

**PROYEKSI AWAL MUSIM DI JAWA  
BERBASIS HASIL DOWNSCALING CONFORMAL CUBIC  
ATMOSPHERIC MODEL (CCAM)  
(SEASON ONSET PROJECTION IN JAVA BASED ON CCAM  
DOWNSCALING OUTPUT)**

**Haries Satyawardhana<sup>\*)1</sup> dan Armi Susandi<sup>\*\*</sup>**

**\*) Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer  
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional  
Jl. Dr. Djundjunan 133 Bandung 40173 Indonesia**

**\*\*) Program Studi Sains Kebumihan  
Institut Teknologi Bandung**

**Jl. Ganesha No. 10 Bandung 40116 Indonesia**

**<sup>1</sup>e-mail: hariessatha@gmail.com**

**Diterima 14 Juli 2015, Direvisi 21 September 2015, Disetujui 24 Desember 2015**

**ABSTRACT**

Research on the season onset using BMKG (Meteorology, Climatology and Geophysics Agency) criteria, which using 10-day rainfall data so-called dasarian, in Indonesia has been widely done, but it still has limitations such as the analysis period, the spatial resolution and still not be able to generate for future projections. The use of climate models is the answer to overcome all these limitations. This study uses Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM) for downscaling from global climate model and NCEP/NCAR reanalysis (National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research) data. This research using two period, they are: 1991 - 2010 (20 years), which is the current state and 2011 - 2030 which is a future projection. The results of this study indicate that the projection period which is generated using IPCC A2 scenario concludes that in most parts of Java, the Dry Season Onset (AMK) is come earlier, while Wet Season Onset (AMH) tends to come lately comparing than AMH in the baseline period. In other words, Java is projected to have a longer dry season, and the rainy season is shorter than the current conditions.

*Keywords: CCAM, Downscaling, Dry season onset and rainy season onset*

## ABSTRAK

Penelitian mengenai awal musim dengan kriteria Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang menggunakan curah hujan dasarian di Indonesia telah banyak dilakukan, namun data yang digunakan masih memiliki keterbatasan dalam periode analisis, resolusi spasial yang masih rendah dan masih belum dapat menghasilkan proyeksi ke depan. Penggunaan model iklim adalah jawaban untuk mengatasi semua keterbatasan tersebut. Penelitian ini menggunakan *Conformal Cubic Atmospheric Model* (CCAM) untuk *downscaling* dari data model iklim global dan reanalisis *National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR). Periode waktu yang digunakan adalah periode 1991 – 2010 (20 tahun) sebagai periode *baseline* (kondisi saat ini) dan periode 2011 – 2030 sebagai periode proyeksi ke depan. Penentuan awal musim pada penelitian ini menggunakan kriteria curah hujan dasarian dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa proyeksi dengan menggunakan skenario A2 IPCC menyimpulkan bahwa Awal Musim Kemarau (AMK) di sebagian besar daerah Pulau Jawa datang lebih cepat, sedangkan Awal Musim Hujan (AMH) cenderung mundur atau datang lebih lambat dari *baseline*. Dengan kata lain, Pulau Jawa diproyeksikan mengalami musim kemarau yang lebih panjang dan musim hujan yang lebih pendek dibandingkan kondisi saat ini.

Kata kunci: *CCAM, Downscaling, AMK, AMH*

## 1 PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang saat ini terjadi disebabkan oleh pemanasan global dimana terdapat peningkatan gas rumah kaca di atmosfer. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya temperatur rata-rata permukaan Bumi secara global dalam lima dekade terakhir (IPCC, 2007). Tiga faktor utama yang terkait dengan dampak perubahan iklim global terhadap sektor pertanian: (1) perubahan pola hujan dan meningkatnya kejadian iklim ekstrem (banjir dan kekeringan), (2) peningkatan suhu udara, dan (3) peningkatan tinggi muka laut (IPCC, 2007).

Temperatur yang tinggi dan kekeringan yang panjang mengakibatkan penurunan produktivitas pertanian sehingga tidak mencukupi kebutuhan pangan masyarakat (Susandi, 2008).

Aldrian *et al.* (2007) menyatakan bahwa monsun dan *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) lebih banyak menjadi pendorong variasi musim dan variasi *interannual* dari hujan dan kejadian ekstrem di Indonesia. Secara umum, pola curah hujan di pulau Jawa mempunyai pola musonal, dimana dalam satu tahun terdapat satu puncak curah hujan, yang umumnya terjadi di Desember – Februari. Penelitian mengenai awal musim dengan kriteria curah hujan dasarian di Indonesia yang telah dilakukan masih menggunakan data titik (Hidayat, 2005) dan menggunakan data Satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) (Avia *et al.*, 2010; Suryantoro *et al.*, 2010), dimana data TRMM mempunyai keterbatasan dalam periode analisis (1998 – 2009) dan masih belum dapat menghasilkan proyeksi. Hasil *downscaling* CCAM mempunyai resolusi spasial lebih tinggi dan memiliki periode analisis yang lebih panjang dibandingkan data TRMM. Selain itu, model memiliki kemampuan untuk memberikan gambaran kondisi iklim di masa yang akan datang (proyeksi). Sehingga hasil penelitian yang akan dilakukan ini dapat digunakan sebagai panduan strategi pertanian jangka panjang.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis awal musim pada periode *baseline* dan proyeksi, serta perubahan proyeksinya pada masa yang akan datang di pulau Jawa yang merupakan sentra produksi pangan di Indonesia. Proyeksi awal musim untuk masa yang akan datang dalam penelitian ini berdasarkan laporan *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) mengenai *Special Report on Emission*

*Scenarios* (SRES), dimana pada penelitian ini digunakan skenario A2. Skenario A2 dipilih karena untuk analisis dampak dan adaptasi, jika suatu daerah dapat beradaptasi terhadap skenario iklim yang lebih tinggi maka untuk skenario yang lebih rendah bisa juga beradaptasi. Penelitian sebelumnya (Katzfey *et al.*, 2010) menyebutkan kondisi level emisi masa kini pada skenario A2 posisinya berada sedikit di atas skenario spesifik sehingga dianggap lebih realistis untuk analisis regional.

Berdasarkan tujuan penelitian yang disebutkan di atas, kajian ini akan membahas dampak perubahan iklim terhadap awal musim, dengan parameter iklim yang dikaji adalah curah hujan, berdasarkan hasil *downscaling* CCAM dari *Global Climate Model* (GCM) skenario A2 IPCC. Wilayah kajian dalam penelitian ini adalah pulau Jawa dengan batas 5,5°-11,5° LS dan 105°-115° BT. Periode waktu yang digunakan adalah periode 1991 – 2010 (20 tahun) sebagai periode *baseline* dan periode 2011 – 2030 yang merupakan proyeksi ke depan. Penentuan awal musim pada penelitian ini menggunakan kriteria curah hujan dasarian Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

## 2 DATA DAN METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data GCM yang digunakan untuk proyeksi, data Reanalisis *National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR) yang digunakan untuk menggambarkan kondisi *baseline* dan data TRMM yang digunakan untuk data pembandingan (komparasi) hasil *downscaling* CCAM.

Penelitian ini menggunakan beberapa tahapan pengerjaan, tahap pertama adalah melakukan *downscaling* terhadap data reanalisis untuk merepresentasikan kondisi *baseline* dan GCM untuk merepresentasikan proyeksi ke depan. *Downscaling* menghasilkan *output* dengan resolusi spasial 15 km dengan 167 variabel *output*. Tahap kedua adalah mengakumulasi nilai curah hujan harian menjadi nilai curah hujan dasarian. Nilai curah hujan dasarian inilah yang digunakan untuk melakukan penghitungan awal musim. Tahap ketiga sebelum melakukan penghitungan awal musim hujan dan kemarau adalah melakukan komparasi menggunakan data satelit TRMM 3B42 dengan resolusi temporal yang sama, yaitu dasarian.

Tahap keempat adalah melakukan penghitungan awal musim per tahun untuk kedua periode, *baseline* dan proyeksi. Kriteria awal musim hujan (AMH) di Indonesia menurut BMKG (2009) adalah berdasarkan curah hujan dasarian dimana musim hujan ditetapkan apabila jumlah curah hujan lebih dari atau sama dengan 50 mm pada satu dasarian, dan diikuti dua dasarian berikutnya. Hal sebaliknya berlaku untuk penentuan awal musim kemarau (AMK), dimana musim kemarau ditetapkan jika jumlah curah hujan kurang dari 50 mm dalam satu dasarian dan diikuti oleh dua dasarian berikutnya. Rataan awal musim baik hujan maupun kemarau dihitung setelah mendapatkan hasil awal musim tahunan. Ilustrasi penentuan awal musim diambil dari penelitian sebelumnya oleh Giarno dkk. (2011) yang menggunakan data observasi di Makasar, dapat dilihat pada Tabel 2-1. Setelah mendapatkan hasil awal musim untuk kedua periode, maka akan dihitung selisih antara *baseline* dan proyeksi sehingga mendapatkan gambaran perubahan ataupun pergeseran awal musim ke depannya. Tahap kelima adalah melakukan analisis dengan menggunakan beberapa titik sampel (daerah) yang menggambarkan karakteristik perubahan awal musim yang berbeda.

Analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan diagram *Hovmöller* untuk menjelaskan perubahan awal musim.

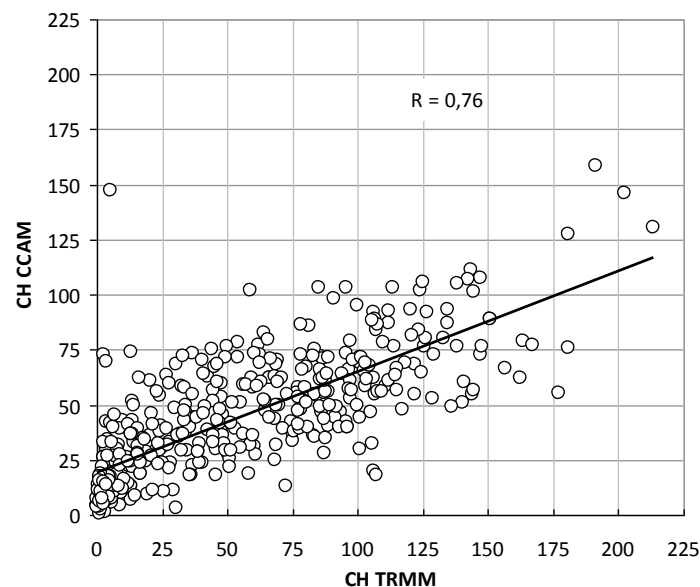
Tabel 2-1: ILUSTRASI PENENTUAN AWAL MUSIM MENGGUNAKAN KRITERIA BMKG DI MAKASSAR (Giarno dkk., 2012), KOTAK MERAH ADALAH AWAL MUSIM KEMARAU DAN KOTAK BIRU ADALAH AWAL MUSIM HUJAN

Tahun	April			Mei			Oktober			November			Desember		
	DI	DII	DIII	DI	DII	DIII	DI	DII	DIII	DI	DII	DIII	DI	DII	DIII
2005	196	63	3	19	24	5	1	120	104	97	87	58	43	270	132

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Komparasi Hasil Model

Komparasi hasil *downscaling* CCAM dilakukan menggunakan data satelit TRMM untuk periode 1998-2010 dan mencakup daerah Jawa dan sekitarnya. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa antara data TRMM dan data curah hujan dasarian stasiun (penakar hujan) pada 4 daerah (Jakarta, Menes, Sukabumi dan Serang) di pulau Jawa pada 2008 menunjukkan nilai rata-rata koefisien korelasi 0,7 (Gunawan, 2010). Hal inilah yang mendasari penggunaan data TRMM sebagai pengganti data stasiun pengamatan.

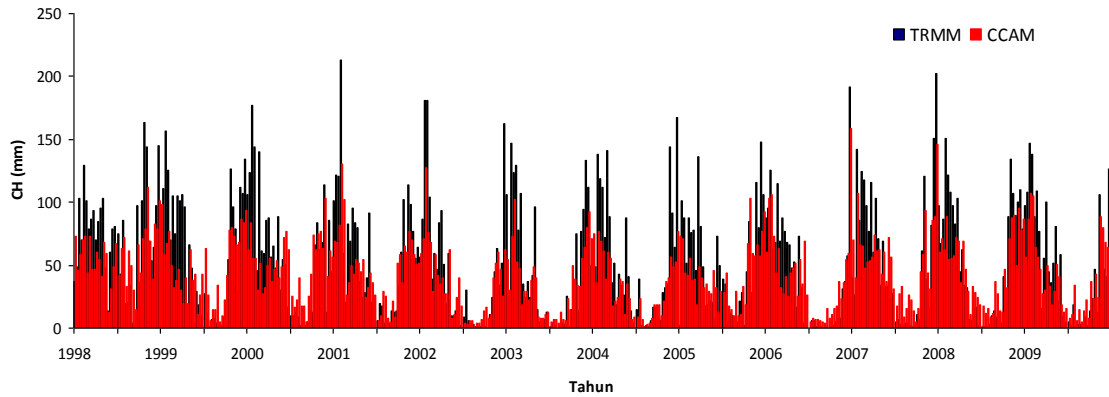


Gambar 3-1: Korelasi antara curah hujan TRMM dan CCAM di rata-rata area (5,5°-9° LS dan 105° -115° BT) dengan resolusi temporal dasarian pada periode 1998–2010

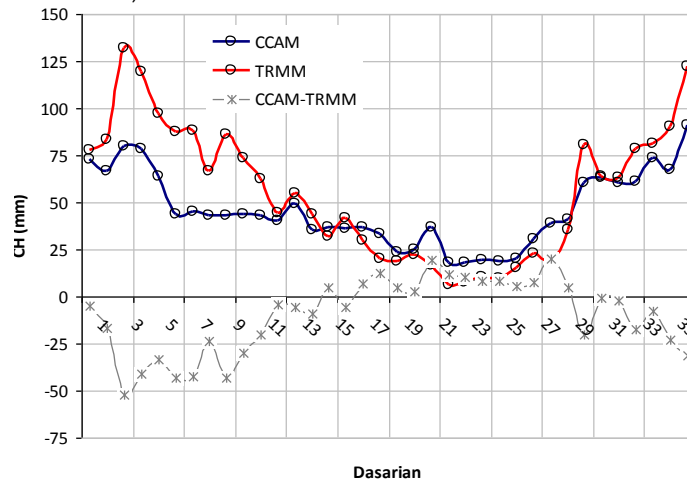
Komparasi yang dilakukan meliputi *scatter-plot* rata-rata curah hujan area (Gambar 3-1), *time-series* rata-rata curah hujan area (Gambar 3-2) dan perbandingan secara klimatologis rata-rata curah hujan area (Gambar 3-3) antara hasil *downscaling* CCAM dan TRMM. Hasil komparasi data *downscaling* CCAM telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya (Ripaldi, 2013; McGregor, 2009). Dimana antara data observasi dengan data hasil *downscaling* 6 GCM menggunakan CCAM periode 1971–2000, mempunyai korelasi 0,52 – 0,6 untuk daerah Lombok, dengan korelasi tertinggi didapatkan dari Model MK3.5 (Ripaldi, 2013). Sedangkan secara rata-rata area, perbandingan data *The CPC Merged Analysis of Precipitation* (CMAP) dengan CCAM menunjukkan pola temporal yang hampir sama untuk wilayah Asia Tenggara (McGregor *et al.*, 2009).

Gambar 3-1 menunjukkan bahwa antara data hasil *downscaling* CCAM dan TRMM mempunyai koefisien korelasi yang cukup baik (R=0,76), walaupun pada

gambar tersebut terlihat bahwa data hasil *downscaling* CCAM mempunyai nilai curah hujan yang masih dibawah nilai curah hujan TRMM. Data hasil *downscaling* CCAM masih dapat mengikuti data TRMM pada curah hujan yang rendah, namun untuk nilai curah hujan yang tinggi, data hasil *downscaling* masih jauh di bawah (*under-estimate*) nilai curah hujan TRMM.



Gambar 3-2: *Time-series* perbandingan curah hujan TRMM dan CCAM untuk rata-rata area (5,5°-9° LS dan 105° - 115° BT)



Gambar 3-3: Perbandingan curah hujan klimatologis (periode 1998 – 2010) antara TRMM dan CCAM untuk rata-rata area Pulau Jawa (5,5°-9° LS dan 105°-15° BT)

Pengamatan pola curah hujan dasarian dilakukan menggunakan Gambar 3-2 yang menunjukkan deret waktu untuk rata-rata curah hujan area selama periode 1998-2010 dengan resolusi temporal dasarian. Secara umum, pola curah hujan dasarian hasil *downscaling* CCAM memiliki pola yang sama dengan curah hujan TRMM. Maka dari itu, nilai curah hujan dasarian hasil *downscaling* CCAM diharapkan mampu merepresentasikan penghitungan awal musim dengan baik. Untuk mengetahui deret waktu nilai rata-rata area klimatologis, perbedaan atau selisih dan pola umum curah hujan dapat dilihat pada Gambar 3-3.

Nilai rata-rata area curah hujan dasarian secara klimatologis membentuk pola umum musonal, dimana curah hujan maksimum terdapat pada bulan-bulan basah (Desember-Januari-Februari/DJF) dan curah hujan minimum terdapat pada bulan-bulan kering (Juni-Juli-Agustus/JJA). Jika dilihat dengan resolusi temporal dasarian dan menggunakan penghitungan awal musim BMKG, maka bulan-bulan basah dimulai pada dasarian ke-28 (dasarian ke-1, Oktober) sampai dasarian ke-10 (dasarian ke-1, April) dan bulan-bulan kering yang dimulai dari dasarian ke-11 (dasarian ke-2, April) sampai dasarian ke-27 (dasarian ke-3, September).

Curah hujan rata-rata area pulau Jawa untuk hasil *downscaling* CCAM cenderung terlihat di bawah (*under-estimate*) nilai curah hujan TRMM pada bulan-bulan basah, sebaliknya pada bulan kering nilai dari hasil *downscaling* CCAM justru cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai curah hujan TRMM. Meskipun terdapat perbedaan nilai curah hujan antara TRMM dan hasil *downscaling* CCAM, namun pada bulan-bulan kering selisihnya kecil, sehingga data hasil *downscaling* CCAM dapat digunakan untuk penghitungan awal musim. Sementara pada bulan-bulan basah harus dilakukan analisis lebih lanjut agar hasil penghitungan awal musim yang akan dilakukan lebih akurat.

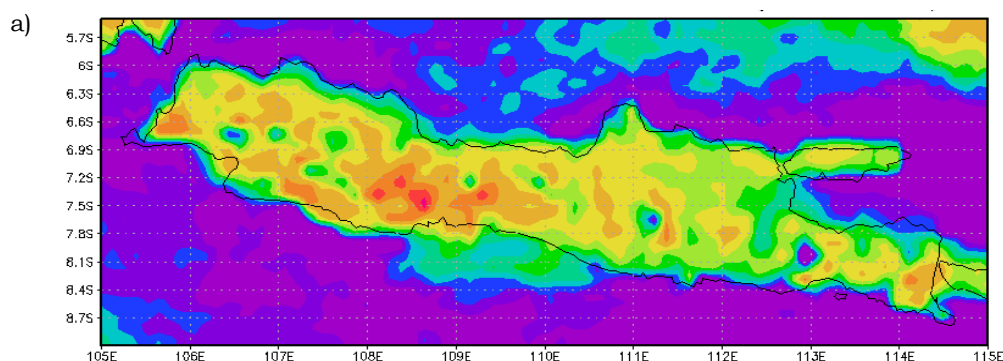
Selisih yang cukup besar pada dasarian ke-2 sampai dengan dasarian ke-9 disebabkan adanya perbedaan nilai curah hujan dasarian yang cukup tinggi di lautan antara hasil *downscaling* dan TRMM, sedangkan di daratan curah hujan dasarian menunjukkan pola spasial yang hampir sama antara TRMM dan hasil *downscaling*.

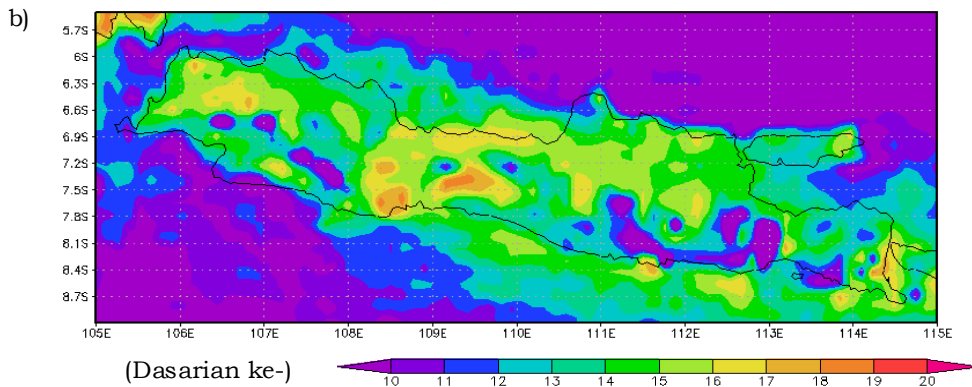
### 3.2 Awal Musim Kemarau Pada Periode *Baseline* dan Proyeksinya

Pada Subbab 3.1 dijelaskan bahwa koefisien korelasi yang tinggi menandakan bahwa hasil *downscaling* CCAM mampu merepresentasikan curah hujan TRMM dengan baik. Awal musim kemarau menurut kriteria BMKG adalah jika akumulasi curah hujan dasarian kurang dari 50 mm dalam waktu tiga dasarian berturut-turut. Awal musim kemarau pada periode *baseline* (Gambar 3-4 (a)) terjadi pada kisaran dasarian ke-12 (dasarian ke-3 Bulan April) sampai dasarian ke-19 (dasarian ke-1 bulan Juli). Dimana Jawa bagian timur akan memasuki AMK terlebih dahulu dibandingkan dengan Jawa bagian tengah dan barat.

Pulau Jawa bagian timur rata-rata akan memasuki AMK pada dasarian ke-14 (dasarian ke-2, Mei) sampai dasarian ke-18 (dasarian ke-3, Juni). Namun beberapa daerah mengalami AMK yang kurang dari dasarian 14, yaitu dengan AMK terjadi sebelum dasarian ke-10 (dasarian ke-1, April) sampai dasarian ke-13 (dasarian ke-1, Mei).

Di Jawa bagian tengah dan barat, AMK terjadi lebih lambat jika dibandingkan bagian timur. Pada daerah ini AMK bervariasi, namun dominan terjadi pada dasarian ke-17 (dasarian ke-2, Juni) sampai dasarian ke-21 (dasarian ke-3, Juli). Hanya sebagian kecil daerah yang mempunyai AMK lebih dari AMK rata-rata. Pola ini sama seperti hasil yang ditunjukkan oleh Avia (2010) menggunakan data TRMM untuk menghitung AMK, dimana AMK terjadi di bagian timur dan mulai bergerak ke bagian barat pada dasarian berikutnya. Walaupun begitu, terdapat sebagian kecil daerah selatan di perbatasan Jawa Tengah dan Barat yang paling akhir memasuki AMK.



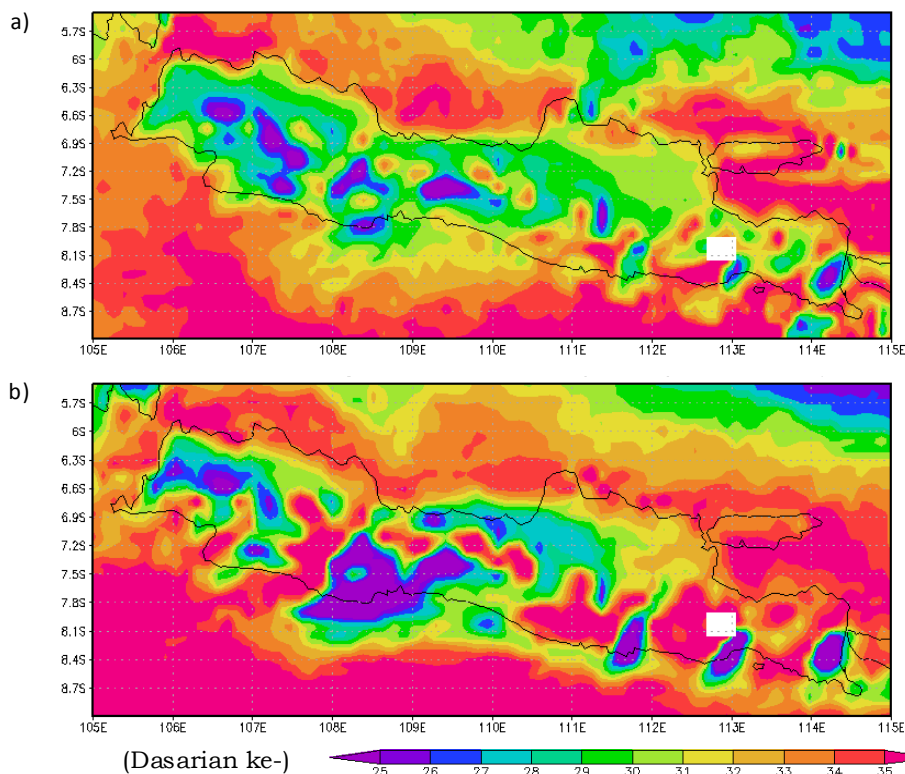


Gambar 3-4: Pola spasial awal musim kemarau rata-rata untuk periode: a) *baseline* (1991 – 2010) dan b) proyeksi (2011 – 2030)

Awal musim proyeksi secara spasial menunjukkan bahwa Pulau Jawa mengalami AMK antara dasarian ke-11 (dasarian ke-2, April) sampai dasarian ke-18 (dasarian ke-3, Juni). Daerah yang mempunyai AMK sebelum dasarian ke-10 meluas ke sebagian daerah di bagian selatan Jawa Timur dan Jawa Barat jika dibandingkan dengan *baseline*. Secara umum, hampir di seluruh daerah di Pulau Jawa pada periode proyeksi mempunyai AMK lebih awal jika dibandingkan periode *baseline*. Salah satu persamaan antara periode proyeksi dan *baseline* adalah bagian yang paling awal memasuki AMK adalah bagian timur Pulau Jawa dan bergerak menuju ke barat.

### 3.3 Awal Musim Hujan Periode *Baseline* dan Proyeksinya

Hasil penghitungan AMH menggunakan hasil *downscaling* CCAM (Gambar 3-5) menunjukkan pada periode *baseline* AMH terjadi paling awal di Jawa bagian barat dan tengah, rata-rata pada dasarian ke-27 (dasarian ke-3, September) sampai dasarian ke-32 (dasarian ke-2, November).



Gambar 3-5: Pola spasial awal musim hujan rata-rata untuk periode: a) *baseline* (1991 – 2010) dan b) proyeksi (2011 – 2030)



Pergerakan AMH dari barat menuju ke timur, dan sampai di Jawa bagian timur rata-rata pada dasarian ke-30 (dasarian ke-3, Oktober) sampai dasarian ke-35 (dasarian ke-2, Desember). Pada bagian barat dan tengah Pulau Jawa terdapat daerah yang mempunyai AMH kurang dari dasarian ke-27. Sebagian kecil daerah tersebut mempunyai AMH normal pada dasarian ke-24 sampai dasarian ke-26.

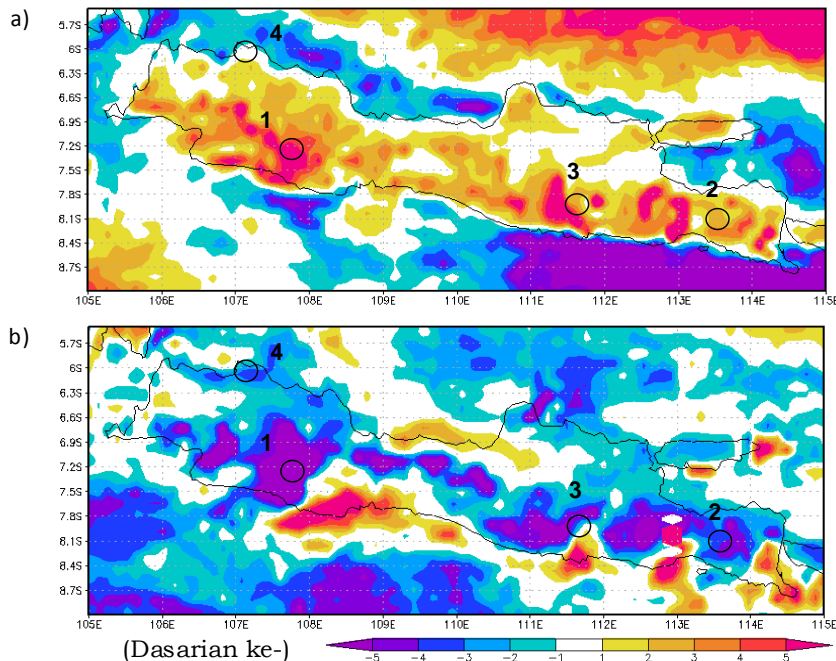
Sedangkan untuk bagian timur Pulau Jawa, walaupun mempunyai AMH yang rata-rata lebih akhir jika dibandingkan dengan bagian barat dan tengah, namun terdapat beberapa daerah yang mempunyai AMH di bawah normal (sebelum dasarian ke-26). Di bagian timur Pulau Jawa juga terdapat daerah dengan AMH setelah dasarian ke-35, paling banyak dijumpai di Jawa Timur bagian selatan.

Pola awal musim hujan pada periode proyeksi menunjukkan pergerakan yang sama yaitu bergerak dari barat menuju ke timur jika dibandingkan dengan AMH periode *baseline*. Namun pada AMH proyeksi terlihat lebih acak, dimana AMH yang terjadi pada sebelum dasarian ke-26 dan setelah dasarian ke-34 terlihat meluas sebagian besar daerah di Pulau Jawa.

Jawa bagian barat dan tengah terjadi perluasan daerah yang mempunyai AMH sebelum dasarian ke-26. Perluasan daerah juga dialami oleh daerah yang mempunyai AMH setelah dasarian 34, sebagaimana tidak terlihat pada periode *baseline*. AMH proyeksi untuk Pulau Jawa bagian timur menunjukkan AMH rata-rata terjadi pada dasarian ke-33 (dasarian ke-3, November) sampai dasarian ke-35 (dasarian ke-2, Desember).

### 3.4 Perubahan Awal Musim Kemarau dan Hujan

Analisis awal musim hujan maupun kemarau, baik periode *baseline* dan proyeksi yang telah dilakukan sebelumnya digunakan sebagai analisis awal penelitian perubahan awal musim hujan dan kemarau. Perubahan awal musim adalah penghitungan selisih awal musim antara dua periode, yaitu *baseline* dan proyeksi. Warna-warna pada Gambar 3-6 (a) maupun (b) menunjukkan perubahan yang ditandai dengan nilai positif, negatif atau nol.



Gambar 3-6: Pola spasial perubahan (*baseline* – proyeksi) awal musim untuk: a) kemarau dan b) hujan. Titik-titik menunjukkan daerah penelitian yang mempunyai perbedaan perubahan awal musim



Nilai positif (warna kuning-merah) mempunyai arti bahwa awal musim pada *baseline* lebih besar dibandingkan proyeksi. Hal ini merupakan penggambaran awal musim proyeksi yang maju jika dibandingkan dengan *baseline*. Nilai negatif (warna biru) menunjukkan bahwa awal musim *baseline* mempunyai nilai lebih kecil jika dibandingkan dengan proyeksi. Hal ini merupakan penggambaran awal musim proyeksi yang lebih mundur datangnya dibandingkan dengan *baseline*. Sedangkan nilai nol menunjukkan awal musim *baseline* sama dengan proyeksi, yang menandakan tidak terjadi perubahan awal musim di masa yang akan datang.

Pada periode 2011 – 2030, hampir sebagian besar daerah di Pulau Jawa mengalami AMK yang datang lebih cepat. Pulau Jawa didominasi oleh daerah yang memiliki AMK lebih maju dibandingkan kondisi saat ini (*baseline*). Kondisi yang ekstrim terlihat di Pulau Jawa bagian selatan. Pada daerah tersebut terlihat awal musim proyeksi yang maju 4 – 5 dasarian atau lebih. Sedangkan di Pulau Jawa bagian utara banyak dijumpai daerah dengan awal musim yang tidak berubah dari *baseline*. Secara umum AMK proyeksi akan lebih maju jika dibandingkan dengan *baseline*, sedangkan AMK yang mundur, hampir tidak dijumpai di Pulau Jawa.

Perubahan AMH di Pulau Jawa mempunyai nilai yang bervariasi, walaupun didominasi oleh daerah yang mengalami AMH lebih lambat dari *baseline*. Daerah dengan AMH yang datang lebih cepat dari *baseline* terdapat di beberapa area di Jawa bagian selatan dan utara, namun terdapat perbedaan nilai perubahan. AMH yang datang lebih cepat di daerah selatan lebih tinggi jika dibandingkan di bagian utara dengan nilai kurang lebih 2 – 5 dasarian. Sedangkan di bagian utara, hanya sedikit daerah dengan AMH yang datang lebih cepat dan nilai perubahannya kecil (1-2 dasarian).

Pada periode proyeksi, perubahan awal musim hujan dan kemarau terjadi akibat adanya perubahan curah hujan dasarian jika dibandingkan dengan kondisi *baseline*. Sebagian daerah di pulau Jawa menunjukkan bahwa AMK proyeksi mempunyai kecenderungan datang lebih awal (maju) dan AMH yang datang lebih lambat (mundur) dibandingkan dengan *baseline*. Hal ini menyebabkan tingkat kerentanan yang tinggi terhadap periode kering yang semakin panjang di pulau Jawa.

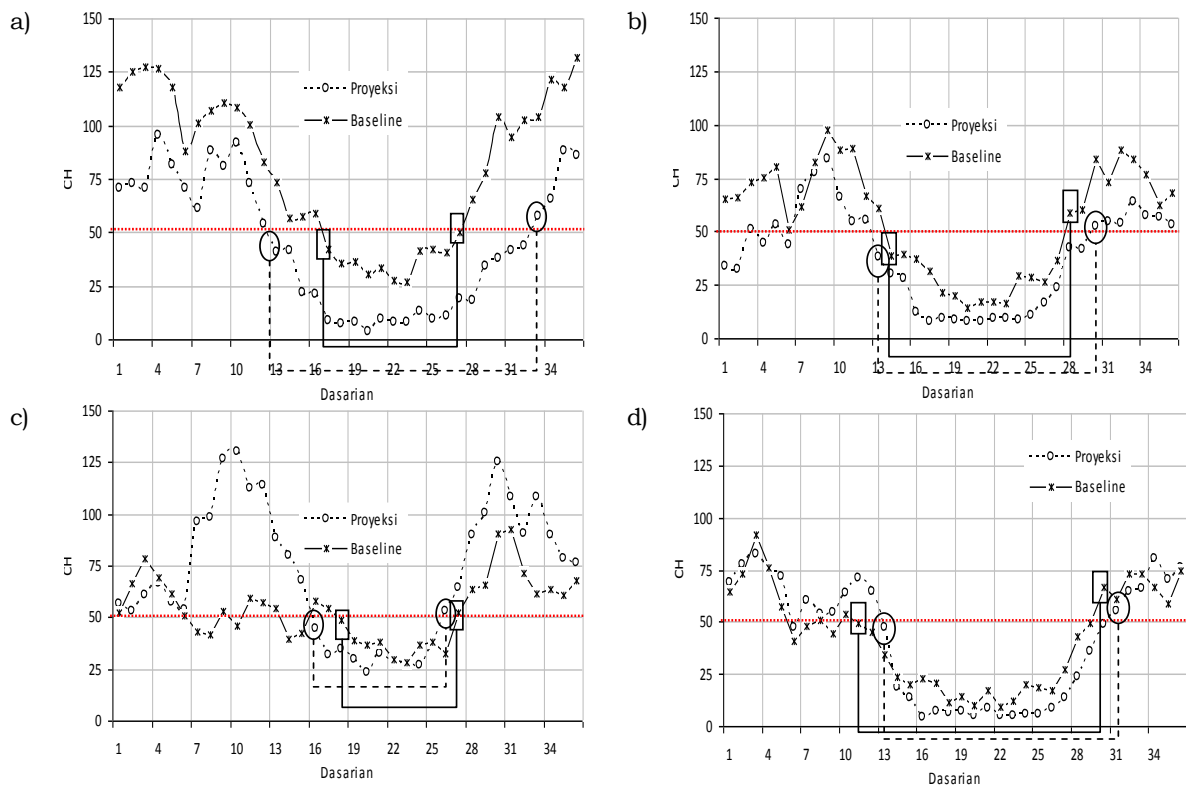
Analisis lebih lanjut dilakukan setelah mendapatkan hasil dari penghitungan awal musim hujan dan kemarau, baik pada *baseline* maupun proyeksi. Terdapat tiga karakteristik perubahan awal musim yang akan dilakukan analisis, yang pertama adalah daerah yang mempunyai AMH lebih lambat, namun mempunyai AMK lebih cepat, contohnya di daerah 7,4° LS dan 107,6° BT (titik 1 pada Gambar 3-6) dan 7,9° LS dan 111,3° BT (titik 2). Kedua adalah daerah yang mempunyai AMK yang datang lebih cepat dan AMH yang datang lebih cepat juga, contohnya pada daerah 8,2° LS dan 113,2° BT (titik 3). Ketiga adalah daerah yang mempunyai AMK dan hujan yang datang lebih lambat, seperti pada titik 4 di Gambar 3-6. Namun daerah dengan karakteristik yang ketiga ini sangat sedikit dijumpai, hal ini ditunjukkan pada Gambar 3-4 dimana hampir tidak dijumpai daerah dengan awal musim kemarau yang datang lebih lambat dari *baseline*-nya.

Ketiga karakteristik di atas mengindikasikan di beberapa daerah mengalami perubahan musim, sedangkan di daerah yang lain mengalami pergeseran musim hujan dan kemarau. Daerah dengan karakteristik pertama adalah penggambaran daerah yang diprediksi pada masa yang akan datang mempunyai panjang musim kemarau yang lebih panjang dan musim hujan yang lebih pendek. Sedangkan daerah untuk karakteristik kedua dan ketiga merupakan penggambaran kondisi awal musim di masa yang akan datang yang bergeser maju maupun mundur dengan panjang musim yang hampir sama dengan *baseline*. Dimana pergeseran musim yang maju terjadi pada

daerah yang mempunyai karakteristik kedua dan untuk daerah dengan karakteristik ketiga musim hujan dan kemarau bergeser mundur.

Analisis curah hujan dasarian yang dilakukan di 4 titik yang mewakili 3 karakteristik ditunjukkan pada Gambar 3-7. Keempat titik dipilih untuk mendapatkan gambaran akan perubahan curah hujan proyeksi yang mempengaruhi pergeseran atau perubahan musim di beberapa titik tersebut.

Pada Gambar 3-7 (a) dan (c) memiliki pola dan perubahan yang hampir sama, yaitu dengan AMK proyeksi yang datang lebih cepat namun AMH proyeksi datang lebih lambat jika dibandingkan dengan *baseline*. Hal ini menyebabkan musim kemarau pun bertambah panjang sedangkan musim hujan menjadi bertambah pendek. Walaupun mempunyai karakteristik perubahan yang sama, titik 1 mempunyai perubahan musim kemarau yang lebih panjang jika dibandingkan dengan titik 3. Hal ini akan membuat daerah 1 akan lebih rentan kekeringan di masa yang akan datang.



Gambar 3-7: Pola curah hujan *baseline* dan proyeksi dan perubahan awal musim kemarau dan hujan di 4 titik penelitian, yaitu: a) 7.4° LS dan 107.6° BT (titik 1 pada Gambar IV.7); b) 8.2° LS dan 113.2° BT (titik 2); c) 7.9° LS dan 111.3° BT (titik 3); dan d) 6.1° LS dan 107.2° BT (titik 4)

Berbeda dengan daerah 1 dan 3, daerah 2 dan 4 hanya mengalami pergeseran musim, dimana untuk daerah 2 terjadi musim yang maju dan daerah 4 mengalami musim mundur.

Dari keempat titik yang telah dilakukan analisis perubahan curah hujan dan awal musimnya di atas, terjadi penurunan curah hujan pada musim kemarau. Hal ini menggambarkan kondisi pada periode 2011-2030 akan menjadi lebih kering dibandingkan dengan *baseline*.

### 3.5 Pembahasan

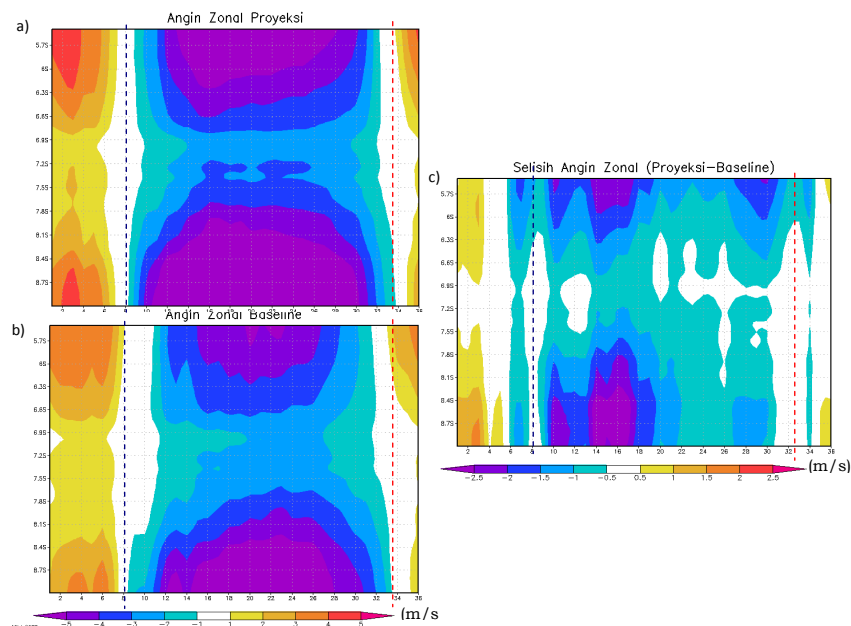
Analisis AMK yang datang lebih cepat dan adanya penurunan curah hujan di bulan-bulan kering sesuai dengan penelitian sebelumnya, yaitu menurut Boer *et al.* (2009) dalam laporan adaptasi perubahan iklim menunjukkan bahwa perubahan iklim

juga berdampak terhadap peningkatan hujan musiman Desember, Januari, Februari (DJF) secara signifikan di sebagian besar wilayah di Jawa, Kawasan Timur Indonesia, dan Sulawesi. Sebaliknya, perubahan iklim berdampak terhadap penurunan hujan musiman Juni, Juli, Agustus (JJA) secara signifikan di sebagian besar wilayah Jawa, Papua, Bagian Barat Sumatera, dan Bagian Timur Selatan Kalimantan. Perubahan iklim mengakibatkan musim kemarau memanjang di sebagian besar wilayah Jawa, Bagian Selatan Sumatera, Kalimantan Tengah, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara.

Musim kemarau yang lebih panjang dan musim hujan yang lebih pendek berkaitan dengan *Hovmöller* angin zonal yang menggambarkan penguatan dan pelemahan angin timuran dan baratan di atas Jawa. Pada Gambar 3-8 (a) dan (b), angin zonal mempunyai nilai positif, nol dan negatif. Nilai negatif menunjukkan arah angin secara zonal dari timur ke barat (angin timuran) dan positif adalah kebalikannya, arah angin dari barat ke timur (angin baratan).

Gambar 3-8 (a) menunjukkan perubahan angin baratan dan timuran di atas Jawa selama satu tahun, dimana dapat dilihat bahwa angin baratan berubah arah menjadi timuran pada dasarian ke-8 (dasarian ke-2, Maret), sedangkan perubahan dari angin timuran menjadi baratan kurang lebih terjadi pada dasarian ke-33 (dasarian ke-3, November). Hal ini berlaku hampir sama dengan periode proyeksi (Gambar 3-8 (b)).

Gambar 3-8 (c) menunjukkan perubahan kecepatan angin zonal yang menggambarkan adanya pelemahan dan penguatan angin baratan maupun timuran di atas Jawa. Nilai negatif mempunyai arti yang berbeda dengan nilai negatif pada Gambar 3-8 (a) dan (b), dimana pada Gambar 8 (c), nilai negatif yang terjadi pada sebelum dasarian ke-8 dan setelah dasarian ke-33 menunjukkan adanya pelemahan angin baratan proyeksi, sedangkan nilai negatif yang terjadi setelah dasarian ke-8 dan sebelum dasarian ke-33 menandakan adanya penguatan angin timuran. Begitu juga sebaliknya, nilai positif yang terjadi pada sebelum dasarian ke-8 dan setelah dasarian ke-33 menunjukkan penguatan angin baratan, sedangkan nilai positif yang terjadi pada dasarian setelah dasarian ke-8 dan sebelum dasarian ke-33 menandakan adanya pelemahan angin timuran (tidak terdapat dalam Gambar 8 (c)).



Gambar 3-8: Plot *Hovmöller* angin zonal klimatologis yang dirata-ratakan secara *longitude* ( $105^{\circ}$  –  $115^{\circ}$  BT), untuk: a) proyeksi; b) *baseline* dan c) selisih antara proyeksi dan *baseline*. Garis putus-putus adalah batas berubahnya angin timuran menjadi baratan dan sebaliknya

Dari Gambar 3-8 (c) menunjukkan bahwa pada dasarian ke-35 sampai dengan dasarian ke-5 terdapat penguatan angin baratan, hal ini menyebabkan curah hujan proyeksi lebih tinggi dibandingkan curah hujan *baseline*, sedangkan dasarian ke-6 sampai dengan dasarian ke-8 terjadi pelemahan angin baratan yang menyebabkan curah hujan proyeksi lebih rendah dibandingkan *baseline*. Dasarian selanjutnya (ke-8 sampai dengan ke-33) terdapat penguatan angin timuran jika dibandingkan dengan *baseline*. Hal ini yang menjadi penyebab turunnya curah hujan pada saat musim kemarau pada periode proyeksi. Dasarian ke-33 sampai dengan dasarian ke-35 terjadi pelemahan angin baratan yang menyebabkan curah hujan lebih rendah jika dibandingkan dengan *baseline*. Pelemahan angin baratan di kedua musim transisi (baik transisi dari musim hujan ke kemarau dan kemarau ke hujan) ini yang menyebabkan sebagian besar pulau Jawa mengalami kemarau yang lebih panjang jika dibandingkan kondisi *baseline*.

Selain itu, penguatan angin timuran yang terjadi pada periode proyeksi dapat menimbulkan penurunan curah hujan pada musim kemarau. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Naylor *et al.* (2007) yang menyebutkan bahwa pulau Jawa dan Bali akan mengalami penurunan curah hujan di musim kering (Juli-Agustus-September) pada periode proyeksi menggunakan skenario IPCC AR4.

#### 4 KESIMPULAN

Penelitian ini membahas mengenai penggunaan hasil *downscaling* model CCAM untuk penentuan awal musim sesuai dengan kriteria BMKG, baik kemarau maupun hujan di pulau Jawa. Hasil komparasi menggunakan data curah hujan dasarian dari satelit TRMM, menunjukkan bahwa curah hujan hasil *downscaling* CCAM dan TRMM mempunyai koefisien korelasi 0,76.

Hasil dari penghitungan awal musim menunjukkan pola pergerakan AMK diawali di Jawa bagian timur, kemudian bergerak ke arah barat. Sementara AMH sebaliknya, diawali dari bagian barat, kemudian bergerak ke bagian timur. Pada periode *baseline*, sebagian besar daerah mempunyai AMK yang terjadi pada dasarian ke-13 sampai dasarian ke-19, sedangkan untuk proyeksi sebagian besar didominasi oleh AMK yang terjadi pada dasarian ke-12 sampai dasarian ke-17. Awal musim hujan *baseline* di Jawa bagian barat dan tengah dominan terjadi pada dasarian ke-27 sampai dasarian ke-32, sementara bagian timur terjadi pada dasarian ke-29 sampai dasarian ke-35.

Proyeksi dengan menggunakan skenario A2 IPCC menyimpulkan perubahan AMK yang terjadi di sebagian besar daerah pulau Jawa adalah maju atau AMK datang lebih cepat, sedangkan AMH cenderung mundur atau datang lebih lambat dari *baseline*. Dengan kata lain, pulau Jawa diproyeksikan mengalami musim kemarau yang lebih panjang dan musim hujan yang lebih pendek dibandingkan kondisi saat ini. Hal ini menyebabkan pulau Jawa akan mengalami kekeringan yang lebih panjang dibandingkan dengan *baseline*.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Aldrian E., Gates, L. D. and Widodo, F.H., 2007. *Seasonal Variability of Indonesian Rainfall in ECHAM4 Simulations and in The Reanalyses: The role of ENSO*, Theoretical and Applied Climatology, 87, 41–59.
- Avia, L. Q., A. Haryanto, N. Cholianawati dan B. Siswanto, 2010. *Identifikasi Awal Musim Kemarau dan Musim Hujan Berdasarkan Data Satelit TRMM*, Prosiding Seminar Penerbangan dan Antariksa 2010: Sub Seminar Sains Atmosfer dan Iklim. Serpong, 15 Nopember 2010.

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2009. *Prakiraan Musim Hujan 2009/2010 di Indonesia*.
- Boer, R., A. Buono, Sumaryanto, E. Surmaini, A. Rakhman, W. Estiningtyas, K. Kartikasari, and Fitriyani, 2009. *Agriculture Sector: Technical Report on Vulnerability and Adaptation Assessment to Climate Change for Indonesia's Second National Communication*. Ministry of Environment and United Nations Development Programme, Jakarta.
- Giarno, Dupe Z.L dan Mustofa M.A., 2012. *Kajian Awal Musim Hujan dan Awal Musim Kemarau di Indonesia*. Jurnal Meteorologi Dan Geofisika Vol. 13 No. 1 Tahun 2012 : 1-8.
- Gunawan, D., 2010. *Pemanfaatan Data Curah Hujan Satelit TRMM untuk Database Zona Prakiraan Musim*. Laporan Akhir Program Riset Insentif Terapan. Kementerian Riset dan Teknologi.
- Hidayat, T., 2005. *Analisis Perubahan Musim, Kekeringan dan Potensi Waktu Tanam Tanaman Pangan di Provinsi Banten*. Tesis IPB. Bogor 2005.
- IPCC, 2007. *Climate Change: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group (WG) 1 to the Fourth Assessment Report of the (IPCC)*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York. 273–313.
- Katzfey, J., McGregor, J.L., Nguyen, K., dan Tatcher, M., 2010. *Regional Climate Change Projection Development and Interpretation for Indonesia*. CSIRO's Final Report for AusAID. 2010.
- McGregor, J.L., 2009. *JMcG Lecture: Regional Modelling with CCAM*. Ausaid Workshop Aspendale. 18 May 2009.
- Naylor, R.L, Battisti, D.S., Vimont, D.J., Falcon, W.P., dan Burke, M.B., 2007. *Assessing Risks Of Climate Variability and Climate Change For Indonesian Rice Agriculture*. PNAS, 104, 19: 7752 – 7757. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0701825104](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0701825104).
- Ripaldi, A., 2013. *Kajian Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kesesuaian Agroklimat Dan Produktivitas Tanaman Padi Di Provinsi Nusa Tenggara Barat Periode (2040-2069 dan 2070-2099)*, Tesis ITB. Bandung 2013.
- Suryantoro A., Krismianto dan Yulihastin E., 2010. *Penentuan Onset Monsun di Jawa Barat, Banten, dan DKI Jakarta Berbasis Observasi Satelit TRMM*, Prosiding Seminar Nasional Fisika 2010. ISBN: 978-979-98010-6-7, 54-66.
- Susandi, A., 2008. *Fenomena Perubahan Iklim Global dan Implikasinya Terhadap Ketahanan Pangan Nasional*, Prosiding Seminar Pekan Padi Nasional III – Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Juli 2008.

