

Prediksi Curah Hujan Harian Di Wilayah Tangerang Menggunakan Probabilitas Rantai Markov

Kiki Andriyana, Fadhil Nurmustaqim, Ikhtiar Jeryansyah, Doni Damara

Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang

nurmustaqim13@gmail.com

ABSTRAK- Rantai Markov merupakan salah satu metode analisis stokastik yang digunakan untuk memprediksi kejadian yang akan datang. Keberagaman curah hujan seringkali memberi akibat serius bagi kehidupan manusia. Hujan yang tinggi dapat menyebabkan bencana banjir. Sedangkan curah hujan yang rendah menyebabkan wilayah rentan terhadap kekeringan. Penentuan probabilitas curah hujan yang akan datang di suatu daerah, dapat menggunakan Rantai Markov. Penelitian ini menggunakan data sekunder curah hujan harian di tiga stasiun wilayah Tangerang, yaitu stasiun Soekarno-Hatta, stasiun Budiarto, dan stasiun Pondok Betung, dalam periode 20 tahun dimulai 1 Januari 1999 sampai dengan 31 Desember 2018. Matriks peluang transisi ditentukan dengan menggunakan metode *maximum likelihood*. Nilai peluang dicari hingga memenuhi kondisi *steady state*. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh peluang hari tidak hujan tertinggi berada di kawasan stasiun Soekarno-Hatta sebesar 72%, peluang hari hujan ringan tertinggi di kawasan stasiun Pondok Betung, sebesar 52%, dan peluang hari hujan lebat tertinggi sebesar 5% berada di kawasan stasiun Soekarno-Hatta. Dengan uji *WS*, telah ditunjukkan bahwa data memenuhi sifat Markov. Hasil Uji *Wilcoxon* menyatakan bahwa faktor musim tidak mempengaruhi model curah hujan harian yang diperoleh.

Kata Kunci : Rantai Markov, Curah Hujan Harian, *Maximum Likelihood*, *WS*, *steady state*.

ABSTRACT- The markov chain is one of the stochastic analysis methods used to forecasting. The diversity of rainfall often causes a serious problem for human life. Heavy rain can cause flooding, and low rainfall makes the area drought. Determination the probability of rainfall that will come in a certain area can use the Markov Chain. The occurrences of rain or not in one day can be modeled the Markov chain model. This study secondary data from daily rainfall in three Tangerang stations, namely Soekarno-Hatta, Budiarto, and Pondok Betung, for a period 20 years starting from 1 January 1999 to 31 December 2018. The transition probability matrix is determined using the *maximum likelihood* method. The opportunity value sought until it meets the steady state conditions. Based on the results of the study, the highest probability of no rainy day was in the Soekarno-hatta station by 72%, the highest probability of moderate rainy day in Pondok Betung station, by 52%, and the highest probability of heavy rainy day in Soekarno-Hatta station, by 5%. The *WS* test result, shown that the data meet the Markov property. *Wilcoxon* test results show that the season factor does not affect the daily rainfall model.

Keywords: *Markov Chain*, *Daily Rainfall*, *Transition Probability*, *Wilcoxon test*, *Maximum Likelihood*

1. PENDAHULUAN

Hujan merupakan salah satu unsur iklim yang paling berpengaruh di Indonesia. Hujan memiliki peranan penting bagi keberlangsungan hidup makhluk hidup di muka bumi, termasuk manusia. Hal tersebut dijelaskan di dalam Al-Qur'an

“Dan yang menurunkan air dari langit menurut kadar (yang diperlukan) lalu kami hidupkan dengan air itu negeri yang mati, seperti itulah kamu akan dikeluarkan (dari dalam kubur).” (Q.S. Az-Zukruf : Ayat 11). Berdasarkan ayat di atas, Allah SWT menjelaskan bahwa hujan dapat menjadi sumber kehidupan bagi sesuatu yang mati. Begitu besar pengaruh hujan, dapat menumbuhkan pohon-pohon dan tanaman, menyuburkan tanah, serta menjadi sumber pasokan air di muka bumi.

Namun, hujan dapat menjadi musibah dan bencana bagi makhluk hidup. Seperti diterangkan dalam ayat Al-Qur'an berikut : “Dan Kami turunkan air dari langit dengan suatu ukuran, lalu kami jadikan air itu menetap di bumi, dan pasti Kami berkuasa menyempulkannya.” (Q.S. Al Mu'minun : Ayat 18). Hujan yang tinggi dapat menyebabkan bencana banjir. Sedangkan curah hujan yang rendah menyebabkan wilayah rentan terhadap kekeringan. Dampak perubahan cuaca dan iklim ekstrim merupakan bagian permasalahan yang paling serius bagi kehidupan masyarakat di dunia.

Metode Rantai Markov telah banyak digunakan untuk mensimulasikan terjadinya curah hujan harian. Penelitian terdahulu terkait analisa curah hujan harian di kota Ternate pernah dilakukan oleh Nurhamiddin dan

Sulisa, dalam penelitian tersebut data yang digunakan bersumber dari satu stasiun di kota Ternate dalam periode waktu 8 hari yang akhirnya dibagi menjadi empat state. Penelitian terkait curah hujan juga pernah dilakukan oleh Arhsinta, dalam penelitian tersebut data curah hujan yang dipakai bersumber delapan stasiun dalam periode waktu satu tahun dan dibagi menjadi tiga *state*. Penelitian ini menggunakan metode yang sama, yaitu rantai Markov untuk menentukan peluang transisi curah hujan harian di wilayah Tangerang.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang berasal dari unduhan di website resmi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Data yang digunakan adalah curah hujan harian yang diamati tiga stasiun, yaitu Stasiun Meteorologi kelas III Budiarto Tangerang, Stasiun Meteorologi kelas I Soekarno- Hatta Tangerang, dan Stasiun Klimatologi kelas II Tangerang Selatan. Data tersebut diterbitkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Peneliti menggunakan data 20 tahun dalam selang waktu 1 Januari 1999 hingga 31 Desember 2018.

2.2 Metode Analisis

Langkah analisis yang dilakukan penulis untuk menganalisis pola curah hujan harian di wilayah Tangerang tahun 1999-2018 adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis Data

Pada tahap ini, dilakukan perapihan data yang akan digunakan, adapun langkahnya antara lain adalah

- a. Melakukan statistika deskriptif dan plot data untuk mengetahui gambaran awal data.
 - b. Mengkategorikan data berdasarkan sifat hujan (memberi label pada data), yaitu kategori 'Tidak Hujan' diberi label '1', kategori 'Hujan Ringan' diberi label '2' dan 'Hujan Lebat' diberi label '3'.
 - c. Mengelompokkan data berdasarkan faktor musim, yang dibagi menjadi tiga kasus, yaitu kasus 1 tanpa mempertimbangkan musim, kasus 2 dengan mempertimbangkan dua musim (Hujan dan Kemarau), kasus 3 dengan mempertimbangkan tiga musim (Hujan, Peralihan, dan Kemarau).
- #### 2. Penerapan Rantai Markov
- a. Menghitung matriks peluang transisi pada setiap kasus menggunakan persamaan.
 - b. Menguji apakah data memenuhi sifat Markov menggunakan metode Uji *WS* pada persamaan.
 - c. Menghitung peluang *steady state* pada setiap kasus.
 - d. Menguji apakah ada pengaruh musim terhadap model menggunakan Uji *Wilcoxon* pada persamaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Data

Data yang akan dianalisis adalah curah hujan harian di wilayah Tangerang dalam kurun waktu 20 tahun dimulai dari 1 Januari 1999 sampai dengan 31 Desember 2018 untuk 3 stasiun Meteorologi (Budiarto, Soekarno-Hatta, dan Pondok Betung). Data curah hujan diamati oleh masing-masing stasiun dan diterbitkan di website resmi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Banyaknya data yang digunakan adalah 7305 untuk setiap stasiun. Berikut ini hasil deskripsi data curah hujan harian di tiga stasiun tanpa mempertimbangkan hari tidak hujan.

Tabel 1. Statistika Deskriptif

Stasiun	Lintang	Bujur	N	Median	Mean	Maksimum	Std. Dev	Skew
Soekarno-Hatta	-6,12	106,65	2582	5,2	12,98	397,4	21,38	5,380
Budiarto	-6,2867	106,56	2896	7,5	14,465	227,5	19,61	2,502
Pondok Betung	-6,2615	106,75	3159	6,3	13,84	339,8	18,48	3,684

3.2 Kategorisasi Hari Berdasarkan Sifat Hujan

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika menggunakan nilai ambang curah hujan 0 mm perhari sebagai hari tidak hujan. Dalam penelitian ini, ambang batas hari tidak hujan di definisikan sebagai *state 1*, yang artinya jika tidak ada curah hujan terdeteksi pada suatu keadaan, maka keadaan tersebut dikatakan hari tidak hujan dan termasuk kategori *state 1*. *State 2* adalah hujan ringan yang umumnya tidak menyebabkan banjir, dengan nilai ambang batas curah hujan 0,1mm perhari sampai kurang dari 50mm perhari. Sedangkan *state 3*, yaitu hujan lebat yang umumnya menyebabkan banjir, dengan nilai ambang batas curah hujan lebih besar sama dengan 50mm perhari. Pengambilan ambang batas pada *state 2* dan *state 3* berdasarkan Perka BMKG Nomor 09 Tahun 2010.

Tabel 2. Jumlah Hari Setiap State Masing-Masing Stasiun

Stasiun	State	Kategori	Jumlah hari	Presentase
Soekarno Hatta	1	Tidak Hujan (TH)	4724	64,67%
	2	Hujan Ringan (HR)	2441	33,42%
	3	Hujan Lebat (HL)	140	1,91%
Budiarto	1	Tidak Hujan (TH)	4411	60,38%
	2	Hujan Ringan (HR)	2730	37,37%
	3	Hujan Lebat (HL)	164	2,25%
Pondok Betung	1	Tidak Hujan (TH)	4154	56,87%
	2	Hujan Ringan (HR)	2972	40,68%
	3	Hujan Lebat (HL)	179	2,45%

Pada Tabel 4.3 terlihat bahwa stasiun Soekarno-Hatta menghasilkan persentase tertinggi untuk *state 1*, yaitu hari tidak hujan sebesar 64,67%. Hal tersebut bermakna bahwa di kawasan stasiun Soekarno-Hatta, lebih banyak tidak terjadi hujan dibandingkan stasiun lain.

3.3 Pengelompokkan Data Berdasarkan Faktor Musim

Peneliti akan membagi penelitian ini menjadi tiga kasus. Kasus 1, yaitu model tanpa mempertimbangkan musim, kasus 2 yaitu model dengan mempertimbangkan dua musim, dan kasus 3 yaitu model dengan mempertimbangkan tiga musim. Hal ini dilakukan karena peneliti ingin melihat apakah ada pengaruh pembagian musim terhadap model curah hujan harian yang dihasilkan.

Tabel 3. Pembagian Bulan Untuk Masing-Masing Kasus

Kelompok	Musim	Bulan
Tiga Musim	Hujan	Oktober – Februari
	Peralihan	Maret – April
	Kemarau	Mei – September
Dua Musim	Hujan	Oktober – Maret
	Kemarau	April – September

Berdasarkan pengelompokkan di atas, dapat dihitung jumlah hari berdasarkan kelompok dan kategori *state* untuk masing-masing stasiun, yang disajikan pada Tabel 4.5 untuk kasus 2, dan Tabel 4.6 untuk kasus 3.

Tabel 4. Jumlah Hari Berdasarkan 2 Musim dan *State* Untuk Masing-Masing Stasiun

2 musim		Hujan			Kemarau		
State	Kategori	SH	PB	BDRT	SH	PB	BDRT
State 1	Tidak Hujan (TH)	1900	1645	1838	2824	2509	2573
State 2	Hujan Ringan (HR)	1633	1893	1712	808	1079	1018
State 3	Hujan Lebat (HL)	112	107	95	28	72	69

Keterangan :

SH = Stasiun Soekarno Hatta PB = Stasiun Pondok Betung BDRT = Stasiun Budiarto

Secara keseluruhan, pada Tabel 4.5 diatas, terlihat bahwa hari tidak hujan tertinggi berada di musim kemarau, untuk ketiga stasiun. Kemudian untuk hari hujan ringan dan hujan lebat, tertinggi berada di musim hujan, untuk ketiga stasiun.

Tabel 5. Jumlah Hari Berdasarkan 3 Musim dan *State* Untuk Masing- Masing Stasiun

3 musim		Hujan			Peralihan			Kemarau		
State	SH	PB	BDRT	SH	PB	BDRT	SH	PB	BDRT	
State 1	1574	1347	1481	709	593	682	2441	2214	2248	
State 2	1350	1583	1460	486	595	509	605	794	761	
State 3	101	95	84	25	32	29	14	52	51	

Keterangan :

SH = Stasiun Soekarno Hatta PB = Stasiun Pondok Betung BDRT = Stasiun Budiarto

Secara keseluruhan, hari tidak hujan di ketiga stasiun nilai tertinggi terdapat di musim kemarau, diikuti oleh musim peralihan, lalu musim hujan. Untuk hari hujan ringan di ketiga stasiun, jumlah hari terbanyak terjadi pada musim hujan, diikuti musim kemarau, lalu musim peralihan.

3.5 Matriks Peluang Transisi

Setelah dilakukan kategorisasi dan pengelompokkan data, selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah transisi setiap *state* untuk pembentukan matriks transisi menggunakan persamaan 2.3. Sehingga diperoleh hasilnya sebagai berikut:

3.5.1 Matriks Peluang Transisi Soekarno-Hatta

Berikut ini adalah matriks peluang transisi curah hujan harian di kawasan stasiun Soekarno-Hatta pada tahun 1999-2018 :

Tabel 6. Matriks Peluang Transisi Curah Hujan di Stasiun Soekarno-Hatta

	State	1	2	3	
Kasus 1	1	0,755664	0,235655	0,008681	
	2	0,456557	0,511885	0,031557	
	3	0,288732	0,549296	0,161972	
	State	1	2	3	
Kasus 2	Hujan	1	0,66099	0,325705	0,013305
		2	0,381041	0,578067	0,040892
		3	0,171053	0,427632	0,401316
	State	1	2	3	
Kasus 2	Kemarau	1	0,820449	0,174207	0,005344
		2	0,61118	0,375155	0,013665
		3	0,3125	0,25	0,4375
	State	1	2	3	
Kasus 2	Hujan	1	0,673102	0,314028	0,01287
		2	0,368144	0,586777	0,045079
		3	0,15	0,414286	0,435714
	State	1	2	3	

Secara keseluruhan, hasil matriks transisi curah hujan stasiun Soekarno- Hatta di semua musim, memiliki peluang transisi tertinggi adalah P_{11} (64% – 84%) atau peluang hari ini tidak hujan ke esok hari juga tidak hujan akan lebih besar dibanding peluang esok hari hujan ringan atau hujan lebat. Peluang terendah di semua musim dan kasus, ada pada peluang transisi P_{13} (0,4% – 1,4%) atau peluang hari ini tidak hujan ke esok hari hujan lebat selalu lebih kecil dibanding peluang esok tidak hujan atau hujan ringan.

3.5.2 Matriks Peluang Transisi Stasiun Pondok Betung

Berikut ini adalah matriks peluang transisi peluang curah hujan harian di kawasan stasiun Pondok Betung pada tahun 1999-2018 :

Tabel 4.8. Matriks Peluang Transisi Curah Hujan di Stasiun Pondok Betung

	State	1	2	3
Kasus 1	1	0,709367	0,274982	0,015651
	2	0,388291	0,577389	0,03432
	3	0,294444	0,633333	0,072222
	State	1	2	3

2 Musim	Hujan	1	0,610326	0,370006	0,019668
		2	0,324425	0,63923	0,036344
		3	0,190476	0,489796	0,319728
		State	1	2	3
	Kemarau	1	0,776084	0,211075	0,012841
		2	0,504647	0,463755	0,031599
3		0,271739	0,456522	0,271739	
	State	1	2	3	
Hujan	1	0,620196	0,35795	0,021854	
	2	0,309021	0,653231	0,037748	
	3	0,177778	0,474074	0,348148	

Peluang esok tidak hujan atau hujan lebat. Peluang terendah di semua musim dan kasus, ada pada peluang transisi P_{13} (1,1% – 2,1%) atau peluang hari ini tidak hujan ke esok hari hujan lebat selalu lebih kecil dibanding peluang esok tidak hujan atau hujan ringan. Peluang P_{11} , P_{12} , P_{13} tertinggi secara berturut turut terdapat di musim kemarau kasus 3, musim peralihan, dan musim hujan kasus 3.

3.6 Pengujian Sifat Markov

Pengujian apakah data curah hujan harian memiliki sifat Markov atau tidak dapat dilihat pada Tabel 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.9. Estimasi nilai WS

Stasiun	Kasus 1	Kasus 2		Kasus 3		
		Hujan	Kemarau	Hujan	Peralihan	Kemarau
Soekarano-Hatta	-124,829	-120,536	-136,747	-109,430	-20,308	-132,353
Budiarto	-19,722	-8,2569	-85,629	-7,889	-4,687	-4,66
Pondok Betung	-33,532	-86,897	-105,002	-78,275	-16,5219	-106,514

Oleh karena hasil test WS pada Tabel 4.10 menunjukkan bahwa nilai $|WS| >$

$Z_{\alpha} = 1,96$ untuk setiap musim dan kategori pada masing-masing stasiun, maka

2

disimpulkan data memenuhi sifat Markov.

3.7 Peluang Transisi Pada Kondisi Steady State

Setelah diperoleh matriks peluang transisi curah hujan harian untuk setiap kategori, musim, dan masing-masing stasiun, kemudian ditentukan nilai peluang hari hujan (tidak hujan, hujan ringan, dan hujan lebat) dalam jangka panjang (*equilibrium state*) menggunakan persamaan 2.4. Hasil tersebut disajikan pada Tabel 4.11 di bawah ini

Tabel 4.10. Peluang Transisi Jangka Panjang

Stasiun	Kasus	Musim	π_1	π_2	π_3
	Kasus 1		0,65	0,33	0,02

Soekarno-Hatta	Kasus 2	Hujan	0,52	0,44	0,04
		Kemarau	0,70	0,27	0,03
	Kasus 3	Hujan	0,51	0,44	0,05
		Kemarau	0,72	0,25	0,03
Budiarto	Kasus 1		0,57	0,41	0,02
	Kasus 2	Hujan	0,50	0,47	0,03
		Kemarau	0,65	0,33	0,02
	Kasus 3	Hujan	0,49	0,48	0,03
Kemarau		0,68	0,30	0,02	
Pondok Betung	Kasus 1		0,52	0,44	0,02
	Kasus 2	Hujan	0,44	0,51	0,04
		Kemarau	0,61	0,35	0,03
	Kasus 3	Hujan	0,44	0,52	0,04
Kemarau		0,64	0,33	0,03	

Terlihat pada tabel 4.11 bahwa nilai peluang hari hujan ringan paling tinggi ada di stasiun Pondok Betung yaitu 51% di musim hujan untuk kategori 2 musim dan 52% di musim hujan untuk kategori 3 musim. Sedangkan untuk nilai peluang hari hujan lebat paling tinggi ada di stasiun Soekarno-Hatta dengan nilai 5% di musim hujan kategori 3 musim.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan, diantaranya adalah peluang transisi antar *state* menunjukkan bahwa rata-rata perpindahan *state* 1 (tidak hujan) ke *state* 1 (tidak hujan) memberikan nilai tertinggi untuk semua musim dan semua stasiun. Hal tersebut menjelaskan karakteristik iklim di Tangerang bahwa curah hujan turun dalam periode waktu yang singkat dengan periode tidak hujan berkepanjangan.

Peluang transisi dari tidak hujan ke kondisi hujan ringan, paling tinggi terdapat di kawasan stasiun Pondok Betung berpeluang 41%. Peluang transisi dari tidak hujan ke hujan lebat terdapat di kawasan stasiun Budiarto berpeluang 2,5%. Peluang transisi dari hujan ringan ke tidak hujan paling tinggi terdapat di kawasan stasiun Soekarno-Hatta berpeluang 62%. Peluang transisi dari hujan lebat ke tidak hujan paling tinggi terdapat di kawasan stasiun Budiarto berpeluang 51%.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, sebagai tindak lanjut terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, beberapa hal yang dapat disarankan antara lain:

1. Menggunakan metode estimasi lainnya yang kemudian digunakan sebagai pembandingan metode Rantai Markov

2. Mengambil studi kasus di kawasan dan periode waktu yang lain
3. Analisis kategori, kelompok, dan *state* curah hujan yang lain

REFERENSI

- World Meteorological Organization, "Guidelines on Analysis of extremes in changin climate in support of informed decisions for adaption," Publications Board, Geneva, 2009.
- BNPB, "Indeks Rawan Bencana Indonesia," Jakarta, 2011.
- Bidang Integrasi Pengolahan dan Diseminasi Statistik, Provinsi Banten dalam Angka, Banten: BPS Provinsi Banten, 2019.
- Kementrian Negara Perencanaan Pembangunan Nasional, Laporan Perkiraan Kerusakan dan Kerugian Pasca Bencana Banjir, Tangerang: BAPPENAS, 2007.
- F. Nurhamiddin dan F. M. Sulisa, "Peramalan Cuaca Menggunakan Metode Rantai Markov (Studi Kasus : Rekaman Cuaca Harian di Kantor BMKG Kota Ternate)," *BIOSAINSTEK*, vol. 2, no. 1, pp. 16-22, 2019.
- U. F. Arshinta dan D. Ahmad, "Analisis Curah Hujan di Kota Padang dengan Menggunakan Rantai Markov," *UNP Journal*, vol. 2, no. 4, pp. 45-50, 2019.
- S. M. Ross, *Stochastic Processes*, New York: John Wiley and Sons, 1996.
- H. M. Taylor dan S. Karlin, *An Introduction to Stochastic Modeling*, San Diego: Academic Press, 1993.