

MODEL-MODEL PEMBANGKITAN DATA SINTETIS UNTUK CURAH HUJAN HARIAN DI WILAYAH BRANTAS TENGAH

Widandi Soetopo¹, Lily Montarcih Limantara¹, Rini Wahyu Sayekti¹, Endang Purwati¹,
Dian Chandrasasi¹, Muhammad Ilham², Agung Rahmadi².

¹Dosen di Fakultas Teknik Pengairan UB - Malang

²Mahasiswa di Fakultas Teknik Pengairan UB - Malang

Fakultas Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

Jl. M.T. Haryono 167 Malang – 65145

widandi@ub.ac.id

ABSTRAK: Penelitian ini mencari model pembangkitan data hujan harian sintetis yang sesuai untuk Wilayah Sungai Brantas Tengah di Propinsi Jawa Timur. Ada 7 model yang ditinjau, yaitu 4 model pembangkitan *single-site* berikut (1) kelompok model two-part, (2) kelompok model matrik probabilitas transisi, (3) kelompok model resampling, dan (4) kelompok model runtun waktu, dan 3 model pembangkitan *multisite* berikut (5) kelompok model conditional, (6) kelompok model perluasan rantai Markov, dan (7) kelompok model random cascade. Semua runtun waktu hasil pembangkitan diuji secara statistik. Dari ketujuh model pembangkitan, secara statistik ada perbedaan antara runtun waktu historis dan runtun waktu sintetis walaupun tidak terlalu signifikan. Kemudian ternyata model-model *multisite* menghasilkan runtun waktu sintetis yang lebih baik dibandingkan dengan yang dihasilkan model-model *single-site*.

Kata kunci: model pembangkitan, data sintetis, hujan harian.

Abstrac: This research is for finding the suitable synthetic daily rainfall generating model in the Middle Brantas River Basin - East Java. There are 7 models being considered, 4 single-site models, (1) the two-part, (2) the transition probability matrix, (3) the resampling, and (4) the time series, and 3 multisite models, (5) the conditional, (6) the extension of single site Markov chain, and (7) the random cascade. All time-series produced by the models are then tested statistically. The results show that the differences between the historical time series and the synthetical time series are not too significant. It turn out that the synthetic time series of multisite models are better than the synthetic time series of single-site models.

Keywords: generating model, synthetic data, daily rainfall.

PENDAHULUAN

Untuk dapat melakukan studi-studi simulasi, khususnya studi simulasi stokastik, yang berkaitan dengan sistem DAS (Daerah Aliran Sungai) maka dibutuhkan seri data debit sungai yang cukup panjang. Seri data debit ini dapat berupa runtun waktu historis (tercatat). Akan tetapi data runtun waktu historis sering tidak cukup panjang. Sebagai jalan keluarnya maka dapat digunakan seri data sintetis hasil bangkitan. Misalnya dapat di-bangkitan runtun waktu data sintetis curah hujan harian yang cukup panjang. Dengan menggunakan model simulasi *rainfall-runoff*, maka data hujan harian ini dapat dikonversi menjadi data de-

bit (*runoff*). Pada penelitian ini, dilakukan tinjauan terhadap sejumlah model-model pembangkit data curah hujan sintetis yang sesuai dengan lokasi tertentu.

Adapun penelitian ini menggunakan kasus lokasi di Wilayah Sungai Brantas Tengah yang terletak di Kabupaten Kediri – Jawa Timur. Di Wilayah Sungai Brantas Tengah ini banyak terdapat stasiun-stasiun pengukur curah terkait dengan proyek PABA Gunung Kelud. Data runtun waktu curah hujan harian pada stasiun-stasiun tersebut tersedia cukup lengkap sehingga dapat dimanfaatkan untuk tujuan penelitian ini .

PERMASALAHAN

Pada Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan model-model pembangkitan data curah hujan sintetis untuk membangkitkan runtun waktu data curah hujan harian pada sejumlah lokasi stasiun pengukur curah hujan.
2. Bagaimana perbandingan antara runtun waktu curah hujan historis dengan runtun waktu curah hujan sintetis.
3. Di antara model-model pembangkitan data curah hujan harian yang ditinjau, manakah model-model yang sesuai untuk diterapkan di lokasi studi.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan daripada penelitian adalah untuk mencari model pembangkitan data sintetis yang sesuai untuk curah hujan harian di Wilayah Sungai Brantas Tengah dipusatkan pada dua hal sebagai berikut.

1. Model pembangkitan data sintetis untuk curah hujan harian pada masing-masing stasiun pengukur secara tersendiri (*single site*).
2. Model pembangkitan data sintetis untuk curah hujan harian pada sejumlah stasiun-stasiun pengukur sekaligus (*multisite*).

BATASAN PENELITIAN

Dalam penggunaan model pembangkitan data debit sintetis untuk curah hujan, maka dalam penelitian ini dilakukan pembatasan pada hal-hal berikut:

- a. Panjang daripada runtun-waktu sintetis yang dibangkitkan dibuat sama panjangnya dengan runtun-waktu historis yang tersedia, yang dalam hal ini adalah sepanjang 20 tahun. Hal ini untuk memudahkan proses perbandingan antar kedua runtun-waktu tersebut.
- b. Banyaknya stasiun curah hujan yang dibangkitkan datanya dibatasi sebanyak 6 stasiun. Apabila tersedia lebih banyak stasiun curah hujan (dengan data yang memadai), maka dipilih 6 stasiun di antaranya yang dari segi statistik mempunyai tingkat homogenitas yang paling baik.

TINJAUAN PUSTAKA

Seri-seri panjang daripada data curah hujan harian semakin dibutuhkan tidak hanya untuk tujuan-tujuan Hidrologis, tetapi juga sebagai input untuk model-model yang memang membutuhkan (Srikanthan & McMahon, 2000).

Seperti halnya dengan metode pembangkitan data hujan bulanan, maka metode yang digunakan untuk pembangkitan data hujan harian juga tergantung daripada asumsi yang dibuat (Clarke, 1973). Secara umum, maka semakin singkat periode curah hujan, maka semakin sulit pula untuk mendapatkan model yang memadai dalam menampilkan karakteristik-karakteristik hidrologi.

Thyer & Kuczera (2003) telah menyajikan suatu pendekatan Bayesian untuk melakukan kalibrasi terhadap sebuah model Markov Tersembunyi (HMM) kepada runtun waktu curah hujan multisite jangka panjang. Penggunaan pendekatan HMM untuk melakukan simulasi persistensi jangka panjang adalah menarik karena mempunyai mekanisme yang eksplisit untuk menghasilkan periode-periode basah dan kering jangka panjang yang merupakan ciri daripada banyak runtun waktu hidrologi jangka panjang.

Secara umum maka model-model pembangkitan data curah hujan harian dapat diklasifikasikan ke dalam 4 kelompok berikut (Srikanthan & McMahon, 2000), yaitu (1) kelompok model two-part, (2) kelompok model matrik probabilitas transisi, (3) kelompok model resampling, dan (4) kelompok model runtun waktu. Model-model ini dapat digunakan untuk membangkitkan data sintetis curah hujan harian pada satu lokasi tertentu (*single-site*). Sedangkan untuk skema pembangkitan data sintetis pada sejumlah lokasi secara sekaligus (*multisite*) ada 3 kelompok model, yaitu (1) kelompok model conditional, (2) kelompok model perluasan rantai Markov, dan (3) kelompok model random cascade. Pada penelitian ini maka dari masing-masing dari ke-7 kelompok model pembangkitan data sintetis ini dicoba satu model pembangkitan, yang berarti ada tujuh model pembangkitan.

LANDASAN TEORI

Model Two-Part (*single-site*) terdiri dari dua bagian. Bagian pertama adalah penentuan apakah hari kering (0) ataukah hari hujan (>0) yang dalam

studi ini digunakan berdasarkan probabilitas kejadian historis. Sedangkan bagian kedua adalah kedua adalah penentuan besarnya (apabila) hari hujan, yang dalam hal ini digunakan salah satu distribusi statistik, misalnya distribusi Log-Normal berdasarkan parameter-parameter yang diestimasi dari data historis (Rerata dan Simpangan Baku) untuk setiap musim (bulan).

Model Matrik-Transisi (*singel-site*) yang berdasarkan atas Matrik Transisi yang diestimasi dari data historis. Untuk memperhitungan faktor musim (bulan) maka matrik Matrik Transisi ini dikalikan dengan faktor bulanan yang diestimasi juga dari data historis, sehingga setiap bulan (musim) mempunyai matrik transisi yang tersendiri.

Model Resampling (*singel-site*) yang membangkitkan data hujan harian sintetik dengan menarik sampel acak dari populasi hujan harian historis untuk setiap bulannya.

Model Time-Series (*singel-site*) yang menentukan apakah hari kering (0) atau hujan (>0) berdasarkan model Markov dengan parameter-parameter bulanan (musiman) diestimasi berdasarkan data historis. Apabila ternyata hari adalah hujan, maka penentuan besarnya hujan ditentukan dengan menggunakan salah satu distribusi statistik, misalnya distribusi Log-Normal berdasarkan parameter-parameter yang diestimasi dari data historis (Rerata dan Simpangan Baku) untuk setiap musim (bulan).

Model Conditional (*multisite*) yang kejadian hari kering (0) atau hari hujan (>0) ditentukan berdasarkan model Markov untuk pembangkitan yang *multisite*. Jadi model ini dapat dianggap sebagai pengembangan model Time-Series yang *single-site*.

Model Perluasan Rantai Markov (*multisite*) yang merupakan pengembangan model Two-Part (*single-site*).

Model Random-Cascade (*multisite*) yang menggunakan matrik transisi seperti pada model CAS (Tan et al., 2005) untuk pembangkitan data sintetik secara spasial.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengambil lokasi Wilayah Brantas Tengah sebagai daerah studi. Wilayah ini terletak di Kabupaten Kediri – Jawa Timur. Ditinjau pada sepanjang sungai utama Brantas maka Wilayah Brantas Tengah ini berkisar dari

Bendungan Lodoyo sampai Barrage Lengkong Baru. Wilayah Brantas Tengah ini juga mencakup sebagai Gunung Kelud yaitu bagian sebelah Barat. Adapun tingginya curah hujan rerata tahunan di Wilayah Brantas Tengah adalah ± 2000 mm.

Dalam penelitian ini maka diseleksi sejumlah stasiun pengukur curah hujan di Wilayah Sungai Brantas Tengah yang memenuhi persyaratan berikut.

1. Panjang data hujan harian lengkap sepanjang minimal 16 tahun. Pada kenyataannya maka telah berhasil dikumpulkan 11 stasiun pengukur curah hujan dengan panjang data seragam 20 tahun (dari tahun 1971 s/d tahun 1990).
2. Letaknya stasiun-stasiun pengukur curah hujan relatif cukup berdekatan satu sama lain. Dalam kasus ini maka semua stasiun berada pada Wilayah Sungai Brantas Tengah.
3. Stasiun-stasiun memenuhi syarat uji statistik homogenitas satu sama lain, yang dalam hal ini digunakan uji Analisis Variansi (ANOVA).

Dalam hal ini maka direncanakan untuk menggunakan 6 buah stasiun pengukur curah hujan di antara 11 stasiun yang berhasil dikumpulkan tersebut. Maka berarti terdapat variasi komposisi 6 dari 11 = koefisien binomial $(11,6) = 462$ alternatif. Untuk setiap alternatif dilakukan uji Analisis Variansi (ANOVA) dua arah dengan menganalisa debit tahunan pada setiap stasiun. Uji ANOVA pada setiap alternatif akan menghasilkan dua nilai score, yaitu $F1$ yang merupakan ukuran homogenitas spasial (antar lokasi stasiun) dan $F2$ yang menyatakan homogenitas temporal (antar waktu tahunan). Dari ke-462 alternatif komposisi stasiun-stasiun terpilih, lalu dilakukan simulasi perhitungan uji ANOVA terhadap masing-masing alternatif tersebut. Setelah itu maka akan dicari alternatif mana yang mempunyai homogenitas paling baik bagi secara spasial maupun temporal. Adapun ke-11 stasiun pengukur curah hujan yang terkumpul itu ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Daftar Stasiun

No. St.	Nama Stasiun
1	Papar
2	Badas
3	Bogokidul
4	Kedungrejo
5	Kencong
6	Pare
7	Pehlandak

8	Damarwulan
9	Ngantang PP
10	Jombok
11	Siman

1988	1359	1275	1614	1081	1825	405
1989	1471	1458	1687	2264	1602	741
1990	1350	1480	1653	2674	1691	1128

Setiap perhitungan ANOVA dilakukan terhadap 6 stasiun pengukur curah hujan dengan panjang data yang sama yaitu 20 tahun (1971-1990). Maka berarti bahwa setiap tabel ANOVA akan terdiri dari 6 kolom. Sementara karena yang dianalisa adalah data curah hujan tahunan, maka tabel ANOVA akan terdianalisa adalah data curah hujan tahunan, maka tabel ANOVA akan terdiri dari 20 baris. Adapun contoh tabel perhitungan ANOVA adalah seperti yang ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 2. Tabel ANOVA.

Tahun	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
1971	2911	3896	2620	2910	2523	2646
1972	1533	1489	1236	1236	1588	1390
1973	3404	2095	3302	1954	2213	2173
1974	2634	2741	3105	2245	2037	1755
1975	2340	2544	3982	2730	2907	2797
1976	1237	1362	1954	1958	1231	1455
1977	703	1452	1345	2206	1406	1347
1978	1479	1950	1397	2659	1822	1738
1979	1457	1395	1483	2098	1582	1609
1980	1672	1231	1597	2022	1537	1667
1981	1791	1947	2383	2986	2285	1886
1982	1114	1296	1173	1806	1295	1206
1983	1803	1882	1519	2487	1779	1773
1984	2067	2063	2095	2288	2283	2204
1985	3582	2423	3042	2387	2921	3124
1986	1832	2139	1683	3565	1826	1797
1987	1692	1445	1110	1311	1302	758

Setelah 6 stasiun dengan score F1 dan F2 yang paling tinggi terpilih, maka dilakukan perhitungan koefisien korelasi serial lag-1 pada masing-masing dari ke-6 stasiun tersebut untuk melihat sifat *autoregressive* pada setiap stasiun.

Selanjutnya diterapkan 4 model pembangkit *single-site* dan 3 model pembangkit *mutisite* (1 model dari setiap kelompok model). Untuk setiap model *single-site* maka digunakan input seri bilangan acak uniform $U[0,1]$ yang dihasilkan oleh generator bilangan acak yang ada pada perangkat lunak dari komputer. Seri bilangan acak ini tidak berkorelasi antar stasiun.

Sementara untuk masing-masing model *multisite*, maka digunakan salah satu di antara ke-4 model *single-site* (yang sesuai), dan kemudian digunakan input seri bilangan acak uniform $U[0,1]$ yang dihasilkan oleh generator bilangan acak dari komputer. Akan tetapi pada bilangan acak ini dibuat sedemikian hingga ada korelasi antar masing-masing stasiun satu sama lain.

Adapun penerapan daripada model-model pembangkit, baik yang *single-site* maupun yang *multisite* disajikan pada tabel berikut ini.

Terhadap bilangan acak hasil bangkitan ini lalu dilakukan uji-uji statistika sebagai berikut ini.

Tabel 3. Penerapan Model-model Pembangkitan Data Curah Hujan Harian Sintetis.

No. Model	Kelompok Model	Keterangan Penerapan
1	Two-Part	Terdiri dari dua bagian pembangkitan yang independen, (1) Hujan 0, dan (2) Hujan >0 yang menggunakan Distribusi Log-Normal. Sifat musim bulanan diperhitungkan.
2	Matrik-Transisi	Pembangkitan dengan menggunakan Matrik Transisi dengan 8 kelas hujan. Di dalam setiap kelas menggunakan Distribusi Uniform. Sifat musim bulanan diperhitungkan.
3	Resampling	Menggunakan pengambilan sampel acak pada populasi per setiap bulan. Selektor sampel menggunakan bilangan acak uniform $U[0,1]$.
4	Time-Series	Terdiri dua bagian pembangkitan yang dependen menurut prinsip Markov, yaitu (1) Hujan 0, dan (2) Hujan >0 yang menggunakan Distribusi Log-Normal. Sifat musim bulanan diperhitungkan.
5	Conditional	Menggunakan model <i>single-site</i> TIME-SERIES dengan input seri bilangan acak $U[0,1]$ yang berkorelasi antar stasiun.
6	Perluasan Rantai Markov	Menggunakan model <i>single-site</i> TWO-PART dengan input seri bilangan acak $U[0,1]$ yang berkorelasi antar stasiun.
7	Random Cascade	Menggunakan model <i>single-site</i> Matrik-TRANSISI dengan input seri bilangan acak $U[0,1]$ yang berkorelasi antar stasiun.

1. Uji Z untuk hujan bulanan (musiman) pada tiap stasiun antara seri historis dan seri sintetis.
2. Uji Chi-Square untuk hujan bulanan (musiman) pada tiap stasiun antara seri historis dan seri sintetis.
3. Uji Korelasi Serial untuk hujan bulanan (musiman) pada tiap stasiun.
4. Uji ANOVA untuk hujan tahunan pada semua (6) stasiun serempak.

HASIL PENELITIAN

Adapun hasil daripada penelitian ini sebagai berikut ini.

Tabel 4. Test Anova pada 462 Alternatif Stasiun.

No	KOMPOSISI STASIUN KE-						Score	Score
	Urut	1	2	3	4	5		
1	1	2	3	4	5	6	4.10	11.21
2	1	2	3	4	5	7	2.42	10.66
3	1	2	3	4	5	8	2.89	10.55
--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--
15	1	2	3	4	7	11	2.25	10.32
--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--
460	5	6	8	9	10	11	48.04	19.60
461	5	7	8	9	10	11	53.99	26.80
462	6	7	8	9	10	11	45.49	20.10

Yang terpilih sebagai alternatif dengan komposisi stasiun yang terbaik adalah nomor urut 15 dengan $F1=2.25$ dan $F2=10.32$, dengan komposisi stasiun 1-2-3-4-7-11.

Selanjutnya hasil perhitungan korelasi serial lag-1 pada komposisi stasiun-stasiun adalah sebagai tabel berikut.

Tabel 5. Korelasi Serial Seri Historis.

No. Stasiun	Koef. Korelasi Serial Lag-1
1	0.5730
2	0.5594
3	0.6037
4	0.5841
5	0.5358
6	0.5408

Sedangkan hasil dari masing-masing Uji Zm dan Uji Chi-Square dari seri Data Sintetis terhadap

seri Data Historis adalah sebagai berikut (sebagai contoh ditampilkan hanya pada Stasiun 1).

Tabel 6. Nilai Uji Zm Seri Historis – Sintetis.

No.	No.	MODEL BANGKITAN NO.						
		St.	Bln.	1	2	3	4	5
1	1	0.307	2.347	0.708	0.571	0.144	0.731	1.979
	2	0.048	3.181	0.068	0.253	0.233	0.424	4.571
	3	0.704	2.086	0.540	0.900	1.000	0.867	1.096
	4	1.206	0.803	1.094	1.357	0.750	0.438	0.944
	5	0.300	0.927	0.258	0.279	0.147	0.054	0.807
	6	0.539	1.542	1.193	0.567	0.771	0.972	1.217
	7	0.717	0.498	0.205	0.627	0.607	0.216	1.756
	8	0.000	0.219	1.154	0.657	0.782	0.222	0.216
	9	0.701	0.529	0.115	0.100	0.263	0.080	0.146
	10	0.929	0.139	0.191	0.641	1.167	1.348	0.406
	11	0.216	1.137	0.146	0.605	0.910	0.576	1.072
	12	0.185	1.147	0.908	0.028	0.903	1.703	1.950

Tabel 7. Nilai Uji Chi-Square Seri Historis – Sintetis.

No.	No.	MODEL BANGKITAN NO.						
		St.	Bln.	1	2	3	4	5
1	1	17.75	35.96	3.00	12.69	25.51	22.04	25.95
	2	0.69	41.14	3.79	0.70	12.81	10.23	55.20
	3	34.07	28.82	7.84	38.79	12.40	9.37	7.64
	4	7.86	0.60	6.27	7.20	8.68	10.93	17.00
	5	5.71	1.99	1.93	5.59	8.75	10.78	12.17
	6	7.80	9.83	3.38	5.63	6.69	7.46	19.89
	7	10.08	2.48	2.30	6.84	5.58	14.16	9.47
	8	22.67	2.61	11.29	16.08	6.10	8.65	6.40
	9	17.34	13.13	4.61	26.71	33.78	28.63	4.30
	10	8.76	7.53	5.07	6.85	7.68	5.85	6.79
	11	16.43	15.82	2.45	17.43	13.05	17.78	13.26
	12	32.70	15.86	2.18	28.26	22.03	29.83	7.80

Sementara nilai Koefisien Korelasi Serial Lag-1 daripada seri bulanan data Sintetis adalah sebagai berikut.

Tabel 8. Nilai Korelasi Serial Bulanan Lag-1 Sintetis.

No.	No.	MODEL BANGKITAN NO.						
		St.	1	2	3	4	5	6
1	0.397	0.518	0.532	0.402	0.418	0.427	0.620	
2	0.478	0.546	0.591	0.481	0.489	0.512	0.590	
3	0.473	0.532	0.561	0.503	0.540	0.567	0.586	
4	0.616	0.564	0.662	0.552	0.630	0.638	0.657	
5	0.589	0.544	0.576	0.526	0.577	0.602	0.684	
6	0.545	0.528	0.625	0.536	0.625	0.611	0.632	

Untuk memudahkan perbandingan, maka parameter-parameter statistik Zm, Chi-Square, dan Koefisien korelasi serial direratakan nilai-nilainya dan disajikan pada tabel perbandingan berikut ini.

Tabel 9. Perbandingan Nilai 4 Parameter Statistik.

Param	MODEL BANGKITAN NO.						
	1	2	3	4	5	6	7
Zm	0.521	1.432	0.488	0.501	0.560	0.539	1.414
Chi-Sqr	15.20	16.26	4.57	14.36	12.30	12.20	17.97
Korelasi	0.516	0.539	0.591	0.500	0.547	0.560	0.628
F1	37.09	52.60	94.86	26.91	9.08	8.78	33.66
F2	28.95	28.80	105.33	22.36	10.44	8.17	18.85

PEMBAHASAN

Untuk membahas perbandingan di atas, perlu ditampilkan nilai-nilai kritis dari uji-uji statistik yang telah dilakukan pada Tabel 5.6 tersebut di atas sebagai yang berikut ini.

- Nilai kritis Zm = 1.96
- Nilai kritis Chi-Square = 11.1
- Rerata Korelasi Historis = 0.5661
- Nilai kritis F1 (Anova) = 2.310
- Nilai kritis F2 (Anova) = 1.697

Dengan membandingkan nilai-nilai dari 4 parameter statistik (Tabel 5.6) dengan nilai-nilai kritis yang berkaitan, maka hasilnya dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Secara keseluruhan maka semua model-model bangkitan lolos uji Zm.
2. Hanya model 3 (Resampling) yang lolos uji Chi-Square.
3. Model 6 (Perluasan Rantai Markov) paling mendekati Rerata Korelasi Historis.
4. Tidak ada dari model-model yang lolos uji ANOVA, baik secara spasial (F1) maupun temporal (F2), dengan model yang paling mendekati adalah model 6 (Perluasan Rantai Markov).
5. Seri data historis sendiri hanya lolos uji ANOVA secara spasial (F1).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapatlah ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Seri data historis yang digunakan masih kurang memenuhi persyaratan (dalam hal homogenitas temporal). Ada sejumlah perbedaan antara

seri-seri historis dan seri-seri sintetis, walaupun perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan.

2. Secara umum model-model *multisites* menghasilkan seri-seri data sintetis yang lebih homogen jika dibandingkan dengan seri-seri yang dihasilkan oleh model-model *single-sites*.
3. Secara umum maka ke-7 model-model bangkitan yang telah diteliti ini semuanya dapat digunakan untuk menghasilkan seri-seri data sintetis curah hujan harian. Tetapi apabila dilihat dari segi homogenitas, maka model bangkitan no.6 (Perluasan Rantai Markov) adalah yang paling sesuai untuk diterapkan pada lokasi studi.
4. Penelitian tentang model-model pembangkitan seri data sintetis hujan harian, baik itu *single-site* maupun *multisite*, memang sudah sering dilakukan. Penelitian ini yang merupakan aplikasi pada wilayah tertentu diharapkan membuka peluang untuk munculnya model-model yang lebih baru.

Untuk keperluan pengarahannya penelitian-penelitian yang lebih lanjut, maka dapat dikemukakan saran-saran berikut.

1. Model-model bangkitan data curah hujan harian ini berpotensi untuk dikembangkan bukan hanya di Wilayah Brantas Tengah, akan tetapi juga di wilayah-wilayah yang lain di sekitarnya.
2. Apabila lebih banyak lagi data curah hujan harian historis yang dapat dikumpulkan, maka hasilnya dapat lebih baik.
3. Model-model bangkitan *multisite* mempunyai potensi yang besar untuk dikembangkan guna mendukung berbagai studi simulasi sistem sumberdaya air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami haturkan kepada semua pihak, terutama pihak BPP Fakultas Teknik, yang telah membantu kami sehingga kami dapat melakukan studi dan membuat makalah ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Clarke, R.T., 1973, **Mathematical Models in Hydrology**, Irrigation and Drainage Paper, FAO – United Nations, Rome.
2. Srikanthan, R. & McMahon, T., 2000, **Stochastic Generation of Climate: A**

- Review**, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Australia.
3. Tan, K.S., Chiew, F.H.S., Srikanthan, R., 2005, Comparison of Two Stochastic Spatial Daily Rainfall Generation Approaches, www.mssanz.org.au/modsim05/papers/tan_ks1.pdf.
 4. Thyer, M. & Kuczera, G., 2003, **A Hidden Markov Model for Modelling Long-Term Persistence in multi-site rainfall time series 1. Model Calibration Using a Bayesian Approach**, Elsevier, Science-Direct, *Journal of Hydrology* 275 (2003), 12-26.