

Koreksi Bias Luaran Model Iklim Regional untuk Analisis Kekeringan

Bias Correction of Regional Climate Model Outputs for Drought Analysis

Syamsu Dwi Jadmiko^{1,2}, Daniel Murdiyarso^{3,4} dan Akhmad Faqih^{2,3}

¹ Program Studi Klimatologi Terapan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

² Center for Climate Risk and Opportunity Management in Southeast Asia and Pacific (CCROM-SEAP), Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

³ Departemen Geofisika dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

⁴ Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 20 Mei 2016

Direview: 14 Juni 2016

Disetujui: 10 Mei 2017

Kata kunci:

Koreksi bias

Regresi polinomial

Standardized precipitation index Anomali hujan

El-Nino

Keywords:

Bias correction

Polynomial regression

Standardized precipitation index

Rainfall anomaly

El-Nino

Abstrak. Luaran simulasi model iklim regional perlu dikoreksi karena memiliki bias sistematis secara spasial dan temporal. Kajian ini membahas simulasi koreksi bias menggunakan metode statistik. Data yang dikoreksi adalah data curah hujan luaran simulasi RegCM4.4 pada periode 1981-2005. Dari simulasi koreksi bias tersebut kami mendapati bahwa koreksi bias menggunakan regresi linear tidak mampu memperbaiki distribusi spasial maupun pola hujan. Namun, dengan menggunakan regresi polinomial, koreksi bias menunjukkan luaran yang lebih baik terutama dengan regresi polinomial orde 3. Lebih dari itu, regresi polinomial orde 3 yang dikombinasikan dengan intersep yang dikembalikan pada nilai nol memberikan luaran koreksi bias yang terbaik dan dapat digunakan untuk melakukan analisis kekeringan lahan. Kami mendapati bahwa analisis kekeringan dengan metode Standardized Precipitation Index (SPI) yang diuji menggunakan skala waktu 1, 3, 6 dan 12 bulan memberikan hasil terbaik jika menggunakan skala waktu lebih dari 1 bulan. Hal ini dapat dilihat dari hubungannya dengan nilai anomali curah hujan dan jejak kekeringan yang terjadi pada tahun El-Nino seperti tahun 1982/1983, 1986/1987 dan 1997/1998.

Abstract. The outputs of regional climate model simulations need to be corrected because of their systematic spatial and temporal biases. This study simulates bias correction using the statistical methods on rainfall data outputs generated by RegCM4.4 during the period of 1981-2005. We found that linear regression did not improve the spatial distribution and pattern of rainfall data. However, by using polynomial regression better results were performed especially third order polynomial. Moreover, when the third order of polynomial regression was combined with the zero intercept, it gave the best bias correction and therefore, can be further used for drought analysis. Standardized Precipitation Index (SPI) method was used to analyze drought index with different time scale of 1, 3, 6 and 12-months. We found that SPI performed well when implemented for time scale more than 1-month. This was demonstrated by the relationship with the rainfall anomaly and drought history during El-Nino years of 1982/1983, 1986/1987 and 1997/1998.

Pendahuluan

Curah hujan Indonesia sangat beragam yang ditandai dengan tiga pola hujan umum yaitu pola hujan monsun, pola hujan ekuatorial dan pola hujan lokal (Aldrian dan Dwi Susanto 2003). Setiap pola hujan memiliki karakteristik berbeda sehingga dalam analisis iklim pada skala regional yaitu pada cakupan wilayah yang kecil seperti level kabupaten atau provinsi diperlukan data dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi. Luaran model iklim global (*Global Climate Model/GCM*) yang

memiliki resolusi spasial rendah (100-250 km skala spasial) dan bila digunakan untuk kajian iklim pada skala regional tidak memadai (Salathe Jr. 2003). Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan *downscaling* statistik maupun dinamik seperti menggunakan model iklim regional (*Regional Climate Model/RCM*). Pemanfaatan RCM sangat membantu untuk memperoleh informasi iklim dengan resolusi tinggi dan lebih detail.

Luaran simulasi RCM umumnya memiliki bias yang sistematis dan dapat memberikan informasi yang berbeda baik secara temporal maupun spasial dibandingkan dengan data observasi (Varis *et al.* 2004; Christensen *et al.* 2008; Teutschbein dan Siebert 2010). Diantara faktor yang

* Corresponding author: djsyamsoe@gmail.com

mempengaruhi adanya bias dalam simulasi RCM adalah pemilihan parameter fisik, data GCM yang digunakan sebagai inisial data dalam simulasi (*initial condition/boundary condition*; ICBC) dan resolusi spasial dan temporal yang digunakan dalam simulasi. Bias pada luaran simulasi RCM biasanya ditandai dengan nilai yang melebihi (*overestimate*) atau kurang dari (*underestimate*) data observasi baik secara pola spasial maupun temporal.

Terdapatnya bias pada luaran RCM berpengaruh pada tidak tepatnya hasil analisis iklim yang menggunakan data luaran RCM. Oleh karena itu diperlukan proses koreksi bias dimana proses tersebut menjadi metode standar dalam analisis iklim yang memanfaatkan luaran simulasi RCM. Saat ini banyak metode koreksi bias mulai dari yang sederhana hingga kompleks seperti yang dilakukan oleh Schmidli *et al.* (2006), Lenderink *et al.* (2007), Piani *et al.* (2010) dan Rojas *et al.* (2011). Kajian ini mengadopsi metode yang digunakan oleh Lenderink *et al.* (2007) dan Piani *et al.* (2010). Secara spesifik metode Piani *et al.* (2010) digunakan untuk memperbaiki distribusi data luaran model sehingga mendekati distribusi data observasi. Pendekatan ini biasanya digunakan untuk tujuan analisis iklim ekstrim dimana fungsi distribusi sangat penting dalam analisis iklim ekstrim.

Berkaitan dengan iklim ekstrim, kajian ini juga akan membahas pemanfaatan data curah hujan luaran simulasi RCM untuk kajian kekeringan. Kekeringan merupakan salah satu indikator yang dapat dimanfaatkan dalam sistem peringatan dini seperti kebakaran hutan dan lahan, awal musim tanam dan juga sumberdaya air. Kekeringan dianalisis menggunakan *Standardized Precipitation Index* (SPI). SPI merupakan indeks yang dikembangkan oleh McKee *et al.* (1993) dimana pada awalnya digunakan untuk peringatan dini kekeringan lahan. SPI merupakan metode analisis kekeringan lahan secara meteorologis yang direkomendasikan oleh World Meteorological Organization (WMO). SPI menjadi metode analisis kekeringan yang sederhana karena hanya menggunakan data curah hujan dan fleksibel dengan skala waktu yang dapat dipilih (Hayes *et al.* 2011). Oleh karena itu, secara global SPI digunakan oleh 60 negara untuk kajian kekeringan dan sistem peringatan dini kekeringan (Wu *et al.* 2006).

Tujuan penelitian ini adalah melakukan evaluasi lima simulasi koreksi bias. Hasil koreksi bias yang terbaik selanjutnya akan digunakan dalam analisis kekeringan berdasarkan metode SPI.

Bahan dan Metode

Data

Penelitian ini dilakukan untuk wilayah Provinsi Kalimantan Barat. Wilayah ini dipilih karena sering

terjadinya kebakaran hutan dan lahan akibat dari kondisi kekeringan. Data curah hujan yang digunakan meliputi data observasi dari delapan stasiun cuaca/iklim BMKG di Provinsi Kalimantan Barat (Tabel 1), data *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS) (Funk *et al.* 2014; Funk *et al.* 2015) dan data *Global Climate Model* (GCM) *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5) *Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis* (CCCma) *second-generation Earth System Model* (CanESM2) (Arora dan Boer 2010). Data CHIRPS dapat diperoleh dari website <http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/> dan data CMIP5 CanESM2 dapat diperoleh dari website http://clima-dods.ictp.it/Data/RegCM_Data/CanESM2/.

Tabel 1. Daftar stasiun observasi BMKG di Kalimantan Barat

Table 1. List of BMKG station in West Kalimantan

Nama stasiun cuaca/iklim*	Lintang	Bujur	Elevasi
Maritim Pontianak	-0,030	109,34	4
Susilo Sintang	0,060	111,47	31
Rahadi Usman Ketapang	-1,800	109,97	9
Pangsuma Putusibau	0,840	112,93	43
Paloh	1,740	109,3	15
Nanga Pinoh	-0,420	111,47	40
Supadio Pontianak	-0,142	109,45	3
Siantan Pontianak*	0,075	109,19	2

Data curah hujan observasi digunakan untuk proses koreksi data curah hujan CHIRPS. Hasil koreksi data curah hujan CHIRPS selanjutnya digunakan untuk proses koreksi data curah hujan CanESM2 luaran simulasi RCM. Dua tahap proses koreksi dengan menggunakan dua metode yang berbeda dilakukan karena tujuan dari masing-masing koreksi bias berbeda. Koreksi Tahap 1 dilakukan untuk mengkoreksi data CHIRPS yang dalam beberapa kajian menunjukkan kemampuan dalam mewakili kondisi observasi, sedangkan koreksi bias Tahap 2 dilakukan untuk mengkoreksi distribusi data dengan tujuan untuk analisis iklim ekstrim. Adapun RCM yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Regional Climate Model version 4.4* (*RegCM4.4*) yang dikembangkan oleh The International Centre for Theoretical Physics (ICTP). *RegCM4.4* digunakan untuk melakukan *dynamical downscaling* karena memiliki parameter fisik yang dapat dipilih sesuai kebutuhan wilayah kajian seperti skema konveksi awan kumululus, skema transfer fluks lautan, skema lapisan perbatas, skema lapisan permukaan dan skenario emisi gas rumah kaca (Giorgi *et al.* 2013).

Metode Analisis

Simulasi RegCM4.4

Simulasi *RegCM4.4* dilakukan melalui tiga tahap yaitu (1) tahap *pre-processing* (2) tahap *processing* dan (3) tahap *post-processing*. Tahap *pre-processing* adalah tahap persiapan sebelum simulasi dilakukan meliputi penentuan lokasi domain wilayah kajian, penentuan data ICBC, penentuan parameter fisik dan penyiapan sistem untuk simulasi model *RegCM4.4*. Informasi parameter fisik yang digunakan dalam kajian ini dapat dilihat pada Tabel 2. Pemilihan beberapa skema dalam simulasi *RegCM4.4* menjadi sangat penting karena akan terkait dengan luaran simulasi *RegCM4.4*. Salah satu skema penting dalam

melakukan simulasi *RegCM4.4* adalah skema konvektif hujan. Dalam beberapa kajian menyebutkan bahwa penggunaan skema konvektif hujan MIT-Emanuel memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan skema konvektif hujan yang lainnya (Zanis *et al.* 2009; Zou *et al.* 2014). Skema MIT-Emanuel merupakan model ideal dari gerakan udara *updraft* dan *downdraft* dengan metode *buoyancy sorting*. Hal tersebut menentukan tingkat penambahan dan pengurangan parcel udara pada level tertentu untuk mendapatkan potensi uap air yang cukup (Emanuel dan Zivkovic-Rothman 1999).

Tahap *processing* adalah tahap simulasi *RegCM4.4* dalam sistem komputer yang telah diinstal model *RegCM4.4*. Pada tahap ini model *RegCM4.4* dijalankan

Tabel 2. Informasi pengaturan parameter fisik yang digunakan dalam simulasi *RegCM4.4* di Kalimantan Barat

Table 2. Information of setup for physical and parameterization schemes used to simulate regional climate in West Kalimantan

Parameter	Deskripsi (Giorgi <i>et al.</i> 2013)	Digunakan dalam simulasi
&dimparam		
iy	Number of grid points in y direction (i)	80
jx	Number of grid points in x direction (j)	90
kz	Number of vertical levels (k)	18
&geoparam		
iproj	Map projection	'NORMER' (Normal Mercator)
ds	Grid point separation in km	10
ptop	Pressure of model top in cbar	5
clat	Central latitude of model domain in degrees	-0.55
clon	Central longitude of model domain in degrees	111.5
&globdatparam		
ibdyfrq	Boundary condition interval (hours)	6
ssttyp	Type of Sea Surface Temperature used	'CA_45'
dattyp	Type of global analysis datasets used	'CA_45'
gdate1	Start date for ICBC data generation	1979120100
gdate2	End data for ICBC data generation	2005120100
calendar	Calendar to use (gregorian, noleap or 360_day)	'noleap'
&timeparam		
dtrad	Time step in seconds	30
dtabem	Time interval solar radiation calculated (minutes)	18
dtsrf	Time interval absorption-emission calculated (hours)	90
dt	Time interval at which land model is called (seconds)	30
&physicsparam		
iboudy	Lateral Boundary conditions scheme	5
ibltyp	Boundary layer scheme	1
icup	Cumulus convection scheme	4
ipptls	Moisture scheme	1
iocnflx	Ocean Flux scheme	2

sesuai pengaturan yang ditentukan pada tahap *pre-processing*. Tahap *post-processing* adalah tahap pengolahan data luaran simulasi *RegCM4.4* seperti pemilihan data iklim yang digunakan (curah hujan), konversi satuan data iklim dan konversi sistem grid sehingga data luaran simulasi dapat dimanfaatkan untuk analisis lain seperti analisis kekeringan (Giorgi *et al.* 2013).

Metode Koreksi Bias

Koreksi bias dilakukan melalui dua tahap yaitu (1) koreksi bias data curah hujan CHIRPS menggunakan data curah hujan observasi dan (2) koreksi bias data curah hujan luaran *RegCM4.4* menggunakan data curah hujan CHIRPS yang sudah dikoreksi. Metode yang digunakan untuk proses koreksi Tahap 1 adalah berdasarkan metode yang digunakan oleh Lenderink *et al.* (2007). Data curah hujan dikoreksi menggunakan rasio curah hujan rata-rata bulanan klimatologi observasi dengan data yang akan dikoreksi seperti yang dijelaskan pada persamaan sebagai berikut:

$$P^*(mdl) = P(mdl) \times \left[\frac{\mu_m P(obs)}{\mu_m P(mdl)} \right] \dots\dots\dots (1)$$

dimana: P*(mdl) adalah data curah hujan luaran model terkoreksi (CHIRPS terkoreksi), P(mdl) adalah data curah hujan luaran model (CHIRPS), $\mu_m P(obs)$ adalah data curah hujan rata-rata klimatologi observasi dan $\mu_m P(mdl)$

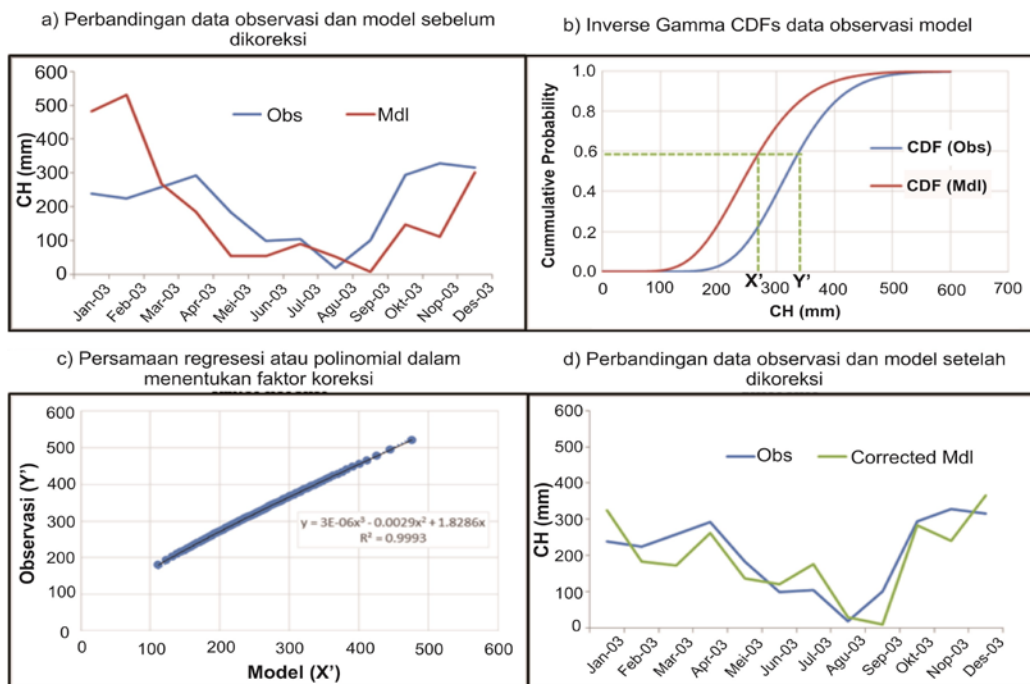
adalah data curah hujan rata-rata klimatologis luaran model (Data CHIRPS).

Data observasi dari delapan stasiun yang digunakan dalam proses koreksi bias adalah data curah hujan wilayah. Curah hujan wilayah dihitung menggunakan metode rata-rata berbobot dari semua stasiun yang ada. Data CHIRPS juga dihitung nilai curah hujan wilayah menggunakan metode yang sama, sehingga proses koreksi menggunakan satuan nilai curah hujan yang sama.

Data curah hujan CHIRPS yang terkoreksi dari tahap (1) digunakan sebagai data untuk proses koreksi tahap (2) menggunakan metode Piani *et al.* (2010). Langkah pertama pada proses koreksi tahap (2) adalah membuat hubungan fungsi transfer distribusi kumulatif gamma (*Inverse Gamma Cumulative Distribution Functions (CDFs)*) antara data curah hujan luaran model *RegCM4.4* dengan data curah hujan CHIRPS terkoreksi. Langkah kedua adalah menentukan faktor koreksi yang dihasilkan dari persamaan regresi linier atau polinomial. Gambar 1 menjelaskan proses koreksi data yang dilakukan. Persamaan distribusi gamma yang digunakan dalam analisis adalah sebagai berikut:

$$pdf(x) = \frac{e^{-\left(\frac{x}{\Theta}\right)} x^{(k-1)}}{\Gamma(k)\Theta^k} \dots\dots\dots (2)$$

dimana: x adalah curah hujan normalisasi, k adalah parameter bentuk, dan Θ adalah parameter skala.



Gambar 1. Ilustrasi proses koreksi bias menggunakan metode Piani *et al.* (2010)

Figure 1. Illustration of bias correction process by using Piani *et al.* (2010) method

Persamaan untuk transformasi *cumulative distribution function* (CDF) adalah sebagai berikut:

$$cdf(x) = \int_0^x \frac{e^{-\frac{x'}{\theta}} \frac{x'^{k-1}}{\Gamma(k)\theta^k}}{dx'} + cdf(0) \dots\dots\dots (3)$$

dimana: x adalah curah hujan normalisasi, k adalah parameter bentuk, θ adalah parameter skala, cdf(0) adalah fraksi hari/bulan tanpa hujan.

Adapun persamaan umum regresi linier dan regresi polinomial adalah sebagai berikut:

$$Y1 = a x + b \dots\dots\dots (4)$$

$$Y2 = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0 \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

Y1 = Persamaan regresi linier

Y2 = Persamaan regresi polinomial

N = Derajat/orde polinomial

Dalam prosesnya, persamaan regresi yang digunakan dapat disimulasikan untuk memperoleh persamaan regresi terbaik. Oleh karena itu, dalam kajian ini dilakukan lima simulasi proses koreksi yang dibedakan berdasarkan kategori sebagai berikut:

1. Koreksi untuk semua bulan dan setiap grid dengan persamaan regresi linier
2. Koreksi untuk setiap bulan dan setiap grid dengan persamaan regresi linier
3. Koreksi untuk setiap bulan dan setiap grid dengan persamaan polinomial orde 2
4. Koreksi untuk setiap bulan dan setiap grid dengan persamaan polinomial orde 3
5. Koreksi untuk setiap bulan dan setiap grid dengan persamaan polinomial orde 3 dengan nilai intersep dikembalikan pada titik (0,0) (*forcing intercept to zero*)

Berdasarkan lima simulasi yang dilakukan di atas akan ditentukan hasil yang paling mendekati dengan data curah hujan CHIRPS terkoreksi. Penentuan simulasi terbaik didasarkan pada pola sebaran spasial dan temporal yang mendekati dengan data curah hujan CHIRPS terkoreksi.

Analisis SPI

Perhitungan SPI didasarkan pada distribusi statistik gamma. Langkah pertama adalah menghitung fungsi kepadatan peluang (*probability density function*/PDF)

berdasarkan distribusi gamma. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai PDF adalah sebagai berikut:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \dots\dots\dots (6)$$

dimana: nilai α>0 merupakan parameter bentuk, β>0 merupakan parameter skala dan x>0 merupakan total curah hujan.

Nilai Γ(α) adalah fungsi gamma dengan persamaan berikut:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \dots\dots\dots (7)$$

Dalam menentukan nilai α dan β, Edward dan McKee (1997) menyarankan menggunakan pendekatan kemungkinan maksimum oleh Thom (1958) seperti berikut:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right] \dots\dots\dots (8)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \dots\dots\dots (9)$$

$$A = \ln \bar{x} - \frac{\sum \ln x}{n} \dots\dots\dots (10)$$

Nilai kepadatan peluang kumulatif (*cumulative density function*; CDF) dihitung dengan mengintegrasikan sebaran PDF Gamma terhadap nilai x sehingga diperoleh persamaan berikut:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \dots\dots\dots (11)$$

Fungsi distribusi gamma tidak dapat dihitung pada nilai x=0, sehingga persamaan nilai peluang kumulatifnya diubah menjadi:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \dots\dots\dots (12)$$

dimana: nilai q adalah peluang banyaknya curah hujan nol. Nilai H(x) yang diperoleh kemudian ditransformasi pada nilai Z yang menunjukkan SPI pada nilai distribusi normal dengan nilai μ=0 dan σ=1.

Perhitungan Nilai Z untuk 0<H(x)<0,5 adalah sebagai berikut:

$$Z = SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \dots\dots\dots (13)$$

$$t = \sqrt{\ln \frac{1}{(H(x))^2}} \dots\dots\dots (14)$$

Sedangkan untuk nilai $0,5 < H(x) < 1$ adalah sebagai berikut:

$$Z = SPI = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_1 t^2}{1 + d_1 + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \dots\dots\dots (15)$$

$$t = \sqrt{\ln \frac{1}{1 - (H(x))^2}} \dots\dots\dots (16)$$

dimana: nilai $c_0 = 2,515517$, $c_1 = 0,802853$, $c_2 = 0,010328$, $d_1 = 1,432788$, $d_2 = 0,189269$, dan $d_3 = 0,001308$.

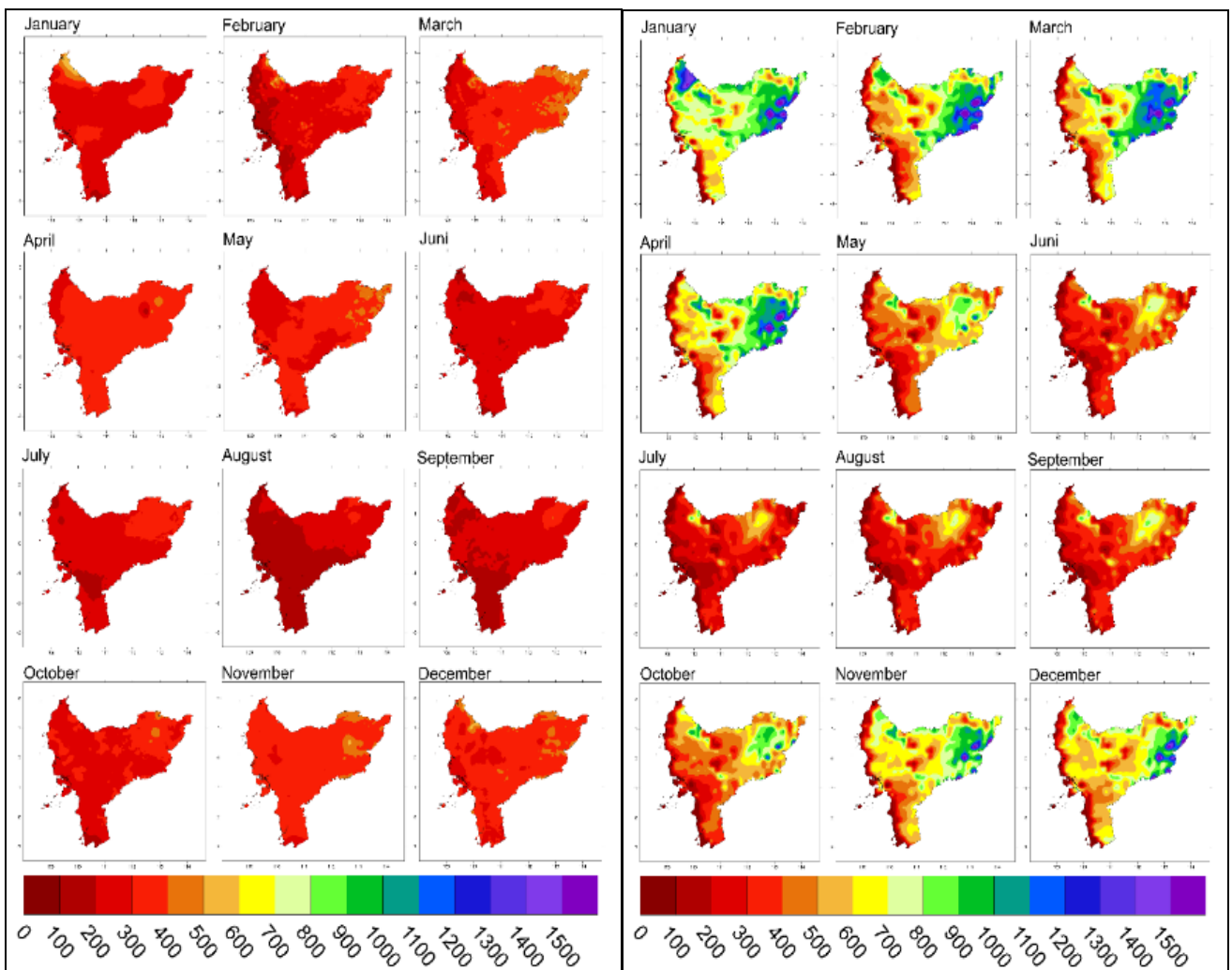
Nilai SPI negatif menunjukkan kondisi defisit curah hujan atau dalam kondisi kekeringan sedangkan nilai SPI

positif menunjukkan kondisi surplus curah hujan yang dapat menyebabkan kejadian banjir.

Hasil dan Pembahasan

Curah Hujan Luaran Simulasi Model *RegCM4.4*

Luaran simulasi model *RegCM4.4* menggunakan parameter fisik yang dipilih secara umum menunjukkan kondisi nilai curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai curah hujan dari data CHIRPS terkoreksi. Meskipun demikian, sebaran spasial data curah hujan luaran simulasi model *RegCM4.4* dapat menggambarkan kondisi curah hujan di Kalimantan Barat. Wilayah bagian barat Provinsi Kalimantan Barat cenderung memiliki curah hujan yang lebih rendah dibandingkan dengan wilayah bagian timur (Gambar 2). Dilihat dari sebaran bulanan,

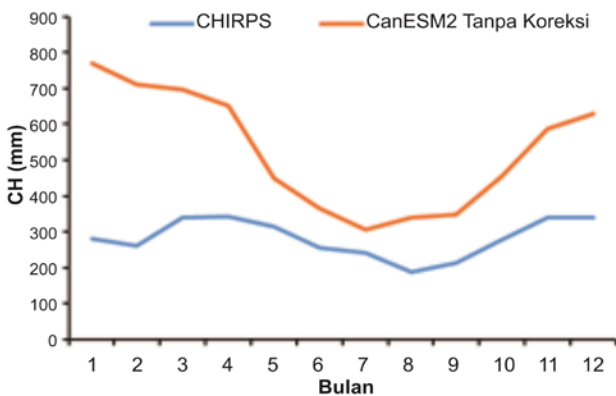


Gambar 2. Perbandingan curah hujan (mm) CHIRPS yang sudah dikoreksi (kiri) dengan data curah hujan luaran simulasi *RegCM4.4* tanpa dikoreksi (kanan). Secara umum curah hujan luaran simulasi *RegCM4.4* menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai curah hujan CHIRPS terkoreksi

Figure 2. Comparison of rainfall (mm) from corrected CHIRPS (left) and output of *RegCM4.4* without correction (right). Generally, the output of *RegCM4.4* showed a higher value than the corrected CHIRPS

pola hujan luaran simulasi model *RegCM4.4* cenderung menunjukkan pola hujan monsun, sedangkan hasil analisis menggunakan data curah hujan BMKG dan CHIRPS menunjukkan bahwa pola hujan di Kalimantan Barat adalah pola hujan ekuatorial.

Dari sebaran bulanan juga dapat dilihat secara jelas bahwa curah hujan luaran simulasi model *RegCM4.4* cenderung melebihi nilai curah hujan CHIRPS terkoreksi (Gambar 3). Analisis Ogowang *et al.* (2015) yang melakukan kajian sensitiviti model RCM untuk wilayah tropis menunjukkan bahwa menggunakan skema konveksi awan kumululus MIT-emanuel memiliki kecenderungan nilai curah hujan yang lebih tinggi dari observasi. Oleh karena itu dibutuhkan proses koreksi bias agar data luaran simulasi model RCM mendekati data observasi.



Gambar 3. Perbandingan pola curah hujan antara data CHIRPS yang sudah dikoreksi dengan data curah hujan luaran simulasi *RegCM4.4* tanpa dikoreksi

Figure 3. Comparison of rainfall pattern o between corrected CHIRPS and output of *RegCM4.4* without correction

Curah Hujan Hasil Koreksi Bias

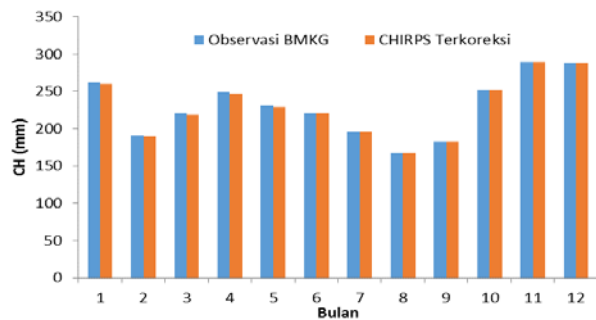
Analisis koreksi bias menunjukkan bahwa data curah hujan CHIRPS memiliki kemiripan dengan data curah hujan observasi dimana perbandingan nilai curah hujannya tidak tinggi (Tabel 3). Nilai faktor koreksi untuk data curah hujan CHIRPS berkisar antara 0,82 hingga 1,26. Dilihat dari pola hujan antara data curah hujan CHIRPS terkoreksi dan data curah hujan observasi menunjukkan kemiripan pola hujan yaitu pola hujan ekuatorial (Gambar 4). Hal tersebut menunjukkan bahwa data curah hujan CHIRPS mampu digunakan mewakili data curah hujan pada daerah yang tidak memiliki stasiun observasi.

Tabel 3. Nilai faktor koreksi antara data curah hujan observasi dengan data CHIRPS

Table 3. Correction factor for CHIRPS data by using observation rainfall data

Bulan	CHIRPS	Observasi	CHIRPS terkoreksi	Faktor koreksi
Jan	318,4	261,6	260,2	0,82
Feb	212,0	190,8	189,7	0,90
Mar	226,6	220,4	219,2	0,97
Apr	218,0	248,6	247,2	1,14
Mei	208,4	230,6	229,3	1,11
Jun	178,5	221,1	221,1	1,24
Jul	155,9	196,0	196,0	1,26
Ags	165,3	167,9	167,9	1,02
Sept	196,1	182,4	182,4	0,93
Okt	275,9	252,1	252,1	0,91
Nov	288,8	289,7	289,7	1,00
Des	311,4	287,9	287,9	0,92

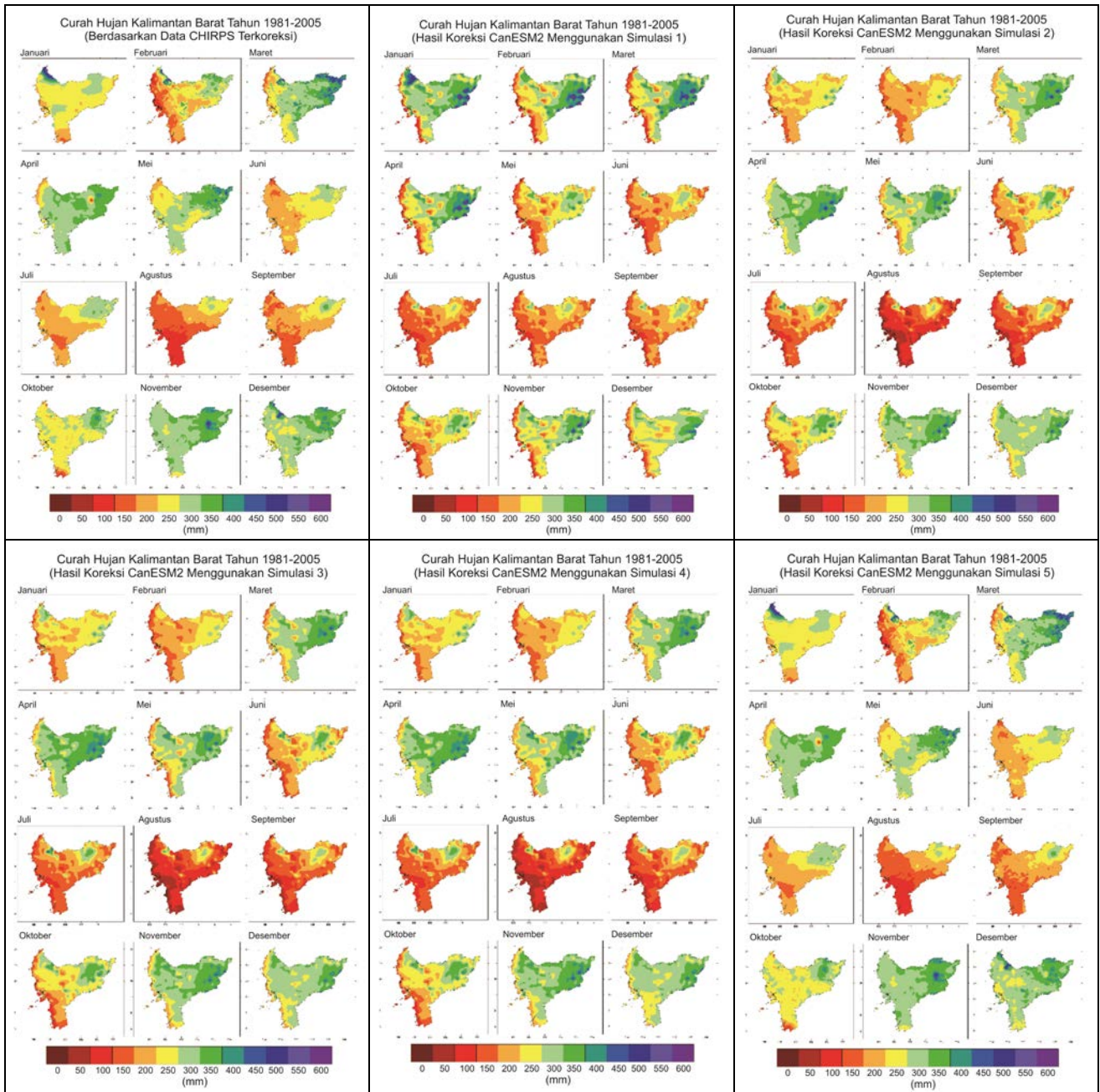
Pemanfaatan data global seperti CHIRPS pada dasarnya dilakukan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan akan data curah hujan yang memiliki sebaran spasial secara merata pada suatu wilayah. Kondisi tersebut dilakukan mengingat penyebaran stasiun observasi BMKG di Kalimantan Barat tidak merata dimana sebagian besar stasiun observasi BMKG di Kalimantan Barat berada pada wilayah bagian barat, sehingga untuk wilayah bagian timur sulit untuk mendapatkan informasi data curah hujan.



Gambar 4. Perbandingan pola curah hujan observasi dengan data curah hujan CHIRPS terkoreksi.

Figure 4. Comparison of rainfall pattern between observation data (BMKG) and corrected CHIRPS.

Hasil analisis simulasi koreksi bias data curah hujan luaran simulasi *RegCM4.4* dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan Simulasi 1, hasil koreksi data curah hujan menunjukkan adanya inkonsistensi antara nilai curah hujan CHIRPS terkoreksi dengan nilai curah hujan luaran



Gambar 5. Perbandingan distribusi spasial curah hujan antara data CHIRPS yang sudah dikoreksi dengan data luaran simulasi *RegCM4.4* yang sudah dikoreksi menggunakan lima simulasi koreksi bias. Simulasi koreksi ke-lima merupakan simulasi yang memiliki hasil paling mendekati dengan data CHIRPS terkoreksi

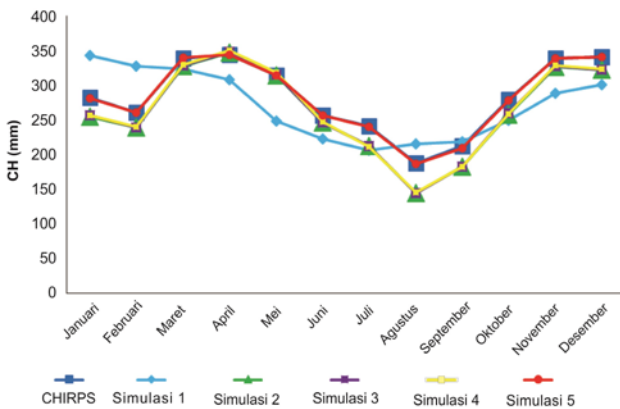
Figure 5. Comparison of spatial distribution of rainfall between corrected CHIRPS and output of *RegCM4.4* with five method of bias correction. The fifth simulation of bias correction shows the best result compare with the corrected CHIRPS

simulasi *RegCM4.4*. Pada beberapa bulan dimana nilai curah hujan CHIRPS terkoreksi menunjukkan nilai rendah, sedangkan nilai curah hujan luaran simulasi *RegCM4.4* menunjukkan nilai yang lebih tinggi dan begitu pula sebaliknya. Hal tersebut memberi informasi bahwa satu persamaan regresi linier yang digunakan untuk seluruh bulan tidak memberikan hasil koreksi yang tepat. Hasil

analisis juga menunjukkan tidak adanya perubahan pola hujan hasil koreksi bias dimana masih menggambarkan pola hujan monsunal (Gambar 6).

Hasil koreksi bias pada Simulasi 2 menunjukkan adanya kemiripan pola hujan antara data curah hujan CHIRPS terkoreksi dengan data curah hujan luaran simulasi *RegCM4.4*. Namun demikian, secara sebaran

spasial masih terdapat bias yang perlu diperbaiki seperti pada Bulan Agustus dimana hasil koreksi bias data curah hujan luaran simulasi *RegCM4.4* menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan data curah hujan CHIRPS terkoreksi. Pada Simulasi 3 dan Simulasi 4 hasil koreksi bias yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan Simulasi 2. Pola hujan mampu diperbaiki dengan baik, namun sebaran spasial masih menunjukkan adanya bias. Meskipun demikian, persamaan polinomial orde tiga menjadi pilihan terbaik. Pertimbangannya adalah, hubungan antara data curah hujan CHIRPS terkoreksi dan data curah hujan luaran simulasi *RegCM4.4* yang tidak linier karena mempertimbangkan pola hujan yang berbeda antara kedua data. Selain itu, pada persamaan polinomial orde dua, ada pola parabola dimana pada suatu titik tertentu terjadi penurunan nilai curah hujan hasil koreksi bias. Koreksi bias data curah hujan luaran simulasi *RegCM4.4* pada Simulasi 5 menunjukkan hasil paling mendekati dengan data curah hujan CHIRPS terkoreksi dimana pola hujan dan sebaran spasial hampir sama. Oleh karena itu, koreksi bias pada Simulasi 5 menjadi pilihan tepat dari seluruh simulasi koreksi bias yang dilakukan.



Gambar 6. Perbandingan pola hujan antara data CHIRPS yang sudah dikoreksi dengan data curah hujan luaran simulasi *RegCM4.4* yang dikoreksi menggunakan Simulasi 1 hingga Simulasi 5.

Figure 6. Comparison of rainfall pattern between corrected CHIRPS and output of *RegCM4.4* with five simulation of bias correction.

Kondisi Kekeringan di Kalimantan Barat

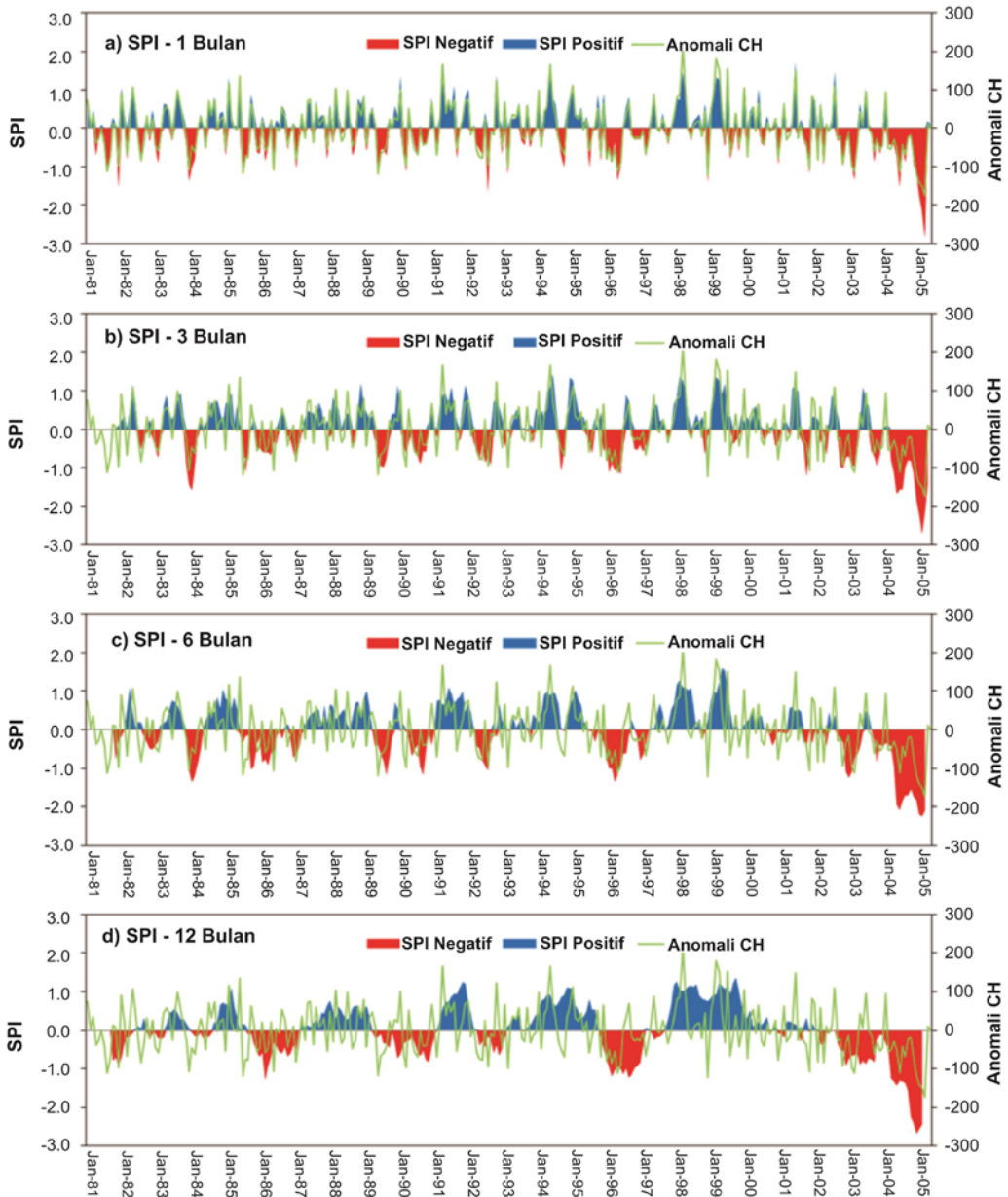
Hasil analisis SPI untuk kekeringan lahan menunjukkan bahwa pada skala waktu 1 bulan, pola SPI mengikuti dengan pola hujan dimana ketika anomali curah hujan negatif, nilai SPI juga menunjukkan kondisi negatif yang menunjukkan kondisi kekeringan.

Jika dikorelasikan antara nilai SPI 1 bulan dengan nilai anomali curah hujan, maka diperoleh nilai korelasi sebesar 0,97. Nilai korelasi antara anomali curah hujan dengan SPI 1 bulan merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan SPI menggunakan skala waktu yang lainnya. Meskipun demikian, skala waktu yang dipilih untuk analisis tidak didasarkan pada nilai korelasi tersebut melainkan dari tujuan perhitungan indeks SPI seperti untuk informasi sistem pertanian dimana kondisi meteorologis dan kelengasan tanah yang mudah berubah, dapat memanfaatkan skala waktu SPI 1 dan 3 bulan. Selain itu, untuk tujuan jangka waktu yang lebih panjang seperti dalam sistem hidrologi dapat memanfaatkan skala waktu SPI 6 hingga 24 bulan.

Skala waktu dalam perhitungan indeks SPI juga digunakan untuk melihat durasi kejadian kekeringan dan tingkat keparahan dari kekeringan (Szalai dan Szinell 2000). Skala waktu yang lebih panjang akan berpengaruh pada durasi kekeringan yang lebih lama. Pada skala waktu 1 bulan dimana pola SPI cenderung mengikuti pola curah hujan sehingga durasi kekeringan juga mengikuti periode hujan bulanan. Pada skala waktu 3 bulan dan lebih, durasi kekeringan menjadi lebih lama dimana kondisi kekeringan mempertimbangkan kecenderungan kondisi hujan bulanan yang terjadi. Pada tahun 1991 misalnya, terlihat jelas bahwa periode kekeringan menjadi lebih lama menjadi sekitar 4 bulan bila menggunakan skala waktu 3 bulan atau lebih (Gambar 7). Hasil analisis juga menunjukkan bahwa metode SPI mampu mensimulasikan kekeringan yang terjadi pada tahun El-Nino. Beberapa kejadian kekeringan akibat fenomena El-Nino seperti tahun 1982/1983, tahun 1986/1987, tahun 1991/1992 dan tahun 1997/1998 dapat disimulasikan dengan baik menggunakan metode SPI.

Kesimpulan dan Saran

Dari penelitian ini ditemukan bahwa data curah hujan CHIRPS memiliki kemiripan dengan data curah hujan BMKG, khususnya di wilayah Kalimantan Barat. Nilai faktor koreksi antara data tersebut berkisar antara 0,82 – 1,26 yang artinya perbandingan antara kedua data tidak terlalu besar. Pada koreksi bias data curah hujan luaran model *RegCM4.4* menggunakan data curah hujan CHIRPS yang sudah dikoreksi, hasil simulasi koreksi bias terbaik diperoleh dengan persamaan regresi polinomial orde 3 yang dikombinasikan dengan nilai intersep nol. Pola hujan dan sebaran spasial dari data curah hujan terkoreksi luaran model *RegCM4.4* memiliki kesamaan dengan data curah hujan CHIRPS terkoreksi.



Gambar 7. Nilai SPI periode Januari 1981 hingga Desember 2005 menggunakan skala waktu 1-bulan hingga 12-bulan. Warna biru merupakan nilai SPI positif dan warna merah merupakan SPI negatif yang menunjukkan kondisi kekeringan

Figure 7. *SPI time series for West Kalimantan from January 1981 to December 2005 using time scales of 1, 3, 6 and 12 months. Blue color shows the positive SPI and red color shows the negative SPI as dry condition*

Metode SPI mampu mensimulasikan kondisi kekeringan lahan di Provinsi Kalimantan Barat. Dari beberapa catatan historis mengenai kekeringan lahan terutama akibat kejadian El-Nino, nilai indeks SPI menunjukkan waktu kejadian kekeringan seperti pada tahun 1982/1983, tahun 1986/1987, tahun 1991/1992 dan tahun 1997/1998 dimana pada tahun-tahun tersebut terjadi kekeringan di sebagian besar wilayah Indonesia. Adapun skala waktu yang dapat digunakan adalah skala waktu 3-bulan.

Daftar Pustaka

- Aldrian, E. dan R. Dwi Susanto. 2003. Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *Int. J. Climatol.* 23: 1435–1452. doi:10.1002/joc.950.
- Arora, V.K. dan G.J. Boer. 2010. Uncertainties in the 20th century carbon budget associated with land use change. *Global Change Biology.* 16: 3327–3348. doi:10.1111/j.1365-2486.2010.02202.x.
- Christensen, J.H., F. Boberg, O.B. Cristensen, dan P. Lucas-Picher. 2008. On the need for bias correction of regional climate change projections of temperature and precipitation. *Geophys. Res. Lett.* 35. L20709. doi:10.1029/2008GL035694.
- Edwards, D.C. dan McKee, T.B. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple timescales. *Climatology Report Colorado State University, Fort Collins, No. 97-2.*
- Emanuel, K.A. dan Zivkovic-Rothman M. 1999. Development and evaluation of a convection scheme for use in climate models. *Journal of the Atmospheric Sciences* 56:1766–1782
- Funk, C.C., Peterson, P.J., Landsfeld, M.F., Pedreros, D.H., Verdin, J.P., Rowland, J.D., Romero, B.E., Husak, G.J., Michaelsen, J.C., dan Verdin, A.P. 2014. A quasi-global precipitation time series for drought monitoring: U.S. Geological Survey Data Series 832. 4 p. <http://dx.doi.org/10.3133/ds832>.
- Funk, C.C., A. Verdin, J. Michaelsen, P. Peterson, D. Pedreros, dan G. Husak. 2015. A global satellite-assisted precipitation climatology. *Earth Syst. Sci. Data* 7: 275–287.
- Giorgi, F, N. Elguindi, S. Cozzini, dan G. Giuliani. 2013. *Regional Climatic Model RegCM User's Guide Version 4.4.* The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Strada Costiera, 11 I – 34151. Trieste, Italy.
- Hayes, M.J, M.D. Svoboda, N. Wall, dan M. Widhalm. 2011. The Lincoln Declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 92: 485-488. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/2010BAMS3103.1>.
- Lenderink, G., A. Buishand, dan W. Van Deusen. 2007. Estimate of future discharges of the river Rhine using two scenarios methodologies: direct versus delta approach. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11: 1145-1159. doi:10.5194/hess-11-1145-2007.
- McKee, T.B., N.J. Doesken, dan J. Kleist. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology.* American Meteorological Society: 179–184.
- Ogwang, B.A., H. Chen, X. Li, dan C. Gao. 2015. Evaluation of the capability of RegCM4.0 in simulating East African climate. *Theor Appl Climatol.* DOI 10.1007/s00704-015-1420-3.
- Piani, C., J.O. Haerter, dan Coppola. 2010. Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. *Theor Appl Climatol* 99: 187–192. doi:10.1007/s00704-009-0134-9.
- Rojas, R., L. Feyen, A. Dosio, dan D. Bavera. 2011. Improving pan-European hydrological simulation of extreme event troght statistical bias correction of RCM-driven climate simulation. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15: 2599-2620. doi:10.5194/hess-15-2599-2011.
- Salathe Jr., E.P. 2003. Comparison of various precipitation downscaling method for the simulation of streamflow in a rainshadow river basin. *Int. J. Climatol.* 23: 887-901.
- Schmidli, J., C. Frei, dan P.I. Vidale. 2006. Downscaling from GCM precipitation: a benchmark for dynamical and statistical downscaling method. *Int. J. Climatol.* 26: 679-689. doi: 10.1002/joc.1287.
- Szalai, S. dan C. Szinell. 2000. Comparison of two drought indices for drought monitoring in Hungary – a case study. *Drought and Drought Mitigation in Europe.* Vogt JV. Spmma F (eds). Kluwer. Dordrech. 161–166. doi:10.1007/978-94-015-9472-1_12.
- Teutschbein, C. dan J. Seibert. 2010. Regional climate model for hydrological impact studies at the catchment scale: a review of recent modelling strategies. *Geogr. Compass* 4: 834-860. doi:10.1111/j.1749-8198.2010.00357.x.
- Thom. H. C. S. 1958. A Note on the Gamma Distribution. *Monthly Weather Review* Vol. 86(4):117 -122.
- Varis, O., T. Kajander, dan R. Lemmela. 2004. Climate and Water: from climate models to water resources management and vice versa. *Clim. Change* 66: 321-344.
- Wu, H., M.J. Hayes, D.A. Wilhite, dan M.D. Svoboda. 2005. The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation. *Int. J. of Climatology.* 25: 505-520.
- Zanis, P., C. Douvis, I. Kapsomenakis, I. Kioutsioukis, D. Melas, dan J.S. Pal. 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(3):327-337. DOI: 10.1007/s00704-008-0075-8.

Zou, L., Y. Qian, T. Zhou, dan B. Yang. 2014. Parameter Tuning and Calibration of RegCM3 with MIT–Emanuel Cumulus Parameterization Scheme over CORDEX East Asia Domain. *J. Climate*, **27**, 7687–7701, doi: 10.1175/JCLI-D-14-00229.1.