

Penerapan Model Pembangkit Curah Hujan Stokastik untuk Simulasi Curah Hujan Harian di Stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kertajati Jawa Barat

Agung Muhammad Fikri*, Aceng Komarudin Mutaqin

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

* agungmf97@gmail.com, aceng.k.mutaqin@gmail.com

Abstract. Optimal management of water resources can have big implications for a country. The main input source in the water resources system is rainfall. Rainfall data is an important component in determining water resource planning. However, in the recording there is often an unavailability of rainfall data. This unavailability of rainfall data can be generated by stochastic analysis. One of the stochastic methods that is often used by other researchers is the stochastic rainfall generator model. This model is a stochastic model that uses historical meteorology and the nature of the stochastic rainfall generator model allows it to generate missing rainfall data on a certain time scale. This thesis applies a stochastic rainfall generator model for daily rainfall simulation. The data to be carried out in this thesis is daily rainfall data at the Kertajati Meteorological Station, Majalengka Regency, West Java which was obtained from the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency online data website for 41 years, from January 1980 to August 2021. The results show that the Stochastic Rainfall Generator Model is able to produce rainfall data and represent historical meteorological data with good results. It can be proven that the correlation coefficient between historical data and simulation data is $r=0.982$ or 98.2%.

Keywords: *Water Resources, Rainfall, Stochastic Rainfall Generator Model, Stochastic Analysis, BMKG.*

Abstrak. Pengelolaan sumber daya air yang dilakukan secara optimal dapat memberikan implikasi besar bagi suatu negara. Sumber input utama dalam sistem sumber daya air adalah curah hujan. Data curah hujan merupakan salah satu komponen penting dalam menentukan perencanaan sumber daya air. Namun, dalam pencatatan sering terjadi ketidaksediaan data curah hujan. Ketidaksediaan data curah hujan ini dapat dibangkitkan dengan analisis stokastik. Salah satu metode stokastik yang sering digunakan peneliti lain adalah model pembangkit curah hujan stokastik. Model ini merupakan model stokastik yang menggunakan meteorologi historis dan sifat model pembangkit curah hujan stokastik memungkinkan untuk menghasilkan data curah hujan yang hilang pada skala waktu tertentu. Skripsi ini menerapkan model pembangkit curah hujan stokastik untuk simulasi curah hujan harian. Data yang akan dilakukan dalam skripsi ini adalah data curah hujan harian di Stasiun Meteorologi Kertajati Kabupaten Majalengka Jawa Barat yang diperoleh dari website data online Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika selama 41 tahun, mulai Januari 1980 - Agustus 2021. Hasilnya menunjukkan bahwa model pembangkit curah hujan stokastik mampu menghasilkan data curah hujan dan mewakili data meteorologi historis dengan hasil yang baik. Hal tersebut dapat dibuktikan bahwa nilai koefisien korelasi antara data historis dengan data hasil simulasi sebesar $r = 0,982$ atau sebesar 98,2%.

Kata Kunci: *Sumber Daya Air, Curah Hujan, Model Pembangkit Curah Hujan Stokastik, Analisis Stokastik, BMKG.*

A. Pendahuluan

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya air sangat penting dilakukan secara optimal karena memiliki implikasi besar bagi negara. Untuk mengelola sumber daya air, kita perlu memahami dan mengidentifikasi karakteristik curah hujan karena merupakan sumber input utama dalam sistem sumber daya air.

Data curah hujan adalah salah satu komponen penting dalam menentukan perencanaan pembangunan infrastruktur. Keberhasilan perencanaan tersebut sangat ditentukan oleh ketersediaan data curah hujan yang kontinu dan akurat, serta Analisa hidrologi yang sesuai. Namun, dalam pencatatan data sering terjadi ketidaksediaan data curah hujan yang panjang yang disebabkan oleh kelalaian pencatatan dari petugas, rusaknya alat pengukur atau sebab lainnya. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan Analisa Stokastik (Kottegoda, 1980).

Menurut Erwanto, dkk (1992), analisa stokastik dilakukan berdasarkan pada catatan sebelumnya, namun masih mempunyai sifat-sifat statistik yang serupa. Analisa stokastik ini digunakan karena faktor ketidakpastian yang menyertai suatu sifat hidrologis.

Salah satu metode analisis stokastik yang menggunakan data curah hujan adalah model pembangkit curah hujan stokastik. Model pembangkit curah hujan stokastik merupakan model stokastik yang menggunakan data meteorologi historis untuk membuat deret waktu harian berdasarkan parameter. Pembangkit curah hujan stokastik sering menggunakan pendekatan rantai Markov untuk menggambarkan kejadian curah hujan dan jumlah curah hujan dengan memasang fungsi distribusi untuk semua hari hujan (Fadhil, 2017).

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan diatas, dalam skripsi ini akan dilakukan simulasi curah hujan harian dengan menggunakan metode model pembangkit curah hujan stokastik pada data curah hujan selama 41 tahun terakhir (Januari 1980 – Agustus 2020) di Stasiun Meteorologi Kertajati Kabupaten Majalengka Jawa Barat.

B. Metodologi Penelitian

Model Pembangkit Curah Hujan Stokastik

Model pembangkit curah hujan stokastik merupakan model stokastik yang menggunakan data meteorologi historis untuk membuat deret waktu harian berdasarkan parameter. Selain itu, sifat model pembangkit curah hujan stokastik memungkinkan mereka menghasilkan data yang hilang pada skala waktu apa pun, serta melakukan interpolasi spasial untuk area yang tidak diukur melalui interpolasi spasial parameter model dari lokasi terukur yang berdekatan (Willems et al., 2012). Definisi lain menjelaskan bahwa model pembangkit curah hujan stokastik adalah sebuah algoritma komputer yang menggunakan catatan meteorologi yang ada untuk menghasilkan serangkaian panjang data cuaca harian sintetis. Properti statistik dari data yang dihasilkan diharapkan serupa dengan data aktual untuk situs tertentu (Chen dkk., 2010).

Model pembangkit curah hujan stokastik menggunakan pendekatan rantai Markov untuk menggambarkan kejadian curah hujan dan untuk membangkitkan jumlah curah hujan dengan menggunakan fungsi distribusi (Fadhil, 2017).

Pemodelan Kejadian Curah Hujan

Kejadian curah hujan dimodelkan menggunakan pendekatan rantai Markov. Rantai Markov digunakan sebagai cara untuk menggambarkan probabilitas suatu peristiwa yang kemunculannya hanya bergantung pada keadaan yang dicapai pada peristiwa sebelumnya. Skripsi ini mengadopsi dua ruang orde pertama rantai Markov untuk mensimulasikan kejadian curah hujan. Model ini ditandai oleh dua probabilitas transisi, P_{01} probabilitas hari basah didahului oleh hari kering dan P_{11} probabilitas hari basah didahului oleh hari basah, masing-masing dinyatakan dengan Persamaan (1) dan (2) (Dlamini dkk., 2015).

$$P_{01} = P\{\text{hari basah pada saat } t \mid \text{hari kering pada } t - 1\} \quad (1)$$

$$P_{11} = P\{\text{hari basah pada saat } t \mid \text{hari basah pada } t - 1\} \quad (2)$$

Dua probabilitas pelengkap lainnya untuk hari kering didahului oleh hari kering dan hari kering didahului oleh hari basah dapat diestimasi dengan Persamaan (3) dan (4).

$$P_{00} = 1 - P_{01} \tag{3}$$

$$P_{10} = 1 - P_{11} \tag{4}$$

Dalam menggunakan pendekatan rantai Markov, probabilitas transisi untuk setiap bulan diasumsikan tetap sama meskipun terdapat variasi dari bulan ke bulan (Richardson, 1981). Probabilitas transisi untuk setiap bulan dapat diestimasi dari rangkaian curah hujan harian yang diamati sepanjang periode seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Probabilitas Transisi Curah Hujan

		Hari ini		Total
		Kering	basah	
Hari Sebelumnya	Kering	P_{00}	P_{01}	P_0
	Basah	P_{10}	P_{11}	P_1

Dimana:

P_{00} = Probabilitas hari kering didahului oleh hari kering.

P_{01} = Probabilitas hari basah didahului oleh hari kering.

P_{10} = Probabilitas hari kering didahului oleh hari basah.

P_{11} = Probabilitas hari basah didahului oleh hari basah.

P_0 = Probabilitas total hari kering.

P_1 = Probabilitas total hari basah.

Fungsi maksimum likelihood digunakan untuk menghitung probabilitas transisi untuk semua 12 bulan dengan menggunakan Persamaan (5).

$$p_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_T} \text{ for } i, j = 1, 2 \tag{5}$$

Dimana:

$$N_T = N_{00} + N_{01} \quad i = 0 \tag{6}$$

$$N_T = N_{10} + N_{11} \quad i = 1 \tag{7}$$

Untuk mensimulasikan kejadian curah hujan $P_s(t)$ pada hari t , bilangan acak U_t dihasilkan menggunakan Program R studio dan dibandingkan dengan probabilitas transisi kritis P_c untuk menghasilkan dua kemungkinan terjadinya keadaan curah hujan (P_{01} dan P_{11}). Dua persamaan dibawah ini penting untuk membandingkan bilangan acak U_t dengan probabilitas transisi kritis P_c .

$$P_x(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } U_t \leq P_c, \\ 0 & \text{if } U_t > P_c. \end{cases} \tag{8}$$

$$P_c = \begin{cases} P_{01} & \text{if } P_s(t-1) = 0, \\ P_{11} & \text{if } P_s(t-1) = 1, \end{cases} \tag{9}$$

Pemodelan Jumlah Curah Hujan

Langkah selanjutnya dari pembangkit curah hujan stokastik adalah memodelkan jumlah curah hujan untuk semua hari basah dengan memasang distribusi probabilitas untuk setiap hari dengan jumlah curah hujan. Dalam penelitian ini, distribusi Gamma tiga parameter dan Weibull tiga parameter akan dilakukan uji kecocokan distribusi untuk menentukan distribusi terbaik dalam memodelkan jumlah curah hujan. Estimasi maksimum likelihood digunakan untuk mengestimasi parameter distribusi.

Distribusi Gamma adalah distribusi miring ke kanan yang sering digunakan sebagai model untuk distribusi rentang hidup, waktu reaksi dan fenomena terkait. Penjelasan yang sangat baik tentang distribusi ini dan sifat-sifatnya dijelaskan oleh Johnson dan Kotz (1970). Fungsi densitas probabilitas dari distribusi Gamma tiga parameter, dengan parameter $\theta = (\gamma, \alpha, \beta)$, sebagai berikut.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{(x - \gamma)^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \exp\left(-\frac{(x-\gamma)}{\beta}\right) & , x > 0 \\ 0 & , x \text{ lainnya} \end{cases} \quad (10)$$

Dengan $\gamma < x < \infty$, $\beta > 0$ dan $\alpha > 0$

Distribusi Weibull banyak digunakan sebagai model untuk distribusi masa hidup dan waktu reaksi. Dari sudut pandang komputasi, ini sangat menarik karena fungsi distribusi kumulatifnya dapat dinyatakan secara eksplisit sebagai fungsi sederhana dari variabel acak. (Cohen,1982). Fungsi densitas dari distribusi Weibull tiga parameter adalah sebagai berikut.

$$f(X) = \begin{cases} \frac{\tau}{\theta} \left(\frac{x - \mu}{\theta}\right)^{\tau-1} \exp\left(-\left(\frac{x - \mu}{\theta}\right)^\tau\right) & , x \geq 0 \\ 0 & , x < 0 \end{cases} \quad (11)$$

Dengan μ adalah lokasi parameter ambang batas, θ parameter skala, τ parameter bentuk untuk $\tau, \theta > 0$ dan $\mu < x < \infty$.

Dengan teknik pengambilan sampel yaitu Proporsional Stratified Sampling diperoleh jumlah sampel penelitian sebanyak 91 siswa. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner, wawancara, observasi, dan studi pustaka. Adapun teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknis analisis deskriptif dan teknik analisis inferensial.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Estimasi Probabilitas Transisi

Pada bagian ini akan dilakukan estimasi probabilitas transisi dengan metode Rantai Markov. Estimasi probabilitas transisi dihitung berdasarkan data pengamatan curah hujan harian di Stasiun Meteorologi Kertajati Kabupaten Majalengka Jawa Barat pada data curah hujan selama 41 tahun terakhir. Hasil estimasi probabilitas transisi untuk data pengamatan akan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi Probabilitas Transisi

	Januari		Februari		Maret			
	Kering	Basah	Kering	Basah	Kering	Basah		
Kering	0,32	0,68	Kering	0,46	0,54	Kering	0,47	0,53
Basah	0,23	0,77	Basah	0,22	0,78	Basah	0,28	0,72
	April		Mei		Juni			
	Kering	Basah	Kering	Basah	Kering	Basah		
Kering	0,58	0,42	Kering	0,77	0,23	Kering	0,85	0,15
Basah	0,36	0,63	Basah	0,55	0,45	Basah	0,62	0,38
	Juli		Agustus		September			
	Kering	Basah	Kering	Basah	Kering	Basah		
Kering	0,90	0,10	Kering	0,93	0,07	Kering	0,94	0,06
Basah	0,70	0,30	Basah	0,76	0,24	Basah	0,63	0,37
	Oktober		November		Desember			
	Kering	Basah	Kering	Basah	Kering	Basah		
Kering	0,82	0,18	Kering	0,63	0,37	Kering	0,38	0,62
Basah	0,50	0,50	Basah	0,33	0,67	Basah	0,25	0,75

Keterangan: Hasil Pengolahan Data

Pada Gambar 1 terlihat bahwa probabilitas transisi hari kering selama musim kemarau terus meningkat dari Januari hingga September. Hari kering memiliki probabilitas lebih besar jika hari sebelumnya adalah hari kering, probabilitas hari kering tertinggi terdapat pada bulan September dengan nilai 0,94. Di sisi lain, probabilitas transisi untuk hari basah meningkat dari Agustus hingga Februari selama musim hujan, hal ini terlihat pada Gambar 2. Hari hujan memiliki probabilitas lebih besar jika hari sebelumnya adalah hari hujan, probabilitas hari hujan tertinggi terdapat pada bulan Februari dengan nilai 0,78.



Gambar 1. Grafik Probabilitas Transisi Hari Kering



Gambar 2. Grafik Probabilitas Transisi Hari Basah

Estimasi Probabilitas Transisi

Tahapan selanjutnya dalam simulasi curah hujan stokastik adalah estimasi parameter distribusi kandidat untuk memodelkan jumlah curah hujan. Distribusi yang digunakan dalam skripsi ini yaitu distribusi Gamma 3 parameter dan Weibull 3 parameter. Tabel 3 menyajikan hasil estimasi parameter distribusi Gamma 3 parameter dan Weibull 3 parameter dengan bantuan *software* Easyfit versi 5.6.

Tabel 3. Estimasi Parameter Distribusi

Dist	Parameter	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
Gamma 3 P	α	0,646	0,680	0,637	0,610	0,617	0,620	0,655	0,541	0,581	0,715	0,683	0,681
	β	30,27	29,09	30,74	28,37	19,96	18,91	14,07	23,51	15,29	19,62	28,18	28,42
	γ	0,100	0,100	0,100	0,200	0,200	0,200	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100
Weibull 3 P	τ	0,747	0,728	0,741	0,742	0,702	0,674	0,708	0,604	0,710	0,773	0,766	0,762
	θ	15,63	15,99	16,54	15,20	10,20	9,119	7,351	8,419	8,013	12,02	16,45	17,67
	μ	0,100	0,100	0,100	0,200	0,200	0,200	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100

Keterangan: Output *software* Easyfit versi 5.6

Hasil estimasi parameter distribusi pada Tabel 3 digunakan untuk melakukan uji kecocokan distribusi menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Uji kecocokan ini digunakan untuk memeriksa distribusi curah hujan yang tepat dari data curah hujan harian pada stasiun Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kertajati Kabupaten Majalengka Jawa Barat. Tabel 4 menyajikan nilai kritis dan nilai statistik uji untuk menguji kecocokan distribusi Gamma 3 parameter dan Weibull 3 parameter menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Distribusi terpilih sebagai model untuk memodelkan jumlah curah hujan harian adalah distribusi yang memiliki nilai statistik uji yang lebih kecil dari nilai kritis. Terlihat bahwa Distribusi Weibull 3 Parameter lebih cocok digunakan untuk memodelkan jumlah curah hujan pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, Juni, Agustus, Oktober, November dan Desember. Sedangkan, distribusi Gamma 3 Parameter lebih cocok digunakan untuk memodelkan jumlah curah hujan

pada bulan Juli dan September.

Tabel 4. Hasil Uji Kecocokan Distribusi Menggunakan Metode Kolmogorov-Smirnov

		Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
n		957	817	840	655	381	246	158	107	103	324	628	817
Nilai Kritis		0,044	0,048	0,047	0,053	0,070	0,087	0,108	0,131	0,134	0,075	0,054	0,048
Nilai Statistik Uji	Gamma 3 P	0,040	0,063	0,050	0,048	0,070	0,073	0,076	0,159	0,061	0,076	0,061	0,039
	Weibull 3 P	0,027	0,045	0,042	0,041	0,048	0,043	0,078	0,094	0,076	0,049	0,047	0,035

Keterangan: Output *software* Easyfit versi 5.6

Hasil Simulasi Model Pembangkit Curah Hujan Stokastik

Pada penelitian ini dihasilkan data simulasi curah hujan harian selama 100 tahun dari Stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kertajati Jawa Barat dengan menggunakan model pembangkit curah hujan stokastik. Dalam perhitungan simulasi curah hujan harian penelitian ini menggunakan bantuan *software* R studio untuk menghasilkan data simulasi curah hujan harian selama 100 tahun. Program R studio untuk menghitung simulasi curah hujan harian disajikan pada Lampiran 2. Hasil data simulasi curah hujan harian tahun pertama (2021) dapat dilihat pada Tabel 5.

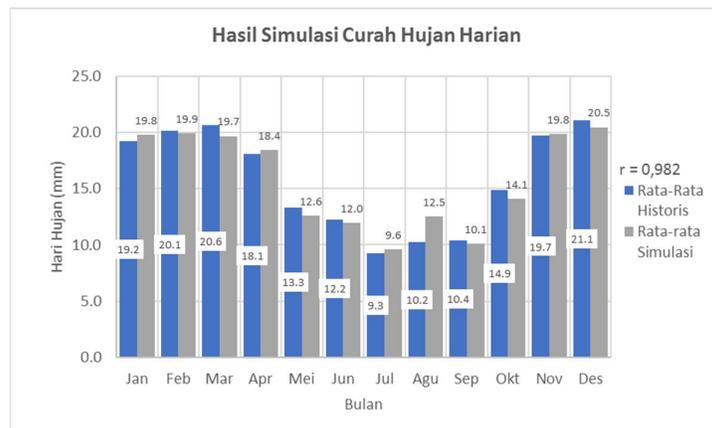
Tabel 5. Hasil Simulasi Curah Hujan Harian Tahun 2021

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	19,65	11,07	0,00	3,53	2,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	84,60
2	4,18	9,56	0,00	13,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,57	18,22	0,00
3	26,76	46,38	4,36	2,83	0,00	5,79	0,00	0,00	0,00	2,74	19,07	3,10
4	22,34	14,44	2,55	2,81	0,00	0,00	41,16	0,00	0,00	4,79	38,23	2,47
5	12,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00
6	7,40	0,00	9,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	6,57	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	12,61	55,76	2,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	23,03	58,98	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,15	13,19
10	1,66	5,34	18,84	0,00	1,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,90	9,57
11	0,00	80,40	7,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,26
12	2,60	15,80	29,09	0,00	0,00	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,30
13	13,71	0,00	17,60	0,00	0,00	6,98	7,62	0,00	0,00	0,00	2,98	1,76
14	1,63	29,82	0,00	24,88	33,60	0,94	0,00	0,00	0,00	15,46	0,00	1,58
15	2,68	0,00	0,00	16,29	0,00	0,00	20,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	8,42	28,04	0,00	40,48	0,00	0,00	4,59	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00
17	33,77	30,37	2,82	10,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,11	62,97
18	0,00	2,17	20,18	5,65	0,00	0,00	4,27	0,00	0,00	0,00	0,87	35,59
19	3,09	35,73	3,93	0,00	10,08	8,53	0,00	0,00	0,00	65,11	15,29	27,42
20	0,00	10,21	0,00	0,00	0,00	6,29	0,00	0,00	0,00	28,30	48,24	0,00
21	0,00	6,68	8,35	0,00	0,00	0,64	0,00	0,00	0,00	8,68	14,69	0,00

22	0,00	15,29	27,38	53,93	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	10,02	0,00
23	22,07	0,00	0,65	64,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,54
24	108,27	8,30	1,93	2,01	0,00	0,00	8,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67
25	24,33	89,71	6,42	7,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,88
26	102,63	65,62	0,85	1,04	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,09
27	47,08	13,88	0,00	0,00	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
28	0,00	0,00	62,25	8,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	15,15	0,10
29	0,51		18,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,49	7,30
30	10,70		40,01	0,00	0,00	48,14	0,00	0,00	0,00	0,00	17,22	7,17
31	6,94		0,52		0,00		0,00	0,00		37,79		0,00

Keterangan: Output *software* R studio

Gambar 3 menyajikan grafik rata-rata curah hujan harian simulasi dan curah hujan harian historis. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa bentuk grafik data simulasi berpola mirip data historis. Tingkat kemiripan bentuk atau pola dapat dilihat dengan pendekatan nilai koefisien korelasi yang mempunyai harga $-1 \leq r \leq 1$. Bila r mendekati 1 berarti kedua grafik tersebut hamper sama atau mendekati sama. Nilai koefisien korelasi antara data historis dengan data hasil simulasi sebesar $r = 0,982$ atau sebesar 98,2%. Hal tersebut memberi indikasi bahwa model pembangkit curah hujan stokastik mampu menghasilkan data curah hujan dengan hasil yang baik.



Gambar 3. Grafik Probabilitas Transisi Hari Basah

D. Kesimpulan

Model pembangkit curah hujan stokastik menggunakan pendekatan rantai Markov untuk menggambarkan kejadian curah hujan dan untuk membangkitkan jumlah curah hujan dengan menggunakan fungsi distribusi. Hasilnya menunjukkan bahwa model pembangkit curah hujan stokastik mampu menghasilkan data curah hujan dan mewakili data meteorologi historis dengan hasil yang baik. Hal tersebut dapat dibuktikan bahwa nilai koefisien korelasi antara data historis dengan data hasil simulasi sebesar $r = 0,982$ atau sebesar 98,2%.

Acknowledge

The author wish to thank the Ministry of Education and Bandung Islamic University for sponsoring this work. Sincere appreciation also extended to Mr. Aceng Komarudin Mutaqin for his valuable contributions and helpful advice for completing this work.

Daftar Pustaka

[1] Chen, J., Brissette, F.P., & Leconte, R. (2010). A Daily Stochastic Weather Generator for

- Preserving Low-Frequency of Climate Variability. *Journal of Hydrology*, 480-490.
- [2] Cohen, A. C., & Whitten, B. J., (1982). Modified Maximum Likelihood and Modified Moment Estimators for The Three-Parameter Weibull Distribution. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 2631-2656.
- [3] Dlamini, N. S., Rowshon, M. K., & Lai, S.H. (2015). Developing and Calibrating A Stochastic Rainfall Generator Model for Simulating Daily Rainfall by Markov Chain Approach. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 13-19.
- [4] Erwanto, A., Sudira, P., & Supadmo, S. (1992). Pembangkitan Data Curah Hujan Harian dengan Model Rantai Markov untuk Penyediaan Air Irigasi. Universitas Gajah Mada, 31-33.
- [5] Fadhil, R. M., Rowshon, M.K., Ahmad, D., Fikri, A., & Aimrun, W. (2017). A Stochastic Rainfall Generator Model for Simulation of Daily Rainfall Events in Kurau Catchment: Model Testing. *International Conference on Agricultural and Food Engineering*.
- [6] Johnson, N. L., Kotz, S., & Balakrishnan, N. (1970). *Continuous Univariate Distributions*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- [7] Kottegoda, N. T. (1980). *Stochastic Water Resources Technology*. Department of Civil Engineering. University of Birmingham.
- [8] Richardson, C. W. (1981). Stochastic Simulation of Daily Precipitation, Temperature, and Solar Radiation. *Water Resources Research*, 182-190.
- [9] Rahmadani, Riani Shifa, Suliadi. (2021). *Faktor Koreksi Diagram Kendali Shewhart pada Situasi Unconditional ARL dan Penerapannya terhadap Data Brix (Kekentalan) Saus*. *Jurnal Riset Statistika*, 1(1), 28-34.