

Koreksi Bias Hasil Proyeksi MIROC5 Keluaran WRF dengan Metode CDFDM

Robi Muharsyah¹

¹Sub Bidang Analisa Informasi Iklim Pusat Informasi Perubahan Iklim

Abstrak Proyeksi Iklim wilayah Indonesia pada tahun 2006 -2040 dari data MIROC 5 telah dihasilkan melalui teknik *Dynamical Downscaling* menggunakan model WRF. Selanjutnya keluaran model WRF tersebut (data model) dikoreksi biasanya menggunakan *Cumulative Distribution Function Downscaling Method* (CDFDM) sehingga dihasilkan data terkoreksi. Data observasi berupa curah hujan harian pada 148 stasiun BMKG (2006 – 2015) digunakan sebagai data training pada metode CDFDM. Tingkat akurasi diukur dengan menghitung persentase kesesuaian antara data model dan data terkoreksi terhadap data observasi. Digunakan empat indikator : *Mean daily precipitation* (MEA), *Intensity of precipitation* (INT), *Fraction of Wet days* (FRE) dan *Percentile-90* (Q90) untuk mengukur tingkat akurasi tersebut. Hasilnya penggunaan metode CDFDM mampu memberikan peningkatan akurasi dengan rata-rata sebesar 15% baik untuk periode JJA maupun DJF.

Kata Kunci: *Proyeksi Iklim, MIROC5, CDFDM.*

Abstract. *Climate Projection in Indonesia for 2006 – 2040 using MIROC5 has been done by Dynamical Downscaling technic using WRF model. Then, By using Cumulative Distribution Function Downscaling Method (CDFDM), bias of the WRF model has been corrected. Daily rainfall for period 2006 – 2015 in 148 BMKG station has used as the training data. Accuracy of CDFDM be measured by Mean daily precipitation (MEA), Intensity of precipitation (INT), Fraction of Wet days (FRE) dan Percentile-90 (Q90). The result show that CDFDM be able to increase the accuracy around 15% for both JJA and DJF season.*

Keywords: *Climate Projection, MIROC5, CDFDM.*

Pendahuluan

Pada tahun 2014-2015, BMKG melalui Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara melakukan kerjasama dengan *Japan International Cooperation Agency* (JICA) untuk menghasilkan proyeksi iklim Indonesia hingga 2040. Data proyeksi MIROC5 periode 2006 – 2040 dipilih sebagai *Global Circulation Model* (GCM) yang selanjutnya didownscaling hingga resolusi ~20 Km menggunakan model WRF versi 3.6. Hasil ini kemudian dijadikan sebagai produk resmi proyeksi iklim Indonesia di BMKG [1].

Berdasarkan hasil tersebut telah diperoleh proyeksi curah hujan dan suhu di wilayah Indonesia hingga tahun 2040. Khusus untuk curah hujan, hasilnya bervariasi, sebagian menunjukkan Indonesia akan mengalami penambahan hujan di beberapa wilayah dan sebagian lainnya juga menunjukkan adanya pengurangan hujan. Untuk mengetahui kemampuan dari keluaran WRF ini sebagai data proyeksi di Indonesia, juga telah dilakukan validasi sederhana seperti menghitung korelasi, RMSE dan bias curah hujan pada periode 2006 – 2014[2]. Hasilnya menunjukkan bahwa wilayah-wilayah dengan tipe hujan Monsunal mempunyai akurasi yang lebih baik dibandingkan wilayah dengan tipe hujan ekuatorial dan Anti-Monsunal [2].

Pada kajian ini, keluaran WRF sebagai hasil dari *Dynamical Downscaling* selanjutnya diproses dengan *Statistical Downscaling*. Dalam hal ini *Statistical downscaling* yang dilakukan berupa *Bias Correction* (BC) atau koreksi bias antara data keluaran WRF terhadap observasinya pada periode *training* 2006 – 2015 (10 tahun) menggunakan metode *Cumulative Distribution Function Downscaling Method* (CDFDM). Tujuan dari kajian ini adalah untuk mencari tau apakah BC dengan CDFDM memberikan peningkatan akurasi dari keluaran WRF terhadap data

observasi sehingga memberikan proyeksi iklim yang lebih baik untuk wilayah Indonesia.

Tulisan ini terdiri empat bagian. Pertama berupa pendahuluan terkait data proyeksi yang akan dikoreksi. Bagian kedua membahas data yang akan di BC serta langkah-langkah metode CDFDM sebagai salah satu metode BC. Bagian ketiga membahas hasil dari BC menggunakan beberapa indikasi yang dipakai. Bagian terakhir menyimpulkan, apakah BC dengan CDFDM memberikan peningkatan akurasi berdasarkan indikasi yang digunakan.

Metodologi

Terdapat dua jenis data yang digunakan pada kajian ini. Pertama, data observasi curah hujan harian pada 148 stasiun BMKG di seluruh Indonesia pada periode 2006 – 2015. Kedua, data proyeksi curah hujan harian berupa proyeksi MIROC5 keluaran WRF pada periode 2006 – 2040 (selanjutnya disebut data model).

Selanjutnya data model dibias koreksi (BC) terhadap data observasi. Teknik BC bekerja berdasarkan *Probability Density Function* (PDF) dan *Cumulative Distribution Function* (CDF) dari data model dan data observasi [3,4]. Berbagai teknik BC telah banyak dikenal beberapa dekade belakangan ini, hal ini dikarenakan penggunaannya yang mudah dan dapat diaplikasikan langsung (tidak membutuhkan komputasi yang rumit) [5].

Teknik BC yang cukup sederhana adalah berdasarkan *distribution mapping*. Beberapa peneliti juga menyebut metode ini sebagai *empirical Quantile Mapping* (eQM) [6]. Kelebihan dari metode ini salah satunya adalah dapat digunakan untuk berbagai bentuk data [6].

Pada kajian ini teknik BC berdasarkan *distribution mapping* merujuk pada kajian yang telah dilakukan oleh Iizumi, 2010 [7] dan 2011 [8]. Iizumi, 2011 menggunakan CDFDM untuk mengoreksi data model dari empat *regional climate models* (NHRM, NRAMS, TRAMS, and TWRF) di Jepang menggunakan data curah hujan harian pada periode 1985 - 2004. Disimpulkan dari kajian tersebut, metode CDFDM tidak begitu bagus dalam mengoreksi curah hujan ekstrem [8]. Secara umum langkah-langkah dari metode CDFDM disimpulkan sebagai berikut:

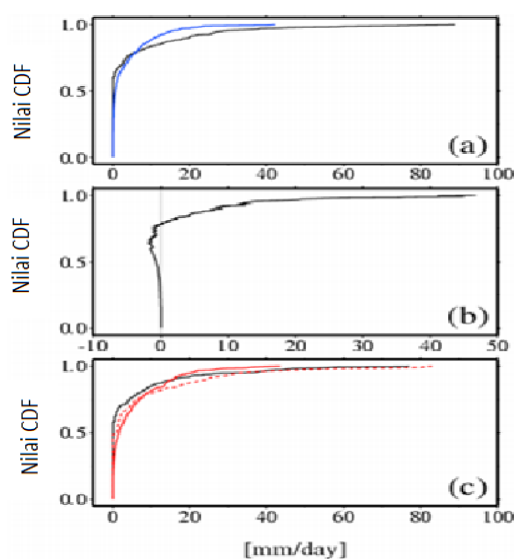
a) Dapatkan *Cumulative Distribution Function* (CDF) dari data observasi dan data model pada periode tertentu (disebut sebagai periode *training*).

- b) Hitung selisih curah hujan harian antara data model terhadap data observasi pada tiap-tiap nilai fungsi CDF F ($0 \leq F \leq 1$).
- c) Dapatkan CDF dari data model sepanjang periode data yang akan didownscaling dan tambahkan nilai selisih pada langkah b) untuk tiap-tiap nilai fungsi CDF yang bersesuaian.
- d) Diperoleh data model yang telah terkoreksi.

Tiga langkah (a, b dan c) diatas secara visual diberikan oleh gambar 1. Pada gambar tersebut terlihat tahap per tahap yang dilakukan pada proses BC dengan CDFDM untuk curah hujan harian. Jika selain curah hujan maka bentuk dari CDF yang dihasilkan akan berbeda. Hal ini berkaitan dengan sebaran data dari tiap-tiap parameter iklim.

Masih pada gambar 1, pada poin a) garis hitam adalah data observasi dan garis biru adalah data model. Walaupun terlihat mirip, tetap terdapat perbedaan CDF dari kedua data tersebut khususnya pada curah hujan yang lebih dari 10 mm (axis pada gambar a). Pada gambar tersebut, curah hujan maksimum dari data observasi nilainya mendekati 100 mm sedangkan data model hanya berkisar 40 mm. Kedua data mempunyai kemiripan dalam jumlah curah hujan 0 mm (tidak ada hujan).

Selanjutnya gambar b) menunjukkan selisih curah hujan pada tiap-tiap nilai fungsi CDF. Telah disebutkan sebelumnya bahwa curah hujan maksimum data observasi lebih besar dari data model sehingga nilai koreksi menjadi condong ke kanan. Bentuk grafik dari nilai koreksi ini dapat berbeda-beda untuk pasangan data observasi dan model. Hal ini tergantung pada nilai selisih keduanya.



Gambar 1. Tahapan BC dengan metode CDFDM

Tabel 1. Kategori empat indikasi yang digunakan untuk validasi data model dan data terkoreksi terhadap data observasi

Indikasi	Kategori	Satuan
MEA	0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25	mm/hari
INT	0-7 ; 7-14; 14-21; 21-28; 28-35	mm/hari
FRE	0-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100	%
Q90	0-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100	mm/hari

Garis merah putus-putus pada gambar c) merupakan hasil koreksi bias data model, terlihat garis tersebut mendekati garis hitam (data observasi) yang berarti secara sebaran nilai data model telah dikoreksi.

Proses CDFDM bergantung pada panjangnya data training yang dipakai. Data training adalah data observasi yang dipakai untuk mengoreksi data model. Pada kajian ini digunakan periode data 2006 – 2015. Semakin panjang periode data training maka diasumsikan hasil koreksi akan semakin baik. Hal ini disebabkan semakin banyaknya berbagai kemungkinan kejadian curah hujan (termasuk curah hujan ekstrim) yang dipertimbangkan dalam proses koreksi CDFDM.

Proses validasi dilakukan dengan menghitung kesesuaian antara data observasi dan data terkoreksi menggunakan empat indikasi yaitu : *Mean daily precipitation* (MEA), *Intensity of precipitation* (INT), *Fraction of Wet days* (FRE) dan *Percentile-90* (Q90). MEA adalah rata-rata curah hujan harian pada periode tertentu, INT adalah intensitas rata-rata curah hujan harian hanya pada hari hujan ($CH \geq 1$ mm/hari), FRE adalah persentase hari hujan pada periode tertentu dan Q90 adalah nilai curah hujan pada batas ke percentile-90 (hujan pada kategori tinggi). Keempat indikasi ini juga sama dengan yang digunakan oleh Iizumi, 2011[4]. Tingkat kesesuaian atau akurasi dihitung berdasarkan banyaknya stasiun yang masuk pada kategori nilai MEA, INT, FRE dan Q90 berdasarkan kriteria pada Tabel 1.

Selanjutnya hal yang sama juga dilakukan terhadap data model (data sebelum dikoreksi). Sehingga pada akhirnya diperoleh dua hasil indikasi antara data terkoreksi dan data model yang kemudian dapat dibandingkan untuk mengetahui apakah ada peningkatan akurasi pada data model sebelum dan setelah dikoreksi. Perbandingan dilakukan pada dua periode musim yaitu JJA dan DJF. Periode JJA dianggap sebagai

puncak musim kemarau sedangkan periode DJF sebagai puncak musim hujan disebagian besar wilayah Indonesia (wilayah Monsunal)

Hasil dan Pembahasan

Sebanyak 148 stasiun BMKG telah diambil data proyeksinya pada periode 2006 – 2040 dan selanjutnya dikoreksi dengan metode CDFDM. Berdasarkan metode tersebut telah diperoleh data terkoreksi sepanjang 2006 – 2040 berdasarkan periode training 2006-2015. Grafik CDF pada 148 stasiun tersebut menunjukkan bahwa curah hujan harian dapat terkoreksi dengan baik hampir diseluruh stasiun BMKG yang dikaji. Pada gambar 2, diberikan tiga contoh grafik CDF yang mewakili masing-masing tipe hujan di Indonesia [9].

Pada gambar 2.a, terlihat perbedaan yang cukup jelas antara CDF data observasi dengan data model khususnya untuk nilai peluang kumulatif besar dari 0.8. Pada gambar tersebut terdapat curah hujan harian data observasi yang lebih besar dari data model sehingga grafik nilai koreksinya condong ke kanan. Ada selisih sekitar 200 mm pada curah hujan harian maksimum antara data observasi dengan data model. Hasil BC menunjukkan grafik CDF data terkoreksi sangat mendekati data observasi.

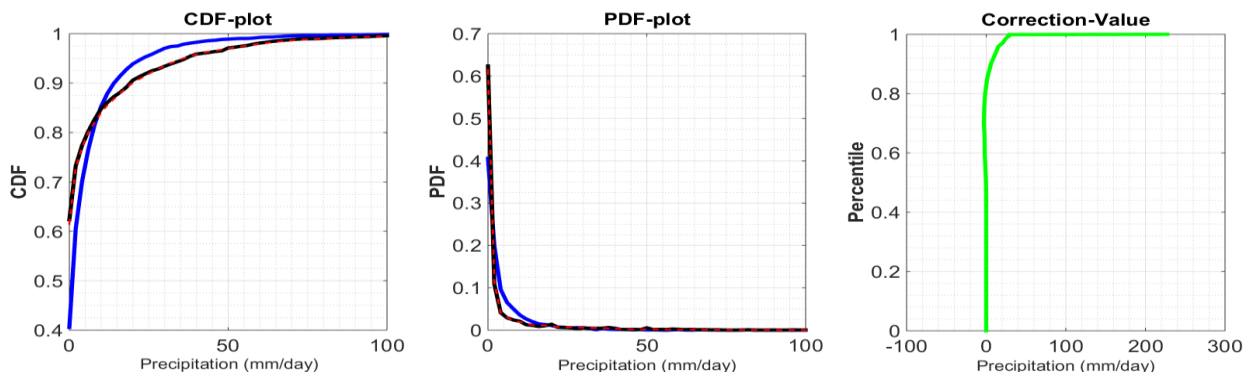
Selanjutnya pada gambar 2.b, tidak begitu jelas perbedaan antara data observasi, data model dan data terkoreksi. Antara data observasi dan data model terdapat kemiripan pada sebaran CDF-nya bahkan hingga mendekati peluang kumulatif 0.95. Hal ini menunjukkan bahwa sebelum dikoreksi, sebaran data model pada periode training sudah mendekati data observasi. Hanya saja selisih curah hujan harian maksimum antara data model dan data observasi masih cukup besar sekitar 300 mm sehingga grafik nilai koreksi condong ke kiri.

Sedangkan CDFDM pada gambar 2.c menyerupai gambar 2.a. Selisih curah hujan harian maksimum antara data observasi terhadap data model mencapai lebih dari 100 mm. Perbedaan antar data observasi dan data model terlihat dari nilai kumulatif peluang 0.4 hingga 1. Hasil koreksi CDF pada gambar 2.c tidak sebaik 2.a. Hal ini terlihat dari grafik CDF data terkoreksi yang masih menyimpang dari data observasi.

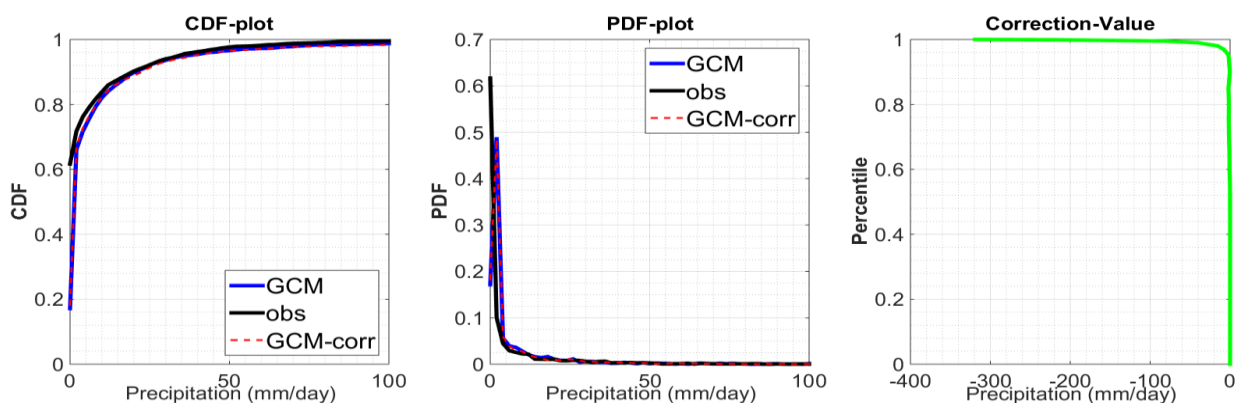
Uraian diatas menunjukkan berbagai macam perbedaan CDFDM disetiap stasiun di Indonesia. CDFDM pada 148 stasiun menunjukkan bahwa secara umum CDF data terkoreksi lebih

mendekati data observasi pada stasiun dengan tipe hujan Monsunal sedangkan untuk dua tipe

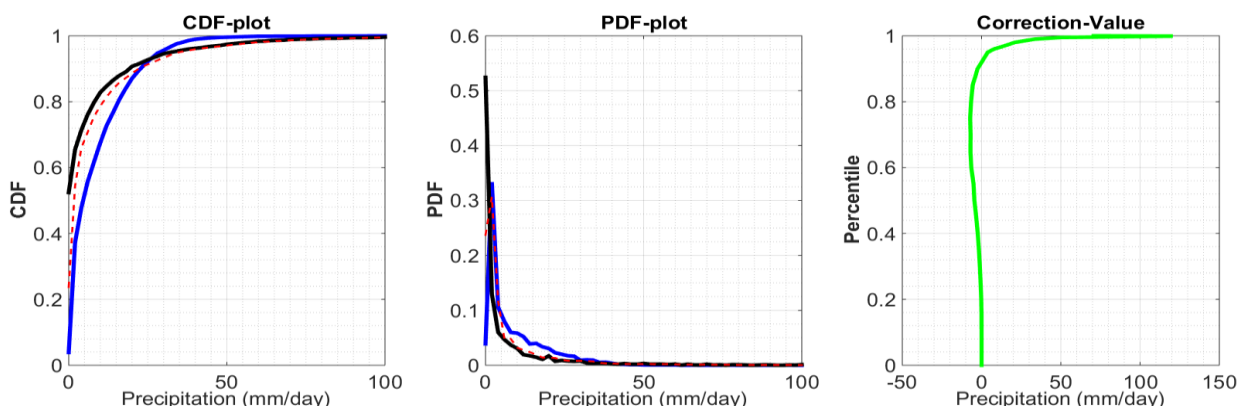
hujan lainnya umumnya masih terdapat selisih antara CDF data model dan data observasi.



(a). Stamar Belawan Medan, Sumatera Utara (Tipe Ekuatorial)



(b). Staklim Semarang, Jawa Tengah (Tipe Monsunal)



(c). Staklim Kairatu Ambon, Maluku (Tipe Anti - Monsunal)

Gambar 2. Grafik koreksi bias dengan metode CDFDM dengan Periode Training 1 Jan 2006 – 31 Des 2015 dan Periode Simulasi 1 Jan 2006 – 31 Des 20140 untuk nilai CDF (kiri), PDF (tengah) dan nilai koreksi (kanan) pada tiga lokasi stasiun : (a) Stasiun Maritim Belawan , (b) Stasiun Klimatologi Semarang dan (c) Stasiun Klimatologi Kairatu.

Data model dan data terkoreksi selanjutnya divalidasi dengan data observasi berdasarkan empat indikasi MEA, INT, FRE dan Q90 untuk periode JJA dan DJF. Hasilnya pada periode JJA, MEA antara data terkoreksi dan observasi menunjukkan banyak kesesuaian satu sama lain. Kesesuaian tersebut banyak ditemukan pada MEA 0-5 mm/hari dan 5 -10 mm/hari khususnya di wilayah Jawa. Namun, juga ditemukan data terkoreksi yang lebih besar dari pada data observasi seperti di beberapa stasiun di Jawa Barat dan juga sebaliknya data terkoreksi lebih rendah dari data observasi seperti di Kalimantan.

Secara keseluruhan 137 dari 148 stasiun (92.57%) mempunyai kesesuaian pada MEA. Jika dibandingkan dengan data model maka diperoleh sebanyak 126 dari 148 stasiun (85.14%) yang mempunyai kesesuaian terhadap data observasi berdasarkan MEA. Hal ini menandakan bahwa metode CDFDM mampu memperbaiki data model berdasarkan rata-rata curah hujan harian pada periode JJA dengan peningkatan akurasi sekitar 7.63%.

Sedangkan pada periode DJF, MEA antara data terkoreksi dengan data observasi juga banyak terdapat kesesuaian, khususnya pada curah hujan 5 – 10 mm/hari dan 10 – 15 mm/hari. Kesesuaian ini banyak ditemukan pada wilayah Sumatera. Secara keseluruhan 87 dari 148 stasiun (58.78%) mempunyai kesesuaian. Dibandingkan dengan data model hanya 71 dari 148 (47.97%) stasiun yang mempunyai kesesuaian. Hal ini juga menunjukkan bahwa metode CDFDM memberikan peningkatan akurasi dalam rata-rata curah hujan harian. Gambar 3 menunjukkan MEA dari data observasi, data model dan data terkoreksi dengan CDFDM pada periode JJA dan DJF.

Indikasi kedua yaitu intensitas hujan harian (INT). Pada periode JJA, data observasi menunjukkan bahwa rata-rata intensitas hujan harian di Indonesia berkisar 7-14 mm/hari (di tipe hujan Monsunal) dan 14-21 mm/hari (selain Monsunal). Sedangkan pada data terkoreksi nilai INT masih menunjukkan hal yang sama, hanya saja di daerah Bali, NTB dan NTT intensitas hujan harian menjadi lebih rendah (0-7 mm/hari) sehingga berbeda dengan data observasinya. Secara keseluruhan terdapat 75 dari 148 (50.68%) data terkoreksi yang sesuai dengan data observasi. Sedangkan untuk data model hanya 60 dari 148 (40.54%) yang sesuai.

Selanjutnya pada periode DJF, intensitas hujan di Indonesia umumnya berkisar 14 – 21 mm/hari dan 21 – 28 mm/hari. Berbeda dengan JJA, pada DJF, data terkoreksi memberikan peningkatan intensitas rata-rata hujan harian untuk wilayah di Bali, NTB dan NTT. Secara keseluruhan terdapat 83 dari 148 stasiun (56.08%) yang menunjukkan adanya kesesuaian antara data terkoreksi dengan data observasi. Dibandingkan dengan data model, kesesuaian tersebut hanya terdapat 52 dari 148 (35.14%) stasiun.

Validasi CDFDM berdasarkan INT, baik pada JJA ataupun DJF menunjukkan terdapat peningkatan antara setelah dikoreksi dibandingkan sebelum dikoreksi. Hal ini menunjukkan bahwa metode CDFDM dapat memperbaiki data model dari segi intensitas hujan harian. Gambar 4 menunjukkan INT dari data observasi, data model dan data terkoreksi dengan CDFDM pada periode JJA dan DJF.

Indikasi ketiga yaitu, fraksi hujan (FRE). Fraksi hujan mirip dengan intensitas hujan. Jika INT adalah rata-rata curah hujan pada hari-hari hujan saja maka FRE adalah rata-rata hari hujan keseluruhan pada periode tertentu. Berdasarkan data observasi, fraksi hujan di Indonesia untuk periode JJA umumnya 0 – 20 % (Monsunal) dan 20 – 40 % (selain Monsunal). Artinya selama periode JJA (total hari pada JJA sama dengan 92 hari) sebanyak 0 -18 hari dan 18 – 36 hari merupakan hari hujan. Sedangkan pada periode DJF, nilai FRE lebih tinggi yaitu 40 – 60 % dan 60 – 80%. Hal ini wajar karena DJF merupakan puncak hujan di Indonesia. Hasil koreksi bias dengan CDFDM tidak memberikan banyak perubahan pada periode JJA. Sedangkan pada DJF, koreksi dengan CDFDM menurunkan jumlah FRE.

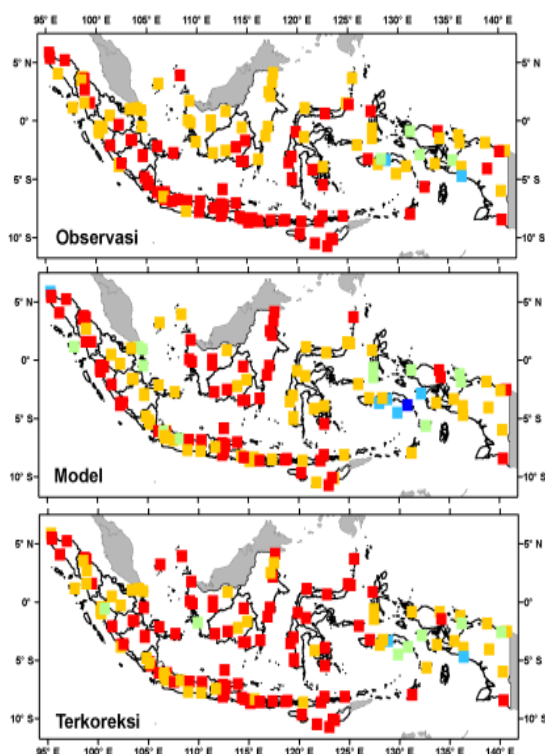
Hasil validasi dengan data observasi menunjukkan, 92 dari 148 (62.16%) stasiun dengan data terkoreksi mempunyai kesesuaian FRE pada periode JJA. Dibandingkan dengan data model, hasil tersebut jauh lebih tinggi karena kesesuaian data model berdasarkan FRE terhadap data observasi hanya 34 dari 148 stasiun (22.97%). Sedangkan pada periode DJF, kesesuaian data terkoreksi ditemukan pada 67 dari 148 (45.27%) stasiun. Hasil ini juga lebih tinggi dari data model yang belum terkoreksi yang hanya 44 stasiun (29.73%). Gambar 5 menunjukkan FRE dari data observasi, data model dan data terkoreksi dengan CDFDM pada periode JJA dan DJF.

Indikasi ke empat atau yang terakhir yaitu percentile ke-90 (Q90). Nilai Q90 ditujukan untuk mengetahui hujan harian yang termasuk pada kategori curah hujan tinggi pada periode tertentu. Pada periode JJA, umumnya curah hujan tinggi

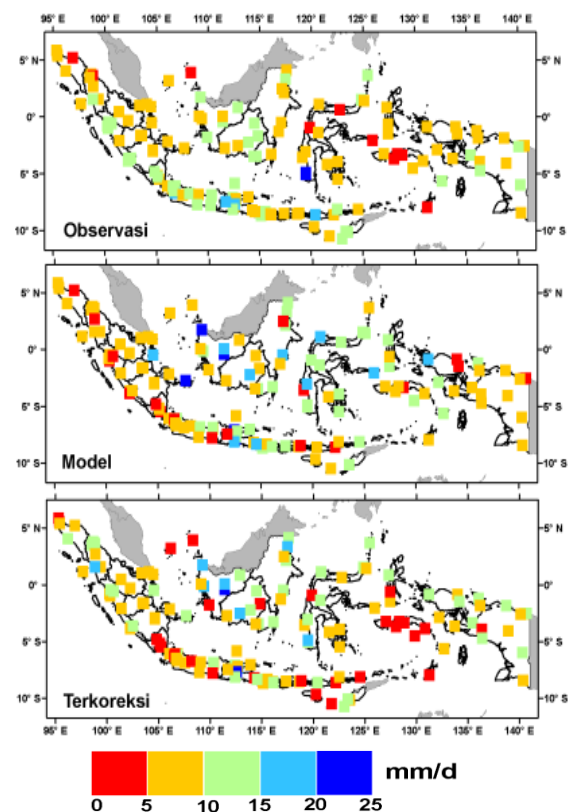
Pada percentile ke-90 berkisar 0 – 20 mm/hari. Pada Gambar 6, tidak terlihat perbedaan yang mencolok antara data observasi dengan hasil koreksi CDFDM. Secara keseluruhan, terdapat 109 dari 148 (73.65%) stasiun yang mempunyai kesesuaian untuk nilai Q90 antara data terkoreksi dengan data observasi. Sedangkan sebelum dikoreksi terdapat 103 dari 148 (69.59%). Artinya hanya sedikit peningkatan akurasi yang diberikan oleh CDFDM.

Selanjutnya pada periode DJF, nilai Q90 umumnya berkisar 20-40 mm/hari. Setelah dikoreksi dengan CDFDM perubahan yang terlihat juga tidak begitu banyak, sama seperti pada periode JJA. Tingkat kesesuaian antara data terkoreksi dengan data observasi menunjukkan 58.11 % atau 86 dari 148 stasiun sedangkan sebelum dikoreksi 43.24% atau 64 dari 148 stasiun.

MEA – JJA

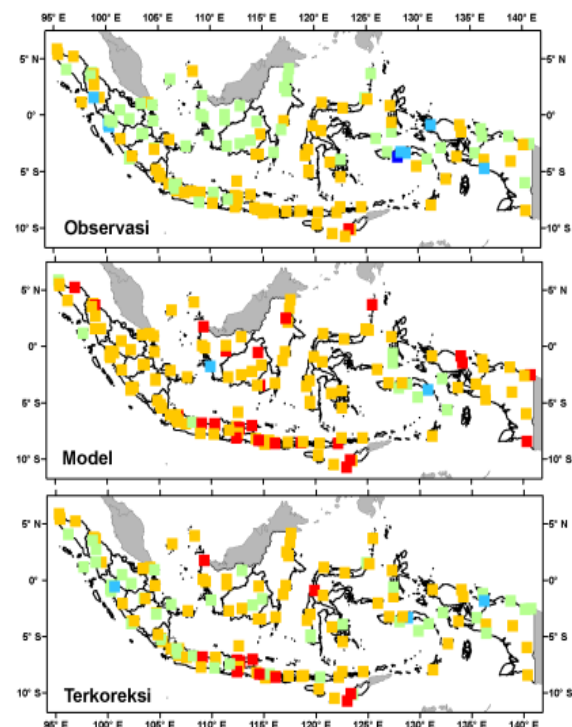


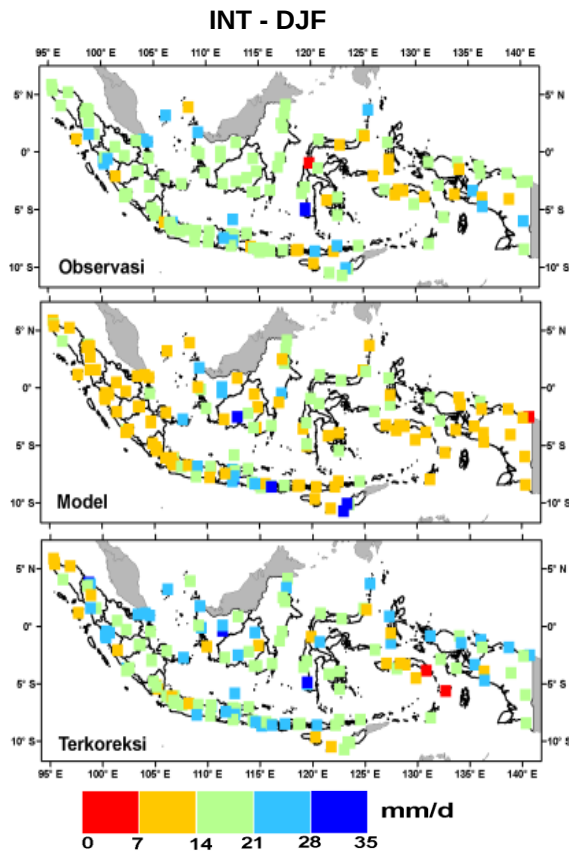
MEA - DJF



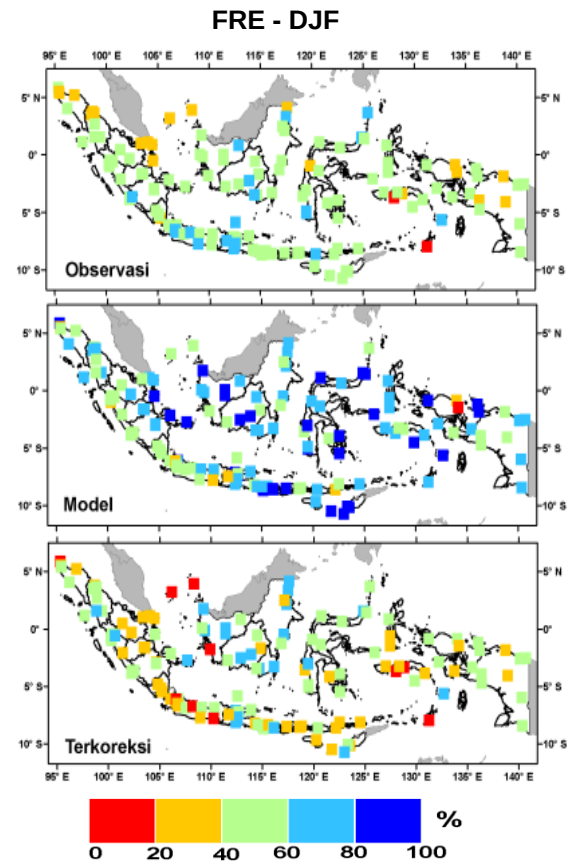
Gambar 3. MEA pada dua periode JJA dan DJF antara data observasi, model dan terkoreksi.

INT – JJA

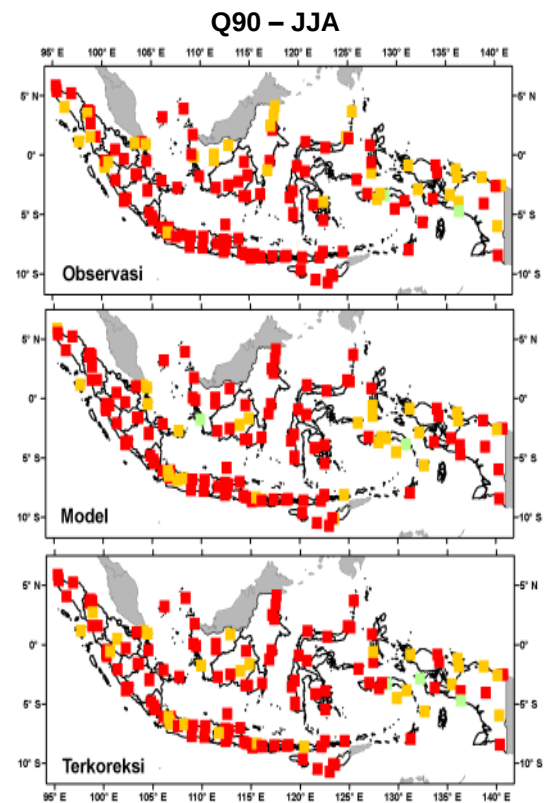
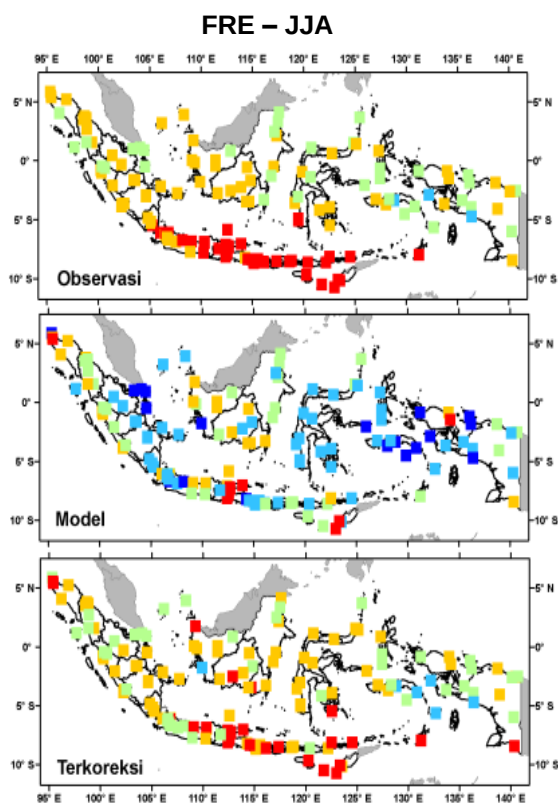


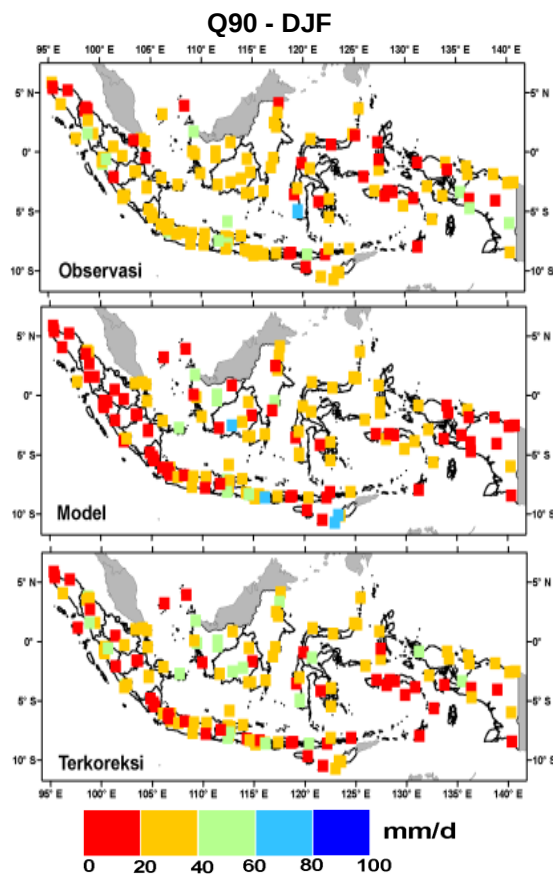


Gambar 4. INT pada dua periode JJA dan DJF antara data observasi, model dan terkoreksi.



Gambar 5. FRE pada dua periode JJA dan DJF antara data observasi, model dan terkoreksi.



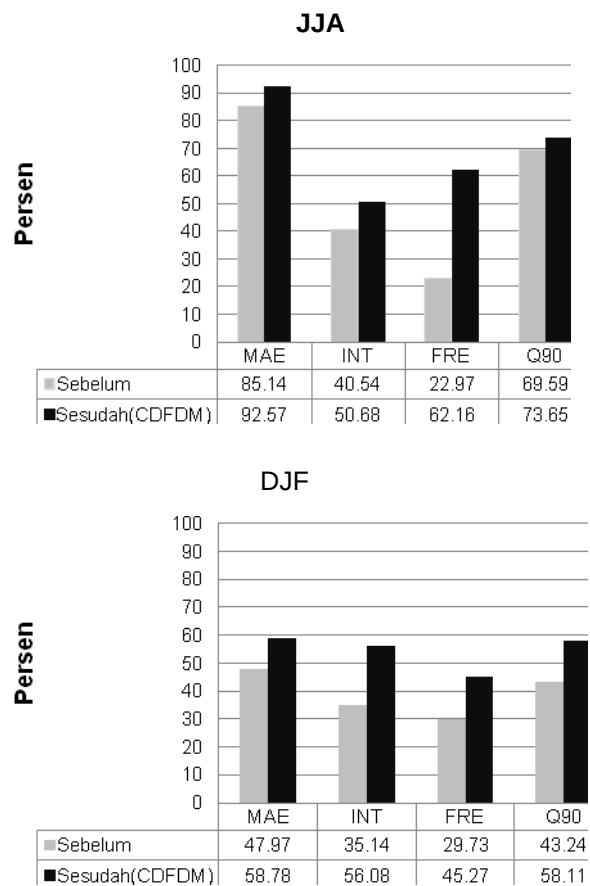


Gambar 6. Q90 pada dua periode JJA dan DJF antara data observasi, model dan terkoreksi.

Kesimpulan

Koreksi bias dengan metode CDFDM memberikan peningkatan akurasi (jumlah stasiun yang sesuai dengan data observasi) dibandingkan dengan data model sebelum dikoreksi berdasarkan empat indikasi : MEA, INT, FRE dan Q90. Grafik batang pada gambar 7 merangkum hal tersebut. Rata-rata peningkatan pada periode JJA dan DJF untuk keempat indikasi tersebut adalah sebesar 15%.

Berdasarkan gambar 7 juga diketahui bahwa, tingkat kesesuaian pada periode JJA lebih tinggi dibandingkan DJF kecuali untuk FRE data terkoreksi. Tingginya tingkat kesesuaian pada periode JJA menandakan bahwa keluaran WRF mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam memprediksi musim kemarau di Indonesia dibandingkan musim hujan.



Gambar 7. Perbandingan tingkat akurasi (kesesuaian terhadap data observasi) antara data model sebelum dan setelah dikoreksi dengan CDFDM berdasarkan 4 indikasi.

Daftar Pustaka

- Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara, BMKG. Atlas Proyeksi Iklim Wilayah Indonesia. ISBN : 978-602-0945-05-7. BMKG, Jakarta, 2015.
- Aryo, Andriyas. Laporan Training Tahap II: Country Focused Training Course on Training for Vulnerability (GCM downscaling) at Tsukuba University organized by JICA under International Cooperation Program of the Government of Japan, 29 September – 5 Desember 2014.
- White, R. H. and Toumi, R. The limitations of bias correcting regional climate model inputs, *Geophysical Research Letters*, 40, 29072912, doi:10.1002/grl.50612, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/grl.50612/abstract>, 2013.
- Maraun, D. Bias Correction, Quantile Mapping, and Downscaling: Revisiting the Inflation Issue, *Journal of Climate*,

- 26, 2137–2143, doi:10.1175/JCLI-D-12-00821.1, <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/JCLI-D-12-00821.1>, 2013.
- Wetterhall, F., Pappenberger, F., He, Y., Freer, J. and Cloke, H.L. Conditioning model output statistics of regional climate model precipitation on circulation patterns, *Nonlin. Processes Geophys.*, 19, 623–633, doi:10.5194/npg-19-623-2012, <http://www.nonlin-processes-geophys.net/19/623/2012/>, 2012.
- A. Amengual, V. Homar, R. Romero, S. Alonso, and C. Ramis. A Statistical Adjustment of Regional Climate Model Outputs to Local Scales: Application to Platja de Palma, Spain. *J. Climate*, 25, 939–957. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-10-05024.1>, 2012.
- Iizumi T, M Nishimori, Y Ishigooka, M Yokozawa (2010) Introduction to climate change scenario derived by statistical downscaling. *J Agric Meteorol* 66: 131-143. (in Japanese with English abstract)
- Iizumi T, M Nishimori, K Dairaku, SA Adachi, M Yokozawa (2011). Evaluation and intercomparison of downscaled daily precipitation indices over Japan in present-day climate: Strengths and weaknesses of dynamical and bias correction-type statistical downscaling methods. *J Geophys Res*, 116, D01111, doi:10.1029/2010JD014513.
- Aldrian, E., and R. D. Susanto (2003) . Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperatur. *Int. J. Climatol.*, 23, 1435–145.