

METODE PENGUJIAN MODEL-MODEL SIRKULASI UMUM UNTUK WILAYAH INDONESIA

Kaimuddin Mole¹⁾, Rizaldi Boer²⁾, Hidayat Pawitan²⁾ dan Mezak A. Ratag³⁾

- 1) Fakultas Pertanian dan Kehutanan UNHAS Makassar
2) Jurusan Agrometeorologi dan Geofisika, FMIPA IPB Bogor
3) Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Abstract

Increasing CO₂ concentration in the atmosphere will cause change of climate. Studies on the impact of climate change have been conducted by several research agencies. This study discussed the description of five GCM models: CCCM, GISS, GFDL, UKMO and CSIRO9, and methodologies for evaluating the performance of the models in Indonesia.

There are two methods being evaluated for the evaluation the performance of the five models. First, methods using correlation analysis and RMSIE (Root means square interpolation error). Second, using regression analysis with dummy variables. In the former method the evaluation based on montly data while the later method based on monthly patern of the data. Since the second approach considers not only the quantity of the data but also the pattern of the data, thus the second approach is suggested. However, the second approach required several steps of analysis while the first approach only required one step.

Using the first approach, the better models were CSIRO9 and CCCM, while using second approach are CSIRO9 and GFDL. This result suggested that among the five models, CSIRO9 appears to be best GCM model for Indonesia. However, in general the five GCM models did not perform satisfactorily, since the level of similarity between observed and GCM-generated data are low. Therefore, further exploration to other GCM models is required.

Keywords: GCMs, correlation, RMSIE, dummy variables

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini isu pemanasan global menjadi masalah yang sangat menarik, karena dapat mengakibatkan perubahan iklim dan kenaikan permukaan air laut. Sebagian besar pakar atmosfer sepakat bahwa, peningkatan konsentrasi CO₂ atmosfer dan gas-gas penyerta lainnya menyebabkan perubahan iklim global yang dapat berdampak pada berbagai aspek yaitu manusia dan lingkungannya.

Model-model sirkulasi umum atau dikenal dengan General Circulation Models (GSMs) adalah salah satu model komputer yang kompleks yang digunakan untuk mensimulasikan efek perubahan konsentrasi gas rumah kaca terhadap iklim bumi. Di Indonesia, model-model sirkulasi umum seperti GISS, GFDL, UKMO dan CCCM telah digunakan untuk menilai dampak perubahan iklim seperti studi yang dilakukan oleh Safwan *et al.* (1990), Rozari *et al.* (1991), Handoko *et al.* (1995), Amien *et al.* (1996) dan

studi-studi lain yang dikoordinir oleh Komite Nasional Perubahan Iklim. Namun model-model tersebut belum diuji kesesuaiannya di Indonesia, untuk itu sebelum digunakan sebagai penilai dampak perubahan iklim terhadap berbagai aspek, maka perlu dilakukan pengujian terhadap model GCMs. Berdasarkan hal tersebut, maka studi ini akan membandingkan luaran dari model-model sirkulasi umum (GISS, GFDL, UKMO, dan CCCM) berupa peubah-peubah iklim (curah hujan dan suhu) dengan data pengamatan.

Metode pengujian atau verifikasi luaran model GCMs dengan data observasi yang umum dilakukan adalah metode statistik dengan koefisien korelasi (r) dan RMSIE (root means square interpolation error), seperti yang dilakukan oleh Whetton *et al.* (1994), Suppiah (1994) dan Kaimuddin *et al.* (1999). Hasil yang diperoleh dengan metode tersebut tidak atau kurang dapat menjelaskan pola (pattern) hubungan antara luaran model GCMs dengan data observasi, seperti hasil yang diperoleh Kaimuddin *et al.* (1999), sehingga perlu dicoba metode lain yang dapat menjelaskan hubungan dan kesamaan antara luaran model GCMs dengan data observasi dalam bentuk rataan dan pola. Salah satu diantara metode tersebut yaitu analisis regresi dengan peubah *dummy*.

Studi ini bertujuan untuk membandingkan luaran model-model sirkulasi umum berupa peubah-peubah iklim dengan data pengamatan dengan menggunakan analisis korelasi, RMSIE dan regresi peubah *dummy*. Hasil dari studi ini diharapkan memperoleh model sirkulasi umum yang representatif dan sesuai diterapkan di Indonesia untuk menilai dampak perubahan iklim secara umum. Hipotesis yang diajukan adalah: model GCMs tertentu lebih representatif dan sesuai digunakan di Indonesia dibanding dengan model GCMs lainnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Model-model GCM seperti GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) yang dikembangkan oleh NOAA, GISS (Goddard Institute for Space Studies) yang dikembangkan oleh NASA, UKMO (United Kingdom Meteorological Office), CCC (Canadian Climate Center) dan CSIRO9-level Atmospheric General Circulation Model yang selanjutnya disingkat Model CSRIO9 yang dikembangkan oleh CSIRO Division of Atmospheric Research, telah diaplikasikan untuk mensimulasi perubahan iklim pada tingkat regional maupun lokal.

Semua GCMs tidak sama baik dalam bentuk resolusi spasial dan vertikal (Tabel 1) maupun penggunaan persamaan-persamaan untuk membangkitkan parameter-parameter lahan dan atmosfer. Beberapa penampakan model lebih baik secara global dan regional dibanding dengan model lainnya, sehingga diperlukan penilaian kritis mengenai penampakan model-model tersebut dalam simulasi iklim sebelum digunakan sebagai penilai dampak (Pittock, 1993). Beberapa peneliti telah melakukan studi komparatif GCMs antara lain Whetton *et al.* (1994) dan Suppiah (1994). Hasil studi Whetton *et al.* (1994) di wilayah Australia menunjukkan bahwa, model CSIRO4 dan UKMO memberikan galat akar rata-rata kuadrat (rms error) paling kecil dan korelasi yang paling besar terhadap tekanan rerata muka laut (Tabel 2). Sedangkan hasil studi Suppiah (1994) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Ukuran grid dan spesifikasi GCMs

	GISS	UKMO	GFDL	CCCM	CSIRO9
Resolusi lat x long	7.83°x10.0°	2.50°x3.75°	2.22°x3.75°	3.75°x3.75°	3.18°x5.62°
Model level	9	11	9	10	9
Siklus Diurnal	ya	ya	tidak	ya	ya
Jumlah tahun rata2	10	15	10	10	10
Base 1xCO ₂ (ppm)	315	320	300	330	330

Table 2. Rms error (hPa) dan correlation Pattern mean sea level pressure (MSLP) between of simulation and observation in Australia.

Models	January		July	
	Rms error	r	Rms error	R
UKMO	7.7	0.02	4.5	0.88
CSIRO4	3.5	0.92	5.3	0.85
GISS	8.3	0.07	9.1	0.18
GFDL	8.3	0.79	7.2	0.9

Source: Whetton *et al.* (1994)

Table 3. Correlation Pattern (r) and root mean square (RMS) error for MSLP And rainfall on Monsoon Area.

Models	Correlation Pattern		RMS error	
	JJA	DJF	JJA	DJF
MSLP (hPa)				
CCCM	0.88	0.85	3.3	2.9
CSIRO9	0.9	0.81	2.7	2.6
GFDLH	0.88	0.9	6.3	6.7
UKMOH	0.94	0.95	1.5	1.8
Rainfall (mm/hari)				
CCCM	0.55	0.53	4.2	3.2
CSIRO9	0.5	0.63	3.6	2.7
GFDLH	0.45	0.64	2.5	2.2
UKMOH	0.56	0.49	3.6	3.6

Source: Suppiah (1994)

3. METODOLOGI

Pengumpulan Data

Data pengamatan berupa curah hujan dan suhu bulanan diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) di Jakarta. Data curah hujan diperoleh dari 3766 Stasiun Hujan dan panjang data

bervariasi, yang dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu: (1) data dari tahun 1931 – 1971, (2) tahun 1977 - 1997 dan (3) tahun 1980 – 1989. Kelompok data curah hujan (1) hanya data curah hujan rata-rata bulanan yang bukan data time series sedangkan kelompok data curah hujan (2) dan (3) merupakan data curah hujan rata-rata bulanan dengan data time series. Data suhu diperoleh dari Stasiun-Stasiun klimatologi (1980 – 1989) dan Stasiun Synoptik (1979 – 1990). Selain data dari BMG, juga digunakan data dari NCAR untuk analisis verifikasi (US-CS, 1994). Data pengamatan (curah hujan dan suhu) tiap bulan dan tiap grid diasumsikan sebagai base data (current climate) yaitu 1XCO₂. Data hujan yang tidak lengkap, dibangkitkan dengan menggunakan metode Epstein yang dikembangkan oleh Rizaldi (1998), sedangkan data suhu bulanan yang tidak lengkap dibangkitkan dari persamaan regresi suhu udara bulanan dengan altitude yang telah divalidasi oleh Rizaldi (1998).

Tabel 4. Persamaan regresi suhu udara dengan altitude di Indonesia

Bulan	Suhu Rata - Rata	R ²
Januari	Y = 27.1 - 0.0060X	0.8375
Februari	Y = 27.2 - 0.0059X	0.8177
Maret	Y = 27.6 - 0.0061X	0.8082
April	Y = 27.7 - 0.0061X	0.8103
Mei	Y = 27.5 - 0.0045X	0.8247
Juni	Y = 27.3 - 0.0059X	0.8239
Juli	Y = 26.8 - 0.0069X	0.7976
Agustus	Y = 26.9 - 0.0059X	0.7638
Sepetember	Y = 27.4 - 0.0061X	0.7534
Oktober	Y = 27.9 - 0.0065X	0.7830
Nopember	Y = 27.9 - 0.0064X	0.8102
Desember	Y = 27.4 - 0.0060X	0.8366

Keterangan: Y = Suhu Udara (°C)
 X = altitude (meter)

Model Iklim/GCMs

Model GCMs secara umum biasanya digunakan untuk menilai dampak perubahan iklim dengan skenario 1XCO₂ dan 2XCO₂ terhadap berbagai aspek,

seperti dampak perubahan iklim terhadap sumberdaya air, hutan, tanaman pangan, penyakit malaria dan lain-lain. Model GCMs merupakan representasi dari proses-proses atmosfer, laut dan daratan berdasarkan hukum-hukum fisika.

Studi ini berdasarkan pada pendekatan pemodelan untuk memprediksi perubahan peubah iklim (curah hujan, suhu udara dan radiasi surya) dengan skenario $1XCO_2$ dan $2XCO_2$. Pada tahap ini dilakukan uji komparatif model GCMs (CCCM, GFDL, GISS, UKMO dan CSIRO9) dengan data pengamatan/observasi.

Beberapa perbedaan yang dapat diringkas kelima model penelitian tersebut adalah perbedaan resolusi dan proses fisik yang digunakan. Resolusi dan spesifikasi model dapat dilihat pada Tabel 1. Perbedaan perlakuan proses fisik didalam model, barangkali lebih penting dibanding perbedaan resolusi. Perbedaan radiasi skema konveksi Cumulus lebih mudah digambarkan daripada ditabulasikan.

Verifikasi Model

Model GCMs yang digunakan dalam penelitian ini adalah luaran dari CCCM yang dirun Nopember 1989, GISS dirun tahun 1982, GFDL dirun Mei 1989 dengan R-30, UKMO dirun Nopember 1989 dan CSIRO9 dirun Maret 1999 selama 10 tahun (1980 – 1989). Model tersebut di atas digunakan untuk analisis perbandingan dengan data pengamatan/observasi. Kecuali model CSIRO9, luaran model GCMs lainnya (curah hujan, suhu udara dan radiasi surya) diekstrak oleh National Center for Atmospheric Research (NCAR) Amerika Serikat dan disimpan dalam bentuk bank data pada disket floppy, network dan tapes magnetik yang bertujuan agar data tersebut lebih mudah digunakan oleh lembaga atau

peneliti untuk penilaian dampak perubahan iklim terhadap berbagai aspek. Luaran model yang diverifikasi adalah luaran pada skenario $1XCO_2$, karena luaran ini cukup representatif untuk mewakili kondisi saat ini (current climate).

Khusus model CSIRO9, run model dilaksanakan di LAPAN Bandung dengan panjang data 10 tahun (1980 – 1989) yang diasumsikan sebagai run $1XCO_2$ dengan menggunakan SGI Power Challenge. Waktu yang dibutuhkan untuk run model sekitar 3 minggu. Luaran model yang diekstrak adalah: evaporasi (mm/hari), presipitasi (mm/hari), Net SW pada permukaan (W/m^2), suhu permukaan (K), kadar air tanah pada lapisan tanah atas (fraksi), runoff (mm/hari), albedo permukaan (fraksi) dan evaporasi potensial (mm/hari). Verifikasi model hanya menggunakan peubah hujan dan suhu, sedangkan peubah evaporasi, evaporasi potensial, runoff dan kadar air tanah diverifikasi dengan menggunakan model dampak (evapoklimatonomi).

Verifikasi luaran model GCMs (curah hujan dan suhu) terhadap data observasi (BMG dan NCAR) dilakukan dengan dua cara, yaitu: (1) analisis korelasi (r) dan Root Mean Square Interpolation Error (RMSIE) dan (2) analisis regresi dengan peubah *Dummy*, untuk melihat kemiripan pola luaran GCMs dengan data observasi. Data yang dianalisis hanya data curah hujan dari BMG.

1. Analisis korelasi (r) dan Root Mean Square Interpolation Error (RMSIE)

Verifikasi model menggunakan analisis korelasi (r) dan Root Mean Square Interpolation Error (RMSIE), yaitu:

$$RMSIE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\text{Observasi}(i) - \text{Model}(i))^2}$$

Model yang memberikan korelasi besar dan RMSIE kecil dianggap sebagai model yang terbaik. Untuk menentukan model yang terbaik, maka nilai r dan RMSIE tiap model GCMs setiap bulan pada komponen hujan dan suhu (baik data BMG maupun data NCAR) diskoring dengan cara sebagai berikut:

untuk skoring r

$$S_r(P_i, T_i) = \frac{V_r(P_i, T_i)}{V_{r \max}(P_i, T_i)} \times 10$$

untuk skoring RMSIE

$$S_r(P_i, T_i) = \frac{V_r(P_i, T_i)}{V_{r \max}(P_i, T_i)} \times 10$$

Keterangan:

- $S_r(P_i, T_i)$ = nilai skoring r hujan (P) atau suhu (T) pada bulan ke-i model GCMs tertentu
- $V_r(P_i, T_i)$ = nilai r hujan (P) atau suhu (T) pada bulan ke-i model GCMs tertentu
- $V_{r \max}(P_i, T_i)$ = nilai r hujan (P) atau suhu (T) tertinggi pada bulan ke-i kelima model GCMs
- $S_R(P_i, T_i)$ = nilai skoring RMSIE hujan (P) atau suhu (T) pada bulan ke-i model GCMs tertentu
- $V_R(P_i, T_i)$ = nilai RMSIE hujan (P) atau suhu (T) pada bulan ke-i model GCMs tertentu
- $V_{R \min}(P_i, T_i)$ = nilai RMSIE hujan (P) atau suhu (T) terendah pada bulan ke-i kelima model GCMs

Nilai skoring r dan RMSIE komponen hujan atau suhu tiap bulan (data BMG dan NCAR) tiap model GCMs dirata-ratakan.

2. Analisis regresi peubah dummy

Peubah *dummy* adalah peubah yang nilainya satu atau nol. Analisis regresi peubah dummy berguna untuk melihat hubungan antara satu peubah dengan peubah lain yang telah diklasifikasikan menurut resolusi horizontal (grid) serta untuk menyederhanakan bentuk-bentuk persamaan regresi dari beberapa buah persamaan menjadi satu persamaan.

Adapun bentuk-bentuk model persamaan yang digunakan sebagai berikut (Silk, 1976) :

a. *Full model*

$$Y = a_1 + a_2 + a_3 + b_1X + b_2X + b_3X$$

b. *Intercept model*

$$Y = a_{123} + b_1X + b_2X + b_3X$$

c. *Parallel model*

$$Y = a_1 + a_2 + a_3 + b_{123}X$$

d. *Joint model*

$$Y = a_{123} + b_{123}X$$

Persamaan (b), (c) dan (d) biasa juga disebut dengan *Reduce Model*

Untuk menguji apakah *Reduce Model* yang dibuat mempunyai kesamaan dengan *Full Model*, dilakukan Uji F dimana:

$$H_0 : \text{Full Model} = \text{Reduce Model}$$

$$H_1 : \text{Full Model} \neq \text{Reduce Model}$$

jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka tolak H_0 sedangkan jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka terima H_0 .

$$F_{hitung} = \frac{(SSR_{FM} - SSR_{RM}) / (dfR_{FM} - dfR_{RM})}{SSE_{FM} / dfE_{FM}}$$

$$F_{tabel} = F(dfR_{FM} - dfR_{RM}, dfE_{FM})$$

dimana SSR , SSE , dfR dan dfE menyatakan jumlah kuadrat regresi, jumlah kuadrat sisaan, derajat bebas regresi dan derajat bebas sisaan. Subskrip FM dan RM menyatakan *Full Model* dan *Reduce Model*. Komponen-komponen F_{hitung} dan F_{tabel} tersebut dapat diperoleh pada masing-masing ANOVA *Full Model* dan *Reduce Model*.

4. HASIL PENELITIAN

Diskripsi Perubahan Iklim (Curah Hujan)

Data curah hujan rata-rata bulanan (1931-1973) sebanyak 3766 stasiun disortir sehingga menghasilkan data curah hujan rata-rata bulanan periode tahun 1931 - 1960 sebanyak 628 stasiun, selanjutnya disebut *periode I*. Demikian pula data curah hujan rata-rata bulanan periode tahun 1961 - 1990, selanjutnya disebut *periode II* sebagian diperoleh dari data curah hujan rata-rata bulanan (1931-1973), curah hujan rata-rata bulanan (1977 - 1997) dan curah hujan rata-rata bulanan (1980 - 1989) yang menghasilkan 234 stasiun. Selanjutnya jumlah stasiun *periode I* dan *periode II* disamakan, sehingga menghasilkan 214 stasiun hujan yang di diskripsikan.

Distribusi dan jeluk curah hujan wilayah Indonesia antara periode (1931-1960) dan periode (1961-1990) disajikan pada gambar Lampiran 1, 2, 3, dan 4. Berdasarkan Gambar Lampiran 1, 2, 3 dan 4 menunjukkan bahwa:

1. Rerata bulan Desember, Januari, Februari (DJF)

- Wilayah Sumatera pada umumnya mengalami pergeseran distribusi hujan dan kondisi hujannya lebih kering pada *periode II* dibanding dengan *periode I* khususnya Sumatera bagian Utara.

- Wilayah Jawa lebih basah pada *periode II* dibanding dengan *periode I*. Wilayah yang relatif tidak mengalami perubahan jeluk hujan adalah Jawa Timur dengan jeluk hujan sebesar 200 - 300 mm/bulan.
- Kalimantan pada umumnya jeluk hujan antara *periode II* sama dengan *periode I*, hanya sebagian Kalimantan Barat *periode II* lebih besar dibanding dengan *periode I* sebesar 100 mm/bulan.
- Wilayah Sulawesi, *periode II* lebih kering dibanding *periode I*, kecuali Sulawesi-Selatan bagian Selatan dan Manado dan sekitarnya lebih basah dengan jeluk hujan sebesar 300 mm/bulan.
- Sebagian besar wilayah Maluku tidak mengalami perubahan jeluk hujan, kecuali Ambon dan P. Seram lebih kering pada *periode II* dibanding *periode I* dengan jeluk hujan 100 - 200 mm/bulan. Wilayah Nusa Tenggara Timur lebih kering pada *periode II* dibanding *periode I* kecuali Kupang dan sekitarnya relatif lebih basah.
- Wilayah Irian Jaya/Papua pada umumnya distribusi dan jeluk hujan tetap kecuali Jayapura dan sekitarnya lebih basah pada *periode II* dibanding *periode I* dengan jeluk hujan sebesar 300 mm/bulan dan daerah Kepala Burung lebih kering pada *periode II* dibanding dengan *periode I*.

2. Rerata bulan Juni, Juli, Agustus (JJA)

- Distribusi dan Jeluk hujan wilayah Sumatera pada umumnya tidak mengalami perubahan kecuali Lampung lebih kering pada *periode II* dibanding dengan *periode I* dengan jeluk hujan sebesar 0 - 100 mm/bulan dan

Palembang dan sekitarnya relatif lebih basah pada *periode II* dibanding dengan *periode I* dengan jeluk hujan sebesar 100 – 200 mm/bulan

- Pada umumnya jeluk hujan Jawa Barat relatif tetap sebesar 100 – 200 mm/bulan dan Jawa Timur juga relatif tetap dengan jeluk 0 – 100 mm/bulan. Jakarta dan Jawa Tengah lebih kering pada *periode II* dibanding dengan *periode I* dengan jeluk hujan sebesar 0 – 100 mm/bulan.
- Jeluk hujan antara *periode II* dan *periode I* wilayah Nusa Tenggara Timur dan Barat relatif tetap dengan jeluk hujan sekitar 0 – 100 mm/bulan demikian juga wilayah Maluku relatif tetap.
- Jeluk hujan antara *periode II* dan *periode I* wilayah Sulawesi relatif tetap dengan jeluk hujan sebesar 100 – 200 mm/bulan, kecuali Sulawesi Tengah (Poso dan sekitarnya) lebih kering.
- Jeluk hujan antara *periode II* dan *periode I* wilayah Irian Jaya/Papua relatif tetap dengan jeluk hujan sebesar 200 – 300 mm/bulan, kecuali Irian bagian Timur (Merauke dan sekitarnya) relatif lebih basah.

Selanjutnya distribusi dan jeluk hujan rerata bulan Maret, April, Mei (MAM) dan September, Oktober, November (SON) dapat dilihat pada Gambar lampiran 2 dan 4.

Dampak 2XCO₂ terhadap Curah Hujan dan Suhu Udara

Sebagian besar wilayah tropik, ketersediaan air adalah peubah lingkungan yang utama yang berpengaruh terhadap sistem biologi. Sebagai contoh

bentuk defisit kadar air tanah dapat menjelaskan dalam skala besar tentang terjadinya perbedaan distribusi tumbuhan (ekosistem dan bioma). Curah hujan atau indeks kadar air tanah kerap kali digunakan sebagai ukuran untuk ketersediaan air. Oleh karena itu dampak perubahan konsentrasi CO₂ terhadap dua peubah tersebut sangat penting. Dalam studi ini, dampak penggandaan CO₂ terhadap distribusi curah hujan tahunan di Indonesia dinilai juga.

Bentuk perbedaan spasial antara 1XCO₂ dan 2XCO₂ ditampilkan menggunakan metode Kriging dengan melalui perangkat lunak *Surface Mapping System V. 2.0*. Resolusi yang digunakan kelima model GCMs (CCCM, CSIRO9, GFDL, GISS dan UKMO) adalah 0.5° bujur x 0.5° lintang.

Curah Hujan

Dampak peningkatan konsentrasi CO₂ terhadap curah hujan di Indonesia kelima model GCMs (CCCM, CSIRO9, GFDL, GISS dan UKMO) dengan indikator selisih antara 2XCO₂ dengan 1XCO₂ dapat dilihat pada Gambar Lampiran 5 dengan resolusi 0.5° x 0.5°. Gambar Lampiran 5. menunjukkan bahwa, model CCCM memberikan respon yang paling rendah terhadap peningkatan curah hujan akibat 2XCO₂ di Indonesia yakni sebesar 300 mm/tahun dan yang tertinggi adalah CSIRO9 sebesar 2600 mm/tahun. Model GISS menunjukkan bahwa, hampir seluruh wilayah Indonesia mengalami peningkatan curah hujan 50 – 750 mm/tahun.

Model CCCM menunjukkan bahwa, peningkatan curah hujan akibat 2XCO₂ hanya pada belahan bumi selatan dan didaerah equator hampir tidak mengalami peningkatan curah hujan dan hampir sebagian besar wilayah Indonesia dibelahan bumi utara justru mengalami penurunan curah hujan akibat

2XCO₂. Model ini juga menunjukkan bahwa, wilayah-wilayah yang paling mengalami defisit hujan akibat 2XCO₂ yaitu sekitar 250 - 450 mm/tahunan adalah Sumatera bagian Selatan dan sebagian Kalimantan Timur. Secara global, model CCCM mempunyai kepekaan iklim lebih rendah dibanding beberapa model GCMs; Model hanya menunjukkan peningkatan presipitasi sebesar 3.8 % saat konsentrasi 2XCO₂ (UC-CS, 1994).

Model CSIRO9 menunjukkan bahwa, terjadi peningkatan curah hujan akibat 2XCO₂ hampir di seluruh wilayah Indonesia dan jeluknya antara 1000 - 2600 mm/tahun. Wilayah yang mengalami peningkatan curah hujan sebesar 2000 - 2600 mm/tahun akibat peningkatan 2XCO₂ adalah: Sumatera Bagian Utara, Kalimantan Bagian Barat dan Irian Kepala Burung. Peningkatan curah hujan antara 1000 - 1500 mm/tahun terjadi di Sulawesi Selatan dan Tenggara, Maluku dan sebagian Irian dan Pulau Jawa hanya mengalami peningkatan sebesar 500 - 1000 mm/tahun. Hasil ini juga menunjukkan bahwa model CSIRO9 mempunyai kepekaan paling tinggi terhadap curah hujan dibanding keempat model lainnya.

Model GFDL dan UKMO menunjukkan bahwa, peningkatan 2XCO₂ juga meningkatkan jeluk hujan di Indonesia antara 200 - 600 mm/tahun, kecuali daerah Sulawesi Selatan dan Tenggara mengalami penurunan sebesar 150 mm/tahun dan Sulawesi Tengah sebesar 50 mm/tahun untuk model GFDL dan wilayah pantai utara Pulau Jawa mengalami penurunan sebesar 200 mm/tahun untuk model UKMO.

Suhu Udara

Gambar Lampiran 6 menunjukkan bahwa, model CCCM mempunyai kepekaan perubahan suhu yang lebih kecil dibanding ketiga model lainnya akibat

2XCO₂ dan yang tertinggi adalah model CSIRO9 sebesar 5.6 °C. Model CCCM menunjukkan bahwa, sebagian besar wilayah Indonesia tidak mengalami peningkatan suhu akibat 2XCO₂, bahkan mengalami penurunan, kecuali Irian, Sulawesi dan Sumatera bagian Utara termasuk Propinsi Aceh. Secara global model GISS mempunyai kepekaan model sebesar 4.2 °C (yaitu pemanasan suhu permukaan global 4.2 °C untuk run 2 x CO₂ dibandingkan dengan 1 x CO₂), GFDL mempunyai kepekaan untuk run R-30 sampai 4.0 °C, CCCM menunjukkan peningkatan suhu sebesar 3.5 °C dan model UKMO menaikkan suhu global sebesar 3.5 °C (UC-CS, 1994).

Studi yang dilakukan oleh Climate Impact Group (1992) dan Whetton et al. (1994) terhadap peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer, menghasilkan kenaikan suhu di Indonesia kira-kira 0.1 - 0.5 °C pada tahun 2010 dan 0.4 - 3.0 °C pada tahun 2070. Selain itu, tahun 2010 perubahan curah hujan berkisar 0 sampai -5 % untuk musim hujan, tetapi tidak ada perubahan pada musim kemarau dan tahun 2070 perubahan akan berkisar -5 sampai +15 % pada musim hujan dan -5 sampai +10 % pada musim kemarau.

Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer dapat juga mempengaruhi terjadinya ENSO (Ratag, et al. 1998). Hal ini dapat ditunjukkan pada kondisi sekarang (skenario 1XCO₂), dimana frekuensi kejadian ENSO adalah sekali dalam setiap 3 - 7 tahun. Frekuensi ini akan meningkat menjadi sekali dalam setiap 2 - 5 tahun pada 2XCO₂ dan sekali dalam setiap 2 - 3 tahun pada 3XCO₂. Selain itu, pada kondisi 2XCO₂ intensitas curah hujan meningkat 2 - 3 kali dibanding dengan kondisi 1XCO₂.

Verifikasi Model

1. Analisis korelasi (r) dan Root Mean Square Error (RMSE)

Hasil analisis statistik root mean square error (RMSE) dan koefisien korelasi (r) antar model GCM (CCCM, GFDL, GISS, UKMO dan CSIRO9) dengan data pengamatan (curah hujan dan suhu), disajikan pada Tabel 5 dan 6 serta Tabel Lampiran 1 dan 2. Berdasarkan Tabel Lampiran 1 dan 2, dilakukan skoring untuk menentukan ranking terbaik antar model dengan kriteria: nilai r tertinggi atau RMSE terendah memperoleh nilai 10 berurut kebawah. Hasil skoring dan ranking model berdasarkan nilai r dan RMSIE dapat dilihat pada Tabel 7, Tabel Lampiran 3

dan 4.

Tabel 5. Nilai (MAX, MIN dan AVE) koefisien korelasi (r) dan RMSE curah hujan dan suhu model GCMs dengan Data BMG dan NCAR.

Tabel 5, 6 dan 7 menunjukkan bahwa, ada kecenderungan koefisien korelasi (r) peubah hujan, kelima model penelitian lebih kecil dibanding dengan peubah suhu baik pada data BMG maupun data NCAR, hal ini mengindikasikan bahwa, model GCM lebih respon terhadap peubah suhu dibanding dengan peubah hujan. Menurut Whetton, *et al.* (1994), secara umum model-model GCM kurang berhasil mensimulasi

Tabel 5. Nilai (MAX, MIN dan AVE) koefisien korelasi (r) dan RMSE curah hujan dan suhu model GCMs dengan Data BMG dan NCAR

DATA BMG										
	CCCM		GFDL		GISS		UKMO		CSIRO9	
	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE
H U J A N										
MAX	0.50	4.54	0.67	4.89	0.67	5.79	0.53	4.70	0.55	3.29
MIN	0.04	3.02	0.01	2.68	-0.14	3.07	-0.24	3.14	-0.19	1.79
AVE	0.31	3.71	0.32	3.72	0.26	4.05	0.08	3.90	0.26	2.51
S U H U										
MAX	0.80	1.54	0.63	2.52	0.76	1.36	0.62	1.95	0.76	1.92
MIN	0.53	1.25	0.38	2.03	-0.02	0.80	0.17	1.44	0.64	1.34
AVE	0.68	1.34	0.49	2.30	0.29	1.00	0.45	1.69	0.69	1.62
DATA NCAR										
	CCCM		GFDL		GISS		UKMO		CSIRO9	
	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE
H U J A N										
MAX	0.77	4.26	0.56	5.01	0.60	4.61	0.17	6.66	0.64	2.89
MIN	0.20	2.28	0.03	2.94	-0.31	2.90	-0.25	4.07	0.33	2.06
AVE	0.57	3.13	0.38	4.04	0.18	3.70	0.02	5.03	0.49	2.52
S U H U										
MAX	0.50	1.80	0.67	4.47	0.82	1.11	0.48	2.07	0.69	1.68
MIN	0.27	1.49	0.09	3.05	0.62	0.66	0.25	1.70	0.45	1.38
AVE	0.39	1.67	0.51	4.08	0.71	0.86	0.37	1.92	0.58	1.49

Keterangan:
 Max = nilai tertinggi dari Januari s/d Desember
 Min = nilai terendah dari Januari s/d Desember
 Ave = nilai rata-rata dari Januari s/d Desember

peubah curah hujan, hal ini disebabkan resolusi model GCM cukup kasar, dimana faktor topografi kurang berhasil ditampilkan dalam resolusi yang kasar. Seperti diketahui faktor topografi sangat penting didalam menentukan tinggi dan pola curah hujan lokal dan wilayah. Tabel 6 menunjukkan bahwa, nilai RMSEI DJP dan JJA terhadap peubah hujan yang diperoleh dalam penelitian ini cukup tinggi dan nilai koefisien korelasi (r) yang lebih kecil dibanding dengan hasil yang diperoleh Suppiah (1994) untuk wilayah Monsun Asia (Tabel 2). Hal ini diduga bahwa, Indonesia yang curah hujannya didalam palung yang berada didekat equator dicirikan oleh jumlah (intensitas) yang sangat

besar tetapi dengan sebaran yang tidak merata (Nieuwolt, 1977).

Hasil analisis menunjukkan (Tabel 7) bahwa, berdasarkan nilai skoring, model CSIRO9 memberikan kenampakan model yang lebih baik dibanding keempat model lainnya, disusul secara berurut model CCCM, GISS, GFDL dan UKMO. Juga terdapat perbedaan nilai r dan RMSIE antara data BMG dan NCAR dimana penggunaan data NCAR menghasilkan r lebih rendah dan RMSIE lebih tinggi dibanding dengan data BMG. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan cara interpolasi yang digunakan untuk mengeneret data pengamatan dan juga perbedaan distribusi dan jumlah

Tabel 6. Nilai (DJP, MAM, JJA, SON) koefisien korelasi (r) dan RMSE curah hujan dan suhu, model GCMs dengan Data BMG dan NCAR

BLN	DATA BMG									
	CCCM		GFDL		GISS		UKMO		CSIRO9	
	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE
	H U J A N									
DJP	0.30	4.00	0.18	3.73	-0.01	4.85	0.09	3.54	0.38	2.28
MAM	0.43	2.80	0.38	3.97	0.19	3.31	0.13	3.21	0.40	2.23
JJA	0.27	3.36	0.36	2.85	0.40	3.45	-0.26	3.30	0.05	1.86
SON	0.52	3.57	0.64	3.12	0.62	2.74	0.30	3.22	0.46	2.29
	S U H U									
DJP	0.7	1.2	0.6	2.1	0.5	1.0	0.5	1.7	0.7	1.6
MAM	0.7	1.3	0.5	2.2	0.1	1.1	0.5	1.5	0.7	1.8
JJA	0.7	1.4	0.4	2.5	0.2	0.9	0.5	1.7	0.7	1.5
SON	0.6	1.3	0.5	2.3	0.5	0.8	0.4	1.6	0.7	1.5
	DATA NCAR									
	CCCM		GFDL		GISS		UKMO		CSIRO9	
	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE
	H U J A N									
DJP	0.33	3.78	0.11	4.73	-0.18	4.24	-0.29	4.36	0.41	2.44
MAM	0.60	2.55	0.53	4.11	0.07	3.20	0.11	4.13	0.44	2.10
JJA	0.78	2.54	0.44	3.09	0.32	3.27	0.01	4.77	0.67	1.96
SON	0.70	3.04	0.54	3.65	0.59	2.72	0.14	5.14	0.58	2.60
	S U H U									
DJP	0.40	1.66	0.55	4.04	0.77	0.90	0.44	1.94	0.60	1.40
MAM	0.29	1.51	0.60	4.13	0.68	0.76	0.46	1.71	0.71	1.42
JJA	0.45	1.73	0.62	4.34	0.74	0.70	0.33	1.98	0.55	1.54
SON	0.35	1.68	0.40	3.74	0.65	0.83	0.27	1.91	0.57	1.52

Keterangan: DJP = Desember, Januari Pebruari JJA = Juni, Juli, Agustus
 MAM = Maret, April, Mei SON = September, Oktober, November

Tabel 7. Nilai rata-rata skoring r dan RMSE hujan dan suhu data BMG dan NCAR dengan model GCMs

MODEL	DATA NCAR					DATA BMG					TOT (6+11)	UR UT AN
	HUJAN		SUHU		JUM (2+3+ 4+5)	HUJAN		SUHU		JUM (7+8+ 9+10)		
	RMSE	r	RMSE	r		RMSE	r	RMSE	r			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CCCM	8.24	9.35	5.19	5.51	28.28	6.83	6.50	7.43	9.46	30.23	58.52	2
GFDL	6.41	5.98	2.12	7.28	21.80	6.84	6.47	4.38	6.88	24.56	46.36	4
GISS	6.93	2.44	10.00	9.96	29.33	6.37	5.13	9.96	3.98	25.44	54.77	3
UKMO	5.10	0.08	4.49	5.21	14.88	6.57	1.34	5.99	6.26	20.15	35.03	5
CSIRO9	9.98	8.34	5.77	8.18	32.27	9.96	4.83	6.16	9.62	30.57	62.84	1

stasiun yang digunakan didalam interpolasi. Selain itu resolusi model dapat juga mempunyai pengaruh terhadap korelasi. Model dengan resolusi yang tinggi dapat memberikan korelasi yang lebih tinggi. Secara umum penggunaan data BMG untuk verifikasi lebih baik dibanding dengan data NCAR. Hal ini ditunjukkan oleh nilai skoring BMG lebih besar dibanding NCAR. (Tabel 7).

Secara umum model CSIRO9 dan CCCM tidak memberikan perbedaan model yang nyata dibanding dengan model lainnya, sedangkan model GISS dan UKMO tidak memberikan penampakan model yang baik, karena memberikan nilai negatif terhadap nilai korelasi (Tabel 6). Ini menunjukkan bahwa model tersebut tidak cukup representatif untuk kondisi Indonesia, hal ini disebabkan wilayah Indonesia yang terdiri dari pulau-pulau baik besar maupun kecil, kondisi iklim sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lokal sehingga model-model dengan resolusi yang rendah seperti GISS tidak cukup baik mensimulasi data iklim khususnya peubah hujan.

Selain CCCM yang cukup representatif digunakan di Indonesia sebagai penilai dampak, juga

yang sangat potensial digunakan adalah CSIRO9. Hal ini didasarkan pada pertimbangan, selain kenampakan model yang cukup baik dibanding keempat model lainnya sesuai dengan hasil verifikasi, juga model tersebut dapat dirun di Indonesia. LAPAN Bandung telah mengembangkan model GCM ini dan memungkinkan untuk memodifikasi parameter-parameter dan konstanta-konstanta yang digunakan model tersebut serta dapat memperbaharui input data seperti sea surface temperature (SST) dan albedo, sehingga model ini selain untuk penilai dampak, juga sebagai model prediksi iklim.

Tabel 8. Nilai skoring kelima model GCMs berdasarkan analisis regresi peubah *dummy*

GCMs	Jumlah Grid	Jumlah grid yang berbeda dan tidak berbeda nyata pada taraf 0.05				Skoring
		Berbeda	Tida berbeda			
		A	B	C	D	
CCCM	30	15(50)	3(10)	7(23)	5(17)	10.80
CSIRO9	22	6(27)	7(32)	4(18)	5(23)	18.15
GISS	8	6(75)	2(25)	0(0)	0(0)	0.40
GFDL	35	17(49)	2(6)	8(23)	8(23)	14.62
UKMO	37	15(41)	12(32)	5(14)	5(14)	14.92
Pembobot			0.15	0.35	0.5	

Keterangan: Angka didalam kurung menunjukkan persentase terhadap jumlah grid

A = Model Terpisah C = Model Paralel
 B = Model Intersep D = Model Joint

2. Analisis regresi peubah *dummy*

Analisis regresi dengan peubah *dummy* untuk menentukan *reduce* model (intersep, paralel dan joint model) yang tidak berbeda nyata secara statistik dengan *full* model dengan menggunakan Uji F. Hasil analisis menunjukkan bahwa model GISS mempunyai persentase grid paling besar (75 %) berbeda nyata dengan *full* model dan persentase grid yang paling kecil adalah CSIRO9 (27 %). Persentase grid yang tertinggi yang tidak berbeda nyata antara *joint* model dengan *full* model adalah model CSIRO9 (23 %) dan GFDL (23 %) secara berturut diikuti oleh model CCCM (17 %), UKMO (14 %) dan GISS (0 %). Jika *joint* model tidak berbeda nyata dengan *full* model, ini menunjukkan bahwa nilai rerata dan pola model sama atau hampir sama antara observasi dengan luaran model GCMs (curah hujan). Persentase grid yang tertinggi yang tidak berbeda nyata antara *paralel* model dengan *full* model adalah model GFDL (23 %) dan CCCM (23 %) secara berturut diikuti oleh model CSIRO 9 (18 %), UKMO (14 %) dan GISS (0 %). Sedangkan persentase grid yang tertinggi yang tidak berbeda nyata antara *intersep* model dengan *full* model adalah model UKMO (32 %) dan CSIRO9 (32 %) secara berturut diikuti oleh model

GISS (25 %), CCCM (10 %) dan GFDL (6 %). Jika *paralel* model tidak berbeda nyata dengan *full* model, hal ini menunjukkan bahwa, antara luaran model GCMs (hujan) dengan observasi hanya mempunyai pola yang sama atau hampir sama, sedangkan jika *intersep* model tidak berbeda nyata dengan *full* model hal ini menunjukkan bahwa antara luaran GCMs (hujan) dengan observasi hanya rerata yang sama atau hampir sama, sedangkan pola tidak sama.

Untuk menentukan model yang terbaik kenampakannya, maka hasil analisis regresi dengan peubah *dummy* diskoring dengan pertimbangan pembobot tertinggi adalah *joint* model (0.5) diikuti oleh *paralel* model (0.35) dan *intersep* model (0.15). Hasil skoring menunjukkan bahwa model CSIRO9 memberikan kenampakan terbaik, dengan nilai skor 18.15, diikuti secara berturut UKMO (14.92), GFDL (14.62), CCCM (10.80) dan GISS (0.40) (Tabel 8). Untuk analisis dampak dengan skenario 1 X CO₂ dan 2 X CO₂ terhadap berbagai aspek di Indonesia diharapkan menggunakan model CSIRO9, hal ini disebabkan disamping resolusi spasialnya relatif kecil juga model ini dapat di run di Indonesia (LAPAN) sehingga memudahkan untuk melakukan modifikasi-

modifikasi model. Model lainnya yang disarankan adalah GFDL karena model GFDL resolusi spasialnya lebih kecil dibanding dengan CSIRO dan hasil analisis korelasi (r) dan RMSE cukup baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan bentuk korelasi dan nilai RMSIE serta hasil analisis regresi peubah *dummy*, model CSIRO9 dan GFDL memberikan kenampakan model yang lebih baik dibanding dengan ketiga model GCMs lainnya. Model GISS dan UKMO tidak representatif digunakan sebagai penilai dampak di Indonesia karena tidak cukup baik mensimulasi data iklim khususnya curah hujan.

Ada kecenderungan kelima model GCM menunjukkan nilai koefisien korelasi peubah hujan lebih kecil dibanding dengan suhu, hal ini mengindikasikan model GCM lebih respon terhadap peubah suhu di Indonesia. Secara umum kelima model menunjukkan nilai r yang kecil dan RMSIE yang besar untuk Indonesia dibanding dengan hasil verifikasi yang dilaksanakan di negara lain.

Disarankan menggunakan model CSIRO9 dan GFDL sebagai penilai dampak. Khusus model CSIRO9 yang dapat dirun di Indonesia disarankan untuk melaksanakan modifikasi-modifikasi terhadap parameter maupun konstanta model tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amien, I., P. Rejeningrum, A. Pramudia dan E. Susanti, 1996. *Effects of interannual climate variability and climate change on rice yield in Java, Indonesia*. Water, Air and Soil pollution 92: 29 – 39
2. Boer, R., 1998. *Analisis resiko kekeringan untuk pengembangan dan produksi kedelai di Flores, Nusa Tenggara Timur*. Laporan Riset Unggulan Terpadu IV (1996 – 1998). Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi. Dewan Riset Nasional. Jakarta.
3. Climate Impact Group, 1992. *Climate change scenario for South and Southeast Asia*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Division of Atmospheric Research, Aspendale, Mordialloc, Australia, 41p.
4. Handoko, R.T.M. Sutamiharja, Ng. Ginting, I. Risdiyanto, Y. Sugiarto, Gunardi dan M.Y. Ishadamy, 1997. *Vulnerability and adaptation assessment of forest vegetation in Indonesia*. p.11. Makalah yang tidak dipublikasikan.
5. Kaimuddin, H. Pawitan, A. Bey, S. Hardjoamidjojo, R. Boer and M. A. Ratag, 1999. *Comparative Analysis of General Circulation Models for Indonesia*. Paper presented at International Symposium on Land-Use Change and Forest Management for Climate Change Mitigation, Bogor, 18th – 20th October 1999.
6. Nieuwolt, S., 1977. *Tropical Climatology. An Introduction to the Climates of the Low Latitudes*. John Wiley & Sons, New York.
7. Pittock, A.B., 1993. *Climate scenario development*. In: *Modelling Change in Environmental Systems*. (Eds). A.J. Jakeman, M.B. Beck dan M.J. McAleer. pp. 481 - 503.
8. Ratag, M.A., Asiati, S., Nuryanto, A, Siswanto, B and Suyadhi, 1998. *Greenhouse gases, climate change and El-Nino*. In *Economic Assessment of Greenhouse Gas Abatement Options*. ALGAS-FINAL National Workshop.

9. Rozari, M.Bl. , Koesoebiono, N. Sinukaban, D. Murdiyarso dan K. Makarim, 1990. *Assessment of socio economic impacts of climate change in Indonesia in the potential socio-economic effect of climate change in South-East Asia*. United Nation Environment Program (UNEP).
10. Silk, J.A., 1976. *A Comparison of Regression Lines Using Dummy Variable Analysis*. Geographical papers. University of Sydney Library
11. Suppiah, R., 1994. *The Asian Monsoons: Simulation from Four GCMs and Likely Changes under Enhanced Greenhouse Conditions*. A. J. Jakeman and A. B. Pittock (Eds). Climate Impact Assessment Methods for Asia and the Pacific. AIDAB, Camberra.
12. US-CS, 1994. *Guidance for vulnerability and adaptation assessments Version 1.0*. US Country Studies Management Team . Washington D.C.
13. Whetton, P.H., P.J. Rayner, A.B. Pittock dan M.R. Haylock, 1994. *An assess-ment of possible climate change in the Australian region based on an intercomparison of general circulation modeling results*. American Meteorological Society. pp. 441.

Tabel Lampiran 1. Nilai r dan RMSIE hujan (mm/hari) dan suhu (°C) bulanan model GCMs dengan data BMG

Bulan	MODEL GCMs									
	CCCM		GFDL		GISS		UKMO		CSIRO9	
	H U J A N									
	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE
Jan	0.19	4.54	0.16	3.60	0.01	4.79	0.03	4.32	0.27	2.69
Feb	0.27	4.27	0.06	4.89	-0.14	5.79	0.26	4.49	0.47	2.65
Mar	0.40	3.19	0.25	4.40	-0.07	4.77	0.27	3.89	0.55	2.30
Apr	0.50	3.02	0.31	4.69	0.19	4.04	0.07	4.08	0.55	2.61
May	0.15	3.17	0.37	3.58	0.12	3.08	-0.11	3.53	-0.19	2.81
Jun	0.04	4.06	0.01	3.80	0.27	3.34	-0.24	3.41	-0.11	2.52
Jul	0.23	3.31	0.42	2.68	0.29	4.08	-0.22	3.38	-0.11	2.13
Aug	0.44	3.29	0.43	2.81	0.53	3.95	-0.17	4.40	0.43	1.79
Sep	0.33	3.43	0.52	2.94	0.67	3.07	0.06	4.70	0.47	2.25
Oct	0.43	4.42	0.67	3.21	0.58	3.09	0.20	3.90	0.50	2.32
Nov	0.44	3.96	0.47	4.29	0.43	4.26	0.53	3.14	0.16	3.29
Dec	0.35	3.80	0.17	3.77	0.17	4.39	0.34	3.53	0.15	2.78
	S U H U									
	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE
Jan	0.7	1.3	0.6	2.1	0.6	1.0	0.5	1.8	0.8	1.7
Feb	0.7	1.3	0.5	2.0	0.3	1.2	0.5	1.5	0.7	1.8
Mar	0.8	1.3	0.5	2.0	0.2	1.4	0.6	1.4	0.7	1.9
Apr	0.7	1.4	0.5	2.1	0.1	1.2	0.4	1.6	0.6	1.9
May	0.6	1.4	0.5	2.5	0.0	0.9	0.3	1.8	0.7	1.7
Jun	0.6	1.5	0.4	2.5	0.1	0.9	0.2	1.9	0.6	1.6
Jul	0.7	1.4	0.4	2.5	0.2	1.1	0.5	1.8	0.7	1.5
Aug	0.7	1.3	0.4	2.5	0.1	0.9	0.6	1.5	0.7	1.3
Sep	0.6	1.3	0.4	2.4	0.0	0.9	0.5	1.6	0.7	1.4
Oct	0.5	1.4	0.5	2.3	0.4	0.9	0.4	1.7	0.7	1.5
Nov	0.6	1.4	0.6	2.5	0.8	0.8	0.4	1.8	0.7	1.6
Dec	0.7	1.3	0.6	2.3	0.6	0.9	0.5	1.9	0.7	1.5

Tabel Lampiran 2. Nilai r dan RMSIE hujan (mm/hari) dan suhu (°C) bulanan model GCMs dengan data NCAR

Bulan	MODEL GCMs									
	CCCM		GFDL		GISS		UKMO		CSIRO9	
	H U J A N									
	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE
Jan	0.20	4.26	0.03	4.76	-0.31	4.47	-0.25	5.14	0.50	2.28
Feb	0.30	3.73	0.04	5.01	-0.19	4.14	-0.02	5.06	0.37	2.81
Mar	0.41	3.30	0.28	4.78	0.05	3.66	0.03	4.64	0.40	2.62
Apr	0.62	2.70	0.56	4.30	0.07	3.44	0.10	5.07	0.44	2.31
May	0.63	2.28	0.55	3.71	0.18	3.46	0.10	4.07	0.45	2.34
Jun	0.70	2.73	0.41	3.49	0.45	3.07	0.02	4.29	0.51	2.50
Jul	0.77	2.40	0.43	2.94	0.25	3.55	0.02	4.73	0.63	2.06
Aug	0.75	2.70	0.48	3.05	0.17	3.85	-0.02	6.12	0.64	2.24
Sep	0.70	2.96	0.54	3.08	0.32	3.59	0.02	6.66	0.55	2.89
Oct	0.61	3.34	0.49	4.00	0.60	2.90	0.15	5.78	0.55	2.72
Nov	0.70	3.27	0.56	4.34	0.45	3.61	0.17	4.50	0.54	2.72
Dec	0.45	3.86	0.16	5.01	0.11	4.61	-0.13	4.37	0.33	2.80

Bulan	S U H U									
	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE	r	RMSE
Jan	0.46	1.65	0.60	3.98	0.72	1.02	0.48	1.99	0.60	1.42
Feb	0.27	1.64	0.41	4.04	0.70	0.84	0.33	1.94	0.55	1.43
Mar	0.27	1.49	0.49	3.86	0.64	0.95	0.41	1.74	0.64	1.42
Apr	0.27	1.53	0.62	4.14	0.65	0.92	0.44	1.70	0.69	1.45
May	0.47	1.57	0.65	4.43	0.71	0.67	0.46	1.81	0.68	1.46
Jun	0.39	1.80	0.58	4.47	0.72	0.70	0.30	2.07	0.55	1.61
Jul	0.50	1.71	0.67	4.27	0.73	0.74	0.33	2.04	0.60	1.51
Aug	0.42	1.76	0.57	4.32	0.72	0.82	0.35	1.93	0.49	1.56
Sep	0.32	1.75	0.09	3.05	0.77	0.66	0.35	1.87	0.59	1.38
Oct	0.43	1.65	0.49	4.07	0.68	0.92	0.25	1.91	0.51	1.58
Nov	0.42	1.72	0.42	4.23	0.62	1.11	0.27	2.06	0.45	1.68
Dec	0.45	1.72	0.59	4.13	0.82	0.96	0.45	2.00	0.62	1.40

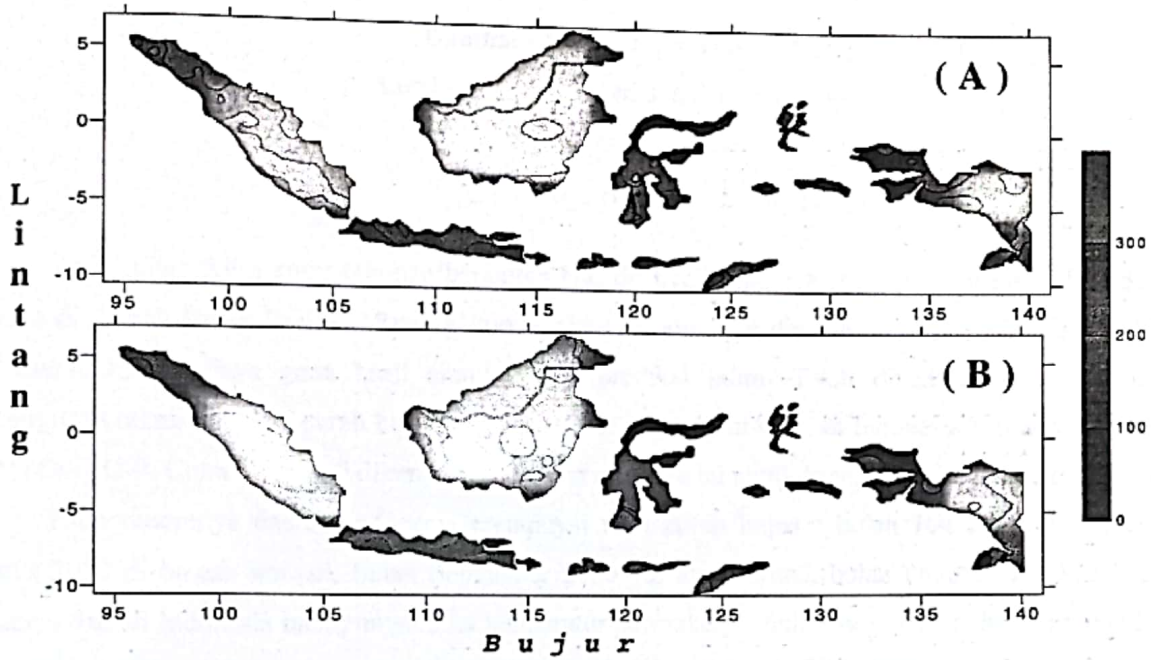
Tabel Lampiran 3. Skoring Nilai r dan RMSIE Hujan dan Suhu model GCMs dengan Data BMG

BULAN	H U J A N									
	r					RMSE				
	CCCM	GFDL	GISS	UKMO	CSIRO9	CCCM	GFDL	GISS	UKMO	CSIRO9
Jan	7.06	5.86	0.45	0.98	10.00	5.93	7.48	5.62	6.23	10.00
Feb	5.78	1.37	-2.90	5.41	10.00	6.21	5.43	4.58	5.91	10.00
Mar	7.32	4.64	-1.25	4.98	10.00	7.21	5.24	4.84	5.93	10.00
Apr	9.03	5.71	3.54	1.28	10.00	8.67	5.57	6.47	6.42	10.00
May	3.98	10.00	3.31	-2.95	-5.16	8.86	7.85	9.11	7.96	10.00
Jun	1.32	0.40	10.00	-8.80	-4.10	6.22	6.64	7.55	7.39	10.00
Jul	5.34	10.00	6.82	-5.14	-2.55	6.44	7.94	5.23	6.31	10.00
Aug	8.32	7.99	10.00	-3.18	7.97	5.42	6.36	4.52	4.06	10.00
Sep	4.99	7.79	10.00	0.93	7.05	6.57	7.67	7.35	4.80	10.00
Oct	6.45	10.00	8.59	2.93	7.50	5.25	7.23	7.51	5.96	10.00
Nov	8.44	8.93	8.25	10.00	3.02	7.92	7.31	7.37	10.00	9.54
Dec	10.00	4.90	4.70	9.61	4.22	7.31	7.37	6.33	7.87	10.00
Rata-rata	6.50	6.47	5.13	1.34	4.83	6.83	6.84	6.37	6.57	9.96
BULAN	S U H U									
	r					RMSE				
	CCCM	GFDL	GISS	UKMO	CSIRO9	CCCM	GFDL	GISS	UKMO	CSIRO9
Jan	9.64	8.35	7.72	6.72	10.00	7.52	4.60	10.00	5.30	5.73
Feb	10.69	7.91	4.68	7.79	10.00	9.21	5.67	10.00	7.52	6.47
Mar	10.00	6.35	2.77	7.44	8.73	10.00	6.37	9.54	8.99	6.81
Apr	10.00	7.41	0.72	6.25	9.26	8.74	5.69	10.00	7.75	6.29
May	9.26	6.61	-0.24	3.94	10.00	6.85	3.79	10.00	5.38	5.70
Jun	9.33	6.37	1.37	2.59	10.00	5.95	3.68	10.00	4.70	5.68
Jul	10.00	5.79	3.39	6.75	9.34	7.53	4.29	10.00	5.92	7.02
Aug	10.00	5.31	2.03	8.56	9.53	7.25	3.60	10.00	5.97	6.77
Sep	8.91	5.90	0.47	7.06	10.00	7.04	3.76	10.00	5.75	6.61
Oct	7.58	6.55	5.76	5.64	10.00	6.44	3.87	10.00	5.36	5.97
Nov	8.16	7.66	10.00	5.37	9.11	5.61	3.25	10.00	4.32	4.89
Dec	10.00	8.35	9.06	6.96	9.48	7.05	3.93	10.00	4.87	5.92
Rata-rata	9.46	6.88	3.98	6.26	9.62	7.43	4.38	9.96	5.99	6.16

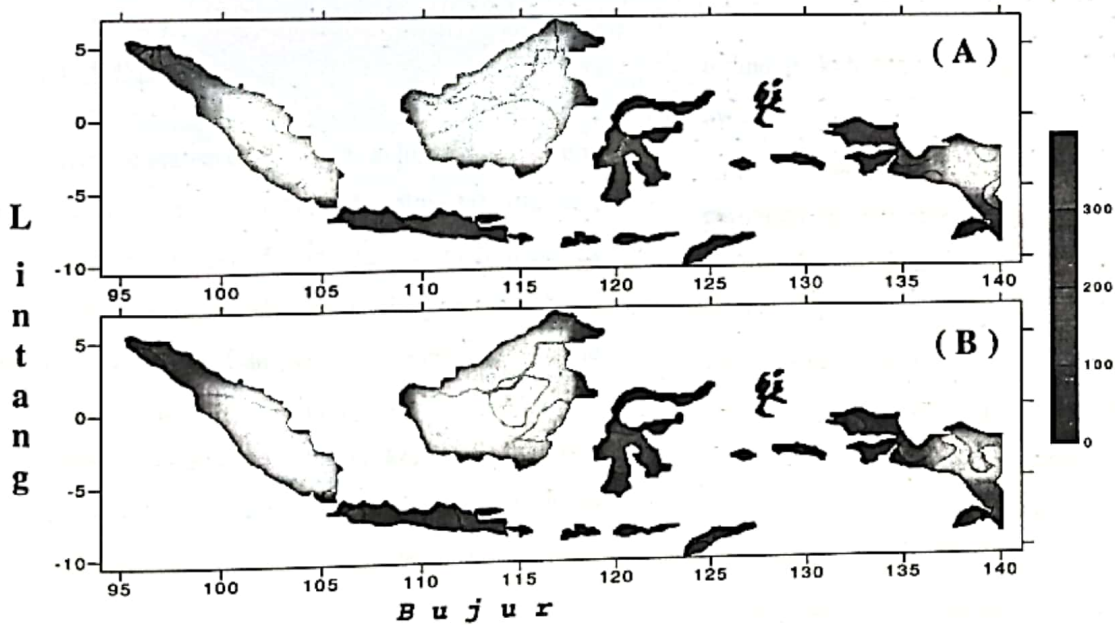
Tabel Lampiran 4. Skoring Nilai r dan RMSIE Hujan dan Suhu model GCMs dengan Data NCAR

BULAN	H U J A N									
	r					RMSE				
	CCCM	GFDL	GISS	UKMO	CSIRO9	CCCM	GFDL	GISS	UKMO	CSIRO9
Jan	3.94	0.58	-6.19	-4.88	10.00	5.35	4.79	5.10	4.44	10.00
Feb	8.22	1.01	-5.13	-0.43	10.00	7.54	5.62	6.80	5.56	10.00
Mar	10.00	6.95	1.33	0.63	9.76	7.94	5.49	7.16	5.66	10.00
Apr	10.00	9.03	1.11	1.56	7.11	8.53	5.37	6.70	4.55	10.00
May	10.00	8.72	2.87	1.62	7.05	10.00	6.16	6.59	5.60	9.75
Jun	10.00	5.89	6.45	0.34	7.28	9.16	7.16	8.12	5.82	10.00
Jul	10.00	5.53	3.23	0.28	8.21	8.58	7.01	5.79	4.35	10.00
Aug	10.00	6.48	2.33	-0.32	8.59	8.30	7.35	5.82	3.66	10.00
Sep	10.00	7.81	4.65	0.23	7.88	9.77	9.39	8.06	4.34	10.00
Oct	10.00	8.12	9.84	2.42	9.13	8.13	6.79	9.35	4.70	10.00
Nov	10.00	8.03	6.45	2.45	7.76	8.33	6.27	7.54	6.05	10.00
Dec	10.00	3.62	2.40	-2.95	7.25	7.26	5.59	6.07	6.41	10.00
Rata-rata	9.35	5.98	2.44	0.08	8.34	8.24	6.41	6.93	5.10	9.98

BULAN	S U H U									
	r					RMSE				
	CCCM	GFDL	GISS	UKMO	CSIRO9	CCCM	GFDL	GISS	UKMO	CSIRO9
Jan	6.35	8.38	10.00	6.71	8.26	6.15	2.55	10.00	5.11	7.14
Feb	3.88	5.88	10.00	4.74	7.83	5.11	2.07	10.00	4.32	5.84
Mar	4.28	7.57	10.00	6.39	9.98	6.40	2.47	10.00	5.47	6.72
Apr	3.94	9.04	9.53	6.47	10.00	6.02	2.23	10.00	5.44	6.36
May	6.64	9.07	10.00	6.41	9.59	4.31	1.52	10.00	3.72	4.61
Jun	5.48	8.12	10.00	4.24	7.67	3.87	1.56	10.00	3.37	4.33
Jul	6.91	9.14	10.00	4.50	8.18	4.34	1.73	10.00	3.64	4.91
Aug	5.85	7.83	10.00	4.87	6.82	4.66	1.90	10.00	4.25	5.25
Sep	4.16	1.21	10.00	4.60	7.62	3.79	2.17	10.00	3.54	4.81
Oct	6.28	7.19	10.00	3.67	7.47	5.58	2.27	10.00	4.83	5.84
Nov	6.84	6.76	10.00	4.42	7.24	6.47	2.63	10.00	5.40	6.62
Dec	5.47	7.17	10.00	5.54	7.51	5.59	2.33	10.00	4.79	6.84
Rata-rata	5.51	7.28	9.96	5.21	8.18	5.19	2.12	10.00	4.49	5.77



Gambar Lampiran 1. Perbedaan agihan dan jeluk curah hujan bulan DJF periode tahun 1931-1960 (A) dan periode tahun 1961-1990 (B)



Gambar Lampiran 2. Perbedaan agihan dan jeluk curah hujan bulan MAM periode tahun 1931 -1960 (A) dengan periode tahun 1961-1990 (B)