

# Peramalan Cuaca Menggunakan Metode Rantai Markov (Studi Kasus : Rekaman Cuaca Harian Di Kantor BMKG Kota Ternate)

Fauziah Nurhamiddin<sup>1</sup> dan Fadli M. Sulisa<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Maluku Utara, Jl. KH. A. Dahlan No.100, Kel. Sas, Kec. Ternate Selatan. Ternate. Indonesia,  
Email : fauziahnurhamiddin15@gmail.com

<sup>2</sup>Alumni Universitas Muhammadiyah Maluku Utara, Jl. KH. A. Dahlan No.100, Kel. Sas, Kec. Ternate Selatan. Ternate.

✉ Korespondensi : Fauziah Nurhamiddin, Universitas Muhammadiyah Maluku Utara, Ternate. Indonesia  
Email : fauziahnurhamiddin15@gmail.com

## ABSTRAK

Peramalan cuaca merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan sehari-hari, karena dapat mempengaruhi aktifitas yang dilakukan oleh masyarakat. Peramalan cuaca mengacu pada rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk menghasilkan sekumpulan informasi mengenai kondisi cuaca. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam memodelkan kondisi-kondisi yang tidak pasti tersebut yaitu dengan rantai markov (Markov Chain). Rantai Markov merupakan proses acak di mana semua informasi tentang masa depan terkandung di dalam keadaan sekarang. Pada penelitian ini penulis menggunakan data cuaca harian yang terjadi pada tanggal 12- 18 desember 2017 di Stasiun BMKG Kota Ternate. Data cuaca tersebut didasarkan pada kategori kondisi cuaca Cerah, Berawan, Hujan Ringan dan Hujan, serta kategorikan lagi berdasarkan waktu perubahan cuaca yang terjadi yaitu di pagi hari, siang hari, sore hari dan malam hari. Dari hasil peramalan menggunakan metode rantai markov diperoleh data cuaca harian yang cukup bervariasi, namun cuaca yang paling dominan terjadi dalam satu minggu yaitu hujan ringan dengan probabilitas rata-rata di atas 0,433 atau 43,3% dan hujan dengan probabilitas rata-rata di atas 0,427 atau 42,7%.

**Keyword:** Peramalan, Cuaca, Rantai Markov

## I. PENDAHULUAN

Peramalan cuaca merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan sehari-hari, karena dapat mempengaruhi aktifitas yang dilakukan oleh masyarakat. Ilmu teknologi yang semakin berkembang sangat mungkin dimanfaatkan dalam hal prakiraan cuaca, dalam perhitungannya prakiraan cuaca ditentukan oleh beberapa parameter yang sangat mempengaruhi kondisi cuaca, parameter tersebut yaitu temperatur, curah hujan, penguapan, penyinaran matahari, tekanan udara, kelembaban dan angin. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mendapatkan nilai-nilai parameter dari peralatan pengamatan termometer, penakar hujan, *evaporation pan/open pan* untuk penguapan, *Radiameter Gun Bellani* untuk penyinar matahari, barometer, higrometer dan *cup counter anemometer* untuk angin (BMKG. 2016). Pertumbuhan yang pesat dari akumulasi data menyebabkan banyak data yang terkumpul tetapi tidak dapat diolah dengan baik sehingga tidak memperoleh informasi yang baik pula.

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam memodelkan kondisi-kondisi yang tidak pasti tersebut yaitu dengan rantai markov (*Markov Chain*). Beberapa bidang di kehidupan sehari-hari yang masih dapat menerapkan Rantai Markov di antaranya adalah dalam bidang ekonomi (perpindahan pelanggan), ilmu pengetahuan (teknologi internet yang terdapat banyak link), dan juga permainan (ular tangga) dan kesehatan (perkembangan suatu penyakit).

Prediksi cuaca mengacu pada rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk menghasilkan sekumpulan informasi mengenai kondisi iklim dan unsur - unsurnya. Informasi ini berguna dalam banyak hal salah satunya adalah untuk prakiraan curah hujan yang besar pengaruhnya terhadap

segala macam aktifitas kehidupan. Seperti misalnya, para petani sangat membutuhkan informasi mengenai prakiraan musim hujan agar mereka dapat mempersiapkan masa tanam dengan lebih baik. Bidang lain yang membutuhkan informasi atau prediksi cuaca dan iklim antara lain: pariwisata, perikanan, pelayaran, perkebunan, kehutanan, pembangunan gedung, penataan wilayah, dan kesehatan (Dewi R, 2009).

Rantai Markov (*Markov Chain*) merupakan proses acak di mana semua informasi tentang masa depan terkandung di dalam keadaan sekarang (yaitu orang tidak perlu memeriksa masa lalu untuk menentukan masa depan). Untuk lebih tepatnya, Konsep dasar analisis markov adalah state dari sistem atau state transisi, sifat dari proses ini adalah apabila diketahui proses berada dalam suatu keadaan tertentu, maka peluang berkembangnya proses di masa mendatang hanya tergantung pada keadaan saat ini dan tidak tergantung pada keadaan sebelumnya, atau dengan kata lain rantai Markov adalah rangkaian proses kejadian dimana peluang bersyarat kejadian yang akan datang tergantung pada kejadian sekarang

Berdasarkan penjelasan di atas, maka peneliti tertarik melakukan penelitian tentang model untuk memprediksi terjadinya hujan serta menyelesaikan beberapa contoh kasus penerapannya menggunakan Rantai Markov, dengan tujuan penelitian untuk mengetahui proses perhitungan dan contoh kasus penerapan dari model Rantai Markov pada prediksi cuaca dan keadaan cuaca yang akan terjadi pada periode berikutnya khususnya di kota ternate

## II. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 12 sampai 20 Desember 2017, yang bertempat Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi Babullah Kota Ternate.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data cuaca harian yang terjadi di Kota Ternate pada tanggal 12 sampai 20 desember 2017.

Metode analisis data dalam penelitian ini langkah-langkah yang dilakukan penulis adalah membuat tabel cuaca harian kemudian di bagi dalam empat kondisi cuaca yaitu Cerah, Berawan, Hujan Ringan dan Hujan. baik saat sekarang maupun sebelumnya, tabel perubahan cuaca dari suatu kondisi cuaca ke kondisi cuaca lainnya dan menentukan matriks peluang transisi ( $P$ )

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Deskripsi Data

Data penelitian ini adalah data cuaca harian pada tanggal 12 sampai dengan 20 Desember 2017 di Kota Ternate. Kriteria data cuaca tersebut didasarkan pada kategori data yaitu Cerah, Berawan, dan Hujan Ringan, Hujan. Untuk data cuaca harian dikategorikan lagi berdasarkan waktu perubahan cuaca yaitu di pagi hari, siang hari, sore hari dan malam hari. Berikut adalah data cuaca bulanan dan cuaca harian.

Tabel 1. Data Cuaca Bulanan, Tanggal 12 Desember 2017 Sampai 10 Januari 2018

Desember		Cuaca			
Hari	Tanggal	Pagi	Siang	Sore	Malam
Selasa	12/12/2017	Hujan	Hujan Ringan	Cerah	Hujan
Rabu	13/12/2017	Hujan	Hujan	Berawan	Hujan
Kamis	14/12/2017	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Berawan	Hujan
Jumat	15/12/2017	Hujan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan
Sabtu	16/12/2017	Hujan	Berawan	Hujan Ringan	Hujan Ringan
Minggu	17/12/2017	Hujan	Hujan	Hujan Ringan	Hujan
Senin	18/12/2017	Berawan	Cerah	Hujan Ringan	Hujan Ringan

Sumber : BMKG Kota Ternate

Berdasarkan Tabel 1, diperoleh data cuaca harian yang cukup bervariasi, namun cuaca yang paling dominan terjadi dalam satu minggu pada hari selasa 12 sampai 18 Desember 2017 baik di waktu pagi hari, siang hari, sore hari dan malam hari adalah terjadi hujan ringan dan hujan.

**4.2 Memodelkan Data Cuaca Kedalam Bentuk Matriks Transisi Model Rantai Markov**

Dari data cuaca harian di atas kemudian dihitung jumlah cuaca berdasarkan kategori yang terjadi dalam satu hari.

Tabel 2. Jumlah Perubahan Cuaca Harian

Perubahan	Cerah	Berawan	Hujan Ringan	Hujan
Selasa	1	-	1	2
Rabu	-	1	-	3
Kamis	-	1	2	1
Jumat	-	-	2	2
Sabtu	-	1	2	1
Minggu	-	-	1	3
Senin	1	1	2	-
Selasa	-	-	2	2
Rabu	-	-	3	1
<b>Jumlah</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh dari jumlah cuaca harian yang dihitung berdasarkan kategori yang terjadi dalam satu hari yaitu pagi, siang, sore dan malam. Misalnya cuaca yang terjadi pada hari selasa, cerah pada sore hari, hujan ringan di siang hari dan hujan di waktu pagi dan malam hari

Dari data cuaca, bisa didapatkan,  $p_{ij}$ ,  $i = 1,2,3,4$  dan  $j = 1,2, \dots,7$  yaitu probabilitas transisi dari *state i* ke *state j*.  $p_{ij}$  didapatkan dari membagi perubahan kondisi cuaca *i* ke cuaca *j* dengan jumlah perubahan dari kondisi cuaca *i*. Misal perubahan cuaca *i* ke cuaca *j* dinotasikan sebagai  $t_{ij}$  dengan  $i = 1,2,3,4$  dan  $j = 1,2, \dots,7$  maka

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

Untuk perubahan cuaca dari kondisi cerah ke cerah, proporsi perpindahan perubahan cuaca dari dari kondisi cerah ke berawan, proporsi perpindahannya sebesar dan seterusnya. Proporsi perubahan dari masing-masing kondisi cuaca dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 3. Proporsi perubahan cuaca harian

Probabilitas Perubahan	Cerah	Berawan	Hujan Ringan	Hujan
Cerah	0	0	0,50	0,50
Berawan	0	0,25	0,50	0,25
Hujan Ringan	0	0	0,25	0,75
Hujan	0,25	0,25	0,50	0

Selanjutnya, proporsi perubahan cuaca dapat direpresentasikan dalam fenomena bentuk matriks transisi stokastik

Berdasarkan matriks transisi di atas maka Cuaca di Kota Ternate dapat diperkirakan sebagai berikut :

1. Jika hari ini cerah maka besok akan berpeluang 0% cuaca cerah, 0% berawan, 50% hujan ringan, dan 50% hujan.
2. Jika hari ini berawan maka besok akan berpeluang 0% cuaca cerah, 25% berawan, 50% hujan ringan, dan 25% hujan.
3. Jika hari ini hujan ringan maka besok akan berpeluang 0% cuaca cerah, 25% berawan, 0,75% hujan ringan, dan 25% hujan.
4. Jika hari ini hujan maka besok akan berpeluang 0% cuaca cerah, 0% berawan, 50% hujan ringan, dan 50% hujan.
- 5.

**4.3 Prediksi Cuaca Dengan Menggunakan Model Rantai Markov**

Keadaan dari sistem yang tergantung dengan waktu dapat ditentukan menggunakan variabel matriks probabilitas transisi dan matriks keadaan awal. Jika  $P^{(n)} = P^n$  sebagai matriks berukuran  $m \times m$  dengan elemen  $P_{ij}^{(n)}$ , maka

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

Misal  $P^{(n)}$  merupakan matriks berukuran  $m \times 1$  dengan elemen  $P_j^{(n)}$ , untuk  $P_0$  adalah probabilitas awal dari keadaan sistem, maka  $P^{(n)} = P_0 P^n, n = 1, 2, \dots$ . Hal di atas berarti bahwa probabilitas keadaan sistem pada  $n$ -waktu didapatkan dengan mengalikan matriks probabilitas awal dengan matriks transisi  $n$  waktu.

Berdasarkan matriks transisi perubahan cuaca di atas, Terlihat jelas bahwa perkiraan cuaca dapat diselesaikan dengan *Discrete Time Markov Chain*

- a. Proses selanjutnya hanya tergantung pada proses saat ini.
- b. Waktu diskrit dan populasi diskrit.
- c. Stasioner dari waktu ke waktu

*Discrete Time Markov Chain* terdapat 3 kategori, 1 = cerah, 2= berawan, 3= hujan, dan 4 = hujan ringan sebelum hari Jumat kita anggap 0, maka untuk memprediksi beberapa cuaca yang terjadi selama 1 minggu kedepan dapat di hitung berdasarkan matriks *steady state*  $\pi(0)$ .

$$\pi_j = \sum_{i=1}^7 \pi_i P_{ij}, \quad i = j = 1, 2, 3, 4$$

1. Jika pada hari jumat terjadi hujan maka prediksi cuaca per hari dalam satu bulan

$$\pi(0) = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 1]$$

Tabel 4. Prediksi cuaca harian dalam satu minggu

Probabilitas Perubahan	Cerah	Berawan	Hujan Ringan	Hujan
Sabtu	0,25	0,25	0,50	0
Minggu	0	0,0625	0,3750	0,5625
Senin	0,1406	0,1562	0,4062	0,2968
Selasa	0,0742	0,1132	0,3984	0,4140
Rabu	0,1035	0,1318	0,4003	0,3642
Kamis	0,0911	0,1240	0,3999	0,3850
Jumat	0,0962	0,1273	0,4000	0,3765

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh data cuaca harian yang cukup bervariasi, namun cuaca yang paling dominan terjadi dalam satu minggu yaitu cerah dengan probabilitas rata-rata di atas 0,1079 atau 10,79%, berawan dengan probabilitas rata-rata di atas 0,1378 atau 13,78%, hujan ringan dengan probabilitas rata-rata di atas 0,4114 atau 41,14% dan hujan dengan probabilitas rata-rata 0,3427 atau 34,27%.

2. Jika pada hari jumat terjadi hujan ringan maka prediksi cuaca per hari dalam satu 1 minggu kedepannya adalah :

$$\pi(0) = [0 \quad 0 \quad 1 \quad 0]$$

Jika pada hari jumat terjadi hujan ringan maka matriks  $\pi(0) = [0 \quad 0 \quad 1 \quad 0]$  dapat di sajikan kedalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 5. Prediksi cuaca harian dalam satu minggu

Probabilitas Perubahan	Cerah	Berawan	Hujan Ringan	Hujan
Sabtu	0	0	0,25	0,75
Minggu	0,1875	0,1875	0,4375	0,1875
Senin	0,0468	0,0937	0,3906	0,4687
Selasa	0,1171	0,1406	0,4023	0,3398
Rabu	0,0849	0,1201	0,3994	0,3955
Kamis	0,0988	0,1289	0,4001	0,3720
Jumat	0,0930	0,1252	0,3999	0,3817

Berdasarkan tabel 4.5 di atas, diperoleh data cuaca harian yang cukup bervariasi, namun cuaca yang paling dominan terjadi dalam satu minggu yaitu cuaca cerah dengan probabilitas rata-rata di atas 0,0897 atau 8,97%, berawan dengan probabilitas rata-rata di atas 0,1137 atau 11,37%, hujan ringan dengan probabilitas rata-rata 0,3828 atau 38,28% dan hujan 0,4136 atau 41,36.

3. Jika pada hari jumat berawan maka prediksi cuaca per hari dalam satu 1 minggu kedepannya adalah :

$$\pi(0) = [0 \ 1 \ 0 \ 0]$$

Jika pada hari jumat terjadi berawan maka matriks  $\pi(0) = [0 \ 1 \ 0 \ 0]$  dapat di sajikan kedalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Prediksi cuaca harian dalam satu minggu

Probabilitas Perubahan	Cerah	Berawan	Hujan Ringan	Hujan
Sabtu	0	0,25	0,50	0,25
Minggu	0,0625	0,1250	0,3750	0,4375
Senin	0,1093	0,1406	0,4062	0,3437
Selasa	0,0859	0,1210	0,3984	0,3945
Rabu	0,0986	0,1289	0,4003	0,3720
Kamis	0,0930	0,1252	0,3999	0,3818
Jumat	0,0954	0,1267	0,4000	0,3777

Berdasarkan tabel 4.6 di atas, diperoleh data cuaca harian cukup bervariasi, terjadi dalam satu minggu yaitu cuaca cerah dengan probabilitas rata-rata 0,0778 atau 7,78%, cuaca berawan dengan probabilitas rata-rata 0,1453 atau 14,53% dan hujan ringan dengan probabilitas rata-rata 0,4114 atau 41,14%, dan cuaca hujan dengan probabilitas rata-rata di atas 0,3653 atau 36,53%.

4. Jika pada hari jumat cerah maka prediksi cuaca per hari dalam satu 1 minggu kedepannya adalah :

$$\pi(0) = [1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

Jika pada hari jumat terjadi cerah maka matriks  $\pi(0) = [1 \ 0 \ 0 \ 0]$  dapat di sajikan kedalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 7. Prediksi cuaca harian dalam satu minggu

Probabilitas Perubahan	Cerah	Berawan	Hujan Ringan	Hujan
Sabtu	0	0	0,50	0,50
Minggu	0,1250	0,1250	0,3750	0,3750
Senin	0,0937	0,1250	0,4062	0,3828
Selasa	0,9375	0,1250	0,3984	0,3828
Rabu	0,0957	0,1269	0,4003	0,3769
Kamis	0,0942	0,1259	0,3999	0,3798
Jumat	0,0949	0,1264	0,4000	0,3785

Berdasarkan tabel 4.7 di atas, diperoleh data cuaca harian yang cukup bervariasi, namun cuaca yang paling dominan terjadi dalam satu minggu yaitu cerah dengan probabilitas rata-rata di atas 0,2058 atau 20,58%, berawan dengan probabilitas rata-rata di atas 0,1077 atau 10,77%, hujan ringan dengan probabilitas rata-rata di atas 0,4114 atau 41,14% dan hujan dengan probabilitas rata-rata di atas 0,3965 atau 39,65%.

#### IV. PENUTUP

Hasil pembahasan pada bab-bab sebelumnya maka dapat di simpulkan :

1. Matriks transisi perubahan cuaca diperoleh sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0,50 & 0,50 \\ 0 & 0,25 & 0,50 & 0,25 \\ 0 & 0 & 0,25 & 0,75 \\ 0,25 & 0,25 & 0,50 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks transisi di atas maka Cuaca kota Kota Ternate dapat diperkirakan sebagai berikut :

- a. Jika hari ini cerah maka besok akan berpeluang 25% cuaca cerah, 0% berawan, 10% hujan ringan, dan 10% hujan.
  - b. Jika hari ini berawan maka besok akan berpeluang 0% cuaca cerah, 0% berawan, 25% hujan ringan, dan 75% hujan.
  - c. Jika hari ini hujan ringan maka besok akan berpeluang 0% cuaca cerah, 25% berawan, 0,75% hujan ringan, dan 25% hujan.
  - d. Jika hari ini hujan maka besok akan berpeluang 0% cuaca cerah, 0% berawan, 50% hujan ringan, dan 50% hujan.
2. Berdasarkan matriks transisi perubahan cuaca di atas maka untuk memprediksi beberapa cuaca yang terjadi selama 1 minggu kedepan dapat di hitung berdasarkan matriks *steady state*  $\pi(0)$ .

$$\pi_j = \sum_{i=1}^7 \pi_i P_{ij} \quad , i = j = 1,2,3,4$$

3. Hasil prediksi menggunakan rantai markov terhadap perubahan cuaca yang terjadi selama tujuh hari sebagai berikut :
- Jika pada hari jumat terjadi hujan maka matriks  $\pi(0) = [0 \ 0 \ 0 \ 1]$  dapat di sajikan kedalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 8. Terjadi hujan pada hari jumat

Probabilitas Perubahan	Cerah	Berawan	Hujan Ringan	Hujan
Sabtu	0,25	0,25	0,50	0
Minggu	0	0,0625	0,3750	0,5625
Senin	0,1406	0,1562	0,4062	0,2968
Selasa	0,0742	0,1132	0,3984	0,4140
Rabu	0,1035	0,1318	0,4003	0,3642
Kamis	0,0911	0,1240	0,3999	0,3850
Jumat	0,0962	0,1273	0,4000	0,3765

- Jika pada hari jumat terjadi hujan ringan maka matriks  $\pi(0) = [0 \ 0 \ 1 \ 0]$  dapat di sajikan kedalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 9. Jika terjadi hujan ringan pada hari jumat

Probabilitas Perubahan	Cerah	Berawan	Hujan Ringan	Hujan
Sabtu	0	0	0,25	0,75
Minggu	0,1875	0,1875	0,4375	0,1875
Senin	0,0468	0,0937	0,3906	0,4687
Selasa	0,1171	0,1406	0,4023	0,3398
Rabu	0,0849	0,1201	0,3994	0,3955
Kamis	0,0988	0,1289	0,4001	0,3720
Jumat	0,0930	0,1252	0,3999	0,3817

- Jika pada hari jumat terjadi berawan maka matriks  $\pi(0) = [0 \ 1 \ 0 \ 0]$  dapat di sajikan kedalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 10. Jika terjadi berawan pada hari jumat

Probabilitas Perubahan	Cerah	Berawan	Hujan Ringan	Hujan
Sabtu	0	0,25	0,50	0,25
Minggu	0,0625	0,1250	0,3750	0,4375
Senin	0,1093	0,1406	0,4062	0,3437
Selasa	0,0859	0,1210	0,3984	0,3945
Rabu	0,0986	0,1289	0,4003	0,3720
Kamis	0,0930	0,1252	0,3999	0,3818
Jumat	0,0954	0,1267	0,4000	0,3777

- Jika pada hari jumat terjadi cerah maka matriks  $\pi(0) = [1 \ 0 \ 0 \ 0]$  dapat di sajikan kedalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 11. Jika terjadi cerah pada hari jumat

Probabilitas Perubahan	Cerah	Berawan	Hujan Ringan	Hujan
Sabtu	0	0	0,50	0,50
Minggu	0,1250	0,1250	0,3750	0,3750
Senin	0,0937	0,1250	0,4062	0,3828
Selasa	0,9375	0,1250	0,3984	0,3828
Rabu	0,0957	0,1269	0,4003	0,3769
Kamis	0,0942	0,1259	0,3999	0,3798
Jumat	0,0949	0,1264	0,4000	0,3785

Saran yang dapat penulis sampaikan antara lain Untuk memprediksi cuaca dapat digunakan metode lain dalam statistik seperti metode arima, metode eksponensial smooting dan lain-lain. Semoga penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pembaca dan peneliti lanjutan yang terkait dengan penulisan ini. Penulis menyadari jika terdapat kekiliruan dalam penulisan ini, maka diharapkan saran, kritik dan masukan yang membangun.

**DAFTAR PUSTAKA**

Anton, H, 2004. Aljabar linier elementer; bahasa Pantur Silaban, I Nyoman Susilo. Penerbit : Erlangga. Jakarta

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). <http://www.bmkg.go.id/>. Di akses pada 3 Desember 2016.

Dewi R, 2009. Memprediksi curah hujan (data spatio-temporal) dengan metode bayesian networks. Jurusan Matematika, FMIPA UNS

Djini T, 2014. Analisis Rantai Markov Untuk Memprediksi Perpindahan Merek Shampoo Di Hypermart Swalayan Manado Town Square. JdC, Vol . 3, No. 1. Program Studi Matematika, FMIPA, UNSRAT

Iksan, 2008. Prediksi penggunaan kartu seluler Dengan pendekatan rantai markov. Jurusan matematika Fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam Universitas sebelas maret. Surakarta

Putu A, dkk., 2015. Implementasi Metode Markov Chain Monte Carlo Dalam Penentuan Harga Kontrak Berjangka Komoditas. E-Jurnal Matematika Vol. 4 (3). Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Udayana.

Sudaryono, 2012. Statistika Probabilitas. Penerbit : Andi Publisher Udayana.