

# **KARAKTERISTIK SPASIAL CURAH HUJAN BULANAN WILAYAH INDONESIA BERBASIS DATA SATELIT GMS/MTSAT-1R**

**Lely Qodrita Avia, Agung Haryantodan Teguh Harjana**

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer - LAPAN

Jl. Dr. Junjuran 133, Bandung 40173

email: qodrita@yahoo.com

## **ABSTRACT**

*Rainfall is one of the most important climate variables in Indonesia because it affects many sectors, especially agriculture, forestry, transportation, which will ultimately impact on the economic sector. This study was conducted to estimate rainfall from satellite data and obtain information GMS/MTSAT-1R characteristics of Indonesian rainfall spatially based on satellite data. The main data used are the GMS/MTSAT-1R satellite data for 1995-2009 period. The methodology in this study to estimate rainfall 6-hourly resolution is done by using the data from the satellite channels IR1. Furthermore, the rainfall estimate data accumulated into daily and monthly data. To determine the characteristics of rainfall over Indonesia has done data processing monthly average during the study period. The results of this study have been derived rainfall estimates based on satellite data that converting the spatial characteristics of rainfall over Indonesia for 14 years . In general seem that the peak of the rainy season occurs in December in the range of values of 400 to 450 mm per month. While the peak of the dry season generally occurs in August where most of Indonesia received rainfall less than 100 mm per month*

*Keywords: characteristics, rainfall, GMS/MTSAT-1R satellite*

## **ABSTRAK**

Curah hujan merupakan salah satu variabel iklim terpenting di Indonesia karena sangat mempengaruhi berbagai sektor kehidupan terutama pertanian, kehutanan, transportasi, yang akhirnya akan berdampak pada sektor ekonomi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk melakukan estimasi curah hujan dari data satelit GMS/MTSAT-1R dan memperoleh informasi karakteristik curah hujan Indonesia secara spasial berbasis data satelit. Data utama yang digunakan adalah data satelit GMS/MTSAT-1R selama periode 1995-2009. Metodologi penelitian untuk estimasi curah hujan resolusi 6 jam-an dilakukan dengan

memanfaatkan data kanal IR1 dari satelit tersebut. Selanjutnya data estimasi curah hujan tersebut diakumulasikan menjadi data harian dan bulanan. Untuk mengetahui karakteristik curah hujan wilayah Indonesia telah dilakukan pengolahan data rata-rata bulanan selama periode penelitian tersebut. Hasil penelitian ini diperoleh data estimasi curah hujan berbasis data satelit yang menunjukkan karakteristik spasial curah hujan wilayah Indonesia selama 14 tahun tersebut. Pada umumnya tampak puncak musim hujan terjadi yaitu bulan Desember mencapai kisaran nilai 400 sampai 450 mm per-bulan. Sedangkan puncak musim kemarau umumnya terjadi pada bulan Agustus dimana sebagian besar Indonesia mendapat curah hujan kurang dari 100 mm per-bulan.

Kata kunci: karakteristik, curah hujan, satelit GMS/MTSAT-1R

## **1. PENDAHULUAN**

Sirkulasi umum dari atmosfer yang disebabkan oleh pemanasan yang tidak merata pada seluruh permukaan bumi, adalah kekuatan pendorong di belakang cuaca dan iklim yang terjadi di bumi. Cuaca yang terjadi di bumi ini sangat dipengaruhi oleh pengendali cuaca dan iklim yang saling berinteraksi dan tidak sepenuhnya dapat diprediksi. Tingkat akurasi mencapai atau mendekati seratus persen dalam prediksi iklim adalah sesuatu yang sangat sulit dicapai, hal ini disebabkan karena sistem iklim di bumi merupakan sistem yang sangat kompleks.

Curah hujan merupakan salah satu variabel iklim terpenting di Indonesia karena sangat mempengaruhi berbagai sektor kehidupan terutama pertanian, kehutanan, transportasi, yang dampak akhirnya akan mempengaruhi sektor ekonomi. Data curah hujan maupun stasiun pengamatan curah hujan observasi permukaan di wilayah Indonesia jumlahnya sangat terbatas. Oleh karena itu data satelit GMS/MTSAT-1R yang merupakan data grid dan dapat meliputi wilayah yang luas dijadikan sebagai data utama pada penelitian ini.

Beberapa peneliti telah melakukan kajian tentang kondisi iklim Indonesia diantaranya Boerema (1933) yang mengemukakan bahwa secara umum di wilayah Indonesia memiliki tiga pola hujan yaitu monsun, ekuatorial dan lokal. Pada pola monsun puncak musim hujan terjadi sekitar bulan Desember/Januari, pola ekuatorial terdapat dua puncak musim hujan yaitu sekitar

Maret dan Oktober dan pola lokal memiliki puncak musim hujan sekitar bulan Juli/Agustus. Sedangkan Thornthwaite (1933) menyatakan bahwa tujuan klasifikasi iklim adalah menentukan pembagian ringkas jenis iklim ditinjau dari segi unsur yang benar-benar aktif terutama curah hujan dan suhu. Klasifikasi iklim ini sangat berguna untuk perencanaan wilayah khususnya mengoptimalkan pengelolaan sumber daya pertanian dan kehutanan. Aldrian dan Susanto (2003), telah melakukan identifikasi tiga daerah hujan dominan di Indonesia dan hubungannya dengan suhu permukaan laut.

Dalam situasi perubahan iklim global yang tampak nyata telah mengakibatkan perubahan intensitas curah hujan di beberapa wilayah. Namun keterbatasan data dari stasiun hujan yang ada di wilayah Indonesia menjadikan data-data satelit sebagai alternatif data untuk penelitian spasial wilayah Indonesia menjadi berkembang. Di sisi lain penelitian tentang karakteristik spasial curah hujan di wilayah Indonesia sesungguhnya sangat menarik dan masih sangat perlu untuk dikaji lebih komprehensif.

Satelit GMS/MTSAT-1R digunakan pada penelitian ini karena memiliki resolusi temporal dan resolusi spasial yang tinggi dimana resolusi temporal jam-an sedangkan resolusi spasial 0,05 x 0,05 derajat lintang bujur. Penelitian ini juga dilakukan dalam upaya peningkatan kapasitas Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN sebagai lembaga penelitian dengan salah satu kompetensinya pemanfaatan data satelit terkait sains atmosfer dan variabilitas iklim.

Pada umumnya metode estimasi curah hujan berbasis data satelit geostasioner menggunakan asumsi bahwa suhu puncak awan yang dingin berkaitan erat dengan awan hujan cumulonimbus. Suhu puncak awan ini direpresentasikan oleh nilai Tbb dari data kanal IR1 satelit GMS/MTSAT-1R. Semakin dingin suhu puncak awan (Tbb lebih dingin dari suhu threshold /  $T_c$ ) semakin besar potensi akan menghasilkan curah hujan yang lebih tinggi di permukaan. Curah hujan yang tinggi selalu terkait dengan suhu rendah, namun tidak berlaku pernyataan sebaliknya karena suhu rendah tidak selalu berarti curah hujan tinggi (Negri dan Adler, 1987).

Hasil verifikasi estimasi curah hujan dari satelit MTSAT-1R terhadap data curah hujan observasi permukaan yang telah

dilakukan oleh Harjana (2007) untuk lokasi Serpong tersebut dengan menggunakan suhu threshold awan hujan sebesar 220K tersebut diperoleh nilai koefisien korelasi untuk tiga resolusi waktu yaitu akumulasi 6 jam sebesar 0,62, akumulasi 12 jam sebesar 0,67 dan akumulasi 24 jam sebesar 0,79. Penelitian ini merupakan lanjutan dan pengembangan dari penelitian estimasi awal perlokasi (data titik) menjadi estimasi yang lebih luas meliputi wilayah Indonesia secara spasial (data grid) dan untuk resolusi waktu yang berbeda yaitu bulanan. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah melakukan estimasi curah hujan dari data satelit GMS/MTSAT-1R dan mengetahui karakteristik curah hujan wilayah Indonesia secara spasial yang diharapkan dapat memberikan informasi variabilitas iklim Indonesia berbasis data satelit.

Pada analisis karakteristik spasial curah hujan bulanan wilayah Indonesia ini juga dikaitkan dengan karakteristik pola angin dan perawanan yang terjadi di wilayah Indonesia. OLR (Outgoing Longwave Radiation) adalah komponen penting dari kesetimbangan radiasi bumi dan mewakili total radiasi ke ruang angkasa yang dipancarkan oleh sistem bumi-atmosfer (Susskind et al., 2011). OLR bisa diamati dari satelit yang diukur dalam satuan watts per meter ( $Wm^{-2}$ ). Nilai OLR pada puncak atmosfer bumi tersebut merupakan fungsi dari jumlah awan dan suhu permukaan awan, yang mana keduanya berhubungan dengan curah hujan. Sering terjadi dengan cakupan yang luas dari awan tinggi dengan puncak awan yang dingin menandakan curah hujan konvektif (Arkin dan Xie 1994). Penelitian tentang analisis hubungan OLR dengan curah hujan dan kelembaban di daerah Pasifik Tropis telah dilakukan Morrissey (1986) dimana tampak adanya korelasi negatif antara OLR dan curah hujan.

## **2. DATA DAN METODOLOGI**

Sebagai data utama pada penelitian ini digunakan data kanal inframerah IR1 yang memiliki panjang gelombang sekitar 10,3 – 11,3 $\mu$ m dari satelit GMS/MTSAT-1R yang diperoleh dari situs <http://weather.is.kochi-u.ac.jp>. Data tersebut merupakan data digit terdiri dari 10 bit (0 - 1024) (Shimizu, 2013), namun untuk menghemat memory space dibuat menjadi 8 bit (0 - 255). Data satelit GMS/MTSAT-1R ini meliputi wilayah 20°LU sampai

70°LS dan 70°BT sampai 160°BT yang terdiri dari data grid dengan resolusi spasial 0,05° x 0,05° lintang-bujur.

Batasan yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk estimasi curah hujan grid dengan resolusi spasial 0,25° x 0,25° lintang-bujur (ukuran piksel 5x5), batasan wilayah penelitian adalah sekitar wilayah Indonesia yang meliputi 12°LU sampai 12°LS dan 90°BT sampai 145°BT. Sedangkan batasan periode data yang diolah pada penelitian ini adalah dari September 1995 sampai Juni 2009 (sekitar 14 tahun).

Metodologi penelitian adalah pertama melakukan konversi data nilai pixel menjadi nilai *Tbb* (*black body temperature*) berdasarkan tabel kalibrasinya. Setelah itu melakukan perhitungan liputan awan dingin. Liputan awan dingin (*Fractional cold clouds coverage/ FC*) adalah prosentase banyaknya piksel awan dengan suhu yang kurang atau sama dengan 220 K terhadap total piksel dalam suatu luasan/grid tertentu. Liputan awan dingin tersebut dirumuskan menurut persamaan (1) dan (2) berikut :

$$FC = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i \dots\dots\dots(1)$$

dan

$$f_i = \begin{cases} 1, & \text{if } Tbb_i \leq T_c \\ 0, & \text{if } Tbb_i > T_c \end{cases} \dots\dots\dots(2)$$

dimana *Tbb* adalah nilai *Tbb* ke-*i* dari piksel, *T<sub>c</sub>* adalah nilai suhu threshold, *N* adalah jumlah piksel di daerah grid. Pada penelitian ini *suhu threshold* (*T<sub>c</sub>*) digunakan nilai 220 K karena peluang terjadi hujan bila suhu puncak awan awan kurang dari 220K dengan ukuran grid tersebut adalah sebesar 80% (Harjana, 2007).

Selanjutnya melakukan perhitungan estimasi curah hujan untuk periode 6 jam-an dengan mengacu pada metode yang dikemukakan oleh Harjana (2007), yang secara matematis dapat ditulis seperti pada persamaan (3) berikut

$$R_{est} = 293.037 \times FC_{220} - 1.363 \times FC_{220} \times Tbb_{min} \dots\dots\dots(3)$$

dimana *R<sub>est</sub>* adalah curah hujan terestimasi untuk 6 jam akumulasi (mm), *FC<sub>220</sub>* adalah rata-rata liputan awan pada suhu

220 K selama 6 jam tersebut, dan  $T_{bb_{min}}$  adalah minimum suhu puncak awan ( $T_{bb}$ ) selama 6 jam tersebut.

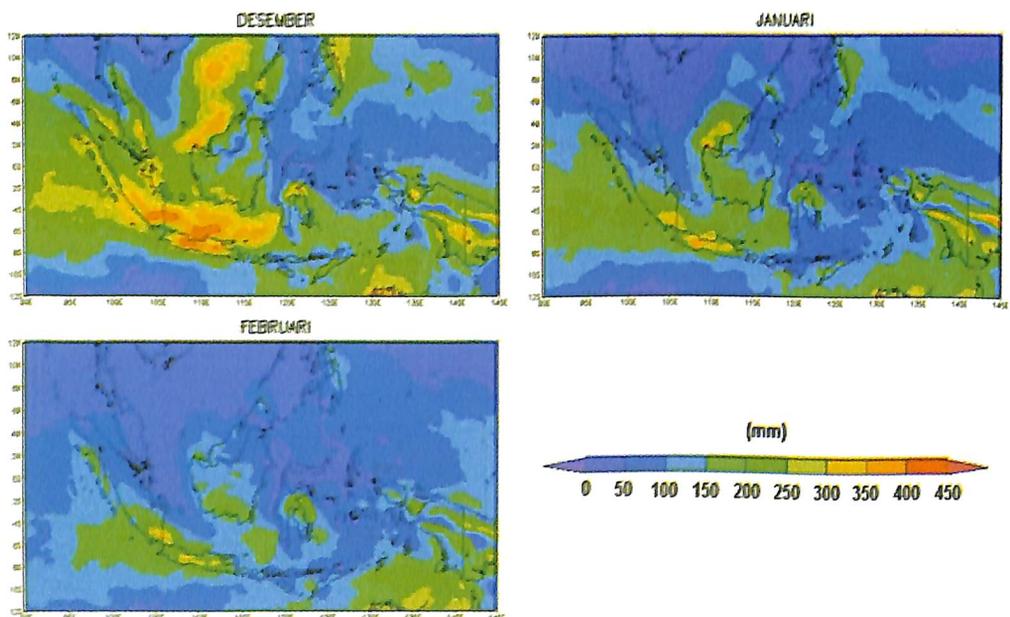
Dari data estimasi curah hujan 6 jam-an tersebut dilanjutkan dengan pengolahan data akumulasi harian dan akumulasi bulanan. Kemudian dilakukan perhitungan rata-rata bulanan curah hujan wilayah Indonesia selama periode penelitian. Selanjutnya dilakukan interpretasi dan analisis karakteristik spasial curah hujan di wilayah Indonesia berdasarkan hasil yang diperoleh.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil

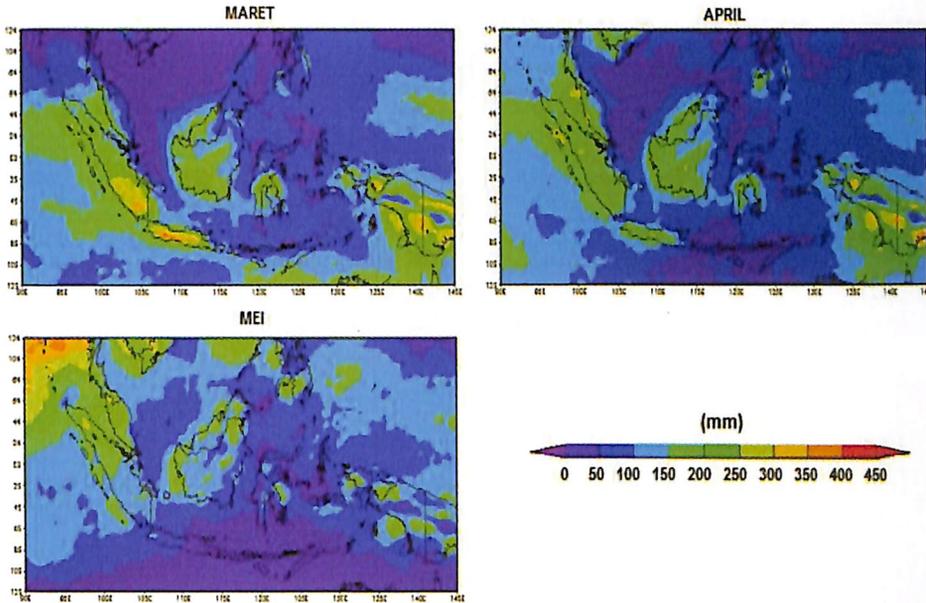
Berdasarkan hasil pengolahan data estimasi curah hujan dari satelit *GMS/MTSAT-1R* yang dilakukan pada penelitian ini telah diperoleh hasil gambaran karakteristik spasial curah hujan wilayah Indonesia yang dikelompokkan menjadi empat periode berdasarkan musim hujan dan kemarau serta peralihan I dan II..

Hasil yang diperoleh menunjukkan karakteristik spasial curah hujan selama periode musim hujan (DJF/ Desember, Januari, Februari) sebagaimana yang tampak pada Gambar 3.1.



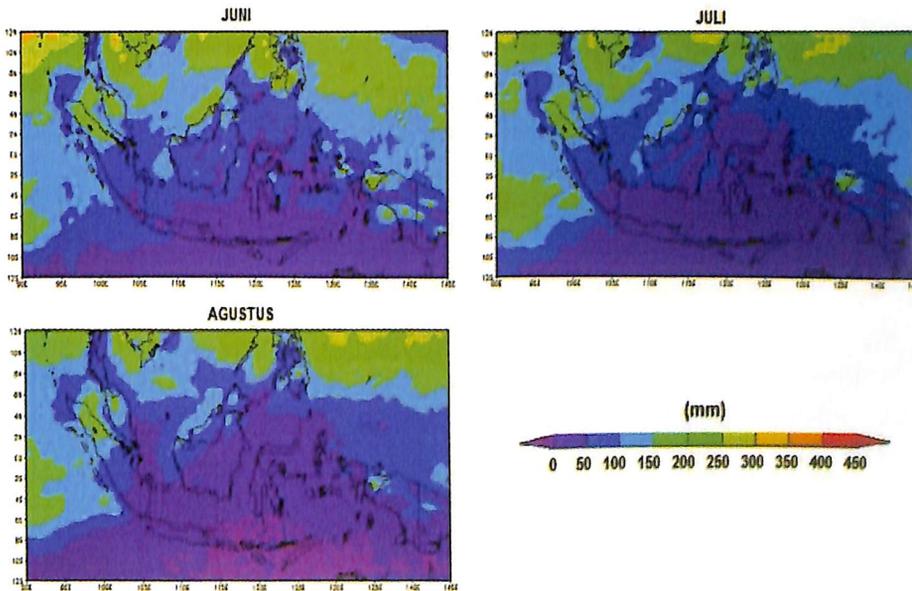
**Gambar 3.1** Karakteristik curah hujan selama periode DJF

Diperoleh hasil karakteristik spasial curah hujan selama periode peralihan I (MAM/ Maret, April, Mei), seperti yang tampak pada Gambar 3.2.



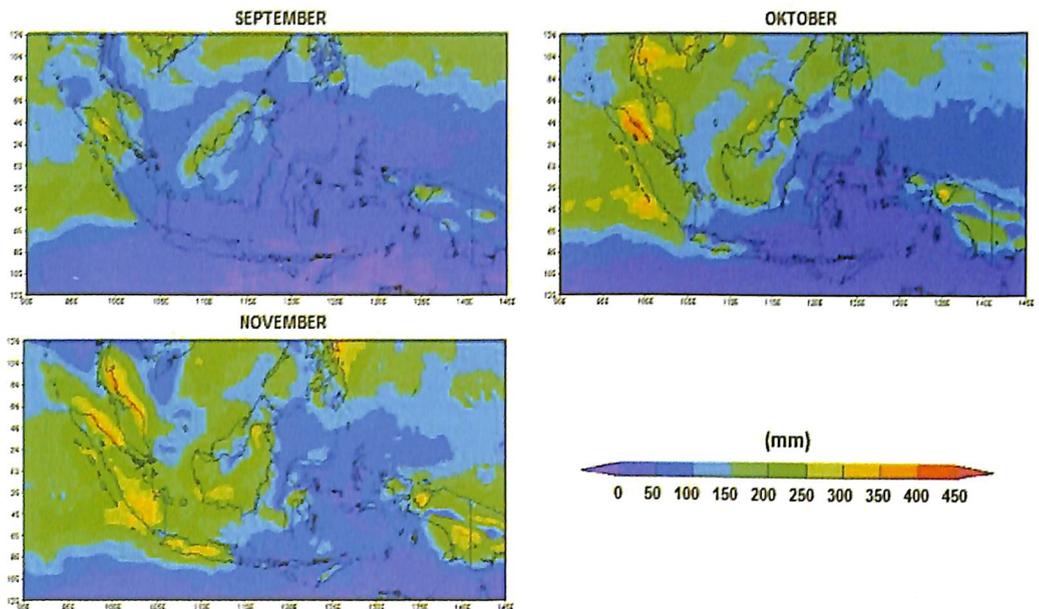
**Gambar 3.2** Karakteristik spasial curah hujan periode MAM

Selanjutnya juga telah diperoleh hasil yang menunjukkan karakteristik spasial curah hujan selama periode musim kemarau (JJA/ Juni, Juli, Agustus), yang ditunjukkan oleh Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Karakteristik spasial curah hujan periode JJA

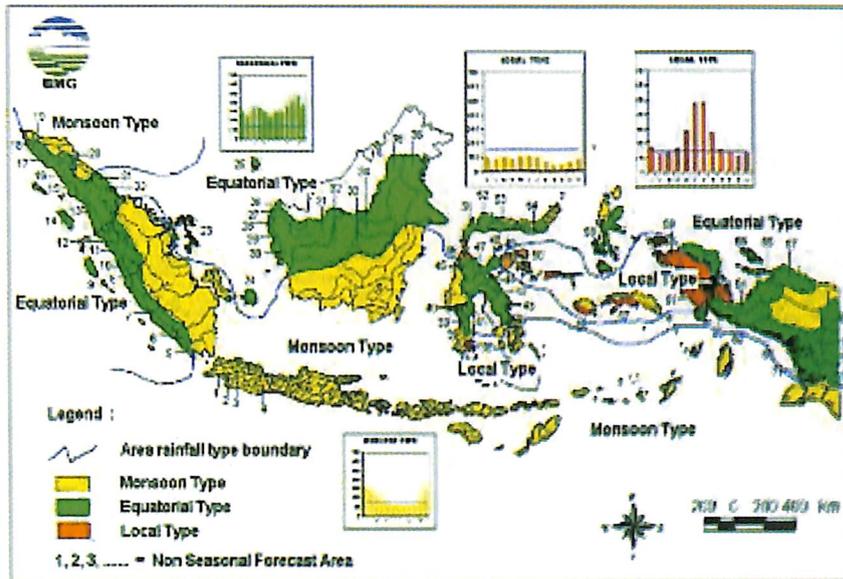
Sedangkan Gambar 3.4 merupakan hasil yang menunjukkan karakteristik spasial curah hujan selama periode peralihan II (SON/ September, Oktober, November).



**Gambar 3.4** Karakteristik spasial curah hujan periode SON

### 3.2 Pembahasan

Berdasarkan data curah hujan observasi permukaan BMKG telah mengemukakan tiga pola hujan yang terjadi di wilayah Indonesia yaitu pola monsunal, pola ekuatorial dan pola lokal seperti yang tampak pada Gambar 3.5. Daerah dengan pola hujan monsunal (berwarna kuning pada peta) tampak meliputi pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara, umumnya daerah bagian barat pulau Sumatera, bagian selatan Kalimantan, Sebagian kecil daerah di Sulawesi yaitu bagian utara, barat dan selatan, Sebagian Maluku, serta bagian timur dan selatan Papua. Sedangkan daerah dengan pola hujan lokal (berwarna merah pada peta) tampak terjadi di sebagian kecil daerah Sulawesi Selatan, sebagian daerah Maluku dan sebagian daerah di Papua. Adapun daerah lainnya (berwarna hijau pada peta) merupakan daerah dengan pola hujan ekuatorial yang tampak memiliki dua puncak hujan dalam setahun.



**Gambar 3.5** Pola umum hujan bulanan di Indonesia periode 1971-2000 (Sumber : BMKG)

### 3.2.1 Karakteristik Spasial Curah Hujan Periode DJF

Berdasarkan hasil penelitian ini tampak pada Gambar 3.1 bahwa karakteristik spasial curah hujan pada umumnya periode DJF ini merupakan periode berlangsungnya musim hujan di sebagian besar wilayah Indonesia dimana curah hujan yang terjadi berkisar antara 250 mm sampai 400 mm per-bulan kecuali pada daerah pola hujan lokal (Sulawesi Utara, dan Maluku) yang tampak kering dimana curah hujan kurang dari 150 mm pada periode ini. Hal ini jelas menunjukkan dominannya pengaruh monsun Asia di bagian barat Indonesia. Webster (1987) mengemukakan bahwa pada musim ini aktifitas angin barat yang bertiup dari BBU yang tekanan udaranya lebih tinggi bergerak dengan membawa uap air menuju ke BBS yang bertekanan udara lebih rendah. Angin timur laut yang bergerak dari Benua Asia setelah memasuki daerah khatulistiwa arahnya dibelokkan menjadi angin barat laut.

Pengaruh kondisi regional ini menyebabkan terjadi peningkatan intensitas curah hujan hampir di seluruh wilayah Indonesia. Pada Gambar 3.1 tersebut juga terlihat umumnya di wilayah Indonesia karakteristik puncak musim hujan terjadi pada bulan Desember, terutama pada daerah pola hujan monsun

(Jawa dan bagian selatan Sumatera) tampak curah hujan paling tinggi terjadi yaitu sekitar 400 mm sampai 450 mm. Selain itu juga telah diketahui bahwa pada periode ini adanya pergerakan sabuk ITCZ (*Intertropical Convergence Zone*) diatas wilayah Indonesia. ITCZ merupakan daerah yang bertekanan rendah dengan potensi pertumbuhan awan konvektif yang tinggi dengan membawa uap air yang hangat dari sekitar ekuator sehingga akan meningkatkan curah hujan di wilayah Indonesia.

### **3.2.2 Karakteristik Spasial Curah Hujan Periode MAM**

Karakteristik spasial curah hujan pada periode peralihan I yaitu peralihan dari musim hujan menuju kemarau tampak secara keseluruhan pola curah hujan yang masih mirip dengan periode DJF tetapi intensitas curah hujan yang lebih rendah. Untuk daerah pola hujan monsunial tampak terjadi pengurangan curah hujan. Namun sebaliknya untuk daerah ekuatorial terutama di Sumatera bagian utara dan sebagian Papua tampak adanya peningkatan intensitas curah hujan yaitu berkisar antara 150 mm sampai 250 mm per-bulan seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.

### **3.2.3 Karakteristik Spasial Curah Hujan Periode JJA**

Pada Gambar 3.3 tampak karakteristik spasial curah hujan selama periode JJA menunjukkan pada umumnya di seluruh wilayah Indonesia merupakan periode berlangsungnya musim kemarau dimana tampak terjadi penurunan intensitas curah hujan yang sangat signifikan dari bulan Juni, Juli dan Agustus dan terdapat pola curah hujan di wilayah Indonesia bagian selatan lebih kecil dari pada bagian utara. Hal ini tampak sama dengan apa yang dikemukakan Webster (1987) yang menunjukkan adanya pengaruh monsun Australia yang dominan dimana terjadi akibat pengaruh gerakan semu matahari yang menuju Belahan Bumi Utara (BBU), sehingga aktifitas angin timur yang bertiup dari Belahan Bumi Selatan (BBS) yang tekanan udaranya lebih tinggi bergerak dengan membawa udara kering menuju ke BBU yang bertekanan udara lebih rendah. Angin tenggara yang bergerak dari Benua Australia setelah memasuki daerah khatulistiwa arahnya dibelokkan menjadi angin barat daya. Karakteristik spasial curah hujan tampak kurang dari

100 mm per-bulan, kecuali di bagian utara Sumatera yang merupakan pola hujan equatorial tampak lebih tinggi yaitu antara kisaran 100 mm sampai 200 mm. Terlihat dari Gambar 3.3 tersebut bahwa karakteristik spasial kondisi paling kering merupakan puncak musim kemarau di wilayah Indonesia umumnya terjadi pada bulan Agustus dimana umumnya intensitas curah hujan kurang dari 100 mm, kecuali di bagian utara Sumatera.

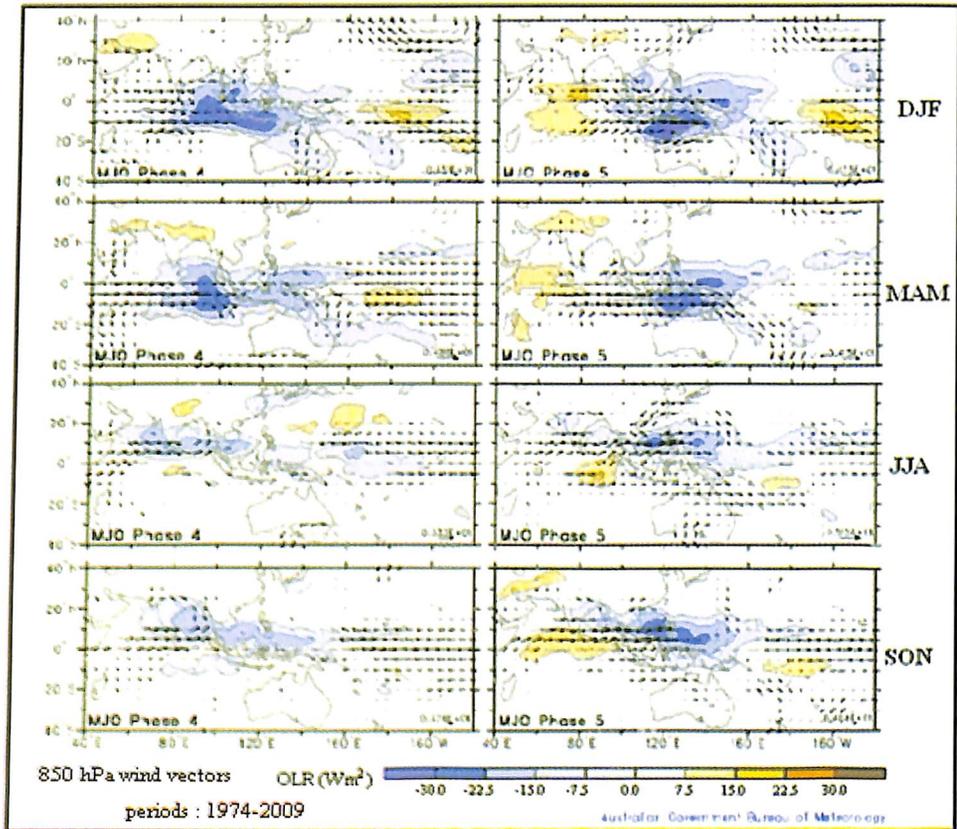
### **3.2.4 Karakteristik Spasial Curah Hujan Periode SON**

Hasil penelitian untuk periode SON seperti yang tampak pada Gambar 3.4 menunjukkan karakteristik spasial curah hujan pada periode peralihan II yaitu peralihan dari musim kemarau menuju musim hujan dimana tampak dari bulan Oktober ke November intensitas curah hujan secara berangsur-angsur mulai semakin besar. Hasil penelitian menunjukkan untuk daerah pola hujan ekuatorial terutama Sumatera bagian utara memiliki curah hujan yang cukup besar yaitu sekitar 300 mm sampai 400 mm sebagaimana yang tampak untuk bulan Oktober pada Gambar 3.4 tersebut.

### **3.2.5 Keterkaitan Distribusi Curah Hujan dengan pola angin dan *Outgoing Longwave Radiation (OLR)***

Karakteristik curah hujan yang terjadi di wilayah Indonesia tampak sangat dipengaruhi oleh pola angin dan tingkat perawanan yang terbentuk diatas wilayah Indonesia. Gambar 3.6 merupakan vektor angin 850 hPa dan OLR rata-rata selama periode 1974-2009 yang dapat menunjukkan karakteristiknya diatas wilayah Indonesia selama periode DJF, MAM, JJA dan SON. Tampak dari Gambar 3.6 tersebut pola angin selama periode DJF yang membentuk daerah pertemuan (konvergensi). Hal ini mendukung banyaknya pengangkatan massa udara, sehingga meningkatkan pertumbuhan awan-awan konvektif yang berpotensi menyebabkan hujan lebat. Demikian juga halnya dengan kondisi OLR yang secara umum tampak rendah di wilayah Indonesia. Kondisi ini ditunjukkan oleh nilai OLR yang kecil atau negatif yang menggambarkan karakteristik kurang dari kondisi rata-ratanya. Hal ini menyebabkan banyaknya tutupan awan konvektif yang tebal di atas wilayah Indonesia yang

menjadikan curah hujan yang tinggi pada periode tersebut. Pada periode JJA atau musim kemarau tampak hal yang sebaliknya terjadi.



**Gambar 3.6** Karakteristik OLR diatas wilayah Indonesia selama periode DJF, MAM, JJA dan SON (Sumber <http://www.bom.gov.au>)

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa data satelit GMS/MTSAT-1R dapat dimanfaatkan untuk memperoleh estimasi curah hujan secara spasial. Dengan menggunakan data estimasi curah hujan yang diturunkan dari satelit tersebut tampak cukup dapat memberikan gambaran karakteristik spasial curah hujan wilayah Indonesia serta dapat menangkap gambaran pengaruh lokal dan regional (monsun Asia-Australia) sangat kuat di wilayah Indonesia yang menyebabkan perbedaan signifikan pada jumlah curah hujan yang terjadi pada musim kemarau dan musim hujan.

Karakteristik spasial curah hujan wilayah Indonesia pada

umumnya menunjukkan periode musim hujan berlangsung pada periode DJF, dimana puncak musim hujan yang umumnya terjadi pada bulan Desember dengan kisaran curah hujan antara 400 mm sampai 450 mm. Sedangkan musim kemarau tampak umumnya berlangsung pada periode JJA dengan puncak musim kemarau terjadi pada bulan Agustus dimana curah hujan kurang dari 100 mm. Demikian juga halnya perbedaan ketiga pola pola hujan wilayah Indonesia yaitu monsun, ekuatorial dan lokal juga dapat terlihat dengan baik pada pola karakteristik spasial curah hujan bulanan dari data estimasi curah hujan satelit GMS/MTSAT-1R tersebut. Karakteristik spasial curah hujan bulanan tampak sangat terkait dengan pola angin dan kondisi perawanan yang terbentuk di atas wilayah Indonesia.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Aldrian, E. and R.D. Susanto, 2003. Identification of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature, *Int. J. Climatol.* 23: 1435-1452
- Arkin P.A., P. Xie, 1994. The global precipitation climatology project first algorithm intercomparison project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 75: 401-420
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), 2011. Modul Training of Trainers : Pengenalan Unsur Cuaca, Iklim, dan Perubahan iklim
- Boerema, J., 1933. Maps of the Mean Annual Monthly Rainfall in Celebes. *Verhandelingen, Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium, Batavia, No. 24, IV, 13 maps.*
- Harjana T., 2007. Estimation of Spatial/Temporal Variations of Rainfall over Indonesia Maritime Continent Using Satellite IR Data, Doctoral Dissertation, Kobe University.  
<http://www.bom.gov.au>, diunduh bulan Februari 2013  
<http://weather.is.kochi-u.ac.jp>,
- Morrissey LM. 1986. A statistical analysis of the relationships among rainfall, outgoing longwave radiation, and the moisture budget during January-March 1979. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 931-942.

- Negri, A.J. and R.F. Adler, 1987. Infrared and Visible Satellite Rain Estimation. Part I: A Grid Cell Approach, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26, 1553-1565.
- Shimizu, A., 2013. The Basis of RGB image composites, Analysis Division-Meteorological Satellite Center, Japan Meteorological Agency, <http://mscweb.kishou.go.jp>, diunduh bulan April 2013.
- Susskind, Joel, G. Molnar, L. Iredell, 2011. "Contributions to Climate Research Using the AIRS Science Team Version-5 Products". NASA. Goddard Space Flight Center. diunduh bulan September 2011.
- Thorntwaite, C., 1933. The climates of the earth, *Geographical Review*, 23A33-440.
- Webster, P.J., 1987. The elementary monsoon. In *Monsoons*, eds Fein JS, Stephens PL (Wiley, New York), pp. 3-32.