

ANALISIS KEJADIAN CURAH HUJAN EKSTREM DI PULAU SUMATERA BERBASIS DATA SATELIT TRMM DAN OBSERVASI PERMUKAAN [ANALYSIS OF EXTREME RAINFALL EVENTS OVER THE SUMATERA ISLAND BASED ON TRMM SATELLITE DATA AND SURFACE OBSERVATION]

Sartono Marpaung, Didi Satiadi, Teguh Harjana
Peneliti Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, Lapan
e-mail: tono_lapan@yahoo.com
Diterima 11 April 2012; Disetujui 20 Juni 2012

ABSTRACT

Extreme rainfall events may give an adverse impact on humans and the environment. Such as floods and landslides that can lead to loss of property and loss of life. Therefore, in this paper a study was conducted to analysis of extreme rainfall events. The method used to determine the threshold of extreme rainfall was cumulative distribution function. The results of analysis of rainfall data from TRMM satellite showed that the threshold for Sumatra Island and the surrounding areas was from 60 to 130 mm/day. The threshold around the equator was higher than those in the north and the south, due to stronger influence of equinox than that of monsoon. Extreme rainfall events numbered 1 to 2 days/year was predominant. In 1998/1999 an increasing number of days with extreme rainfall events occurred on the sea off west and east Sumatra Island, suspected the influence of the global factors (La Niña and Dipole Mode). The total number of extreme rainfall events that occurred predominantly in 14 years was 20 to 30 days. The incident with the highest the number of days occurred on the sea off west Sumatra Island, suspected the influence of the Indian Ocean as a source of water vapor. The results of comparison to observed rainfall indicated that the threshold and the number of extreme rainfall events were higher than those from the TRMM satellite.

Keywords: *Extreme, Rainfall, Threshold, Cumulative distribution*

ABSTRAK

Kejadian curah hujan ekstrem dapat memberikan dampak yang merugikan bagi manusia dan lingkungan. Seperti terjadinya banjir dan tanah longsor yang dapat mengakibatkan kerugian harta benda dan korban jiwa. Oleh sebab itu dalam makalah ini dilakukan suatu kajian untuk menganalisis kejadian curah hujan ekstrem. Metode yang digunakan untuk menentukan nilai ambang batas curah hujan ekstrem adalah fungsi distribusi kumulatif. Hasil analisis data curah hujan dari satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) menunjukkan, nilai ambang batas untuk Pulau Sumatera dan sekitarnya antara 60 sampai 130 mm/hari. Ambang batas di sekitar ekuator lebih tinggi dibanding bagian utara dan selatan, akibat pengaruh dari faktor ekuinoks yang lebih kuat dibanding monsun. Kejadian curah hujan ekstrem dengan jumlah hari kejadian 1 sampai 2 hari pertahun dominan terjadi. Tahun 1998/1999 terjadi peningkatan jumlah hari kejadian curah hujan ekstrem di laut sebelah barat dan timur Pulau Sumatera, diduga akibat pengaruh faktor global (*La Niña* dan *Dipole Mode*). Total jumlah hari kejadian curah hujan ekstrem yang dominan terjadi dalam 14 tahun

adalah 20 sampai 30 hari. Kejadian dengan jumlah hari tertinggi terjadi di perairan sebelah barat Pulau Sumatera, diduga akibat pengaruh dari Samudera Hindia sebagai sumber uap air. Hasil perbandingan dengan curah hujan observasi permukaan menunjukkan nilai ambang batas dan jumlah kejadian hujan ekstrem lebih tinggi dibanding hasil dari satelit TRMM.

Kata kunci: *Ekstrem, Curah hujan, Ambang batas, Distribusi kumulatif*

1 PENDAHULUAN

Kejadian cuaca/iklim ekstrem pada saat ini makin sering terjadi, salah satunya adalah kejadian curah hujan ekstrem. Kejadian curah hujan ekstrem seringkali mempunyai dampak yang merugikan bagi manusia dan lingkungan. Wilayah Indonesia sebagai negara kepulauan yang terletak di ekuator diapit oleh dua samudera dan dua benua. Samudera Pasifik di sebelah timur dan Samudera Hindia di sebelah barat merupakan sumber udara lembab yang banyak mendatangkan hujan bagi wilayah Indonesia. Proses evaporasi dari permukaan kedua samudera tersebut secara nyata akan meningkatkan kelembaban udara di atasnya. Dua benua yang mengapit kepulauan Indonesia (Asia dan Australia) mempengaruhi pergerakan angin di wilayah Indonesia. Arah angin sangat penting perannya dalam mempengaruhi curah hujan. Sebagai contoh angin yang bertiup dari arah Samudera Pasifik dan Samudera Hindia akan membawa udara lembab ke wilayah Indonesia dan mengakibatkan curah hujan di atas wilayah Indonesia menjadi tinggi dan rentan dengan kejadian curah hujan ekstrem (Tukidi, 2010). Pada dasarnya kerentanan tersebut dipicu oleh banyak faktor/fenomena baik skala global, regional dan lokal. Ditinjau dari segi distribusi/ peluang, pada umumnya kejadian cuaca/iklim ekstrem mempunyai frekuensi lebih kecil atau sama dengan 5% dari total kejadian (Koutsoyiannis, 2004).

Hasil penelitian terkait kejadian curah hujan ekstrem, untuk daerah basin Bandung pada umumnya nilai curah hujan ekstrem kurang dari 100 mm, hanya beberapa bulan saja yang mempunyai jumlah curah hujan lebih dari 100 mm (Tjasyono dan Gernowo, 2008). Jumlah hari kejadian curah hujan ekstrem semakin meningkat pada dekade tahun 1998 sampai 2007 dibanding dekade sebelumnya. Setiap tahun terjadi curah hujan ekstrem di enam kota besar di Pulau Jawa dengan jumlah hari kejadian yang bervariasi (Marpaung, 2010). Hasil-hasil yang telah diuraikan menunjukkan kondisi penelitian yang telah dilakukan terkait kejadian curah hujan ekstrem di wilayah Indonesia bagian barat. Untuk lebih meningkatkan penajaman kajian, dilakukan analisis spasial dengan wilayah kajian yang berbeda di kawasan Indonesia bagian barat dengan mengoptimalkan penggunaan data curah hujan berbasis teknologi penginderaan jauh.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kejadian curah hujan ekstrem berdasarkan data curah hujan dari satelit TRMM dan observasi permukaan. Dengan demikian diperoleh nilai ambang batas curah hujan ekstrem secara spasial dan kejadian-kejadian ekstrem yang telah terekam dalam data satelit serta perbandingannya dengan hasil dari curah hujan observasi permukaan.

2 METODOLOGI PENELITIAN

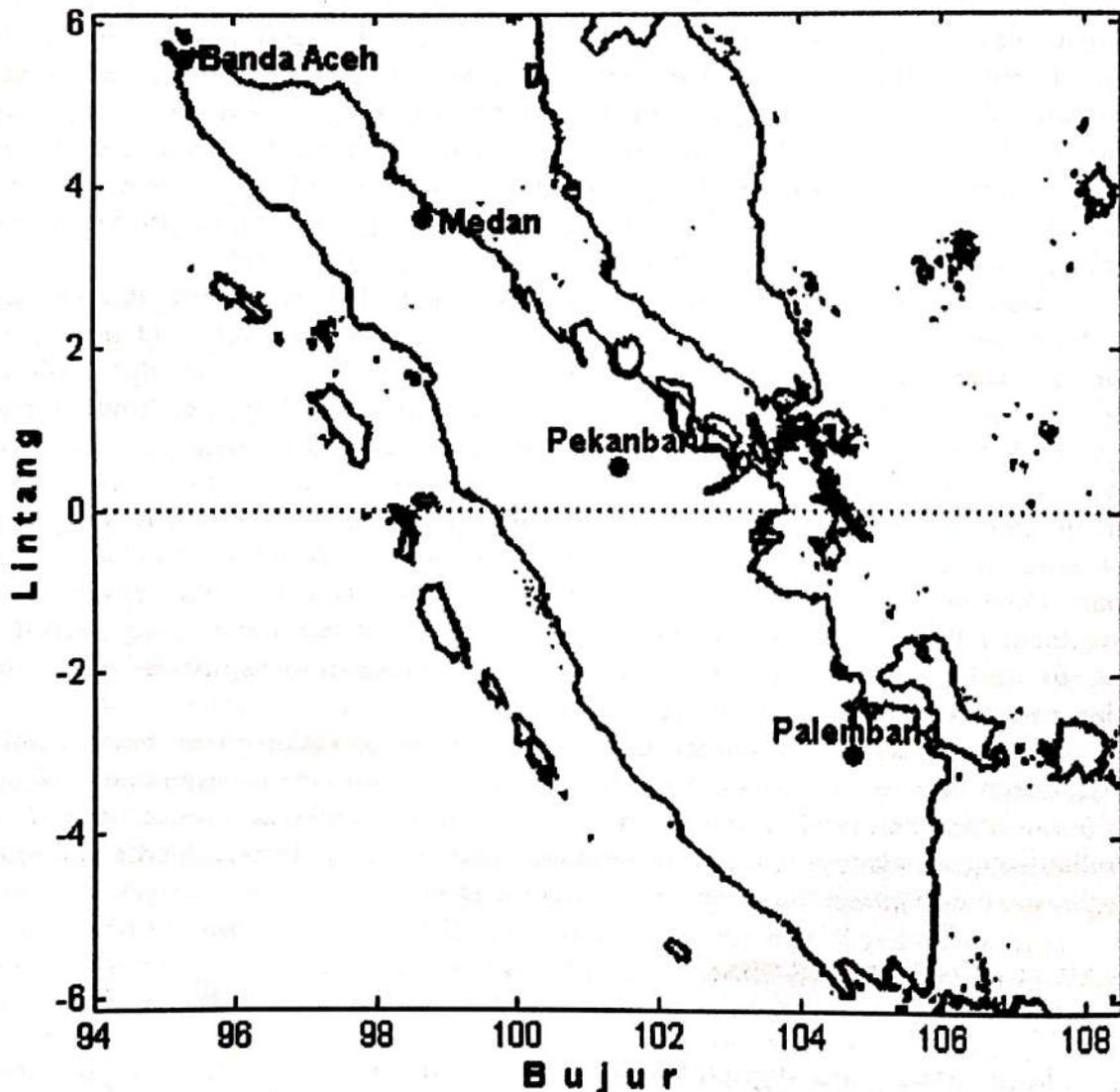
2.1 Data

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan harian dari satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), jenis 3B42 (3B42 adalah data level tiga yang sudah dikoreksi nilai errornya dan dikombinasikan dengan data

observasi permukaan). Data tersebut memiliki resolusi spasial $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Periode data yang digunakan dari tahun 1998 sampai 2011 (sumber data ftp:// disc2. nascom. nasa.gov.). Data pendukung adalah curah hujan harian dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) untuk empat kota kajian yaitu: Banda Aceh, Medan, Pekanbaru dan Palembang. Periode pengamatan dari 1999 sampai 2010. Data pendukung tersebut digunakan dalam analisis perbandingan kejadian curah hujan ekstrem berdasarkan data satelit TRMM dan observasi permukaan hasil instrumen penakar hujan.

2.2 Lokasi Penelitian

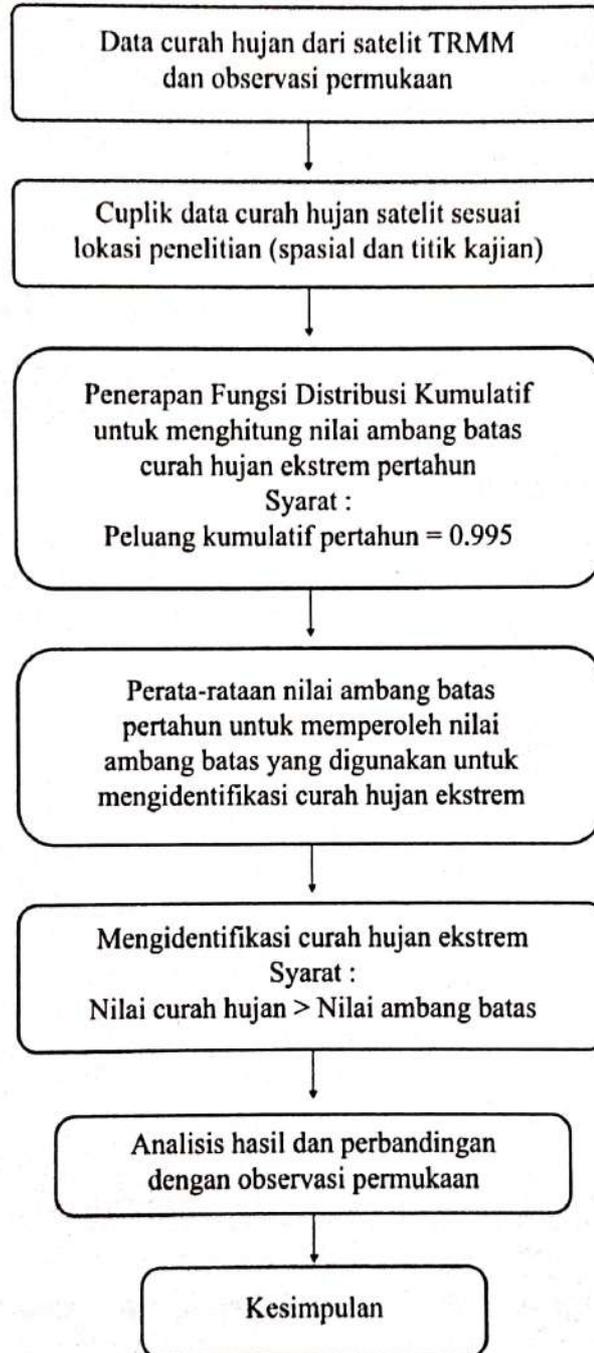
Lokasi penelitian secara spasial adalah wilayah Indonesia bagian barat yaitu Pulau Sumatera dan perairan sekitarnya dengan batas zonal dari $94,675^\circ$ sampai $108,375^\circ$ bujur timur dan batas meridional dari $6,125^\circ$ lintang selatan sampai $6,25^\circ$ lintang utara. Sedangkan lokasi kajian berupa titik/kota kajian ditentukan empat kota yaitu: Banda Aceh, Medan, Pekanbaru, dan Palembang. Wilayah penelitian yang dipilih merupakan representasi kawasan Indonesia barat, mulai dari bagian selatan sampai ke wilayah paling utara. Cakupan lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 2-1 berikut.



Gambar 2-1 : Lokasi penelitian dan empat kota/titik kajian: Banda Aceh, Medan, Pekanbaru dan Palembang

2.3 Metode Analisis Data

Dalam menganalisis kejadian curah hujan ekstrem digunakan diagram alur penelitian pada Gambar 2-2.



Gambar 2-2: Diagram alur penelitian dalam mengidentifikasi kejadian curah hujan ekstrem

Fungsi distribusi kumulatif mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$P(a \leq x \leq b) = \int_a^b f(x) dx \quad (2-1)$$

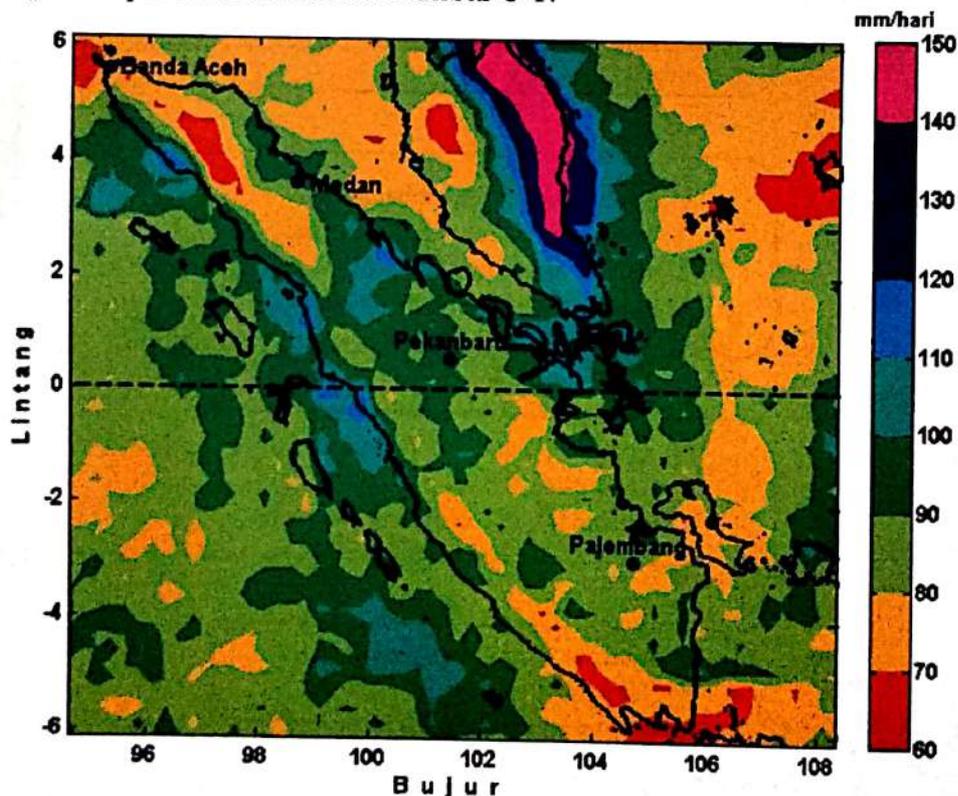
Pada fungsi distribusi kumulatif, dalam menghitung peluang kumulatif data curah hujan diurutkan dari terkecil sampai terbesar. Peluang kumulatif kejadian curah hujan dalam setahun sama dengan 1. Untuk menentukan nilai ambang batas curah hujan ekstrem, syaratnya peluang kumulatif sama dengan 0,995 (Wilks, 2006). Nilai

curah hujan pada peluang 0,995 tersebut merupakan nilai ambang batas curah hujan ekstrem pada tahun tersebut. Perhitungan nilai ambang batas diulangi untuk tahun-tahun berikutnya, sehingga diperoleh nilai ambang batas untuk setiap tahun pengamatan. Dari nilai ambang batas pertahun dihitung nilai rata-ratanya. Nilai rata-rata tersebut digunakan sebagai nilai ambang batas untuk mengidentifikasi kejadian curah hujan ekstrem. Curah hujan yang nilainya lebih besar dari nilai ambang batas merupakan curah hujan ekstrem. Penentuan peluang kumulatif sama dengan 0,995 menunjukkan bahwa yang diduga sebagai kejadian ekstrem hanya 0,5% (setengah persen) kondisi tertinggi dari seluruh kejadian pertahun.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Curah Hujan Ekstrem Berdasarkan Data Satelit TRMM

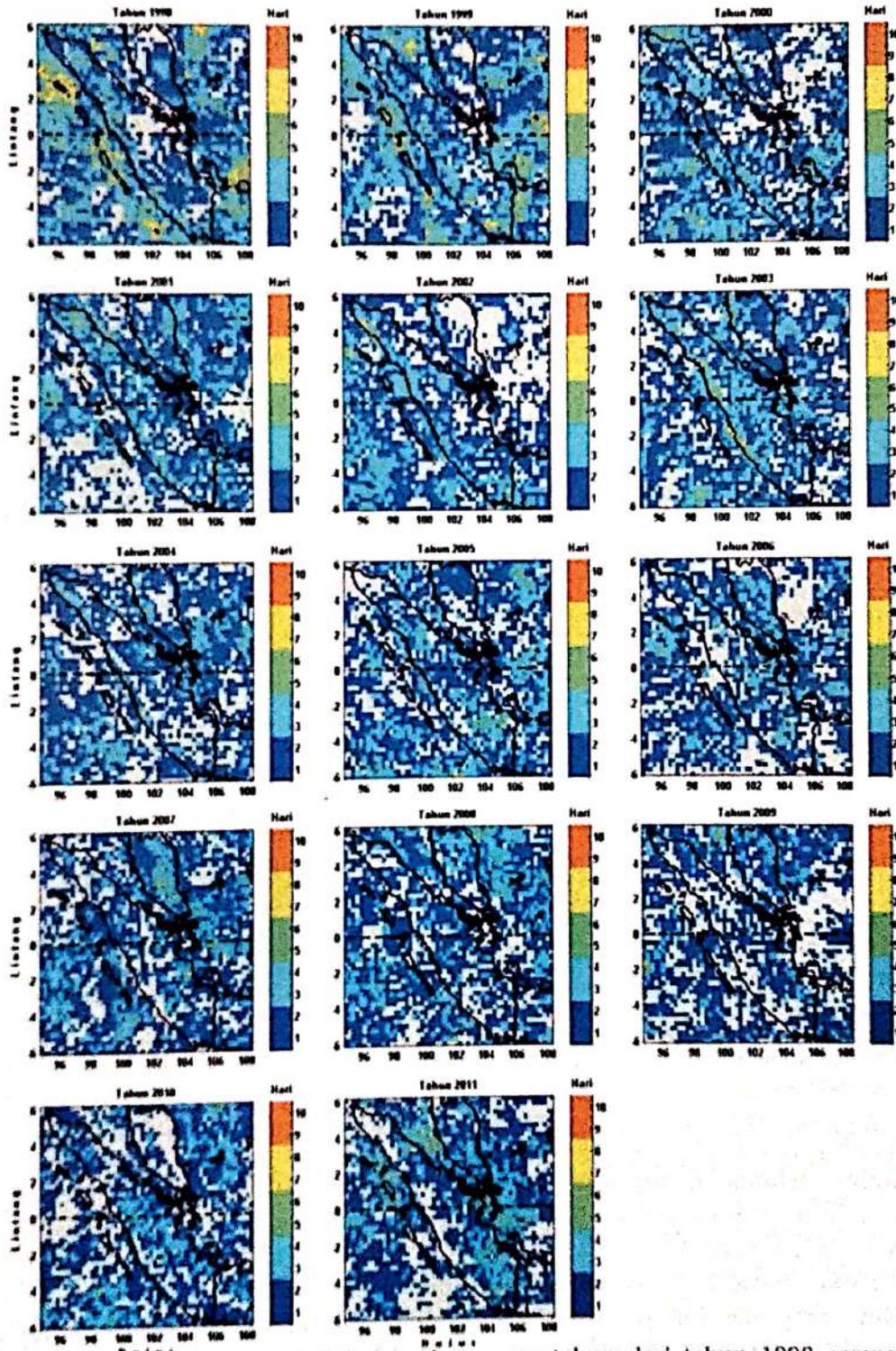
Nilai ambang batas (*threshold*) merupakan nilai yang sangat diperlukan sebagai patokan/syarat dalam mengidentifikasi kejadian curah hujan ekstrem. Berdasarkan penerapan fungsi distribusi kumulatif, diperoleh nilai ambang batas curah hujan ekstrem seperti diperlihatkan dalam Gambar 3-1.



Gambar 3-1: Nilai ambang batas curah hujan ekstrem di Pulau Sumatera dan sekitarnya berdasarkan data curah hujan harian 3B42 dari satelit TRMM tahun 1998 sampai 2011

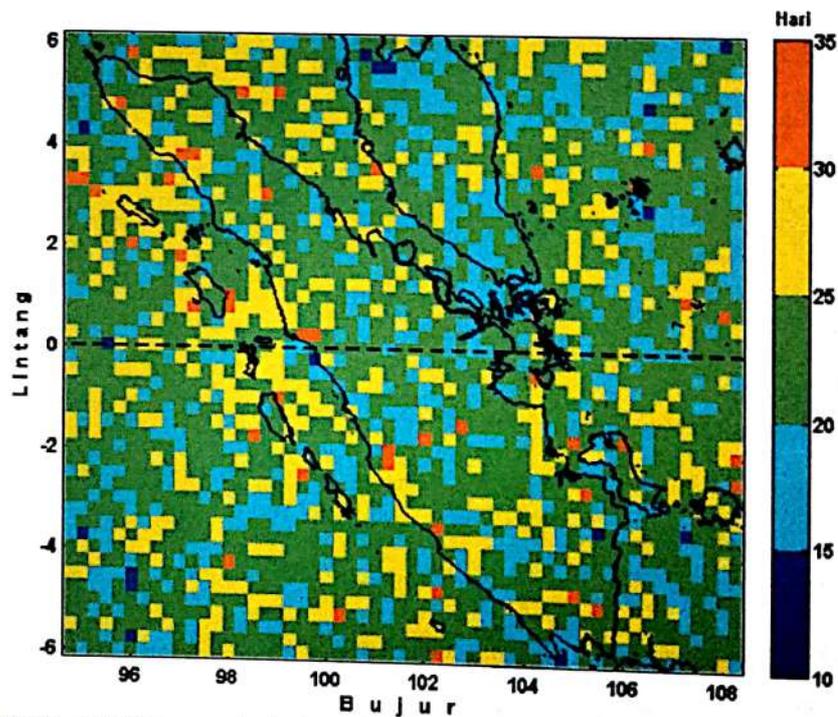
Dalam Gambar 3-1 ditampilkan nilai ambang batas curah hujan ekstrem berkisar 60 sampai 150 mm/hari. Tampak bahwa daratan Pulau Sumatera dan perairan disekitarnya, memiliki nilai ambang batas antara 60 sampai 130 mm/hari. Nilai ambang batas yang lebih besar dari 130 mm/hari terdapat di sebelah timur Semenanjung Malaka. Nilai ambang batas di daratan Pulau Sumatera pada umumnya di daerah ekuator lebih tinggi dibanding bagian selatan dan utara. Ambang batas terendah dengan nilai 60 sampai 80 mm/hari terdapat di bagian selatan dan utara Pulau Sumatera. Sedangkan di daerah ekuator nilai ambang batas berkisar antara 80 sampai 130 mm/hari. Hal tersebut akibat pengaruh dari faktor ekuinoks sehingga

daerah ekuator lebih basah (dua puncak musim hujan dalam setahun) dan memiliki curah hujan yang lebih tinggi dibanding bagian utara dan selatan. Pengaruh faktor ekuinoks lebih kuat dari monsun untuk daerah ekuator (Juaeni *et al.*, 2010) dan hujan terjadi hampir sepanjang tahun. Kemungkinan pengaruh dari sirkulasi *Hadley* (sirkulasi utara-selatan) yang menyebabkan aktifitas konveksi yang sangat aktif di daerah ekuator turut berpengaruh. Dengan menggunakan nilai ambang batas yang diperoleh, hasil identifikasi jumlah hari kejadian curah hujan ekstrem pertahun dari data satelit TRMM sebagai berikut.



Gambar 3-2 : Jumlah kejadian curah hujan ekstrem pertahun dari tahun 1998 sampai 2011 di Pulau Sumatera dan sekitarnya

Kejadian curah hujan ekstrem yang teridentifikasi dari tahun 1998 sampai 2011 ditampilkan pada Gambar 3-2 dengan jumlah kejadian mulai dari 1 sampai 10 hari pertahun. Terdapat wilayah yang tidak mengalami kejadian curah hujan ekstrem (*grid* warna putih). Hasil menunjukkan bahwa tahun 1998 dan 1999 tampak kejadian curah hujan ekstrem mengalami peningkatan untuk jumlah kejadian pertahun lebih besar dari 2 hari, terutama di perairan sebelah barat dan timur Pulau Sumatera. Untuk tahun 2000 sampai 2011 secara spasial terlihat jumlah kejadian curah hujan ekstrem relatif stabil, tidak terjadi peningkatan yang signifikan seperti tahun 1998/1999. Kejadian curah hujan ekstrem harian dari tahun 1998 sampai 2011 menunjukkan bahwa jumlah kejadian 1 sampai 2 hari dominan terjadi dengan persentasi antara 50% sampai 70% dari seluruh kejadian ekstrem pertahun. Sedangkan kejadian ekstrem dengan jumlah hari kejadian 3 sampai 4 hari persentasinya 10% sampai 25% pertahun. Variasi-variasi jumlah hari kejadian dan persentasinya menunjukkan bahwa curah hujan memiliki variabilitas yang tinggi secara spasial. Peningkatan jumlah hari kejadian curah hujan ekstrem pada tahun 1998 dan 1999 adalah akibat dari pengaruh faktor global yaitu fenomena *La Niña* dan *Dipole Mode*. Tahun 1998/1999 terjadi fenomena *La Niña* dan *Dipole Mode* negatif. Fenomena *La Niña* mempunyai pengaruh yang kuat dalam meningkatkan curah hujan di wilayah Indonesia dan *Dipole Mode* negatif berpotensi meningkatkan curah hujan di kawasan barat Indonesia (Rahman, 2010).

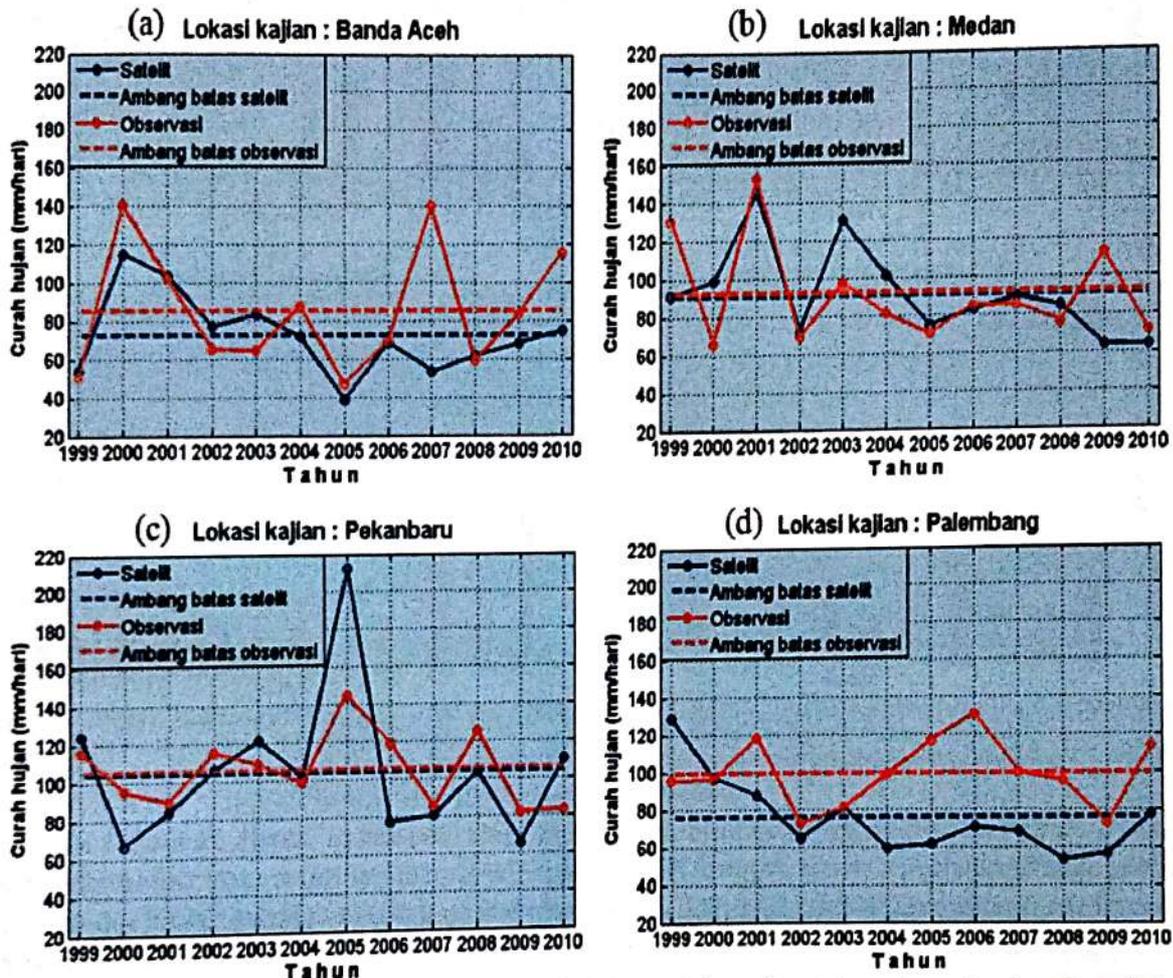


Gambar 3-3 : Total kejadian curah hujan ekstrem dari tahun 1998 sampai 2011 untuk Pulau Sumatera dan sekitarnya

Untuk melengkapi analisis pada Gambar 3-3 ditampilkan total kejadian curah hujan ekstrem selama 14 tahun pengamatan. Hasil menunjukkan total kejadian curah hujan ekstrem bervariasi, mulai dari 10 sampai 35 hari dan jumlah kejadian 20 sampai 30 hari dominan terjadi. Peristiwa curah hujan ekstrem dengan jumlah hari yang tinggi lebih dominan terjadi di perairan sebelah barat Pulau Sumatera. Hal tersebut merupakan pengaruh dari perairan luas (Samudera Hindia) sebagai sumber uap air dan tempat pertumbuhan awan-awan raksasa *Cumulonimbus* yang berpotensi menyebabkan terjadinya hujan lebat maupun sangat lebat.

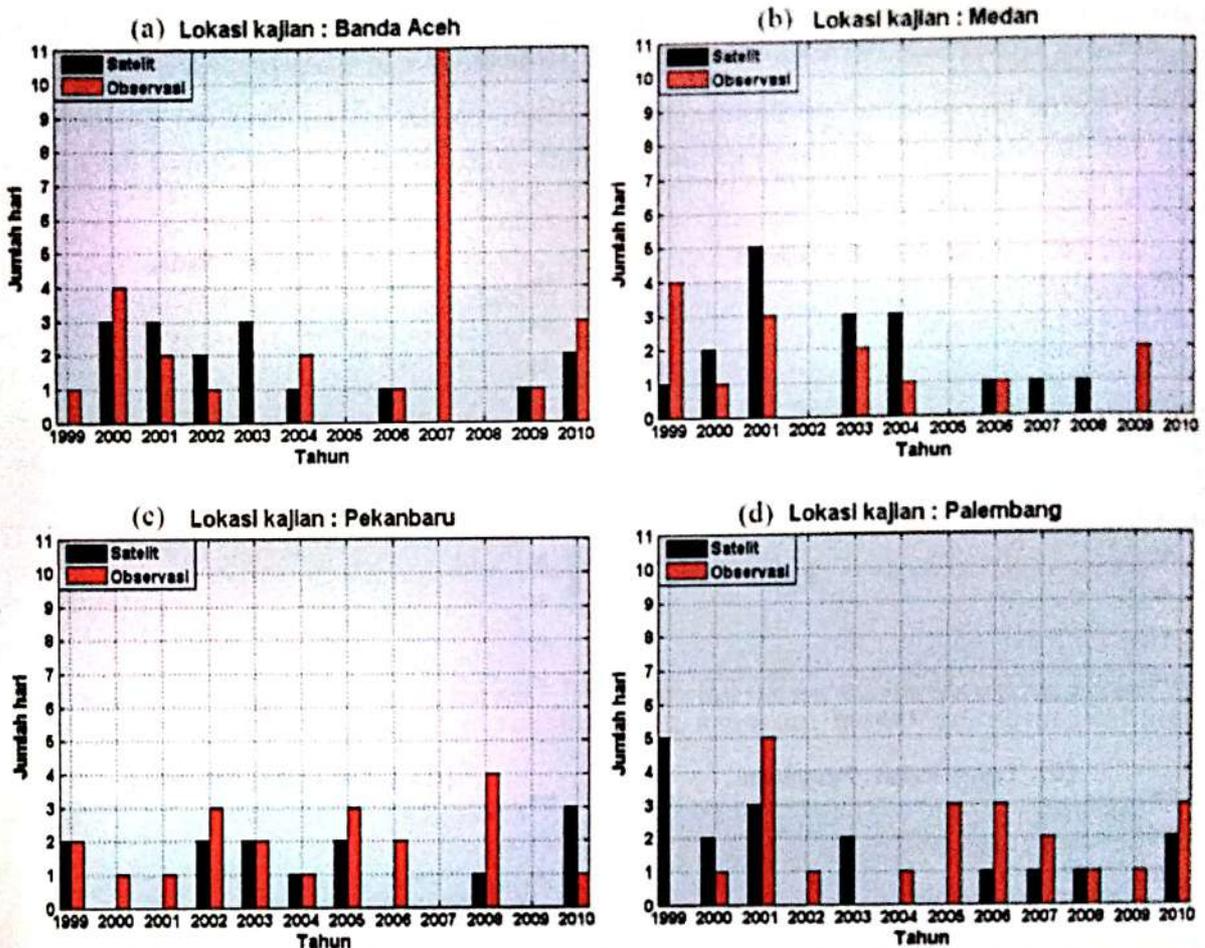
3.2 Perbandingan Kejadian Curah Hujan Ekstrem Berdasarkan Data Satelit TRMM dengan Observasi Permukaan (Penakar Hujan)

Untuk mengetahui perbandingan kejadian curah hujan ekstrem berdasarkan data dari satelit dan observasi permukaan, dilakukan analisis untuk empat kota kajian dengan hasil sebagai berikut.



Gambar 3-4: Nilai ambang batas curah hujan ekstrem pertahun dan rata-ratanya berdasarkan data satelit dan observasi permukaan untuk kota kajian: (a) Banda Aceh, (b) Medan, (c) Pekanbaru, dan (d) Palembang

Gambar 3-4 menampilkan nilai ambang batas curah hujan ekstrem pertahun dari 1999 sampai 2010 (garis utuh) dan rata-ratanya (garis putus-putus). Warna biru untuk satelit dan merah untuk observasi. Untuk kota Banda Aceh nilai ambang batas dari satelit 72 mm/hari dan observasi 85 mm/hari. Kota Medan ambang batas dari satelit sebesar 90 mm/hari dan dari observasi 105 mm/hari. Lokasi kajian Pekanbaru memiliki nilai ambang batas satelit sebesar 104 mm/hari dan dari observasi sebesar 105 mm/hari. Untuk lokasi kajian kota Palembang, dari satelit diperoleh nilai ambang batas 75 mm/hari dan observasi sebesar 99 mm/hari. Nilai ambang batas curah hujan ekstrem untuk kota Medan dan Pekanbaru hampir sama antara satelit dan observasi. Sedangkan Banda Aceh dan Palembang nilai ambang batas dari satelit berbeda dengan observasi. Hal ini terjadi karena variasi spasial curah hujan di bagian utara dan selatan lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah dekat ekuator. Nilai ambang batas yang diperoleh digunakan untuk mengidentifikasi kejadian curah hujan ekstrem dengan hasil berikut.



Gambar 3-5: Jumlah hari kejadian curah hujan ekstrem pertahun berdasarkan data satelit (hitam) dan observasi (merah) untuk 4 kota kajian : (a) Banda Aceh, (b) Medan, (c) Pekanbaru, dan (d) Palembang

Gambar 3-5 menunjukkan bahwa jumlah kejadian curah hujan ekstrem pertahun bervariasi. Lokasi kajian Banda Aceh jumlah kejadian curah hujan ekstrem pertahun 1 sampai 11 hari. Jumlah kejadian tertinggi terjadi tahun 2007 selama 11 hari berdasarkan data observasi. Tahun 2005 dan 2008 tidak ada kejadian curah hujan ekstrem. Untuk kota Medan jumlah kejadian curah hujan ekstrem antara 1 sampai 5 hari pertahun. Tahun 2002, 2005 dan 2010 merupakan tahun tanpa kejadian curah hujan ekstrem. Lokasi kajian Pekanbaru menunjukkan jumlah hari kejadian curah hujan ekstrem berkisar 1 sampai 4 hari pertahun. Tahun 2007 dan 2009, hasil satelit dan observasi menunjukkan tidak ada kejadian curah hujan ekstrem. Hasil untuk kota Palembang menunjukkan bahwa jumlah kejadian curah hujan ekstrem pertahun 1 sampai 5 hari. Jumlah kejadian curah hujan ekstrem bervariasi antar instrumen (satelit dan penakar hujan). Hasil dengan jumlah kejadian berdasarkan satelit sama dengan observasi merupakan hasil yang ideal. Jumlah hari yang berbeda antara hasil satelit dengan observasi atau bahkan satelit menunjukkan jumlah hari tertentu sedangkan observasi menunjukkan tidak terjadi curah hujan ekstrem dan sebaliknya, merupakan pengaruh dari sirkulasi atmosfer yang bersifat dinamis. Hasil estimasi satelit di atmosfer dapat berpindah/bergerak akibat adanya faktor yang mempengaruhi (angin atau perbedaan tekanan) sebelum menjadi curah hujan di permukaan. Untuk melengkapi hasil analisis perbandingan kejadian curah hujan ekstrem antara dua instrumen, hasil yang telah diperoleh dirangkum dalam Tabel 3-1 berikut.

Tabel 3-1: RINGKASAN HASIL ANALISIS PERBANDINGAN CURAH HUJAN EKSTREM RATA-RATA BERDASARKAN DATA SATELIT TRMM DAN OBSERVASI PERMUKAAN DARI TAHUN 1999 SAMPAI 2010

No.	Lokasi kajian	Nilai ambang batas (mm/hari)		Jumlah kejadian (hari)	
		Satelit	Penakar hujan	Satelit	Penakar hujan
1	Banda Aceh	72	85	16	26
2	Medan	90	91	17	14
3	Pekanbaru	104	105	13	20
4	Palembang	75	99	17	21

Tabel 3-1 menunjukkan bahwa nilai ambang batas curah hujan ekstrem dari data curah hujan satelit lebih rendah dibanding observasi permukaan. Jumlah kejadian curah hujan ekstrem yang teridentifikasi dari satelit lebih rendah dibanding observasi permukaan, kecuali lokasi kajian kota Medan. Hal ini menggambarkan bahwa secara umum instrumen penakar hujan mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam merekam kejadian curah hujan ekstrem dibanding satelit. Penakar hujan mampu merekam kejadian curah hujan ekstrem dalam cakupan yang lebih kecil sedangkan satelit harus dalam cakupan yang luas sesuai dengan ukuran *grid* satelit. Disamping itu, basis perekaman data yang berbeda diduga turut juga berpengaruh. Penakar hujan mengukur curah hujan secara langsung dipermukaan sedangkan satelit melakukan pengukuran di atmosfer menggunakan suatu gelombang yang dikonversi menjadi nilai curah hujan.

4 KESIMPULAN

Nilai ambang batas curah hujan ekstrem rata-rata untuk Pulau Sumatera dan perairan di sekitarnya adalah 60 sampai 130 mm/hari. Nilai ambang batas di sekitar ekuator lebih tinggi dibanding bagian utara dan selatan.

Kejadian curah hujan ekstrem dengan jumlah hari kejadian 1 sampai 2 hari pertahun dominan terjadi. Tahun 1998 dan 1999 tampak peningkatan kejadian curah hujan ekstrem untuk jumlah hari kejadian pertahun lebih besar dari 2 hari, terutama di perairan sebelah barat dan timur Pulau Sumatera. Peningkatan tersebut diduga akibat pengaruh dari fenomena global *La Niña* dan *Dipole Mode*.

Total hari kejadian curah hujan ekstrem selama 14 tahun pengamatan dominan terjadi antara 20 sampai 30 hari. Kejadian curah hujan ekstrem dengan jumlah hari yang tinggi umumnya terjadi di perairan sebelah barat Pulau Sumatera. Hal tersebut merupakan pengaruh Samudera Hindia sebagai sumber uap air dan tempat pertumbuhan awan-awan raksasa *Cumulonimbus*.

Nilai ambang batas curah hujan ekstrem dan jumlah kejadiannya lebih tinggi hasil dari observasi permukaan (penakar hujan) dibanding hasil dari satelit TRMM. Hal tersebut merupakan pengaruh dari perbedaan kemampuan kedua instrumen dalam merekam kejadian curah hujan ekstrem. Penakar hujan mampu merekam kejadian curah hujan ekstrem dalam cakupan yang lebih kecil sedangkan satelit dapat merekam dalam skala besar sesuai dengan ukuran *grid* satelit yang luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Bapak Noersomadi, M.Si., atas bantuannya dalam komputasi data sehingga penulisan makalah ini dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang direncanakan.

DAFTAR RUJUKAN

- Juaeni, I., Yuliani, D., Ayahbi, R., Noersomadi, Harjana, T. dan Nurzaman, 2010. *Pengelompokan Wilayah Curah Hujan Kalimantan Barat Berbasis Metode Ward dan Fuzzy Clustering*, Jurnal Sains Dirgantara Vol. 7 No. 2 LAPAN Jakarta.
- Koutsoyiannis, D., 2004. *Statistics of Extremes and Estimation of Extreme Rainfall: Theoretical Investigation*, Hydrological Sciences Journal Department of Water Resources, Faculty of Civil Engineering, National Technical University of Athens, Greece, 49/4, 575-590.
- Marpaung, S., 2010. *Identifikasi Curah Hujan Ekstrem Enam Kota Besar di Pulau Jawa*, Prosiding Seminar Penerbangan dan Antariksa Nasional, Serpong-Jawa Barat.
- Rahman, A.A., 2010. *Pola Spasial Pengaruh Kejadian La Nina Terhadap Curah Hujan di Indonesia Tahun 1998/1999; Observasi Menggunakan Data TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) 3B43*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN, IPB International Convention Center (IICC) Bogor.
- Tjasyono, B. dan Gernowo, R., 2008. *Curah Hujan Ekstrem di Area Monsun Bandung*, Jurnal Meteorologi dan Geofisika, Vol. 9 No. 2 : 65-71.
- Tukidi, 2010. *Karakter Curah Hujan di Indonesia*, Jurnal Geografi Universitas Negeri Semarang (UNNES), Vol. 7 No. 2 : 136-145.
- Wilks, D.S., 2006. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, Second Edition, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Cornell University - USA, Publisher Elsevier.