dan Stasiun Paotere mencapai keadaan steady state pada periode ke-12.

Penelitian yang dilakukan oleh Nur Ana Maemunah (2020) dengan judul Penerapan Teori Rantai Markov pada Data Curah Hujan Harian di Wilayah Tangerang. Data yang digunakan bersumber dari tiga stasiun. Diperoleh bahwa peluang transisi dari tidak hujan ke hujan ringan, paling tinggi terdapat di Stasiun

Pondok Betung. Peluang transisi dari tidak hujan ke hujan lebat, paling tinggi terdapat di Stasiun Budiarto. Peluang transisi dari hujan ringan ke tidak hujan, paling tinggi terdapat di Stasiun Sokarno Hatta. Peluang transisi dari hujan lebat ke tidak hujan paling tinggi terdapat di Stasiun Budiarto. Adapun peluang hari hujan lebat tertinggi terdapat di Stasiun Soekarno-Hatta dengan nilai peluang 5%. Adapun untuk hasil Uji Wilcoxon terdapat perbedaan rata-rata antara factor musim dan pada model curah hujan harian di Wilayah Tangerang.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maka penulis tertarik untuk mengambil tugas akhir dengan menggunakan rantai Markov. Pengembangan penelitian ini dari penelitian sebelumnya adalah dengan menggunakan *Uji Chi Square* untuk mengetahui sifat markov. Adapun judul dari penelitian ini yaitu “PENERAPAN RANTAI MARKOV DALAM MENENTUKAN POLA PENYEBARAN CURAH HUJAN HARIAN DI KABUPATEN MAROS”.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana peluang transisi curah hujan harian di Kabupaten Maros menggunakan Rantai Markov ?
2. Bagaimana peluang transisi curah hujan harian di Kabupaten Maros pada kondisi *steady state* ?
3. Apakah ada perbedaan model rantai Markov curah hujan harian di Kabupaten Maros pada kasus dua musim dan kasus tiga musim ?

1.3 Batasan Masalah

Dari permasalahan di atas, maka penulis membatasi ruang lingkup penelitian antara lain:

1. Data yang digunakan adalah data curah hujan harian dari 2 stasiun di Kabupaten Maros, yaitu Stasiun Klimatologi Maros dan Stasiun Meteorologi Kelas 1 Hasanuddin.
2. Data yang digunakan di masing-masing stasiun diambil mulai tahun 2018-2022.

3. Metode yang digunakan adalah rantai Markov dengan Uji Chi Square .
4. Menggunakan Uji *Wilcoxon*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui peluang transisi curah hujan harian di Kabupaten Maros menggunakan Rantai Markov.
2. Mengetahui peluang transisi curah hujan harian di Kabupaten Maros pada kondisi *Steady State*.
3. Mengetahui apakah terdapat perbedaan model rantai Markov curah hujan harian di Kabupaten Maros pada kasus dua musim dan tiga musim.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi dan pengetahuan tentang penerapan teori rantai Markov dalam menganalisa curah hujan harian di Kabupaten Maros.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat di sekitar daerah penelitian khususnya bagi petani.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dipaparkan beberapa materi yang dijadikan landasan teori agar dapat memahami pengaplikasian rantai Markov untuk peramalan curah hujan harian. Materi yang akan dibahas meliputi rantai Markov, curah hujan, uji *Chi Square* dan uji *Wilcoxon*.

2.1. Proses Stokastik

Menurut Pinsky dan Karlin (2011), proses stokastik $X = \{X(t), t \in T\}$ didefinisikan sebagai barisan peubah acak, yaitu untuk setiap $t \in T$ mempunyai peubah acak $X(t)$. Indeks t menyatakan waktu. Nilai peubah acak $X(t)$ dinamakan keadaan pada saat t . Himpunan T disebut ruang parameter dari proses stokastik X dan himpunan semua nilai $X(t)$ dinamakan ruang keadaan dari X . Menurut Gross (2008), proses stokastik dapat dibedakan menjadi dua bentuk yaitu:

- a. Jika $T = \{0,1,2,3, \dots\}$, maka proses stokastik berparameter diskrit dan biasanya dinyatakan dengan notasi $\{X(t)\}$.
- b. Jika $T = \{t | t \geq 0\}$, maka proses stokastik berparameter kontinu dan biasanya dinyatakan dengan notasi $\{X(t) | t \geq 0\}$.

2.1.1. Rantai Markov

Model rantai Markov dikemukakan oleh seorang ilmuwan Rusia bernama Andrey Andreyevich Markov pada tahun 1906. Rantai Markov merupakan salah satu contoh proses stokastik. Proses stokastik $\{X_n, n = 0,1,2, \dots\}$, dengan ruang keadaan $\{0,1,2, \dots\}$ disebut rantai Markov waktu diskrit untuk setiap $n = \{0,1,2, \dots\}$ dan berlaku

$$P(X_{n+1} = j | X_0 = i_0, \dots, X_{n-1} = i_{n-1}, X_n = i) = P(X_{n+1} = j | X_n = i)$$

(2.1)

Untuk setiap $i_0, i_1, \dots, i_{n-1}, i, j$ dengan $n = 0,1,2, \dots$ (Pinsky dan Karlin, 2011).

Rantai Markov memiliki sifat bahwa, peluang bersyarat dari state yang akan datang X_{n+1} , jika diberikan state sebelumnya $X_0, X_1, X_2, \dots, X_{n-1}$ dan state sekarang X_n , tidak bergantung pada state sebelumnya dan hanya bergantung pada state sekarang. Hal ini yang disebut dengan sifat Markov (*Markovian Property*).

Sebagai ilustrasi dari pengertian rantai Markov, misalkan diketahui X_u merupakan keadaan mesin pada hari ke- k . Misalkan pula $X_u = 0$ jika mesin dalam keadaan rusak dan $X_u = 1$ jika mesin dalam keadaan baik. Dalam hal ini ruang state $\{0,1\}$ untuk setiap X_u . Pada suatu hari mesin dapat dalam keadaan rusak atau baik. Jika pada hari ke- k diketahui rusak, maka peluang pada hari berikutnya mesin dalam keadaan baik = p (jika mesin diperbaiki pada hari yang sama ketika rusak), atau $P(X_{u+1} = 1|X_u = 0) = p$. Sedangkan jika pada hari ke- k mesin diketahui baik, maka peluang hari berikutnya dalam keadaan rusak adalah = q atau $P(X_{u+1} = 0|X_u = 1) = q$. Jadi keadaan mesin pada hari esok hanya tergantung pada keadaan mesin pada hari ini, tidak pada hari-hari sebelumnya.

2.1.2. Matriks Peluang Transisi

Misalkan proses stokastik $\{X_n, n = 0,1,2, \dots\}$ merupakan suatu rantai Markov dengan ruang keadaan $\{0,1,2, \dots\}$. Matriks peluang transisi (satu langkah) dari $\{X_n, n = 0,1,2, \dots\}$, dinotasikan dengan P adalah matriks dengan elemen ke (i, j) adalah P_{ij} . Matriks peluang transisi P_{ij} untuk state berjumlah M dapat ditulis dalam bentuk matriks transisi P (Ross, 1996):

$$P = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{0M} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{M0} & P_{M1} & P_{M2} & P_{MM} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

dengan:

$$P_{ij} \geq 0, \quad i, j = 0,1,2, \dots$$

$$\sum_{j=0}^{\infty} P_{ij} = 1, \quad i = 0,1,2 \dots$$

2.1.3. Pendugaan Rantai Markov

Matriks peluang transisi pada umumnya tidak diketahui pasti dan harus diduga melalui pengamatan. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menduga nilai peluang transisi, antara lain penduga Maximum Likelihood, metode Bootstrap, dan perkalian Lagrange (Maemunah, 2020). Pada penelitian ini, metode penduga yang digunakan adalah maximum likelihood. Jika $x_1^n = \{x_1, \dots, x_n\}$ dari variabel acak $X_1^n = \{X_1, \dots, X_n\}$ dengan peluang

$$\begin{aligned} f(P) &= P(X_1 = 1)P(X_2 = x_2|X_1 = 1) \dots P(X_n = x_n|X_{n-1} = x_{n-1}) \\ &= P(X_1 = 1) \prod_{t=2}^n P(X_t = x_t|x_{t-1}) \\ &= 1 \prod_{t=2}^n P_{x_{t-1}x_t}, \text{ asumsi } P(X_1 = 1) = 1 \\ &= 1 \prod_{i=1}^k \prod_{j=1}^k p_{ij}^{n_{ij}}, \text{ dengan } i, j \in \{1, 2, \dots, k\} \end{aligned}$$

dimana n_{ij} adalah banyaknya transisi dari *state* i ke *state* j , dan k adalah banyaknya *state*. Didefinisikan fungsi *likelihood* $\mathcal{L}(p)$

$$\mathcal{L}(P) = \log f(p) = \log 1 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k n_{ij} \log P_{ij}$$

dengan kendala

$$\sum_{j=1}^k P_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Maksimumkan fungsi likelihood dengan metode pengali Lagrange. Misalkan pengali Lagrange $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ maka fungsi objektif yang baru adalah

$$\begin{aligned} g(P, \lambda) &= \mathcal{L}(P) - \sum_{i=1}^k \lambda_i \left(\sum_{j=1}^k p_{ij} - 1 \right) \\ &= \log 1 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k n_{ij} \log P_{ij} - \sum_{i=1}^k \lambda_i \left(\sum_{j=1}^k P_{ij} - 1 \right) \end{aligned}$$

Fungsi g dimaksimumkan dengan cara diturunkan terhadap P_{ij} dan dibuat sama dengan 0 (Hardianti, 2018).

$$\frac{\partial g(P, \lambda)}{\partial P_{ij}} = \frac{n_{ij}}{P_{ij}} - \lambda_i$$

$$\frac{n_{ij}}{P_{ij}} - \lambda_i = 0$$

$$\hat{P}_{ij} = \frac{n_{ij}}{\lambda_i}$$

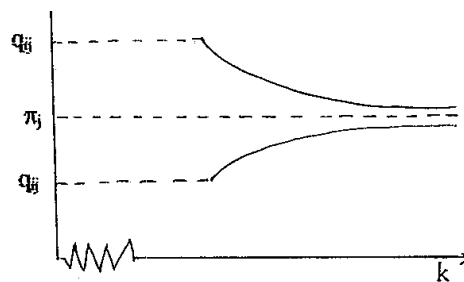
$$\sum_{j=1}^k \hat{P}_{ij} = \sum_{j=1}^k \frac{n_{ij}}{\lambda_i} = 1 \rightarrow \lambda_i = \sum_{j=1}^k n_{ij}$$

Sehingga diperoleh

$$\hat{P}_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^k n_{ij}}, n_{ij} = \text{banyaknya transisi dari state } i \text{ ke } j \quad (2.3)$$

2.1.4. Peluang *Steady State*

Menurut Roe (1988), besarnya peluang suatu sistem pada setiap keadaan di masa yang akan datang akan menjadi tidak tergantung dari keadaan awal (sekarang) bahkan peluang pada setiap keadaan j akan menuju satu harga tetap (*steady state*) yang dinotasikan dengan π_j baik dari arah atas atau dari arah bawah, yang ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 2.1 Probabilitas *Steady State*

Hal ini berarti bahwa proses dalam keadaan tertentu j , setelah sejumlah besar transisi cenderung ke π_j yang tidak bergantung pada distribusi peluang awal. Pada keadaan tetap ini tidak berarti proses tetap dalam satu keadaan.

Sebaliknya proses berlanjut terus membuat transisi-transisi dari suatu keadaan ke keadaan yang lain pada tiap langkah k , peluang transisi 1-langkah dari keadaan i ke j dinotasikan q_{ij} sehingga

$$\pi_j > 0, j = 0, 1, 2, \dots, n$$

$$\pi_j = \sum_{i=0}^n \pi_i q_{ij}, j = 0, 1, 2, \dots, n$$

Menurut Maemuah (2020), π adalah vector peluang, maka harus memenuhi syarat bahwa semua unsurnya adalah bilangan tak negatif serta jumlahnya adalah sama dengan satu. Kemudian vector keadaan tetap π dapat ditentukan dengan menyelesaikan persamaan linier berikut, dengan kondisi $\sum_{j=0}^n \pi_j = 1$.

$$\begin{bmatrix} \pi_1 \\ \pi_2 \\ \pi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \pi_1 \\ \pi_2 \\ \pi_3 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$\pi_1 = \pi_1 P_{11} + \pi_2 P_{12} + \pi_3 P_{13} \Leftrightarrow \pi_1 (P_{11} - 1) + \pi_2 P_{12} + \pi_3 P_{13} = 0$$

$$\pi_2 = \pi_1 P_{21} + \pi_2 P_{22} + \pi_3 P_{23} \Leftrightarrow \pi_1 P_{21} + \pi_2 (P_{22} - 1) + \pi_3 P_{23} = 0$$

$$\pi_3 = \pi_1 P_{31} + \pi_2 P_{32} + \pi_3 P_{33} \Leftrightarrow \pi_1 P_{31} + \pi_2 P_{32} + \pi_3 (P_{33} - 1) = 0$$

2.2. Curah Hujan

2.2.1. Definisi Curah Hujan

Menurut Arshinta dan Ahmad (2019), curah hujan adalah jumlah air hujan yang jatuh selama periode waktu tertentu yang pengukurannya menggunakan satuan tinggi di atas permukaan tanah horizontal yang diasumsikan tidak terjadi infiltrasi, run off, maupun evaporasi. Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) millimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Curah hujan kumulatif (mm) merupakan jumlah hujan yang terkumpul dalam rentang waktu kumulatif tersebut. Dalam periode musim, rentang waktunya adalah rata-rata panjang musim pada masing-masing Daerah Prakiraan Musim (DPM). Menurut Maemunah (2020), intensitas

curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu tertentu, yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/tahun, dan sebagainya.

2.2.2. Klasifikasi Curah Hujan

Hujan dibedakan menurut nilai intensitasnya dan kecepatan jatuhnya. Menurut BMKG, klasifikasi hujan berdasarkan intensitas curah hujan dibedakan menjadi enam yaitu:

- a. Berawan atau tidak hujan, apabila intensitas curah hujan 0 mm.
- b. Hujan ringan, apabila intensitas curah hujannya berkisar antara 0,5 – 20 mm/hari.
- c. Hujan sedang, apabila intensitas curah hujannya berkisar antara 20 – 50 mm/hari.
- d. Hujan lebat, apabila intensitas curah hujannya berkisar antara 50 – 100 mm/hari.
- e. Hujan sangat lebat, apabila intensitas curah hujannya berkisar antara 100 – 150 mm/hari.
- f. Hujan ekstrem, apabila intensitas curah hujannya di atas 150 mm/hari.

Klasifikasi hujan berdasarkan kecepatan jatuhnya curah hujan dibedakan menjadi empat, yaitu:

- a. Hujan gerimis, apabila kecepatan jatuhnya berkisar 0,5 m/min.
- b. Hujan halus, apabila kecepatan jatuhnya berkisar 2,1 m/min.
- c. Hujan normal, apabila kecepatan jatuhnya berkisar 4-6,5 m/min
- d. Hujan sangat deras, apabila kecepatan jatuhnya berkisar 8,1 m/min

2.2.3. Pengukuran Curah Hujan

Menurut Fauzan (2019), penakar hujan merupakan alat pengukur jumlah curah hujan yang turun ke atas permukaan tanah persatuan luas. Penakar hujan yang umumnya digunakan bernama ombrometer. Prinsip alat ini adalah mengukur tinggi jumlah air yang masuk ke alat tersebut.

Berdasarkan mekanismenya, ombrometer dibedakan menjadi dua yaitu:

- a. Ombrometer Manual

Pengukuran hujan secara manual dilakukan dengan mengukur volume air hujan yang ditampung dalam tempat penampungan, volume

air hujan diukur secara periodik dengan interval waktu tertentu. Ombrometer manual terdiri atas dua jenis yaitu penakar hujan ombrometer biasa dan penakar hujan ombrometer observatorium.

b. Ombrometer Otomatis

Ombrometer otomatis adalah alat pengukur curah hujan yang pencatatannya dilakukan secara otomatis, sehingga lebih efisien jika dibandingkan dengan alat penakar hujan manual. Alat ini bisa mengukur curah hujan tinggi maupun rendah. Besarnya intensitas hujan dapat ditentukan karena pencatatan juga dilakukan untuk selang waktu tertentu.

2.2.4. Iklim Geografis di Kabupaten Maros

Kabupaten Maros terletak di bagian barat Sulawesi Selatan antara $40^{\circ} 45' - 50^{\circ} 07''$ Lintang Selatan dan $109^{\circ} 205' - 129^{\circ} 12''$ Bujur Timur yang berbatasan dengan Kabupaten Pangkep sebelah Utara, Kota Makassar dan Kabupaten Gowa sebelah Selatan, Kabupaten Bone disebelah Timur dan Selat Makassar disebelah Barat (Amir, 2014). Luas wilayah Kabupaten Maros $1.619,12 \text{ km}^2$ yang secara administrasi pemerintahannya menjadi 14 Kecamatan dan 103 Desa/Kelurahan (Badan Pusat Statistik Kabupaten Maros, 2015).

Secara geografis daerah ini terdiri dari 10% (10 desa) adalah pantai, 5% (5desa) adalah kawasan lembah, 27% (28 desa) adalah lereng/bukit dan 58% (60 desa) adalah daratan. Iklim Kabupaten Maros tergolong iklim tropis basah dengan curah hujan rata-rata sekitar 343 mm setiap bulan dengan rata-rata hari hujan per bulan berkisar 18 hari selama tahun 2013 dan suhu udara minimum $24,3^{\circ} \text{C}$ dan maksimal rata-rata perbulan $31,4^{\circ} \text{C}$ (Badan Pusat Statistik Kabupaten Maros, 2015).

2.3. Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square*)

Menurut Suyanto dan Gio (2017), uji Chi-Square merupakan suatu uji yang digunakan untuk menguji kesesuaian atau kecocokan antara distribusi data berdasarkan pengamatan dengan distribusi data berdasarkan teoritis. Dengan kata lain, uji Chi-Square menguji kesesuaian antara frekuensi pengamatan dengan frekuensi harapan. Adapun rumus untuk menghitung nilai statistik dari uji Chi-Square yaitu:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.5)$$

dengan:

χ^2 = parameter Chi-Square

O^i = frekuensi hasil pengamatan

E^i = frekuensi harapan

Untuk pengambilan keputusan terhadap hipotesis, dapat dilakukan dengan membandingkan nilai statistik dari uji Chi-Square terhadap nilai kritis dari uji Chi-Square. Berikut aturan pengambilan keputusan terhadap hipotesis.

jika $\chi_{hitung}^2 \leq \chi_{kritis}^2$, H_0 diterima dan H_1 ditolak

jika $\chi_{hitung}^2 > \chi_{kritis}^2$, H_0 ditolak dan H_1 diterima

Pengambilan keputusan terhadap hipotesis juga dapat dilakukan dengan pendekatan nilai probabilitas dari uji Chi-Square. Nilai probabilitas tersebut dibandingkan dengan signifikansi yang digunakan (α). Berikut aturan pengambilan keputusan terhadap hipotesis berdasarkan nilai probabilitas.

jika nilai probabilitas $\geq \alpha$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak

jika nilai probabilitas $< \alpha$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

2.4. Uji Wilcoxon

Menurut Suyanto dan Gio (2017), uji peringkat bertanda Wilcoxon dikembangkan oleh Frank Wilcoxon. Uji peringkat bertanda Wilcoxon dan uji tanda sama-sama menguji dua buah populasi berpasangan. Pada uji tanda hanya memperhatikan arah (*direction*) dari selisih untuk setiap pasangan nilai data, sedangkan pada uji Wilcoxon, selain memperhatikan arah (tanda positif (+) atau tanda negative (-)) dari selisih untuk setiap pasangan nilai data, juga mengukur jarak atau besar (*magnitudo*) dari selisih untuk setiap pasangan nilai data (Suyanto dan Gio, 2017).

Uji Wilcoxon adalah teknik analisis non parametrik yang digunakan untuk menguji perbedaan suatu perlakuan pada kelompok sampel berpasangan. Uji

Wilcoxon merupakan alternative pengganti uji t-paired test. Uji Wilcoxon disebut *Matched-Pairs Signed Rank Test*.

Prosedur pengujian

Hipotesis :

Jika $W_{hitung} \leq W_{kritis}$, H_1 diterima dan H_0 ditolak

Jika $W_{hitung} > W_{kritis}$, H_0 diterima dan H_1 ditolak

Statistic Uji :

$$Z = \frac{W_{hitung} - \left[\frac{(n)-(n+1)}{4} \right]}{\sqrt{\frac{(n)(n+1)(2n+1)}{24}}} \quad (2.6)$$

dengan:

Z = uji normal hitung

W_{hitung} = jumlah rangking bertanda terkecil

n = banyaknya pasang yang tidak sama nilainya

Kriteria Uji :

jika nilai probabilitas kumulatif dari $Z \geq \alpha$, maka H_0 diterima, H_1 ditolak

jika nilai probabilitas kumulatif dari $Z < \alpha$, maka H_1 diterima, H_0 ditolak