

VALIDITAS CURAH HUJAN MTSAT

Ina Juaeni, Didi Satladi, dan Trismidianto

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer - LAPAN

Jl. Dr. Junjuran 133 Bandung, 40173

email: inajuaeni@yahoo.com, ina_j@bdg.lapan.go.id

ABSTRACT

This paper is written to elaborate the validity of rainfall estimated from satellite data. The satellite, namely, MTSAT (Multi-functional Transport Satellite), collects data on East Asia and West Pacific including territories which lack of observation such as ocean, desert and mountain. In order to do the research, satellite data and rainfall data (obtained from raingauge) are collected from year 2000 to 2003 (4 years period). As the territories of research are Bandung, Jakarta and Bogor. Compatibility level of satellite estimated rainfall (which based on black body assume and estimation equation as cloud top temperature function) to observed rainfall is less than 50 percent or the maximum correlation coefficient between estimated rainfall with observed rainfall for Bandung is 0.36; for Bogor is 0.21 and for Jakarta is 0.34. The higher value on rainfall temporal variation, the less likely satellite estimated rainfall to be valid. As a conclusion, estimation method for prediction of early seasons, floods and landslides need to be renewed.

Keywords: validity, rainfall, estimated, observed

ABSTRAK

Makalah ini membahas tingkat validitas data curah hujan yang diestimasi dari data satelit. Satelit yang dimaksud adalah MTSAT (Multi-functional Transport Satellite). MTSAT memberikan data yang meliputi wilayah Asia Timur dan Pasifik Barat termasuk wilayah-wilayah yang selama ini minim pengamatan atmosfernya seperti di lautan, di gurun dan di pegunungan. Untuk keperluan penelitian ini, data satelit dan data curah hujan raingauge yang digunakan adalah data tahun 2000 sampai dengan tahun 2003 (4 tahun). Lokasi yang diamati adalah Bandung, Jakarta dan Bogor. Kesesuaian curah hujan estimasi satelit (yang ditentukan dengan menggunakan asumsi benda hitam dan persamaan estimasi sebagai fungsi dari suhu puncak awan) dengan curah hujan observasi kurang dari lima puluh persen atau koefisien korelasi maksimum antara curah hujan estimasi satelit dengan curah hujan observasi untuk Bandung sebesar 0,36; untuk Bogor sebesar 0,21 sedangkan untuk Jakarta

sebesar 0,34. Semakin besar variasi temporal curah hujan di suatu tempat, validitas curah hujan satelit semakin berkurang. Untuk keperluan prediksi awal musim, prediksi bencana banjir atau prediksi bencana longsor, metode estimasi harus diperbaharui.

Kata kunci: validitas, curah hujan, estimasi, observasi

1. PENDAHULUAN

Makalah ini membahas tingkat validitas data curah hujan yang diestimasi dari data satelit. Satelit yang dimaksud adalah MTSAT (*Multi-functional Transport Satellite*). Penelitian tentang atmosfer menggunakan satelit sudah dimulai hampir 50 tahun yang lalu sejak diluncurkannya satelit cuaca pertama Vanguard 2 pada tahun 1959. Satelit ini dirancang untuk mengukur liputan awan dan resistansi atmosfer. Namun karena ada kesalahan dalam sudut rotasi, data dari satelit ini tidak diminati. Satelit cuaca pertama yang diperhitungkan adalah TIROS 1 yang diluncurkan oleh NASA pada tahun 1960. Sejak saat itu satelit menjadi instrumen andalan untuk penelitian atmosfer yang mengutamakan gambaran global (Kiddre and Haar, 1995). Ditinjau dari jenis orbit, satelit diklasifikasikan menjadi satelit orbit polar dan satelit orbit geostasioner. Satelit orbit polar, meliputi seluruh permukaan bumi sementara satelit geostasioner hanya mencakup spot yang sama di ekuator. Seiring perkembangan teknologi, kemampuan satelit juga berkembang, baik dari jumlah sensor yang bisa dibawa maupun dari segi resolusinya. Satelit meteorologis sekarang tidak hanya dapat mengamati awan dan sistem awan tetapi juga mampu memberikan data kebakaran (hutan), aurora, badai pasir, badai debu, tutupan es, batas-batas arus laut, dan informasi lain. Satelit cuaca juga membantu pemantauan debu gunung berapi. Satelit meteorologi jenis lain dapat juga mendeteksi perubahan lahan vegetasi, warna laut dan kondisi lautan. El Niño dan dampaknya terhadap cuaca dapat dimonitor setiap hari dari image satelit. Lubang ozon di Antartika juga dapat dipetakan dari data satelit. Banyak informasi atmosfer dan permukaan bumi yang bisa di peroleh dari satelit. Cakupan wilayah yang sangat luas menjadi alasan utama penggunaan data satelit.

MTSAT adalah salah satu satelit orbit geostasioner. Satelit

MTSAT yang mempunyai fungsi meteorologis untuk *Japan Meteorological Agency* (JMA) dan fungsi kontrol penerbangan untuk *Civil Aviation Bureau* (CAB) Kementerian Pertanian, Infrastruktur dan Transportasi (MLIT) diluncurkan pada tahun 2005 dan telah banyak digunakan untuk penelitian atmosfer global. MTSAT memberikan data yang meliputi wilayah Asia Timur dan Pasifik Barat termasuk wilayah-wilayah yang selama ini minim pengamatan atmosfernya seperti di lautan, di gurun dan di pegunungan. MTSAT juga menjadi bagian dalam suatu sistem jaringan pengamatan *space-based* WMO (*World Meteorological Organization*) untuk cuaca ekstrim seperti *typhoon*, *hurricane* dan *cyclone*. Untuk mengetahui akurasi dari data yang dihasilkan satelit khususnya satelit MTSAT, dalam makalah ini disampaikan hasil perbandingan curah hujan yang ditentukan berdasarkan data temperatur puncak awan satelit MTSAT dan curah hujan yang terukur oleh *raingauge* (di permukaan). Perbandingan nilai ini penting untuk mengukur tingkat kepercayaan terhadap curah hujan hasil estimasi data satelit dan untuk pengembangan metode perkiraan tersebut. Aplikasi data curah hujan dari hasil estimasi ini perlu mempertimbangkan hasil perbandingan ini.

2 DATA DAN METODOLOGI

2.1 GAMBARAN UMUM MTSAT

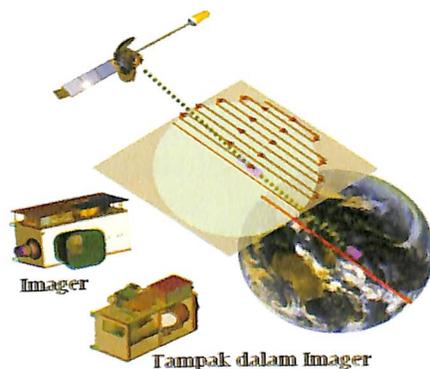
Untuk meningkatkan pelayanan dalam berbagai aktivitas meteorologis (seperti perkiraan cuaca, bencana alam, keamanan transportasi), JMA mengganti GMS yang telah beroperasi sejak tahun 1977 dengan MTSAT. Segala informasi tentang MTSAT yang ada dalam makalah ini bersumber dari: *Satellite Program Division Japan Meteorological Agency*, (<http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/>) yang diunduh pada Januari 2012.

MTSAT memberikan informasi 1) distribusi/gerakan awan, 2) temperatur permukaan laut dan 3) distribusi uap air untuk lebih dari 30 negara setiap 30 menit. MTSAT seri terbaru membawa *imager* dengan kanal infrared terbaru (IR4) melengkapi empat kanal terdahulu (VIS, IR1, IR2 and IR3) pada GMS-5. Karakteristik satelit yang meliputi panjang gelombang

setiap kanal, resolusi, tingkat kecerahan dan frekuensi yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.1. *Imager* menyapu permukaan bumi dengan menggerakkan cermin *scanner* kearah timur-barat dan utara-selatan. Cahaya yang dipantulkan oleh cermin dikonversi menjadi *beam* kemudian dipisahkan menjadi kanal *visible* dan empat kanal *infra red* melalui lensa dan filter. Intensitas beam dikonversi menjadi sinyal listrik oleh detektor *visible* dan *infrared*, kemudian sinyal ini ditransmisikan ke Pusat Kendali Satelit Meteorologi dan Stasiun Akuisisi Data (*Meteorological Satellite Center's Command and Data Acquisition Station/CDAS*). Cara kerja *imager* MTSAT ditunjukkan dengan skema pada Gambar 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik MTSAT dengan *meteorological payload*

Kanal dan Panjang gelombang (μm)	VIS 0.55 - 0.90	IR1 10.3 - 11.3	IR2 11.5 - 12.5	IR3 6.5 - 7.0	IR4 3.5 - 4.0
Resolusi	1 km (VIS) dan 4 km (IR) pada titik <i>sub-satellite</i>				
Tingkat kecerahan	10 bit baik untuk kanal VIS maupun kanal IR (1.024 gradasi)				
Frekuensi	S-band (<i>reception</i> : 2026 - 2035 MHz, <i>transmission</i> : 1677 - 1695 MHz) UHF (<i>reception</i> : 402 MHz, <i>transmission</i> : 468 MHz)				



Gambar 2.1 Cara kerja *Imager* MTSAT

(Sumber: [http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/..](http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/))

2.2 DATA DAN METODE

Estimasi curah hujan dari satelit mengalami tahapan:

1. Satelit MTSAT mengukur radiasi *infrared* yang diemisikan oleh awan. Awan diasumsikan sebagai benda hitam, sehingga emisi yang terukur satelit ekuivalen dengan suhu pada permukaan tersebut (puncak awan).
2. Suhu puncak awan dari kanal IR-1 dikurangi suhu puncak awan kanal IR3
3. Jika selisih suhu puncak awan dari kanal IR-1 dengan suhu puncak awan kanal IR3 < 7 Kelvin (untuk awan-awan tebal), maka suhu puncak awan IR-1 digunakan untuk estimasi curah hujan dengan menggunakan persamaan berikut (Maathuis, et al., 2006):

$$y ; ae^{b/x} \quad (2.1)$$

dengan y = curah hujan estimasi, x = temperatur puncak awan hasil konversi,

$$a = 0.0001, \text{ dan } b = 2508$$

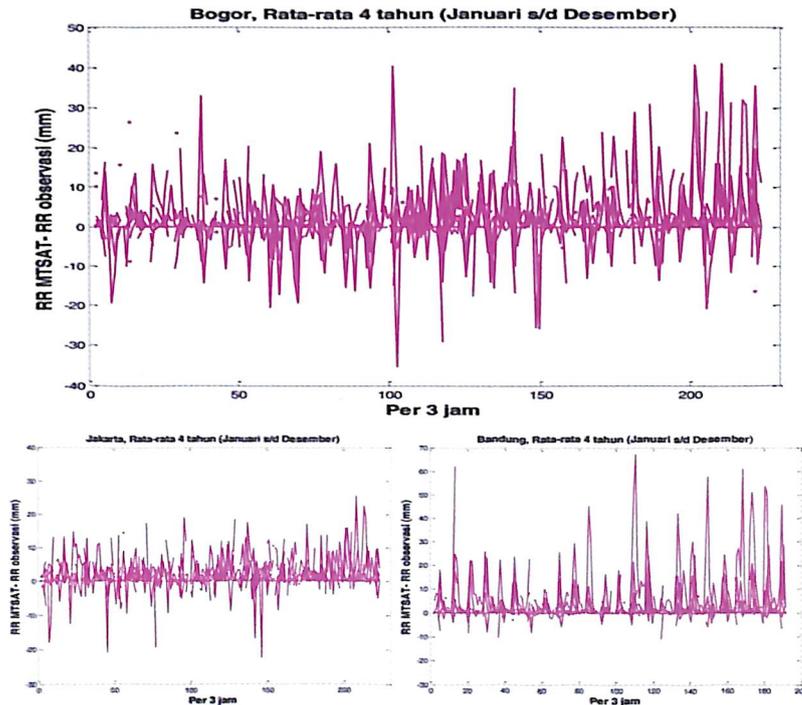
Untuk keperluan penelitian ini, data satelit dan data curah hujan *raingauge* yang digunakan adalah data tahun 2000 sampai dengan tahun 2003 (4 tahun). Lokasi yang diamati adalah Bandung, Jakarta dan Bogor. Data curah hujan baik data satelit maupun data *raingauge* kemudian dijumlahkan setiap 3 jam, maka diperoleh 8 data curah hujan setiap hari. Kedua jenis data curah hujan kemudian dibandingkan dengan:

1. membandingkan nilai dan menghitung bias per bulan per lokasi,
2. membandingkan spektrum per bulan per lokasi dengan metode wavelet Torrence and Compo (1998),
3. menghitung koefisien korelasi perbulan dan rata-rata 4 tahun perlokasi.

3 HASIL

Perbandingan nilai dan bias antara curah hujan estimasi satelit dengan curah hujan yang terukur di permukaan (curah hujan *raingauge*) untuk periode tahun 2000 sampai tahun 2003

dan untuk seluruh lokasi pengamatan (Bandung, Bogor dan Jakarta) menunjukkan bahwa perbedaan nilai atau bias masih sangat besar. Bias curah hujan untuk Bogor, Jakarta dan Bandung rata-rata selama 4 tahun diperlihatkan pada Gambar 3.1.

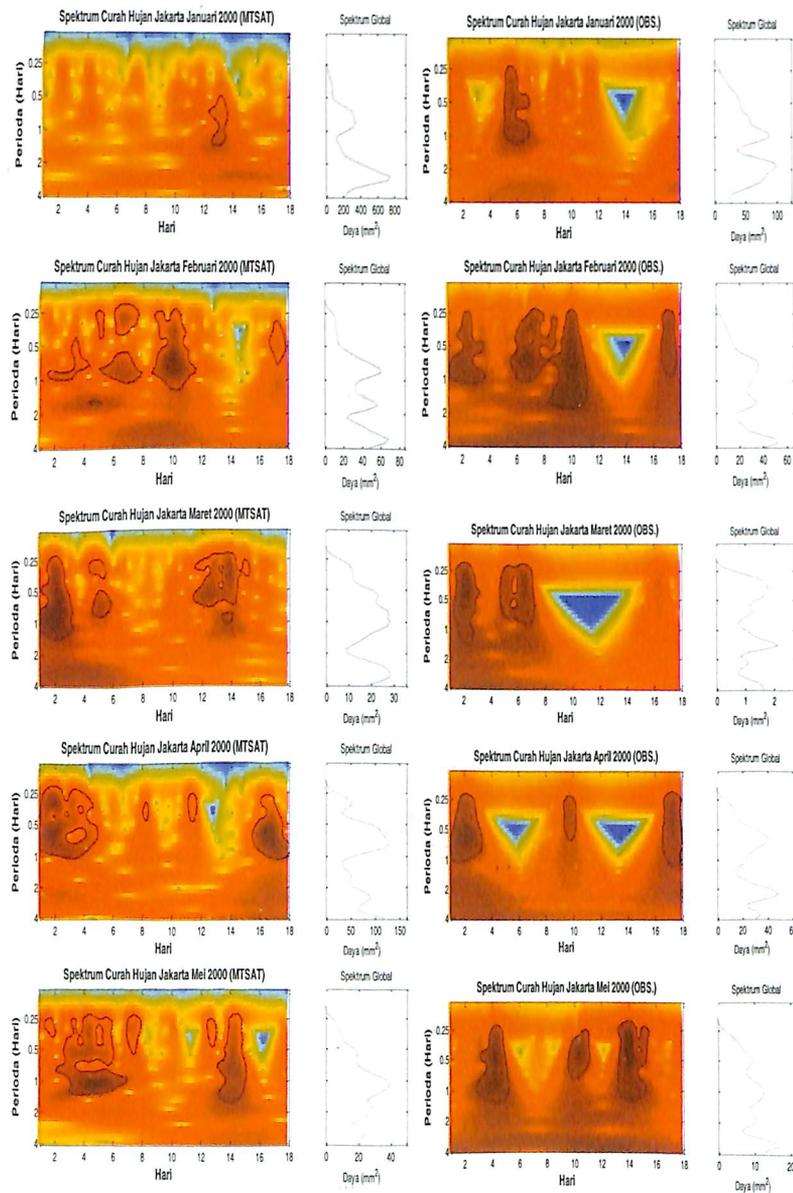


Gambar 3.1 Bias curah hujan MTSAT terhadap curah hujan observasi Bogor (atas), Jakarta (bawah kiri) dan Bandung (bawah kanan)

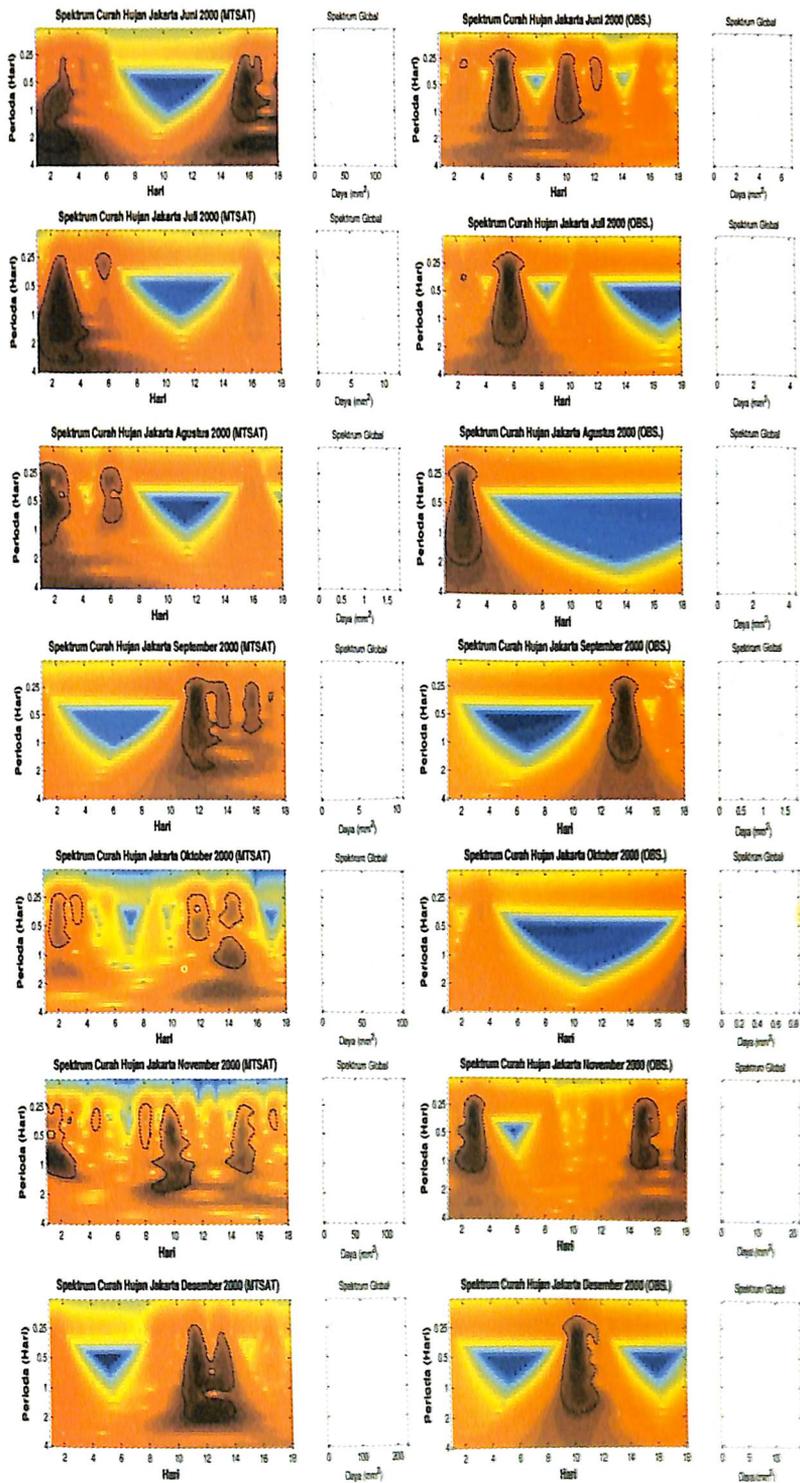
Bias untuk Bogor berkisar -40 sampai $+40$ mm/3jam, untuk Jakarta berkisar -20 sampai $+20$ mm, sedangkan untuk Bandung berada dalam rentang -10 sampai 70 mm/3jam. Bias positif artinya curah hujan estimasi satelit lebih tinggi dibandingkan curah hujan observasi. Bias positif frekuensinya lebih tinggi dibandingkan bias negatif. Kondisi ini berlaku untuk tiga lokasi sampel. Bias negatif untuk Bandung frekuensinya jauh lebih kecil dibandingkan bias positif.

Perbandingan spektrum juga menunjukkan bahwa spektrum curah hujan estimasi satelit berbeda dengan spektrum curah hujan pengukuran untuk semua lokasi pengamatan. Pada makalah ini hanya ditampilkan spektrum curah hujan Jakarta tahun 2000 (Gambar 3.2). Pada Gambar 3.2 nampak bahwa

MTSAT cenderung selalu *over estimate*, diperlihatkan dengan banyaknya *closure* (ada hujan) warna merah pada gambar-gambar sebelah kiri sedangkan pada gambar pembandingnya sebelah kanan tidak ada hujan yang ditandai dengan warna biru tua sampai biru muda.



Gambar 3.2 Spektrum curah hujan MTSAT (kiri) dan spektrum curah hujan observasi (kanan) Jakarta, Januari sampai Mei 2000)



Lanjutan Gambar 3.2 untuk Juni sampai Desember

Ketidaksesuaian curah hujan estimasi dengan curah hujan observasi juga ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi yang rendah ($<0,5$), yang ditunjukkan pada Tabel 3.1. Dari tiga lokasi yang diuji, maka curah hujan estimasi satelit di Bogor paling menyimpang dari curah hujan pengukuran.

Tabel 3.1 Koefisien korelasi antara curah hujan estimasi satelit MTSAT dengan curah hujan pengukuran di permukaan untuk Bogor, Bandung dan Jakarta rata-rata 4 tahun

Bulan	Koefisien korelasi rata-rata 4 tahun		
	Bogor	Bandung	Jakarta
Januari	0,08	0,34	0,32
Februari	0,04	0,15	0,34
Maret	0,13	0,27	0,29
April	0,03	0,26	0,21
Mei	0,05	0,17	0,24
Juni	0,04	0,08	0,18
Juli	0,09	0,20	0,15
Agustus	0,00	0,11	0,04
September	0,21	0,08	0,15
Oktober	0,06	0,30	0,19
November	0,09	0,36	0,24
Desember	0,11	0,20	0,12

4. PEMBAHASAN

Ketidaksesuaian curah hujan estimasi satelit di Bandung, Bogor dan Jakarta dengan curah hujan observasi pada kasus ini, bersesuaian dengan besarnya curah hujan dan deviasi standar. Tampak pada Tabel 4.1 rata-rata curah hujan di tiga lokasi tersebut memiliki deviasi standar yang tinggi (lebih besar dari 1). Artinya bahwa perbedaan intensitas curah hujan dari satu waktu ke waktu yang lain bisa mencapai lebih dari 100 %. Dibandingkan Bandung dan Jakarta, curah hujan estimasi satelit untuk Bogor memiliki perbedaan paling besar dengan curah hujan observasi. Hal ini nampaknya berkaitan dengan curah hujan dan deviasi curah hujan di Bogor yang juga paling besar.

Tabel 4.1 Variasi Curah Hujan di Bandung, Bogor dan Jakarta Selama 4 tahun (Ina Juaeni dan Bayong Tjasyono, 2005)

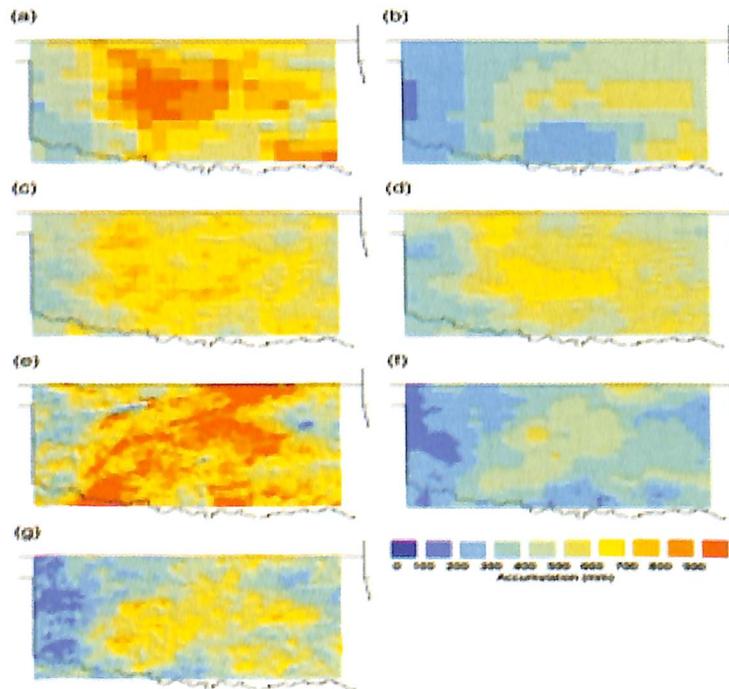
No.	Lokasi	\bar{x}	σ
1.	Bandung	0.605377	1.041585
2.	Bogor	1.256443	1.966599
3.	Jakarta	0.638337	1.029229

Hasil perbandingan di atas menunjukkan bahwa karakter curah hujan di setiap lokasi akan mempengaruhi validitas metode estimasi curah hujan satelit. Selain itu hasil pada bab 3 secara langsung memberikan penegasan bahwa suhu puncak awan yang diestimasi dari data satelit dengan asumsi bahwa awan adalah benda hitam yang memantulkan semua panas dan curah hujan yang diestimasi dari persamaan (2.1) tidak dapat diperbandingkan dengan curah hujan yang terukur di permukaan. Dengan kata lain bahwa metode estimasi curah hujan di atas kurang sesuai untuk digunakan di wilayah Indonesia khususnya di tiga lokasi terkait. Dengan demikian, untuk keperluan aplikasi yang memerlukan prediksi/estimasi curah hujan dengan ketelitian tinggi tidak disarankan menggunakan metode ini. Asumsi bahwa awan adalah benda hitam yang akan memantulkan semua panas adalah asumsi yang terlalu kasar karena awan adalah materi yang dinamis, ketebalannya berubah terhadap waktu. Selain dengan persamaan (2.1) curah hujan bisa diestimasi dengan metode yang lain, salah satunya yang dikenal adalah dengan memperhitungkan luas daerah yang ditutupi awan, dan kemudian curah hujan diestimasi dengan persamaan $R = a_0A + a_1(dA/dt)$ (Stout *et al.*, 1979), dengan R = volume curah hujan (m^3/det), A = luas daerah tutupan awan (m^2), t = waktu (detik), a_0 dan a_1 konstanta. Teknik ini sangat baik untuk area terbatas dan sangat tergantung kepada akurasi *image* satelit. Ada beberapa sumber kesalahan yang dapat ditimbulkan dari metode ini, yaitu atenuasi, kontras latar belakang, kontaminasi, *displacement*, sensor lag, interferensi dan sudut pantau.

Estimasi curah hujan dengan satelit baik dengan menggunakan persamaan (2.1) maupun persamaan yang dipublikasikan oleh Stout *et al.* (1979) belum dapat memenuhi

kebutuhan prediksi curah hujan untuk keperluan tertentu, bahkan jika digunakan lebih dari satu satelitpun (North *et al.*,1992). Dinku *et al.* (2010) melakukan studi perbandingan dengan melibatkan 7 data satelit yang berbeda, yaitu TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) seri 3B42 dan 3B42RT, NOAA/Climate Prediction Center morphing technique (CMORPH), estimasi presipitasi dari *Remotely Sensed Information dengan Artificial Neural Network* (PERSIANN), *Naval Research Laboratory's blended product* (NRLB), dan GSMaP_MVK (*Global Satellite Mapping of Precipitation moving vector with Kalman filter*) dan GSMaP_MVK+. Hasil menunjukkan bahwa data satelit dapat digunakan untuk mendeteksi frekuensi kejadian hujan tetapi kurang valid jika digunakan untuk estimasi jumlah hujan harian. Dari penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa CMORPH dan GSMaP+ adalah metode terbaik sedangkan PERSIANN dan GSMaP metode paling buruk. Studi lain dilakukan oleh Gourley *et al.* (2010), yang hasilnya menunjukkan bahwa curah hujan estimasi TRMM-3B42RT, TRMM-3B42V6, PERSIANN-CCS-RT, dan PERSIANN-CCS-MW menunjukkan pola spasial dan jumlah curah hujan yang tidak sesuai dengan hasil pengukuran *raingauge*, sedangkan curah hujan berdasarkan pengukuran radar dan Stage IV (asimilasi data satelit, radar dan gauge) menunjukkan pola spasial yang serupa meskipun jumlah curah hujan masih berbeda, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.1. Dengan demikian, meskipun saat ini satelit dan sensor-sensor yang diluncurkannya sudah sedemikian detil menggambarkan kondisi atmosfer dan permukaan bumi, namun data satelit perlu digabung dengan data-data skala mikro yang ditempatkan di permukaan untuk penelitian skala kecil seperti estimasi awan dan hujan (Xie and Arkin (1997), Scofield and Vicente (1998), Crow *et al.* (2008) serta Gourley *et al.* (2010)) terlebih jika akan diaplikasikan untuk kegiatan yang memerlukan akurasi tinggi. Meskipun tidak menggunakan satelit MTSAT, tinjauan pustaka di atas telah memberikan gambaran tingkat akurasi curah hujan estimasi yang berbasis data satelit karena prinsip dasar yang digunakannya sama. Untuk keperluan prediksi awal musim, prediksi bencana banjir atau prediksi bencana longsor metode estimasi dengan persamaan (2.1) harus diperbaharui dengan melibatkan unsur pengukuran di permukaan (skala mikro) untuk

mengurangi kesalahan dari aspek mikro fisis.



Gambar 4.1 Curah hujan kumulatif dari Juni sampai Agustus 2007 berdasarkan (a) TRMM-3B42RT, (b) TRMM-3B42V6, (c) PERSIANN-CCS-RT, (d) PERSIANN-CCS-MW, (e) Radar, (f) Gauge, dan (g) Stage IV (Sumber: Gourley *et al.*, 2010)

5 KESIMPULAN

Dengan menggunakan data tahun 2000 dapat diperlihatkan adanya perbedaan antara intensitas curah hujan hasil estimasi data satelit dengan curah hujan observasi (bias). Untuk Bogor, frekuensi bias positif hampir sama dibandingkan bias negatif. Untuk Bandung dan Jakarta, frekuensi bias positif lebih tinggi dibandingkan bias negatif. Bias curah hujan untuk Bogor berkisar antara -40 sampai 40 mm/3 jam, untuk Jakarta berkisar -20 sampai + 20 mm, sedangkan untuk Bandung berada dalam rentang -10 sampai 70 mm/3 jam. Perbandingan spektrum juga menunjukkan bahwa spektrum curah hujan estimasi satelit berbeda dengan spektrum curah hujan pengukuran. Untuk Bandung koefisien korelasi curah hujan estimasi satelit dengan curah hujan observasi 0,36; untuk Bogor korelasi maksimum adalah 0,21 sedangkan untuk Jakarta adalah 0,34. Selain jumlah

curah hujan, polanya juga tidak sesuai. Semakin besar variasi temporal curah hujan di suatu tempat, keakuratan curah hujan satelit semakin berkurang. Dengan kata lain kesesuaian curah hujan estimasi satelit yang menggunakan asumsi benda hitam dan persamaan 2.1 dengan curah hujan permukaan/observasi kurang dari lima puluh persen.

DAFTAR RUJUKAN

- Crow, W. T.; Huffman, G. J.; Bindlish, R.; Jackson, T. J. ; (2008): Improving Satellite-Based Rainfall Accumulation Estimates Using Spaceborne Surface Soil Moisture Retrievals, *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 10.
- Dinku, Tufa, Franklyn Ruiz, Stephen J. Connor, Pietro Ceccato, 2010: Validation and Intercomparison of Satellite Rainfall Estimates over Colombia. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 49.
- Gourley, J. J.; Hong, Y.; Flamig, Z. L.; Li, L. and Wang, J. ; (2010): Intercomparison of Rainfall Estimates from Radar, Satellite, Gauge, and Combinations for a Season of Record Rainfall, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. 49.
- Ina Juaeni , Bayong Tjasyono H. K. (2005): Analisis Variabilitas Curah Hujan Diurnal di Jakarta, Bogor dan Bandung Untuk Mengidentifikasi Proses Konveksi, *Prosiding Seminar Nasional Dies ke 50 FMIPA UGM, 17 September 2005*.
- Kiddre, S. Q. and Haar, T. H. V. (1995): *Satellite Meteorology, An Introduction*. Academic Press, Inc, California.
- Maathuis, B. H. P.; Gieske, A. S. M., Retsios, V.; Leeuwen, B. V.; Mannaerts, C. M.; Hendrikse, J. H. M. (2006): Meteosat-8: From Temperatur to Rainfall, *ISPRS Technical Commission VII, Mid Term Symposium 8*.
- North, G. R.; Shen, S. S. P.; and Upson, R.; (1992): Sampling errors in rainfall estimates by multiple satellites, *Journal of Applied Meteorology*, 32.
- Satellite Program Division, Japan Meteorological Agency, (2012): MTSAT and its system, diunduh dari <http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/> pada Januari 2012.
- Stout, J. E.; Martin, D. W. and Sikdar, D. N.; (1979): Estimating GATE rainfall with Geosynchronous satellite images.

Monthly Weather Review, 107.

- Torrence, C and Compo, G. P. (1998): A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79, 1.
- Vicente, G. A. and Scofield, R. A. (1998): Satellite rainfall estimates in real time for applications to flash flood watches and warnings, heavy precipitation forecasting and assimilation on numerical weather prediction models, *Reprinted from the preprint volume of the 16th Conference on Weather Analysis and Forecasting and Symposium on The Research Foci of the U. S. Weather Research Program 1, Phoenix. AZ, by the American Meteorological Society, Boston.*
- Xie, P. and Arkin, P. A.; (1997) Global Precipitation: A 17-Year Monthly Analysis Based on Gauge Observations, Satellite Estimates, and Numerical Model Outputs, *Bulletin of the American Meteorological Society*, American Meteorological Society.