

**POLA SPASIAL ANOMALI CURAH HUJAN SELAMA
MARET SAMPAI JUNI 2010 DI INDONESIA;
KOMPARASI DATA TRMM MULTISATELLITE PRECIPITATION
ANALYSIS (TMPA) 3B43 DENGAN STASIUN PENGAMAT HUJAN**

**SPATIAL PATTERNS OF RAINFALL ANOMALIES IN INDONESIA
DURING MARCH TO JUNE 2010: COMPARISON BETWEEN
MULTISATELLITE TRMM PRECIPITATION ANALYSIS (TMPA)
3B43 WITH RAIN GAUGES DATA**

A.R. As-syakur¹⁾ dan R. Prasetya²⁾

¹⁾Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Universitas Udayana, Bali

^{1,2)}Center for Remote Sensing and Ocean Science, Universitas Udayana, Bali

^{2,3)}Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Negara, Bali

Email: ¹⁾ar.assyakur@pplh.unud.ac.id; ²⁾rahmatbmg@yahoo.com

dikirim 6 Agustus 2010, diterima setelah perbaikan 3 Maret 2011

Abstrak: Tulisan ini menguraikan tentang pola spasial anomali curah hujan selama Maret sampai Juni 2010 di Indonesia berdasarkan data satelit TMPA. Selanjutnya hasil analisis dari data satelit TMPA di komparasikan dengan data observasi yang diperoleh dari 42 stasiun pengamatan hujan di Indonesia. Data TMPA 3B43 yang digunakan adalah selama 13 tahun yaitu dari tahun 1998 sampai 2010 dengan fokus analisis berupa analisis curah hujan bulanan. Hasil analisis data satelit TMPA menunjukkan bahwa selama bulan Maret curah hujan di sebagian besar wilayah Indonesia masih dalam kondisi normal atau sama dengan rata-ratanya, akan tetapi selama bulan April sampai Juni telah terjadi anomali curah hujan bulanan di wilayah Indonesia dengan peningkatan lebih dari 100% dari rata-ratanya. Peningkatan ini hanya terjadi di bagian selatan wilayah Indonesia. Selanjutnya hasil komparasi menunjukkan adanya tingkat korelasi yang sedang sampai kuat antara data satelit TMPA dengan data observasi BMKG. Sedangkan kondisi bias eror memperlihatkan kondisi sedang. Keadaan ini menggambarkan bahwa data curah hujan bulanan dari satelit TMPA bisa digunakan sebagai salah satu data alternatif untuk mengetahui sebaran spasial anomali hujan bulanan secara terkini. Selain itu pemanfaatan data penginderaan jauh juga dapat memberikan informasi interaksi sebaran spasial temporal curah hujan antara daratan dan lautan di Indonesia. Akan tetapi untuk mengetahui jumlah anomali hujan bulanan secara tepat, maka perlu dihilangkan nilai-nilai eror pada data satelit dengan melakukan korelasi data secara menyeluruh di Indonesia untuk mendapatkan nilai-nilai faktor koreksi.

Kata kunci: anomali hujan, TMPA 3B43, curah hujan, dan pola spasial.

Abstract: This writing describe about spatial patterns of rainfall anomalies in Indonesia during March to June 2010 based on TMPA data. Furthermore, the results of analysis from TMPA data is compare with 42 data from rain gauge in Indonesia. TMPA data used in this research is 13 years 1998 to 2010 which focuses on monthly analysis. The results show that during March rainfall in most parts of Indonesia is still normal, but during April to June the rainfall anomalies in Indonesia has occurred with an increases more than 100%. Increased rainfall is only seen in the southern part of Indonesian. Comparison results indicate the correlations level between TMPA data and BMKG data is moderate to high correlations. Meanwhile, mean bias error value shows are in medium condition. This indicated that the TMPA data can be used as an alternative to determine the spatial pattern of rainfall in recent anomalies. Moreover, application of remote sensing data can also provide information on the interaction of spatial temporal distribution of rainfall between land and sea in Indonesia. However, to obtain more accurately rainfal anomalies values, it needs to be eliminated on the error values by performing the correlation reverend Indonesia's overall data to obtain the correction factor values.

Keywords: rainfall anomaly, TMPA 3B43, precipitation, and spatial pattern.

PENDAHULUAN

Hujan merupakan salah satu unsur iklim yang paling sering dikaji di Indonesia karena memiliki tingkat keragaman yang sangat tinggi baik secara temporal (waktu) maupun secara keruangan (tempat). Keadaan ini disebabkan oleh posisi Indonesia yang dilewati oleh garis katulistiwa dan keberadaannya di antara dua benua dan dua samudera. Selain itu keadaan Indonesia yang memiliki banyak pulau besar dan kecil dengan topografi yang beragam juga dapat mengakibatkan tingginya keragaman hujan di Indonesia.

Interaksi antara atmosfer dan laut disekitar Indonesia juga berpengaruh terhadap keragaman hujan di Indonesia, seperti kejadian *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) dan kejadian *Indian Ocean Dipole* (IOD) (Aldrian *et al.*, 2007; Hendon, 2003; Aldrian and Susanto, 2003; Nicholls, 1988; Ropelewski and Halpert, 1987; Saji *et al.*, 1999; Saji and Yamagata, 2003; Bannu *et al.*, 2005). ENSO merupakan pola berulang dari variabilitas iklim di bagian timur samudera Pasifik yang ditandai dengan anomali temperatur permukaan laut (pemanasan permukaan laut menggambarkan kejadian El Nino sedangkan pendinginan permukaan laut menggambarkan kejadian La Nina) dan anomali *Sea level pressure* (*Southern Oscillation*) (Philander, 1990; Trenberth, 1997; Naylor *et al.*, 2001; Meyers *et al.*, 2007). Sedangkan IOD adalah beda temperatur permukaan laut pantai timur Afrika dan pantai barat Sumatera (Saji *et al.*, 1999; Saji and Yamagata, 2003). Kejadian El Nino dan La Nina menyebabkan terjadinya penurunan dan peningkatan curah hujan di Indonesia. Fenomena El-Nino menyebabkan penurunan jumlah curah hujan musim hujan, musim kemarau, awal musim kemarau lebih cepat dan awal musim hujan lebih lambat (Irianto, 2003). Hal sama juga terjadi pada saat terjadi fenomena IOD. IOD positif (negatif) menyebabkan terjadinya penurunan (peningkatan) curah hujan di Indonesia (Saji *et al.*, 1999; Saji and Yamagata, 2003; Bannu *et al.*, 2005; Aldrian *et al.*, 2007; Tjasyono *et al.*, 2008; D'Arrigo and Wilson, 2008).

Karena memiliki tingkat variabilitas yang tinggi, kondisi data curah hujan di Indonesia memerlukan observasi yang panjang dengan perwakilan sebaran data yang memadai. Penakar hujan pada setiap pos pengamatan hujan merupakan suatu alat pengukur hujan yang efektif dan relatif akurat dalam menggambarkan kondisi hujan pada suatu tempat. Akan tetapi sebaran pos penakar hujan ini tidak merata khususnya di daerah dengan topografi sulit, daerah tidak berpenghuni serta disekitar lautan mengakibatkan berkurangnya tingkat keakuratannya khususnya dalam menampilkan sebaran pola spasial curah hujan. Kondisi ini mempengaruhi prediksi hujan dengan menggunakan berbagai aplikasi model iklim (Feidas, 2010). Untuk saat ini, kemungkinan memperoleh data curah hujan yang diperlukan dalam berbagai aplikasi ilmiah dapat diperoleh dari satelit meteorologi. Satelit meteorologi dapat menyediakan data hujan dengan sebaran yang lebih baik serta dengan penggabungan berbagai jenis satelit dan data dari pos pengamatan hujan dalam suatu model iklim akan lebih mampu lagi meningkatkan keakuratan dan kestabilan data yang dihasilkan oleh satelit meteorologi (Petty, 1995; Xie *et al.*, 2007). Dengan semakin lengkapnya informasi hujan, diharapkan lebih mampu menampilkan sebaran pola spasial hujan lebih baik dibandingkan menggunakan data dari stasiun hujan.

Produk *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) *Multisatellite Precipitation Analysis* (TMPA) merupakan produk hasil gabungan antara TRMM *Precipitation Radar* (PR) dan TRMM *Microwave Imager* (TMI) beserta citra meteorologi Microwave dan Infrared lainnya (Huffman *et al.*, 2007). TMPA terbagi dalam 2 tipe data yaitu tipe 3B42 yang merupakan data kombinasi per 3 jam dan tipe 3B43 yang merupakan kombinasi bulanan. TMPA 3B43 telah digunakan untuk berbagai aplikasi termasuk diantaranya adalah pemantauan cuaca/iklim, analisis iklim, verifikasi model numerik, dan studi hidrologi (Xie *et al.*, 2007). Hasil penelitian sebelumnya di Indonesia menunjukkan bahwa hubungan antara TMPA dengan data lapangan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)

adalah kuat khususnya terhadap pola hujan bulanan (As-syakur *et al.*, 2010; Suryantoro *et al.*, 2008) walaupun masih dalam kondisi dibawah estimasi data hujan BMKG (As-syakur *et al.*, 2010). Secara umum tujuan dibuatnya produk TMPA telah mencapai sasaran yang diinginkan yaitu penyediaan data hujan bulanan dengan sebaran yang meliputi darat dan lautan serta sesuai dengan keadaan sebenarnya yang ditunjukkan oleh hasil-hasil penelitian sebelumnya (seperti As-syakur *et al.*, 2010; Feidas, 2010; Chokngamwong and Chiu, 2008; Mehta and Yang, 2008; Su *et al.*, 2008; Islam and Uyeda, 2007; Wolff *et al.*, 2005). Data TMPA, khususnya tipe 3B43 merupakan data yang selalu tersedia setelah bulan pengamatan (*up to date*). Kondisi memungkinkan dimanfaatkannya data ini untuk memantau kondisi hujan secara cepat baik itu besaran curah hujan maupun kondisi anomali curah hujan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran spasial anomali hujan selama bulan Maret sampai Juni 2010 di Indonesia dengan menggunakan data TMPA 3B43. Selanjutnya hasil analisis TMPA dikomparasikan dengan data dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) untuk mengetahui tingkat keakuratannya. Berdasarkan penelitian ini diharapkan dapat diketahui sebaran persentase peningkatan atau penurunan curah hujan serta lokasi-lokasi yang memiliki anomali curah hujan tinggi atau rendah sehingga dapat dijadikan acuan dalam memitigasi bencana di masa yang akan datang.

DATA DAN METODE

Dearah cakupan penelitian meliputi wilayah Indonesia yang berlokasi pada 20° LU sampai 20° LS dan 80° BT sampai 160° BT (gambar 1). Data yang digunakan adalah data TMPA 3B43 bulan Maret sampai Juni selama 13 tahun yaitu dari tahun 1998 sampai 2010.

Rata-rata curah hujan yang digunakan sebagai gambaran kondisi rata-rata curah hujan bulanan di Indonesia menggunakan data TMPA 3B43 selama 12 tahun yaitu mulai dari tahun 1998 sampai tahun 2009 dan berfungsi sebagai kontrol. Analisis kondisi hujan tahun 2010 hanya untuk bulan Maret sampai Juni, dimana saat bulan-bulan tersebut terjadi hujan peningkatan hujan yang cukup ekstrim di sebagian wilayah Indonesia. Analisis data dilakukan per bulan. Untuk mengetahui persentase fluktuasi hujan selama masa bulan Maret sampai Juni 2010, maka data hujan bulanan dibagi dengan data hujan kontrol. Adapun persamaan untuk mengetahui persentase anomali hujan adalah:

$$\text{Persentase anomali curah hujan} = \left(\left(\frac{P}{\bar{P}} \times 100 \right) - 100 \right) \quad (1)$$

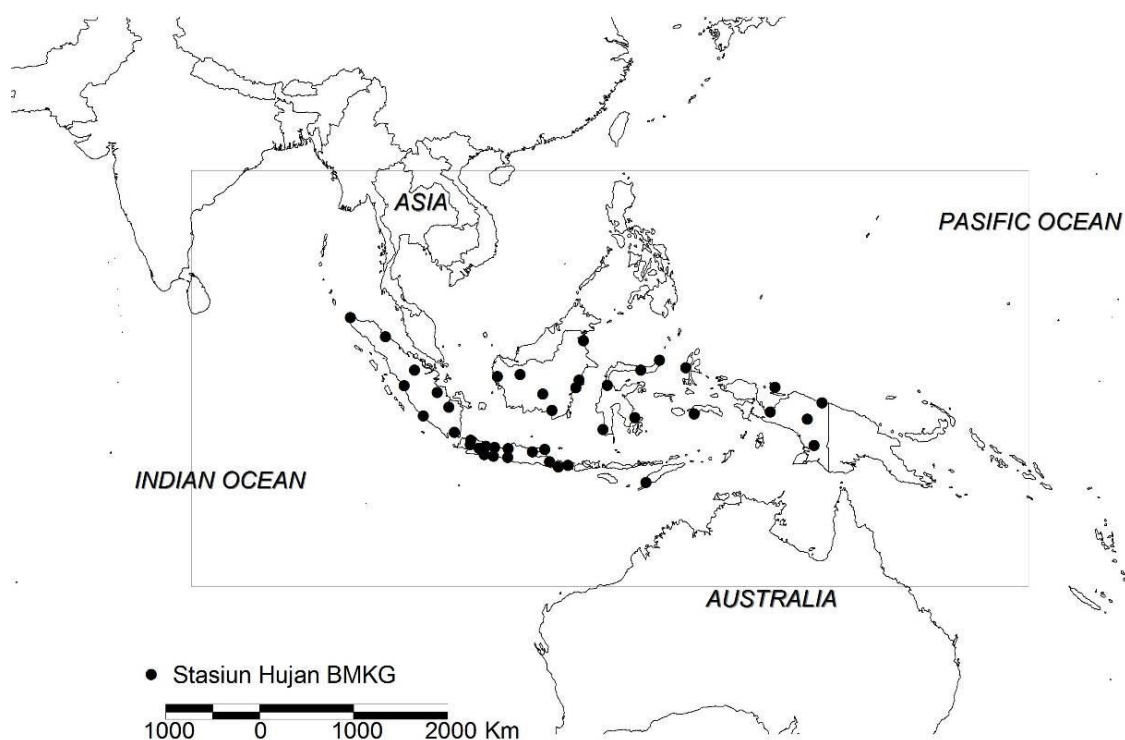
Dimana P adalah curah hujan pada bulan m , sedangkan \bar{P} adalah rata-rata curah hujan pada bulan m selama masa 12 tahun.

Untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil analisis data TMPA, maka hasil analisis data TMPA di komparasikan dengan data dari BMKG. Data yang digunakan mencakup data persentase fluktuasi hujan selama masa bulan Maret sampai Juni 2010 pada 42 stasiun penakar hujan BMKG yang tersebar di seluruh Indonesia (gambar 1). Untuk mengetahui tinggi rendahnya tingkat keakuratan, data-data dianalisis dengan statistik berupa analisis tingkat korelasi (r) dan rata-rata bias eror (*mean bias eror* – MBE). Untuk mendapatkan korelasi dan MBE menggunakan persamaan (von Storch and Zwiers, 1999 dan Feidas, 2010):

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \times \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (2)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X - Y) \quad (3)$$

Dimana X adalah persentase fluktuasi hujan dari TMPA, Y persentase fluktuasi hujan dari BMKG, dan n adalah jumlah pos curah hujan. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini menggunakan software ENVI untuk koleksi data TMPA 3B43, MS excel untuk analisis data atribut dan analisis statistik, sedangkan ArcView GIS digunakan untuk analisis data spasial.



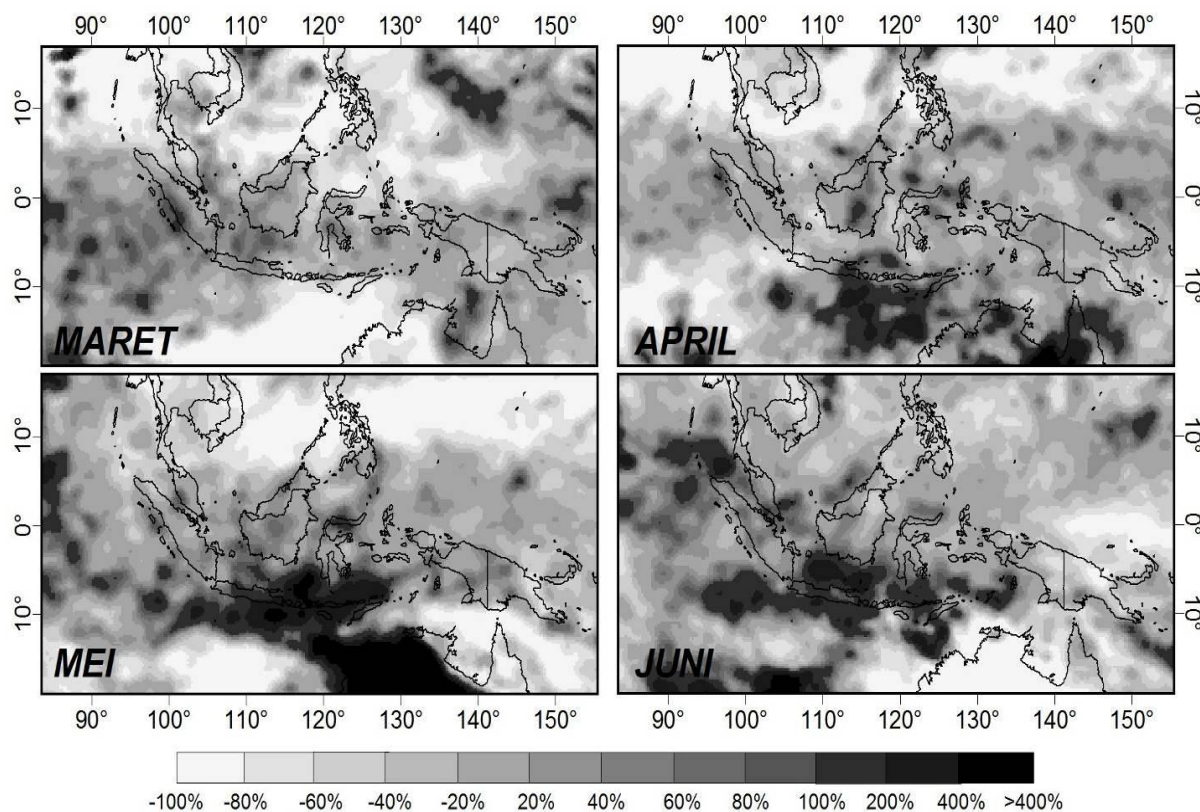
Gambar 1. Lokasi Penelitian dan sebaran stasiun pengamatan hujan.

HASIL DAN DISKUSI

Pola spasial anomali curah hujan

Gambar 2 menunjukkan pola spasial sebaran persentase penurunan dan peningkatan curah hujan di Indonesia dari bulan Maret 2010 sampai Juni 2010. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa sebaran spasial anomali peningkatan curah hujan selama bulan Maret masih kecil dan hanya terlihat pada sebagian Sumatera, Jawa, bagian barat Kalimantan, dan bagian tengah Sulawesi. Nusa Tenggara dan Sulawesi bagian tenggara terjadi anomali penurunan curah hujan. Sedangkan bagian lain dari Indonesia, curah hujannya masih normal. Selama bulan April, anomali peningkatan curah hujan sudah mulai meninggalkan Sumatera. Di Pulau Kalimantan posisinya berpindah ke bagian tengah pulau. Sedangkan di Nusa Tenggara, bagian timur Pulau Jawa, dan bagian utara Sulawesi mulai terjadi peningkatan curah hujan yang cukup ekstrim. Pada bulan Mei, seluruh bagian selatan Indonesia mengalami peningkatan curah hujan yang cukup tinggi yang berkisar antara 20% sampai >

200%. Kondisi yang sama juga terjadi di bagian utara Sulawesi dan bagian tengah Kalimantan, tetapi dengan kisaran yang lebih kecil dari bagian selatan Indonesia. Curah hujan normal pada bulan Mei hanya terlihat di Sumatera bagian utara dan kepulauan Maluku. Selama bulan Juni kondisi anomali peningkatan curah hujan memiliki sebaran yang mirip dengan bulan Mei, hanya saja kondisi anomali mulai terlihat kembali di Pulau Sumatera dan kondisi peningkatan curah hujan lebih kecil dibandingkan bulan Mei.



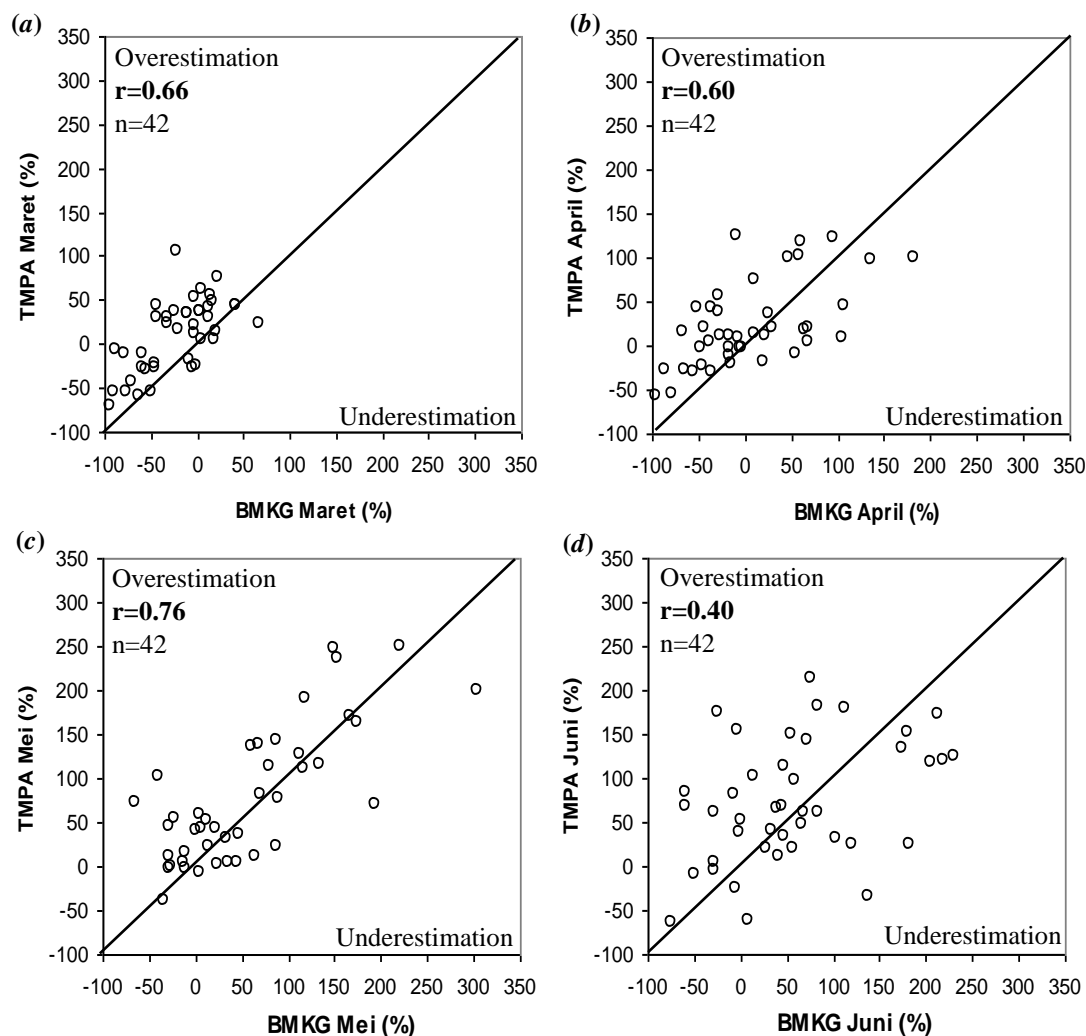
Gambar 2. Pola spasial sebaran persentase penurunan dan peningkatan curah hujan di Indonesia selama bulan Maret sampai Juni 2010.

Komparasi antara data TMPA dengan data BMKG

Untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil analisis TMPA, maka perlu dilakukan komparasi dengan data yang diperoleh dari BMKG. Dalam melakukan komparasi, data dari BMKG tidak diinterpolasi karena jumlah lokasi pengamatan yang sedikit dan sebaran yang kurang memadai untuk wilayah seluas Indonesia. Validasi data dilakukan per titik pengamatan yang dikomparasikan dengan piksel pada lokasi yang sama pada data TMPA. Gambar 3 menunjukkan scatterplot hubungan antara anomali hujan yang diperoleh dari TMPA dengan anomali hujan yang diperoleh dari BMKG selama bulan Maret, April, Mei, dan Juni. Gambar tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara data anomali curah hujan yang berasal dari TMPA dengan data dari BMKG cukup tinggi dengan nilai korelasi berkisar antara 0.40 sampai 0.76. Nilai korelasi tertinggi terlihat pada bulan Mei, sedangkan yang terendah pada bulan Juni. Dari scatterplot tersebut juga terlihat bahwa hasil estimasi anomali curah hujan dari TMPA dan BMKG menunjukkan kondisi overestimasi yaitu persentase anomali curah hujan dari data TMPA lebih besar dari anomali curah hujan dari data BMKG. Selama bulan Maret sampai Juni nilai rata-rata bias eror pada 42 stasiun pengamat hujan yang menunjukkan kondisi overestimasi berturut-turut adalah 31%, 17%, 20%, dan 15%.

Grafik perbandingan anomali hujan antara data dari TMPA dan dari BMKG pada 42 kota di Indonesia di tunjukan oleh gambar 4. Posisi kota berdasarkan pola hujan juga

diindikasikan di dalam gambar. Di Indonesia pola hujan dibagi menjadi tiga yaitu pola monsoon, pola ekuatorial dan pola lokal (Aldrian and Susanto, 2003). Berdasarkan gambar tersebut kondisi anomali curah hujan dari data TMPA dengan data dari BMKG secara umum adalah seragam. Dimana apabila kondisi anomali curah hujan dari TMPA bersifat positif, maka data dari BMKG juga menunjukkan hal yang sama, begitu juga sebaliknya. Hanya beberapa tempat saja yang menunjukkan kondisi yang tidak sama. Berdasarkan analisis, anomali peningkatan curah hujan mulai terjadi pada bulan April dan terjadi pada kota-kota yang berlokasi di daerah berpola hujan monsoon. Pada bulan Mei, anomali peningkatan curah hujan lebih tinggi dari bulan April dan juga terjadi pada kota-kota yang berlokasi di daerah berpola hujan monsoon.



Gambar 3. Scatterplot anomali curah hujan antara TMPA dan BMKG pada bulan; (a) Maret, (b) April, (c) Mei, dan (d) Juni 2010.

Diskusi

Pemanfaatan data penginderaan jauh TMPA 3B43 untuk mengetahui pola spasial anomali hujan selama Maret sampai Juni 2010 telah dilakukan. Hasil analisis tidak hanya menggambarkan kondisi anomali hujan di darat tetapi juga gambaran interaksi sebaran spasial temporal curah hujan antara daratan dan lautan. Hal ini bisa dilihat pola spasial pengelompokan pergerakan anomali hujan yang mana saat bulan Maret belum terlihat jelas dan mulai muncul saat bulan April serta terus bergerak ke arah utara saat bulan Mei sampai

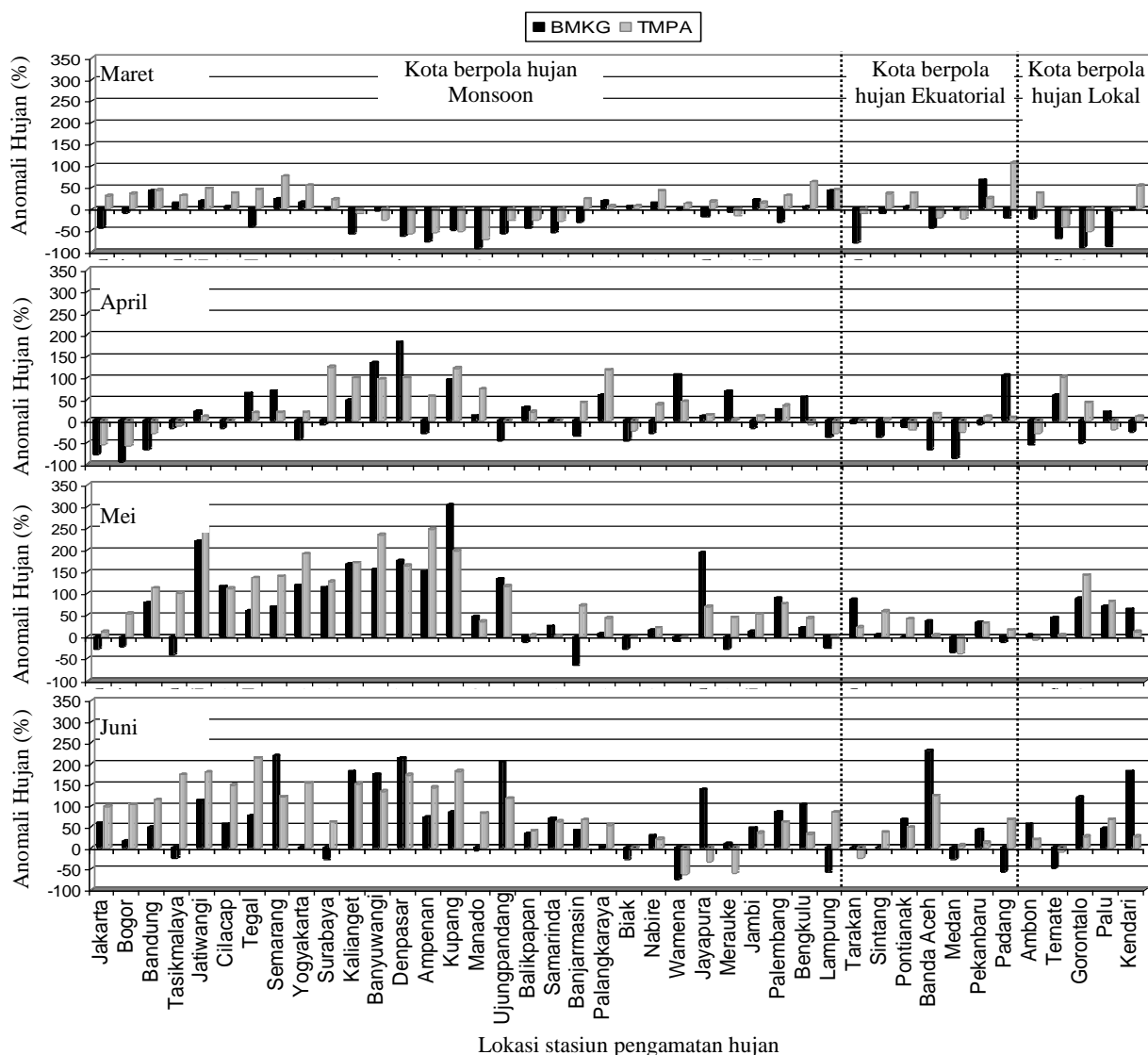
Juni. Hal ini menjelaskan bahwa kondisi anomali hujan di lautan dapat direkam dengan baik oleh data penginderaan jauh dan memungkinkan untuk mengetahui interaksi hujan antara daratan dengan lautan serta faktor-faktor yang mempengaruhinya baik secara spasial maupun temporal.

Faktor-faktor penyebab hujan di Indonesia banyak dan kompleks seperti keberadaan lokasi zona konvergensi sirkulasi Walker, akibat pengaruh perubahan suhu permukaan laut (SPL) disekitar perairan Indonesia, keberadaan daerah konvergensi antar tropis (DKAT; ITCZ; *Inter-Tropical Convergence Zone*) yang merupakan pertemuan masa udara dari belahan bumi utara dan selatan, perubahan arah dan kecepatan angin monsoon, kondisi geografi Indonesia termasuk keberadaan pulau-pulau kecil, topografi yang beragam, adanya siklon tropis, serta anomali-anomali interaksi laut dan atmosfer disekitar perairan Indonesia. Semua aktivitas dan sistem tersebut berlangsung secara bersamaan sepanjang tahun dan besar pengaruh dari masing-masing aktivitas atau sistem tersebut tidak sama dan dapat berubah-ubah. Kondisi-kondisi tersebut mengakibatkan pola spasial anomali curah hujan selama Maret sampai Juni berubah-ubah dan bergerak dinamis.

Salah satu yang mempengaruhi anomali hujan selama Maret sampai Juni 2010 adalah tingginya fluktuasi anomali SPL disekitar perairan Indonesia. Berdasarkan data NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), anomali SPL diperairan Indonesia antara April sampai Juni 2010 berkisar antara 0-2 °C. Rata-rata SPL diperairan Indonesia adalah 30 °C pada bulan November sampai April dan menurun mulai bulan Mei sampai Oktober, dimana SPL terendah terjadi pada bulan Agustus yaitu dengan suhu 27 °C (Kida and Richards, 2009). Dengan peningkatan SPL yang mencapai 2 °C mengakibatkan meningkatnya evapotranspirasi di sekitar perairan laut Indonesia. Peningkatan evapotranspirasi menyebabkan tingginya proses pembentukan awan yang berakibat pada meningkatnya curah hujan di sekitar Indonesia (Saji and Yamagata, 2003). Kondisi SPL di lautan Indonesia erat kaitannya dengan kondisi SPL di Samudera pasifik. Saat peningkatan SPL di bagian barat Samudera atau pendinginan SPL di bagian tengah Samudera Pasifik mengakibatkan peningkatan SPL di lautan Indonesia (Hendon, 2003). Pendinginan SPL dibagian barat samudera Pasifik merupakan salah satu indikator kejadian fenomena La Nina.

Faktor lain yang menyebabkan tingginya anomali curah hujan selama Maret sampai Juni 2010 adalah karena adanya fenomena anomali iklim lain disekitar Indonesia yaitu adanya fenomena ENSO berupa kejadian La Nina. Berdasarkan kondisi nilai SOI (*Southern Oscillation Index*) yang merupakan salah satu indikator kejadian El Nino dan La Nina (McBride *et al.*, 2003), selama bulan Maret sampai Juni 2010 memperlihatkan keadaan bulan Maret masih dipengaruhi oleh El Nino dan bulan April sampai Juni memasuki fase La Nina. Kondisi nilai SOI tersebut dari Maret sampai Juni 2010 berturut-turut adalah -10,6, +15,2, +10,0, dan +1,8. Keadaan nilai SOI negatif (-) menggambarkan kondisi El Nino sedangkan nilai SOI positif (+) menggambarkan kondisi La Nina. Hubungan antara curah hujan di Indonesia dengan nilai SOI adalah cukup kuat seperti yang dinyatakan oleh penelitian-penelitian sebelumnya (seperti; Ropelewski and Jones, 1987; Ropelewski and Halpert, 1989; Ropelewski and Halpert, 1996; Können *et al.*, 1998; Hamada *et al.*, 2002; As-syakur, 2007). Walaupun pada bulan Maret masih dalam kondisi El Nino, akan tetapi pola spasial sebaran anomali hujan tersebar cukup beragam. Dimana disebagian tempat terjadi peningkatan curah hujan dan sebagian lainnya terlihat terjadi penurunan curah hujan. Kondisi ini disebabkan oleh efek ENSO terhadap curah hujan adalah lemah pada bulan Maret, dan mulai terlihat efeknya pada bulan April. Menurut Aldrian and Susanto (2003), efek kejadian ENSO pada curah hujan di Indonesia akan dimulai pada bulan April dan berakhir pada bulan Desember. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efek ENSO terhadap curah hujan di Indonesia. Selain akibat perbedaan musim, juga diakibatkan oleh pengaruh lokal seperti keadaan

topografi yang beragam (Haylock and McBride, 2001). Keadaan ini merupakan salah satu alasan kondisi dinamis pola spasial anomali curah hujan selama Maret sampai Juni 2010.



Gambar 4. Grafik perbandingan anomali hujan antara data dari TMPA dan dari BMKG pada 42 kota di Indonesia selama bulan Maret sampai Juni 2010.

Secara umum bulan Maret sampai Mei merupakan masa peralihan antara monsun barat menjadi monsun tenggara dan juga merupakan periode awal kejadian ENSO (Harrison and Larkin, 1998). Walaupun bulan Maret pengaruh monsun barat masih terlihat akan tetapi keadaannya sudah mulai melemah yang menyebabkan mulai menurunnya curah hujan di sebagian besar wilayah Indonesia (Aldrian, 2000). Akan tetapi selama masa La Nina kondisi pola angin mengalami anomali, menurut Mulyana (2002) kondisi pola angin saat masa tersebut selain dipengaruhi oleh monsun barat juga dipengaruhi oleh angin zonal timur yang menguat pada masa MAM (Maret-April-Mei) dimana kondisi ini akan mempengaruhi tingkat konveksi disekitar wilayah Indonesia dan dapat meningkatkan curah hujan di Indonesia.

Anomali hujan dimulai dari wilayah selatan Indonesia pada bulan April dan terus meluas ke utara pada bulan Juni. Salah satu alasan hal ini terjadi kemungkinan karena keberadaan zona DKAT yang sudah mulai meninggalkan wilayah Indonesia dan berada di wilayah bumi bagian utara. Menurut Aldrian (2000) selama bulan April zona DKAT masih

berada di wilayah katulistiwa Indonesia akan tetapi keberadaannya mulai menghilang saat bulan Mei. Kondisi ini mengakibatkan zona konvergensi berpindah dari wilayah Indonesia ke wilayah utara katulistiwa. Bila di analisis lebih jauh lagi ternyata puncak kejadian ENSO saat bulan Agustus-September terjadi saat zona DKAT tidak berada di wilayah Indonesia atau saat zona DKAT baru akan memasuki wilayah Indonesia.

Selain itu, kondisi wilayah barat Indonesia pada periode itu muncul gangguan cuaca berupa konvergensi atau pusaran awan hujan di barat daya Selat Sunda. Adanya tekanan rendah di barat daya Sumatera dan selatan Jawa dapat menyebabkan kelembaban udara yang tinggi. Kondisi ini dapat menimbulkan hujan lebat di kawasan Sumatera hingga Jawa Tengah dan dapat meningkatkan aktivitas pertumbuhan awan hujan di beberapa wilayah Indonesia.

Hasil komparasi antara data dari TMPA dengan data dari BMKG menunjukkan nilai korelasi yang sedang sampai kuat dengan nilai bias eror yang sedang. Keadaan tersebut bisa diakibatkan oleh banyak faktor seperti keadaan satelite TRMM yang mempunyai lintasan *nonsynchronous* sehingga siklus diurnal curah hujannya berbeda dengan data observasi di permukaan, kondisi permukaan objek yang berbeda juga dapat mempengaruhi kemampuan sensor satelit menangkap objek, selain itu satelit kemungkinan tidak melewati suatu lokasi terjadi hujan yang cukup lebat sehingga dapat menyebabkan nilai bias (Bell *et al.*, 1990). Huffman (1997) juga menunjukkan bahwa adanya bias eror dikarenakan pengambilan titik sample hujan di permukaan yang jarang.

Gambaran umum hasil komparasi antara data TMPA dengan data BMKG menunjukkan bahwa data TMPA tersebut dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mengetahui kondisi sebaran spasial anomali hujan di Indonesia secara terkini. Akan tetapi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, maka nilai curah hujan (mm/bulan) dari data TMPA perlu di validasi secara lengkap untuk mendapatkan besaran nilai koefisien korelasi yang bisa digunakan sebagai nilai faktor koreksi.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil memanfaatkan data-data terkini dari penginderaan jauh TMPA 3B43 untuk menganalisis anomali curah hujan di Indonesia selama bulan Maret sampai Juni 2010. Selain itu dalam penelitian ini juga berhasil mengkomparasi hasil analisis data dari TMPA dengan data dari BMKG. Pemanfaatan data penginderaan jauh dapat memberikan informasi interaksi sebaran spasial temporal curah hujan antara daratan dan lautan di Indonesia yang dapat digunakan untuk mengetahui faktor-faktor pengendali iklim yang berperan dalam proses abnormalisasi curah hujan. Kondisi anomali peningkatan curah hujan mulai kuat pada bulan April dan terus terjadi sampai bulan Juni. Sebaran spasial anomali hujan terlihat cukup besar dibagian selatan Indonesia yang dimulai dari bulan April dan terus meluas pada bulan Mei dan Juni. Pergerakan spasial anomali hujan berlangsung secara dinamis yang antara lain dipengaruhi oleh kondisi anomali SPL di perairan Indonesia, anomali iklim La Nina, serta kemungkinan pengaruh dari DKAT. Hasil komparasi menunjukkan adanya tingkat korelasi yang sedang sampai kuat antara data TMPA dengan data BMKG. Sedangkan kondisi bias eror memperlihatkan kondisi yang sedang. Keadaan ini menggambarkan bahwa data TMPA bisa digunakan sebagai salah satu data alternatif untuk mengetahui sebaran spasial anomali hujan secara terkini. Akan tetapi untuk mengetahui jumlah anomali secara tepat, maka perlu dihilangkan nilai-nilai eror pada data dengan melakukan korelasi data secara menyeluruh di Indonesia untuk mendapatkan nilai-nilai faktor koreksi.

Daftar Pustaka

- Aldrian, E. "Pola Hujan Rata-Rata Bulanan Wilayah Indonesia; Tinjauan Hasil Kontur Data Penakar Dengan Resolusi ECHAM T-42." Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca 1 2 (2000): 113-123.
- Aldrian, E. dan R.D. Susanto. "Identification of Three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature." International Journal of Climatology 23 (2003): 1435-1452.
- Aldrian, E., L.D. Gates, dan F.H.Widodo. "Seasonal variability of Indonesian rainfall in ECHAM4 simulations and in the reanalyses: The role of ENSO." Theoretical and Applied Climatology. 87 (2007): 41-59.
- As-syakur, A.R. "Identifikasi Hubungan Fluktuasi Nilai SOI Terhadap Curah Hujan Bulanan Di Kawasan Batukaru-Bedugul, Bali". Jurnal Bumi Lestari. 7 2 (2007): 123-129.
- As-syakur, A.R., T. Tanaka, R. Prasetya, I.K. Swardika, dan I.W. Kasa. "Comparison of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) Products and Daily-Monthly Gauge Data Over Bali Island." International Journal of Remote Sensing (2010).
- Bannu, H. Kuze, N. Takeuchi, and D.A. Suriamihardja. "Impacts of The Sea Surface Temperature Anomaly in The Pacific and Indian Oceans on the Indonesian Climate." Paper in the 11th CERES International Symposium on Remote Sensing Chiba, 2005.
- Bell, T., L., A. Abdullah, R. L. Martin, dan G. R. North. "Sampling Errors for Satellite-Derived Tropical Rainfall: Monte Carlo Study Using a Space-Time Stochastic Model." Journal of Geophysical Research 95,D3 (1990): 2195-2205.
- Chokngamwong, R., and L.S. Chiu. "Thailand Daily Rainfall and Comparison with TRMM Products." Journal of Hydrometeorology 9 (2008): 256-266.
- D'Arrigo, R., and R. Wilson. "El Nino and Indian Ocean Influences on Indonesian Drought: Implications for Forecasting Rainfall and Crop Productivity." International Journal of Climatology 28 (2008): 611-616.
- Feidas, H. "Validation of Satellite Rainfall Products Over Greece." Theoretical and Applied Climatology 99 (2010): 193-216.
- Hamada, J., M.D. Yamanaka, J. Matsumoto, S. Fukao, P.A. Winarso, and T. Sribimawati. "Spatial and Temporal Variations of The Rainy Season Over Indonesia and Their Link to ENSO." Journal of The Meteorological Society of Japan 80 (2002): 285-310.
- Haylock, M., and J.L. McBride. "Spatial Coherence and Predictability of Indonesian Wet Season Rainfall." Journal of Climate 14 (2001): 3882-3887.
- Hendon, H.H. "Indonesian Rainfall Variability: Impacts of ENSO and Local Air-Sea Interaction." Journal of Climate 16 (2003): 1775-1790.
- Harrison, D.E., and Larkin, N.K. "1998: El Nino-Southern Oscillation Sea Surface Temperature and Wind Anomalies." Reviews of Geophysics 36 3 (1998): 353-399.
- Huffman, G.J. "Estimates of Root-Mean-Square Random Error for Finite Samples of Estimated Precipitation." Journal of Applied Meteorology 36 9 (1997): 1191-1201.
- Huffman, G.J., R.F. Adler, D.T. Bolvin, G. Gu, E.J. Nelkin, K.P. Bowman, Y. Hong, E.F. Stocker, and D.B. Wolff. "The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales." Journal of Hydrometeorology 8 1 (2007): 38-55.
- Irianto, G. "Implikasi Penyimpangan Iklim Terhadap Tataguna Lahan." Makalah pada Seminar Nasional Ilmu Tanah dengan tema Menggagas Strategi Alternatif dalam Menyiasati Penyimpangan Iklim serta Implikasinya pada Tataguna Lahan dan Ketahanan Pangan Nasional di Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 2003.
- Islam, M.N., and H. Uyeda. "Use of TRMM in Determining The Climatic Characteristics of Rainfall Over Bangladesh." Remote Sensing of Environment 108 (2007): 264-276.
- Kida, S. and K.J. Richards. "Seasonal Sea Surface Temperature Variability in The Indonesian Seas." Journal of Geophysical Research 114 c6 (2009): 6016.
- Können, G.P., P.D. Jones, M.H. Kaltofen, and R.J. Allan. "Pre-1866 Extensions of the Southern Oscillation Index Using Early Indonesian and Tahitian Meteorological Readings." Journal of Climate 11 (1998): 2325-2339.
- McBride, J.L., M.R. Haylock, and N. Nicholls. "Relationships Between The Maritime Continent Heat Source and The El Nino-Southern Oscillation Phenomenon." Journal of Climate 16 (2003): 2905-2914.
- Meyers, G., P. McIntosh, L. Pigot, and M. Pook. "The Years of El Niño, La Niña, and Interactions with the Tropical Indian Ocean." Journal of Climate 20 (2007): 2872-2880.
- Mehta, A.V., and S. Yang. "Precipitation Climatology Over Mediterranean Basin from Ten Years of TRMM Measurements." Advances in Geosciences 17 (2008): 87-91.
- Mulyana, E. "Analisis Angin Zonal di Indonesia Selama Periode ENSO." Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca 3 2 (2002): 115-120.
- Naylor, L.N., W.P. Falcon, D. Rochberg, and N. Wada. "Using El Niño/Southern Oscillation Climate Data to Predict Rice Production in Indonesia." Climatic Change 50 3 (2001): 255-265.

- Nicholls, N. "El Niño-Southern Oscillation and Rainfall Variability." Journal of Climate 1 (1988): 418-421.
- Petty, G.W. "The Status of Satellite-Based Rainfall Estimation Over Land." Remote Sensing of Environment 51 (1995): 125-137.
- Philander, S.G. El Niño, La Niña, and The Southern Oscillation. San Diego: Academic Press, 1990
- Ropelewski, C.F., and P.D. Jones. "An Extension of The Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index." Monthly Weather Review 115 (1987): 2161-2165.
- Ropelewski, C.F., and M.S. Halpert. "Precipitation Patterns Associated With The High Index Phase of The Southern Oscillation." Journal of Climate 2 (1989): 268-284.
- Ropelewski, C.F., and M.S. Halpert. "Quantifying Southern Oscillation-Precipitation Relationships." Journal of Climate 9 (1996): 1043-1059.
- Saji, N. H., and T. Yamagata. "Possible Impacts of Indian Ocean Dipole Mode Events on Global Climate." Climate Research 25 (2003): 151-169.
- Saji, N.H., B.N. Goswami, P.N. Vinayachandran, and T. Yamagata. "A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean." Nature 401 (1999): 360-363.
- Su, F., Y. Hong, and D.P. Lettenmaier. "Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) and Its Utility in Hydrologic Prediction in the La Plata Basin." Journal of Hydrometeorology 9 (2008): 622-640.
- Suryantoro, A., Halimurrahman, T. Harjana. "Aplikasi Satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Untuk Prediksi Curah Hujan Di Wilayah Indonesia." Prosiding Workshop Nasional Aplikasi Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN, Bandung, 2008.
- Tjasyono, B., A. Lubis, I. Juaeni, Ruminta, and S.W.B. Harijono. "Dampak Variasi Temperatur Samudera Pasifik dan Hindia Ekuatorial Terhadap Curah Hujan di Indonesia." Jurnal Sains Dirgantara LAPAN 5, 2 (2008): 1-13.
- Trenberth, K.E. "The Definition of El Niño." Bulletin of the American Meteorological Society 78 (1997): 2771-2777.
- Von Storch, H., and F.W. Zwiers. Statistical Analysis in Climate Research, London: Cambridge University Press, 1999
- Wolff, D. B., D. A. Marks, E. Amitai, D.S. Silberstein, B.L. Fisher, and A. Tokay. "Ground Validation for The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)." Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 22 (2005): 365-379.
- Xie, P., A. Yatagai, M. Chen, T. Hayasaka, Y. Fukushima, C. Liu, and S. Yang. "A Gauge-Based Analysis of Daily Precipitation over East Asia." Journal of Hydrometeorology 8 (2007): 607-626.

