

PEMANFAATAN DATA MULTI-SATELIT UNTUK IDENTIFIKASI VARIABILITAS IKLIM INDONESIA

Lely Qodrita Avia dan Nani Chollanawati

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer - LAPAN

e-mail: qodrita@yahoo.com

ABSTRACT

Indonesia is located in the tropics is a region of strategic importance in the climate system. Indonesia has many unique geographical position, economic and demographic, which makes this region is quite sensitive to extreme events caused by climate variability and change both regionally and globally that continues to challenge researchers to conduct research on climate variability Indonesia. This paper provides an overview of climate variabilitas identification Indonesia in particular elements of rainfall, surface air temperature and air humidity. Some of the satellite data used in this study consists of GMS (Geostationary Meteorological Satellite), MTSAT (Multi-functional Transport Satellite) and AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) data. The results showed that in the region of Indonesia rainfall variability levels appear highest in comparison with other elements of the climate variability.

Keywords: identification, variability, climate, multi-satellite

ABSTRAK

Indonesia yang terletak di daerah tropis merupakan wilayah strategis yang penting dalam sistem iklim. Indonesia memiliki banyak keunikan baik posisi geografis, ekonomi dan demografinya, yang menjadikan wilayah ini cukup sensitif terhadap kejadian ekstrim yang disebabkan oleh variabilitas dan perubahan iklim baik secara regional maupun global sehingga terus menantang para peneliti untuk melakukan penelitian tentang variabilitas iklim Indonesia. Makalah ini berisi gambaran identifikasi variabilitas iklim Indonesia khususnya unsur curah hujan, temperatur udara permukaan dan kelembapan udara. Beberapa data satelit yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data satelit GMS (*Geostationary Meteorological Satellite*), MTSAT (*Multi-functional Transport Satellite*) dan AIRS (*Atmospheric*

Infrared Sounder). Hasil penelitian menunjukkan bahwa di wilayah Indonesia tampak tingkat variabilitas curah hujan yang paling tinggi dibandingkan dengan variabilitas unsur iklim lainnya.

Kata kunci: identifikasi, variabilitas, iklim, multi-satelit

1. PENDAHULUAN

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007) dalam laporannya menyebutkan bahwa sebelas dari 12 tahun terakhir (1995-2006) kecuali 1996 adalah peringkat diantara 12 tahun terpanas sejak tahun 1850. Tahun 2005 dan 1998 adalah dua tahun terpanas suhu udara permukaan global dalam data terukur sejak tahun 1850. Rata-rata global suhu permukaan meningkat, terutama sejak sekitar tahun 1950. Informasi diperbaharui, tren 100-tahun (1906-2005) sebesar $0,74^{\circ}\text{C} \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ lebih besar dari tren 100-tahun saat TAR (1901-2000) dari $0,6^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ karena tambahan tahun hangat. Total kenaikan suhu dari 1850-1899 sampai 2001-2005 adalah $0,76^{\circ}\text{C} \pm 0,19^{\circ}\text{C}$. Tingkat pemanasan rata-rata selama 50 tahun terakhir ($0,13^{\circ}\text{C} \pm 0,03^{\circ}\text{C}$ per dekade) hampir dua kali lipat selama 100 tahun terakhir.

Menurut IPCC perubahan suhu rata-rata itu dapat mengakibatkan antara lain penurunan produksi pangan sehingga bisa meningkatkan risiko bencana kelaparan, peningkatan kerusakan pesisir akibat banjir dan badai, perubahan pola distribusi hewan dan serangga sebagai vektor penyakit. IPCC menyebutkan juga bahwa masyarakat miskin merupakan kelompok yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim karena kemampuan beradaptasi mereka yang rendah dan minimnya sumberdaya yang mereka miliki, selain itu kehidupan mereka cenderung sangat bergantung pada sumberdaya alam yang sangat dipengaruhi kondisi iklim. Oleh karena itu IPCC menyarankan agar setiap negara meningkatkan kapasitasnya untuk beradaptasi dengan perubahan iklim tersebut dengan memperhitungkan dampak perubahan iklim ke dalam perencanaan pembangunan serta memasukkan cara-cara untuk

menekan kerentanan terhadap perubahan iklim ke dalam strategi penanggulangan bencana.

Hasil penelitian lainnya yang dilakukan oleh *Climatic Research Unit* (CRU, 2011) yang menghitung suhu udara rata-rata bumi dengan mengumpulkan data dari ribuan stasiun observasi di daratan dan kapal menunjukkan bahwa rata-rata global suhu udara telah berubah antara tahun 1850 dan 2005. Kajian perubahan tersebut relatif terhadap suhu rata-rata antara periode 1961-1990. Tahun 1998 merupakan tahun terpanas mencapai $0,55^{\circ}\text{C}$ di atas rata-ratanya. 10 dari 11 tahun terpanas dalam seri telah terjadi di 11 tahun terakhir (1995-2005). CRU juga melaporkan hasil prediksi model iklim global yang menunjukkan kemungkinan suhu global akan berubah 2°C pada tahun 2050 dan 4°C pada tahun 2100 jika kita tidak mengubah gaya hidup kita.

Kajian tentang variabilitas curah hujan dan prediksi curah hujan di wilayah Benua Maritim (yang meliputi kepulauan Indonesia, Malaysia dan New Guinea) dianggap penting karena dampak lingkungan dan sosial yang parah akibat *El Nino-Southern Oscillation* (ENSO) yang menyebabkan kekeringan/banjir di wilayah tersebut (Nichol, 1997, 1998; Page et al, 2002). Kajian yang lebih fokus untuk kepulauan Indonesia juga tampak telah dilakukan oleh para peneliti lain (Nicholls, 1981, 1984; Hackert dan Hastenrath, 1986; Haylock dan McBride, 2001; Hendon 2003).

Telah dilakukan juga penelitian untuk Indonesia oleh Hulme, M dan Sheard, (1999) yang menyatakan bahwa temperatur rata-rata tahunan telah meningkat sekitar $0,3^{\circ}\text{C}$ sejak 1900. Tahun 1990-an sebagai decade terhangat pada abad ini dan 1998 merupakan tahun terpanas yang hampir 1°C di atas rata-rata tahun 1961-1990. Pemanasan ini telah terjadi di semua musim sepanjang tahun. Curah hujan tahunan telah berkurang 2 sampai 3 persen di seluruh Indonesia pada abad ini dengan sebagian besar penurunan ini terjadi selama periode musim hujan Desember-Februari. Hal tersebut dapat lebih jelas terlihat pada gambar 1.3. Perubahan adalah dengan melihat pada nilai iklim rata-rata pada periode 1961-1990 masing-masing $25,5^{\circ}\text{C}$ dan 2548 mm.

Hendon (2003) memberikan penjelasan yang komprehensif dari variabilitas curah hujan Indonesia dan hubungannya dengan ENSO dan interaksi udara-laut secara lokal. Ciri utama dari curah hujan Indonesia adalah bahwa anomali jauh lebih jelas dan dapat diprediksi selama musim kemarau (Mei-Oktober) dari pada selama musim hujan (Januari-Maret) (Haylock and McBride, 2001; Hendon, 2003).

Beberapa hal yang telah dikemukakan diatas merupakan latar belakang penelitian ini dilakukan. Untuk wilayah Indonesia yang luas terdiri dari banyak pulau dan memiliki jumlah penduduk yang sangat padat serta tingkat perekonomian penduduk yang umumnya masih rendah sehingga dampak perubahan iklim tersebut akan sangat mempengaruhi kestabilan negara Indonesia di segala bidang. Bagaimana sesungguhnya variabilitas iklim Indonesia secara spasial sangat jarang dilakukan, padahal informasi tersebut sesungguhnya sangat dibutuhkan dalam upaya antisipasi kondisi iklim ekstrim dan perubahan iklim Indonesia. Oleh karena itu penelitian tentang identifikasi variabilitas iklim Indonesia ini perlu dilakukan. Fokus penelitian ini terhadap tiga unsur utama iklim yaitu curah hujan, suhu permukaan dan kelembapan udara permukaan.

2. DATA DAN METODOLOGI

Pada penelitian ini digunakan beberapa data satelit yaitu data satelit cuaca GMS dan MTSAT selama periode September 1995 sampai Juni 2009 yang diperoleh dari situs <http://weather.is.kochi-u.ac.jp>. Dari data satelit GMS dan MTSAT tersebut diturunkan untuk memperoleh data estimasi curah hujan. Sedangkan data satelit lainnya yaitu AIRS selama periode September 2002 sampai Desember 2008 yang diperoleh dari situs <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/AIRS/>. AIRS adalah salah satu dari enam instrumen yang diterbangkan pada satelit Aqua, merupakan bagian dari sistem observasi bumi milik NASA, yang diluncurkan pada tanggal 4 Mei 2002. Alat ini dirancang untuk mendukung penelitian iklim dan meningkatkan peramalan cuaca di abad ke-21 ini (NASA/JPL). Dari data AIRS tersebut dilakukan pengolahan data untuk memperoleh data unsur iklim temperatur udara permukaan, dan kelembapan udara.

Metodologi yang dilakukan pada penelitian ini adalah pertama melakukan inventarisasi beberapa data satelit tersebut diatas untuk memperoleh unsur iklim Indonesia (curah hujan, suhu permukaan dan kelembapan udara). Kemudian melakukan pengolahan data estimasi curah hujan dari data satelit cuaca GMS/MTSAT berdasarkan persamaan (1) dan (2) serta melakukan konversi format data HDF menjadi data format Ascii atau NetDCF untuk data AIRS. Dilanjutkan dengan melakukan kroping data untuk Indonesia sesuai dengan batasan lokasi penelitian. Selanjutnya melakukan perhitungan statistik variabilitas iklim Indonesia dengan menggunakan persamaan (4), (5) dan (6). Kemudian membuat peta spasial variabilitas iklim Indonesia menggunakan GrADS. Terakhir melakukan interpretasi dan analisis terhadap hasil yang diperoleh.

Lokasi penelitian ini meliputi seluruh wilayah Indonesia dengan batasan geografis 12°LU sampai 12°LS dan 90°BT sampai 145°BT. Beberapa persamaan yang digunakan pada penelitian ini adalah persamaan untuk menentukan liputan awan dingin dan curah hujan yang mengacu pada perumusan yang dikemukakan oleh Harjana (2007).

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

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 FC (*Fractional cold clouds coverage*) atau liputan awan dingin adalah prosentase banyaknya piksel awan dengan suhu yang kurang atau sama dengan 220 K terhadap total piksel dalam suatu luasan/grid tertentu, *Tbb* adalah nilai *Tbb* ke-*i* dari piksel, *T_c* adalah nilai suhu threshold, *N* adalah jumlah piksel di daerah grid.

$$Rest = 293.037 \times FC220 - 1.363 \times FC220 \times Tbbmin \dots\dots(3)$$

dimana Rest adalah curah hujan terestimasi untuk 6 jam akumulasi (mm), FC220 adalah rata-rata liputan awan pada

suhu 220 K selama 6 jam tersebut, dan Tbbmin adalah minimum suhu puncak awan (Tbb) selama 6 jam tersebut.

Sedangkan untuk menentukan variabilitas iklim digunakan persamaan statistik sederhana untuk rata-rata, standar deviasi dan koefisien variansi.

$$\bar{X} = \frac{(\sum_i^n X_i)}{n} \dots\dots\dots(4)$$

$$stdev = \sqrt{\sum_i^n (X - \bar{X})^2 / (n - 1)} \dots\dots\dots(5)$$

$$CV = \frac{stdev}{\bar{X}} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

dimana X adalah nilai rata-rata, X_i adalah nilai unsur iklim ke-i, n adalah jumlah data, stdev adalah standar deviasi, CV adalah koefisien variansi.

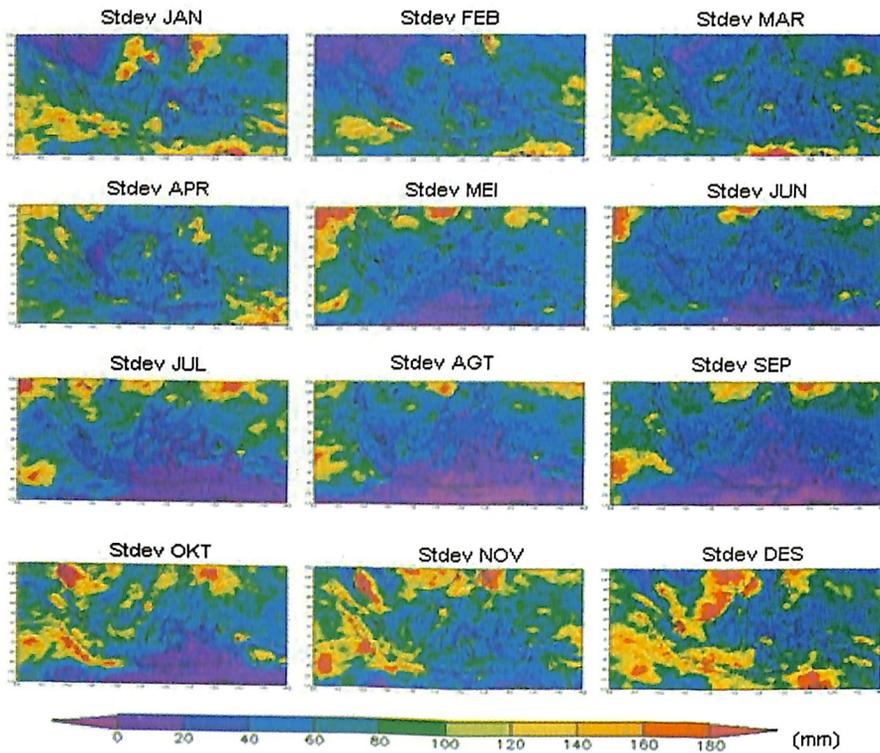
Adapun domain data satelit GMS dan MTSAT yang merupakan data grid dengan resolusi 0,05x0,05 derajat lintang bujur yang pada pengolahan data penelitian ini dilakukan untuk resolusi 0,25x0,25 derajat lintang bujur. Sedangkan ukuran domain untuk data AIRS 1x1 derajat lintang bujur tetap digunakan sama pada pengolahan data penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

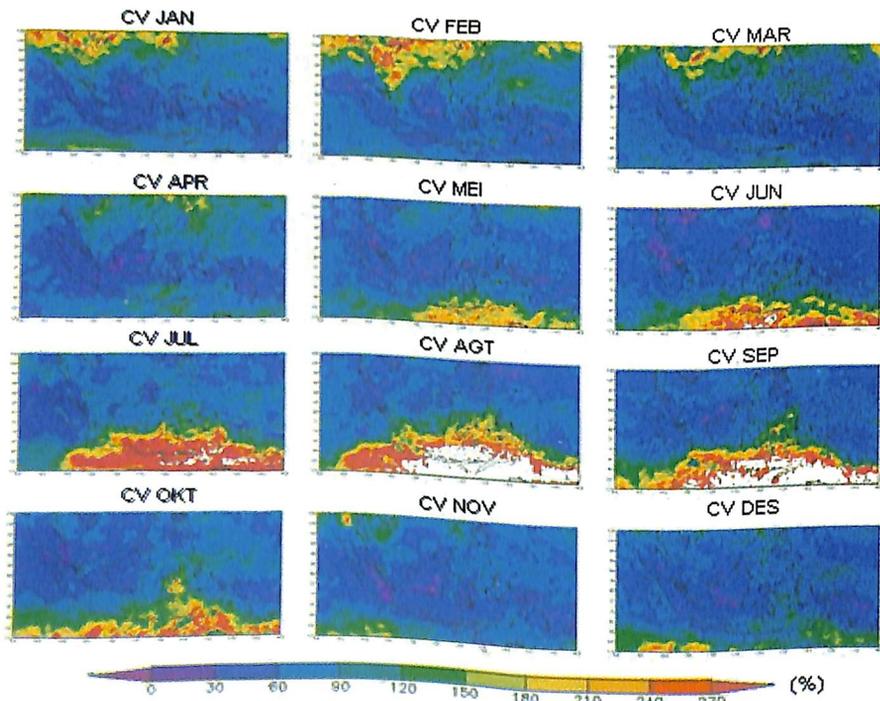
3.1 HASIL

Pengolahan data selama periode penelitian telah memberikan hasil berupa gambaran variabilitas iklim di wilayah Indonesia berbasis data satelit. Berdasarkan pengolahan data satelit GMS/MTSAT-1R untuk unsur iklim curah hujan selama periode 1995-2009, telah diperoleh distribusi spasial standar deviasi dan koefisien variansinya, sebagaimana tampak pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.

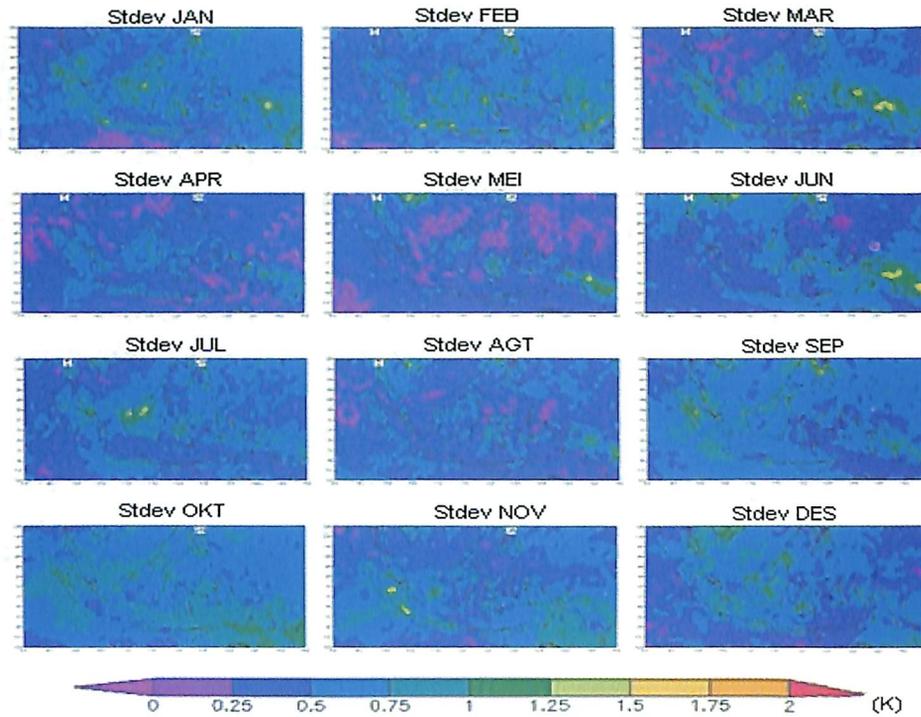
Berdasarkan data satelit AIRS juga telah diperoleh distribusi spasial standar deviasi dan koefisien variansi untuk suhu permukaan seperti yang tampak pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4. Juga dari pengolahan data satelit AIRS tersebut telah diperoleh distribusi spasial standar deviasi dan koefisien variansi untuk unsur iklim kelembapan udara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6.



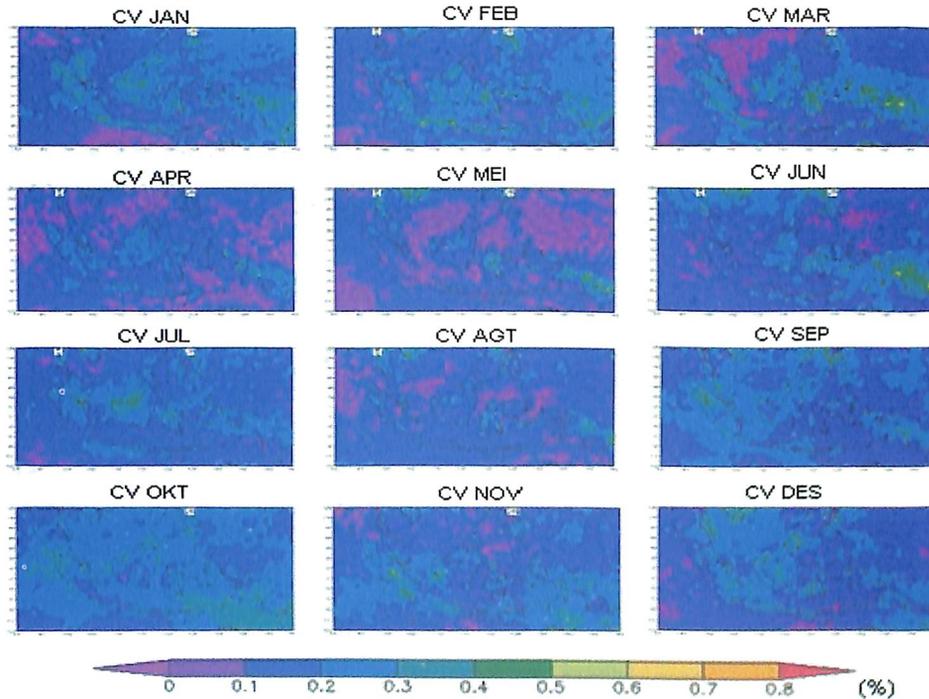
Gambar 3.1 Standar deviasi rata-rata bulanan curah hujan



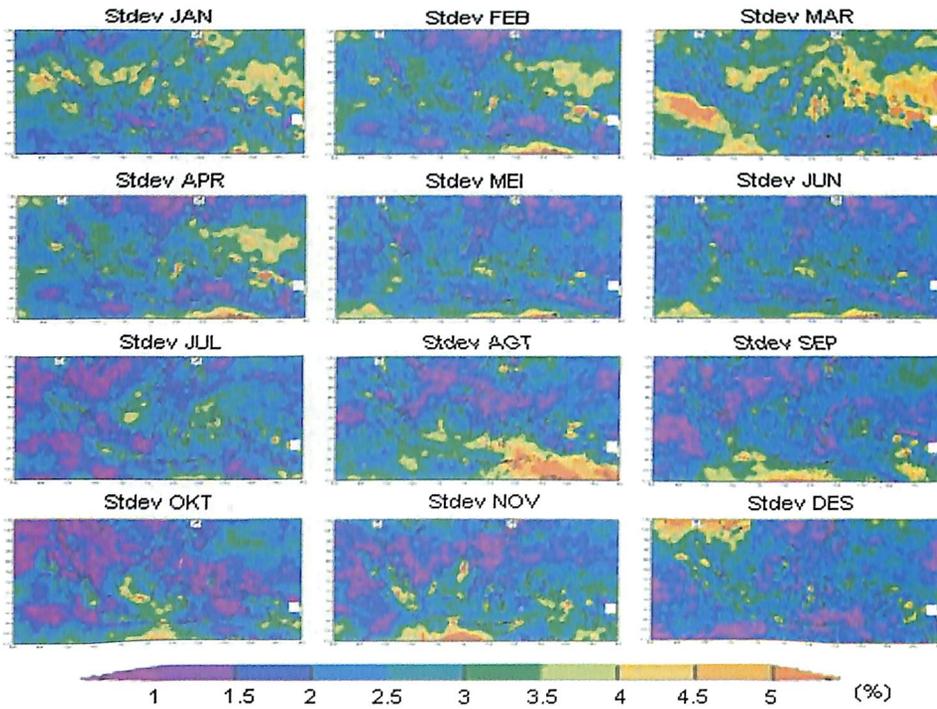
Gambar 3.2 Koefisien variansi rata-rata bulanan curah hujan



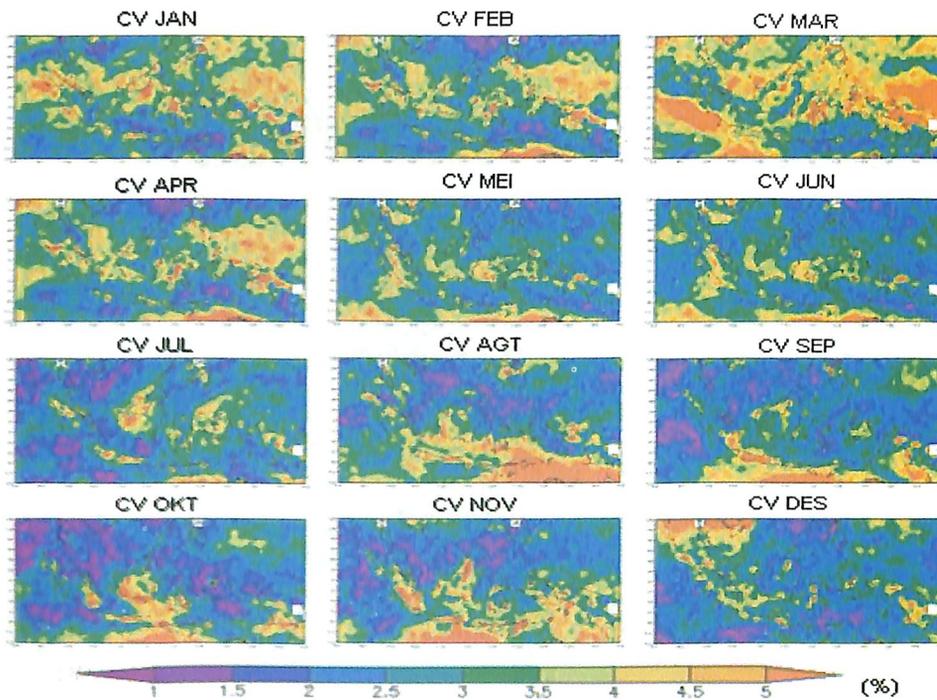
Gambar 3.3 Standar deviasi rata-rata bulanan suhu udara permukaan



Gambar 3.4 Koefisien variansi rata-rata bulanan suhu udara permukaan



Gambar 3.5 Standar deviasi rata-rata bulanan kelembaban udara



Gambar 3.6 Koefisien variansi rata-rata bulanan kelembaban udara

3.2 PEMBAHASAN

3.2.1 VARIABILITAS CURAH HUJAN

Dengan menggunakan data estimasi curah hujan dari satelit GMS dan MTSAT, diperoleh simpangan baku curah hujan yang terjadi terhadap rata-ratanya (1995-2009) untuk setiap bulannya dapat dilihat pada Gambar 3.1, dimana tampak rata-rata standar deviasi bulanan terbesar curah hujan wilayah Indonesia terjadi sekitar musim hujan yang pada umumnya berkisar antara 80 mm sampai 180 mm, kecuali di sebagian daerah yang memiliki pola hujan ekuatorial dan lokal seperti Sulawesi Utara, Ambon, NTT, dataran tinggi Papua yang memiliki standar deviasi kurang dari 50 mm.

Pada Gambar 3.2 tampak distribusi spasial tingkat variabilitas curah hujan bulanan wilayah Indonesia yang menunjukkan variabilitas curah hujan sangat bervariasi untuk daerah di bagian selatan dibandingkan daerah bagian utara wilayah Indonesia terutama pada bulan Juni sampai dengan Oktober yang ditunjukkan oleh nilai koefisien variansi antara 150% sampai 270%.

3.2.2 VARIABILITAS SUHU UDARA PERMUKAAN

Berdasarkan data satelit AIRS, diperoleh distribusi spasial rata-rata simpangan baku suhu udara permukaan terhadap rata-ratanya, dimana tampak sepanjang tahun pada umumnya suhu udara permukaan untuk daratan lebih tinggi di banding dengan di perairan seperti yang tampak pada Gambar 3.3. Simpangan baku suhu udara permukaan di sebagian besar wilayah Indonesia pada musim hujan lebih tinggi dibanding pada musim kemarau. Simpangan baku tertinggi mencapai 1,75 K terjadi di daerah papua bulan Maret, di daerah Sumbar pada bulan November, daerah di Jawa Barat bagian selatan dan dekat Madura pada bulan Februari. Pada umumnya di setiap pulau tampak memiliki standar deviasi sekitar 1,0 K sampai 1,5 K pada musim hujan, sedangkan pada musim kemarau umumnya di berkisar pada nilai 0,5 K sampai 1,0 K.

Distribusi spasial tingkat variabilitas temperatur udara di wilayah Indonesia seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4. Tampak pada Gambar 3.4 tersebut untuk wilayah Indonesia

umumnya memiliki tingkat variabilitas suhu udara permukaan yang rendah yaitu berkisar antara 0,3% sampai 0,4% di daerah daratan, sedangkan untuk perairan umumnya tampak lebih rendah lagi dari pada daratan.

3.2.3 VARIABILITAS KELEMBAPAN UDARA

Berdasarkan data satelit AIRS juga telah diperoleh gambaran variabilitas kelembaban di wilayah Indonesia. Secara keseluruhan di Indonesia tampak nilai standar deviasi paling tinggi yaitu lebih dari 4,5% terjadi di sekitar dataran tinggi Papua, sebagian daerah Kalimantan Timur, sebagian daerah Sumatera bagian selatan, perairan sebelah selatan wilayah Indonesia seperti yang tampak pada Gambar 3.5.

Sedangkan tingkat variabilitas kelembaban udara permukaan di Indonesia juga tampak tidak terlalu bervariasi hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien variansi paling tinggi terjadi pada bulan Maret yang pada umumnya berkisar antara 3,5% sampai 5,0% kecuali di sekitar Bali, NTB, NTT, sebagian kecil di daerah Sumatera, sebagian Kalimantan Selatan, sebagian Kalimantan Timur dan sebagian Papua bagian selatan yang tampak memiliki koefisien variasi kelembapan udara yang lebih rendah yaitu sekitar 1,5% sampai 3,0% seperti yang tampak pada Gambar 3.6.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tingkat variabilitas curah hujan di wilayah Indonesia umumnya berkisar antara 30% sampai 60%, kecuali pada bulan-bulan kering Juni sampai Oktober tampak terutama di daerah bagian selatan memiliki variabilitas yang tinggi yaitu antara 150% sampai 270%. Sedangkan tingkat variabilitas suhu udara permukaan di wilayah Indonesia pada umumnya tampak rendah berkisar antara 0,3% sampai 0,4% di daerah daratan, sedangkan untuk perairan umumnya tampak lebih rendah lagi dari pada daratan. Begitupun tingkat variabilitas kelembapan udara permukaan di wilayah Indonesia pada umumnya juga rendah dimana paling tinggi terjadi pada bulan Maret berkisar antara 3,5% sampai 5,0% kecuali di sekitar Bali, pulau Nusa

Tenggara, sebagian kecil di daerah Sumatera, sebagian Kalimantan Selatan, sebagian Kalimantan Timur dan sebagian Papua bagian selatan yang tampak memiliki koefisien variasi kelembaban udara yang lebih rendah sekitar 1,5% sampai 3,0%. Diantara ketiga unsur iklim Indonesia yang diteliti tampak jelas bahwa untuk Indonesia unsur curah hujan merupakan unsur iklim paling dominan dalam penentuan iklim Indonesia hal ini ditunjukkan oleh tingkat variabilitas yang paling tinggi di banding unsur temperatur dan kelembapan.

DAFTAR RUJUKAN

- Goodess, C.M., 2006. How and why is global temperature changing? Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, <http://www.cru.uea.ac.uk/>, diunduh bulan Juni 2013.
- Hackert, E. C., and S. Hastenrath, 1986. Mechanisms of Java rainfall anomalies. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 745–757.
- Harjana, T., 2007. Estimation of spatial/temporal variations of rainfall over Indonesia maritime continent using satellite IR data, Doctoral Dissertation, Kobe University.
- Haylock, M., and J. McBride, 2001. Spatial coherence and predictability of Indonesian wet season rainfall. *J. Climate*, 14, 3882–3887.
- Hendon, H. H., 2003. Indonesian rainfall variability: Impacts of ENSO and local air–sea interaction. *J. Climate*, 16, 1775–1790.
- Hulme, M. and N. Sheard, 1999. *Climate Change Scenarios for Indonesia* Climatic Research Unit, Norwich, UK, 6pp.
<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/AIRS/>
<http://airs.jpl.nasa.gov/mission/objectives/>
<http://weather.is.kochi-u.ac.jp>
- IPCC Fourth Assessment Report 2007, *Climate Change 2007, Working Group I: The Physical Science Basis*.
- Nichol, J., 1997. Bioclimatic impacts of the 1994 smoke haze event in Southeast Asia. *Atmos. Environ.*, 31, 1209–1219.

- Nichol, J., 1998. Smoke haze event in Southeast Asia: A predictable recurrence. *Atmos. Environ.*, 32, 14–15.
- Nicholls, N., 1981. Air–sea interaction and the possibility of long-range weather prediction in the Indonesian Archipelago. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 2435–2443.
- Nicholls, N., 1984. The Southern Oscillation and Indonesian sea surface temperature. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 424–432.
- Page, S. E., F. Slegert, J. O. Riely, H. V. Boehm, A. Jaya, and S. Limin, 2002. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature*, 420, 61–65