

**PREDIKSI CUACA HARIAN KABUPATEN GOWA  
DENGAN METODA RANTAI MARKOV**

**OLEH :**

**ASMAR JANIB**

**H 211 99 021**



17 - 3 - 10

MLPA

lelis,

Hasanudin

SKR-MPTJ

JAN

φ

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2007**

**PREDIKSI CUACA HARIAN KABUPATEN GOWA  
DENGAN METODA RANTAI MARKOV**

**OLEH :**

**ASMAR JANIB**

**H 211 99 021**



*Diajukan Sebagai Tugas Akhir  
untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Sains pada  
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2007**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PREDIKSI CUACA HARIAN KABUPATEN GOWA  
DENGAN METODA RANTAI MARKOV**

**OLEH :**

**ASMAR JANIB**

**H 211 99 021**

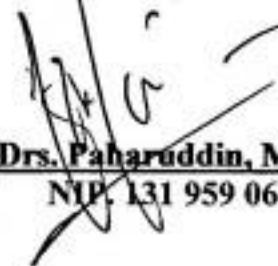
**Disetujui Oleh:**

**Pembimbing Utama**



**Drs. Bansawang, B.J, M.Si**  
**NIP. 132 126 374**

**Pembimbing Pertama**



**Drs. Paharuddin, M.Si**  
**NIP. 131 959 061**

**Makassar,      September 2007**

## KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan Karunia dan Rezeki-Nya -Nya sehingga penulis dapat merampungkan penyusunan skripsi dengan judul **Prediksi Cuaca Harian Kabupaten Gowa dengan Metoda Rantai Markov** sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Selesainya rangkaian penelitian dan skripsi ini tentunya tidak lepas dari bimbingan, arahan dan bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Semua bantuan itu sangat berarti dan mempermudah penulis dalam penulisan skripsi. Pada kesempatan ini penulis menghaturkan rasa terima kasih kepada :

- Bapak Drs. Bansawang M.Si dan Drs. Paharuddin, M.Si selaku pembimbing utama dan pembimbing pertama yang telah memberikan ide, saran-saran, motivasi dan kesediaannya untuk mengarahkan penulis dalam membuat dan menyelesaikan tugas akhir ini.
- Ibu Dr. Nurlaela Rauf, MSc, selaku penguji dan dosen yang selalu memberi motivasi kepada penulis, Bapak Dr. Tasrief Surungan, M.Sc, Bapak Dahlang, S.Si, M.Si, selaku dosen dan penguji penulis yang telah memberikan berbagai saran dalam penyelesaian tulisan ini.

- Ibu Dr. Sri Suryani, DEA sebagai Ketua Jurusan Fisika dan Bapak Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc sebagai Sekretaris Jurusan Fisika, serta seluruh staf pengajar dan pegawai Jurusan Fisika FMIPA Unhas yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penulis menjalani perkuliahan.
- Bapak Drs. H. Muh. Altin Massinai MT.Surv dan Bapak Drs. Arsyad Sumah, yang tidak jemu-jemu memberikan semangat kepada para aktivis Himafi untuk tetap mengingat akademik dan organisasi untuk kejayaan almamater tercinta.
- Bapak dan Ibu pegawai akademik jurusan Fisika dan akademik Fakultas MIPA yang telah mencururkan keringat dalam membantu selesainya studi penulis.
- Kakak-kakakku: K'Didin (Kim'94), K'Ramli (Kim'93), K'Mumun, K'Dayat (Bio'94), K'Alif, K'Fadel, K'Phiank (No Limit for The Spirit), K'Ancha, K'Wawi, K'Hattabe, K'Boy (Cool), K'Takat (The Great), K'Anchu (Bio'96), K'Utta' (Mat'96), K'Salam (Mat'96), K'Milo'(Kim'96), K'Awank, K'Acho (Legend from Lasusua), K'Amas, K' Jamadi, K'Iben, K' Akkal (Kim'97) K'Ulla'(Kim'97), K'Sul (Bio'97), K'Ridho (Bio'97), K'Tjipto (Silent).
- Abang-abangku: Jezsy, Andre, Udink, Fatur, Fahmi, Pudding, Yafid, Imo', Anggi, Ucup, Sukiman (Mat), Erwin (Kim), Agus (Kim), dan kakak-kakak terbaikku: Sulistiawaty, Faujjiah Ekawati, Irma, dan seluruh angkatan 98 yang tak tersebutkan namanya, terima kasih atas kebersamaan yang terbangun sewaktu penulis mulai "merasa" besar di Himafi.
- Saudara-saudaraku: Akmal, Amien, Ivan, Lahing, Hadi, Eko, Deny, Chaly, Pepenk, Alfaris, Dirham, Ardy, Ucha', Alam, Endhy, Acho, Kiky, Udhin,

Hakim, dan entah siapa lagi. Saudari-saudariku: Uni, Eren, Echa, Chen (Hidden), Indah, Yogi, Haniah, Anthy, Amma', Itti', Nana'. Seluruh adik kebangganku: Yayat, Matto, Maksy, Zule', Achank, Jabal, Baird, Phimen, Anchu, Chewink, Sis, Aries, Ridho, Ari, Erbas, Fachruddin, Fais, Jayadin, Nas, Abe', Ayu', Ino', Cimman, Evi', Ega, Yayu, Yani, Achank+Echank+Cullank+Cullunk+Muflich, Ocha', Anti, Edhy, Amul, Ulla' dan Upi, Ochi, Duff, Syahrul, Acha' (Mat), James (Kim), Gufran, Safa, Misba, Tata (Leader), Maknamal, Jo', Billy, David, Ucchink, Momoen, dua pengawalan ketat Marlin (Smart) dan Emenk, Opin (Knight), Jois, Appank, Andis, The Extreem Crew, Yoyo atas bantuan, semangat dan perhatiannya, seluruh komunitas Jasper, Medical Kompleks, dan Pondokan, Pache', Ewin, dan anak-anak Kemasos 99, K'Pippi', K'Uttam, Toha, Uchu, Olank, dan anak-anak Perikanan 01, Mayu' (Everything is O.K.) dan seluruh anak BKMS, dan seluruh yang tidak sempat disebutkan namanya satu persatu, terima kasih atas segala doa, dukungan dan kebersamaannya.

- Terkhusus untuk Puang Ippank dan Puang One, terima kasih atas segala kebersamaan dan kerelaan dari segala perhatian, semangat, dan fasilitas yang telah terberikan, Bontolangkasa ; Home Sweet Home.
- LittlePy', Nhunu', Emha', Enhy, Midar, Asni, terima kasih untuk bantuan dan motivasinya.
- Seluruh mahasiswa Unhas yang masih terjajah birokrasi kompleks, tetaplah sejalan hati nurani karena hanya orang yang merdeka jiwanya yang mampu berbuat lebih.

Sembah sujudku untuk kedua orang tuaku serta kedua kakak dan adikku, meski tak satu atap, kerinduan tetap terjalin, mohon maaf atas segala khilaf yang telah menyakitkan lahir dan bathin.

Semoga para pembaca bisa menyadari bahwa penulis hanya manusia biasa yang bisa membuat penelitian biasa ini tidak bisa sempurna.

Dengan harapan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca serta menumbuhkan minat dalam mempelajari dan mengembangkan pengetahuan tentang Fisika. Semoga Tuhan tetap memberikan Rahmat-Nya kepada kita.

Makassar, September 2007

Penulis

## ABSTRACT

This research has been conducted to make the model of the opportunity prediction daily weather circumstance in Gowa Regency at rainy months (November – February) by using daily rainfall data. The model of the daily weather anticipation with the Markov chain method using two state that is compare the certain day weather with the weather one day previously. The obtained opportunity result of prediction show the opportunity of the happening of rain for November, December, and February are higher than the opportunity for the sunny weather. While the opportunity for January the sunny time is higher than the rainy time.

**Keywords :** Rainfall, Daily Weather, Markov's Chain





## SARI BACAAN

Penelitian ini dilakukan untuk membuat model peluang prediksi keadaan cuaca harian di Kabupaten Gowa pada bulan-bulan hujan (November – Februari) dengan menggunakan data curah hujan harian. Model pendugaan cuaca harian dengan metoda rantai Markov menggunakan dua *state* yaitu membandingkan cuaca hari tertentu dengan cuaca satu hari sebelumnya. Peluang hasil prediksi yang diperoleh menunjukkan peluang terjadinya hujan untuk bulan November, Desember, dan Februari lebih tinggi dari peluang terjadinya cerah. Sedangkan untuk bulan Januari peluang terjadinya cerah lebih tinggi dari peluang terjadinya hujan.

**Kata Kunci :** Curah hujan, Cuaca harian, Rantai Markov



## SARI BACAAN

Penelitian ini dilakukan untuk membuat model peluang prediksi keadaan cuaca harian di Kabupaten Gowa pada bulan-bulan hujan (November – Februari) dengan menggunakan data curah hujan harian. Model pendugaan cuaca harian dengan metoda rantai Markov menggunakan dua *state* yaitu membandingkan cuaca hari tertentu dengan cuaca satu hari sebelumnya. Peluang hasil prediksi yang diperoleh menunjukkan peluang terjadinya hujan untuk bulan November, Desember, dan Februari lebih tinggi dari peluang terjadinya cerah. Sedangkan untuk bulan Januari peluang terjadinya cerah lebih tinggi dari peluang terjadinya hujan.

**Kata Kunci :** Curah hujan, Cuaca harian, Rantai Markov

## DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Lembar Pengesahan</b> .....	ii
<b>Kata Pengantar</b> .....	iii
<b>Abstract</b> .....	vii
<b>Sari Bacaan</b> .....	viii
<b>Daftar Isi</b> .....	ix
<b>Daftar Tabel</b> .....	xi
<b>Daftar Lampiran</b> .....	xii
<b>Bab I. Pendahuluan</b> .....	1
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Ruang Lingkup .....	2
I.3 Tujuan .....	2
<b>Bab II. Tinjauan Pustaka</b> .....	3
II.1 Cuaca dan Iklim .....	3
II.1.1 Suhu .....	3
II.1.2 Curah Hujan.....	5
II.1.3 Tekanan Udara dan Angin .....	5
II.1.4 Kelembaban .....	6
II.1.5 Evaporasi .....	6
II.2 Pola Curah Hujan .....	7
II.2.1 Pola Hujan Monsun .....	7
II.2.2 Pola Hujan Ekuatorial.....	8
II.2.3 Pola Hujan Lokal.....	8

II.3 Variabilitas Curah Hujan.....	9
II.3.1 Faktor Efek Global.....	9
II.3.2 Faktor Efek Regional.....	10
II.3.3 Faktor Efek Lokal.....	12
II.4 Markov Chain.....	12
II.4.1 Markov Chain : Suatu Pemodelan Stokastik.....	12
II.4.2 Matriks Peluang Transisi.....	14
<b>Bab III. Metodologi Penelitian.....</b>	<b>21</b>
III.1 Akses Data .....	21
III.2 Verifikasi Model .....	21
III.3 Bagan Alir .....	22
<b>Bab IV. Hasil dan Pembahasan .....</b>	<b>23</b>
IV.1 Periode November .....	23
IV.2 Periode Desember .....	24
IV.3 Periode Januari .....	26
IV.4 Periode Februari .....	27
<b>Bab V. Kesimpulan dan Saran.....</b>	<b>29</b>
V.1 Kesimpulan .....	29
V.2 Saran .....	29

**Daftar pustaka**

**Lampiran**

## DAFTAR TABEL

Tabel IV.1	Tabel jumlah peluang harian bulan November .....	23
Tabel IV.2	Tabel jumlah peluang harian bulan Desember.....	24
Tabel IV.3	Tabel jumlah peluang harian bulan Januari .....	26
Tabel IV.4	Tabel jumlah peluang harian bulan Februari .....	27

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Peta Lokasi Daerah Penelitian
2. Data Curah Hujan Periode 1993 – 2005 (Lampiran A)
3. Tabel Jumlah Peluang Harian Bulanan Periode 1993 – 2005 (Lampiran B)
4. Tabel Peluang Stasioner Bulanan (Lampiran C)
5. Grafik Peluang Stasioner Bulanan (Lampiran D)

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG**

Dalam tinjauan iklim global, wilayah Indonesia beriklim tropik yang berarti secara periodik mengalami musim kemarau dan musim hujan yang dipengaruhi oleh adanya pola angin monsun. Kondisi tersebut disebabkan oleh kondisi geografis Indonesia yang berbentuk kepulauan, menyebabkan iklim Indonesia menjadi iklim ekuator yang spesifik dan rumit karena adanya perbedaan tekanan di Asia dan Australia.

Khusus di Kabupaten Gowa, secara mikro iklim wilayahnya dipengaruhi oleh topografinya yang merupakan dataran rendah, dan posisinya yang berbatasan dengan Kabupaten Takalar di sebelah selatan dan Selat Makassar di sebelah barat serta rupa permukaan daratan yang relatif seimbang antara bangunan, gedung, rumah dan jalan dengan kerapatan dan jenis vegetasi. Faktor faktor tersebut merupakan faktor pengendali iklim yang mempengaruhi keadaan dinamika cuaca dan sifat iklim di wilayah tersebut.

Berbagai upaya terus dilakukan dalam meneliti masalah variasi musim berdasarkan data-data curah hujan harian, kelembaban udara harian, suhu udara harian, laju dan arah angin harian, dan tekanan udara harian di masa yang lalu, mengingat besarnya pengaruh fenomena cuaca terhadap variabilitas tersebut sehingga dengan melakukan prediksi dan pemodelan data cuaca harian dapat diperoleh informasi yang diperlukan.

Unsur-unsur cuaca yang memiliki fluktuasi yang cukup acak dan nilai yang beragam sepanjang waktu dapat di pandang sebagai suatu proses stokastik. Sejalan dengan hal tersebut, maka dipilihlah metode rantai Markov sebagai media untuk memprediksi cuaca harian dalam jangka waktu yang ditentukan.

## **1.2. RUANG LINGKUP**

Wilayah penelitian dibatasi pada wilayah Kabupaten Gowa dan sekitarnya yang diwakili oleh stasiun pencatat cuaca harian. Data dasar yang digunakan adalah data cuaca harian bulan-bulan hujan (November, Desember, Januari, dan Februari) dalam rentang waktu 1993-2005 yang tercatat pada stasiun-stasiun klimatologi berdasarkan kelengkapan dan kontinuitas pencatatan yang akurat.

## **1.3. TUJUAN**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Membuat model peluang prediksi keadaan cuaca harian di Kabupaten Gowa pada bulan-bulan hujan (November, Desember, Januari, dan Februari).
2. Menentukan kemampuan (skill) model prediksi.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1. CUACA DAN IKLIM**

Cuaca merupakan keadaan fisis atmosfer pada suatu tempat pada suatu saat. Dengan melakukan pengukuran dan pengamatan terhadap berbagai unsur cuaca seperti suhu, curah hujan, tekanan, kelembaban, laju serta arah angin, keadaan fisis atmosfer tersebut dapat diungkapkan (Prawirowardoyo, 1996). Iklim merupakan keadaan yang mencirikan kondisi atmosfer pada suatu daerah dalam jangka waktu yang cukup lama, sekitar 30 tahunan. Dalam tinjauan secara garis besar, iklim dapat diwakili oleh temperatur dan curah hujan. Di Indonesia, unsur curah hujan merupakan parameter penentu iklim yang paling utama, sebab bila dibandingkan dengan unsur lainnya, unsur ini relatif beragam sepanjang tahun.

Secara mendasar, ditinjau dari perubahan posisi matahari terhadap ekuator (walaupun sebenarnya yang bergerak adalah bumi) musim hujan dan musim kemarau di Indonesia bisa dibagi ke dalam tiga wilayah, yaitu Indonesia bagian selatan, tengah (sekitar ekuator), dan bagian utara. Secara umum, dapat dikatakan bahwa musim hujan terjadi pada saat matahari berada pada titik terdekat di atas sebuah wilayah.

Pembagian wilayah iklim di Indonesia pernah dilakukan, dan menghasilkan beberapa wilayah iklim yang berbeda (Murakami, 1994). Berdasarkan data bulanan tahun

1961-1993, Aldrian and Susanto (2003) juga melakukan pembagian wilayah iklim Indonesia menjadi tiga bagian.

Wilayah A meliputi Indonesia bagian selatan dari Sumatera Selatan hingga Pulau Timor, Kalimantan, Sulawesi, dan sebagian Irian Jaya. Wilayah B meliputi Indonesia bagian barat laut dari Sumatera Utara sampai bagian tenggara. Wilayah C meliputi Maluku dan Sulawesi Utara. Setiap wilayah mempunyai rentang musim hujan dan kemarau yang berbeda-beda. Wilayah A, mempunyai puncak musim hujan bulan Januari dan puncak musim kemarau bulan Agustus. Wilayah B mempunyai dua puncak musim hujan, yaitu bulan April dan November, dan puncak musim kemarau Februari dan Juli. Sedangkan wilayah C mempunyai puncak musim hujan bulan Juni-Juli dan puncak musim kemarau November atau Februari.

### **II.1.1. Suhu**

Suhu dapat didefinisikan secara makroskopik berkaitan dengan gerakan molekul sedemikian rupa sehingga makin besar kecepatan molekul, makin tinggi suhu. Pola penyebaran suhu pada umumnya adalah semakin dekat dengan khatulistiwa letak suatu daerah, maka makin tinggi suhu di daerah tersebut. Pengaruh bahan jenis yang berbeda-beda yang terdapat dalam bumi dan air, pola arus samudra dan atmosfer, musim pada suatu tahun, rupa bumi, tumbuhan dan ketinggian, semuanya cenderung menimbulkan keragaman cuaca dan iklim. Suhu udara merupakan ukuran relatif dari kondisi termal udara. Relatifitas yang dimaksud adalah bahwa suatu benda dapat saja mengalami perubahan kondisi termal sebagai akibat perpindahan kalor dari benda

yang bersuhu lebih panas ke benda yang bersuhu rendah hingga terciptanya suatu kondisi kesetimbangan termal.

### **II.1.2. Curah Hujan**

Proses terjadinya hujan tidak bisa dilepaskan dari siklus hidrologi yang pada dasarnya merupakan proses berputar perubahan bentuk air menjadi gas kembali ke air. Air yang ada dipermukaan bumi baik di lautan maupun di daratan termasuk yang terdapat dalam tumbuhan akan menguap akibat energi radiasi matahari. Uap air selanjutnya terangkat ke atas melalui proses konveksi, orografis dan frontal. Keadaan suhu udara troposfer yang semakin ke atas semakin rendah mempercepat terjadinya proses kondensasi . Awan yang terbentuk sebagai hasil dari kondensasi uap air akan terbawa oleh angin sehingga berpeluang untuk tersebar ke seluruh permukaan bumi. Pada keadaan di mana butiran air mencapai ukuran yang cukup besar sehingga tidak tertahankan lagi oleh tarikan gravitasi bumi , maka jatuhlah ia sebagai hujan.

### **II.1.3. Tekanan Udara dan Angin**

Tekanan udara sangat dipengaruhi oleh suhu udara. Jika fluktuasi suhu udara besar maka demikian halnya dengan fluktuasi tekanan udara. Secara horisontal lokal, keberadaan bentangan laut besar perannya dalam mempengaruhi perbedaan tekanan udara antara laut dan daratan. Pada siang hari evaporasi akibat radiasi matahari lebih besar di atas laut dibanding di atas daratan. Penambahan uap air ke udara akan memperbesar kerapatan udara yang berarti menambah tekanan udara, akibatnya

tekanan udara di atas laut lebih besar dibanding daratan sehingga bertiuplah angin laut yang mengandung uap air yang akan mendinginkan daerah permukaan yang dilewatinya.

#### **II.1.4. Kelembaban**

Kelembaban udara adalah kandungan uap air di dalam udara, yang dapat dinyatakan secara mutlak sebagai konsentrasi uap air dalam udara ( $\text{kg/m}^3$ ) maupun secara relatif yang dinyatakan sebagai perbandingan antara tekanan uap air aktual dengan tekanan uap air pada kondisi jenuh yang dinyatakan dalam persen. Fluktuasi kandungan uap air di udara lebih besar pada lapisan dekat permukaan dan semakin kecil dengan bertambahnya ketinggian. Pada siang hari kelembaban lebih tinggi pada udara dekat permukaan dan hal yang sebaliknya berlaku pada malam hari. Hal tersebut disebabkan karena penambahan uap air hasil evaporasi dari permukaan akibat masukan energi dari radiasi matahari, sedangkan pada malam hari berlangsung proses kondensasi (pengembunan) yang memanfaatkan uap air dari udara.

#### **II.1.5. Evaporasi**

Evaporasi atau penguapan merupakan unsur hidrologi yang sangat penting dalam keseluruhan proses hidrologi. Penguapan memegang peranan penting bagi keberadaan uap air di atmosfer. Semakin tinggi penguapan yang terjadi di troposfer, maka akan memperbanyak suplai air di udara. Penurunan suhu yang rendah seiring dengan bertambahnya ketinggian akan mempercepat kejenuhan uap air dan akan merangsang terjadinya kondensasi dan akhirnya turun hujan.

## **II.2. POLA CURAH HUJAN**

Berdasarkan distribusi data rata-rata curah hujan bulanan, umumnya wilayah Indonesia dibagi menjadi tiga pola hujan, yaitu:

### **II.2.1. Pola Hujan Monsun**

Pola hujan monsun dikategorikan untuk wilayah yang memiliki perbedaan yang jelas antara periode musim hujan dan periode musim kemarau. Dalam bulan Desember, Januari dan Februari (DJF), di belahan bumi utara terjadi musim dingin dan di belahan bumi selatan terjadi musim panas. Kondisi ini menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan udara di Asia dan Australia sehingga menyebabkan angin bertiup dari tekanan tinggi di Asia menuju ke tekanan rendah di Australia yang selanjutnya disebut monsun barat. Dalam bulan Juni-Juli-Agustus (JJA) terjadi sebaliknya terdapat tekanan rendah di Asia dan sel tekanan tinggi di Australia yang menggerakkan monsun timur atau monsun tenggara. Monsun barat biasanya lebih lembab daripada monsun timur. Perbedaan curah hujan di dalam kedua monsun tersebut disebabkan dua faktor:

- a) Udara turun di atas Australia pada waktu monsun barat.
- b) Pada monsun timur arus udara bergerak di atas laut yang jaraknya pendek, sedangkan pada monsun barat arus udara bergerak di atas laut dengan jarak yang cukup jauh sehingga dalam monsun barat arus udara lebih banyak mengandung uap air.

Maka kondisi saat ini (DJF), di atas Indonesia terjadi monsun barat atau barat laut di mana anginnya begitu lembab dan banyak mengandung uap air. Jadi curah hujan yang tinggi pada bulan-bulan DJF terjadi di Indonesia.

### **II.2.2. Pola Hujan Ekuatorial**

Pola hujan ekuatorial dikategorikan untuk wilayah yang memiliki distribusi hujan bulanan bimodial dengan dua puncak musim hujan maksimum dan hampir sepanjang tahun masuk dalam kriteria musim hujan. Biasanya terjadi sekitar bulan Maret dan Oktober, pada saat matahari berada dekat dengan ekuator. Pola ini berhubungan dengan pergerakan zona konvergensi ke utara-selatan mengikuti pergerakan semu matahari. Di Indonesia, wilayah yang mengikuti pola ini adalah sebagian besar wilayah Sumatera dan Kalimantan.

### **II.2.3. Pola Hujan Lokal.**

Pola hujan lokal dikategorikan untuk wilayah yang memiliki distribusi hujan bulanan kebalikan dari pola monsun. Pola lokal sangat dipengaruhi oleh kondisi setempat. Faktor pembentukannya adalah naiknya udara yang menuju ke dataran tinggi atau pegunungan, serta pemanasan lokal yang tidak seimbang. Kondisi tersebut banyak terjadi di wilayah Maluku dan Irian Jaya (Bayong, 1999).

### **II.3. VARIABILITAS CURAH HUJAN**

Variabilitas curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh faktor-faktor pengaruh iklim yang sangat kompleks karena melibatkan elemen-elemen cuaca yang tersusun dalam suatu struktur yang berada pada beberapa skala dan berinteraksi satu sama lain dari beberapa bagian dari sistem. Secara umum faktor-faktor pengaruh iklim ini dapat dibagi atas faktor efek global, faktor efek regional, dan faktor efek lokal.

#### **II.3.1. Faktor Efek Global.**

ENSO (El Nino Southern Oscillation) dan IDME (Indian Ocean Dipole Mode Event) adalah merupakan dua faktor yang mempengaruhi nilai curah hujan di Indonesia. Kedua peristiwa tersebut merupakan fenomena yang terjadi akibat interaksi atmosfer dan lautan. Selain itu, suhu permukaan laut juga merupakan parameter penting penentu iklim (Bayong, 1999).

El Nino terjadi pada saat naiknya suhu permukaan laut di sebelah barat Samudera Pasifik yang diiringi pergeseran lokasi pembentukan awan hujan menjauhi daerah perairan Indonesia sehingga mengakibatkan curah hujan di sekitar kawasan timur Pasifik termasuk Indonesia menjadi berkurang. Sebaliknya di timur Pasifik, ketika pemanasan terjadilah La Nina, yang mendatangkan curah hujan yang lebih besar.

IDME adalah penyimpangan suhu permukaan laut yang terjadi di Samudera Hindia. Pada saat suhu muka laut di sebelah barat Sumatera menghangat, maka akan

menimbulkan banyak hujan di kawasan barat Indonesia. Bila suhu perairan di India yang naik, maka suplai uap air menjadi berkurang ke wilayah Asia Tenggara.

### II.3.2. Faktor Efek Regional

Indonesia sebagai salah satu kawasan yang terletak di Asia Tenggara, termasuk ke dalam daerah monsun. Monsun merupakan daerah tempat arah angin yang berkuasa balik arah paling sedikit  $120^\circ$  antara bulan Januari dan Bulan Juli (Prawiwardoyo, 1996).

Dalam musim panas (Juni-Juli-Agustus atau JJA) di belahan Bumi utara atau musim dingin di belahan Bumi selatan, daerah benua menerima panas lebih cepat dari lautan, yang menghasilkan tekanan lebih rendah di permukaan benua. Hal ini memberikan kemunculan *gradient* tekanan udara horizontal yang mepuyai arah dari lautan ke benua atau dari laut ke darat (dari tekanan tinggi ke tekanan rendah). Angin yang dekat ke permukaan bumi bergerak dari lautan menuju benua atau daratan di mana konveksi yang terjadi menghasilkan hujan dan kondisi basah muncul.

Di bagian atmosfer atas udara menyebar menuju laut dan turun di atas permukaan lautan yang relatif dingin, dengan demikian membentuk sirkulasi monsun. Musim penghujan dapat bertahan beberapa bulan. Hujan monsun biasanya mulai jatuh beberapa minggu sebelum titik balik matahari musim panas dan berhenti hanya





setelah ekinoks (matahari tepat di atas) musim gugur. Hujan tidak merata dan tidak pula kontinu.

Sebaliknya musim hujan secara khas mengalami sederetan fasa aktif dan fasa jeda (*active and dormant phases*). Selama fasa aktif monsun (*monsun active phase*), cuaca berawan dengan sering terjadi hujan deras dan terjadi banjir besar di beberapa wilayah, tetapi selama fasa jeda monsun (*monsun dormant phase*), cuaca cerah dan panas terasa gerah, seperti yang terjadi sejak pertengahan November

Dalam musim dingin (Desember-Januari-Februari atau DJF) di belahan bumi utara atau musim panas di belahan bumi selatan, dikarenakan pendinginan radiasi (*radiational cooling*) dari benua maka sistem tekanan tinggi muncul di atas permukaan daratan atau benua, yang berarti gradient tekanan udara mempunyai arah dari benua ke laut. Hal ini membentuk suatu aliran level rendah udara sepanjang kontinen menuju ke lautan, dan aliran udara atmosfer atas bergerak dari laut menuju benua. Angin ini mempunyai sifat dingin dan kering dan jarang membawa hujan.

Sebab terjadinya monsun sama seperti terjadinya angin darat dan laut yaitu perbedaan dalam kecepatan pemanasan di darat dan laut. Bedanya pada monsun mempunyai skala yang lebih besar dan interval yang lebih lama yaitu musiman sedangkan angin darat dan laut mempunyai skala lebih kecil yaitu harian.

Curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh monsun yang digerakan oleh adanya sel tekanan tinggi dan sel tekanan rendah di benua Asia dan Australia secara bergantian.

### **II.3.3. Faktor Efek Lokal.**

Pengaruh lokal seperti pegunungan, vegetasi tumbuhan, dan bentangan air juga mempengaruhi curah hujan di wilayah Indonesia. Daerah pegunungan dan lembah dapat mempengaruhi jumlah curah hujan pada lereng di atas angin (winward side) dan pada lereng di bawah angin (leeward side). Di wilayah Indonesia yang banyak terdapat pegunungan, makin menjauhi daerah pantai menuju daerah pegunungan, jumlah curah hujan makin bertambah besar sampai pada ketinggian tempat tertentu yang disebut daerah maksimum. Setelah melewati daerah maksimum, jumlah curah hujan semakin berkurang, karena telah banyak uap air yang diendapkan sebagai hujan pada lereng-lereng gunung di mana angin naik (Bayong, 1999).

Vegetasi tumbuhan dan bentangan air dapat memberikan kontribusi bagi keberadaan uap air di atmosfer melalui evaporasi dan transpirasi. Semakin tinggi penguapan yang terjadi di troposfer, semakin memperbanyak suplai uap air di udara. Penurunan suhu yang semakin rendah seiring dengan bertambahnya ketinggian akan mempercepat kejenuhan uap air dan akan merangsang terjadinya kondensasi dan turunnya hujan.

## **II.4. MARKOV CHAIN**

### **II.4.1. Markov Chain: Suatu Pemodelan Stokastik**

Proses stokastik merupakan suatu proses untuk mengkuantifikasikan hubungan dari sederetan kejadian-kejadian acak. Suatu bentuk khusus dari proses stokastik adalah

proses Markov, yaitu proses stokastik dengan sifat bahwa perilaku probabilistik dari suatu proses masa yang akan datang hanya bergantung pada perilaku masa sekarang dan tidak dipengaruhi oleh sejarah perilaku masa lalu. Dari banyaknya fenomena yang terjadi dalam beberapa bidang ilmu, fenomena klimatologi dapat dipandang sebagai suatu proses Markov.

Proses Markov  $\{X_t\}$  adalah suatu proses stokastik dengan sifat bahwa untuk nilai  $X_t$  yang diberikan, nilai-nilai  $X_s$  untuk  $s > t$ , tidak dipengaruhi oleh nilai-nilai  $X_u$ , untuk  $u < t$  (Taylor & Karlin, 1984). Berdasarkan defenisi dikatakan bahwa proses Markov merupakan suatu proses stokastik dimana setiap kejadian di masa yang akan datang hanya bergantung pada perilaku masa sekarang dan tidak dipengaruhi oleh perilaku masa lalu. Kadangkala ruang state dari proses Markov bersifat berhingga atau terhitung, proses Markov semacam ini disebut rantai Markov (Markov Chain).

Rantai Markov dapat digolongkan kedalam dua tipe, yaitu: rantai Markov dengan waktu diskret dan rantai Markov dengan waktu kontinu. Suatu proses stokastik  $\{X_t; t = 0, 1, 2, \dots\}$  disebut rantai Markov dengan waktu diskret, jika  $P\{X_{t+1} = i_{t+1} | X_0 = i_0, X_1 = i_1, \dots, X_t = i_t\} = P\{X_{t+1} = i_{t+1} | X_t = i_t\}$  untuk  $t = 0, 1, 2, \dots$  serta semua kemungkinan dari nilai state  $i_0, i_1, \dots, i_{t+1}$ . Sedangkan proses stokastik  $\{X_n; n \geq 0, n \in R^+\}$  disebut rantai Markov dengan waktu kontinu, jika untuk semua waktu  $t_0 < t_1 < \dots < t_n < t$  dan untuk setiap  $n$  berlaku:

$P\{X_t = i_{n+1} | X_{i_0} = i_0, \dots, X_{i_n} = i_n\} = P\{X_t = i_{n+1} | X_{i_n} = i_n\}$  untuk semua  
 kemungkinan nilai dari state  $i_0, i_1, \dots, i_{n+1}$ .

#### II.4.2. Matriks Peluang Transisi

Secara lengkap suatu rantai Markov terdefinisi oleh matriks peluang transisinya. Matriks peluang transisi adalah suatu matriks yang memuat semua informasi yang mengatur perpindahan sistem dari suatu state ke state lainnya. Unsur-unsur dari matriks tersebut menunjukkan besarnya peluang perpindahan sistem dari satu state ke state lainnya.

Misalkan  $\{X_t\}$  menyatakan rantai Markov dengan waktu diskret, dan misalkan  $i_0, i_1, \dots, i_k, (k = 0, 1, 2, \dots)$  merupakan state dari system pada setiap waktu. Peluang satu tahap perpindahan dari state  $j$  pada saat  $t$  ke state  $k$  pada saat  $(t + 1)$  disebut peluang transisi satu langkah, dilambangkan sebagai  $P_{jk}^{t,t+1}$  dimana  $P_{jk}^{t,t+1} = P\{X_{t+1} = k | X_t = j\}$ .

Peluang di atas tergantung pada state awal  $j$  dan state akhir  $k$ , serta tergantung pada peubah waktu  $(t)$ . Jika peluang transisi tersebut bebas dari peubah waktu  $t$ , maka rantai Markov tersebut dikatakan mempunyai peluang transisi stasioner. Dengan kata lain, jika  $\{X_t\}$  merupakan rantai Markov yang stasioner, maka  $P_{jk}^{t,t+1} = P_{jk}$  untuk

setiap  $t$ . Secara umum peluang transisi  $n$  langkah dinyatakan dengan  $P_{jk}^{t,t+n} =$

$$P \{X_{m+n} = k | X_m = j\}, m = 0, 1, 2, \dots \text{ dan } n = 1, 2, 3, \dots$$

Peluang transisi satu langkah seperti yang telah dikemukakan dapat disajikan dalam bentuk matriks sebagai berikut:

		state akhir			
		$i_0$	$i_1$	$i_2$	.....
P = state awal	$i_0$	$P_{00}$	$P_{01}$	$P_{02}$	.....
	$i_1$	$P_{10}$	$P_{11}$	$P_{12}$	.....
	$i_2$	$P_{20}$	$P_{21}$	$P_{22}$	.....
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$

Matriks transisi di atas disebut sebagai matriks peluang transisi dari suatu rantai Markov yang stasioner. Akibat sifat peluang, matriks tersebut mempunyai sifat sebagai berikut :

1.  $P_{jk} \geq 0$ , untuk  $j, k = 0, 1, 2, \dots$
2.  $\sum_k P_{jk} = 1$ , untuk  $j = 0, 1, 2, \dots$

#### II.4.3. Rantai Markov dengan Dua State

Diasumsikan bahwa state 0 adalah gagal dan state 1 adalah sukses. Jika pada percobaan ke-  $n$  gagal, maka pada percobaan ke-  $n+1$  peluang gagal adalah  $1-\alpha$  dan peluang sukses adalah  $\alpha$ , sebaliknya jika pada percobaan ke- $n$  sukses, maka pada percobaan ke-  $n+1$  peluang gagal adalah  $\beta$  dan peluang sukses adalah  $1-\beta$ .

Kemungkinan-kemungkinan tersebut disebut kemungkinan transisi atau probabilitas transisi dan dapat dituliskan dalam bentuk matriks :

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1-\alpha & \alpha \\ \beta & 1-\beta \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Pada vektor  $p^{(n)} = (p_0^{(n)}, p_1^{(n)})$  menunjukkan kemungkinan diperolehnya sistem pada nilai 0 atau 1 pada saat  $n$  ketika kemungkinan awal dari dua state diberi nilai  $p^{(0)} = (p_0^{(0)}, p_1^{(0)})$ . Dimisalkan peristiwa sedang berada dalam status 0 pada waktu  $n$ . Hal ini dapat terjadi secara eksklusif dengan sistem yang timbal-balik. Nilai 0 yang lain terdapat pada saat  $n-1$  dan tidak ada transisi ke luar dari status 0 terjadi pada waktu  $n$ ; hal ini mempunyai kemungkinan  $p_0^{(n-1)}(1-\alpha)$ . Kemungkinan lain nilai 1 terjadi pada saat  $n-1$  dan terdapat transisi dari status 1 ke status 0 terjadi pada waktu  $n$ ; kemungkinannya adalah  $p_1^{(n-1)}\beta$ . Pemikiran pada pembahasan tersebut mengacu pada hubungan-hubungan yang berulang seperti berikut :

$$\begin{aligned} p_0^{(n)} &= p_0^{(n-1)}(1-\alpha) + p_1^{(n-1)}\beta, \\ p_1^{(n)} &= p_0^{(n-1)}\alpha + p_1^{(n-1)}(1-\beta), \end{aligned} \tag{1}$$

Yang pada notasi matriksnya dapat ditulis

$$p^n = p^{(n-1)}P, \tag{2}$$

Dan hubungan rasionya

$$p^{(n)} = p^{(n-2)}P^2 = \dots = p^{(0)}P^n \tag{3}$$

Jika terjadi pada periode panjang pada suatu kondisi statistik yang seimbang yang penetapan nilainya tidak tergantung pada kondisi awalnya dan berada pada distribusi

Kemungkinan-kemungkinan tersebut disebut kemungkinan transisi atau probabilitas transisi dan dapat dituliskan dalam bentuk matriks :

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1-\alpha & \alpha \\ \beta & 1-\beta \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Pada vektor  $p^{(n)} = (p_0^{(n)}, p_1^{(n)})$  menunjukkan kemungkinan diperolehnya sistem pada nilai 0 atau 1 pada saat  $n$  ketika kemungkinan awal dari dua state diberi nilai  $p^{(0)} = (p_0^{(0)}, p_1^{(0)})$ . Dimisalkan peristiwa sedang berada dalam status 0 pada waktu  $n$ . Hal ini dapat terjadi secara eksklusif dengan sistem yang timbal-balik. Nilai 0 yang lain terdapat pada saat  $n-1$  dan tidak ada transisi ke luar dari status 0 terjadi pada waktu  $n$ ; hal ini mempunyai kemungkinan  $p_0^{(n-1)}(1-\alpha)$ . Kemungkinan lain nilai 1 terjadi pada saat  $n-1$  dan terdapat transisi dari status 1 ke status 0 terjadi pada waktu  $n$ ; kemungkinannya adalah  $p_1^{(n-1)}\beta$ . Pemikiran pada pembahasan tersebut mengacu pada hubungan-hubungan yang berulang seperti berikut :

$$\begin{aligned} p_0^{(n)} &= p_0^{(n-1)}(1-\alpha) + p_1^{(n-1)}\beta, \\ p_1^{(n)} &= p_0^{(n-1)}\alpha + p_1^{(n-1)}(1-\beta), \end{aligned} \tag{1}$$

Yang pada notasi matriksnya dapat ditulis

$$p^n = p^{(n-1)}P, \tag{2}$$

Dan hubungan rasionya

$$p^{(n)} = p^{(n-2)}P^2 = \dots = p^{(0)}P^n \tag{3}$$

Jika terjadi pada periode panjang pada suatu kondisi statistik yang seimbang yang penetapan nilainya tidak tergantung pada kondisi awalnya dan berada pada distribusi

kemungkinan keseimbangan, maka  $\pi = (\pi_0, \pi_1)$  dan pada nilai yang memungkinkan untuk  $n \rightarrow \infty$  pada (2),  $\pi$  jelas akan memenuhi

$$\pi = \pi P,$$

atau

$$\pi(I - P) = 0 \tag{4}$$

sehingga

$$\pi_0 \alpha - \pi_1 \beta = 0 \quad -\pi_0 \alpha + \pi_1 \beta = 0$$

Sistem diatas adalah persamaan yang homogen dan akan mempunyai penyelesaian dengan nilai bukan 0 jika determinan  $|I - P|$  hilang. Olehnya itu, diperlukan kondisi

$$\pi_0 + \pi_1 = 1$$

Untuk suatu distribusi kemungkinan, maka:

$$\pi_0 = \frac{\beta}{\alpha + \beta} \quad \text{dan} \quad \pi_1 = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \tag{5}$$

Dengan catatan, jika distribusi kemungkinan awalnya adalah  $\pi$ , kemudian

$$p^{(1)} = \pi P = \pi, \quad p^{(2)} = p^{(1)} P = \pi P = \pi$$

dan

$$p^{(n)} = \pi \quad (n = 1, 2, \dots)$$

Sehingga distribusi  $p^{(n)}$  adalah stasioner jika  $p^{(0)} = \pi$ . Hal ini tidak berubah terhadap waktu.



P mempunyai nilai eigen tersendiri (juga disebut akar karakteristik atau akar laten tersembunyi) pada  $\lambda_1, \lambda_2$ . Hal tersebut menjadi hasil standar dari teori matriks (Bellman, 1960, p.187) yang dapat dituliskan pada sebuah matriks  $Q_{2 \times 2}$  yaitu:

$$P = Q \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} Q^{-1}, \quad (6)$$

Dimana kolom  $q_1, q_2$  dari Q adalah solusi dari persamaan

$$Pq_i = \lambda_i q_i, \quad (i = 1, 2).$$

Disini diperoleh

$$P^n = Q \begin{bmatrix} \lambda_1^n & 0 \\ 0 & \lambda_2^n \end{bmatrix} Q^{-1}$$

Nilai eigen P yang diperoleh dari persamaan determinan

$$|P - \lambda I| = 0, \quad (7)$$

yaitu

$$(1 - \alpha - \lambda)(1 - \beta - \lambda) - \alpha\beta = 0 \quad (8)$$

disini  $\lambda_1 = 1$  dan  $\lambda_2 = 1 - \alpha - \beta$  dan  $\lambda_1 \neq \lambda_2$  dan  $\alpha + \beta \neq 0$ . Kita dapat menentukan

Q sebagai

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & \alpha \\ 1 & -\beta \end{bmatrix}$$

Perkalian kolom Q dengan nilai konstan tidak mempengaruhi hasil.

kemudian

$$Q^{-1} = \frac{1}{\alpha + \beta} \begin{bmatrix} \beta & \alpha \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

sehingga

$$P = Q \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \alpha - \beta \end{bmatrix} Q^{-1} \quad (10)$$

Dengan nilai eigen  $\lambda_2 = 1 - \alpha - \beta$  kurang dari satuan dalam modulus kecuali jika  $\alpha + \beta = 0$  atau  $\alpha + \beta = 2$ .

Kita dapatkan persamaan

$$\begin{aligned} P^n &= \frac{1}{\pi_0 + \pi_1} \begin{bmatrix} 1 & \pi_0 \\ 1 & -\pi_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & (1 - \alpha - \beta)^n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \pi_1 & \pi_0 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{\pi_0 + \pi_1} \begin{bmatrix} \pi_1 & \pi_0 \\ \pi_1 & \pi_0 \end{bmatrix} + \frac{(1 - \alpha - \beta)^n}{\pi_0 + \pi_1} \begin{bmatrix} \pi_0 & -\pi_0 \\ -\pi_1 & \pi_1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (11)$$

dan kemungkinan awal untuk vektor  $p^{(0)}$  dapat digunakan persamaan (3) dan (11) untuk mendapatkan  $p^{(n)}$ . Syarat pertama pada persamaan (11) merupakan nilai konstan dan dianggap sebagai matriks

$$\begin{bmatrix} \pi_0 & \pi_1 \\ \pi_0 & \pi_1 \end{bmatrix}$$

Sedangkan syarat kedua merupakan syarat yang tidak nyata dan cenderung cepat menuju (0) sebagaimana pertambahan  $n$ , selama  $|1 - \alpha - \beta| < 1$ .

Sehingga  $n \rightarrow \infty$ ,

$$P^n \rightarrow \begin{bmatrix} \pi_0 & \pi_1 \\ \pi_0 & \pi_1 \end{bmatrix}$$

dan dari persamaan (3)

$$P^{(n)} \rightarrow P^{(0)} \begin{bmatrix} \pi_0 & \pi_1 \\ \pi_0 & \pi_1 \end{bmatrix} = (\pi_0, \pi_1) = \pi$$

Oleh karena itu penetapan nilai limit dengan kemungkinan-kemungkinan  $\pi_0, \pi_1$  ada dan tidak tergantung pada keadaan awalnya, yang dituliskan dengan simbol  $p^{(0)}$ .

### BAB III

#### METODOLOGI PENELITIAN

##### III.1. Akses Data

Data curah hujan harian pada bulan-bulan hujan (November, Desember, Januari, dan Februari) dalam rentang waktu tahun 1993-2005 dalam satuan mm (millimeter) yang diperoleh dari stasiun Tamangapa Kassi, Dinas Pekerjaan Umum Kecamatan Manggala, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.

##### III.2. Verifikasi Model

a. Untuk menghitung peluang cuaca harian dapat dimodelkan dalam bentuk matriks

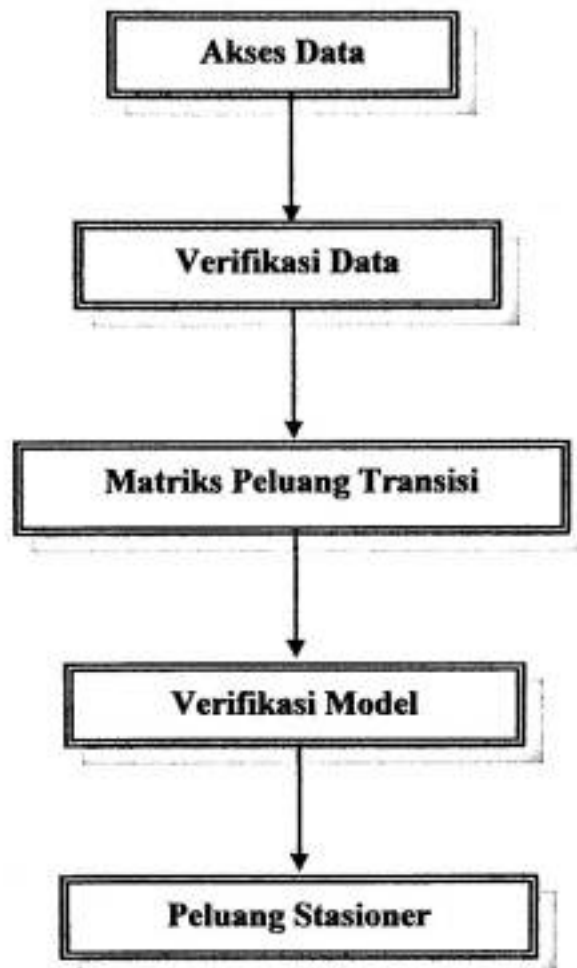
$$P = \begin{matrix} & \text{State Akhir} \\ \text{State Awal} & \begin{matrix} \text{Cerah} & \text{Hujan} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{Cerah} \\ \text{Hujan} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1-\alpha & \alpha \\ \beta & 1-\beta \end{bmatrix} \end{matrix}$$

sehingga dapat diperoleh matriks peluang transisinya.

b. Menghitung peluang distribusi kesetimbangan dengan persamaan (5).

c. Menghitung  $P^{(n)}$  sebagai hasil pemodelan dengan persamaan (11).

## BAGAN ALIR PENELITIAN



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan cuaca harian Kabupaten Gowa ditentukan oleh beberapa faktor unsur cuaca seperti suhu udara, arah angin, laju angin, tekanan udara, kelembaban udara dan intensitas hujan. Pada penelitian ini, kondisi iklim yang ditinjau adalah curah hujan harian dalam satuan mm (millimeter) yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan yang diwakili oleh stasiun Tamangapa Kassi. Pada prediksi cuaca harian ini, ditinjau bahwa Cerah adalah 0 dan Hujan adalah 1 berdasarkan curah hujan harian yang menggambarkan keadaan cuaca harian Kabupaten Gowa. Keadaan cuaca harian yang akan diprediksi adalah bulan-bulan periode musim hujan yaitu November, Desember, Januari, dan Februari antara tahun 1993 sampai 2005.

#### IV.1. Periode November

OBSERVASI	PREDIKSI	
	0	1
0	187	67
1	64	72

Tabel IV.1. Jumlah peluang harian bulan November 1993-2005

Dari tabel IV.1., diperoleh matriks peluang transisi:

$$P = \begin{bmatrix} 0.73622 & 0.26378 \\ 0.470588 & 0.529412 \end{bmatrix}$$

dengan menggunakan Mathematica, maka

```
In[P] := Clear [P]
P:={{0.73622,0.26378},
     {0.470588,0.529412}}
MatrixPower[P,12]//MatrixForm
Out [P]=
      0.640807 0.359193
      0.640807 0.359193
```

dapat diketahui  $\alpha = 0.26378$  dan  $\beta = 0.470588$   
 $\pi_0 = 0.640807$  dan  $\pi_1 = 0.359193$

sehingga model yang dihasilkan adalah

$$P^n = \begin{bmatrix} 0.359193 & 0.640807 \\ 0.359193 & 0.640807 \end{bmatrix} + (0.265632)^n \begin{bmatrix} 0.640807 & -0.640807 \\ -0.359193 & 0.359193 \end{bmatrix}$$

Dari model diatas, dapat diprediksi peluang cuaca harian untuk bulan November yang dapat dilihat pada lampiran C .Berdasarkan tabel peluang prediksi cuaca harian tersebut terlihat bahwa pada hari ke-12 sistem sudah mencapai steady state atau cenderung stabil dimana peluang terjadinya cerah jika hari sebelumnya cerah ataupun hujan adalah 0.359193 dan peluang terjadinya hujan jika hari sebelumnya cerah ataupun hujan adalah 0.640807. Dari hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa peluang terjadinya hujan lebih besar dari peluang terjadinya cerah.

#### IV. 2. Periode Desember

OBSERVASI	PREDIKSI	
	0	1
0	151	65
1	66	121

Tabel IV.2. Jumlah peluang harian bulan Desember 1993-2005

Dari tabel IV.2., diperoleh matriks peluang transisi:

$$P = \begin{bmatrix} 0.699074 & 0.300926 \\ 0.352941 & 0.647059 \end{bmatrix}$$

dengan menggunakan Mathematica, maka

```
In[P] := Clear [P]
P:={{0.699074,0.300926},
     {0.352941,0.647059}}
MatrixPower[P,14]//MatrixForm
```

Out [P]=

```
0.539775 0.460225
0.539775 0.460225
```

dapat diketahui  $\alpha = 0.300926$  dan  $\beta = 0.352941$   
 $\pi_0 = 0.539775$  dan  $\pi_1 = 0.460225$

sehingga model yang dihasilkan adalah

$$P^n = \begin{bmatrix} 0.460225 & 0.539775 \\ 0.460225 & 0.539775 \end{bmatrix} + 0.346133)^n \begin{bmatrix} 0.539775 & -0.539775 \\ -0.460225 & 0.460225 \end{bmatrix}$$

Prediksi peluang cuaca harian untuk bulan Desember dapat dilihat pada lampiran C. Berdasarkan tabel peluang prediksi cuaca harian tersebut, terlihat bahwa pada hari ke-14 sistem sudah mencapai steady state atau cenderung stabil dimana peluang terjadinya cerah jika hari sebelumnya cerah ataupun hujan adalah 0.460225 dan peluang terjadinya hujan jika hari sebelumnya cerah ataupun hujan adalah 0.539775. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa peluang terjadinya hujan lebih besar dari peluang terjadinya cerah.



### IV. 3. Periode Januari

OBSERVASI	PREDIKSI	
	0	1
0	120	80
1	80	123

Tabel IV.3. Jumlah peluang harian bulan Januari 1993-2005

Dari tabel IV.3., diperoleh matriks peluang transisi:

$$P = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.394089 & 0.605911 \end{bmatrix}$$

dengan menggunakan Mathematica, maka

```
In[P] := Clear [P]
P:={{0.6,0.4},
{0.394089,0.605911}}
MatrixPower[P,9]//MatrixForm
```

Out [P]=

```
0.496278 0.503722
0.496278 0.503722
```

dapat diketahui  $\alpha = 0.4$  dan  $\beta = 0.394089$

$\pi_0 = 0.496278$  dan  $\pi_1 = 0.503722$

sehingga model yang dihasilkan adalah

$$P^n = \begin{bmatrix} 0.503722 & 0.496278 \\ 0.503722 & 0.496278 \end{bmatrix} + (0.205911)^n \begin{bmatrix} 0.496278 & -0.496278 \\ -0.503722 & 0.503722 \end{bmatrix}$$

Prediksi cuaca harian untuk bulan Januari yang terlihat pada lampiran C menunjukkan bahwa pada hari ke-9 sistem sudah mencapai kestabilan dimana dapat dilihat bahwa peluang terjadinya cerah jika hari sebelumnya cerah ataupun hujan adalah 0.503722 dan peluang terjadinya hujan jika hari sebelumnya cerah ataupun

hujan adalah 0.496278. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa meskipun hampir sama, peluang terjadinya cerah lebih besar dari peluang terjadinya hujan.

#### IV. 4. Periode Februari

OBSERVASI	PREDIKSI	
	0	1
0	143	62
1	62	100

Tabel IV.4. Jumlah peluang harian bulan Februari 1993-2005

Dari tabel IV.4., diperoleh matriks peluang transisi:

$$P = \begin{bmatrix} 0.706731 & 0.293269 \\ 0.383648 & 0.616352 \end{bmatrix}$$

dengan menggunakan Mathematica, maka

```
In[P] := Clear [P]
P:={{0.706731,0.293269},
{0.383648,0.616352}}
MatrixPower[P,13]//MatrixForm
```

Out [P]=

```
0.566758 0.433242
0.566758 0.433242
```

dapat diketahui  $\alpha = 0.293269$  dan  $\beta = 0.383648$   
 $\pi_0 = 0.566758$  dan  $\pi_1 = 0.433242$

sehingga model yang dihasilkan adalah

$$P^n = \begin{bmatrix} 0.433242 & 0.566758 \\ 0.433242 & 0.566758 \end{bmatrix} + (0.323083)^n \begin{bmatrix} 0.566758 & -0.566758 \\ -0.433242 & 0.433242 \end{bmatrix}$$

hujan adalah 0.496278. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa meskipun hampir sama, peluang terjadinya cerah lebih besar dari peluang terjadinya hujan.

#### IV. 4. Periode Februari

OBSERVASI	PREDIKSI	
	0	1
0	143	62
1	62	100

Tabel IV.4. Jumlah peluang harian bulan Februari 1993-2005

Dari tabel IV.4., diperoleh matriks peluang transisi:

$$P = \begin{bmatrix} 0.706731 & 0.293269 \\ 0.383648 & 0.616352 \end{bmatrix}$$

dengan menggunakan Mathematica, maka

```
In[P] := Clear [P]
P:={{0.706731,0.293269},
{0.383648,0.616352}}
MatrixPower[P,13]//MatrixForm
```

Out [P]=

```
0.566758 0.433242
0.566758 0.433242
```

dapat diketahui  $\alpha = 0.293269$  dan  $\beta = 0.383648$   
 $\pi_0 = 0.566758$  dan  $\pi_1 = 0.433242$

sehingga model yang dihasilkan adalah

$$P^n = \begin{bmatrix} 0.433242 & 0.566758 \\ 0.433242 & 0.566758 \end{bmatrix} + (0.323083)^n \begin{bmatrix} 0.566758 & -0.566758 \\ -0.433242 & 0.433242 \end{bmatrix}$$

Prediksi cuaca harian untuk bulan Februari yang terlihat pada lampiran C menunjukkan bahwa pada hari ke-13 sistem sudah mencapai kestabilan dimana dapat dilihat bahwa peluang terjadinya cerah jika hari sebelumnya cerah ataupun hujan adalah 0.433242 dan peluang terjadinya hujan jika hari sebelumnya cerah ataupun hujan adalah 0.566758. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa peluang terjadinya hujan lebih besar dari peluang terjadinya cerah.

Jadi berturut-turut untuk bulan November, Desember, Januari, dan Februari setelah melakukan masing-masing 12, 14, 9, dan 13 langkah ternyata kedua baris matriks P pada masing-masing bulan adalah sama; hal ini berarti bahwa setelah langkah-langkah kesekian kali itu, peluang untuk sampai di steady state atau kesetimbangan ternyata sudah tidak dipengaruhi oleh state awal. Dengan kata lain, dalam jangka panjang, rantai Markov ini memiliki sebaran limit yang bebas dari state awal. Peluang-peluang yang diperoleh dari masing-masing bulan tersebut, tanpa memperhatikan lagi kondisi cuaca hari sebelumnya baik cerah ataupun hujan, selanjutnya disebut peluang stasioner, yaitu peluang pada saat sistem berada dalam steady state.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Keadaan cuaca harian yang diprediksi yaitu bulan November – Februari memberikan peluang hasil prediksi yang berbeda-beda. Peluang terjadinya hujan untuk bulan November, Desember, dan Februari selalu lebih tinggi dari peluang terjadinya cerah. Sedangkan untuk bulan Januari peluang terjadinya cerah lebih tinggi dari peluang terjadinya hujan.
2. Variabel yang digunakan pada saat observasi berupa curah hujan dalam satuan mm (millimeter) berbeda dengan variabel hasil prediksi yang berupa peluang sehingga belum diperoleh metoda yang cocok untuk menguji skill dari model.

### V.2 Saran

1. Bulan-bulan yang dianalisis dan diprediksi hanya untuk bulan-bulan basah atau musim hujan, Hal ini memungkinkan kekurangsempurnaan dari model sebab puncak-puncak hujan sering terjadi pada bulan-bulan transisi.
2. Model pendugaan cuaca harian yang digunakan memberikan hasil yang belum maksimal karena *state* yang digunakan hanya dua, yaitu *state* suatu hari tertentu dan *state* satu hari sebelumnya. Untuk itu disarankan digunakan empat *state* dengan mengasumsikan bahwa cuaca pada suatu hari tergantung pada cuaca dua hari sebelumnya.

## DAFTAR PUSTAKA

**Prawirowardoyo, Susilo, 1996, *Meteorologi*, ITB, Bandung.**

**Bayong Tjasyono H.K., 1999, *Klimatologi Umum*, ITB, Bandung.**

**Subarna, Dadang, 2002, *Cuaca : Sistem Kompleks*,**

*<http://www.kompas.com/kompas-cetak/0205/03/iptek/>*

**Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi** kerjasama dengan **Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor**, *Pelatihan Pemodelan Matematika, Pengembangan dan Implementasinya dalam Komputer ; Matematika dengan Mathematica*, 30 Juli – 11 Agustus 2001, Bogor.

**Cox, D. R. & Miller, H. D., 1968, *The Theory of Stochastic Processes*, John Wiley, New York.**

**L  
a  
m  
p  
i  
r  
a  
n**





*Lampiran A*

*Data Curah Hujan*

*Periode 1993 – 2005*





















Jumlah Hujan dalam mm(millimeter) tahun 2003

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Ags	Scp	Okt	Nop	Des	
1	36	16	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	84	0	0	0	0	0	0	0	0	13	3	0	
3	66	29	0	0	0	0	0	0	0	10	4	0	
4	57	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	23	17	14	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	10	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	22	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	19	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	107	36	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	47	0	0	67	0	0	0	0	0	0	16	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	13	22	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	5	0	0	1	0	0	0	0	0	18	0	0	
22	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0	
23	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	
24	16	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	41	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	1		0	0	0		0		0		0	0	
31	0		0		0		0		0	18	41	0	107
Hujan Maximum	107	79	25	67	0	0	0	0	0	42	131	0	1196
Jml Curah Hujan	575	272	82	94	0	0	0	0	0	4	8	0	53
Jml. Hari Hujan Rata-Rata	36	25	12	13	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	11	16	#DIV/0!	
Hujan (1-15) Jml. data kosong	430	234	55	88	0	0	0	0	0	0	0	0	
Juml. Hujan (16-31) Jml. data kosong	145	38	27	6	0	0	0	0	0	18	108	0	







*Lampiran B*

*Tabel jumlah peluang harian bulanan*

*periode 1993 – 2005*

**Tabel Jumlah Peluang Harian Bulan Januari Tahun 1993 – 2005**

Tahun	0 - 0	0 - 1	1 - 0	1 - 1
1993	16	5	5	5
1994	7	6	6	12
1995	9	5	4	13
1996	14	8	7	2
1997	9	4	5	13
1998	26	2	2	1
1999	3	3	3	22
2000	2	7	7	15
2001	9	8	8	6
2002	5	8	8	10
2003	7	7	8	9
2004	7	9	8	7
2005	6	8	9	8
<b>Jumlah</b>	<b>120</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>123</b>

**Tabel Jumlah Peluang Harian Bulan Februari Tahun 1993 – 2005**

Tahun	0 - 0	0 - 1	1 - 0	1 - 1
1993	28	0	0	0
1994	8	6	6	8
1995	10	6	6	6
1996	5	7	7	10
1997	5	3	2	18
1998	22	3	2	1
1999	13	4	5	6
2000	8	5	5	11
2001	6	4	4	14
2002	8	6	6	8
2003	8	6	6	8
2004	4	7	8	10
2005	18	5	5	0
<b>Jumlah</b>	<b>143</b>	<b>62</b>	<b>62</b>	<b>100</b>

*Lampiran C*

*Tabel peluang stasioner bulanan*



**Tabel Peluang Stasioner Bulan Desember**

Hari/Tgl	0 - 0	0 - 1	1 - 0	1 - 1
1	0,6036065	0,3963935	0,337975	0,6620255
2	0,4983117	0,5016883	0,427751	0,5722486
3	0,4703421	0,5296579	0,451599	0,548401
4	0,4629124	0,5370876	0,457934	0,5420864
5	0,4609389	0,5390611	0,459616	0,5403837
6	0,4604146	0,5395854	0,460063	0,5399367
7	0,4602754	0,5397246	0,460182	0,5398179
8	0,4602384	0,5397616	0,460214	0,5397864
9	0,4602286	0,5397714	0,460222	0,539778
10	0,4602259	0,5397741	0,460224	0,5397758
11	0,4602253	0,5397747	0,460225	0,5397752
12	0,4602252	0,5397749	0,460225	0,5397751
13	0,4602251	0,539775	0,460225	0,539775
14	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
15	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
16	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
17	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
18	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
19	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
20	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
21	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
22	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
23	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
24	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
25	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
26	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
27	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
28	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
29	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
30	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775
31	0,460225	0,539775	0,460225	0,539775

**Tabel Peluang Stasioner Bulan Januari**

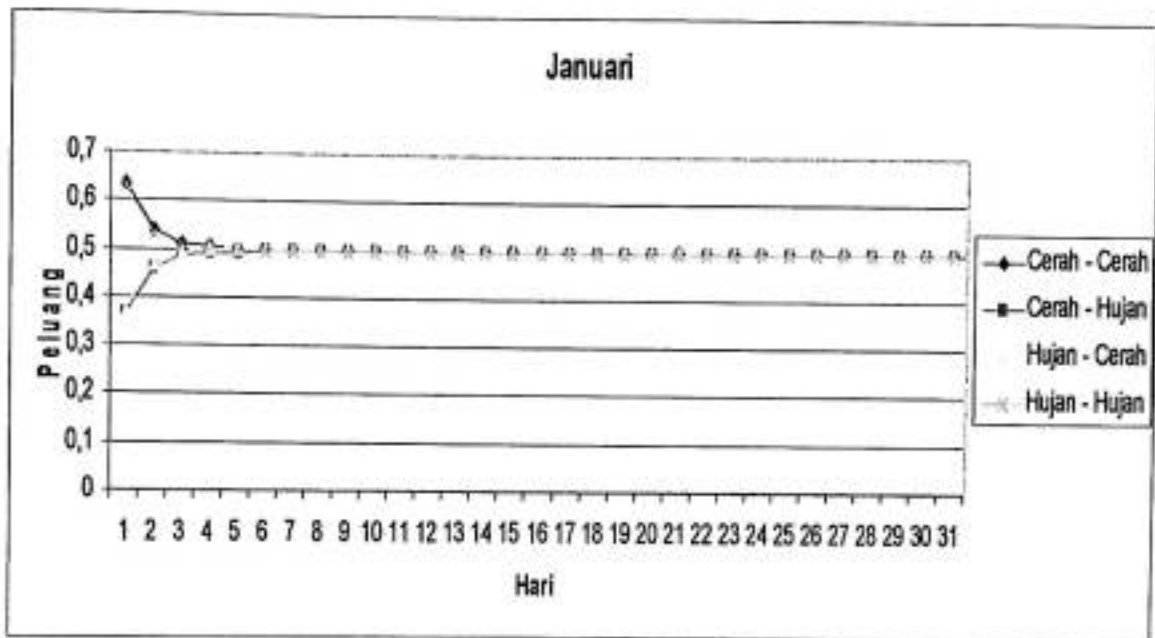
Hari/Tgl	0 - 0	0 - 1	1 - 0	1 - 1
1	0,6355493	0,3644507	0,369917	0,6300827
2	0,5387396	0,4612604	0,468179	0,5318208
3	0,5130238	0,4869762	0,494281	0,5057193
4	0,5061929	0,4938071	0,501214	0,4987859
5	0,5043783	0,4956217	0,503056	0,4969442
6	0,5038963	0,4961037	0,503545	0,496455
7	0,5037683	0,4962317	0,503675	0,496325
8	0,5037343	0,4962657	0,50371	0,4962905
9	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
10	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
11	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
12	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
13	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
14	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
15	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
16	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
17	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
18	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
19	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
20	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
21	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
22	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
23	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
24	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
25	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
26	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
27	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
28	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
29	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
30	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278
31	0,503722	0,496278	0,503722	0,496278

**Tabel Peluang Stasioner Bulan Februari**

Hari/Tgl	0 - 0	0 - 1	1 - 0	1 - 1
1	0,583791	0,416209	0,318159	0,6818409
2	0,473233	0,526767	0,402672	0,5973277
3	0,443865	0,556135	0,425122	0,5748783
4	0,436064	0,563936	0,431085	0,568915
5	0,433992	0,566008	0,432669	0,567331
6	0,433441	0,566559	0,43309	0,5669102
7	0,433295	0,566705	0,433202	0,5667984
8	0,433256	0,566744	0,433231	0,5667687
9	0,433246	0,566754	0,433239	0,5667609
10	0,433243	0,566757	0,433241	0,5667588
11	0,433242	0,566758	0,433242	0,5667582
12	0,433242	0,566758	0,433242	0,5667581
13	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
14	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
15	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
16	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
17	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
18	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
19	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
20	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
21	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
22	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
23	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
24	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
25	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
26	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
27	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
28	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758
29	0,433242	0,566758	0,433242	0,566758

## *Lampiran D*

### *Grafik Peluang Stasioner Bulanan*



**Grafik 4. Peluang Stasioner Bulan Februari**

