

Perbedaan Suhu Darat-laut antara Musim Hujan dan Kemarau di Pulau Jawa Berbasis *Conformal Cubic Atmospheric Model*

Haries Satyawardhana, Trismidianto, E. Yulihastin
Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN Bandung
e-mail). hariessatha@gmail.com

ABSTRACT. Research on the diurnal cycle is very important, both using observation data, satellite and atmospheric model output. This can be done using 3 hours data, either rainfall, wind or surface temperature parameters. The focus of this research is Java Island, where Java Island has 2 seasons, the rainy season and drought due to monsoon influence. his study aims to analyze diurnal cycle differences during the dry season (June-July-August / JJA) and rain (December-January-February / DJF). Spatial-temporal analysis of diurnal cycles such as rainfall, wind and surface temperatures uses downscaling data using the Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM), with the research period 1990 until 2010 (20 years). The main result of this study is the higher temperature contrast occurred between land and sea during the dry season. During the day (at 13:00 LT), the surface temperature of the land for the dry season is over 31°C while the oceans are 26-28°C. However, in the rainy season (DJF) during the day (13:00), the land surface temperature only ranges from 28-30°C (colder than in dry season) and in the ocean is relatively constant (28-29°C). This is related to lower cloud cover if compared to DJF, and make the diurnal wind (sea-land breeze) to be firmer. However, the diurnal rainfall in the JJA period is much lower when compared to the DJF period. On the land, the highest of DJF diurnal rainfall is at 16:00 with a range of values more than 4 mm, whereas in JJA the highest diurnal rainfall is only about 1- 2 mm.

Keywords : diurnal cycle, land-sea breeze, CCAM

ABSTRAK. Penelitian mengenai siklus diurnal sangat penting dilakukan, baik menggunakan data observasi, satelit maupun keluaran model atmosfer. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan data 3 jam-an, baik parameter curah hujan, angin maupun suhu permukaan. Lokus dari penelitian ini adalah Pulau Jawa, di mana Pulau Jawa mempunyai 2 musim, yaitu musim hujan dan kemarau akibat pengaruh monsoon. Karakteristik siklus diurnal pada kedua musim ini mempunyai pengaruh yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan siklus diurnal pada musim kemarau (Juni-Juli-Agustus/JJA) dan hujan (Desember-Januari-Februari/DJF). Analisis spasio-temporal siklus diurnal seperti curah hujan, angin dan suhu permukaan menggunakan data downscaling *Conformal Cubic Atmospheric Model* (CCAM), dengan periode pengamatan dari tahun 1990 sampai dengan 2010 (20 tahun). Hasil utama dari penelitian ini adalah terdapat perbedaan suhu antara daratan dan lautan yang lebih tinggi pada saat musim kemarau dibandingkan pada musim hujan. Suhu permukaan daratan untuk musim kemarau pada siang hari (pukul 13:00 LT) lebih dari 31°C sedangkan lautan 26-28°C. Namun, di musim hujan (DJF) pada siang hari (13:00) suhu permukaan daratan hanya berkisar 28-30°C (lebih dingin daripada musim kemarau) dan di lautan relatif konstan (28-29°C). Hal ini disebabkan oleh penutupan awan yang lebih rendah dibandingkan DJF, sehingga menyebabkan angin diurnal lebih kencang. Meskipun begitu, curah hujan diurnal pada periode JJA jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan periode DJF. Curah hujan diurnal DJF tertinggi terdapat pada pukul 16:00 dengan kisaran lebih dari 4 mm di daratan, sedangkan pada JJA curah hujan diurnal tertinggi hanya berkisar 1-2 mm.

Kata kunci : siklus diurnal, angin darat-laut, CCAM

1. PENDAHULUAN

Penelitian mengenai siklus diurnal seperti angin darat-laut dan angin gunung-lembah sangat penting dilakukan. Hal ini berpengaruh terhadap parameter-parameter meteorologi di suatu daerah, karena merupakan siklus dengan periode waktu yang sangat kecil (3 jam-an sampai dengan harian). Penelitian sebelumnya seperti kajian curah hujan diurnal menggunakan data satelit (Juaeni, 2010), maupun menggunakan data radar (Hadi dkk., 2002; Sinatra dan Noersomadi, 2015). Namun penelitian ini menggunakan data hasil *downscaling* model CCAM untuk mengetahui apakah model sudah dapat menggambarkan siklus diurnal di suatu daerah, pada berbagai variasi musimnya. Selain itu penggunaan model atmosfer membantu dalam mempelajari dan menganalisis suatu proses-proses di atmosfer dalam kajian variabilitas diurnal.

Siklus diurnal baik suhu, curah hujan dan angin sangat intensif terjadi di daerah tropis jika dibandingkan dengan daerah subtropis (Riehl, 1954). Siklus diurnal terjadi dikarenakan adanya perbedaan kapasitas panas antara daratan dan lautan, dimana kapasitas panas lautan lebih besar jika dibandingkan daratan. Hal ini menyebabkan amplitudo suhu daratan lebih tinggi jika dibandingkan dengan lautan (Webster dkk., 1996). Karena terdapat perbedaan suhu daratan dan lautan, maka terjadi gradien tekanan yang menyebabkan adanya 2 pola pergerakan angin, yaitu angin darat dan laut. Kedua pola angin diurnal inilah yang menyebabkan perbedaan waktu terjadinya hujan, baik di daratan maupun lautan. Qian (2008) menyatakan bahwa di Benua Maritim, khususnya untuk Jawa (baik daratan maupun lautan) mempunyai ciri curah hujan diurnal yang khas, dengan curah hujan maksimum di daratan (Pulau Jawa) terjadi pada pukul 17.30 LT dan di lautan (Laut Jawa) terjadi pukul 08.30 LT.

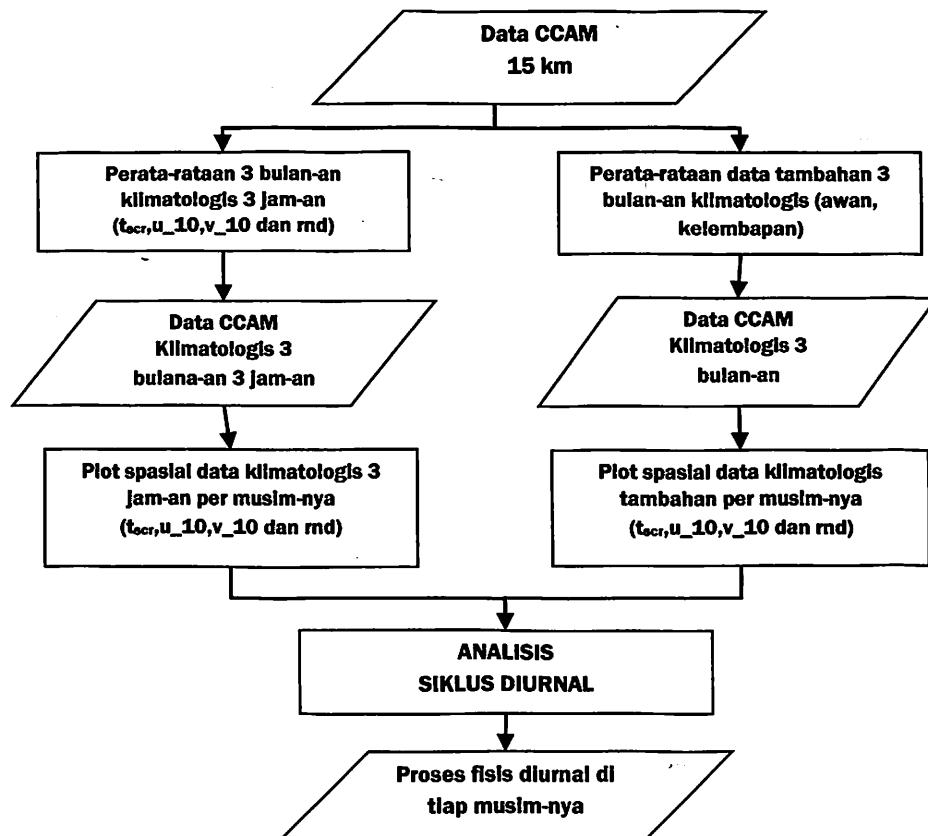
Penelitian mengenai siklus diurnal ini menggunakan data *downscaling* CCAM dengan resolusi temporal 3 jam-an. Hasil dari keluaran model CCAM (curah hujan) resolusi temporal 3 jam-an telah dikomparasikan mengguriakan data curah hujan Satelit TRMM (Satyawardhana, 2016) dengan hasil nilai curah hujan *downscaling* CCAM memiliki pola spasial dan temporal yang menyerupai curah hujan TRMM walaupun dengan nilai yang lebih rendah (*under-estimate*). Wilayah kajian pada penelitian ini yaitu Pulau Jawa, dengan batas $5,5 - 9^{\circ}$ LS dan $105^{\circ} - 115^{\circ}$ BT. Pulau Jawa yang diapit oleh Laut Jawa di bagian utara dan Samudera Hindia di bagian selatan mempunyai aktivitas diurnal yang sangat intens. Kondisi musim di Pulau Jawa sangat dipengaruhi angin monsun. Monsun dibangkitkan oleh perbedaan pemanasan antara lautan dan daratan disebabkan oleh pergerakan seru matahari, bentuk dan topografi benua, baik Benua Asia, Eropa, Afrika, Maritim, Amerika dan Australia (Li dan Yanai, 1996; Hung dkk., 2004; Chang dkk., 2005). Adapun letak strategis geografis Benua Maritim Indonesia (BMI) yaitu berada di antara area perlintasan monsun regional yakni monsun Asia-Australia. Fase kering monsun dipengaruhi oleh musim dingin yang terjadi di berbagai benua dengan massa udara di atmosfer yang bersifat dingin dan kering. Sebaliknya, fase basah dipengaruhi oleh musim panas dengan udara yang bersifat lembap (Webster dkk., 1998). Monsun Australia terjadi selama periode Juni-Juli-Agustus (JJA) mempunyai pengaruh yang kering terhadap Pulau Jawa sedangkan monsun Asia terjadi pada Desember-Januari-Februari (DJF) dan mempunyai pengaruh basah di Pulau Jawa. Dengan perbedaan ini, menarik untuk dikaji

bagaimana pengaruh monsun terhadap parameter diurnal di Pulau Jawa.

2. DATA DAN METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil *downscaling* dari data reanalisis NCEP-NCAR menggunakan CCAM. Data hasil *downscaling* CCAM ini mempunyai resolusi akhir $\pm 15\text{ km}$ dengan resolusi temporal yang digunakan adalah 3 jam-an. Ekstraksi dan penghitungan nilai klimatologis dilakukan dengan menggunakan Climate Data Operator (CDO) dan divisualisasikan menggunakan GraDs.

Data hasil *downscaling* CCAM mempunyai resolusi harian, namun di beberapa parameter mempunyai resolusi 3 jam-an, seperti, curah hujan, temperatur dan angin. Hal ini memungkinkan untuk menggambarkan kondisi diurnal untuk suatu wilayah kajian. Penelitian ini dilakukan dengan memisahkan aktivitas diurnal yang terjadi pada JJA dan DJF sehingga dapat dilakukan analisis perbedaan di antara keduanya.



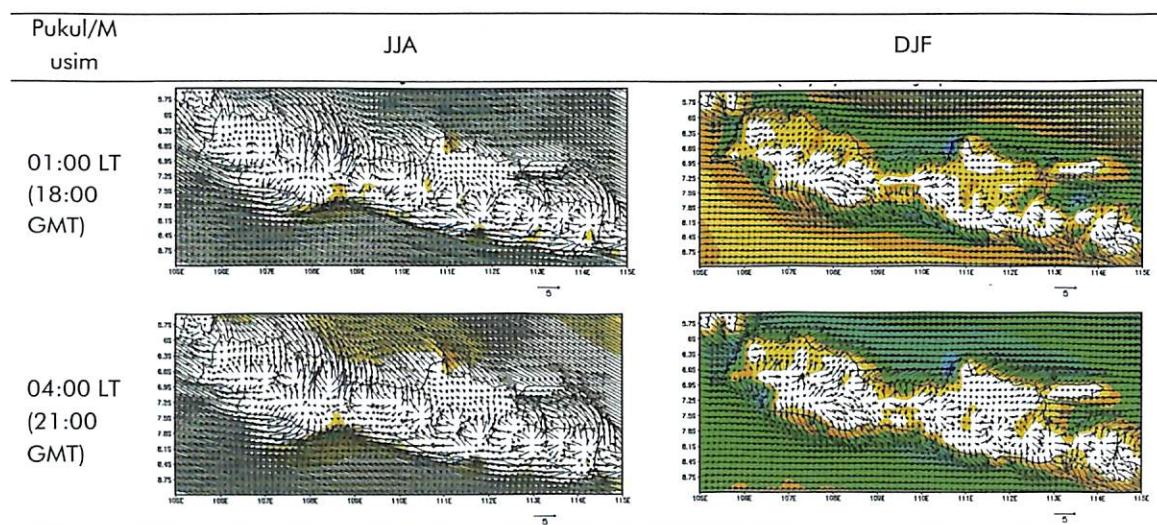
Gambar 1. Alur penelitian

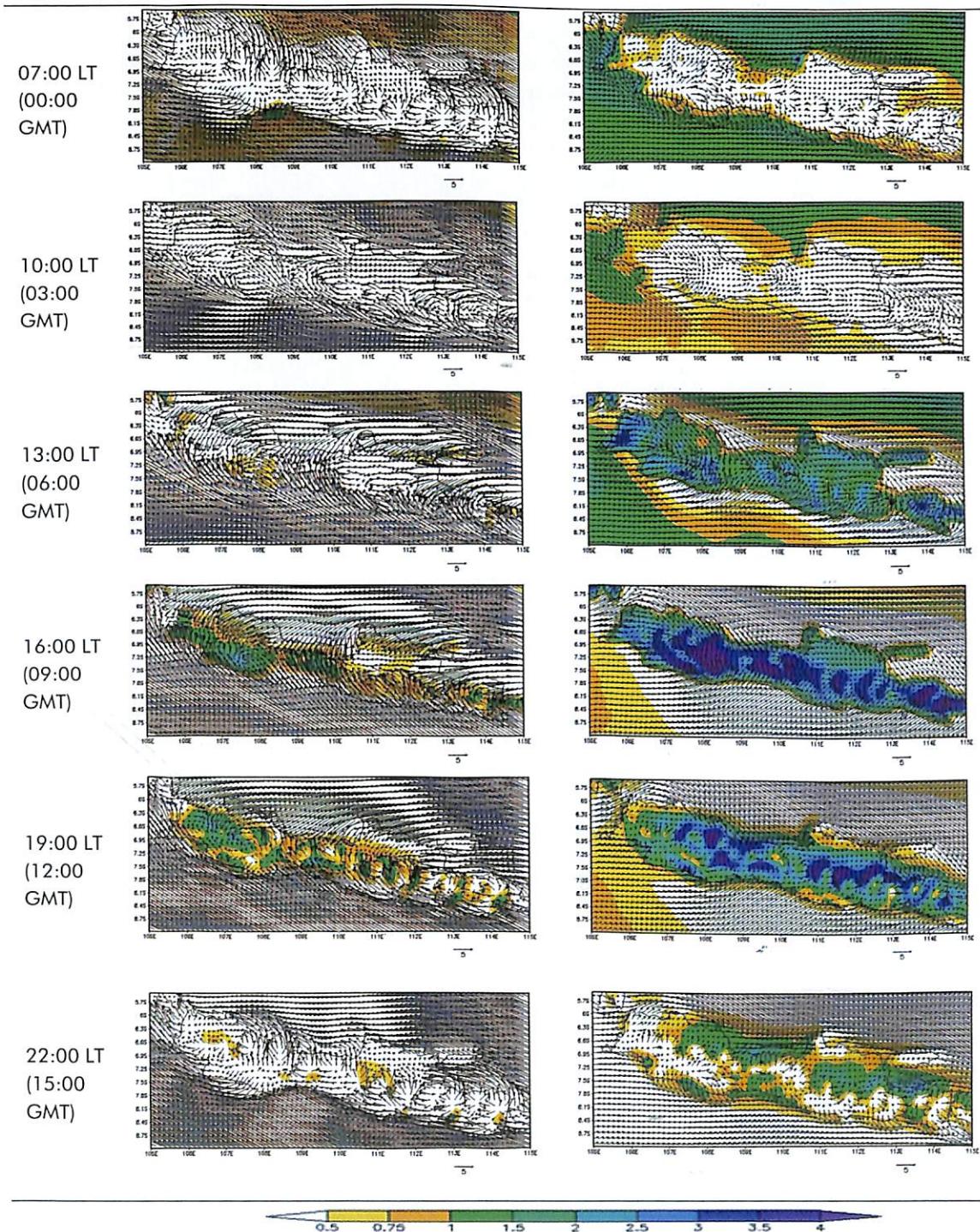
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perbedaan Curah Hujan Diurnal di Musim Hujan dan Kemarau

Variabilitas musim sangat dominan mempengaruhi siklus diurnal (angin, temperatur dan curah hujan) yang terjadi di Pulau Jawa. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan siklus diurnal yang sangat mencolok, baik pada saat musim hujan (DJF) maupun kemarau (JJA). Menurut Aldrian dan Susanto (2003), Pulau Jawa termasuk dalam wilayah dengan pola curah hujan monsunal, dimana puncak curah hujan terjadi pada saat DJF. Jika dilihat dalam temporal 3 jam-an, curah hujan baik pada saat JJA maupun DJF mempunyai pola diurnal yang hampir sama, hanya intensitas curah hujan yang memiliki perbedaan.

Gambar 2 menunjukkan siklus diurnal untuk parameter curah hujan di Pulau Jawa. Hal ini dapat dilihat dari parameter angin yang menunjukkan proses angin darat – laut yang terjadi di Pulau Jawa. Angin laut terjadi pada pukul 10:00 – 22:00 LT (03:00 – 15:00 UTC) dan mulai terjadinya angin darat adalah pada pukul 22:00 – 10:00 LT. Hal ini menyebabkan pola pergerakan curah hujan diurnal, dimana pada saat siang sampai dengan malam hari, angin laut yang masuk ke daratan baik dari arah utara maupun selatan menyebabkan konvergensi di daratan sehingga hujan terjadi di daratan. Sedangkan angin darat dimulai pada malam hari setelah 19:00 LT yang menyebabkan terjadinya divergensi di daratan. Hal ini menyebabkan curah hujan menurun dan mulai berhenti di daerah daratan, dan curah hujan di lautan mulai tampak pada pukul 01:00 LT sampai dengan pukul 07:00 LT, lalu perlahan menghilang dengan mulai munculnya angin lautan.





Gambar 2. Pola spasial komposit rataan curah hujan (mm) dan angin diurnal (m/s) JJA dan DJF untuk periode 1990 – 2010 berdasarkan data hasil downscaling CCAM

Pola curah hujan diurnal ini terjadi baik pada JJA maupun DJF, namun terdapat perbedaan intensitas curah hujan, dimana curah hujan diurnal pada JJA lebih kecil dibandingkan pada DJF. Curah hujan diurnal tertinggi terdapat pada pukul 16:00, curah hujan pada DJF lebih dari 4 mm di daratan, sedangkan pada JJA curah hujan diurnal tertinggi hanya berkisar 1- 2 mm. Hal ini menandakan bahwa siklus diurnal untuk curah hujan pada periode JJA mempunyai pola yang sama dengan DJF, tetapi magnitudonya lebih kecil.

3.2 Proses Fisis yang Terjadi di Permukaan

Suhu permukaan daratan pada malam hari sampai pagi hari (pukul 19:00 – 07:00 LT) lebih dingin jika dibandingkan dengan lautan, dan suhu daratan berbalik lebih panas dibandingkan lautan pada saat siang hari sampai dengan sore hari (pukul 10:00 – 16:00 LT). Hal ini pengaruh dari perbedaan kapasitas panas daratan dan lautan dimana pemanasan oleh radiasi matahari memanaskan daratan lebih cepat jika dibandingkan dengan lautan, namun daratan juga melepaskan panas lebih cepat dibandingkan dengan lautan sehingga pada malam hari lautan mempunyai suhu lebih tinggi jika dibandingkan dengan daratan. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya angin diurnal (laut-darat), dimana angin laut terjadi pada siang hari dan pada malam hari terjadi angin darat.

Perbedaan angin diurnal antara musim hujan (DJF) dan kemarau (JJA) di Pulau Jawa terjadi disebabkan oleh adanya perbedaan selisih antara suhu lautan dan daratan. Pada musim kemarau (JJA) terdapat selisih yang besar antara suhu daratan dan lautan terutama pada siang hari pada saat angin laut berhembus jika dibandingkan dengan musim hujan (DJF). Pada siang hari di musim kemarau suhu daratan lebih tinggi jika dibandingkan pada musim hujan. Dengan perbedaan suhu daratan-lautan yang lebih tinggi menyebabkan perbedaan tekanan yang cukup tinggi sehingga angin yang berhembus akan lebih kencang. Sebenarnya pada saat musim kemarau, suhu permukaan lautan juga lebih tinggi jika dibandingkan pada musim hujan, namun perbedaan suhu permukaan laut tidak begitu signifikan di dua musim tersebut jika dibandingkan dengan suhu permukaan daratan.

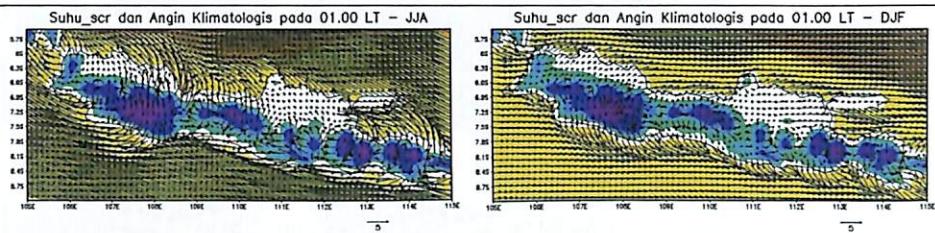
Pada Gambar 3 menjelaskan perbedaan siklus diurnal di dua musim yang ada di Pulau Jawa, yaitu musim hujan (DJF) dan kemarau (JJA). Pada Musim kemarau suhu permukaan daratan terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan DJF. Hal ini menyebabkan angin permukaan diurnal (angin darat) pada bulan JJA berhembus lebih kencang dibandingkan dengan DJF. Hal ini disebabkan oleh banyaknya tutupan awan di daratan pada DJF jika dibandingkan JJA. Gambar 4 menjelaskan perbedaan tingkat keawanan di Pulau Jawa dan sekitarnya yang cukup tinggi pada DJF dibandingkan dengan JJA. Rataan awan total pada DJF lebih tinggi jika dibandingkan dengan JJA menandakan bahwa kondisi tanpa awan lebih banyak dijumpai pada saat JJA. Hal ini dipengaruhi oleh posisi *Inter-Tropical Convergence Zone* (ITCZ) pada JJA yang berada di utara ekuator, sehingga tingkat keawanan di Pulau Jawa yang berada di selatan ekuator rendah. Sebaliknya pada saat DJF, ITCZ berada di selatan ekuator, hal ini menyebabkan pertumbuhan awan-awan konfektif di bagian selatan. Kondisi banyak awan ini berpengaruh terhadap perbedaan suhu darat-laut yang tidak terlalu tinggi sehingga menyebabkan angin diurnal (angin darat-laut) tidak begitu kencang.

Pukul/
Musim

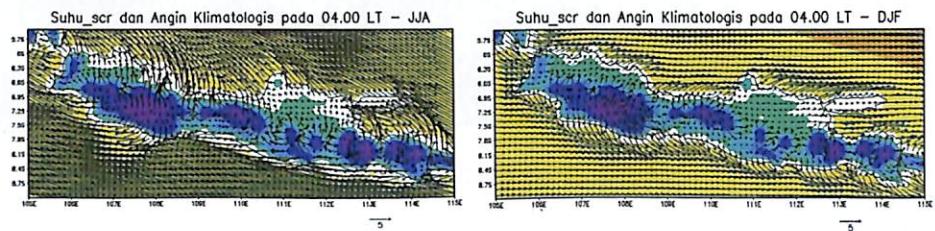
JJA

DJF

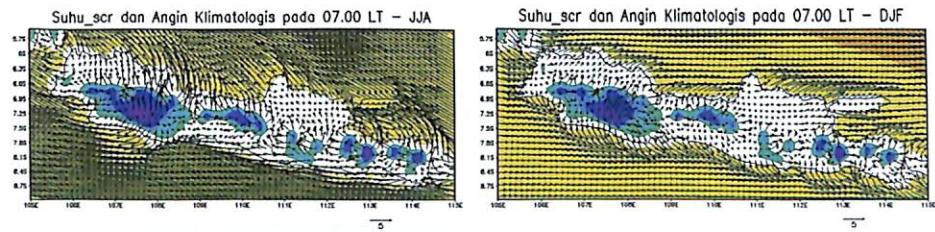
01:00 LT
(18:00
GMT)



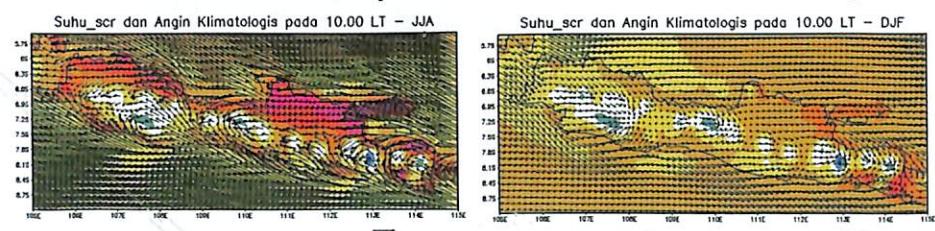
04:00 LT
(21:00
GMT)



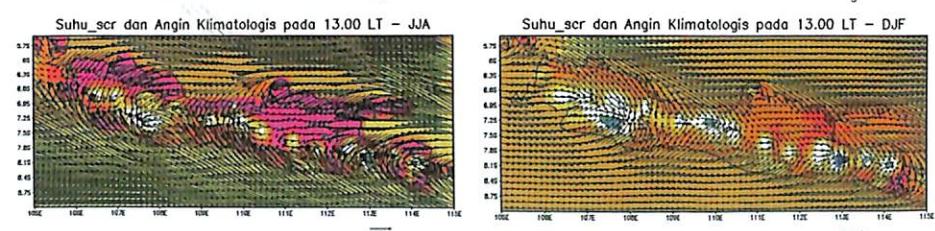
07:00 LT
(00:00
GMT)



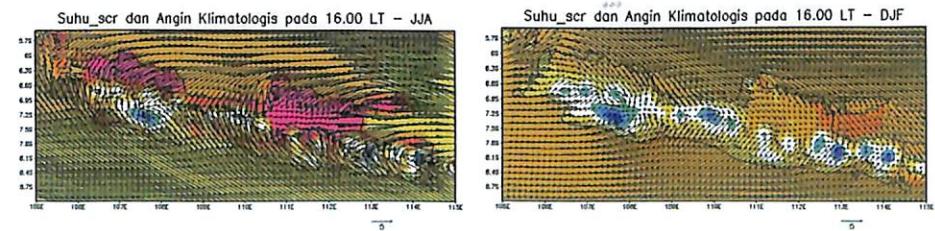
10:00 LT
(03:00
GMT)

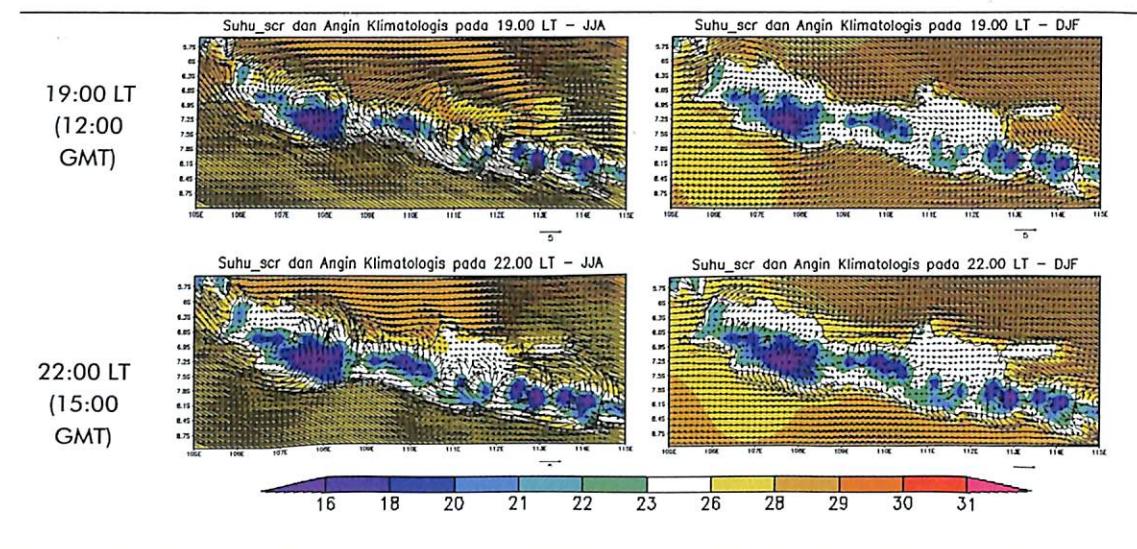


13:00 LT
(06:00
GMT)

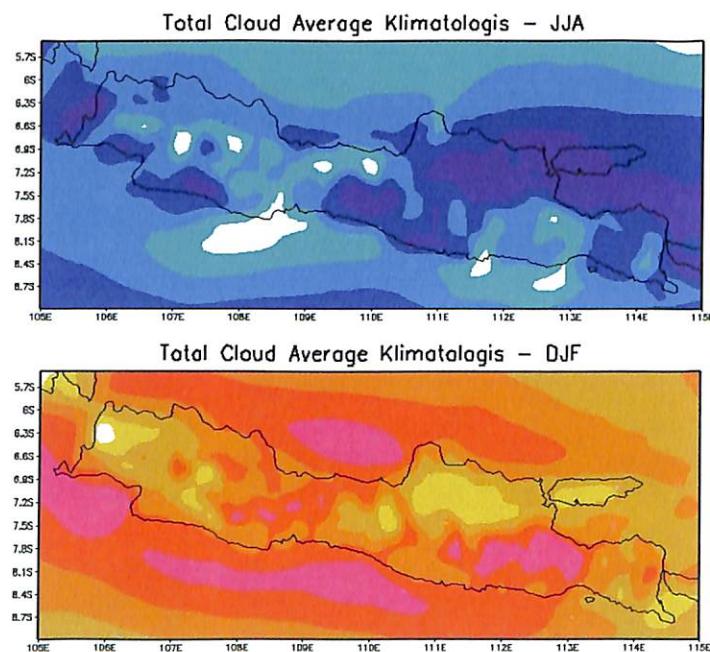


16:00 LT
(09:00
GMT)



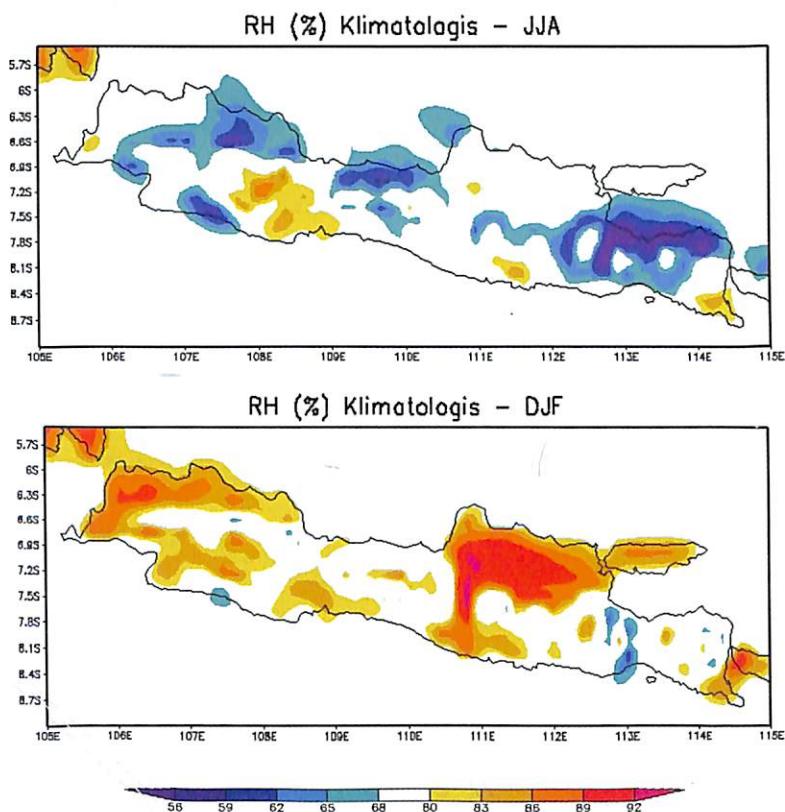


Gambar 3. Pola spasial komposit suhu permukaan ($^{\circ}\text{C}$) dan angin diurnal (m/s) pada JJA dan DJF untuk periode 1990 – 2010 berdasarkan data hasil downscaling CCAM



Gambar 4. Pola spasial Rataan Awan Total (awan tinggi + menengah + rendah) pada JJA (atas) dan DJF (bawah) untuk periode 1990 – 2010 berdasarkan data hasil downscaling CCAM

Selain itu, pada DJF monsun Asia yang banyak membawa uap air juga memiliki pengaruh terhadap tingginya curah hujan, tingkat keawanan dan kelembapan di Pulau Jawa. Kondisi uap air diperlihatkan menggunakan parameter kelembapan relatif (RH) hasil *downscaling* CCAM pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola spasial kelembapan relatif (%) pada JJA (atas) dan DJF (bawah) untuk periode 1990 – 2010 berdasarkan data hasil *downscaling* CCAM

Suhu permukaan di lautan pada malam hari hingga pagi hari (19:00 – 07:00 LT) baik pada JJA maupun DJF lebih panas dibandingkan di daratan, hal ini menyebabkan adanya angin darat seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Namun terdapat perbedaan suhu permukaan daratan pada siang hari sampai dengan sore hari, di mana pada JJA suhu permukaan daratan memanas lebih cepat, lama dan lebih tinggi jika dibandingkan dengan DJF. Hal ini menyebabkan pada siang hari angin diurnal pada JJA lebih kencang berhembus jika dibandingkan dengan DJF. Namun angin diurnal yang lebih kencang pada JJA tidak diiringi oleh uap air yang cukup (Gambar 5), sehingga pada JJA, konvergensi angin terjadi, namun karena uap air yang tersedia tidak mencukupi, maka tingkat keawanan total menjadi rendah dan mengakibatkan curah hujan yang terjadi pada bulan JJA menjadi

lebih rendah dibandingkan dengan DJF. Hal ini sesuai dengan penelitian Hadi dkk. (2002) dengan menggunakan data radar untuk mendeteksi siklus diurnal di Jakarta.

4. KESIMPULAN

Aktivitas diurnal yang terjadi di Pulau Jawa sangat berbeda pada setiap musimnya. Pada periode JJA, curah hujan diurnal jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan periode DJF. Curah hujan diurnal tertinggi terdapat pada pukul 16:00, pada DJF dengan kisaran lebih dari 4 mm di daratan, sedangkan pada JJA curah hujan diurnal tertinggi hanya berkisar 1- 2 mm. Curah hujan yang tinggi pada periode DJF dihasilkan dari uap air yang tinggi yang dibawa oleh monsun Asia di atas Pulau Jawa sehingga menghasilkan banyaknya awan selama periode ini. Meskipun begitu, untuk parameter angin, aktivitas diurnal angin lebih intens terjadi pada saat JJA jika dibandingkan dengan DJF. Hal ini dipengaruhi oleh adanya perbedaan suhu permukaan yang lebih tinggi antar daratan dan lautan pada periode JJA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim reviewer, yang telah mendukung dan memberikan masukan konstruktif kepada Penulis demi perbaikan teknis maupun substansif terhadap makalah ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada LAPAN atas fasilitas yang diberikan sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. and Susanto, R. D. (2003). Identification of Three Dominant Rainfall Region Within Indonesia And Their Relationship to Sea Surface Temperature. *International Journal of Climatology* 23). 1435–1452. Wiley InterScience. DOI). 10.1002/joc.950
- Chang, C. P., Z. Wang, J. McBride, and C.-H. Liu, (2005). Annual cycle of Southeast Asia–Maritime Continent Rainfall and Asymmetric Monsoon Transition. *Journal of Climate*, 18, 287–301.
- Hadi, Tri W., T. Horinouchi, T. Tsuda, H. Hashiguchi, and S. Fukao. (2002). Sea-Breeze Circulation over Jakarta, Indonesia). A Climatology Based on Boundary Layer Radar Observations. *Mon. Wea. Rev.*, 130, 2153–2166, doi). <http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493> (2002)
- Hung, C.-W., X. Liu, and M. Yanai (2004). Symmetry and asymmetry of the Asian and Australian summer monsoons. *Journal of Climate*, 17, 2413–2426.
- 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.
- Li, C., and M. Yanai (1996). The onset and interannual variability of the Asian summer monsoon in relation to land–sea thermal contrast. *Journal Climate*, 9, 358–375.
- Qian, J. H. (2008). Why precipitation is mostly concentrated over islands in the Maritime Continent. *Journal of Atmospheric Science*, 65, 1428–1441.
- Riehl, H. (1954). *Tropical Meteorology*. McGraw-Hill, 392 pp.
- Satyawardhana, H. (2016). Analisis Pola Spatio-Temporal Dan Komparasi Hasil *Downscaling CCAM*(*Conformal Cubic Atmospheric Model*) Untuk Parameter Curah Hujan 3 Jam-an. Prosiding

- Seminar Nasional Sains Atmosfer – LAPAN Bandung, hal 70 -81. ISBN). 976-602-6465-05-4
- Sinatra, T. dan Noersomadi (2015). Pemanfaatan Transportable Radar Cuaca Doppler X-Band Untuk Pengamatan Awan. Berita Dirgantara LAPAN, Vol. 16 No. 2 Desember 2015
- Webster P. J., V. O. Magaña, T. N. Palmer, J. Shukla, R. A. Tomas, M. Yanai and T. Yasunari (1998). Monsoons). processes, predictability, and the prospects for prediction. *Journal of Geophysical Research* 103(C7). 14 451–14 510.
- Webster, P.J., C.A. Clayson, and J.A. Curry (1996). Clouds, Radiation, and the Diurnal Cycle of Sea Surface Temperature in the Tropical Western Pacific. *J. Climate*, 9, 1712–1730, doi). 10.1175/1520-0442(1996)009