

PENGEMBANGAN MODEL PREDIKSI HUJAN TAHUNAN BERDASARKAN SERI DATA TUNDA

oleh :
I Made Sudiarsa

ABSTRAK

Dalam makalah ini disajikan pengembangan suatu model prediksi curah hujan tahunan pada suatu stasiun hujan tertentu dengan memanfaatkan seri data tunda, baik pada stasiun yang bersangkutan maupun pada stasiun-stasiun di sekitarnya. Model yang digunakan adalah Regresi Linier dengan 3 variabel bebas. Waktu tunda bervariasi dari satu periode atau lebih. Untuk meningkatkan nilai koefisien determinasi digunakanlah suatu transformasi. Faktor ketersebaran seri data diperhatikan. Hasil sementara mengindikasikan bahwa seri-seri data tunda mengandung cukup informasi yang dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan tahunan pada suatu stasiun hujan tertentu.

Kata kunci: Model Prediksi Hujan Tahunan, Seri Data Tunda

Catatan: Penelitian ini sudah pernah di seminarkan pada Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) HATHI di Malang tahun 1991

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Model-model prediksi curah hujan akan sangat berguna dalam pengendalian banjir dan kekeringan. Misalnya model **ARMA** (*Autoregressive Moving Average*) dan model **ARIMA** (*Autoregressive Integrated Moving Average*) telah digunakan untuk memprediksi curah hujan tahunan di Thailand untuk tujuan perencanaan dengan ketelitian yang dapat diterima (Weesakul dan Lowanichchai, 2005). Dalam hal ini ditinjau 31 stasiun hujan yang tersebar di seluruh Thailand dengan panjang data 53 tahun (tahun 1951 s/d 2003). Data dibagi menjadi 2 bagian, yaitu tahun 1951 s/d 1990 untuk analisis karakteristik hujan dan pemilihan model yang paling tepat untuk masing-masing lokasi, dan tahun 1991 s/d 2003 untuk evaluasi dari kinerja model yang terpilih pada tiap stasiun hujan. Hasil evaluasi menunjukkan suatu kisaran *error* dari prediksi dari 7.5% s/d 26.9% yang dapat diterapkan untuk tujuan perencanaan alokasi air pertanian.

Struktur spasial dan temporal dari seri-seri waktu hidrologis bersifat sangat kompleks sehingga terjadilah evolusi metode-metode seri-seri waktu parametrik (Vogel dan Shallcross, 1996). Sebagai alternatif daripada metode-metode parametrik adalah metode-metode nonparametrik seperti metode *bootstrap* yang memanfaatkan kemampuan fasilitas komputer secara intensif dalam mensimulasikan distribusi probabilitas.

Sementara model-model deterministik melakukan *forecasts*, maka model-model stokastik melakukan prediksi/*prediction* (Chow dkk, 1988). Apabila variabilitas cukup kecil, seperti

misalnya pada evaporasi harian untuk suatu lokasi, maka dapat digunakan model deterministik. Tetapi misalnya untuk curah hujan harian yang pada dasarnya bersifat acak, maka digunakan model stokastik. Prediksi itu sendiri mengacu pada proses perhitungan data untuk memprediksi nilai-nilai hidrologikal seperti debit untuk perancangan (May dan Tung, 1992).

Dalam makalah ini ditinjau pengembangan model prediksi curah hujan tahunan (model stokastik) yang memanfaatkan informasi yang tersimpan dalam seri-seri data curah hujan di sekitar stasiun yang akan diprediksi. Berbeda dengan penerapan model ARMA dan model ARIMA tersebut di atas yang terisolasi pada masing-masing stasiun, maka model prediksi setiap stasiun hujan yang ditinjau di sini akan melibatkan 2 atau 3 stasiun lain.

Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut.

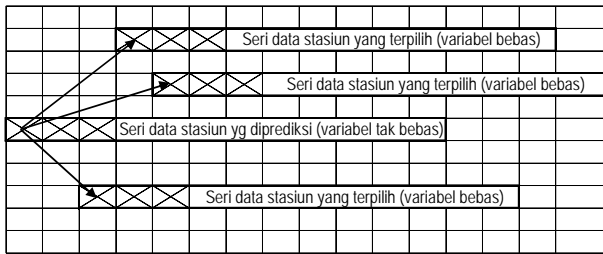
1. Model yang ditinjau adalah untuk memprediksi nilai curah hujan tahunan dari suatu stasiun tertentu untuk satu tahun depan berdasarkan data historis (tercatat) dari tahun-tahun sebelumnya.
2. Data historis yang digunakan hanya seri data curah hujan tahunan dari sejumlah stasiun hujan.
3. Stasiun- stasiun hujan yang digunakan letaknya relatif berdekatan dan mempunyai seri data historis yang tak terputus.

Maksud dan Tujuan

Maksud daripada penelitian ini adalah untuk menyelidiki potensi dari informasi yang terkandung pada seri-seri data curah hujan untuk digunakan dalam prediksi. Tujuan daripada penelitian ini adalah untuk menambah perbendaharaan model prediksi curah hujan. Seri-seri data curah hujan tahunan yang digunakan sebanyak 12 stasiun yang berlokasi tersebar di Bali, dengan panjang data 20 tahun (1971 sd 1990).

2. METODOLOGI PENGEMBANGAN MODEL

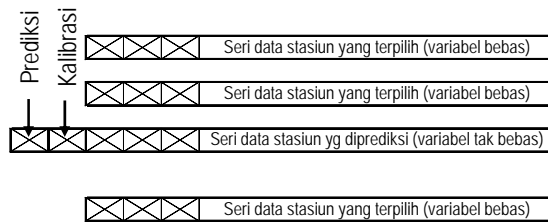
Model prediksi yang dikembangkan pada dasarnya adalah model Regresi Linier. Metoda yang digunakan dalam analisa pengembangan model prediksi ini adalah cara Statistika dan Simulasi. Cara statistika yang digunakan adalah Korelasi dan Regresi Linier. Sedangkan cara simulasi digunakan untuk mengkalibrasi parameter-parameter prediksi. Analisa pengembangan model prediksi dibagi menjadi 2 tahap. Tahap 1 adalah analisa korelasi untuk memilih stasiun-stasiun yang mewakili variabel bebas (ada tiga buah) dari model Regresi Linier. Kemudian pada Tahap 2 adalah tahap kalibrasi dan prediksi berdasarkan 3 stasiun-stasiun yang terpilih. Tahap 1 dapat dinyatakan sebagai diagram pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Pemilihan stasiun-stasiun variabel bebas (Tahap 1)

Pada Tahap 1 dilakukan simulasi dengan menghitung koefisien determinasi dari Regresi Linier (Haan, 1977) antara seri data stasiun variabel tak bebas (yang diprediksi) dengan berbagai kombinasi 3 dari 12 stasiun yang ada (220 kombinasi) pada berbagai selisih waktu (tunda/lag). Yang dipilih adalah kombinasi stasiun dengan koefisien determinasi (r^2) tertinggi.

Selanjutnya pada Tahap 2, dilakukan kalibrasi dan sekaligus prediksi seperti yang dapat dinyatakan pada diagram Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Kalibrasi dan Prediksi (Tahap 2)

Proses kalibrasi dan prediksi dilakukan dengan prosedur simulasi stokastik karena mengandung komponen acak (Law dan Kelton, 1991). Sifat acak ini berasal dari transformasi elemen-elemen seri-seri waktu hidrologis yang digunakan.

Dalam proses kalibrasi, diterapkan regresi linier dengan menggunakan seri data dari stasiun yang diprediksi sebagai variabel tak bebas (Y) dan seri-seri data dari stasiun-stasiun yang terpilih sebagai variabel-variabel bebas (Xi). Untuk lebih meningkatkan nilai hubungan, yang dinyatakan dalam nilai koefisien determinasi, maka diterapkan suatu fungsi transformasi eksponensial baik terhadap variabel Y maupun variabel-variabel Xi.

Menyesuaikan dengan panjangnya seri data yang tersedia hanya sepanjang 20 tahun, maka ditetapkan bahwa banyaknya variabel bebas sebanyak tiga buah dengan panjang seri data 12. Hal ini sesuai dengan syarat minimum panjang seri data untuk Regresi Linier (Haan, 1977). Selanjutnya curah hujan yang diprediksi ada dua tahun, yaitu no.19 (tahun 1989) dan no.20 (tahun

1990). Dengan demikian tersedia ruang variasi daripada tunda (*lag*) sebanyak 5 tahun (untuk prediksi tahun 1989) dan 6 tahun (untuk prediksi tahun 1990).

Pada proses kalibrasi, maka dilakukan simulasi prediksi, secara coba-banding, terhadap dinilai curah hujan tahunan no.18 (tahun 1988). Apabila nilai prediksi coba banding ini sudah cukup dekat dengan nilai yang tercatat, maka dengan menggunakan nilai-nilai dari parameter-parameter yang diperoleh, dihitung curah hujan tahunan no.19 (tahun 1989). Proses ini dilakukan secara berulang-ulang (100 kali dalam penelitian ini), lalu dihitung nilai reratanya (*expected value*) sebagai nilai prediksi curah hujan tahun 1989. Untuk prediksi curah hujan tahun 1990 (data no.20), prosesnya adalah sama, hanya saja susunannya semua bergeser satu tahun ke depan.

NILAI KORELASI ANTAR SERI-SERI DATA CURAH HUJAN TAHUNAN

Sebelum dilakukan analisa korelasi (Tahap 1), maka ingin diketahui besarnya korelasi antara seri-seri data curah hujan tahunan. Hal ini untuk melihat sejauh mana potensi seri-seri data curah hujan tahunan yang akan digunakan dalam model regresi linier. Nilai korelasi yang digunakan disini adalah koefisien determinasi (r^2) yang kisaran besarnya antara 0 dan 1. Digunakannya koefisien determinasi disini karena model regresi linier menggunakan nilai koefisien determinasi ini untuk mengukur tingkat hubungan antar variabel-variabel yang dimodelkan. Nilai $r^2=0$ menunjukkan tidak adanya korelasi. Sementara nilai $r^2=1$ menunjukkan korelasi sempurna.

Data curah hujan tahunan pada 12 stasiun hujan sepanjang 20 tahun yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel data curah hujan tahunan.

Tahu n	No. Stasiun Hujan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1971	1875	2122	3896	2911	2620	1862	1953	2646	2523	1877	2515	2937
1972	1098	1242	1489	1533	1236	1070	1261	1390	1588	1209	1456	1543
1973	1543	1682	2095	3404	3302	1841	2270	2173	2213	2154	1895	2107
1974	2063	1982	2741	2634	3105	1599	2105	1755	2037	2182	2113	2196
1975	2545	2736	2544	2340	3982	1948	2970	2797	2907	2626	2595	2791
1976	1303	1297	1362	1237	1954	964	1481	1455	1231	1490	1390	1409
1977	1589	1559	1452	703	1345	702	1161	1347	1406	1289	1528	1747
1978	1799	1825	1950	1479	1397	1691	1596	1738	1822	1706	1926	2021
1979	1530	1487	1395	1457	1483	1428	1621	1609	1582	1506	1591	1518
1980	1552	1415	1231	1672	1597	1905	1527	1667	1537	1436	1812	1712

1981	1610	1586	1947	1791	2383	2642	2004	1886	2285	2005	2556	2521
1982	1292	1341	1296	1114	1173	1149	1161	1206	1295	1234	1463	1554
1983	1952	1825	1882	1803	1519	1459	1714	1773	1779	1752	1906	2362
1984	2211	2228	2063	2067	2095	1930	2312	2204	2283	2379	2566	2256
1985	3906	3486	2624	3858	3284	3113	3701	3365	3129	3838	3896	3731
1986	1893	1912	2139	1832	1683	1364	1705	1797	1826	1937	2199	1942
1987	1878	1395	1445	1692	1110	997	1013	758	1302	1352	1179	1263
1988	1316	814	1275	1359	1614	1309	1299	405	1825	1644	1606	2052
1989	1570	1668	1458	1471	1687	1513	1428	741	1602	1563	1866	1819
1990	1534	1452	1480	1350	1653	1684	1010	1128	1691	1566	1402	2451

Sumber : Proyek Pengembangan Sumber Air Bali

Apabila dihitung nilai korelasi (r^2) seri data antar stasiun dari ke-12 stasiun hujan di atas, maka hasilnya adalah sebagai berikut.

Tabel Nilai Korelasi (r^2) Seri Data antar Stasiun Hujan.

No. Stasiun Hujan	No. Stasiun Hujan										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.8828										
3	0.2941	0.4567									
4	0.4894	0.5308	0.5446								
5	0.3595	0.4872	0.4659	0.6354							
6	0.4736	0.4768	0.2407	0.5024	0.3999						
7	0.7299	0.8075	0.3925	0.6838	0.7222	0.6248					
8	0.5533	0.7625	0.5512	0.5918	0.5553	0.4982	0.7843				
9	0.5989	0.6971	0.5731	0.6600	0.7121	0.6770	0.8333	0.7014			
10	0.8424	0.8088	0.3494	0.6691	0.6155	0.6567	0.9171	0.6406	0.8076		
11	0.7415	0.7952	0.4547	0.5647	0.4793	0.7473	0.8437	0.7088	0.8233	0.8588	
12	0.6053	0.6404	0.5122	0.5169	0.4916	0.6735	0.6313	0.5751	0.8330	0.7195	0.7705

Nilai rerata dari semua r^2 di atas adalah = 0.6249, yang menunjukkan hubungan korelasi yang relatif tinggi. Akan tetapi hubungan korelasi seperti ini tidak dapat digunakan pada suatu model regresi linier untuk memproyeksikan (memprediksi) nilai hujan tahunan ke depan. Apa yang dibutuhkan adalah model-model regresi linier dengan seri-seri data tunda seperti yang ditunjukkan pada Gambar-gambar 1 dan 2 di atas. Apabila dihitung nilai korelasi (r^2) antara seri data tunda dari berbagai kombinasi dua stasiun hujan (dinotasikan sebagai St.Y dan St.X), maka diperoleh nilai rerata sebesar = 0.0583 dari 576 kombinasi. Sementara apabila dari kombinasi-kombinasi ini diurutkan 5 nilai r^2 terbesarnya maka akan diperoleh tabel berikut.

Tabel Lima Nilai Korelasi Terbesar dari Kombinasi Dua Stasiun.

Ranking	No. St.Y	No. St.X	Lag	r^2				
				Geser 0	Geser 1	Geser 2	Geser 3	Geser 4
1	8	1	3	0.4122	0.3729	0.4320	0.1844	0.1966
2	8	2	3	0.3690	0.3369	0.3777	0.1372	0.1208
3	8	4	3	0.3573	0.3355	0.3782	0.1375	0.1358
4	8	10	3	0.3550	0.3675	0.4218	0.2108	0.1934
5	8	3	3	0.3103	0.2626	0.2262	0.1131	0.1237

Dapat dilihat bahwa tersedia kombinasi-kombinasi yang memiliki korelasi jauh lebih baik dari korelasi rata-rata. Dapat dilihat juga bahwa pergeseran waktu (baik untuk seri Y maupun seri X) tidak merubah secara drastis nilai korelasi. Untuk mendapatkan korelasi yang lebih baik (r^2 lebih besar), dicoba hubungan regresi linier dengan 3 variabel bebas (X_i). Di antara variabel bebas tersebut dapat saja pada stasiun yang sama dari variabel tak bebas (Y), hanya tertunda (*lagged*). Hasilnya apabila diurutkan 5 nilai r^2 terbesarnya dari berbagai kombinasi adalah sebagai yang ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel Lima Nilai Korelasi Terbesar dari Kombinasi Seri Regresi linier.

Ranking	No. St. Y	No			Lag			r^2				
		St.X1	St.X2	St.X3	St.X1	St.X2	St.X3	Geser 0	Geser 1	Geser 2	Geser 3	Geser 4
1	8	2	4	12	4	6	4	0.8930	0.8954	0.8705	0.8615	0.7476
2	1	1	2	9	4	4	4	0.8880	0.8850	0.7080	0.6776	0.5704
3	1	2	9	12	4	4	4	0.8775	0.8798	0.7210	0.6065	0.6482
4	1	2	7	12	4	4	4	0.8723	0.8921	0.6986	0.6171	0.6631

5	2	1	2	11	5	4	4	0.8716	0.8359	0.8435	0.8234	0.8346
---	---	---	---	----	---	---	---	--------	--------	--------	--------	--------

Dapat dilihat bahwa nilai korelasi (r^2) kini telah meningkat.

ANALISA TAHAP 1: KORELASI

Dalam analisa korelasi untuk memilih tiga stasiun yang mewakili variabel-variabel bebas dari model Regresi Linier, maka dilakukan simulasi untuk memilih dari 220 kombinasi yang memiliki r^2 (koefisien determinasi) yang terbesar. Untuk setiap stasiun hujan, simulasi ini dilakukan 2 kali, masing-masing untuk prediksi tahun 1989 dan untuk prediksi tahun 1990. Hasil adalah sebagai yang ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel Hasil Simulasi Pemilihan Variabel-variabel Bebas.

ST.Y	UNTUK PREDIKSI TAHUN 1989				UNTUK PREDIKSI TAHUN 1990			
	Nilai r^2 maks.	St.X1	St.X2	St.X3	Nilai r^2 maks.	St.X1	St.X2	St.X3
1	0.8774	2	5	11	0.8515	1	2	11
2	0.8732	2	4	11	0.8690	5	7	11
3	0.8938	6	9	11	0.9275	2	6	12
4	0.8750	2	4	11	0.8016	7	8	11
5	0.8183	5	10	11	0.7666	1	2	11
6	0.7775	2	4	8	0.8151	2	8	9
7	0.8465	2	5	11	0.8430	5	10	11
8	0.8672	2	4	11	0.8705	2	4	12
9	0.7570	2	4	8	0.8346	6	8	9
10	0.8646	2	4	11	0.8218	5	10	11
11	0.8253	2	4	12	0.8312	2	8	12
12	0.7205	6	10	11	0.7765	6	8	9

Dapat dipahami bahwa simulasi ini bersifat deterministik. Selanjutnya stasiun-stasiun yang terpilih untuk mewakili variabel bebas ini akan digunakan untuk kalibrasi dan prediksi pada analisa Tahap 2.

ANALISA TAHAP 2: KALIBRASI DAN PREDIKSI

Pada Analisa Tahap 2 ini, dilakukan simulasi dimana pada setiap iterasinya dilakukan proses kalibrasi dan prediksi. Apabila hasil kalibrasinya dapat diterima (memenuhi syarat), maka dihitung nilai prediksinya. Simulasi dilakukan terus sampai banyaknya nilai prediksi yang ada mencapai jumlah tertentu yang cukup besar (100 nilai prediksi dalam hal ini). Lalu ke-100 nilai prediksi ini diambil harga reratanya (*expected value*) sebagai nilai prediksi yang mewakili.

Simulasi ini jadi bersifat stokastik, karena untuk mendapatkan nilai kalibrasi yang dapat diterima, maka perlu diterapkan suatu transformasi baik terhadap variabel tak bebas (Y) maupun variabel-variabel bebas (Xi). Dalam penelitian ini dicoba bentuk transformasi berikut.

$$V_T = M \frac{V-K}{N}$$

dimana V_T = variabel yang telah ditransformasi,
 V = variabel yang asli,
 M, K, N = parameter-parameter transformasi.

Nilai parameter-parameter transformasi M , K , dan N dicoba-coba secara stokastik untuk mendapatkan nilai kalibrasi yang dapat diterima. Nilai yang dikalibrasi adalah nilai tepat sebelum nilai prediksi. Jadi misal nya apabila yang diprediksi adalah curah hujan tahunan 1989, maka nilai yang dikalibrasi adalah curah hujan tahunan 1988.

Akan tetapi akibat sampingan dari diterapkannya transformasi ini, ketersebaran data menjadi berubah, seperti munculnya satu nilai ekstrim yang terpisah. Hal ini tentunya akan mengganggu validitas nilai prediksi dari model regresi. Karenanya dihitung suatu faktor ketersebaran Kt dari seri data yang didefinisikan sebagai berikut.

$$Kt = \text{Rerata} \left(\frac{\left| \text{selisih masing - masing elemen seri data terhadap nilai yang tersebar seragam} \right|}{\text{Nilai tengah kisaran elemen seri data}} \right)$$

Nilai $Kt=0$ berarti seri data tersebar sempurna. Dari hasil simulasi stokastik, maka untuk seri data dengan panjang 12 diperoleh nilai rerata $Kt \approx 0.16$ dan nilai maksimum $Kt \approx 0.6$.

Pada simulasi kalibrasi dan prediksi ini, juga dicoba berbagai kombinasi waktu tunda (*lag*) yang sesuai dari seri-seri data Xi (variabel-variabel bebas).

Jadi syarat bahwa nilai kalibrasi diterima adalah:

1. Selisih nilai kalibrasi dengan nilai historisnya adalah cukup kecil.
2. Nilai Kt cukup kecil.

3. Nilai koefisien determinasi (r^2) baik untuk kalibrasi maupun prediksi cukup besar.

Hasil dari prediksi curah hujan tahunan pada ke-12 stasiun hujan untuk tahun 1989 dan tahun 1990 adalah sebagai yang ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel Hasil Prediksi yang dibandingkan dengan Nilai Data Historis.

No. Stasiun		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1989	Historis [mm]	1570	1668	1458	1471	1687	1513	1428	741	1602	1563	1866	1819
	Prediksi [mm]	1549	1574	1207	1677	1766	1620	1446	1068	1604	1430	1683	1984
1990	Historis [mm]	1534	1452	1480	1350	1653	1684	1010	1128	1691	1566	1402	2451
	Prediksi [mm]	1441	1928	1318	1853	1816	1590	1545	1294	1851	1649	1945	2671

PEMBAHASAN HASIL ANALISA MODEL PREDIKSI

Jadi hasil analisa model prediksi dalam penelitian ini menghasilkan nilai prediksi curah hujan tahunan sebanyak 2 tahun, yaitu tahun 1989 dan tahun 1990, untuk masing-masing dari 12 stasiun pengukur curah hujan. Untuk mengukur ketelitian hasil prediksinya, digunakan kesalahan (*error*) prediksi, yaitu penyimpangan (dalam persen) terhadap nilai curah hujan tercatat. Supaya seimbang (proporsional), maka pembagiannya adalah nilai rerata curah hujan tahunan pada stasiun yang bersangkutan.

Sebagai pembanding, maka digunakan model prediksi pembanding yang memprediksikan bahwa curah hujan tahunan pada suatu tahun tertentu adalah sama dengan curah hujan yang telah tercatat pada tahun sebelumnya (selisih *lag-1*). Hasil daripada prediksi curah hujan tahunan untuk 2 tahun (1989 dan 1990) dan rerata hasil model prediksi pembandingnya (selisih *lag-1*) sepanjang 20 tahun data ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel Perbandingan Selisih Lag-1 & Error Prediksi Model.

Stasiun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Rerata selisih lag-1 [%]	29.6	33.2	29.5	36.9	37.4	39.7	37.2	38.2	31.7	31.3	33.7	34.2
Error prediksi thn 1989 [%]	1.2	5.3	13.3	10.9	3.9	6.7	1.0	19.4	0.1	7.2	9.3	7.9
Error prediksi thn 1990 [%]	5.2	27.2	8.6	26.7	8.1	5.8	30.3	9.8	8.4	4.5	27.5	10.5

Secara keseluruhan, Rerata selisih lag-1 = 34.4 %, sementara Rerata error prediksi model untuk tahun-tahun 1989 dan 1990 adalah = 10.8 %.

Perbandingan tersebut di atas menunjukkan bahwa hasil dari model prediksi yang telah dikembangkan dalam penelitian ini adalah cukup menjanjikan untuk perkembangan selanjutnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat ditarik adalah :

- (1) Seri-seri data curah hujan di sekitar dapat mengandung informasi yang cukup untuk dapat memprediksi curah hujan ke depan,
- (2) Informasi yang terbaik untuk dipilih dalam model prediksi tidak harus berada pada seri waktu stasiun yang diprediksi,
- (3) Selisih waktu (*tunda/lag*) dapat bervariasi antara stasiun yang satu dengan yang lain,
- (4) Semakin banyak stasiun pengukur curah hujan yang dilibatkan dan semakin panjang seri data, maka akan semakin baik untuk analisa model prediksi,
- (5) Fasilitas perhitungan yang berkecepatan tinggi akan sangat membantu analisa,

- (6) Apabila diperlukan maka dalam proses perhitungan baik pada Tahap 1 maupun pada Tahap 2 dimungkinkan untuk dapat diterapkannya cara *Parallel Computing* dengan menggunakan lebih dari satu unit komputer secara serempak, sehingga akan lebih mempercepat lagi proses perhitungan.

Selanjutnya saran yang dapat disampaikan adalah :

- (1) Digunakannya seri data yang lebih panjang (30 tahun atau lebih),
- (2) Digunakannya jumlah stasiun curah hujan yang lebih banyak (20 stasiun misalnya),
- (3) Ditinjaunya kemungkinan pengembangan model prediksi untuk curah hujan bulanan (musiman) atau bahkan harian dengan model seri data tunda ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W., 1988, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Haan, C.T., 1977, *Statistical Methods in Hydrology*, The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Law, A.M. and Kelton W.D., 1991, *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Mays, L.W. and Tung, Y.K., 1992, *Hydrosystems Engineering and Management*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Vogel, R.M. and Shallcross, A.L., 1996, *The moving blocks bootstrap versus parametric time series models*, Journal of Water Resources Research 32[6]: 1875-1882.
- Weesakul, U. and Lowanichchai, S., 2005, *Rainfall Forecast for Agricultural Water Allocation Planning in Thailand*, Thammasat International Journal of Science and Technology, 10(3): 18-24.
- Dr.Ir.Widandi Soetopo,M.Eng Pengembangan Model Prediksi Hujan Tahunan Berdasarjan Seri Data Tunda