

EVALUASI MODEL IKLIM REGIONAL *RegCM3* UNTUK REKONSTRUKSI DATA IKLIM HISTORIS

Unggul Handoko ^a, Akhmad Faqih ^b, Rizaldi Boer ^b, dan Wahyoe Soepri H ^c

^a Pusat Penelitian Limnologi-LIPI

^b Klimatologi Terapan FMIPA Institut Pertanian Bogor – Bogor

^c Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI

E-mail: unggul@limnologi.lipi.go.id

Diterima Redaksi: 18 Maret 2014, Disetujui Redaksi: 7 Oktober 2014

ABSTRAK

Penelitian mengenai rekonstruksi data iklim historis dengan menggunakan model iklim regional RegCM3 telah dilakukan untuk wilayah Sub DAS Seluna, Provinsi Jawa Tengah. Rekonstruksi dilakukan pada data curah hujan dan suhu masing-masing untuk periode 1998-2010 dan 1990-1997. Sebagai bagian dari proses rekonstruksi, dilakukan penentuan faktor koreksi untuk analisis koreksi bias data iklim luaran model. Data luaran yang telah dikoreksi kemudian dievaluasi dengan data observasi dengan menggunakan beberapa metode pengujian statistik, diantaranya MSE, R^2 dan NSE. Hasil evaluasi keluaran model yang telah dikoreksi tersebut menunjukkan hasil perbandingan yang cukup baik dengan data observasi sehingga dapat digunakan untuk rekonstruksi data iklim historis. Data yang telah direkonstruksi dapat diaplikasikan untuk analisis hidrologi dan analisis lainnya yang memerlukan input parameter cuaca/iklim.

Kata kunci: model iklim, RegCM3, koreksi bias, uji kehandalan, rekonstruksi data iklim

ABSTRACT

EVALUATION OF RegCM3 REGIONAL CLIMATE MODEL IN RECONSTRUCTING HISTORICAL CLIMATE DATA. *An evaluation of historical climate data reconstruction using RegCM3 regional climate model has been done in this study for the Seluna Sub-catchment area in West Java Province. The data reconstructions were conducted for historical rainfall dan temperature data for the periods of 1998-2010 and 1990-1997, respectively. As part of the data reconstruction processes, the study calculated correction factors for performing statistical bias corrections on those climate data from the model. The corrected data were then evaluated respective to the observed data by using several statistical metrics, such as MSE, R^2 and NSE. The results showed that the corrected data from the model have a good agreement with the observed data, allowing them to be used for climate data reconstructions. The reconstructed data can be applied for hydrological analysis in the Sub-cathment area as well as for other analyses that need climate data as their inputs.*

Keywords : regional climate model, RegCM3, bias correction, reliability test, climate data reconstruction

PENDAHULUAN

Data parameter cuaca dan iklim seperti curah hujan, suhu, evaporasi, penyinaran matahari dan kecepatan angin sangat bermanfaat untuk berbagai analisis. Misalnya untuk analisis rancang bangun bangunan hidrologi, penentuan teknik budidaya tanaman dan untuk berbagai lainnya seperti perhitungan erosi, kekeringan, dan banjir.

Iklim disatu tempat dengan tempat lainnya pun saling berkaitan dan bervariasi, baik dalam skala lokal maupun regional. Misalnya daerah dataran tinggi dan dataran rendah terdapat perbedaan tekanan udara dan suhu udara, yang pada gilirannya akan mempengaruhi arah kecepatan angin di kedua tempat tersebut. Selain itu, meskipun pada lereng pegunungan yang sama, namun lereng yang berhadapan atau lebih dekat dengan lautan akan memperoleh curah hujan yang lebih tinggi. Sedangkan lereng dibaliknya akan sedikit sekali memperoleh hujan (efek daerah bayang-bayang hujan). Dengan demikian untuk mendapatkan informasi iklim dan analisis resiko iklim yang efektif dan akurat pada suatu wilayah dibutuhkan data iklim dari berbagai stasiun pengamatan iklim yang satu sama lain saling melengkapi dan bersifat sinergis (Las *et al*; 2000).

Sayangnya data iklim yang lengkap dan sinergis di Indonesia sangat susah untuk didapatkan, baik lengkap dari sisi panjang datanya ataupun lokasinya. Hal ini sesuai dengan pendapat dari Fahrizal (2008), yang menyatakan bahwa saat ini ketersediaan data iklim di Indonesia masih sangat terbatas dan sebaran tidak merata. Kondisi tersebut diperburuk dengan adanya *over lapping* data iklim akibat belum efektifnya sistem koordinasi dan jaringan kerjasama antar instansi penyedia dan pengguna data iklim. Jenis unsur iklim yang diamati dan periode pengamatannya pun masih sangat beragam dan sering terputus. Akibatnya sebagian data tidak dapat dimanfaatkan secara optimal, khususnya untuk kajian teoritis dan aplikasi.

Permasalahan seperti yang telah disebutkan di atas, dapat diminimalkan

dengan penggunaan model iklim yang saat ini sudah banyak digunakan di negara-negara lain. Model iklim yang banyak digunakan untuk membangun (rekonstruksi) data iklim panjang baik historis maupun masa depan adalah model iklim global (*Global Climate Model*, GCM). Wigena (2006) mengatakan bahwa GCM dapat digunakan sebagai alat prediksi utama iklim dan cuaca secara numerik dan sebagai sumber informasi primer untuk menilai perubahan iklim. Tetapi informasi GCM masih berskala global dan tidak untuk skala yang lebih detil (lokal), sehingga masih sulit untuk mendapatkan informasi skala lokal dan regional Untuk memperoleh informasi skala lokal atau regional tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan teknik *downscaling*. Ada dua tipe *downscaling* yang biasa digunakan yaitu *Dynamical Downscaling* (DD) dan *Empirical Statistical Downscaling* (ESD).

Salah satu teknik *downscaling* yang dikembangkan untuk meningkatkan resolusi model pada tingkatan lokal, yaitu model iklim regional (*Regional Climate Models*, RCM) yang termasuk dalam *dynamical downscaling* (Giorgi, 2009). RCM lazim digunakan untuk mensimulasi iklim regional yang sesuai dengan sirkulasi skala besar berdasarkan input dari data GCM atau data reanalisis (Zanis *et al*; 2009)

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengevaluasi penggunaan model *RegCM3* dalam merekonstruksi data iklim historis. Dengan harapan *output* dari model *RegCM3* yang telah terkoreksi tersebut dapat digunakan untuk mengisi data iklim yang kosong. Hal ini sangat penting untuk menunjang penelitian yang berkaitan dengan hidrometeorologi dimana pada umumnya membutuhkan data iklim jangka waktu yang panjang dan lengkap.

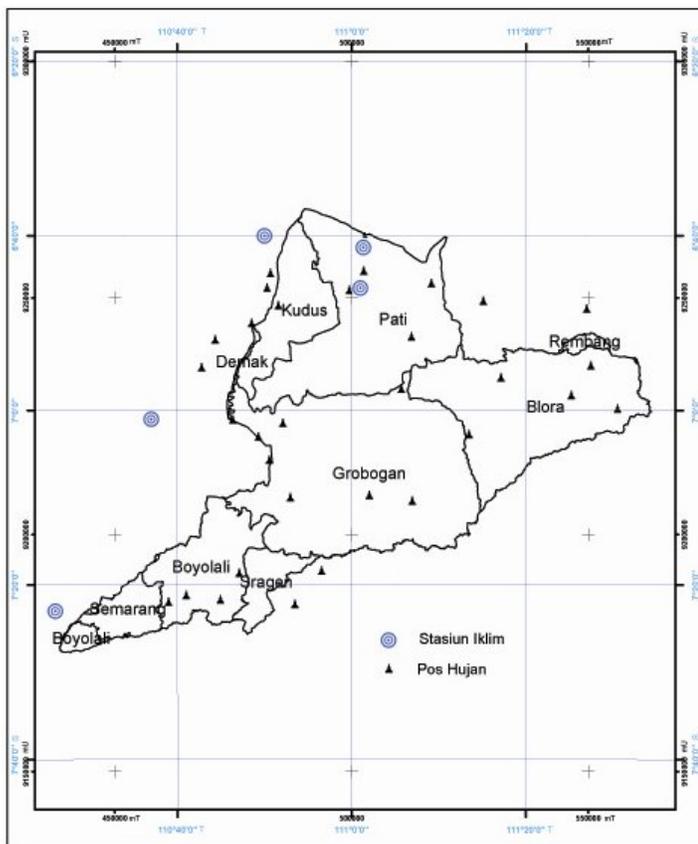
METODE PENELITIAN

Data dan alat

Data observasi: data curah hujan harian (1998-2010), yang berasal dari stasiun-stasiun yang ada dalam Sub DAS Seluna (Provinsi Jawa Tengah) dan data suhu udara rata-rata bulanan (1990-1997) yang diambil dari stasiun yang ada di sekitar Sub

DAS Seluna. Data model : data hasil luaran model *RegCM3* (1990-2010). Persebaran pos hujan dan iklim yang digunakan untuk penelitian ini terlihat pada Gambar 1.

maka data dari observasi perlu dilakukan gridding mengikuti ukuran grid *RegCM3*. Proses gridding dilakukan dengan Matlab. Setelah dihasilkan grid yang sama antara



Gambar 1. Lokasi pos hujan dan iklim di sekitar sub DAS Seluna

Peralatan yang digunakan untuk menunjang dalam penelitian ini meliputi: seperangkat computer dengan sistem operasi Linux Fedora 12 untuk aplikasi model *RegCM3* dan *Ferret*, sistem operasi Windows untuk aplikasi MS Office Word dan Excell, dan Minitab.

Metode

Metode utama yang dilakukan dalam penelitian ini ialah proses penyusunan faktor koreksi model *RegCM3* dan uji kehandalan data luaran *RegCM3*. Dalam penyusunan faktor koreksi, akan lebih akurat apabila resolusi spasial antara model *RegCM3* sama dengan resolusi spasial observasi. Karena hasil luaran model *RegCM3* adalah berupa grid-grid dengan resolusi spasial 10 km x 10 km, sedangkan data observasi adalah berupa titik (stasiun),

model *RegCM3* dengan observasi, selanjutnya dihitung faktor koreksinya. Faktor koreksi dihitung dengan menggunakan formula Bennett *et al* (2012) yang telah dimodifikasi.

$$FK_i = \frac{P_i(obs)}{P_i(RCM)}, \text{ jika } P(RCM) > 0$$

atau

$$FK_i = 1, \text{ jika } P(RCM) = 0$$

keterangan:

- Fi = faktor *quantil mapping*
- Pi(obs) = *i th percentile* dari data observasi
- Pi(RCM) = *i th percentile* dari data output RCM

Formula Bennett memperhitungkan *quantile* pada rasio nilai observasi dengan nilai model, sedangkan pada formula

Bennett yang dimodifikasi memperhitungkan rasio nilai observasi dengan nilai model periode bulanan. Rasio nilai observasi dengan nilai model bulanan ini kemudian digunakan sebagai faktor koreksi data harian dari nilai model. Perhitungan model RegCM terkoreksi menggunakan persamaan Jadmiko (2011) yang dimodifikasi sebagai berikut.

$$Model\ RegCM3_{terkoreksi} = Model\ RegCM3_{awal} - (Model\ RegCM3_{awal} \times faktor\ koreksi)$$

Suatu model akan bisa digunakan apabila memenuhi syarat keterandalannya/keakuratannya. Maidment dalam Hidayah (2010), menyatakan bahwa nilai parameter rata-rata dari simulasi dan observasi pada periode yang sama dapat digunakan untuk menguji keakuratan antara data simulasi dengan data observasi. Parameter rata-rata yang dimaksud tersebut adalah:

menunjukkan keeratan hubungan antara data observasi dengan data simulasi (model). Suatu model yang sempurna akan sama dengan observasi dan kesempurnaan ini ditunjukkan dengan nilai NSE = 1. Rumus untuk menghitung nilai NSE adalah sebagai berikut (Moriassi et al., 2007)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y^{mean})^2}$$

.... (Moriassi et al.; 2007)

keterangan :

- Y_i^{obs} = nilai observasi ke i,
- Y_i^{sim} = nilai simulasi ke i,
- Y^{mean} = rata-rata nilai observasi dengan jumlah data n,
- N = jumlah pasangan data.

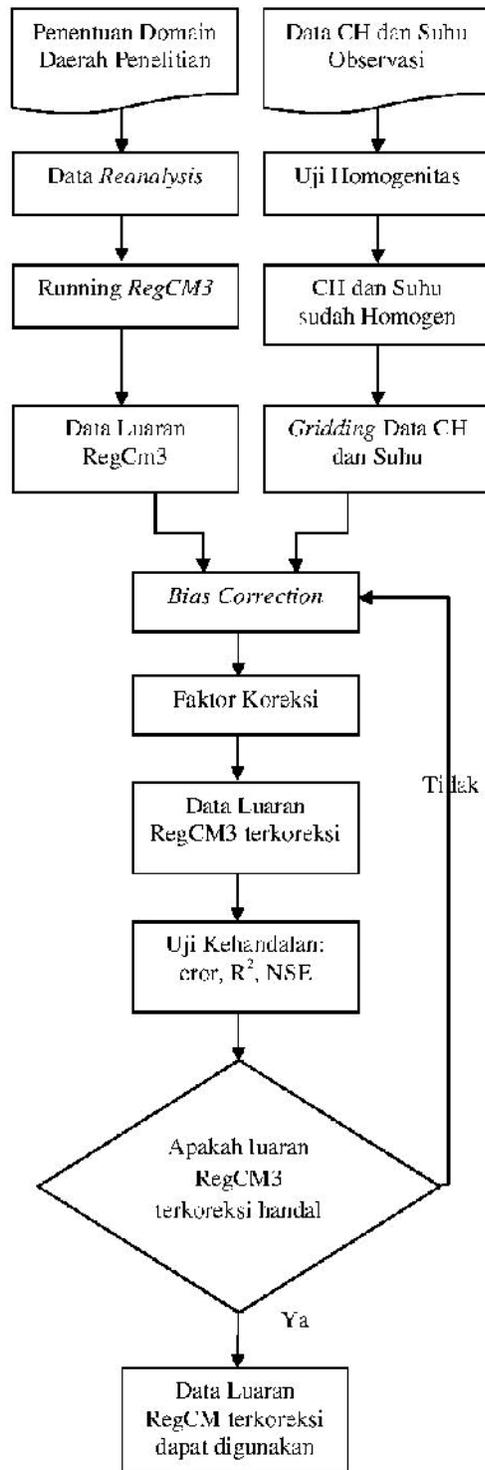
$$Mean\ square\ error : MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z_{sim}(i) - Z_{obs}(i)]^2 \dots (Hidayah, 2010)$$

$$R\ squared = \frac{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_{obs}(i) \cdot Z_{sim}(i) - M_{obs}M_{sim} \right]^2}{\left[\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_{obs}^2 - M_{obs}^2 \right) \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_{sim}^2 - M_{sim}^2 \right) \right]} \dots (Hidayah, 2010)$$

Keterangan : Z_{sim} adalah nilai dari hasil simulasi model, Z_{obs} adalah nilai dari pengukuran/observasi.

Model dikatakan handal/akurat jika nilai errornya kecil dan korelasinya tinggi. Selain dengan parameter tersebut, digunakan juga *Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)*. NSE

Gambar 2 adalah diagram alir penelitian untuk lebih memudahkan pemahaman metode penelitian seperti yang telah dijelaskan di atas.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

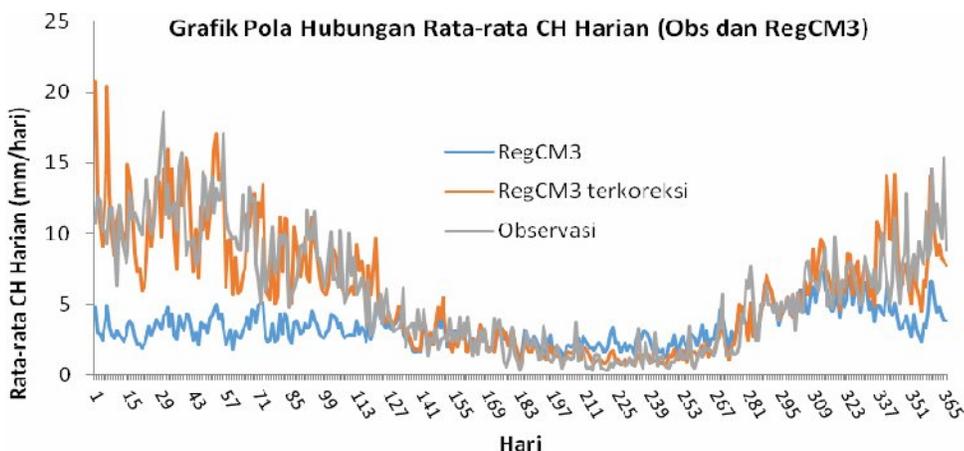
Data luaran *RegCM3* merupakan hasil simulasi kondisi iklim yang memiliki resolusi spasial yang cukup tinggi. Namun pada umumnya luaran dari *RegCM3* masih mengandung bias. Oleh sebab itu,

diperlukan koreksi agar data dari luaran *RegCM3* bisa mendekati kondisi aktual (data observasi). Berikut disajikan pola curah hujan dan suhu udara antara data luaran *RegCM3* (sebelum dan sesudah dikoreksi) dengan data observasi.

Data curah hujan yang digunakan untuk menentukan faktor koreksi pada penelitian ini adalah data curah hujan harian dari 1 Januari 1998 sampai dengan 31 Desember 2010. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan pola hubungan curah hujan rata-rata harian antara data observasi dengan data luaran *RegCM3* (Gambar 3).

Data curah hujan harian apabila disederhanakan menjadi data bulanan, akan tampak seperti Gambar 4.

Gambar 4 memperlihatkan pola curah hujan rata-rata bulanan dari data model dan data observasi. Seperti halnya dengan pola curah hujan rata-rata harian pada Gambar 2, data dari model *RegCM3*



Gambar 3. Pola hubungan curah hujan rata-rata harian *RegCM3* (sebelum dan sesudah koreksi) dengan observasi

Data curah hujan model sebelum dikoreksi (garis biru) mempunyai pola yang tidak begitu fluktuatif, hampir sama dari hari ke hari. Bahkan tidak bisa menggambarkan adanya pengaruh musim hujan dan musim kemarau, karena dari hari ke hari nilainya hampir sama, yaitu berkisar 2-7 mm/hari, sedangkan untuk curah hujan observasi (garis hijau) sangat fluktuatif, yaitu kisarannya antara 0 -17 mm/hari dan terlihat jelas dari adanya pengaruh musim. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa curah hujan model sebelum dikoreksi tidak bisa menggambarkan kondisi aktual (observasi). Namun setelah dilakukan koreksi bias, data curah hujan model terkoreksi (garis merah) polanya sangat mirip dengan pola yang ditunjukkan oleh curah hujan observasi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya koreksi bias, data curah hujan model *RegCM3* memiliki karakteristik yang sama dengan data curah hujan observasi (besaran curah hujan dan pola temporalnya), sehingga secara grafis, model *RegCM3* yang telah dikoreksi ini dapat dikatakan sudah handal untuk digunakan analisis lebih lanjut.

sebelum dikoreksi (garis biru) polanya tidak begitu fluktuatif sehingga kurang jelas dalam menggambarkan pengaruh musim yang terjadi. Setelah data model *RegCM3* dikoreksi polanya sangat sesuai dengan data observasinya. Hal ini ditunjukkan dengan garis merah (model *RegCM3* terkoreksi) dan garis hijau (observasi) yang berimpit pada setiap bulannya. Berdasarkan Gambar 4 tersebut dapat diketahui juga bahwa tipe hujan di daerah penelitian adalah monsun. Tipe hujan monsun ditandai dengan bentuk pola hujan yang bersifat unimodal, yaitu memiliki satu puncak musim hujan (sekitar bulan Desember-Februari) dan satu puncak musim kemarau. Pola hujan ini terdapat perbedaan yang jelas antara musim hujan dan musim kemarau dimana biasanya terjadi masing-masing selama enam bulan (Boerema dalam Boer 2003).

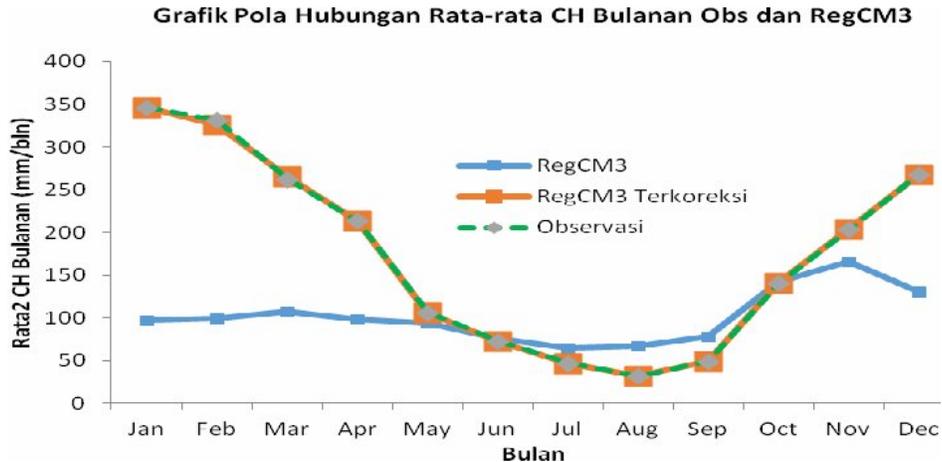
Bulan yang paling basah adalah pada bulan Januari, dengan curah hujan 350 mm dan bulan paling kering pada Agustus dengan curah hujan kurang dari 50 mm.

Selain curah hujan, pada penelitian ini juga dilakukan koreksi bias suhu udara.

Data yang digunakan untuk menentukan faktor koreksi suhu udara pada penelitian ini adalah data suhu udara bulanan mulai bulan Januari 1990 sampai dengan bulan Desember 1997. Gambar 4 menunjukkan grafik pola hubungan suhu udara bulanan antara data observasi dengan data luaran *RegCM3*.

bahwa suhu udara rata-rata bulanan di daerah penelitian berkisar antara 24,7° C – 26° C. Suhu udara tertinggi terjadi pada Februari, Mei dan Oktober, yaitu sekitar 26° C dan terendah terjadi pada Juli dengan suhu 24,7° C.

Data luaran model *RegCM3* setelah dilakukan koreksi bias perlu diuji



Gambar 4. Pola hubungan curah hujan rata-rata bulanan *RegCM3* (sebelum dan sesudah koreksi) dengan observasi

Pola rata-rata suhu udara bulanan yang ditunjukkan pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa antara data model dengan data observasi sangat mirip sekali, dimana suhu udara rata-rata bulanan maksimum terjadi pada bulan Oktober baik untuk data model maupun data observasi dan suhu rata-rata bulanan minimum terjadi pada bulan Juli. Namun data model *RegCM3* sebelum dikoreksi masih menunjukkan perbedaan nilai dengan data observasi. Hal ini terlihat jelas dari garis biru (*RegCM3* sebelum dikoreksi) masih berada di bawah garis hijau (observasi). Setelah dilakukan koreksi, data *RegCM3* menunjukkan kesamaan dengan data observasinya, hal ini ditunjukkan dengan garis merah (*RegCM3* terkoreksi) selalu berimpit dengan garis hijau (observasi) pada setiap bulannya.

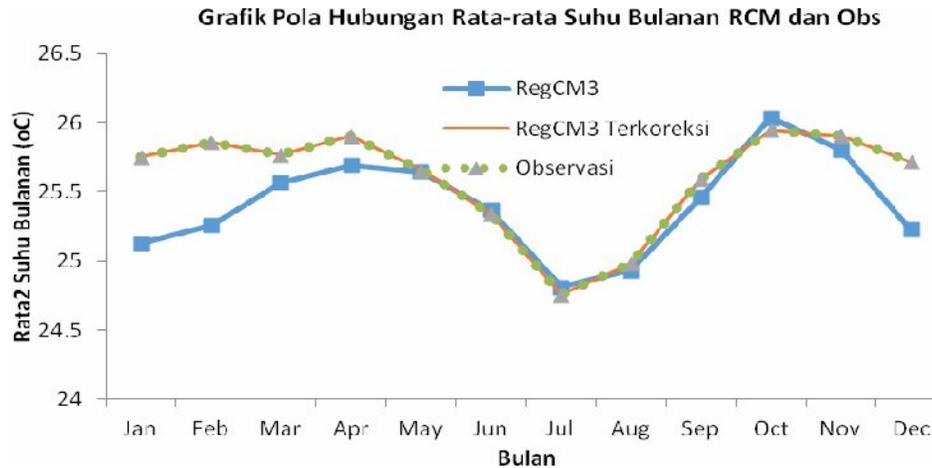
Kesamaan pola dari data suhu udara model *RegCM3* terkoreksi dengan suhu udara observasi pada Gambar 5 di atas mengindikasikan bahwa data suhu udara dari luaran model *RegCM3* terkoreksi secara grafis bisa digunakan untuk analisis lebih lanjut. Gambar 5 juga menginformasikan

keandalannya secara statistik untuk mengetahui apakah data luaran model *RegCM3* bisa digunakan untuk analisis lebih lanjut atau tidak (perhitungan koreksi bias telah disampaikan di bagian metode). Data model bisa digunakan atau dikatakan handal untuk analisis lanjutan apabila memenuhi kriteria seperti yang telah disebutkan di bagian metode penelitian, yaitu dilihat dari nilai error, koefisien determinasi (R^2) dan NSE antara hasil simulasi model *RegCM3* terhadap data observasi.

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai R^2 dan NSE untuk parameter curah hujan bulanan dan suhu bulanan setelah dikoreksi bernilai 1 dan mendekati 1. Hal ini berarti bahwa antara model dan observasi menunjukkan kesamaan, sedangkan untuk parameter curah hujan harian setelah dikoreksi nilai $R^2=0.8530$ dan $NSE=0.7024$. Nilai tersebut meskipun belum mendekati sempurna, tetapi secara statistik sudah sangat layak digunakan untuk analisis lebih lanjut karena nilai R^2 dan NSE mengalami peningkatan yang sangat signifikan.

Indikator nilai error (MSE) pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perbandingan nilai error antara data *RegCM3* sebelum dan sesudah dikoreksi mengalami penurunan yang signifikan, terutama untuk parameter curah hujan bulanan dan suhu bulanan. Nilai error untuk kedua parameter tersebut mendekati nol.

iklim lokal menunjukkan performa yang baik. Seperti dalam simulasi *runoff* di Amerika Serikat dengan menggunakan data luaran *RegCM2* menunjukkan hasil yang menyerupai dengan *runoff* observasi. *RegCM3* merupakan hasil *downscaling* dinamik dari model iklim yang resolusi spasialnya lebih besar, seperti GCM.



Gambar 5. Pola hubungan suhu rata-rata bulanan *RegCM3*(sebelum dan sesudah koreksi) dengan observasi

Tabel 1. Nilai R^2 , Error, dan NSE (Sebelum dan setelah koreksi bias)

Parameter		Sebelum Koreksi		
		R^2	MSE	NSE
Curah Hujan	Harian	0.4160	19.5724	-0.1921
	Bulanan	0.4740	495.4142	-0.2452
Suhu	Bulanan	0.7710	0.0930	0.3020
Parameter		Setelah Koreksi		
		R^2	MSE	NSE
Curah Hujan	Harian	0.8530	4.8861	0.7024
	Bulanan	1.0000	0.1007	0.9997
Suhu	Bulanan	1.0000	0.0000	1.0000

(Hasil perhitungan)

Berdasarkan uji kehandalan tersebut, dapat dikatakan bahwa data luaran model *RegCM3* setelah dikoreksi mampu merekonstruksi dan menggambarkan kondisi iklim lokal yang mendekati kondisi lapangan. Oleh sebab itu, data luaran model *RegCM3* bisa diaplikasikan untuk analisis lanjutan yang memerlukan data cuaca/iklim. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Hay (2002), yang menyatakan bahwa *RegCM2* dalam menggambarkan kondisi

Downscaling ini menjadikan performa *RegCM3* menjadi akurat jika diterapkan untuk analisis hidrologi pada skala lokal.

KESIMPULAN

Data luaran model *RegCM3* yang telah dilakukan koreksi bias menunjukkan performa yang baik dalam merekonstruksi dan menggambarkan kondisi iklim lokal di daerah penelitian, sehingga dapat digunakan

untuk analisis lebih lanjut. Hal ini dibuktikan dengan kemiripan data luaran RegCM3 terkoreksi dengan data observasi dengan nilai koefisien determinasi dan NSE yang mendekati 1 dan nilai error yang mendekati 0, sehingga penggunaan data luaran RegCM3 yang telah dilakukan koreksi bias bisa diaplikasikan untuk analisis hidrologi maupun analisis lainnya yang memerlukan parameter cuaca/iklim pada lokasi-lokasi yang ketersediaan data observasi banyak yang kosong. Metode ini juga bisa digunakan untuk prediksi parameter cuaca dan iklim kedepan, namun proses running programnya ada beberapa perbedaan dengan metode dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bennett J. C., F. L. N. Ling, D. A. Post, M. R. Grose, S. P. Corney, B. Graham, G. K. Holz, J. J. Katzfey, & N. L. Bindoff, 2012. High-Resolution Projections Of Surface Water Availability For Tasmania, Australia. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 9.1783–1825
- Fahrizal, 2008. Manfaat Informasi Iklim Bagi Pembangunan Pertanian. www.ardidafa78.blogspot.com, diakses tanggal 16 Januari 2013
- Giorgi, F., 2009. *Producing a New Generation Of regional Climate Model Projections: The CORDEX Framework*. High Resolution Modeling Workshop. ICTP 10-14 August, 2009. Trieste. Italy
- Hay L. E., M. P. Clark, R. L. Wilby, W. J. Gutowski, Jr. G. H. Leavesley, Z. Pan, R.W. Arritt, & E.S. Takle, 2002. Use of Regional Climate Model Output for Hydrologic Simulations. *Journal of Hydrometeorology*. Vol.3:571-590
- Hidayah E., 2010. Model Disagregasi Data Hujan Temporal Dengan Pendekatan Bayesian Sebagai Input Pemodelan Banjir. *Desertasi Doktor*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Jadmiko, S.D., 2011. Proyeksi Perubahan Iklim Berdasarkan Hasil Keluaran Model Regional (Studi Kasus: Kabupaten Indramyu dan Kabupaten Pacitan). *Skripsi Sarjana*. FMIPA IPB; Bogor
- Las, Irianto & Surmaini, 2000. *Pengantar Agroklimat dan Beberapa Pendekatannya*. Balitbang Pertanian. Jakarta.
- Moriasi D. N., J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, & T.L. Veith, 2007. Model Evaluation Guidelines For Systematic Quantification Of Accuracy In Watershed Simulations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. Vol. 50(3): 885-900
- R.W. Arritt, & E.S. Takle, 2002. Use of Regional Climate Model Output for Hydrologic Simulations. *Journal of Hydrometeorology Volume 3 pp.571-590*
- Wigena, AH., 2006. *Statistical Downscaling Luaran GCM*. Departemen Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zanis, P., C. Douvis, I. Kapsomenakis, I. Kioutsioukis, & D. Melas, 2009: A Sensitivity Study of the Regional Climate Model (RegCM3) to the Convective Scheme with Emphasis in Central Eastern and Southeastern Europe, *Theoretical and Applied Climatology*, 97, 327-337, DOI 10.1007/s00704-008-0075-8.
- Zanis, P., C. Douvis, I. Kapsomenakis, I. Kioutsioukis, & D. Melas, 2009: A sensitivity study of the Regional Climate Model (RegCM3) to the Convective Scheme with Emphasis in Central Eastern and southeastern Europe, *Theoretical and Applied Climatology*, 97, 327-337, DOI 10.1007/s00704-008-0075-8.