

# PROYEKSI DAN ANOMALI ANGIN HORIZONTAL TAHUN 2050 BERDASARKAN *CONFORMAL CUBIC* *ATMOSPHERIC MODEL (CCAM)* DI WILAYAH INDONESIA BAGIAN TENGAH SELATAN

Ina Juaeni

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN

inajuaeni@yahoo.com

## ABSTRACT

*This paper describing research result based on CCAM models for long term monthly wind speed and direction simulation and projection. The study area is restricted to the southern central part of Indonesia. Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM) as a dynamic model is used in 0.5° of horizontal resolution that run for monthly output from January 1971 to December 2000, and for monthly projection on 2050. The monthly output from January 1971 to December 2000 averaged to obtain monthly rainfall climatology. The model run using A2 scenario, that temperature increase by 1,5° on 2050 within related to greenhouse gases increasing. The results of CCAM projections with two different host models indicate a change in wind direction and speed against climatology average. Positive anomalies for zonal wind occur in the northern area, while negative anomalies for the zonal wind tend to occur in the south, positive and negative anomalies for meridional wind occur in a random area. Reduction of zonal wind speed reach to 6 m/ sec while the maximum positive anomaly is 1.5 m/sec, for meridional component the maximum negative anomaly as same as maximum positive anomaly reach to 2.5 m / s.*

**Keywords** : *simulation, projection, wind, positive anomaly, negative anomaly*

## ABSTRAK

Makalah ini berupa penelitian yang memanfaatkan model CCAM untuk simulasi serta proyeksi arah dan kecepatan angin bulanan jangka panjang. Wilayah penelitian dibatasi hanya untuk wilayah Indonesia bagian tengah selatan. Model dinamik yang digunakan adalah *Cubic Conformal Atmospheric Model (CCAM)* dengan resolusi 0,5° yang dijalankan untuk *output* bulanan dari Januari 1971 sampai dengan Desember 2000, serta proyeksi perbulan tahun 2050. *Output* bulanan dari Januari 1971 sampai Desember 2000 dirata-ratakan pada bulan yang sama untuk memperoleh curah hujan perbulan klimatologis. Model dijalankan dengan menggunakan skenario A2, yaitu pada tahun 2050 akan terjadi kenaikan suhu sebesar 1,5° seiring peningkatan gas rumah kaca. Berdasarkan model CCAM dengan *host* model GFDLCM 20 dan GFDLCM21 hasil proyeksi menunjukkan terjadi perubahan arah

dan kecepatan angin terhadap rata-rata klimatologisnya. Anomali angin zonal positif terjadi di sebelah utara area penelitian, sedangkan anomali negatif cenderung terjadi di sebelah selatan, sedangkan anomali positif dan negatif angin meridional terjadi dalam wilayah yang acak. Anomali angin zonal negatif maksimum mencapai 6 m/det sedangkan anomali positif maksimum adalah 1,5 m/det, untuk komponen meridional anomali negatif maksimum sama seperti anomali positif maksimumnya, yaitu sebesar 2,5 m/det

**Kata kunci** : simulasi, proyeksi, angin, anomali positif, anomali negatif

## 1 PENDAHULUAN

Proyeksi iklim adalah pernyataan tentang kemungkinan yang akan terjadi beberapa puluh sampai ratusan tahun yang akan datang. Beda dengan prediksi, pada proyeksi perubahan iklim perubahan yang dipandang penting disertakan dalam kondisi batas, misalnya kenaikan gas rumah kaca. Untuk proyeksi kondisi masa yang akan datang, dikembangkan skenario tentang apa yang mungkin terjadi yang dijadikan asumsi dan dugaan. Penelitian proyeksi penting untuk melakukan langkah-langkah antisipasi dampak buruk perubahan parameter atmosfer terhadap manusia. Sebagai contoh jika peningkatan konsentrasi gas rumah kaca akan menimbulkan peningkatan suhu permukaan bumi yang berdampak buruk bagi manusia seperti menurunnya hasil pertanian.

Proyeksi iklim memerlukan data dengan periode panjang (puluhan tahun sampai dengan ratusan tahun). Data *in situ* untuk wilayah Indonesia sangat sulit diperoleh dengan periode panjang seperti itu. Data *output* model dapat menjadi pengganti data *in situ*. Penelitian dengan menggunakan *output* model sesuai dengan sasaran kegiatan LAPAN bahwa *output* model menjadi alat pembelajaran untuk lebih memahami fenomena atmosfer. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menentukan proyeksi dan anomali angin horizontal pada tahun 2050 berdasarkan model. Model yang digunakan adalah *Cubic Conformal Atmospheric Model* (CCAM). Model ini telah diketahui kinerjanya dalam menyimulasikan curah hujan berdasarkan penelitian sebelumnya.

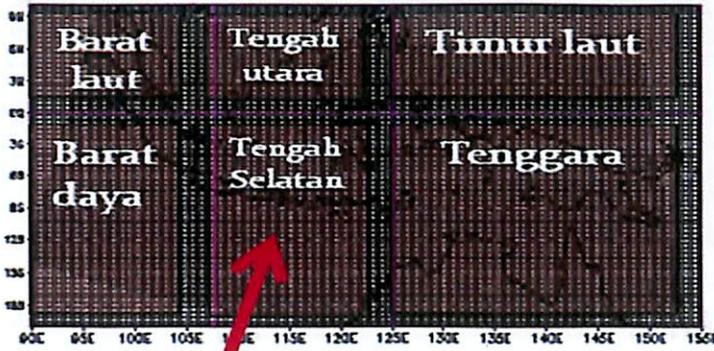
Penelitian yang dilakukan Juaeni (2010), Juaeni dan Sofiati (2013) serta Juaeni dkk. (2014) menunjukkan kinerja CCAM dalam mensimulasikan curah hujan di Indonesia dalam skala waktu harian dan bulanan. Untuk skala bulanan, CCAM dengan input SST dari model global GFDLCM20, GFDLCM21 dan UKMO-HADCM3 atau disingkat dengan CCAM+GFDLCM20, CCAM+GFDLCM21 dan CCAM+

UKMOHADCM3 mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan CCAM+MK3. 5, CCAM+MIROC3 dan CCAM+MPI-ECHAM5 dalam menyimulasikan pola spasial dan temporal curah hujan, meskipun semua model tersebut mensimulasikan nilai curah hujan lebih rendah dibandingkan observasi. Hal ini ditunjukkan melalui tahapan perbandingan. Pada perbandingan pola, kuantitas dan spektrum curah hujan, CCAM+GFDLCM20 dan CCAM+GFDLCM21 menunjukkan kinerja yang sangat baik di wilayah Indonesia bagian barat daya dan tengah selatan. Dengan kata lain model mempunyai kinerja yang baik dalam menyimulasikan curah hujan dengan variasi yang kecil atau curah hujan dengan pola musonal. Dari penelitian tersebut juga ditunjukkan bahwa CCAM+GFDLCM20 dan CCAM+GFDLCM21 mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan model DARLAM+GCM-CSIRO9. Perbandingan keluaran model dengan observasi harian menunjukkan bahwa penggunaan model untuk aplikasi, simulasi ataupun prediksi parameter atmosfer harian khususnya curah hujan perlu langkah peningkatan akurasi terlebih dahulu (Juaeni dan Sofiati, 2013). Sebelumnya, CCAM sendiri sudah diaplikasikan untuk wilayah lain (lintang menengah) dan memberikan hasil yang baik (Nguyen and McGregor, 2009 serta Nguyen, Katzfey, and McGregor, 2011). Hasil penelitian di atas dapat dijadikan acuan untuk menggunakan CCAM dan *host model* dalam mensimulasi dan memproyeksikan angin, karena angin mempunyai koefisien variasi yang lebih rendah dibandingkan curah hujan (Juaeni, 2016).

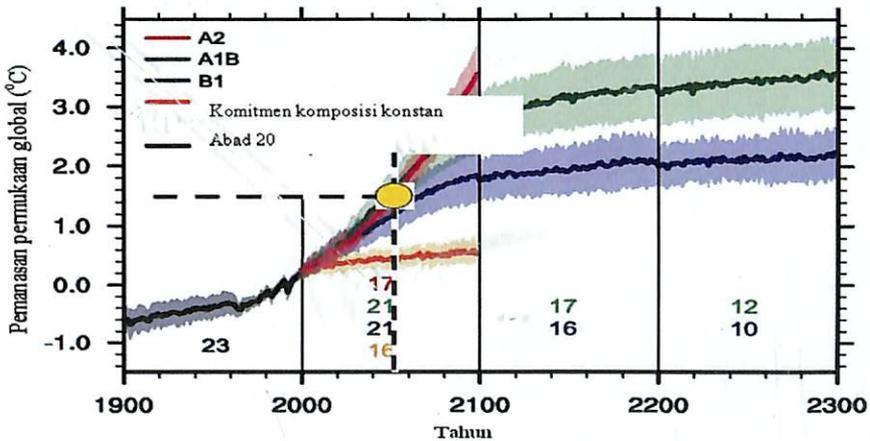
## 2 METODE PENELITIAN

Wilayah penelitian dibatasi hanya untuk wilayah Indonesia bagian tengah selatan. Batasan wilayah penelitian diperlihatkan pada Gambar 1. Model dinamik yang digunakan adalah *Cubic Conformal Atmospheric Model* (CCAM) dengan resolusi  $0,5^\circ$  yang dijalankan untuk *output* bulanan dari Januari 1971 sampai dengan Desember 2000, serta proyeksi perbulan tahun 2050. *Output* bulanan dari Januari 1971 sampai Desember 2000 dirata-ratakan pada bulan yang sama untuk memperoleh curah hujan perbulan klimatologis. Model dijalankan dengan menggunakan skenario A2, yaitu terjadi kenaikan suhu sebesar  $1,5^\circ\text{C}$  pada tahun 2050 seiring peningkatan gas rumah kaca seperti tercantum dalam AR4 (IPCC, 2014) (Gambar 2). Untuk memperoleh anomali angin perbulan, proyeksi angin perbulan tahun 2050 dikurangi angin perbulan klimatologis. Input SST berasal dari *host model* GFDLCM20, GFDLCM21. Ini merupakan pemanfaatan hasil uji kinerja

model sebelumnya yang menyatakan input SST yang berasal dari *host model* GFDLCM20, GFDLCM21 memberikan hasil simulasi yang cukup baik. Meskipun uji dilakukan untuk parameter curah hujan tetapi karena variasi curah hujan lebih tinggi dibandingkan variasi arah dan kecepatan angin, maka model tersebut akan memberikan hasil yang sama atau lebih baik untuk angin. Spesifikasi seperti diperlihatkan pada Tabel 1.



**Gambar 1** Lokasi penelitian meliputi *latitude*:  $-9,5^{\circ}$  -  $0$  dan *longitude*:  $108^{\circ}$  -  $125^{\circ}$



**Gambar 2** Skenario A2 untuk proyeksi tahun 2050 (lingkaran kuning) (Sumber: IPCC, 2014)

**Tabel 1** Resolusi dan batasan area model global

No	Model CCAM dengan input dari	Longitude 1	Longitude 2	Latitude 1	Latitude 2
1	GFDLCM20	70	180	-30	40
2	GFDLCM21	70	180	-30	40

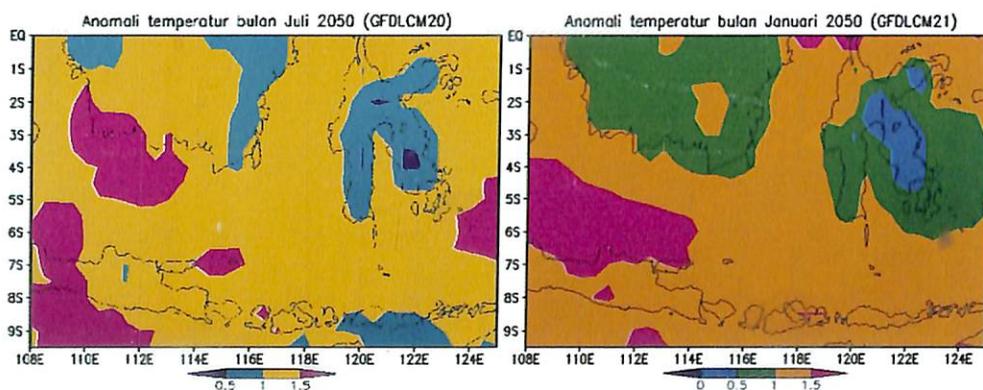
Spesifikasi fisik dan dinamik dari dua model global ini sesuai dengan yang digunakan IPCC (2007), sementara CCAM adalah model atmosfer dengan spesifikasi dinamis seperti yang diuraikan dalam Thatcher dkk. (2009).

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 *Proyeksi dan anomali temperatur*

Pada bab ini akan dibahas proyeksi angin tahun 2050 dan anomalnya. Karena skenario A2 mensyaratkan adanya perubahan temperatur, maka perlu dibuktikan terlebih dahulu apakah temperatur memang meningkat. Hal ini akan diuraikan melalui hasil proyeksi suhu tahun 2050. Hasil simulasi klimatologis menunjukkan bahwa temperatur daratan dan lautan berkisar antara 24,5°C sampai 29,0°C.

Berdasarkan hasil proyeksi temperatur tahun 2050 oleh CCAM dengan *host model* GFDLCM20 dan GFDLCM 21, dapat ditunjukkan bahwa peningkatan temperatur lebih dari 1,5 °C terjadi di lautan Jawa dan sedikit wilayah darat di Jawa Timur dan Nusa Tenggara Barat, Laut Sulawesi, lautan Pasifik Barat, Laut Banda, Laut Arafura, lautan Hindia, sebagian daratan Pulau Jawa, Bali dan Nusa Tenggara Barat. Anomali temperatur pada bulan Juli dari model CCAM+GFDLCM20 dan anomali temperatur bulan Januari dari model CCAM+GFDLCM21 pada Gambar 3 mewakili gambaran anomali temperatur selama tahun 2050 di wilayah Indonesia bagian tengah selatan (Juaeni dkk., 2014).



**Gambar 3** Anomali temperatur tahun 2050, kiri: CCAM dengan *host model* GFDLCM20 resolusi 55,5 kmbulan Juli, kanan: CCAM dengan *host model* GFDLCM21 resolusi 55,5 km bulan Januari (Juaeni dkk., 2014)

### **3.2 Angin klimatologis**

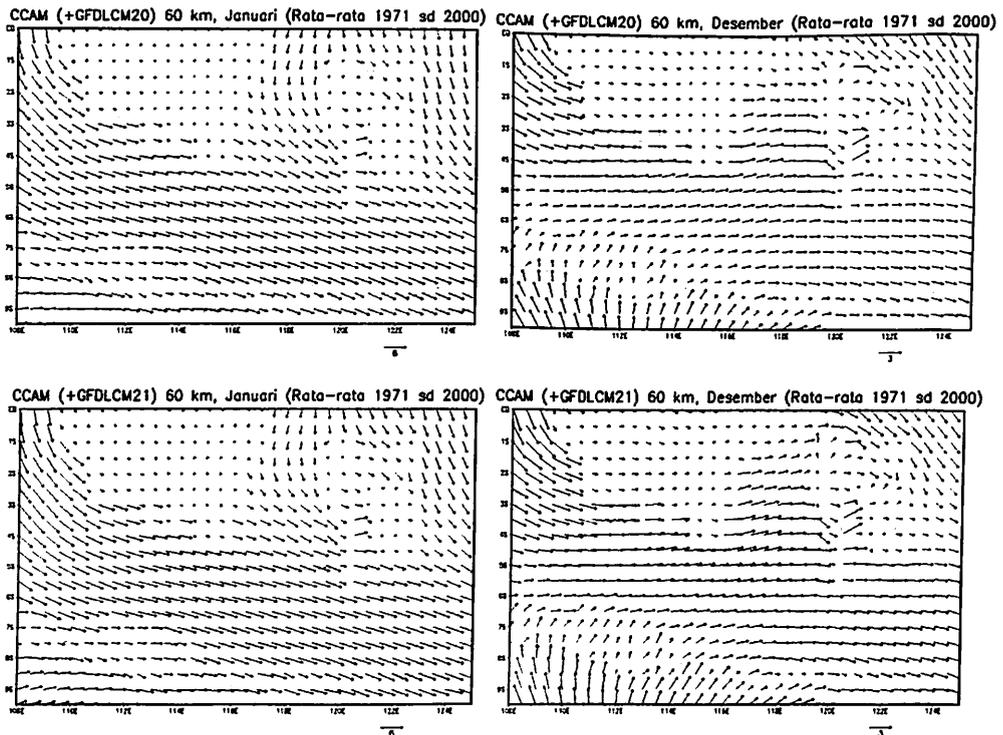
Hasil proyeksi dan anomali temperatur menunjukkan untuk wilayah penelitian terjadi kenaikan suhu yang besarnya bervariasi. Kenaikan suhu yang disyaratkan oleh skenario A2 yaitu  $1,5^{\circ}$  terjadi di beberapa lokasi, bahkan di wilayah tertentu terjadi kenaikan suhu mencapai  $4^{\circ}$ . Sebaliknya, ditemukan wilayah-wilayah yang tidak mengalami kenaikan temperatur permukaan. Hal ini bisa terjadi karena respon peningkatan gas rumah kaca berbeda-beda untuk setiap tempat dan juga bisa terjadi *feedback* positif dan negatif secara bersamaan (Juaeni, 2014). Selanjutnya akan dibahas proyeksi arah dan kecepatan angin beserta anomalnya. Kondisi klimatologis angin berdasarkan model CCAM+GFDLCM20 dan CCAM+GFDLCM21 menunjukkan bahwa pada bulan Januari dan Februari didominasi angin barat dengan kecepatan paling tinggi 1 m/det di daratan, 4 sampai 6 m/det di laut dan di lautan. Pada bulan Maret terjadi pelemahan angin di seluruh wilayah penelitian.

Pada bulan April arah angin berubah menjadi angin timur. Kondisi seperti ini terjadi sampai bulan November dengan kecepatan angin antara 3 sampai 10 m/det di laut dan di lautan, kurang dari 1 sampai 1 m/det di daratan. Pada bulan Desember arah angin berubah lagi menjadi angin barat dengan kecepatan maksimum 3 m/det di laut/lautan. Angin klimatologis bulan Januari dan Desember dari *host model* GFDLCM20 diperlihatkan pada Gambar 4 atas. Angin klimatologis bulan Januari dan Desember dari *host model* GFDLCM21 diperlihatkan pada Gambar 4 bawah.

### **3.3 Proyeksi dan anomali angin tahun 2050**

Proyeksi angin tahun 2050 dengan *host model* GFDLCM20 pada Januari 2050 mengidentifikasi adanya pembalikan arah angin, barat menjadi timur di bagian barat Indonesia dan angin timur menjadi angin barat di timur Indonesia disertai penurunan kecepatannya. Pada Februari 2050 terjadi penurunan kecepatan angin di Laut Maluku. Pada Maret dan April 2050 kondisi angin permukaan sama dengan kondisi pada Januari 2050. Pada Mei sampai November 2050 diidentifikasi sebagai angin timur di seluruh lautan atau tidak ada perubahan berarti dibandingkan rata-rata 30 tahun. Pada Desember 2050 angin barat di Selat Makassar berubah menjadi angin utara. Dengan GFDLCM21, pada Januari 2050 terjadi pengurangan kecepatan di Laut Jawa dan perubahan arah dari utara menjadi barat laut di Laut

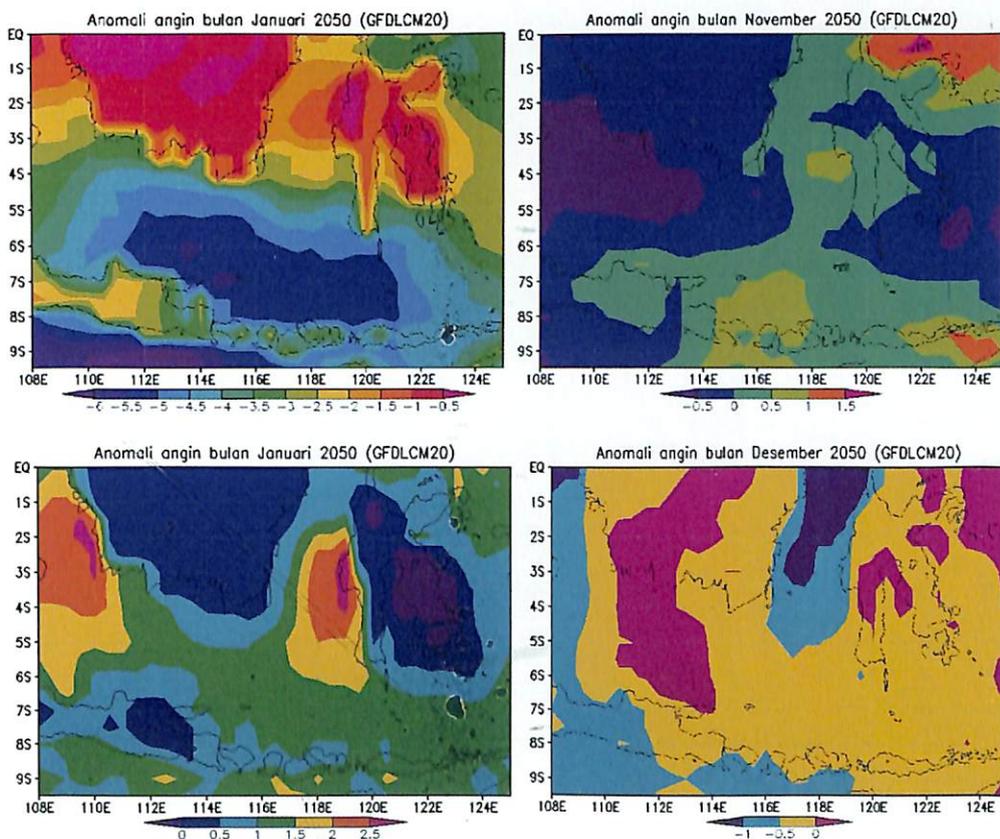
Maluku. Pada Februari 2050, angin timur di Laut Maluku berubah menjadi timur laut. Terjadi perubahan arah di Selat Makassar timur pada Maret 2050. Pada April 2050, terjadi angin timur dengan sedikit pengurangan kecepatan di Laut Maluku di bandingkan rata-ratanya. Pada bulan Mei sampai November, arah dan kecepatan angin relatif tidak berubah dari rata-ratanya. Pada Desember 2050 berhembus angin barat, sama dengan kondisi rata-ratanya.



**Gambar 4** atas: Angin permukaan CCAM dengan *host model* GFDLCM20 resolusi 55,5 km rata-rata 30 tahun, bawah: Angin permukaan CCAM dengan *host model* GFDLCM21 resolusi 55,5 km rata-rata 30 tahun, untuk bulan Januari dan Desember

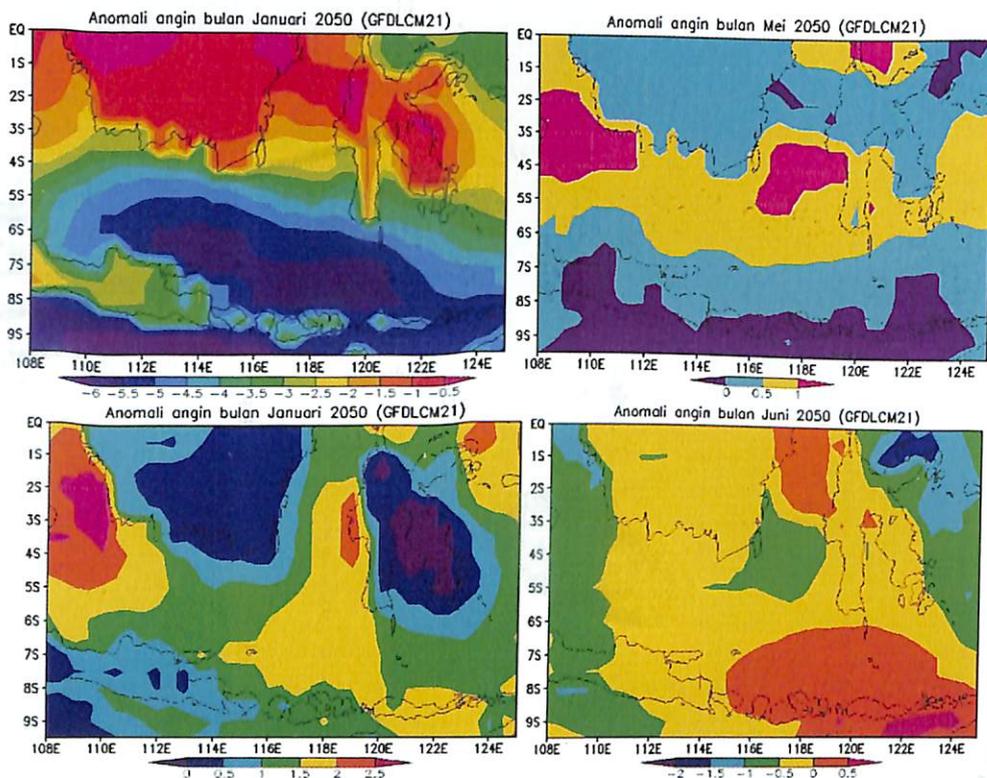
Untuk anomali kecepatan angin dipisahkan antara komponen zonal dan komponen meridional. Untuk komponen zonal, anomali kecepatan angin arah zonal (barat-timur) untuk model CCAM+GFDLCM20 menunjukkan terjadi penurunan dan peningkatan kecepatan angin. Pengurangan kecepatan dimulai sejak Januari 2050 yang berangsur-angsur pengurangannya semakin kecil sampai November. Bulan Desember anomali negatif meningkat lagi. Pengurangan kecepatan cenderung terjadi di sebelah selatan sementara

peningkatan kecepatan angin dominan terjadi sebelah utara area penelitian. Untuk komponen meridional (utara-selatan), terjadi anomali positif dan negatif seperti pada komponen zonal tetapi kuantitasnya lebih kecil, ada pemisahan dominasi antara utara dan selatan tetapi tidak dominan, anomali positif dan negatif terletak berurutan terhadap meridian atau terhadap lintang. Gambar 5 atas menunjukkan anomali angin zonal pada Januari dan November 2050. Gambar 5 bawah menunjukkan anomali angin meridional pada Januari dan Desember 2050.



**Gambar 5** atas: Anomali kecepatan angin permukaan komponen zonal CCAM dengan *host model* GFDLCM20 resolusi 55,5 km proyeksi tahun 2050 untuk bulan Januari dan November, bawah: Anomali kecepatan angin permukaan komponen meridional CCAM dengan *host model* GFDLCM20 resolusi 55,5 km proyeksi tahun 2050 untuk bulan Januari dan Desember

Untuk komponen zonal, anomali kecepatan angin arah zonal (barat-timur) untuk model CCAM+GFDLCM21 menunjukkan hasil yang sangat mirip dengan hasil yang diperoleh model CCAM=GFDLCM20. Terjadi penurunan dan peningkatan kecepatan angin. Pengurangan kecepatan dimulai sejak Januari 2050 yang berangsur-angsur pengurangannya semakin kecil. Pada bulan Mei anomali positif diseluruh wilayah penelitian dan kemudian anomali menjadi negatif lagi pada bulan Juni 2050 sampai September. Bulan Oktober anomali positif disemua wilayah. Bulan November dan Desember anomali negatif berangsur-angsur meningkat lagi.



**Gambar 6** atas: Anomali kecepatan angin permukaan komponen zonal CCAM dengan *host model* GFDLCM21 resolusi 55,5 km proyeksi tahun 2050 untuk bulan Januari dan Mei, bawah: Anomali kecepatan angin permukaan komponen meridional CCAM dengan *host model* GFDLCM21 resolusi 55,5 km proyeksi tahun 2050 untuk bulan Januari dan Juni

Pengurangan kecepatan cenderung terjadi di sebelah selatan sementara peningkatan kecepatan angin dominan terjadi sebelah utara area penelitian. Untuk komponen meridional (utara-selatan), terjadi anomal positif dan negatif seperti pada komponen zonal tetapi kuantitasnya lebih kecil, Pada bulan Januari dan Maret anomali positif di semua wilayah. Kemudian anomali negatif berangsur meningkat. Anomali negatif tertinggi terjadi pada bulan Juni dan Oktober.

Anomali positif pada komponen zonal banyak terjadi sebelah utara area penelitian diduga berkaitan dengan posisinya yang lebih dekat ke ekuator, karena anomali positif nilainya kecil dibandingkan anomali negatif. Wilayah ekuatorial adalah wilayah yang tidak dipengaruhi oleh gaya semu Coriolis sehingga dinamika di wilayah itu cenderung statis. Maka perubahan yang terjadi tidak terlalu besar. Sementara wilayah yang jauh dari garis ekuator semakin dipengaruhi oleh gaya Coriolis. Dinamika atmosfer semakin aktif pada lokasi yang menjauhi ekuator. Berapapun nilai mutlak perubahan arah angin dan pelemahan kecepatan angin pada bulan Januari sampai April 2050, dari barat menjadi timur perlu diwaspadai karena perubahan ini mengandung potensi akan berkurangnya curah hujan, terutama di wilayah sebelah selatan. Pelemahan kecepatan angin bisa menjadi indikator akan terjadinya *El Niño*.

#### **4 KESIMPULAN**

Hasil proyeksi model CCAM dengan dua *host model* yang berbeda menunjukkan terjadi perubahan arah dan kecepatan angin terhadap rata-rata klimatologisnya. Anomali positif dominan terjadi di sebelah utara area penelitian, sedangkan anomali negatif cenderung terjadi di sebelah selatan untuk angin zonal, sedangkan untuk angin meridional tidak ada karakter wilayah yang tegas membedakan anomali positif dan negatif. Anomali negatif maksimum mencapai 6 m/det sedangkan anomali positif maksimum adalah 1,5 m/det, untuk komponen meridional anomali negatif maksimum sama seperti anomali positif maksimum mencapai 2,5 m/det.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada CSIRO untuk hasil simulasi yang telah diberikan dan kepada LAPAN atas segala dukungan fasilitas penelitian.

## DAFTAR RUJUKAN

- IPCC/Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007: *Climate Change, IPCC Fourth Report*, WMO – UNEP.
- IPCC/Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014: *Mitigation of climate change*, WMO – UNEP.
- Juaeni, I. ; 2010: Simulasi Curah Hujan Berbasis Model Dinamis Cubic Conformal Atmospheric Model (CCAM), *Prosiding Seminar Nasional Penerbangan dan Antariksa, Sub-seminar Sains Atmosfer dan Iklim-LAPAN, 15 November 2010, Bandung-Jawa Barat*.
- Juaeni, I. dan Iis Sofiati, 2013: Perbandingan Pola dan Intensitas Curah Hujan Observasi dengan Curah Hujan Simulasi Harian di Jawa Timur, *Prosiding Simposium Fisika Nasional XXVI, 10-11 Oktober 2013, Malang-Jawa Timur*.
- Juaeni, I. ; Bambang Siswanto, Nurzaman Adikusumah, dan Iis Sofiati, 2014: Perbandingan Simulasi Curah Hujan Conformal-Cubic Atmospheric Model (CCAM) Dengan tiga Host Model Di Wilayah Indonesia Bagian Tengah Selatan, *Prosiding Simposium Fisika Nasional XXVII, 16-17 Oktober, Denpasar-Bali*.
- Juaeni, I. ; 2014 : *Feedback* Peningkatan Temperatur Permukaan Pada Curah hujan di Wilayah Indonesia Bagian Tengah Selatan Berbasis Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM), *Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer-LAPAN, 24 Juni 2014, Bandung-Jawa Barat*.
- Juaeni, I. ; 2016: Perbedaan karakter Atmosfer Permukaan Padang dan Selaparang Berbasis Selisih Nilai dan Variansi, dalam proses publikasi bentuk Jurnal Akreditasi Nasional.
- Nguyen, K. C. and J. L. McGregor, 2009: *Dynamical downscaling of the MK3. 0 simulation of the A2 scenario over the Australian region using CCAM*, National Library of Cataloguing, ISBN 9781921605093, The Australian Government Department of Environment.
- Nguyen, K. C. , Jack J. Katzfey, John L. McGregor, 2011: *Global 60 km simulations with CCAM: evaluation over the tropics*, *Climate Dynamics*, 39, Issue 3-4, 637-654.
- Thatcher, M. and J.L. McGregor; 2009: Using a Scale-Selective Filter for Dynamical Downscaling with the Conformal Cubic Atmospheric Model. *Monthly Weather Review*, 137.