

ANALISIS AKURASI INFORMASI DAERAH BERPOTENSI BANJIR DAN HUBUNGANNYA DENGAN TINGGI CURAH HUJAN BERDASARKAN DATA PENGINDERAAN JAUH

THE ACCURATION ANALYZIS FOR THE FLOOD POTENTIAL AREA INFORMATION AND ITS RELATIONSHIP TO RAINFALL BASED ON REMOTE SENSING DATA

Indah Prasasti dan Any Zubaidah

*Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

Jl. Kalisari No.8, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta 13710

Pos-el: indah.prasasti@lapan.go.id, septian_5990@yahoo.com

ABSTRACT

There are two types of information provided by LAPAN associated with flood, namely: 1 /. Information of flood potential areas are derived from the Multi-functional Transport Satellites (MTSAT) data, and 2 /. High rainfall information from the Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) data. Both information were published on daily period and can be downloaded through the Natural Disaster Mitigation Information System (SIMBA) website - LAPAN. However, the information accuracy associated with flood event in several regions in Indonesia still needs to be tested. This study aimed to analyze the information accuracy of flood potential area and its relationship to high rainfall during flood events. For this purpose, flood potential area from MTSAT data, daily rainfall from TRMM data, and flood event data from National Board for Disaster Management (BNPB) were used on this study. The result showed that from 392 flood event in all parts of Indonesia, only around 32% (125 flood event) were detected on flood potential area appropriately which was obtained from MTSAT, while 68% are not appropriate. Around 43.8% of flood occurred in high rainfall 0-50 mm and only 0.8% flood occurred on high rainfall more than 100 mm. Thus, the utilization of flood potential area information from MTSAT need to be re-examined in order to obtain more accurate information. On the other hand, the use of high rainfall information at the time of the flood of TRMM still need to be adjusted for the estimated model coefficients and validation of the rainfall observations.

Keywords: MTSAT, TRMM, Potential flood Area, SIMBA-LAPAN

ABSTRAK

Ada dua jenis informasi yang disediakan oleh LAPAN terkait dengan banjir, yakni: 1/. Informasi potensi daerah tergenang banjir yang diturunkan dari data *Multi-functional Transport Satellites* (MTSAT), dan 2/. Informasi tinggi hujan dari data *Tropical Rainfall Measurement Mission* (TRMM). Kedua informasi dipublikasikan secara periodik harian dan dapat diunduh melalui website Sistem Informasi Mitigasi Bencana Alam (SIMBA)-LAPAN. Namun, akurasi dari kedua informasi tersebut terkait dengan kejadian banjir di beberapa wilayah di Indonesia masih perlu diuji. Penelitian ini bertujuan menganalisis akurasi informasi daerah berpotensi banjir dan hubungannya dengan tinggi hujan pada saat kejadian banjir. Untuk tujuan tersebut, penelitian ini menggunakan data daerah berpotensi banjir dari data MTSAT, data curah hujan harian dari TRMM, dan data kejadian banjir dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 392 kejadian banjir di seluruh wilayah Indonesia hanya sekitar 32% (125 kejadian banjir) tepat berada pada daerah yang terdeteksi dari MTSAT berpotensi banjir, sedangkan 68% tidak tepat. Sebanyak 43.8% kejadian banjir terjadi pada tinggi hujan 0 – 50 mm dan hanya 0.8% yang terjadi pada tinggi hujan lebih dari 100 mm. Dengan demikian, pemanfaatan informasi daerah berpotensi banjir dari MTSAT perlu dikaji ulang agar diperoleh informasi yang lebih akurat. Di sisi lain, pemanfaatan informasi tinggi hujan pada saat banjir dari TRMM masih perlu dilakukan penyesuaian koefisien model estimasi dan validasinya terhadap curah hujan observasi.

Kata Kunci: MTSAT, TRMM, Potensi Tergenang Banjir, SIMBA-LAPAN

PENDAHULUAN

Walaupun ada beberapa sumber ketidakpastian yang dapat mempengaruhi akurasi prediksi banjir, namun data curah hujan merupakan data utama yang dapat digunakan untuk

pengembangan pemodelan prediksi banjir.^{1,2} Akan tetapi, ketersediaan data curah hujan sering menjadi kendala dalam pengembangan pemodelan prediksi banjir. Oleh karena itu, pemanfaatan data curah hujan yang diturunkan dari data satelit menjadi pilihan solusi yang patut

dipertimbangkan.³ Selain itu, cara yang efektif dalam menurunkan potensi kerusakan akibat banjir adalah pengembangan sistem peringatan dini banjir melalui pemantauan curah hujan.

Penggunaan data penginderaan jauh (inderaja) untuk estimasi curah hujan telah dikembangkan sejak tahun 60-an yang bertujuan untuk mendapatkan Gambaran global mengenai distribusi hujan di seluruh permukaan bumi. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengestimasi curah hujan berdasarkan data inderaja tersebut, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, seperti yang telah dilakukan di negara-negara subtropis.^{4,5} Hal ini dikarenakan data curah hujan estimasi dari data satelit dapat mengatasi dan meningkatkan ketersediaan data curah hujan yang dikumpulkan dari data observasi.⁶ Ketersediaan data yang baik dapat meningkatkan akurasi model-model turunan; seperti model prediksi banjir atau kekeringan, yang dihasilkan.

Pemanfaatan data inderaja untuk estimasi curah hujan didasarkan pada adanya interaksi antara obyek butiran hujan dengan gelombang elektromagnetik. Selain spektrum tampak (*visible*) dengan panjang gelombang antara 0.4 – 0.75 μm dan inframerah dekat (*near infrared*) dengan panjang gelombang antara 0.75 – 1.1 μm sangat penting dalam hidrometeorologi. Kedua band panjang gelombang ini sangat baik dalam mendeteksi pantulan awan, uap air, aerosol dan udara. Karakteristik awan seperti tekstur, kecerahan, formasi dan pola pada umumnya diinterpretasi secara visual berdasarkan persentase pantulan (*albedo*) dari kedua panjang gelombang ini, sehingga dapat terdeteksi oleh *sounder* atau *profiler* wahana satelit inderaja.^{7,1} Dikarenakan awan bersifat tidak dapat tertembus oleh spektrum tampak atau inframerah, maka suhu kecerahan yang terdeteksi adalah suhu kecerahan puncak awan (*cloud top temperature*).^{8,9} Untuk awan dengan suhu kecerahan yang lebih dingin pada umumnya berasosiasi dengan semakin lebatnya hujan (konvektif) yang terjadi. Untuk gelombang inframerah thermal (10.5 – 12.5 μm), suhu kecerahan dari butiran hujan diukur berdasarkan pancarannya.⁷ Salah satu data inderaja yang dapat digunakan untuk mengestimasi curah hujan berdasarkan suhu puncak awan adalah MTSAT (*Multi-functional Transport Satellite*)-1R.⁶ Selain MTSAT-1R, data lain yang sering digunakan untuk estimasi curah hujan adalah data TRMM (*Tropical Rainfall Measurement Mission*).

MTSAT merupakan generasi penerus dari GMS/Himawari yang luas liputannya mencakup setengah belahan bumi (*hemisphere*), meliputi Asia timur, Pasifik barat dan Australia. Satelit ini mempunyai 5 kanal, yakni: kanal tampak (0.55 – 0.9 μm), kanal IR1 (10.3 – 11.3 μm), IR2 (11.5 – 12.5 μm), kanal IR3 (6.5 – 7.0 μm), Kanal IR4 (3.5 – 4.0 μm). Resolusi spasial untuk kanal tampak adalah 1 Km, sedangkan untuk kanal inframerah adalah 4 Km. Resolusi temporalnya 1 jam-an dan 30 menit untuk belahan bumi utara.¹⁰ Kelemahannya adalah resolusi spasialnya yang rendah, sebagai konsekuensi dari tingginya orbit satelit. Sementara itu, TRMM merupakan Satelit TRMM yang dikembangkan melalui kerjasama antara NASA (badan antariksa nasional AS) dan JAXA (badan antariksa Jepang) yang dirancang untuk memantau dan mengkaji hujan di wilayah tropis. Satelit TRMM ini membawa 5 macam sensor yaitu: *Precipitation radar (PR)*, *TRMM Microwave Imager (TMI)*, *Visible and Infrared Scanner (VISR)*, *Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)* dan *Lightning Imaging Sensor (LIS)*.¹¹ Sensor TMI merupakan sensor gelombang mikro yang digunakan untuk mendeteksi hujan. Chen *et al.*¹² mengkaji potensi pemanfaatan data TRMM untuk estimasi curah hujan di wilayah tangkapan air Sungai Dongjiang, China Selatan dan menguji performa data curah hujan TRMM dalam pemodelan hidrologi. Hasilnya menunjukkan bahwa data TRMM mempunyai presisi yang tinggi dan berkorelasi baik dengan curah hujan observasi pada skala wilayah tangkapan air atau Daerah Aliran Sungai (DAS), sedangkan pada skala titik pengamatan presisinya lebih rendah.

Kombinasi kedua data satelit ini (MTSAT dan TRMM) juga telah digunakan untuk mengestimasi curah hujan di pulau Jawa dengan terlebih dahulu menghubungkan antara suhu puncak awan dengan data curah hujan TRMM.¹³ Penelitian lain menganalisis hubungan antara suhu kecerahan awan dari data MTSAT-1R dengan curah hujan dari data QMorph menggunakan analisis regresi-korelasi dan analisis marjinal. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang cukup signifikan antara suhu kecerahan awan dari data MTSAT-1R dengan curah hujan dari QMorph. Semakin rendah suhu awan, maka semakin tinggi curah hujan.¹⁴

Menurut catatan Badan Nasional Penggulangan Bencana (BNPB), banjir merupakan bencana dengan frekuensi kejadian paling tinggi dibandingkan dengan bencana lainnya. Berbagai upaya dilakukan untuk

mengurangi dampak yang terjadi akibat banjir. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melalui penyediaan informasi yang akurat gunaantisipasi dini kejadian banjir. Pilihan solusi adalah dengan melibatkan penggunaan data satelit penginderaan jauh.

Ada dua tipe informasi yang dipublikasi oleh LAPAN yang digunakan untuk mendukungantisipasi dini banjir di seluruh wilayah Indonesia, yakni: informasi prediksi daerah berpotensi banjir dari data MTSAT dan informasi sebaran tinggi hujan yang diturunkan dari data TRMM. Namun sejauh ini, penelitian akurasi dari kedua informasi tersebut; khususnya akurasi informasi prediksi daerah berpotensi banjir yang dihasilkan dari MTSAT dalam mendeteksi lokasi kejadian banjir, masih perlu dikaji kembali. Walaupun hasil penelitian sebelumnya mendapatkan bahwa nilai ambang (*threshold*) suhu puncak awan -25°C mempunyai akurasi lebih dari 80% dalam mendeteksi kejadian hujan lebat.¹⁵ Selain itu, akumulasi hasil informasi prediksi daerah berpotensi banjir di seluruh wilayah Indonesia terkait erat dengan pola musim hujan yang berlangsung pada masing-masing wilayah di Indonesia.¹⁶ Namun demikian, penelitian ini masih perlu dilakukan untuk menganalisis hubungan antara informasi daerah berpotensi banjir yang diturunkan dari data MTSAT dengan tinggi hujan dari data TRMM guna menilai tingkat akurasi kedua informasi tersebut serta memvalidasi hubungan keduanya terhadap posisi lokasi kejadian banjir.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis akurasi informasi prediksi daerah berpotensi banjir dan hubungannya dengan tinggi hujan pada daerah kejadian banjir.

METODOLOGI

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data TRMM harian dan citra/informasi daerah berpotensi banjir dari data MTSAT-1R. Sebagai pembanding, digunakan pula data kejadian banjir (koordinat lokasi dan tanggal kejadian banjir) yang diperoleh dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) periode Januari 2012 hingga September 2012, dan peta batas administrasi kecamatan.

Metode

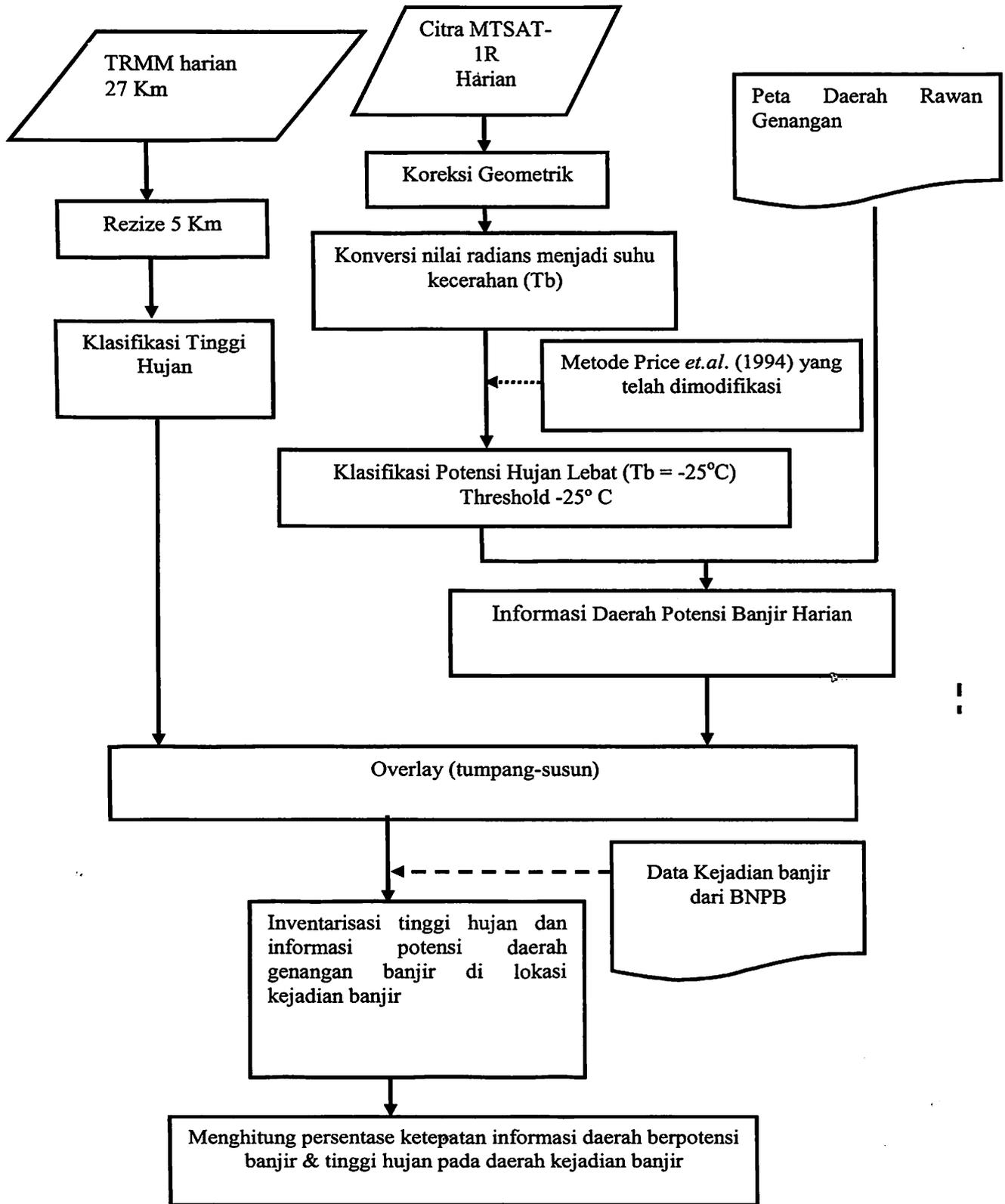
Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap pengolahan data, sebagai berikut: 1/. Ekstraksi informasi tinggi hujan harian dari data TRMM

yang selanjutnya diklasifikasi menjadi 5 kelas, yakni: a/. kelas 0 – 5 mm, b/. 5 – 20 mm, c/. 20 – 50 mm, d/. 50 – 100 mm, dan e/. 100 – 300 mm., 2/. Ekstraksi informasi (citra) harian daerah berpotensi banjir dari data MTSAT-1R harian yang dihasilkan dari integrasi antara klasifikasi potensi hujan lebat dengan peta daerah rawan genangan., 3/. Dari kedua informasi pada poin 1 dan 2 dilakukan *overlay* (tumpang tindih). Selanjutnya berdasarkan informasi kejadian banjir (tanggal dan koordinat lokasi kejadian banjir) dilakukan inventarisasi tinggi hujan dan ada atau tidaknya informasi potensi banjir pada daerah kejadian banjir., 4/. Menghitung persentase ketepatan informasi daerah berpotensi banjir dan besaran tinggi hujan pada daerah kejadian banjir. Persentase informasi daerah berpotensi banjir yang benar (tepat) dalam mendeteksi kejadian banjir pada suatu daerah dihitung berdasarkan rasio antara jumlah yang tepat terhadap jumlah keseluruhan kejadian banjir., 5/. Menentukan besaran tinggi hujan pada setiap titik lokasi kejadian banjir baik yang tepat ataupun tidak tepat berada pada daerah berpotensi banjir. Keseluruhan tahapan penelitian ini secara rinci disajikan dalam Gambar bagan alir Gambar 1.

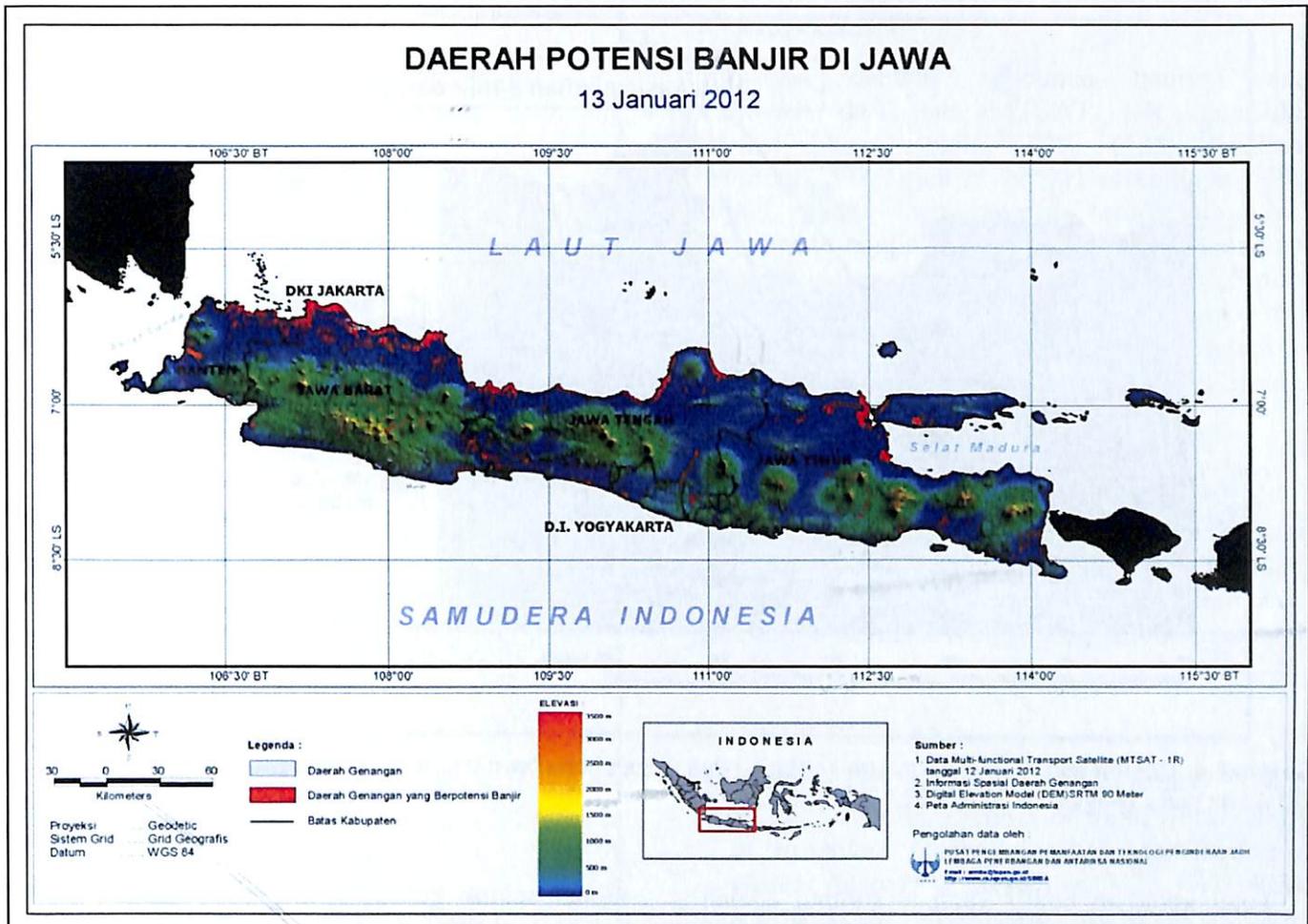
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengolahan data MTSAT-1R dihasilkan informasi potensi hujan lebat yang selanjutnya ditumpang-susulkan dengan peta daerah rawan genangan akan menghasilkan informasi daerah berpotensi banjir. Gambar 2 memperlihatkan contoh informasi (citra) daerah berpotensi banjir (warna merah) di Pulau Jawa pada tanggal 13 Januari 2012. Sementara itu, Gambar 3 memperlihatkan contoh hasil tumpang-susun antara informasi daerah berpotensi banjir dari data MTSAT, informasi klasifikasi tinggi hujan dari data TRMM, dan koordinat lokasi kejadian banjir di Pulau Jawa pada tanggal 13 Januari 2012. Selanjutnya berdasarkan titik koordinat lokasi dan tanggal kejadian banjir dilakukan inventarisasi tinggi hujan dan ada atau tidaknya informasi daerah berpotensi banjir pada daerah kejadian banjir di seluruh wilayah, pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi.

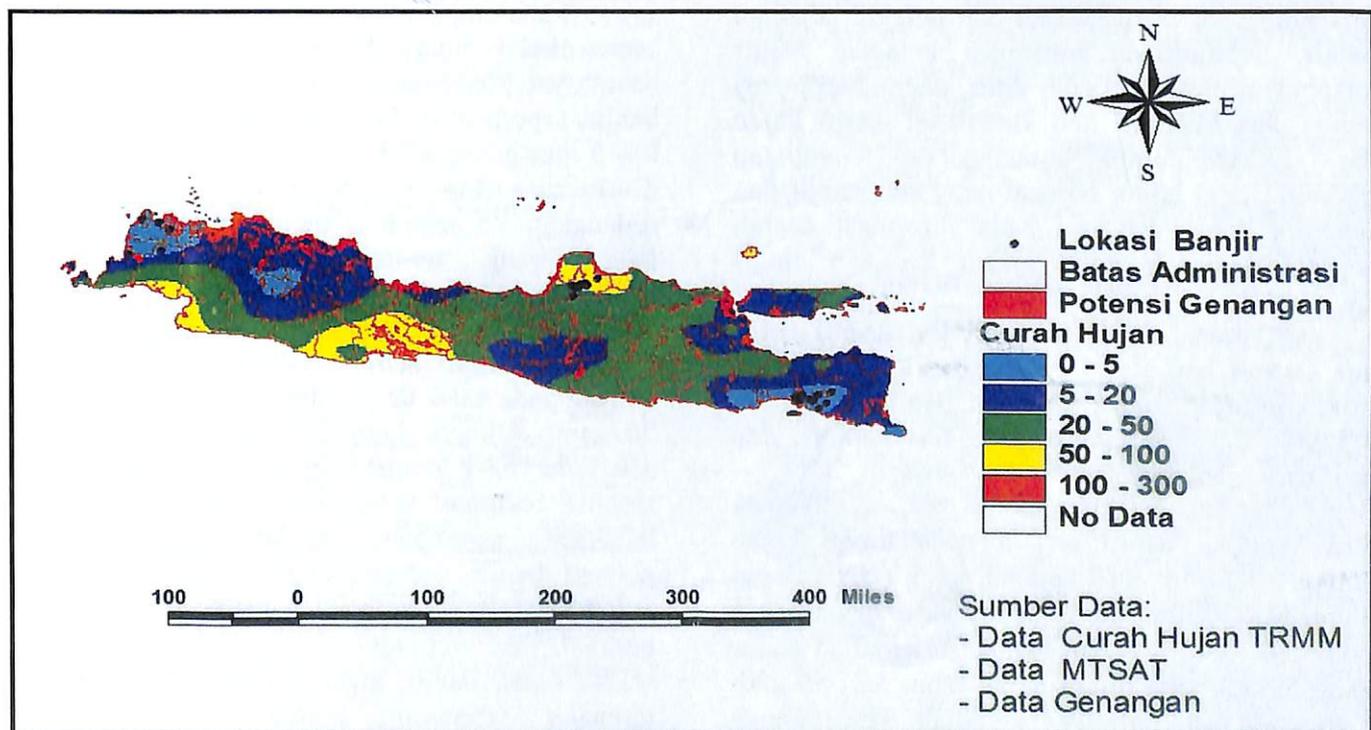
Hasil pengumpulan data kejadian banjir dari BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) selama periode Januari 2012 – September 2012 di wilayah P. Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi terkumpul berturut-turut sebanyak 304, 44, 8, dan 36 kejadian banjir (Gambar 5).



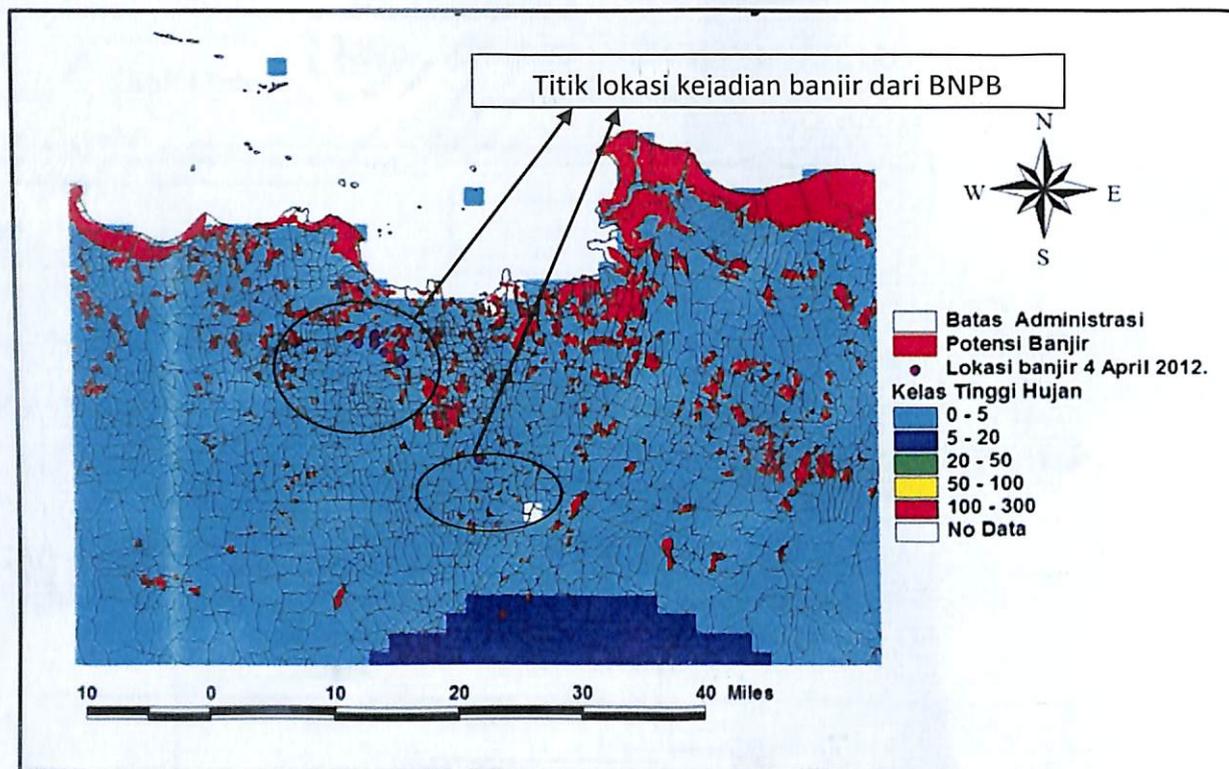
Gambar 1. Bagan Alir Proses Analisis Daerah Berpotensi Banjir Harian dan Hubungannya dengan Tinggi Hujan Pada Daerah Kejadian Banjir



Gambar 2. Contoh Informasi Daerah Berpotensi Banjir di pulau Jawa pada Tanggal 13 Januari 2012



Gambar 3. Contoh hasil tumpang-susun antara citra daerah berpotensi banjir dengan citra klasifikasi tinggi hujan dari TRMM dan titik-titik koordinat lokasi banjir pada tanggal 13 Januari 2012 di pulau Jawa



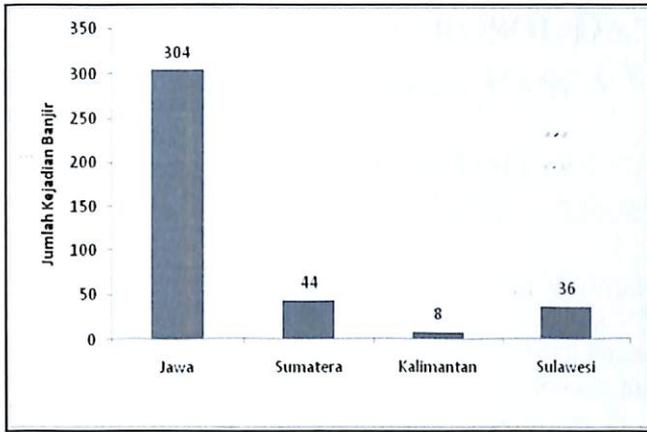
Gambar 4. Contoh teknik inventarisasi tinggi hujan dan daerah berpotensi banjir di beberapa lokasi kejadian banjir di Jakarta pada Tanggal 14 April 2012

Total kejadian banjir yang terkumpul adalah 392 kejadian banjir di seluruh wilayah P. Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi. Informasi kejadian banjir yang diperoleh dari BNPB berupa titik koordinat posisi lokasi dan tanggal kejadian banjir. Selanjutnya, informasi kejadian banjir tersebut diplotkan pada citra daerah berpotensi banjir dari MTSAT dan klasifikasi tinggi hujan dari TRMM untuk mendapatkan gambaran besaran tinggi hujan sebagai penyebab banjir dan seberapa tepat estimasi pada informasi daerah berpotensi banjir pada lokasi kejadian banjir tersebut.

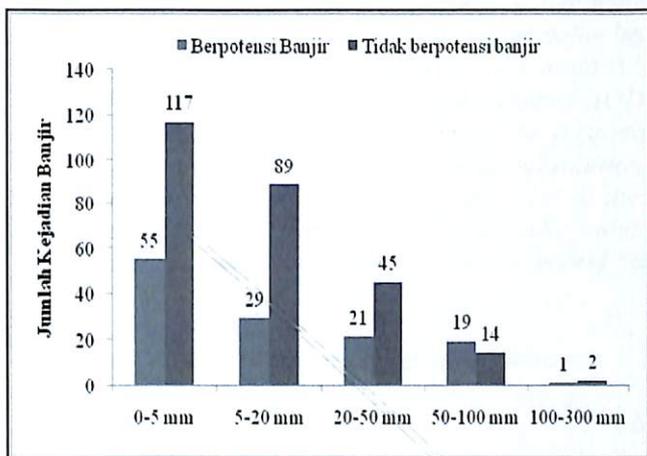
Hasil inventarisasi tinggi hujan dari TRMM dan daerah berpotensi banjir dari MTSAT pada titik koordinat lokasi kejadian banjir di seluruh wilayah P. Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi selama periode Januari 2012 – September 2012 menunjukkan bahwa sebanyak 172 kejadian banjir terjadi pada tinggi hujan antara 0 – 5 mm, 118 kejadian banjir pada tinggi hujan 5 – 20 mm, 66 kejadian banjir pada tinggi hujan 20 – 50 mm, dan hanya 36 kejadian banjir yang terjadi pada tinggi hujan lebih dari 50 mm. Sementara itu, dari 392 kejadian banjir hanya sebesar 32% (125 kejadian banjir) yang terdeteksi berada pada daerah berpotensi banjir, sedangkan selebihnya 68% (267 kejadian banjir) tidak berada di daerah yang terdeteksi sebagai daerah berpotensi banjir. Kondisi ini terjadi hampir di

semua selang kelas tinggi hujan, kecuali pada kelas tinggi hujan 50 – 100 mm (Gambar 6).

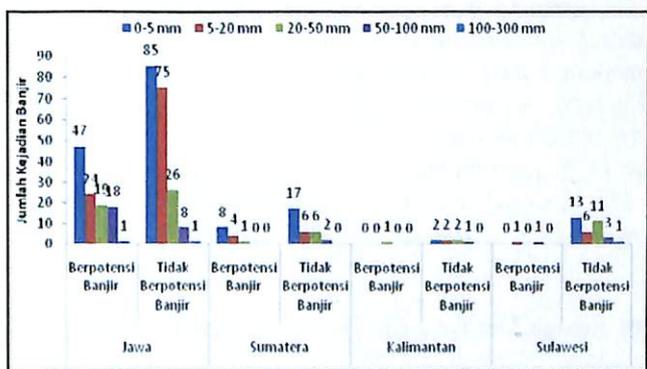
Berdasarkan Gambar 7 tampak bahwa sebagian besar kejadian banjir di wilayah P. Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi pada semua kelas tinggi hujan tidak berada pada daerah yang terdeteksi sebagai daerah berpotensi banjir, seperti di P. Jawa pada kelas tinggi hujan 0 – 5 mm hanya 47 kejadian banjir yang berada di lokasi yang terdeteksi berpotensi banjir sedangkan 85 kejadian banjir tidak berada di lokasi yang terdeteksi berpotensi banjir. Demikian pula halnya yang terjadi di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi. Selain itu, kejadian banjir di hampir semua wilayah terjadi paling banyak pada kelas tinggi hujan 0 – 5 mm dan 5 – 20 mm. Adanya ketidaksamaan waktu lintas satelit MTSAT dengan TRMM dan perbedaan resolusi temporal antara kedua data merupakan beberapa penyebab ketidaksesuaian antara potensi banjir dengan tinggi hujan penyebab banjir. Hal ini dikarenakan cuaca sangat cepat berubah dan berpindah. Makin jauh perbedaan waktu lintas satelit, maka semakin berpengaruh terhadap ketepatan estimasi curah hujan. Semakin kecil perbedaan waktu lintas kedua satelit, maka distribusi awan hujan antara kedua citra secara spasial relatif sama sehingga mampu menangkap kondisi cuaca dalam waktu yang relatif juga sama.¹³



Gambar 5. Jumlah kejadian banjir periode Januari 2012 – September 2012 di pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi



Gambar 6. Distribusi kejadian banjir pada masing-masing kelas tinggi hujan dan keberadaannya pada daerah berpotensi banjir



Gambar 7. Distibusi kejadian banjir pada masing-masing kelas tinggi hujan dan keberadaannya pada daerah potensi banjir di P. Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi

KESIMPULAN

Informasi daerah berpotensi banjir yang diekstraksi dari data MTSAT 1-R memiliki akurasi hanya sekitar 32% (125 kejadian banjir dari 392 kejadian banjir) selebihnya 68% terjadi pada daerah yang terdeteksi tidak berpotensi banjir. Sebanyak 43.9% kejadian banjir terjadi pada tinggi hujan antara 0 – 5 mm dan hanya sekitar 9.2% pada tinggi hujan lebih dari 50 mm. Dengan demikian, pemanfaatan kedua informasi terkait prediksi banjir tersebut masih perlu kajian lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bidang Proinfo, Pusfatja, LAPAN atas bantuan pengolahan datanya dan Tim Mitra Bestari atas koreksinya serta LAPAN yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

¹Kavetski, D.; Kuczera, G.; Franks, S.W., 2006. "Bayesian analysis of input uncertainty in hydrological modeling: 2 Application". *Water Resources Research*, 42, (W03408) (doi:10.1029/2005WR004376). [Diakses pada Tanggal 20 Juni 2015]

²Krzyzstofowicz, R. 2001. "The case for probabilistic forecasting in hydrology". *Journal of Hydrology*, 249, p: 2–9.[Diakses pada Tanggal 20 Juni 2015]

³Negri, A; Burkardt, N.; Golden, J.H.; Halverson, J.B.; Huffman, G.J.; Larsen, M.C.; Mcginley, J.A.; Updike, R.G.; Verdin, J.P; Wiczorek, J.F. 2004. "The Hurricane-Flood-Landslide Continuum", *Bulletin of American Meteorological Society* (doi:10.1175/BAMS-86-9-1241). [Diakses pada Tanggal 20 Juni 2015]

⁴Hong, Yang, R.F. Adler, A. Negri, and G.J. Huffman, 2007. "Flood and Landslide Applications of Near Real-time Satellite Rainfall Estimation", *Journal of Natural Hazards*, DOI: 10.1007/s11069-006-9106-x. [Diakses pada Tanggal 20 April 2015]

⁵Hong, Y., Adler, R., and Huffman, G., 2006. "Evaluation of The Potential of NASA Multi-Satellite Precipitation Analysis in Global Landslide Hazard Assessment", *Geophysical Research Letters*, 33, L22402, doi:10.1029/2006GL028010.[Diakses pada Tanggal 20 April 2015]

⁶Begkhuntod, P., 2007. "Application of Sattelite Information for Flood Risk Reduction in Mekong River Basin", Regional Workshop on

Innovative Approaches to Flood Risk Reduction in The Mekong Basin, Khon Kaen, Thailand: 17 – 19 October 2007. [Diakses pada Tanggal 20 April 2015].

- ⁷Strangeways, I., 2007. “*Precipitation Theory, Measurement and Distribution*”, Cambridge, Cambridge Univerisity Press.
- ⁸Carleton, A. M., 1991. “*Satellite Remote Sensing in Climatology*”, London, Belhaven Press.
- ⁹Kidd, C. and Levizanni, V., 2010. “*Status of Satellite Precipitation Retrivals*”, Proceeding “Earth Observation and Water Cycle Science”, Frascati, Italy, 18 – 20 November 2009.
- ¹⁰JMA, 2003. “JMA HRIT Mission Specific Implementation”, Retrieved 20 May, 2008, from http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/mtsatl1r/4.2HRIT_1.pdf.
- ¹¹JAXA, 2002. “TRMM data users handbook”, Retrieved 12 November 2007, from http://www.eorc.nasda.go.jp/TRMM/document/text/handbook_e.pdf.
- ¹²Chen, C., Z. Yu, L. Li, C. Yang., 2011. “*Adaptability Evaluation of TRMM Satellite Rainfall and Its Application in Dongjiang River Basin*”, *Procedia Environmental Sciences* 10, 2011 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011). Doi:10.1016/j.proenv.2011. 09.065. p: 396 – 402. [Diakses Tanggal 30 Juli 2015].
- ¹³Suseno, D. P. Y, 2009. “*Geostationary Satellite Based Rainfall Estimation for Hazard Studies and Validation: A Case study of Java Island, Indonesia*”, [Thesis], Double Degree M.Sc Programme Gadjah Mada University – International Institute for Geo-Information Science and Earth Observasion, Yogyakarta, [Diakses tanggal 10 Februari 2012].
- ¹⁴Parwati, Suwarsono, Ayu, K., Kartasasmita, M., 2009. “*Penentuan Hubungan antara Suhu Kecerahan Data MTSAT dengan Curah Hujan Data QMorph*”, *Jurnal Penginderaan Jauh* Vol. 6, p: 32 – 42.
- ¹⁵Haryani, N.S., Fajar, Y., Manoppo, K.A., 2011. “*Laporan Akhir Kegiatan Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana*”, Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN, Jakarta.
- ¹⁶Zubaidah, A. dan Prasasti, I,2012. “*Analisis Daerah Potensi Banjir di Indonesia Berbasis Penginderaan Jauh*”, *Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer*, PSTA, Pusat Sains Atmosfer, LAPAN, Bandung, Juni 2013. ISBN: 978-979-1458-64-1.