

# ANALISIS POLA CURAH HUJAN INDONESIA BERBASIS LUARAN MODEL SIRKULASI GLOBAL (GCM)

\*> Sinia Berllana Sipayung, Lely Qodrita Avia,

"• Banibang Dwl Dasanto, dan ""\* Sutlkn.

\*\* Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN

"} Institut Pertanian Bogor,

\*\*J Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya

Email: [sinta@bdg.lapan.goJd](mailto:sinta@bdg.lapan.goJd)

## ABSTRACT

The analysis of rainfall pattern over Indonesia based on the Global Circulation Model (GCM) such as the CGCM3.1 (T47) and CSIRO Mk-3 for one hundred years observation (1900-2000) over three different types of Indonesia rainfall pattern has already been done- They are Lampung, Jakarta, and Kupang for the monsoon type, Ambon for the local type, and Padang and Solok for the equatorial type, respectipely. Since the grid resolution of the GCM data is low relatively, we applied the Statistical Downscaling (SD) based on the Principal Component Regression (PCR). We found an a good agreement between both model with the rainfall in-situ measurement in between 0.6 up 0.76, except for Kupang. We found also that both model has a similar pattern comparing with the rainfall in-situ measurement. While, by applying the Principal Component Regression (PCR), we found an a good agreement also of both model than 65% with the total variability is about 90%.

## ABSTRAK

Telah dilakukan dilakukan analisis pola curah hujan Indonesia berbasis luaran model GCM (*Global Circulation Model*) yaitu GCM CGCM3.1 (T47), dan CSIRO Mk-3 untuk tiga daerah tipe iklim di Indonesia selama periods tahun 1900-2000. Lampung, Jakarta, dan Kupang mewakili tipe hujan *monsoon*, Ambon mewakili tipe hujan lokal, sedangkan tipe hujan ekuatorial diwakili oleh Padang dan Solok. Luaran model GCM ini memiliki resolusi yang rendah, oleh karena itu untuk meningkatkan resolusi dalam kajian skala regional Indonesia digunakan metode *Statistic Downscaling* (SD). Pada penelitian ini digunakan metode *Statistic Downscaling* berdasarkan *Principal Component Regression* (PCR). Hasil validasi luaran kedua model GCM tersebut di lokasi penelitian ini pada umumnya memiliki akurasi yang cukup tinggi ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang berkisar antara 60% sampai dengan 76%, kecuali Kupang. Hasil analisis bahwa pola curah hujan Indonesia berbasis luaran kedua model GCM tersebut

menunjukkan pola yang sesuai dengan pola curah hujan pengamatan, demikian juga dengan analisis rata-rata keragaman data yang bisa dijelaskan oleh komponen utama pertama setiap wilayah masing-masing di atas 65% dan total keragamannya menunjukkan 90%.

Kata kunci : *Ikiim, GCM*

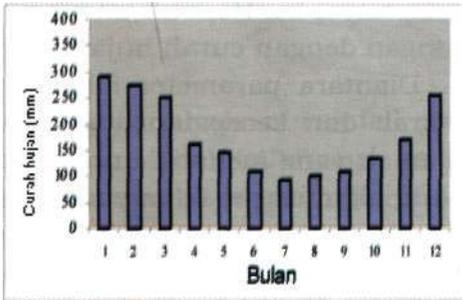
## 1 PENDAHULUAN

Iklim di Indonesia umumnya didominasi oleh dua tipe *monsoon* yaitu *winter* dan *summer monsoon* yang masing-masing dicirikan oleh musim basah dan musim kering Yasunari (1981,1990a dan 1990b). Posisi geografis Indonesia yang berada di wilayah tropis mempunyai karakteristik unsur iklim yang spesifik sirkulasi *monsoon* ini berhubungan dengan curah hujan seperti yang dikembangkan oleh Jhonson (1992). Diantara parameter iklim yang ada, seperti tekanan, suhu, kelembaban, arah dan kecepatan angin serta curah hujan, ternyata parameter curah hujanlah yang menarik untuk dikaji dan dianalisis lebih lanjut. Curah hujan merupakan unsur iklim yang paling tinggi keragaman dan fluktuasinya di Indonesia, sehingga merupakan unsur iklim yang paling dominan mencirikan iklim Indonesia.

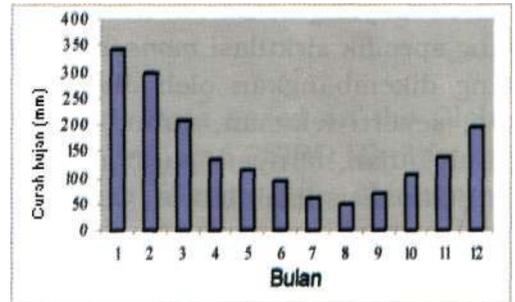
Ada tiga pola curah hujan yang saat ini dikenal banyak orang yaitu monsun, ekuatorial dan lokal. Ketiga pola hujan tersebut di atas dapat diuraikan yaitu pola hujan monsun sebagai distribusi hujan bulanan dengan pola hujan *monsun* yaitu satu kali hujan minimum sehingga dalam grafik berbentuk huruf "V". Hujan minimum terjadi saat *monsun* timur atau musim kering sedangkan saat *monsun* barat atau musim basah terjadi hujan yang berlimpah. *Monsun* timur terjadi pada bulan Juni, Juli, dan Agustus yaitu saat matahari berada di garis balik utara ( $23.5^{\circ}$  LU). Oleh karena matahari berada di garis balik utara maka udara di atas benua Asia mengalami pemanasan yang intensif sehingga Asia mengalami tekanan rendah. Berkebalikan dengan kondisi tersebut di belahan selatan tidak mengalami pemanasan intensif sehingga udara di atas benua Australia mengalami tekanan tinggi.

Akibat perbedaan tekanan di kedua benua tersebut maka angin bertiup dari tekanan tinggi (Australia) ke tekanan rendah (Asia) yaitu udara bergerak di atas laut yang jaraknya pendek sehingga uap air yang dibawanyapun sedikit kondisi yang seperti ini Indonesia mengalami kekeringan karena aktivitas konveksi bergerak ke arah Timur (Quinn et. al., 1978). Akibat uap air yang dibawa sedikit maka sebagian Wilayah Indonesia (seperti Lampung, Jakarta, dan Kupang) mengalami hujan minimum. Berdasarkan Gambar 1-1 dapat pula diamati bahwa hujan maksimum terjadi antara bulan Desember, Januari, dan Pebruari. Pada kondisi ini matahari berada di garis balik selatan sehingga udara di atas Australia mengalami tekanan rendah sedangkan di Asia mengalami tekanan tinggi. Akibat dari hal

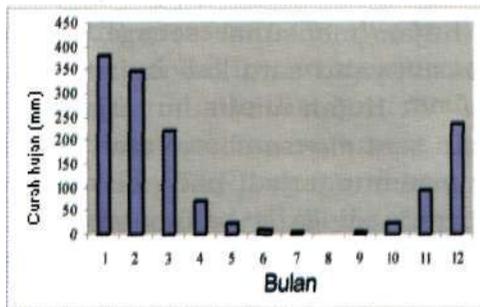
ini udara bergerak di atas laut dengan jarak yang cukup jauh sehingga arus udara mampu membawa uap air yang banyak (*monsun* barat atau barat laut). Sehingga wilayah yang dilalui oleh *monsun* barat akan mengalami hujan yang tinggi. *Monsun* barat ataupun timur yang mempengaruhi terbentuknya pola hujan musonal di beberapa wilayah Indonesia umumnya wilayah yang terkena relatif tetap selama posisi pergeseran semu matahari juga tetap. Namun, perubahan diperkirakan akan terjadi terhadap jumlah, intensitas dan durasi hujannya. Untuk mempelajari hal ini diperlukan data curah hujan pengamatan dalam seri yang panjang di beberapa wilayah Indonesia.



(A)



(B)

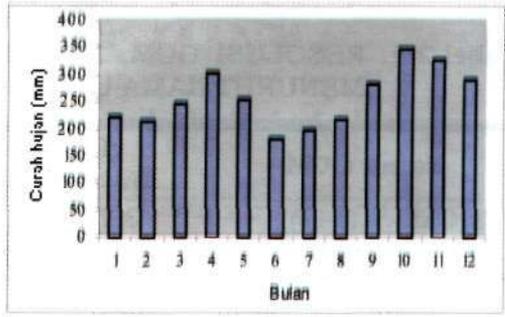
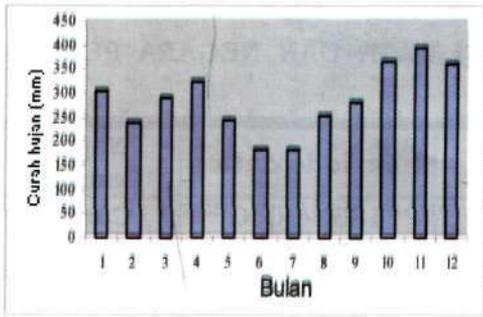


(C)

Gambar 1-1: Pola hujan musonal di wilayah Lampung (A), Jakarta (B) dan Kupang (C)

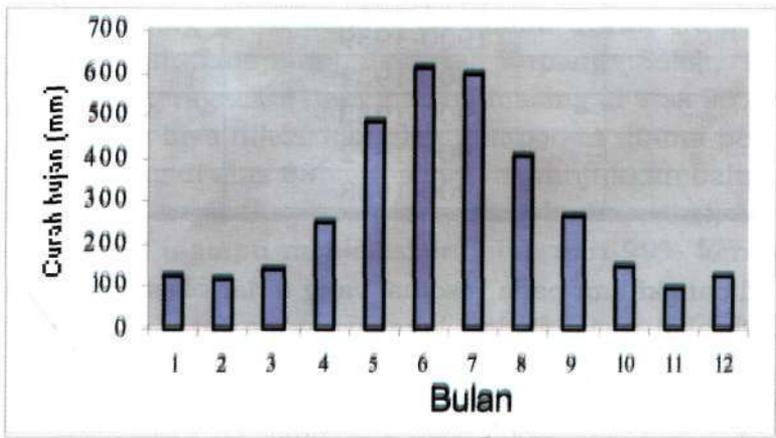
Posisi wilayah yang didominasi pola hujan Musonal Pola hujan ekuatorial adalah pola hujan ekuator yang memiliki pola hujan bulanan yang khas, yaitu mengalami dua kali hujan maksimum selama setahun. Hujan maksimum itu terjadi setelah Maret ataupun September *equinox*. Pengaruh angin *monsun* di wilayah ini tidak tegas jika dibandingkan pengaruh insolasi (*incoming solar radiation*) pada waktu *equinox* seperti yang tercantum dalam Gambar 1-2. Hal ini didukung oleh pengaruh aktivitas Matahari pada cuaca dan Iklim Indonesia, dari hasil pengolahan data adanya korelasi yang kuat (0.8) antara curah hujan dengan bilangan *sunspot* di wilayah Indonesia tengah (The Houw Liong dkk, 2006). Pola hujan lokal terdapat pada Gambar 1-3 yaitu pola hujan yang lebih banyak dipengaruhi sifat-sifat lokal seperti

topografi setempat ataupun angin lokal, hujan maksimum terjadi pada bulan Juni dan Juli. Distribusi hujan bulanan dari jenis ini adalah mengalami satu kali hujan maksimum selama setahun (misal hujan bulanan wilayah Ambon) ini sangat berbeda dengan pola monsunal dan pola equatorial.



(A) (B)

Gambar 1-2: Pola hujan equatorial untuk wilayah Padang (A), dan Solok (B), posisi wilayah yang didominasi pola hujan equatorial



Gambar 1-3: Pola hujan lokal untuk wilayah Ambon, posisi wilayah yang didominasi pola hujan lokal

2 DATA DAN METODE

Data GCM yang digunakan adalah CSIRO-Mk3.0 (Australia) dan CGCM3.1 (T47) (Canada) yang di-download melalui website: <http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/>, dengan eksperimen "20<sup>th</sup> century in coupled models" (20C3M) seperti yang tercantum dalam Tabel 2-1. Parameter GCM yang digunakan adalah *precipitable water* (kg nr<sup>2</sup>) dalam bulanan yang dikonversi ke dalam satuan mm. Sebagai data pembandingan untuk validasi adalah curah hujan wilayah Lampung (1900-1937), Jakarta (1900-1974), dan Kupang (1900-1941), Padang (1900-1941), Solok (1974-1999), dan Ambon (1900-1940),

yang diperoleh dari BMG yang merupakan representasi keragaman pola hujan di Indonesia yang meliputi tipe hujan *monsoon*, ekuatorial dan lokal. Berdasarkan data yang tersedia dan untuk keperluan pemodelan, periode data dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk pembangunan model (verifikasi model) dan pengujian model validasi model (Tabel 2-2).

Tabel2-1: RESOLUSI GCM, PERIODESASI DATA DAN NEGARA PEMBUAT MENURUT NAMA GCM

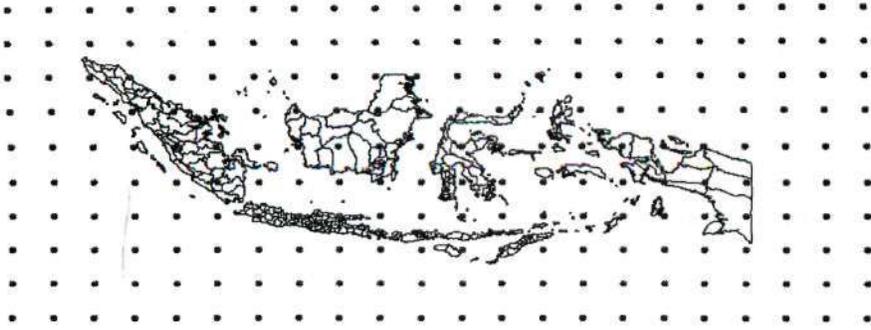
<b>Nama GCM</b>	<b>Resolusi (bujur /lintang)</b>	<b>Periode data</b>	<b>Negara Pembuat</b>
CGCM3.1 (T47)	3.75° x 3.710	1850-2000	Canada
CSIRO-Mk3.0	1.875° x 1.850°	1871-2000	Australia

Tabel 2-2: PERIODESASI DATA UNTUK VERIFIKASI DAN VALIDASI MODEL

<b>Lokasi/wilayah</b>	<b>Periode verifikasi model</b>	<b>Periode validasi (testing ) model</b>
Solok	1974-1997	1998-1999
Kupang	1900-1939	1940-1941
Padang	1900-1939	1940-1941
Lampung	1900-1935	1936-1937
Jakarta	1900-1972	1973-1974
Ambon	1900-1938	1939-1940

GCM dibangkitkan pada resolusi yang terlalu besar untuk memberikan gambaran interaksi regional dan lokal yang akurat, sejauh ini model GCM masih belum dapat menduga perubahan iklim yang konsisten pada skala lokal (Giorgi *et al.* 2001). Oleh karena itu berdasarkan sifat data GCM yang mencakup seluruh dunia, sedangkan penelitian ini hanya mencakup wilayah Indonesia maka data awal tersebut ditentukan *grid point* dipilih sesuai dengan lintang dan bujur koordinat kiri atasnya adalah 90.0 BT; 9.7671 LU dan koordinat kanan bawah 149.1 BT; 15.3 LS seperti yang tercantum dalam Gambar 2-1. Dengan melakukan identifikasi domain *grid*, kemudian mereduksi dimensi *grid* dengan metode *statistic downscaling* (Hewitson dan Crane 1996 diacu dalam Timbal *et al.* 2003). *Statistic downscaling* dengan *principle component* regresi sehingga diperoleh suatu fungsi yang digunakan untuk memvalidasi luaran model dengan observasi. Data global yang terdiri dari lintang dan bujur resolusi data CGCM3.1 (T47) resolusi bujur dan lintang 3.75° x 3.71° terdiri atas 128 17 X (bujur) dan 10 grid Y (lintang) sedangkan data CSIRO Mk-3.0 resolusi bujur dan lintang 1.875° x 1.850° terdiri atas 33 grid X (bujur) dan 18 grid Y (lintang).

1 Grid =2.8 x 2.8 derajat



Gambar 2-1: Posisi wilayah mencakup Indonesia berdasarkan *grid*, karena luaran GCM mencakup seluruh dunia

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil reduksi spasial *grid* (domain) GCM CGCM3 untuk wilayah Indonesia diperoleh 170 *grid* dan 594 *grid* untuk GCM CSIRO-Mk3. Reduksi dimensi *grid* selanjutnya dengan menggunakan analisis komponen utama diperoleh masing-masing 6 - 8 komponen utama untuk GCM CGCM3 dan CSIRO-Mk3 di wilayah Lampung, Jakarta, Kupang, Solok, Padang, dan Ambon, dengan total keragaman data masing-masing di atas 90% (Tabel 3-1). Keragaman data yang bisa dijelaskan oleh komponen utama pertama setiap wilayah masing-masing di atas 65%. Hasil ini menunjukkan bahwa antar *grid* terdapat keterkaitan yang cukup erat dan saling berinteraksi, karena hanya 6-8 komponen utama mampu menjelaskan lebih dari 90% keragaman data dari 170 *grid* dan 594 *grid*.

Tabel 3-1: KERAGAMAN YANG DAPAT DITERANGKAN SETIAP KOMPONEN UTAMA DAN TOTAL MENURUT WILAYAH

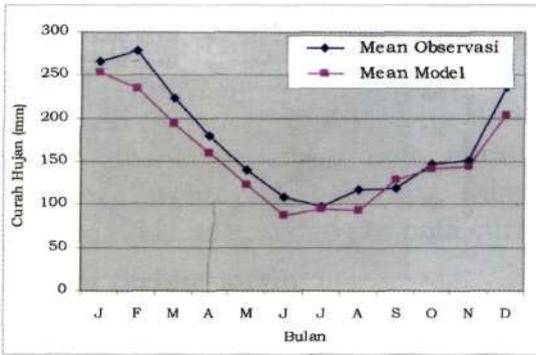
Wilayah	Keragaman yang diterangkan								Total keragaman
	PCI	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	
<b>CGCM3</b>									
Kupang	0.656	0.141	0.032	0.028	0.022	0.020	0.012	0.010	0.921
Solok	0.660	0.146	0.037	0.023	0.021	0.017			0.904
Padang	0.656	0.141	0.032	0.028	0.022	0.020	0.012	0.010	0.921
Lampung	0.655	0.141	0.033	0.028	0.022	0.020	0.013	0.010	0.921
Jakarta	0.652	0.143	0.034	0.028	0.020	0.020	0.013	0.010	0.920
Ambon	0.657	0.140	0.032	0.028	0.022	0.020	0.013	0.010	0.921
<b>CSIRO-Mk3</b>									
Kupang	0.676	0.141	0.047	0.030	0.020	0.014			0.929
Solok	0.669	0.135	0.052	0.033	0.024	0.018			0.930
Padang	0.676	0.141	0.047	0.030	0.020	0.014			0.929
Lampung	0.677	0.141	0.048	0.030	0.019	0.014			0.930
Jakarta	0.671	0.142	0.047	0.030	0.022	0.015			0.928
Ambon	0.676	0.142	0.047	0.030	0.020	0.014			0.930

Nilai korelasi tertinggi terdapat pada wilayah Padang, sedangkan terkecil terdapat pada wilayah curah hujan Kupang untuk model CGCM. Namun nilai RMSE, wilayah Jakarta justru terbesar, sedangkan terkecil wilayah Solok seperti yang tercantum dalam Tabel 3-2. Demikian pula nilai korelasi untuk model CSIRO nilai tertinggi terdapat pada wilayah Jakarta. Sedangkan yang terkecil terdapat pada wilayah Kupang. Nilai RMSE-nya terdapat pada wilayah Ambon dan terkecil pada wilayah Lampung. Hasil plot model nampak tidak mengikuti pola data pengamatan terutama untuk wilayah Kupang. Sedangkan untuk wilayah tipe hujan ekuatorial (Solok) hasil yang kurang memuaskan, seperti yang tercantum pada Gambar 3-1 dan 3-2 untuk wilayah masing-masing

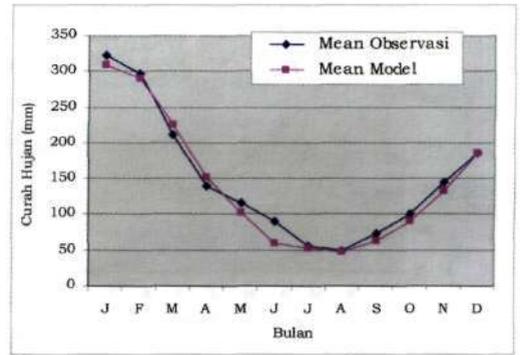
Tabel 3-2: NILAI RMSE, KORELASI (r) VALIDASI MODEL MENURUT METODE REGRESI KOMPONEN UTAMA (PCR)

Lokasi/wilayah	CGCM3		CSIRO	
	PCR			
	RMSE	r	RMSE	r
Solok	63.136	0.749	78.514	0.330
Kupang	138.199	-0.206	134.424	-0.099
Padang	77.142	0.759	87.150	0.673
Lampung	66.607	0.607	58.865	0.652
Jakarta	108.4409	0.6880	99.993	0.717
Ambon	195.891	0.647	203.090	0.644

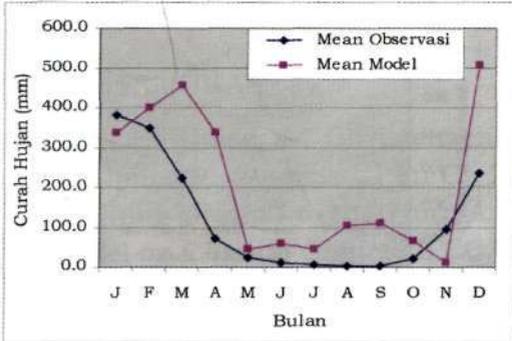
Gambar 3-1 Menunjukkan bahwa pola hubungan antara curah hujan pengamatan dan model di Lampung, Jakarta, Ambon, Padang dan Solok lebih nampak jelas mengikuti pola yang baik atau korelasi yang baik pada pola monsunal, equatorial maupun lokal di kedua model, akan tetapi untuk lokasi Kupang dalam model CGCM pola hubungannya tidak jelas atau tidak mengikuti pola hujan monsunal. Ternyata dari kedua model mengikuti pola curah hujan yang sama untuk Indonesia walaupun beberapa wilayah yang mewakilinya, kecuali lokasi Kupang. Pada Gambar 3-2 dalam model GCM CSIRO menunjukkan bahwa perbandingan pola curah hujan hasil model dengan pola curah hujan pengamatan untuk lokasi Kupang tidak menunjukkan korelasi yang baik. Curah hujan model dengan curah hujan pengamatan hingga sampai saat ini masih perlu dikaji dan menjadi penelitian yang menarik untuk penelitian kalangan luar maupun penelitian dalam.



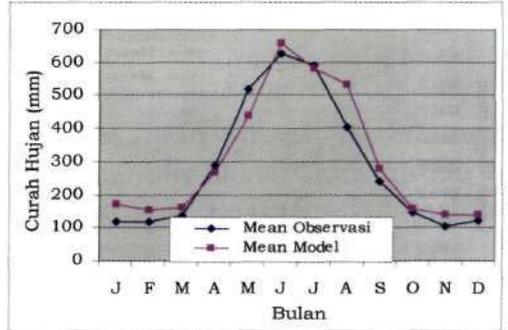
Lampung



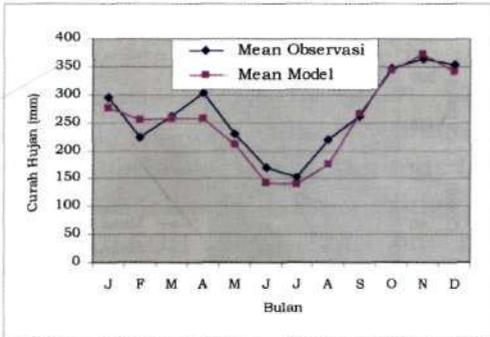
Jakarta



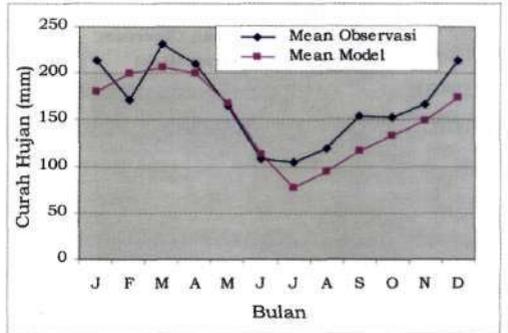
Kupang



Ambon

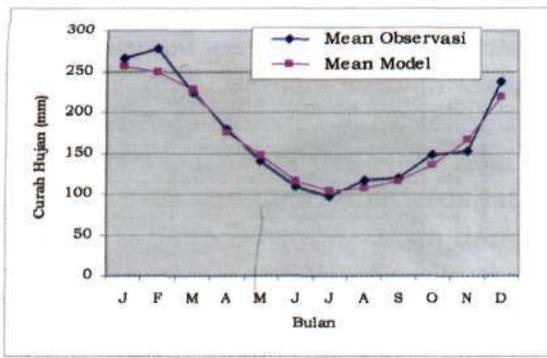


Padang

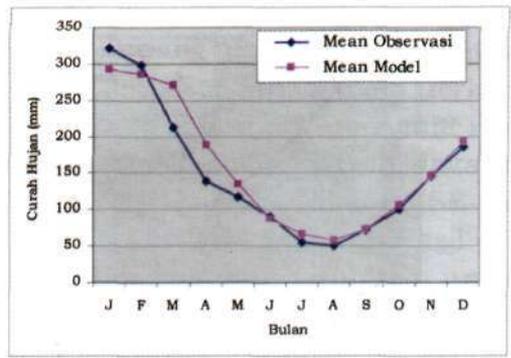


Solok

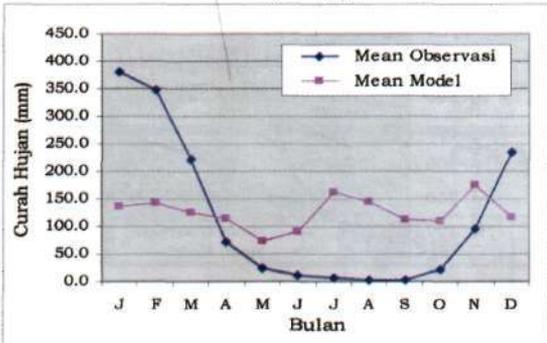
Gambar 3-1: Plot antara data hujan hasil luaran model CGCM terhadap hujan Observasi di 6 lokasi



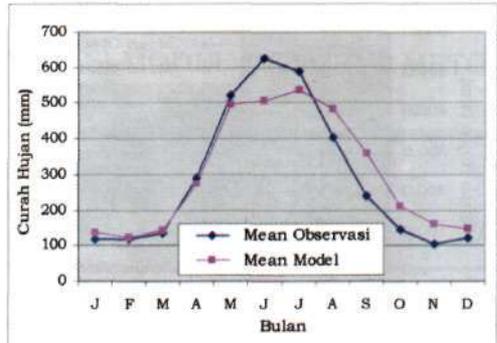
Lampung



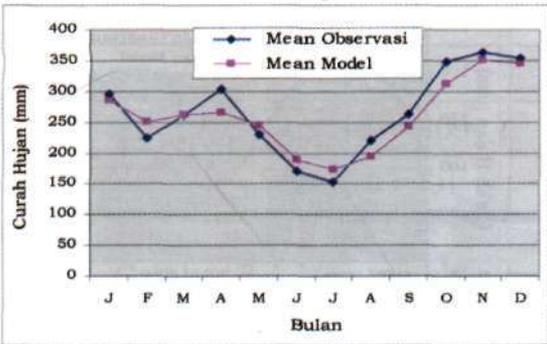
Jakarta



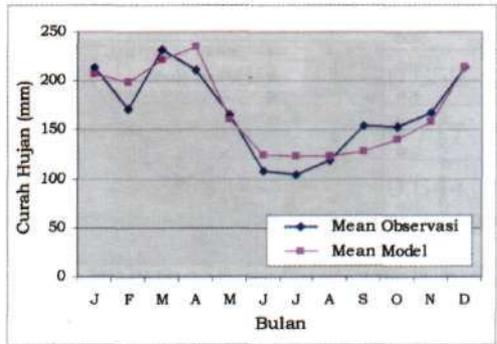
Kupang



Ambon



Padang



Solok

Padang

Solok

Gambar 3-2: Plot antara data hujan hasil luaran model CSIRO terhadap hujan Observasi 6 lokasi

#### 4 KESIMPULAN

Hasil reduksi spasial *grid* (domain) GCM CGCM3 untuk wilayah Indonesia diperoleh 170 *grid* dan 594 *grid* untuk GCM CSIRO-Mk3. Reduksi dimensi *grid* selanjutnya dengan menggunakan analisis komponen utama diperoleh masing-masing 6 - 8 komponen utama untuk GCM CGCM3 dan CSIRO-Mk3 di wilayah Lampung, Jakarta, Kupang, Solok, Padang, dan Ambon, hasil validasi luaran kedua model GCM tersebut dilokasi penelitian ini memiliki akurasi yang cukup tinggi ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang berkisar antara 60 % sampai dengan 76 % kecuali Kupang,

dengan total keragaman data masing-masing di atas 90%. Hasil ini menunjukkan bahwa antar *grid* terdapat keterkaitan yang cukup erat dan saling berinteraksi, karena hanya 6-8 komponen utama mampu menjelaskan lebih dari 90% keragaman data dari 170 *grid* dan 594 *grid*. Ternyata dari kedua model mengikuti pola curah hujan yang berkorelasi baik untuk Indonesia walaupun beberapa wilayah yang mewakilirinya, kecuali lokasi Kupang tidak sesuai dengan pola curah hujan pengamatan.

Ucapan terima-kasih

Terima kasih banyak disampaikan kepada Dr. Rizaldi Boer yang telah banyak memberikan pengarahan dan masukan dalam pelaksanaan penelitian ini dan juga pada Filla Aulifin K atas sebagian analisis data yang dilakukan.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Giorgi F., Hewitson B., Christensen J., Hulme M., Von Storch H., Whetton P., Jones R., Mearns L., Fu C, 2001. The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assesment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. University Press. Cambrige. UK
- Jhon, L. M., 1992. The meteorology of Indonesia and the maritime continent. The 4\* ICEAR symposium, 1-7.
- Quinn, W.H., Zopf, D.O., Short, K. S., and Kuoyang, R. T., 1978. *Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Nifto, and Indonesian droughts*. Fisheries Bulletin, 76, 663-678.
- Suppiah, R., 1994. *The Asian monsoons: simulations from four GCMs and likely changes under enhanced greenhouse conditions*. In: Climate Impact Assessment Methods for Asia and the Pacific [Jakeman, A.J. and B. Pittock (eds.)]- Proceedings of a regional symposium, organised by ANUTECH Pty. Ltd. on behalf of the Australian International Development Assistance Bureau 10-12 March 1993, Canberra, Australia, pp. 73-78.
- The Houw Liong, P. M. Siregar, 2006. *Sistem Peringatan Dini Berdasarkan Aktivitas Matahari dalam Seminar Nasional Sains Antariksa IE*. (Dalam Proses).
- Timbal B., Dufour A., McAvaney B., 2003. *An estimate of future climate change for western France using a statistical downscaling technique*. *Climate Dynamics*. 20:807-823.
- Yasunari, T., 1981. *temporal and Spatial variations of monthly rainfall in Java, Indonesia*, Southeast Asian Studies. Vol. 19, No. 2, 170-186.
- Yasunari, T., 1990a. *Impact of Indian monsoon on the coupled atmosphere/ocean system in the tropical Pacific*. *Meteor & Atmos Phy.*, 44, 29-41.
- Yasunari, T., 1990b. *Monsoon and ENSO-A coupled ocean/land/atmosphere system*. Proc. Int. Sci. Conf. TOGA, July 1990, Honolulu, Hawaii. WMO TDNo. 379, 111-120.