

Analisis Pemanfaatan Data TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) untuk Deteksi Kejadian dan Estimasi Hujan

Indah Prasasti¹, Nur Febrianti¹, Parwati¹, Nurwita Sari Mustika¹

¹Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN. Email: septian_5990@yahoo.com

Abstrak –Secara spasial, curah hujan dapat diestimasi menggunakan data satelit, seperti data TRMM. Untuk aplikasinya secara luas, data TRMM masih memerlukan faktor koreksi untuk masing-masing wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan data TRMM dalam mendeteksi kejadian hujan dan estimasi hujan di suatu tempat. Penelitian ini dilakukan pada 3 (tiga) titik lokasi stasiun observasi curah hujan, yakni: UI, Cengkareng, dan Kemayoran. Untuk mencapai tujuan penelitian dilakukan dengan menggunakan dua teknik yakni: a. Teknik tabel kontingensi yang ditujukan untuk menilai kemampuan data TRMM dalam mendeteksi kejadian hujan dan b. Teknik gridding (interpolasi) untuk model estimasi curah hujan. Dari hasil validasi data TRMM menunjukkan bahwa data TRMM mempunyai kemampuan cukup baik dalam mendeteksi curah hujan di wilayah penelitian dengan probabilitas (POD rain) lebih dari 60% dan kejadian tidak hujan (POD no rain) sekitar 40% – 55%. Akurasi mencapai 50% – 60% dan sekitar 25 % hingga 50% kejadian hujan yang dideteksi oleh TRMM adalah benar. Estimasi menggunakan teknik gridding (interpolasi) pada data dasarian memberikan akurasi yang cukup tinggi dan mampu mewakili sekitar 25% - 70% keragaman curah hujan observasi.

Kata kunci: TRMM, Tabel Kontingensi, Curah Hujan

PENDAHULUAN

Kebutuhan data curah hujan dalam berbagai pengembangan model (banjir, kekeringan, prediksi iklim, dsb) sering terkendala oleh ketersediaan data di lapangan, sehingga diperlukan alternatif teknologi yang mampu menyediakan data curah hujan yang relatif *near-real time* dan mencakup areal yang lebih luas. Salah satu pilihan solusinya adalah dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh yang dewasa ini telah banyak dikembangkan, seperti data TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), CMORPH, Qmorph, dan sebagainya.

Secara spasial, curah hujan dapat diestimasi menggunakan data TRMM. Untuk aplikasinya secara luas, data TRMM masih memerlukan faktor koreksi untuk masing-masing wilayah. Selain itu, curah hujan merupakan unsur cuaca yang mempunyai variabilitas yang paling tinggi di antara unsur iklim yang lain. Oleh karena itu, untuk menilai kemampuan TRMM dalam mendeteksi kejadian hujan dan hasil estimasi dari data satelit masih diperlukan kajian. Hal ini perlu dilakukan agar diperoleh gambaran tingkat akurasi yang baik sebelum diaplikasikan dan dioperasionalkan.

Untuk menilai potensi TRMM dalam mendeteksi kejadian hujan dapat dilakukan melalui penerapan teknik tabel kontingensi. Sementara itu, untuk menentukan nilai dugaan curah hujan di suatu titik lokasi dapat dilakukan melalui teknik *gridding* (interpolasi). Teknik tabel kontingensi merupakan teknik yang memasangkan data curah hujan observasi dan data curah hujan dugaan setiap stasiun berdasarkan frekuensi “ya” dan “tidak” (Ebert, *et al*, 2007) (Tabel 2.1). Teknik ini disebut juga dengan teknik *probability of detection* (POD) dan *False Alarm Rate* (FAR). Teknik ini merupakan salah satu metode yang termasuk ke dalam metode *Relative Operating Characteristics* (ROC). ROC merupakan metode untuk menilai kemampuan sistem prediksi berdasarkan kontingensi yang menampilkan *skill* sistem prediksi. ROC membandingkan data yang *hit rate* dengan *false alarm* (Kadarsah, 2010). Menurut Satrya (2012), *hit rate* yang sering disebut dengan POD menyatakan seberapa baik kejadian hujan diprediksi, sedangkan *false alarm* menyatakan berapa persen dari prediksi hujan yang merupakan prediksi yang salah. *Hit rate* dan *false alarm* dihitung dalam setiap rentang probabilitas. Dalam POD dibagi menjadi *probability of detection rain* (POD rain) dan *probability of detection no rain* (POD no rain).



Tabel 2.1. Tabel Kontingensi (Elbert *et al.*, 2007)

Estimasi	Observasi			Total
	Yes	No	Total	
Yes	Hits	False Alarm (FA)	Estimated Yes	
No	Misses	Correct Negatives (null)	Estimated No	
Total	Observed Yes	Observed No	Total	

Teknik tabel kontingensi ini telah dimanfaatkan oleh beberapa peneliti seperti Ebert *et al.* (2007), Moffitt *et al.* (2010), Kadarsah (2010), dan Saputro (2013). Ebert *et al.* (2007) memanfaatkan teknik ini untuk memvalidasi curah hujan di wilayah Eropa dan Australia dengan POD *rain* sebesar 0.56 di Eropa, dan 0.54 di Australia. Sementara itu, Moffitt *et al.* (2010) menggunakan teknik ini untuk mengkaji potensi pemanfaatan data TRMM untuk menduga curah hujan di wilayah Bangladesh dan menghasilkan nilai POD *rain* sebesar 0.57 dan POD *no rain* sebesar 0.78. Kadarsah (2010) menggunakan teknik ini untuk wilayah Banda Aceh dengan hasil POD *rain* sebesar 0.875.

Teknik *gridding* telah dimanfaatkan oleh peneliti di LAPAN untuk mengestimasi besarnya curah hujan di suatu tempat. Namun dalam aplikasinya belum banyak dikaji seberapa besar tingkat akurasi. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan penilaian seberapa besar akurasi dari pemanfaatan teknik ini dalam mengestimasi curah hujan di suatu lokasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan data TRMM dalam mendeteksi kejadian hujan dan estimasi hujan di suatu tempat. Penelitian ini dilakukan pada 3 (tiga) titik lokasi stasiun observasi curah hujan, yakni: UI, Cengkareng, dan Kemayoran.

DATA DAN METODE

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data penginderaan jauh TRMM harian tahun 2008 – 2011. Data curah hujan TRMM diperoleh dari hasil pengolahan Bidang Produksi Informasi. Sementara itu, data pendukung adalah data curah hujan observasi dari 3 (tiga) stasiun, yakni: UI, Cengkareng, dan Kemayoran pada tahun 2008 - 2011.

Metode

Penelitian ini dilakukan menggunakan 2 (dua) cara (teknik), yakni: 1/. Menggunakan Teknik Tabel Kontingensi untuk menilai kemampuan data TRMM dalam mendeteksi curah hujan di suatu wilayah dan 2/. Menggunakan teknik *gridding* (interpolasi) dalam resolusi 1 km. Teknik *gridding* ditujukan untuk mendapatkan model estimasi curah hujan dan faktor koreksi untuk masing-masing stasiun yang digunakan dalam penelitian.

Masing-masing teknik dilakukan melalui beberapa tahap pengolahan data sebagai berikut:

Teknik Tabel Kontingensi

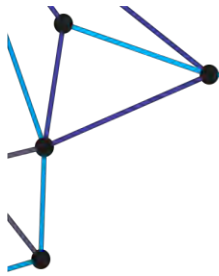
Dalam teknik ini prosedur pengolahan data dilakukan melalui tahap berikut: a/. Mengelompokkan nilai curah hujan yang termasuk pada parameter Tabel Kontingensi (*Hit, False Alarm, Miss, dan Null*) berdasarkan pasangan data curah hujan TRMM dan observasi sesuai dengan kriteria pada Tabel 2.1., 2/. Menghitung jumlah data yang termasuk masing-masing parameter Tabel Kontingensi (*Hit, False Alarm, Miss, dan Null*), 3/. Menghitung nilai masing-masing parameter validasi: Akurasi, POD *rain*, POD *no rain*, FA *rain*, FA *no rain*, Bias Score, CSI (*Critical Success Index*), dan korelasi (r) dengan formulasi sebagai berikut (Suseno, 2009):

$$Akurasi = \frac{Hits + Nulls}{Total} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$Bias\ Score = \frac{Hits + False\ Alarms}{Hits + Misses} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$POD_{rain} = \frac{Hits}{Hits + Misses} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$POD_{no\ rain} = \frac{Nulls}{Nulls + False\ Alarms} \dots \dots \dots (3.4)$$



$$FAR_{rain} = \frac{False\ Alarms}{Hits + False\ Alarms} \dots \dots \dots (3.5)$$

$$FAR_{no\ rain} = \frac{False\ Alarms}{Nulls + False\ Alarms} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$CSI = \frac{Hits}{Hits + Misses + False\ Alarms} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{dgi} - \overline{x_{dg}})(x_{obi} - \overline{x_{ob}})}{\left(\sum_{i=1}^n (x_{dgi} - \overline{x_{dg}})^2 \sum_{i=1}^n (x_{obi} - \overline{x_{ob}})^2 \right)^{1/2}} \dots \dots \dots (3.8)$$

dengan r adalah korelasi, X_{dgi} adalah nilai curah hujan estimasi TRMM hari ke-i, X_{ob} adalah nilai curah hujan observasi ke-i, $\overline{X_{dg}}$ adalah nilai rata-rata curah hujan TRMM, $\overline{X_{ob}}$ adalah nilai rata-rata curah hujan observasi.

Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excell.

Teknik Gridding (interpolasi)

Proses *gridding* (interpolasi) dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ErMapper 7.1. Pengolahan awal yang dilakukan adalah cropping data TRMM untuk wilayah Jabodetabek. Selanjutnya dilakukan penyesuaian resolusi spasial data TRMM melalui proses *gridding* menggunakan tipe grid *Minimum Curvature* untuk memperhalus resolusi ukuran piksel dari 0.25° x 0.25° yang setara dengan 27 km x 27 km menjadi 1 km² atau 0.009009°. Selanjutnya, dengan memasukkan titik koordinat (Lintang dan Bujur) stasiun dan menjadikannya sebagai titik pusat dilakukan *buffering* dengan radius 1 km dan ekstraksi nilai curah hujan untuk masing-masing stasiun.

Validasi nilai curah hujan hasil *gridding* untuk menilai akurasinya diukur berdasarkan nilai keragaman (R^2), korelasi (r), dan *root mean square error* (RMSE). RMSE dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \dots \dots \dots (3.9)$$

dengan \hat{y}_i adalah nilai curah hujan hasil estimasi ke-i dari data TRMM, y_i adalah curah hujan observasi ke-i, dan n adalah banyaknya data pengamatan yang digunakan dalam penelitian. Jika nilai r curah hujan estimasi dengan curah hujan observasi semakin besar maka semakin kuat hubungan di antara keduanya sehingga nilai estimasi akan semakin mendekati pola data aktualnya. Galat atau *error* didefinisikan sebagai selisih antara curah hujan estimasi dengan curah hujan observasi. RMSE menunjukkan tingkat bias pendugaan yang dihasilkan oleh model estimasi curah hujan.

Sementara itu, untuk menentukan tingkat kemiripan antara nilai estimasi model dengan observasi dilakukan perhitungan nilai koefisien efisiensi (CE) dengan persamaan berikut:

$$CE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \overline{Q_o})^2} \dots \dots \dots (3.10)$$



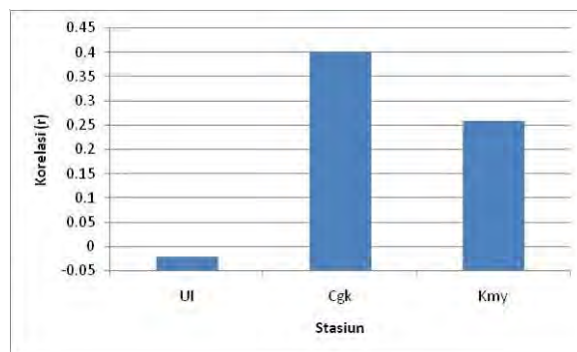
dengan CE adalah koefisien efisiensi, Q_o^t adalah nilai observasi ke- t , Q_m^t adalah nilai estimasi model ke- t , dan Q_o adalah nilai rata-rata observasi. Nilai CE adalah ≤ 1 . Nilai koefisien efisiensi 1 ($CE = 1$) menunjukkan hasil simulasi sempurna atau dengan kata lain model memiliki tingkat kemiripan 100% dengan observasi. Nilai CE yang semakin kecil dari 1 menunjukkan penurunan tingkat akurasi model. Nilai CE negatif menunjukkan model tidak layak untuk diaplikasikan. Dengan demikian, nilai koefisien efisiensi dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat akurasi luaran suatu model secara kuantitatif.

Proses pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan ErMapper 7.1, Arc View GIS 3.2 dan Microsoft Excell.

HASIL DAN PEMBAHASAN

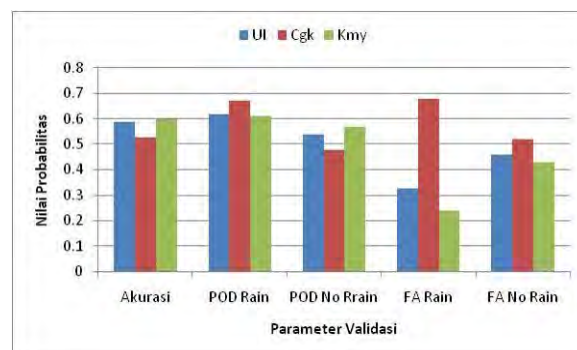
Validasi Menggunakan Teknik Kontingensi

Validasi dengan menggunakan teknik kontingensi ini dilakukan pada data curah hujan harian bulan Januari – Februari periode 2008 – 2011 dari 3 stasiun observasi, yakni: UI, Cengkareng (Cgk), dan Kemayoran (Kmy). Hasil korelasi (r) antara curah hujan hasil estimasi TRMM harian dengan observasi di ketiga stasiun tidak cukup baik. Nilai r tertinggi hanya 0.4 yang diperoleh oleh stasiun Cengkareng (Gambar 3.1).



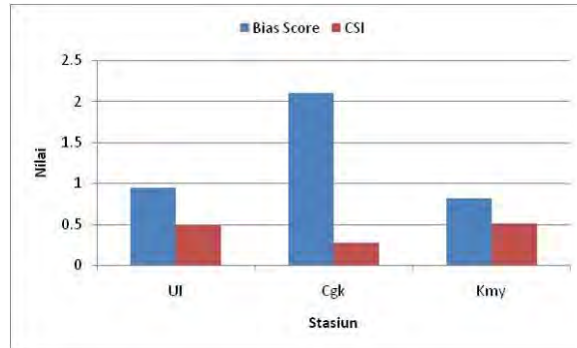
Gambar 3.1. Nilai korelasi antara curah hujan TRMM harian dengan data observasi di 3 (tiga) stasiun observasi

Selanjutnya untuk menilai kemampuan data TRMM dalam mendeteksi kejadian hujan dilakukan analisis menggunakan teknik tabel kontingensi. Hasil analisis disajikan pada Gambar 3.2. Hasil validasi (Gambar 3.2) menunjukkan bahwa probabilitas data TRMM dalam mendeteksi curah hujan (POD_{rain}) di ketiga wilayah di atas 60% (0.60) dan probabilitas untuk deteksi hari tidak hujan ($POD_{no\ rain}$) berkisar antara 40% - 55% (0.40 – 0.55). Probabilitas kesalahan deteksi curah hujan TRMM (FA_{rain}) berkisar antara 20% - 68% (0.20 – 0.68). Probabilitas tertinggi terjadi di stasiun Cengkareng dan terendah di stasiun Kemayoran. Sementara itu, probabilitas kesalahan deteksi hari tidak hujan TRMM berkisar antara 40% - 52% (0.40 – 0.52). Hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan TRMM untuk mendeteksi kejadian hujan cukup baik. Hasil ini relatif sama dengan yang dihasilkan oleh Moffit *et al.* (2010). Moffit *et al.* (2010) mendapatkan nilai POD_{rain} , $POD_{no\ rain}$, dan $FA_{no\ rain}$ di 8 stasiun di Bangladesh berturut-turut berkisar antara 0.40 – 0.68 (POD_{rain}), 0.60 – 0.85 ($POD_{no\ rain}$), dan 0.16 – 0.36 ($FA_{no\ rain}$). Sementara itu, Suseno (2009) mendapatkan nilai POD_{rain} untuk 22 stasiun yang tersebar di Pulau Jawa adalah 0.49 dan FA_{rain} sebesar 0.33.



Gambar 3.2. Hasil validasi curah hujan TRMM harian menggunakan teknik kontingensi di 3 (tiga) stasiun observasi

Sementara itu, tingkat akurasi hasil validasi berkisar antara 50% - 60% (0.50 – 0.60) (Gambar 3.2) dengan *bias score* berkisar antara 0.58 – 2.10 dan CSI antara 0.25 – 0.50 (Gambar 3.3). Akurasi berturut-turut dari yang tinggi ke rendah diperoleh di stasiun Kemayoran, UI, dan Cengkareng. Hal ini menunjukkan bahwa akurasi hasil estimasi curah hujan dari TRMM sekitar 50% - 60%. Namun berdasarkan nilai CSI menunjukkan bahwa hanya antara 25% hingga 50% saja kejadian hujan yang dideteksi oleh TRMM adalah benar (Gambar 3.3). Suseno (2009) mendapatkan akurasi TRMM sebesar 72% dengan *bias score* 0.78 dan CSI sebesar 0.38.

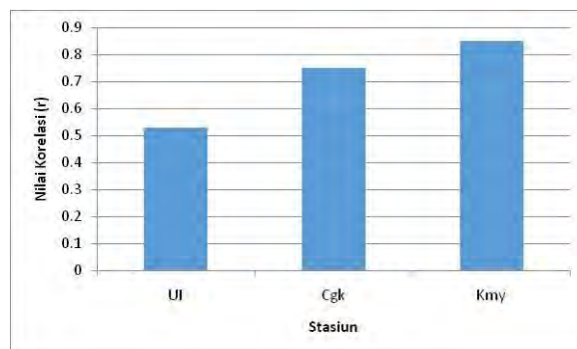


Gambar 3.3. Nilai Bias Score dan CSI curah hujan TRMM harian menggunakan teknik kontingensi di 3 (tiga) stasiun observasi

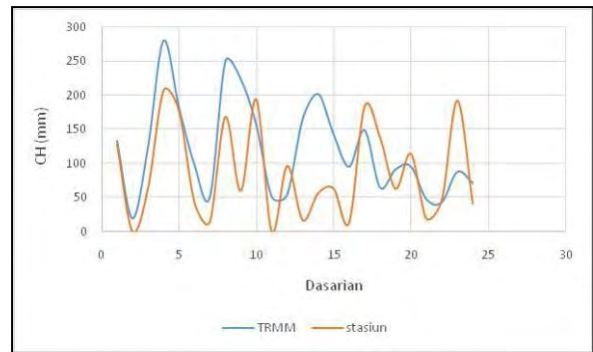
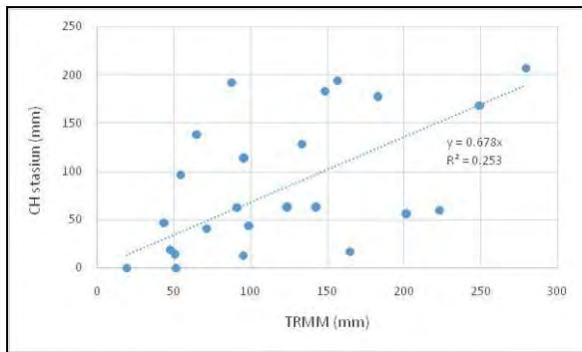
Validasi Menggunakan Teknik Gridding (Interpolasi)

Untuk tujuan validasi dengan teknik *gridding* ini digunakan data curah hujan dasarian untuk 3 stasiun observasi UI, Cengkareng, dan Kemayoran. Validasi ini dilakukan antara data curah hujan hasil *gridding* dengan resolusi 1 km yang dianggap sebagai data hasil estimasi dengan data curah hujan observasi. Penggunaan data dasarian dimaksudkan untuk mengeliminasi fluktuasi keragaman curah hujan yang tinggi yang terjadi pada data curah hujan harian. Hal ini dikarenakan, data curah hujan merupakan data iklim yang mempunyai keragaman yang tinggi yang disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: posisi geografis, topografi, musim, dan sebagainya.

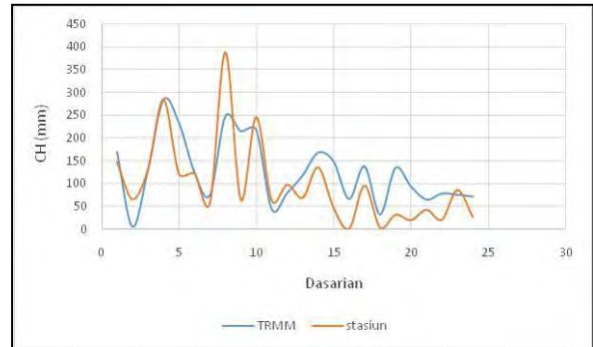
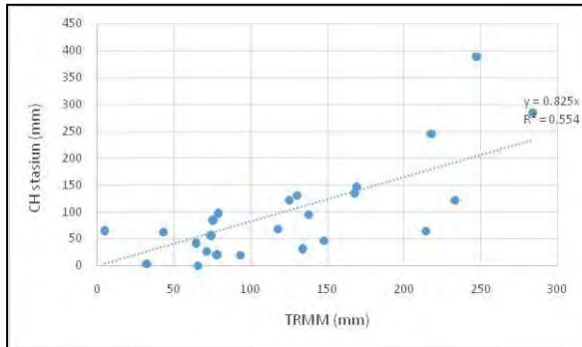
Hasil analisis korelasi, persamaan regresi, perbandingan antara nilai estimasi TRMM dengan observasi, nilai RMSE, dan koefisien efisiensi model estimasi disajikan pada Gambar 3.4, 3.5, dan 3.6. Hasil analisis korelasi antara curah hujan estimasi dari data TRMM dengan curah hujan observasi berkisar antara 0.53 – 0.85 (Gambar 3.4) dengan keragaman (R^2) berkisar antara 25% - 70% (Gambar 3.5 bagian kiri). Hal ini menunjukkan bahwa data curah hujan hasil estimasi TRMM dengan teknik *gridding* dapat mewakili dengan baik curah hujan di ketiga stasiun observasi dengan tingkat keragaman sekitar 25% - 70%.



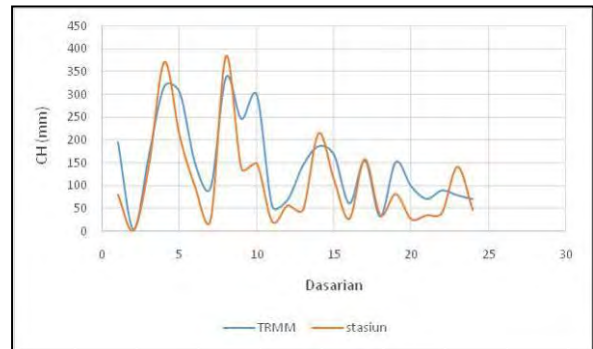
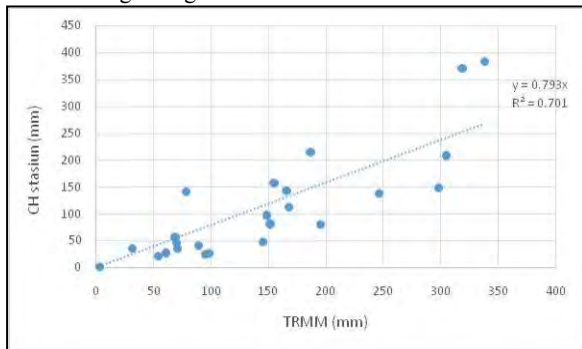
Gambar 3.4. Koefisien korelasi (r) antara curah hujan hasil estimasi dari data TRMM dengan curah hujan observasi stasiun



Stasiun UI



Stasiun Cengkareng

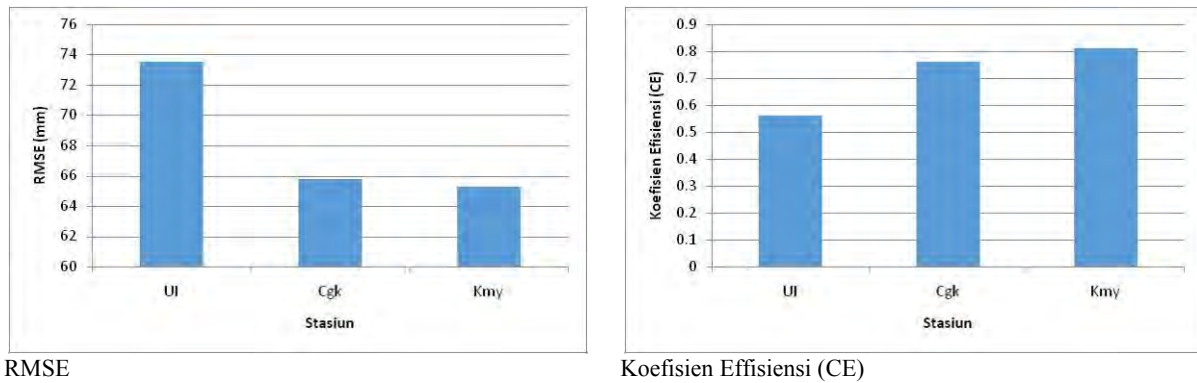


Stasiun Kemayoran

Gambar 3.5. Persamaan Regresi (kiri) dan Perbandingan Nilai estimasi curah hujan TRMM dengan curah hujan observasi (kanan) di Stasiun UI (a), Cengkareng (b), dan Kemayoran (c)

Hasil perbandingan antara nilai dugaan curah hujan dari TRMM dengan observasi (Gambar 3.5 bagian kanan) memperlihatkan bahwa data TRMM dengan teknik *gridding* cukup baik digunakan dan dapat mengikuti fluktuasi perubahan curah hujan observasi, khususnya di stasiun Kemayoran. Walaupun pada beberapa kondisi, curah hujan hasil estimasi dari TRMM dengan teknik *gridding* ini lebih tinggi (*over estimate*) dibandingkan nilai curah hujan observasi. Tingkat kesalahan (*error*) hasil estimasi rata-rata (RMSE) berkisar antara 65 mm – 73 mm, dengan RMSE tertinggi terjadi di stasiun UI dan terendah di stasiun Kemayoran (Gambar 3.6a).

Dari hasil penilaian efisiensi model berdasarkan nilai koefisien efisiensi menunjukkan bahwa nilai CE tertinggi (CE = 0.81) di stasiun Kemayoran, terendah (CE = 0.58) di stasiun UI (Gambar 3.6b). Nilai CE semakin mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa model estimasi dengan teknik *gridding* semakin akurat. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan bahwa model estimasi curah hujan dengan teknik *gridding* di ketiga stasiun observasi cukup akurat dan mendekati nilai observasi, khususnya pada stasiun Kemayoran.



RMSE

Koefisien Efisiensi (CE)

Gambar 3.6. Nilai RMSE (a) dan koefisien efisiensi (CE) model (b) untuk masing-masing stasiun observasi

Di antara unsur cuaca dan iklim, unsur curah hujan mempunyai tingkat keragaman yang tinggi, baik dalam skala tempat maupun waktu. Kondisi ini menyebabkan model-model estimasi curah hujan menghasilkan tingkat akurasi yang juga beragam. Banyak faktor yang mempengaruhi tingkat keragaman curah hujan, antara lain: kondisi topografi suatu wilayah, adanya monsun, adanya siklon, dan lain-lain seperti ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) (Philander, 1989; Halpert dan Ropelewski, 1992), SAO (*Semi-Annual Oscillation*) (Tjasyono, 2004), MJO (*Madden Julian Oscillation*) (Oliver, 2005), IOD (*Indian Ocean Dipole*) (Webster *et al.* 1999, Hendon 2003, dan Kailaku, 2009). Selain itu, Satiadi dan Subarna (2006) dan Hermawan (2005) menyatakan bahwa posisi wilayah Indonesia yang berada di sekitar garis katulistiwa menyebabkan kondisi atmosfer di wilayah ini sulit untuk diprediksi dan memiliki tingkat ketidaklinieran yang tinggi. Hal ini diakibatkan beragamnya topografi dan pengaruh monsun.

Posisi wilayah Indonesia yang berada di antara dua benua Asia-Australia dan dua samudera juga sangat berpengaruh terhadap keragaman curah hujan di wilayah Indonesia. Adanya perbedaan tekanan di kedua benua Asia dan Australia tersebut menjadikan Indonesia sangat dipengaruhi oleh monsun (Murakami dan Matsumoto, 1994; Wu dan Kirtman, 2007).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kemampuan data TRMM untuk mendeteksi kejadian hujan (POD rain) di ketiga stasiun observasi cukup baik ($> 60\%$) dan kejadian tidak hujan (POD no rain) sekitar $40\% - 55\%$ dengan akurasinya mencapai $50\% - 60\%$. Sekitar 25% hingga 50% kejadian hujan yang dideteksi oleh TRMM adalah benar. Estimasi menggunakan teknik *gridding* (interpolasi) pada data dasarian memberikan akurasi yang cukup tinggi dan mampu mewakili sekitar $25\% - 70\%$ keragaman curah hujan observasi.

Untuk menilai keandalan data TRMM yang diharapkan mampu mewakili kejadian hujan di seluruh wilayah Indonesia perlu dilakukan analisis dengan melibatkan data observasi yang dapat mewakili keragaman curah hujan wilayah Indonesia. Data observasi yang dilibatkan hendaknya berasal dari stasiun yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia dan mewakili masing-masing pola hujan yang ada di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ebert, E.E., Janowiak, J.E., Kidd, C., 2007. Comparison of near–near real-time precipitation estimates from satellite observations and numerical models. *Bulletin of the American Meteorological Society* 88, 47–64.
- Halpert MS, and Ropelewski CF. 1992: Temperature patterns associated with the Southern Oscillation., *J. Climate*, 5, p: 577–593.
- [Hendon, H. H. 2003. Indonesian Rainfall Variability: Impacts of ENSO and Local Air-Sea Interaction. *Journal of Climate*, 16: 1775 – 1790. \[Diakses tanggal 24 November 2012\].](#)
- Hermawan, E. 2005. Karakteristik dan mekanisme osilasi madden-julian di atas Kototabang dan sekitarnya berbasis hasil analisis data EAR, BLR, dan TRMM. dalam Intisari Hasil Penelitian 2005. Bandung : Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Bandung
- Kadarsah. 2010. Aplikasi ROC untuk uji keandalan model HYBMG. *J. Meteorologi dan Geofisika* 11(1): 32-42. [\[Diakses tanggal 12 Januari 2015\].](#)

- Kailaku, T.E, 2009. Pengaruh ENSO (El Nino-Southern Oscillation) DAN IOD (Indian Ocean Dipole) Terhadap Dinamika Waktu Tanam Padi di Wilayah Tipe Hujan Equatorial dan Monsunal (Studi Kasus Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat dan Kabupaten Karawang, Jawa Barat). Skripsi. Jurusan Meteorologi FMIPA IPB. Bogor. [\[Diakses tanggal 12 Januari 2015\]](#)
- Moffitt, C.B., F. Hossain, R. F. Adler, K. K. Yilmaz, H. F. Pierce. 2011. Validation of a TRMM-based global flood detection system in Bangladesh. *Int. J. App. Earth Observ. Geoinf.* 13 (2011). P: 166 – 177. [\[Diakses tanggal 24 November 2012\]](#).
- Murakami, T. and J. Matsumoto. 1994. Summer monsoon over the Asian continent and Western North Pasific. *J. Meteor. Soc. Japan*, 62, p: 69 – 87. [\[Diakses tanggal 5 September 2011\]](#)
- Oliver, J. E. 2005. *Encyclopedia of World Climatology*. Great Britain. Springer.
- Philander, SGH. 1989. El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation., vol. 46 International Geophysical Series, Academic Press, 289 pp.
- [Saputro, D.R.S., Mattjik, A. N., Boer, R., Wigena, A. H., dan Djuraidah, A. 2013. Model Additive-Vector Autoregressive Exogenous Untuk Prediksi Curah Hujan di Kabupaten Indramayu. *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*. Vol. 15, No. 2, Juli 2013. ISSN 1411 – 0903. p: 71 – 78. \[\\[Diakses tanggal 12 Januari 2015\\]\]\(#\)](#)
- Satiadi D dan D. Subarna. 2006. Indikasi kekritisn yang diatur-sendiri pada data pengamatan curah hujan permukaan dari penakar hujan optik di Kototabang. *Perubahan Iklim dan Lingkungan di Indonesia*. Simposium Meteorologi Pertanian, Bogor.
- Satrya, L.I. 2012. Asimilasi data radar dalam penerapan prediksi cuaca numeric di Indonesia [paper]. Bandung (ID) : Institut Teknologi Bandung. [\[Diakses tanggal 10 Februari 2012\]](#).
- Suseno, 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. [\[Diakses tanggal 10 Februari 2012\]](#).
- Tjasyono, B. 2004. *Klimatologi*. Penerbit Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [Webster, R.P.J, Moore, A.M, Loschnigg, J.P, & Leben, R.R. 1999. Coupled Ocean-Atmosphere Dynamics in The Indian Ocean During 1997-1998, *Nature*, 401: 356-359. \[\\[Diakses tanggal 17 Januari 2014\\]\]\(#\)](#)
- Wu, R. and BP. Kirtman. 2007. Roles of the Indian Ocean in the Australian Summer Monsoon – ENSO relationship. Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies and George Mason University. 4041 Powder Mill Road, Suite 302. Calverton, Maryland 20705. [\[Diakses tanggal 12 Mei 2013\]](#)