

# ANALISIS POLA SPATIO-TEMPORAL DAN KOMPARASI HASIL *DOWNSCALING* CCAM (*CONFORMAL CUBIC ATMOSPHERIC MODEL*) UNTUK PARAMETER CURAH HUJAN 3 JAM-AN

**Haries Satyawardhana**

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer (PSTA) – LAPAN

Pos-el : hariessatha@gmail.com

## Abstract

*Validation and comparison are necessary to analyze and evaluate the performance of the model atmosphere. The comparison is carried out between model outputs with observed data or satellite. Downscaling is used to obtain data with high spatial resolution. This study uses a dynamic downscaling model (CCAM) where the input data is the Reanalysis NCEP / NCAR data. The results of this study explain that the CCAM downscaling output for 3 hourly rainfall over Java still not produces a high correlation coefficient with the TRMM data. This is because the results of CCAM downscaling tend to show a lower value (under-estimate) when compared to the TRMM, but the results of CCAM downscaling showed similar temporal patterns. Although the spatial patterns of diurnal rainfall of CCAM are more similar with TRMM, with the peak of rainfall in the ocean occurred in the morning - noon (starting at 01.00– 10.00 LT) and for land occurred at noon - night (13.00 to 19.00 LT).*

*Keywords* : *comparation, downscaling, diurnal rainfall*

## Abstrak

Validasi dan komparasi sangat diperlukan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja model dengan cara membandingkan hasil keluaran model yang telah dilakukan *downscaling* dengan data observasi. *Downscaling* digunakan untuk mendapatkan data dengan resolusi spasial yang lebih rapat. Penelitian ini menggunakan metode *downscaling* dinamis dengan model CCAM dimana data input yang digunakan adalah data reanalisis NCEP/NCAR. Hasil dari penelitian ini adalah curah hujan 3 jam-an di Pulau Jawa hasil *downscaling* CCAM masih belum menghasilkan koefisien korelasi yang tinggi dengan data TRMM. Hal ini disebabkan hasil *downscaling* CCAM cenderung menunjukkan nilai yang lebih rendah (*under-estimate*) jika dibandingkan dengan TRMM, namun hasil *downscaling* CCAM sudah menunjukkan pola temporal yang hampir sama. Sedangkan pola spasial curah hujan diurnal hasil *downscaling* CCAM sudah hampir menyerupai TRMM, dengan puncak curah hujan diurnal di lautan terjadi pada pagi - siang hari (dimulai pukul 01:00–10:00 LT) dan untuk daratan terjadi pada siang – sore hari (13:00–19:00 LT).

Kata kunci : komparasi, *downscaling*, curah hujan diurnal

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan data dengan resolusi 3 jam-an sangat dibutuhkan untuk analisis cuaca harian suatu daerah dan juga untuk analisis kebencanaan dengan frekuensi yang singkat seperti banjir dan longsor. Penelitian mengenai kondisi diurnal di Pulau Jawa sangat penting dilakukan. Menurut BNPB<sup>1</sup>, beberapa bencana yang terjadi pada tahun 2014 seperti banjir, longsor, merupakan bencana yang mematikan. Bencana longsor menyebar di 12 propinsi di Indonesia dengan Jawa Barat

merupakan salah satu daerah dengan frekuensi kejadian paling tinggi di samping Jawa Tengah dan Timur.

*Downscaling* digunakan untuk mendapatkan data dengan resolusi spasial yang lebih rapat. Dengan resolusi spasial yang tinggi (rapat) maka akan dapat menggambarkan kondisi iklim suatu daerah dengan informasi yang lebih rinci (detail). Metode penurunan skala dari data resolusi rendah menjadi resolusi yang lebih tinggi disebut *downscaling*. Terdapat dua metode *downscaling* yaitu *dynamical downscaling* dan *statistical downscaling*.<sup>2</sup> Namun Noguera dkk. membagi satu metode lagi yaitu pendekatan campuran yang merupakan gabungan statistik dan dinamik atau disebut dengan *statistical-dynamic downscaling*.<sup>3</sup> *Downscaling* menggunakan *Conformal Cubic Atmospheric Model* (CCAM) merupakan salah satu contoh dari *dynamical downscaling*. CCAM adalah salah satu model atmosfer global yang dikembangkan secara efektif mulai tahun 1994 oleh *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO), Australia.<sup>4</sup> CCAM dapat berfungsi baik sebagai model prediksi cuaca (*NWP/Numerical Weather Prediction*) maupun untuk simulasi dan prediksi iklim. Data iklim dengan resolusi yang tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan data satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), namun salah satu kekurangan data TRMM adalah periode waktu yang masih relatif pendek (1998 -2015). Dengan menggunakan data model, maka periode waktu dapat diubah sesuai dengan kebutuhan. Hal inilah yang mendasari digunakannya data model dalam penelitian ini.

Validasi dan komparasi sangat diperlukan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja model dengan cara membandingkan hasil keluaran model yang telah dilakukan *downscaling* dengan data observasi ataupun satelit. Komparasi hasil *downscaling* CCAM pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya.<sup>5,6,7,8</sup> Sedangkan perbandingan hasil CCAM-NWP pernah dilakukan oleh Permana<sup>9</sup>, yaitu membandingkan prediksi 7 hari ke depan di dua area (subtropis dan tropis) pada SON (September-Oktober-November) tahun 2008.

McGregor dkk.<sup>5</sup> melakukan komparasi curah hujan 5-harian (*pentad*) hasil *downscaling* CCAM (resolusi 60 km) di tiap musim untuk beberapa wilayah dengan cakupan yang agak luas (Asia Tenggara dan Indocina), dimana curah hujan pentad di Asia Tenggara memiliki pola musim yang hampir sama dengan data observasi dari *CPC Merged Analysis of Precipitation* (CMAP). Hasil yang sama diperoleh pada penelitian Satiadi<sup>6</sup> dimana perbandingan curah hujan konvektif antara hasil model atmosfer global (AGCM) dan TRMM menunjukkan pola spasial yang hampir sama, namun dilakukan dalam cakupan area yang lebih luas (global). Sedangkan Ripaldi<sup>7</sup> dan Satyawardhana<sup>8</sup> melakukan *downscaling* untuk daerah lebih kecil yaitu Pulau Lombok dan Pulau Jawa dengan resolusi akhir ~15km dan dikomparasikan dengan data observasi. Namun ketiga penelitian sebelumnya difokuskan untuk memperoleh hasil komparasi dengan temporal pentad, dasarian dan bulanan, sehingga masih belum menggambarkan pola siklus diurnal. Sedangkan Juaeni<sup>10</sup> melakukan komparasi data TRMM 3 jam-an dan observasi stasiun untuk Bandung periode 2000 sampai 2003 dan Semarang periode 2002 sampai 2004. Penelitian tersebut menghasilkan adanya kesamaan pola diurnal curah hujan, meskipun dengan nilai curah hujan TRMM yang lebih tinggi (*over-estimate*) dari observasi. Hal inilah yang mendasari dilakukannya penelitian ini.

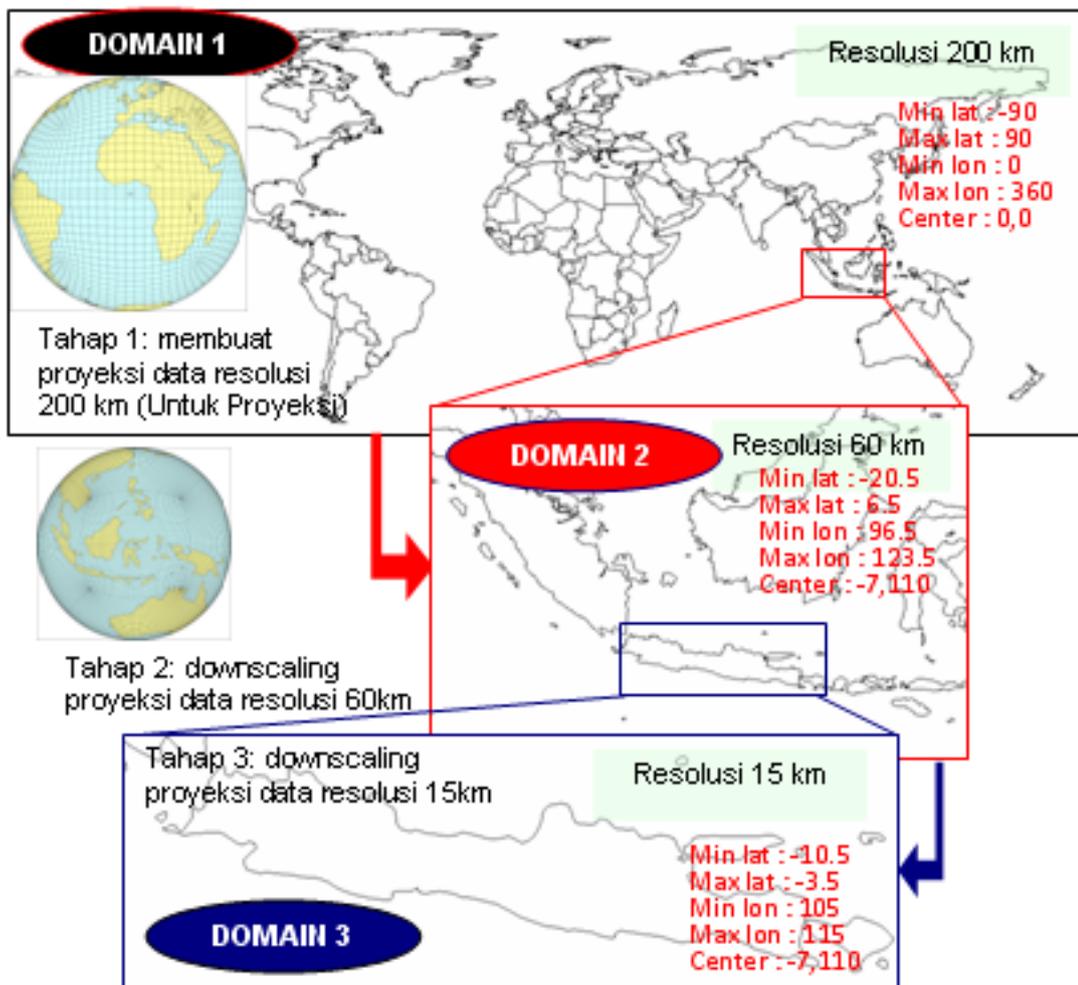
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai koefisien korelasi antara data hasil *downscaling* model dengan data satelit. Hal ini dapat menunjukkan kesesuaian untuk parameter curah hujan antara model dinamik CCAM dan data satelit TRMM untuk skala diurnal (variasi jangka pendek).

## 2. METODE PENELITIAN

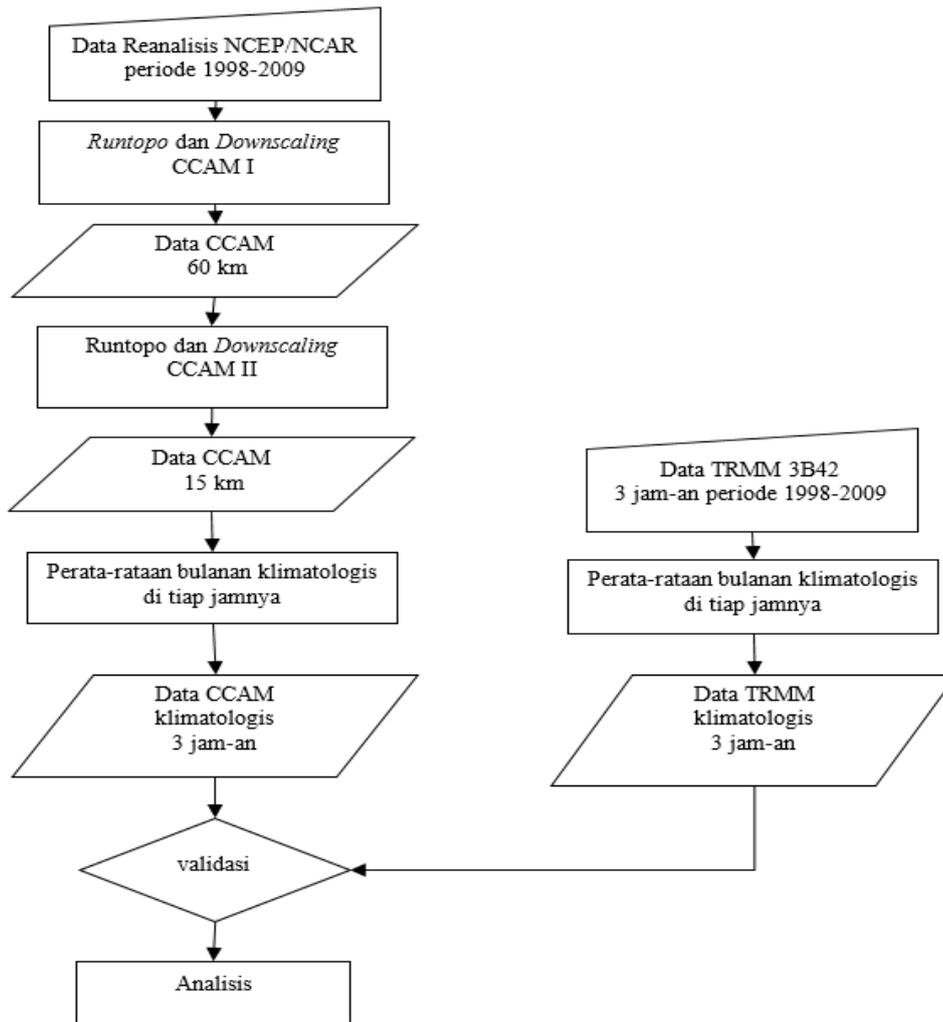
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data reanalisis NCEP/NCAR yang di-*downscaling* menggunakan model CCAM, sedangkan data pembanding (validasi) adalah data satelit TRMM 3B42 dengan resolusi spasial 0,25° dan resolusi temporal 3 jam-an. Periode waktu data CCAM dan TRMM yang digunakan adalah 1998 – 2009, sedangkan wilayah kajian adalah Pulau Jawa. Pengolahan data yang telah dihasilkan model, maupun TRMM menggunakan perangkat lunak *Climate Data Operator* (CDO) untuk melakukan pemotongan wilayah maupun perata-rataan, sedangkan untuk visualisasi menggunakan perangkat lunak GrADs.

Penelitian ini menggunakan metode *downscaling* dinamis dengan model CCAM di mana data input yang digunakan adalah data Reanalisis NCEP/NCAR. CCAM merupakan model global beresolusi variabel berbasis *conformal cubic grid* dan menggunakan transformasi *Schmidt* untuk prakiraan regional (*downscaling*).<sup>11</sup>

*Downscaling* pertama dilakukan pada data reanalisis resolusi ±200km menjadi 60km. Hasil *downscaling* pertama digunakan untuk *downscaling* kedua dengan hasil resolusi 15km. Secara teknis *downscaling* yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Teknis *downscaling* yang dilakukan dalam penelitian<sup>8</sup>



**Gambar 2.** Alur kerja yang digunakan dalam penelitian

Validasi data CCAM resolusi 15 km dan data TRMM menggunakan *scatter-plot* dan *time series*. Analisis pola dan *magnitudo* curah hujan dilakukan baik menggunakan plot temporal maupun spasial.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari komparasi antara hasil *downscaling* CCAM dan TRMM ditunjukkan menggunakan dua gambar dan dua tabel, dimana Tabel 1 menunjukkan pola *scatter* yang mengindikasikan ada hubungan linier antara kedua data. Gambar 3 adalah plot *time-series* curah hujan 3 jam-an selama rentang waktu penelitian yang menunjukkan pola temporal, baik data TRMM maupun hasil *downscaling* CCAM. Gambar 3 memperlihatkan rata-rata dan standar deviasi curah hujan 3 jam-an untuk menjelaskan pola temporal secara umum dan kisaran deviasi curah hujan yang dapat terjadi, sedangkan Gambar 5 menunjukkan pola spasial curah hujan 3 jam-an klimatologis yang mengindikasikan sebaran curah hujan rata-rata 3 jam-an antara TRMM dan data hasil *downscaling*.

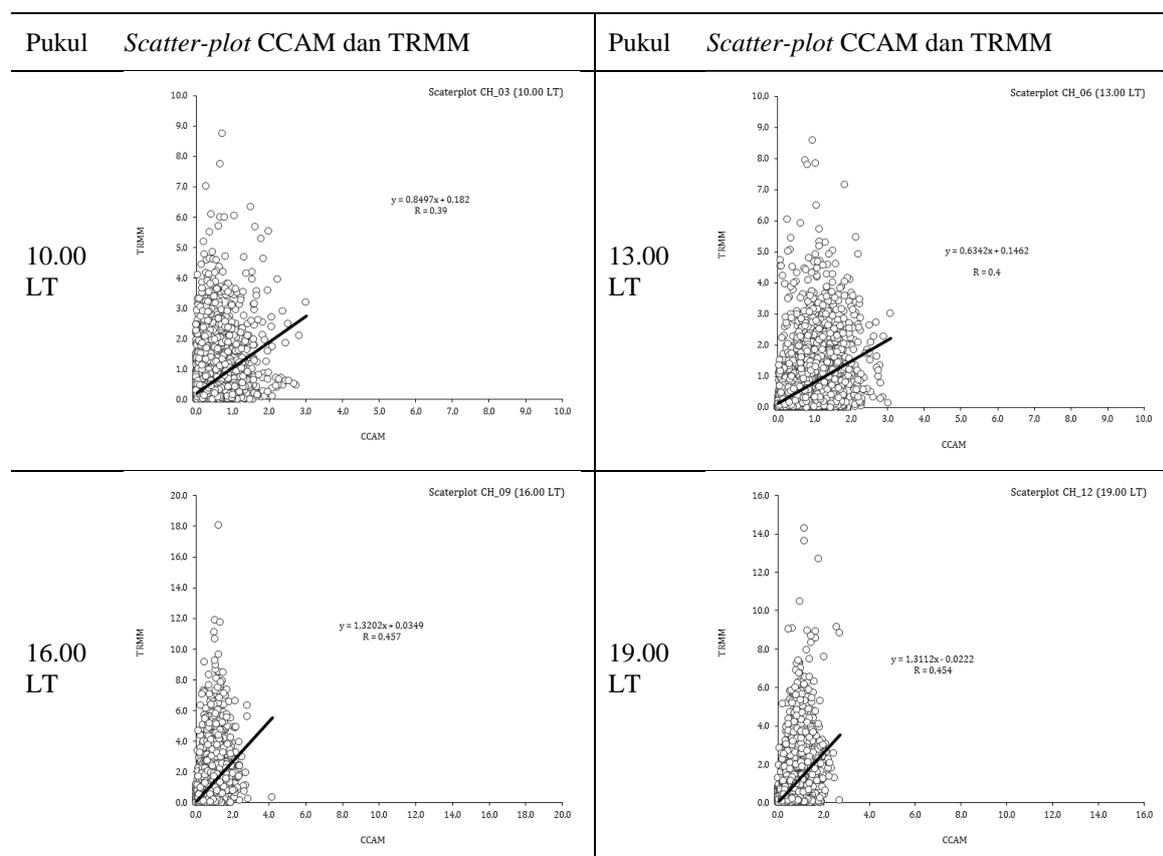
### 3.1. Pola Temporal Antara Hasil *Downscaling* CCAM dan TRMM

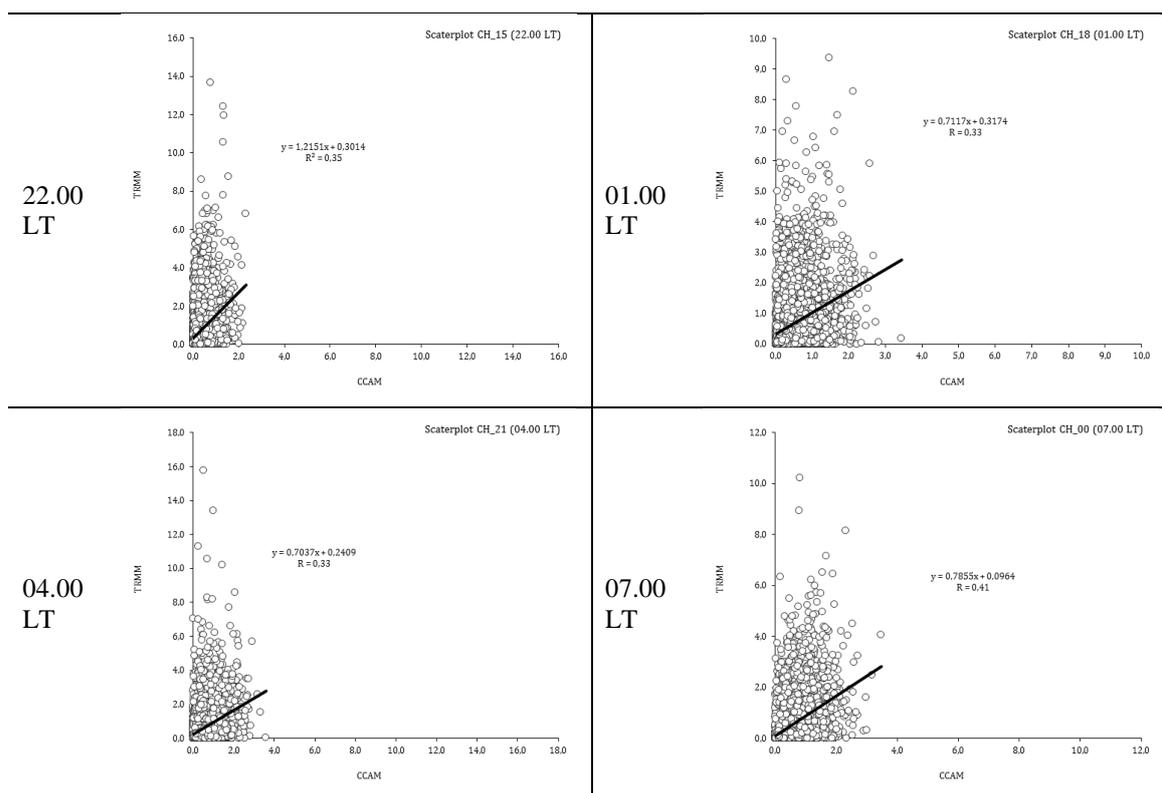
Tabel 1 menunjukkan hubungan linier antara data TRMM dan hasil *downscaling* CCAM, dimana nilai koefisien korelasi tertinggi terdapat pada curah hujan pukul 16.00 *Local Time* (LT) dan terendah pada curah hujan pukul 07.00 LT.

Rata-rata koefisien korelasi linier curah hujan pada saat pagi sampai malam (07.00 – 19.00 LT) lebih tinggi jika dibandingkan dengan curah hujan malam – pagi (22.00 – 04.00 LT). Hampir di semua curah hujan 3 jam-an menunjukkan bahwa curah hujan hasil *downscaling* mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan curah hujan TRMM dan ini ditunjukkan dengan penyebaran nilai di sumbu y jika dibandingkan dengan kisaran nilai sumbu x yang cenderung mengumpul. Hal ini menunjukkan bahwa model belum dapat memperlihatkan nilai curah hujan diurnal dengan baik.

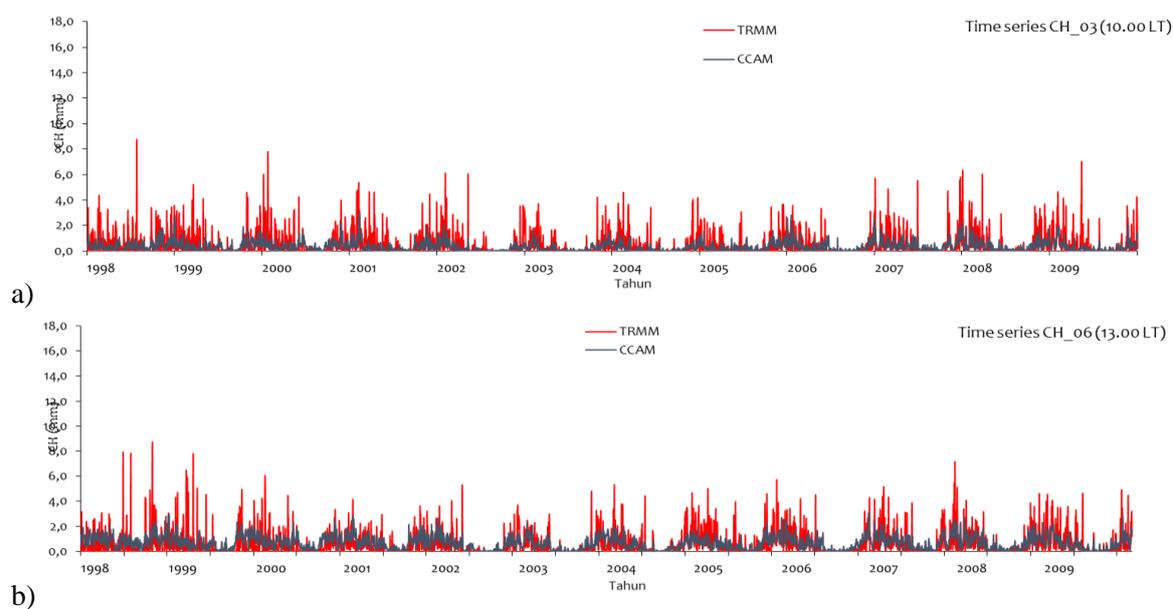
Curah hujan TRMM pada pukul 01.00, 07.00, 10.00 dan 13.00 LT berada pada kisaran 0 sampai dengan 9 mm, namun pada curah hujan CCAM hanya menunjukkan kisaran 0 – 3 mm. Sedangkan pada pukul 16.00 dan 19.00 LT, curah hujan TRMM menunjukkan curah hujan yang tinggi dan mengalami puncaknya, hal ini dijelaskan dengan adanya curah hujan yang mencapai 18 mm, namun CCAM belum mampu menunjukkan hal ini. Curah hujan CCAM pada pukul 16.00 dan 19.00 mencapai nilai maksimum 4 mm.

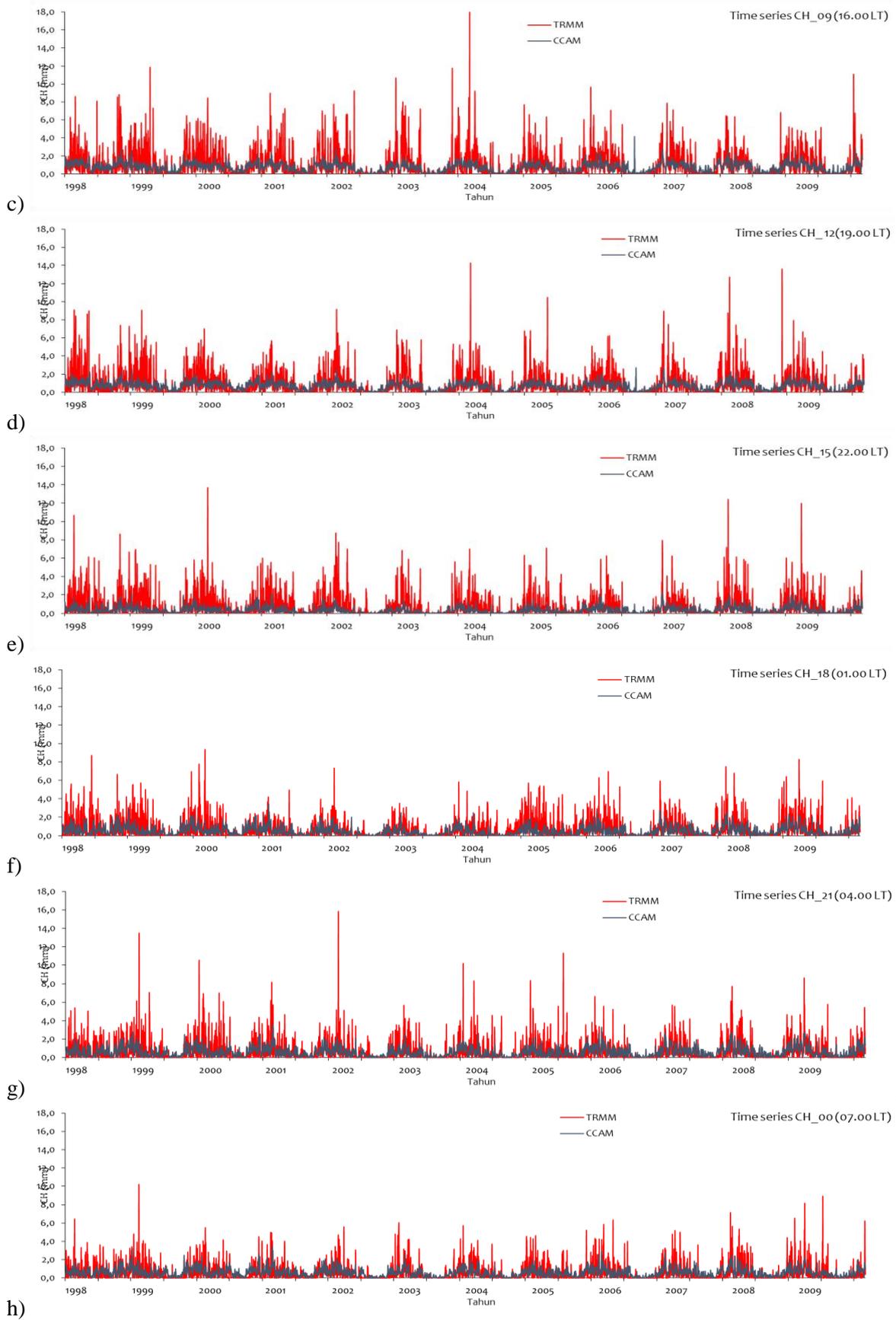
**Tabel 1.** Scatter-plot curah hujan 3 jam-an periode 1998 -2010 antara data hasil *downscaling* CCAM dan TRMM berdasarkan waktunya





Walaupun pada Tabel 1 menunjukkan korelasi yang rendah antara hasil *downscaling* CCAM dan TRMM, dimana model masih belum begitu baik merepresentasikan nilai curah hujan 3 jam-an, namun pada Gambar 3, pola temporal curah hujan 3 jam-an hasil *downscaling* CCAM memiliki pola yang bersesuaian dengan curah hujan TRMM. Puncak dan lembah pada pola curah hujan diurnal digambarkan dengan baik oleh model CCAM, walaupun dengan nilai yang lebih rendah (*under-estimate*).

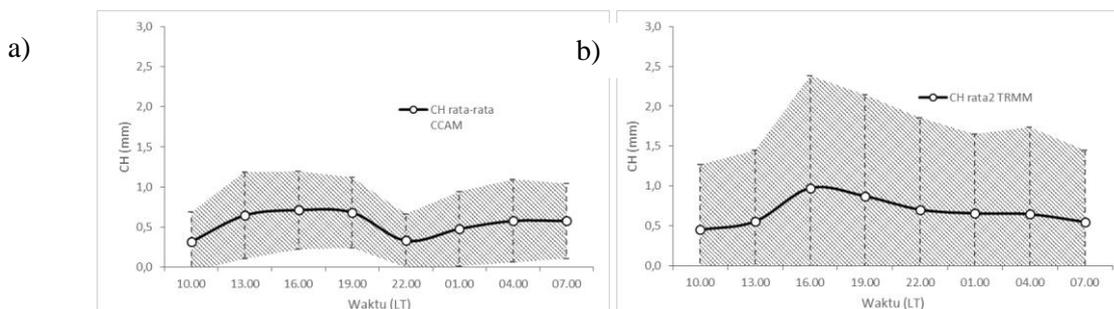




**Gambar 3.** Perbandingan *time-series* curah hujan 3 jam-an antara curah hujan TRMM dan CCAM untuk skala temporal 3 jam-an periode 1998 – 2010

Gambar 3 (a) dan (b) menunjukkan curah hujan pada jam 10.00 dan 13.00 LT memiliki pola yang bersesuaian antara curah hujan TRMM dan CCAM dengan curah hujan yang relatif rendah dengan kisaran 0 – 8 mm pada curah hujan TRMM. Jika dibandingkan dengan Gambar 3 (a), curah hujan CCAM pada Gambar 3 (b) mempunyai nilai sedikit lebih tinggi dan hampir sama dengan curah hujan TRMM. Namun pada Gambar 3 (c) dan (d) terlihat bahwa curah hujan TRMM mengalami peningkatan yang signifikan, sedangkan curah hujan CCAM masih belum dijumpai adanya peningkatan meskipun pola bersesuaian. Kejadian curah hujan ekstrim tergambar pada akhir tahun 2003 sampai dengan awal tahun 2004, dimana curah hujan mencapai  $\pm 18$  mm pada satu waktu. Gambar 3 (e) menunjukkan bahwa curah hujan TRMM pada pukul 22.00 LT masih cenderung tinggi, sedangkan curah hujan CCAM menunjukkan adanya penurunan yang cukup signifikan, hal ini juga tergambar pada Tabel 1 di mana kisaran curah hujan TRMM pada pukul 22.00 LT mencapai 0 – 14 mm (hampir sama dengan pukul 16.00 dan 19.00 LT), namun curah hujan CCAM hanya berkisar 0 sampai 2 mm. Sedangkan pada Gambar 3 (f), (g) dan (h) curah hujan sudah mengalami penurunan, hal ini terlihat baik pada curah hujan TRMM maupun CCAM.

Pola curah hujan diurnal dapat ditunjukkan oleh nilai rata-rata curah hujan di tiap waktu, baik TRMM maupun CCAM. Gambar 4 menunjukkan rata-rata curah hujan CCAM pada pukul 10.00 adalah 0,4 mm dan mengalami peningkatan mencapai 0,7 mm pada pukul 16.00 dan 19.00 LT. Curah hujan mengalami penurunan pada pukul 22.00 (0,3 mm) dan mulai meningkat lagi hingga 07.00 LT lalu turun pada pukul 10.00 LT. Curah hujan CCAM pada pukul 22.00 paling kontras jika dibandingkan dengan TRMM, di mana pada curah hujan TRMM pukul 22.00 mempunyai nilai yang lebih rendah dari pukul 19.00 dan lebih tinggi dari curah hujan pukul 01.00, sedangkan curah hujan CCAM pada pukul 22.00 merupakan curah hujan yang paling rendah nilainya di antara waktu-waktu yang lain.

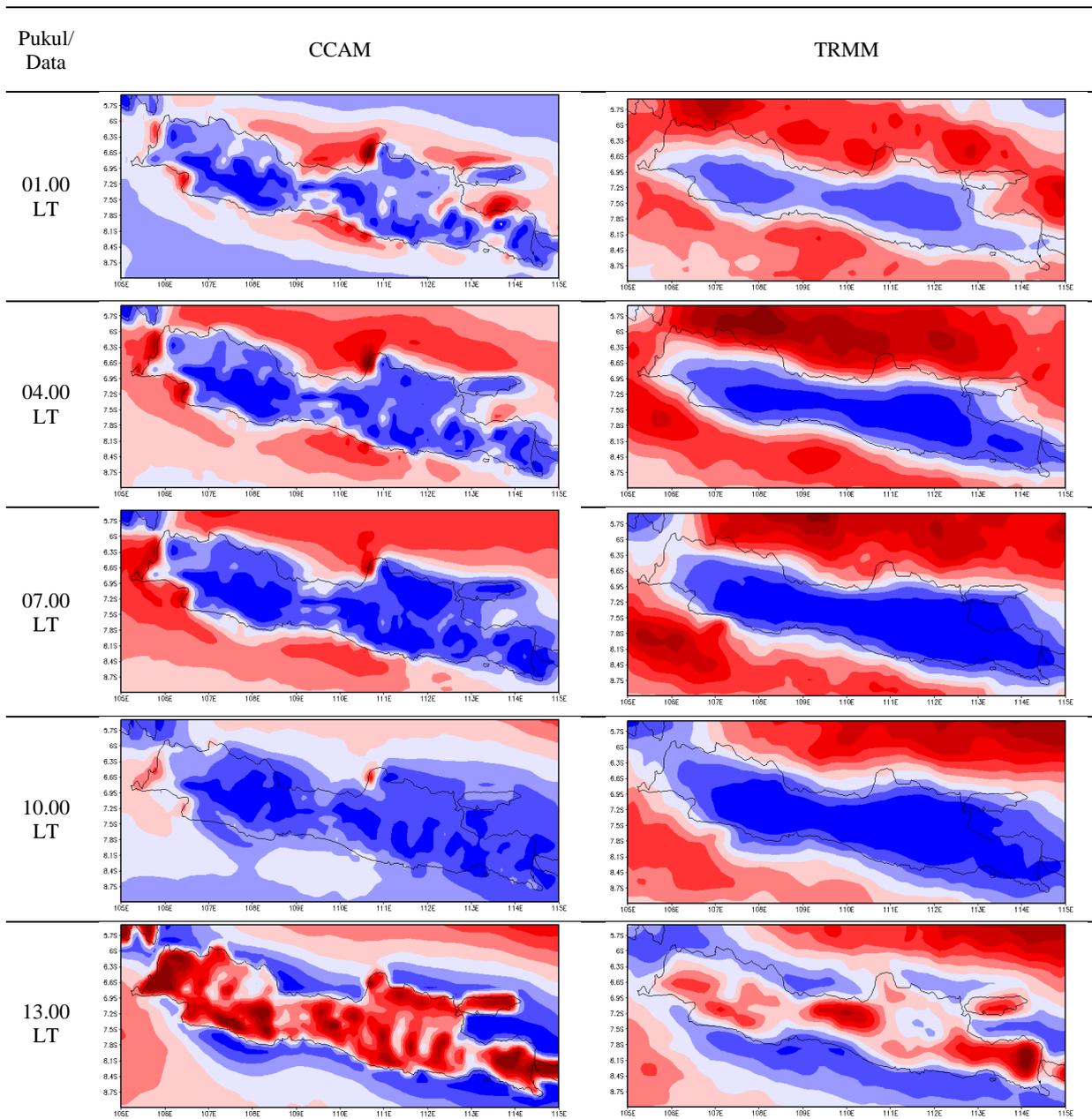


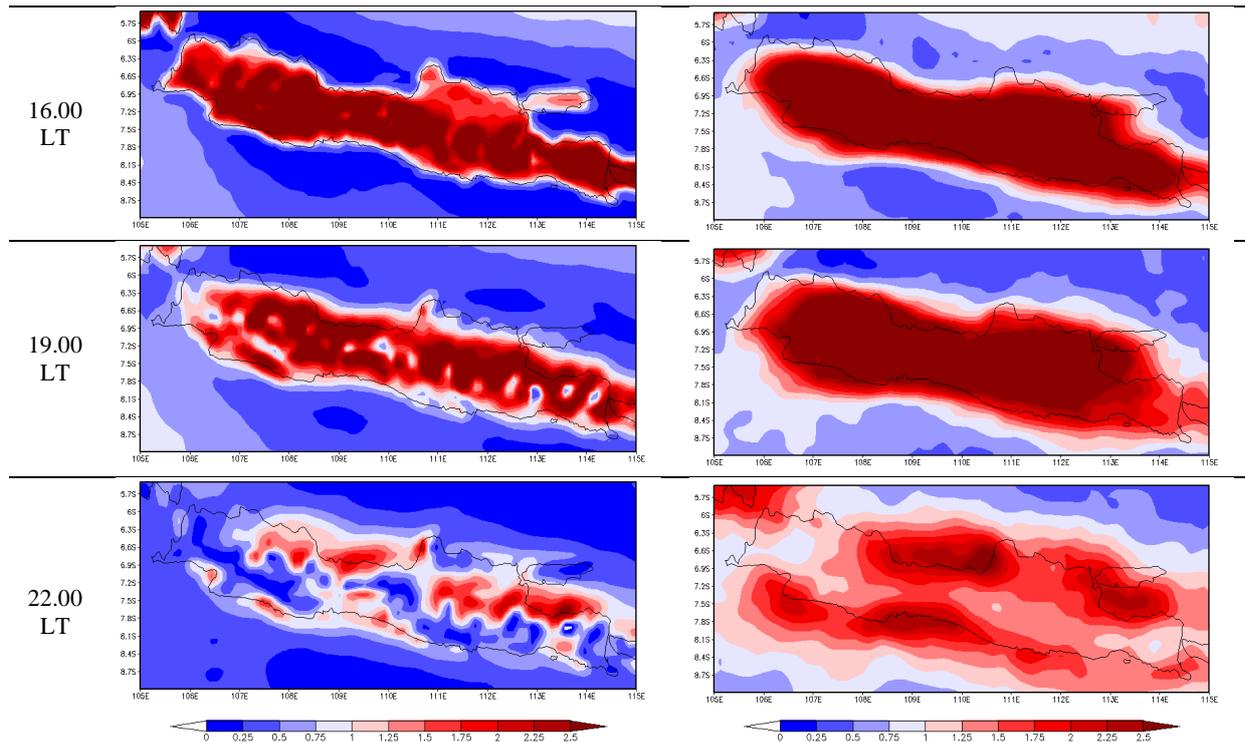
**Gambar 4.** Rata-rata dan standar deviasi curah hujan (a) CCAM dan (b) TRMM untuk skala temporal 3 jam-an periode 1998 – 2010, garis solid menunjukkan rata-rata curah hujan dan daerah arsir merupakan standar deviasi curah hujan 3 jam-an.

Selain nilai rata-rata, Gambar 4 juga menunjukkan standar deviasi curah hujan diurnal yang terjadi. Perbedaan signifikan juga terjadi pada standar deviasi di tiap 3 jam-annya, seperti yang ditunjukkan Gambar 4. Curah hujan TRMM mempunyai standar deviasi lebih tinggi di semua waktu jika dibandingkan dengan CCAM. Hal ini menunjukkan bahwa sensitivitas model dalam melakukan *downscaling* masih belum begitu baik. Model belum dapat menggambarkan kejadian curah hujan ekstrim yang ditunjukkan oleh data TRMM.

### 3.2. Komparasi Pola Spasial Antara Hasil *Downscaling* CCAM dan TRMM

Perbandingan antara data hasil *downscaling* CCAM dan TRMM, selain dari pola temporal, dilakukan juga untuk pola spasial. Hal ini berhubungan dengan pola penyebaran curah hujan ke berbagai tempat dari hasil *downscaling* sebuah model. Sub bab 3.1 menjelaskan bahwa nilai curah hujan diurnal hasil *downscaling* CCAM under-estimate jika dibandingkan dengan TRMM, namun pola temporal sudah cukup baik memperlihatkan pola diurnal. Gambar 5 menggambarkan distribusi spasial curah hujan di tiap 3 jam. Pola spasial pada Gambar 5 diwakili oleh curah hujan pada musim basah di Jawa (DJF/Desember-Januari-Februari), sedangkan pada musim kering, curah hujan menunjukkan nilai yang kecil sehingga pola spasial curah hujan baik model maupun satelit sulit dikomparasikan.





**Gambar 5.** Pola spasial curah hujan akumulasi 3 jam-an (mm) antara CCAM dan TRMM untuk DJF periode 1998-2010

Curah hujan TRMM pada perairan sebelah utara Jawa (Laut Jawa) terjadi di bagian barat terlebih dahulu pada pukul 01.00 LT dan mulai menyebar ke timur. Sedangkan pada perairan sebelah selatan Jawa (Samudera Hindia), curah hujan baru terjadi pukul 04.00 LT, dan mulai tinggi pada pukul 07.00 LT. Pada pukul 01.00 – 10.00 LT, terdapat curah hujan di lautan cenderung tinggi dan curah hujan di daratan memiliki nilai yang rendah. Transisi curah hujan lautan ke daratan mulai terjadi pada pukul 10.00 LT. Lalu daratan (Pulau Jawa) mengalami kenaikan curah hujan pada pukul 13.00 LT dan mulai tinggi sampai dengan pukul 16.00 dan 19.00 LT, dan menurun pada pukul 22.00 LT. Sedangkan curah hujan di lautan sejak pukul 13.00 mulai menurun dan cenderung rendah pada pukul 16.00 LT. Transisi curah hujan daratan ke lautan terjadi pada pukul 22.00 LT dengan adanya kenaikan curah hujan lautan. Pada penelitian sebelumnya Pribadi dkk.<sup>12</sup> menunjukkan hasil yang hampir sama menggunakan nilai *eigen* dari data satelit TRMM bahwa curah hujan di Pulau Jawa mengalami puncak pada siang – sore hari (15.00–18.00 LT) pada daratan dan mengalami puncak di lautan pada pagi hari (09.00–12.00 LT). Namun, jika diperhatikan lebih teliti kedua transisi (baik transisi curah hujan daratan ke laut, maupun sebaliknya), masih belum tergambarkan dengan baik oleh model CCAM. Transisi curah hujan daratan ke lautan, maupun lautan ke daratan digambarkan oleh model dengan nilai yang masih *under-estimate*. Hal inilah yang menyebabkan nilai rata-rata curah hujan pada pukul 22.00 LT (Gambar 4) memiliki selisih yang tinggi dibandingkan dengan curah hujan TRMM.

Pola yang sama ditunjukkan oleh curah hujan diurnal hasil *downscaling* CCAM, namun dengan nilai curah hujan yang lebih rendah dibandingkan dengan curah hujan TRMM. Pola spasial curah hujan pada model CCAM menunjukkan siklus diurnal dengan pergerakan curah hujan pada pagi - siang hari (dimulai pukul 01.00 LT – 10.00 LT) berada di lautan dan siang – malam (13.00 – 22.00 LT), curah hujan berada di daratan. Pola pergerakan spasial curah hujan sudah menunjukkan siklus diurnal, baik pada pola spasial hasil *downscaling* CCAM maupun data satelit, namun

terdapat perbedaan nilai di antara kedua data tersebut. Dimana pada hasil *downscaling* CCAM mempunyai nilai yang lebih rendah dibandingkan data TRMM. Hal ini hampir dijumpai pada sebagian besar daerah penelitian, baik lautan maupun daratan.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil komparasi data *downscaling* CCAM dengan menggunakan data satelit TRMM menunjukkan curah hujan pada hasil *downscaling* CCAM memiliki nilai yang lebih rendah (*under-estimate*) hampir di semua waktu. Namun jika dilihat pola deret waktu, hasil *downscaling* CCAM dan TRMM menunjukkan pola yang sama. Pola diurnal curah hujan CCAM di Pulau Jawa menunjukkan bahwa daratan (Pulau Jawa) mengalami hujan mulai pukul 13.00 LT dan mulai tinggi sampai dengan pukul 19.00 LT, dan menurun pada pukul 22.00 LT. Sedangkan curah hujan di lautan sejak pukul 13.00 mulai menurun dan hilang pada pukul 16.00 LT. Curah hujan CCAM memiliki variasi yang sangat rendah jika dibandingkan dengan TRMM. Curah hujan TRMM selama periode 1998 sampai 2009 mempunyai standar deviasi yang tinggi di tiap waktunya, dan variasi tertinggi terdapat pada curah hujan pukul 16.00 LT.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim reviewer, yang telah mendukung dan memberikan masukan konstruktif kepada Penulis demi perbaikan teknis maupun substansial terhadap makalah ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) atas akses dalam penggunaan data TRMM di penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- <sup>1</sup>Badan Nasional Penganggulangan Bencana, 2014. *Info Bencana edisi Desember 2014*. Tim Pusdatinmas BNPB.
- <sup>2</sup>Benestad, R. E., 2004. Empirical-Statistical Downscaling in Climate Modeling. *EosTrans.AmGeophys.Union*, 85(42),417.
- <sup>3</sup>Noguer, M., R. Jones, D. Hessel, D. Hudson, S. Wilson, J. Jenkins, and J. Mitchell, 2002. Workbook On Generating High Resolution Climate Change Scenarios Using PRECIS. Hadley Centre for Climate Prediction and Research, Met Office, Bracknell, UK.
- <sup>4</sup>McGregor, J. L., 2005. *CCAM: Geometric Aspects and Dynamical Formulation*, CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No.70, CSIRO, Australia.
- <sup>5</sup>\_\_\_\_\_, 2009. JMcG Lecture: Regional modelling with CCAM. *Ausaid Workshop Aspendale*. 18 May 2009.
- <sup>6</sup>Satiadi, D., 2009. Perbandingan Curah Hujan Hasil Model Sirkulasi Umum Atmosfer Dengan Data Observasi Satelit TRMM. *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara* Vol.4 No. 1, Maret 2009, hal : 31-40.
- <sup>7</sup>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. Bandung : ITB
- <sup>8</sup>Satyawardhana, H., A. Susandi, B. Siswanto, A. S. Muttaqien, 2014. *Analisis Curah Hujan Dasarian dan Validasinya Berbasis Data Downscaling CCAM (Cubical Conformal Atmospheric Model) Di Pulau Jawa*. Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer dan Antariksa (SNSAA) 2014. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Bandung 25 November 2014, hal 252 – 262.
- <sup>9</sup>Permana, D. S., 2010. Perbandingan Luaran Model Global Atmosfer CCAM Dan GFS Di Wilayah Indonesia dan Sekitarnya. *Widyariset - LIPI*, Vol 13, No 3, hal: 51 – 57.

- <sup>10</sup>Juaeni, I., 2012. Validitas Curah Hujan TRMM Resolusi 3 Jam untuk Bandung dan Semarang. *Buku Ilmiah: Fisika, Dinamika dan Kimia Atmosfer Berbasis Data Satelit dan Insitu*. Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer - Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Bandung: 75-86.
- <sup>11</sup>Thatcher, M., 2008. Training Module Weather and Climate Modelling based on CCAM, Training Weather and Climate Modelling based on CCAM, Jakarta 15–25 Januari.
- <sup>12</sup>Pribadi, A., P. Wongwises, U. Humphries, A. Limsakul, and A. Wangwongchai., 2012. Diurnal Rainfall Variation over Three Rainfall Regions within Indonesia Based on Ten Years of TRMM Data. *Journal of Sustainable Energy & Environment* 3: 81-86.