

Identifikasi Tipe Hujan Konvektif dan Stratiform Menggunakan Data Disdrometer

Suaydhi

Bidang Pemodelan Iklim

Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN

Jl. Dr. Junjunan 133 Bandung 40173

Phone: (022) 6037445, Fax: (022) 6037443

Email: suay@bdg.lapan.go.id

Abstrak

Pembedaan antara hujan konvektif dan stratiform di daerah tropis diperlukan untuk memperdalam pengetahuan tentang sirkulasi atmosfer global. Identifikasi tipe hujan juga penting dalam aplikasi hidrologi. Laju hujan tinggi yang terkait dengan hujan konvektif pada jangka waktu yang lama biasanya akan mengakibatkan banjir dan dapat memicu tanah longsor pada lahan-lahan gundul.

Makalah ini menganalisa data disdrometer dalam kurun waktu tiga tahun untuk mempelajari tipe hujan Disdrometer tersebut dipasang di lokasi EAR (Radar Atmosfer Katulistiwa) di daerah Kototabang (Sumatra Barat) sejak akhir 2002. Dari hasil analisa didapatkan bahwa hujan stratiform mempunyai diameter butir hujan rata-rata kurang dari 0,5 mm dengan simpangan baku kurang dari 0,2 mm. Butir hujan di luar kriteria tersebut digolongkan sebagai hujan konvektif. Berdasarkan kriteria ini hujan stratiform dalam rata-rata kejadian per harinya paling banyak 46% dari kejadian hujan total rata-rata. Sedangkan jumlah hujan stratiform menyumbang hanya 13% dari jumlah hujan total. Sebagian besar kontribusi hujan konvektif terhadap jumlah hujan total terjadi pada sore hari dan menjelang malam hari.

Kata Kunci: hujan konvektif, hujan stratiform, diameter butir hujan, disdrometer

Abstract

The distinction between convective and stratiform precipitation in tropical regions is needed to gain more understanding about the global atmospheric circulation. The identification of rainfall types is also important in the hydrological application. High rainfall rate, which is related to convective precipitation, over relatively long period usually causes floods and can also trigger landslides over unprotected land areas.

This paper analyzes disdrometer data over three-year period, installed in Equatorial Atmosphere Radar site at Kototabang (West Sumatra) since the end of 2002, to study the rainfall types. It was found that stratiform rainfall has mean raindrop diameter less than 0.5mm and its standard deviation less than 0.2mm, other than those criteria the rainfall is classified as convective type. Based on these criteria, compared to the total rainfall, a maximum of 46 % on daily average is stratiform rain. However, the contribution of stratiform rain to the total rainfall amount is only 13%. The larger amount of contribution of convective precipitation towards the total rainfall amount occurs mostly in the afternoon and in the evening.

Keywords: convective rainfall, stratiform rainfall, rain drop diameter, disdrometer

1. PENDAHULUAN

Tiga perempat energi yang menggerakkan sirkulasi atmosfer berasal dari panas laten yang dilepaskan oleh hujan (Hartmann, 1994). Profil panas laten ini bergantung pada tipe hujan, yang biasanya dikategorikan sebagai hujan konvektif atau hujan stratiform. Hujan

konvektif dikaitkan dengan proses konveksi, yang merujuk pada pembalikan fluida dalam pengaruh gravitasi.

Hujan stratiform dihasilkan oleh awan stratiform yang terbentuk dari proses mikrofisika yang terjadi dalam gerakan udara vertical yang lebih lemah. Awan konvektif biasanya mempunyai struktur vertikal dan awan stratiform lebih melebar horizontal. Jadi hujan konvektif lebih terlokalisir, sementara hujan stratiform mencakup area yang sangat luas. Menurut Houze (1997), hujan konvektif menghasilkan pemanasan laten pada semua lapisan troposfer dan berakibat pada konvergensi horizontal pada lapisan bawah dan divergensi pada lapisan atas troposfer. Dalam kejadian hujan stratiform terdapat pendinginan pada lapisan bawah dan pelepasan panas laten pada lapisan atas, sehingga terjadi konvergensi horizontal pada lapisan tengah troposfer. Profil-profil pemanasan/pendinginan laten dan konvergensi/divergensi ini telah dikonfirmasi dengan pengamatan oleh Mapes dan Houze (1995). Dengan demikian pengetahuan tentang tipe hujan dan distribusinya di daerah tropis sangat penting dalam mengkaji dampak konveksi tropis pada sirkulasi atmosfer global, yang pada gilirannya akan diperlukan untuk memperbaiki model numerik.

Hujan yang berasal dari awan-awan konvektif aktif tidak seragam, namun cenderung mempunyai ukuran butir hujan yang relative lebih besar dibandingkan dengan butir hujan stratiform. Hal ini dikarenakan bentuk awan konvektif yang vertikal, sehingga titik-titik air dalam awan mempunyai waktu lebih banyak waktu untuk tumbuh lebih besar sebelum keluar dari awan dan menjadi tetes hujan. Dalam awan stratiform, titik-titik airnya mempunyai waktu yang lebih pendek sebelum jatuh menjadi hujan.

Identifikasi tipe hujan tidak dapat dilakukan menggunakan penakar hujan tradisional. Peralatan yang lebih canggih, seperti penakar hujan jenis *tipping-bucket*, radar cuaca, dan disdrometer, biasanya yang digunakan untuk membedakan antara hujan konvektif dan hujan stratiform. Sayangnya peralatan-peralatan ini masih terbatas keberadaannya di Indonesia. Sejak pertengahan tahun 2001, di daerah Kototabang (Sumatra Barat) beroperasi sebuah fasilitas radar atmosfer katulistiwa atau Equatorial Atmosphere Radar (EAR). Di stasiun pengamat dirgantara (SPD) Kototabang ini terdapat pula berbagai peralatan pengamatan hujan: radar hujan X-band, disdrometer, penakar hujan optic, dan microrain radar (MRR). Makalah ini membahas salah satu metoda dalam mengidentifikasi tipe hujan menggunakan data disdrometer.

2. DATA DAN METODOLOGI

2.1. Data

Data yang digunakan dalam identifikasi tipe hujan ini diperoleh dari pengamatan karakter hujan menggunakan disdrometer antara Januari 2003 dan Desember 2005. Tipe disdrometer yang digunakan adalah videodisdrometer, atau lebih dikenal dengan nama 2DVD yang merupakan kepanjangan dari *2-Dimensional Video Disdrometer*. Hal ini disebabkan peralatan ini menggunakan dua kamera video yang dipasang saling tegak lurus untuk memindai butir-butir hujan yang jatuh ke dalam sebuah wadah berbentuk kotak. Ukuran kotaknya adalah 100 cm^2 . Disdrometer jenis ini mampu mengukur butir hujan pada frekuensi pemindaian tinggi (resolusi waktunya adalah 29 mikro detik), sehingga kecepatan vertical, diameter equivolumetrik (diameter sebuah bola yang mempunyai volume setara dengan butir hujan tersebut), and *oblateness* (derajat kebulatan sebuah butir hujan) dapat direkam untuk masing-masing butir hujan. Deskripsi yang lebih rinci dari 2DVD dapat dilihat di Kruger and Krajewski (2002).

Satu set data dari pengamatan penakar hujan optic atau optical rain gauge (ORG) juga digunakan dalam penelitian ini. Data ORG ini hanya mengukur laju hujan dan digunakan sebagai pembanding data laju hujan yang diperoleh dari 2DVD. ORG ini letaknya sekitar dua

meter dari 2DVD, sehingga pengujian silang keakuratan pengukuran dari dua peralatan tersebut dapat dilakukan untuk lokasi pengamatan yang sama.

2.2. Distribusi Butir Hujan

Distribusi ukuran butir hujan atau *rain drop size distribution* (DSD) adalah jumlah butir hujan per satuan volume per interval diameter butir hujan. DSD sebuah kejadian hujan adalah karakteristik proses pembentukan, pertumbuhan, transformasi, dan peluruhan butir hujan dari kejadian hujan tersebut. Analisis model DSD secara umum digunakan sebagai metoda untuk menentukan tipe hujan. DSD sebagai fungsi dari diameter, $N_v(D)$, dapat secara langsung diperoleh dari pengukuran 2DVD, bersama-sama dengan diameter butir hujan (D), laju hujan (R), kecepatan jatuh vertikal, dan oblateness.

Dalam studi ini butir-butir hujan difilter untuk harga oblateness antara 0 dan 2, dan kecepatan jatuh vertical tidak lebih dari 10 m/s. Kemudian jumlah butir hujan dihitung pada interval satu menit dan dengan interval diameter 2.5 mm untuk 40 kelas diameter.

2.3. Metoda Identifikasi Tipe Hujan

Pemahaman tipe hujan akan meningkatkan akurasi prediksi atenuasi hujan dan estimasi laju hujan yang diturunkan dari data radar. Estimasi tipe hujan dapat didasarkan atas evaluasi rekaman data laju hujan yang tersedia. Estimasi yang lebih akurat dapat diperoleh dari analisis DSD. Tokay and Short (1996) memperkenalkan metoda parameter CS (Convective-Stratiform) untuk membedakan tipe hujan antara konvektif (*cumuliform*) dan non-konvektif (*stratiform*). Metoda parameter CS ini didasarkan atas nisbah antara N_0 (parameter titik potong) dan R (laju hujan). Metoda lain untuk identifikasi tipe hujan adalah menggunakan pendekatan ambang batas laju hujan (Ciach et al., 1997).

Namun demikian Uijlenhoet et al. (2003) menyebutkan bahwa kedua metoda tersebut tidak terlalu handal pada beberapa kasus. Uijlenhoet mengusulkan penggunaan diameter butir hujan rata-rata (μ_D) dan simpangan bakunya (σ_D) sebagai metoda yang lebih sesuai dalam membedakan antara hujan konvektif dan stratiform. Kedua parameter tersebut didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_D = N_T^{-1} \int_0^{\infty} D N_v(D) dD$$

$$\sigma_D = \sqrt{N_T^{-1} \int_0^{\infty} D^2 N_v(D) dD - \mu_D^2}$$

di mana dD adalah interval diameter dan N_T is konsentrasi butir hujan total:

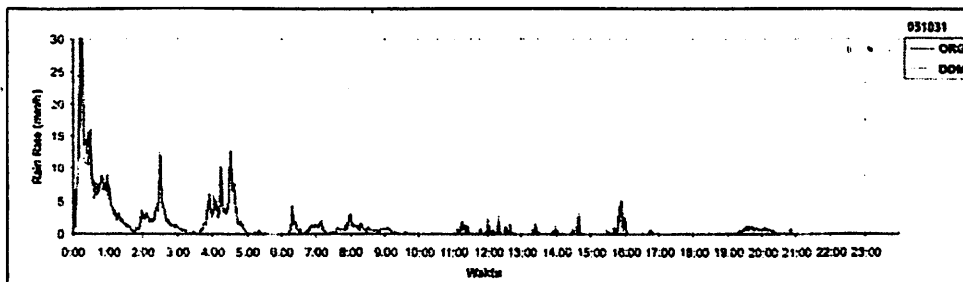
$$N_T = \int_0^{\infty} N_v(D) dD$$

Dalam makalah ini, metoda yang diusulkan oleh Uijlenhoet et al. (2003) yang akan dipakai untuk mengidentifikasi tipe hujannya. Metoda dari Tokay dan Short terlalu rumit untuk dipakai dalam hal komputasinya, sedangkan penggunaan nilai ambang laju hujan tak direkomendasikan seperti akan ditunjukkan pada bagian akhir makalah ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perbandingan Laju Hujan

Untuk menguji apakah data yang digunakan dalam makalah ini konsisten atau tidak, data laju hujan dari pengukuran 2DVD dibandingkan dengan hasil pengukuran ORG.



Gambar 3.1. Perbandingan laju hujan antara data disdrometer dan penakar hujan optik untuk kejadian hujan tanggal 31 Oktober 2005.

Dari gambar 1 terlihat bahwa laju hujan hasil pengukuran 2DVD sangat konsisten dengan hasil pengamatan ORG untuk tanggal 31 Oktober 2005. Konsistensi data laju hujan dari 2DVD dengan ORG ini juga terlihat pada semua data yang digunakan dalam studi ini. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini sangat baik berdasarkan atas perbandingan data dari dua peralatan yang berbeda.

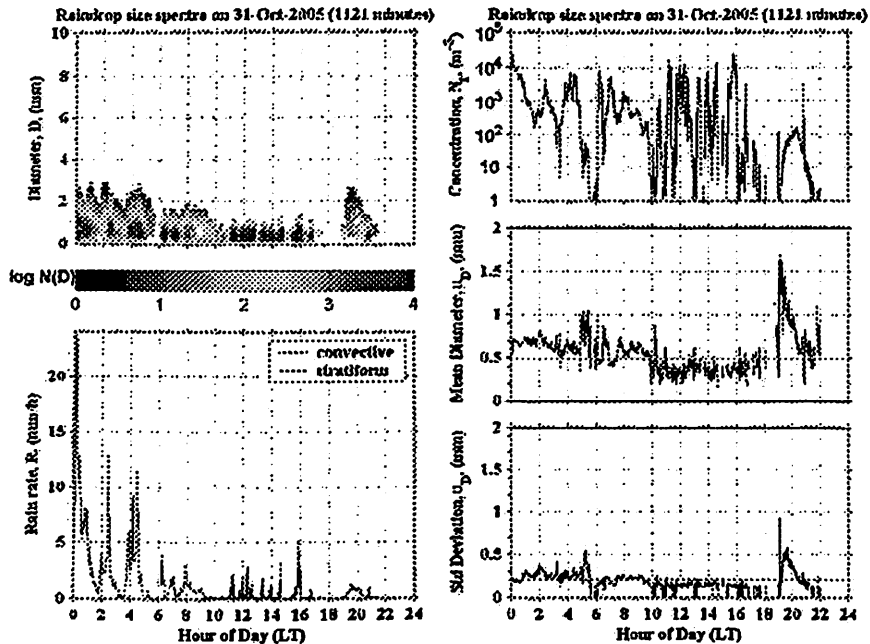
3.2. Identifikasi Tipe Hujan

Seperti disebutkan di atas, metoda dari Uijlenhoet et al. (2003) akan digunakan untuk mengidentifikasi tipe hujan dalam studi ini. Dari deret waktu lebih dari 600 hari data disdrometer, diameter butir hujan rata-rata dan simpangan bakunya dihitung berdasarkan persamaan 1 dan persamaan 2. Sebuah kombinasi harga antara kedua kuantitas tersebut dibandingkan dengan spectrum yang bersesuaian untuk mencari criteria yang tepat dalam membedakan anantara hujan konvektif dan hujan stratiform. Setelah memeriksa ratusan plot deret waktu harian dari diameter butir hujan dan simpangan bakunya dan juga spektrumnya, maka ditetapkan bahwa diameter butir hujan rata-rata, μD , kurang dari 0.5 mm dan simpangan baku, σD , kurang dari 0.2 mm adalah hujan stratiform. Selain dari kombinasi harga tersebut, hujannya dikategorikan sebagai konvektif. Pemeriksaan menyeluruh terhadap plot-plot deret waktu spektrum hujan dilakukan lagi untuk memastikan bahwa criteria ini cocok dengan karakteristik hujannya. Kejadian hujan pada tanggal 31 Oktober 2005 dipilih sebagai contoh sempurna penggunaan criteria ini (lihat gambar 2), sebab data pada tanggal ini mempunyai kombinasi hujan konvektif dan stratiform yang berlangsung lebih dari 16jam.

Hujan stratiform mempunyai karakteristik diameter kecil dan spektrum butir hujan yang seragam. Hal ini ditunjukkan pada panel kiri atas gambar 2 untuk kejadian hujan antara jam 10 dan 16. Ada perbedaan yang jelas antara spektrum di dalam periode ini dengan spektrum di luar jam-jam tersebut, yang diklasifikasikan sebagai hujan konvektif. Spektrum hujan konvektif tampak lebih tak teratur dan mempunyai ukuran butir yang lebih besar. Diameter butir hujan rata-rata dan simpangan bakunya digambarkan pada panel kanan tengah dan bawah gambar 2. Garis horizontal dibuat untuk menandai harga-harga 0.5 mm untuk diameter dan 0.2 mm untuk simpangan bakunya. Kombinasi harga-harga ini tampaknya merupakan sebuah criteria bagus untuk membedakan antara hujan konvektif dan stratiform. Kriteria ini kemudian digunakan untuk membuat plot deret waktu laju hujan untuk dua tipe curah hujan (panel bawah gambar 2). Plot ini memberikan indikasi bahwa laju hujan untuk hujan stratiform tidak melebihi 5 mm per jam, sedangkan hujan konvektif mempunyai jangkauan laju hujan yang sangat lebar. Pada kejadian hujan lain, laju hujan konvektif dapat mencapai lebih dari 100 mm per jam. Ini menunjukkan bahwa penggunaan harga ambang laju hujan bukan criteria yang bagus untuk membedakan tipe hujan.

Deret waktu pada panel kanan atas gambar 2 adalah plot konsentrasi total adri butir hujan. Secara sepintas terlihat bahwa deret waktu ini berbeda jika dibandingkan dengan plot diameter rata-rata dan simpangan bakunya. Hal yang sama juga terlihat dari plot deret waktu

kejadian hujan yang lain. Hasil-hasil ini tidak sama dengan yang diperoleh Uijlenhoet et al. (2003) untuk kejadian hujan di lintang menengah. Pada kejadian hujan lintang menengah, deret waktu konsentrasi total mirip dengan deret waktu diameter rata-rata (gambar 4 dalam Uijlenhoet et al., 2003). Ini menunjukkan bahwa kejadian hujan di daerah tropis mempunyai karakter yang berbeda dengan yang ada di lintang menengah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh proses pematangan hujan yang berbeda.

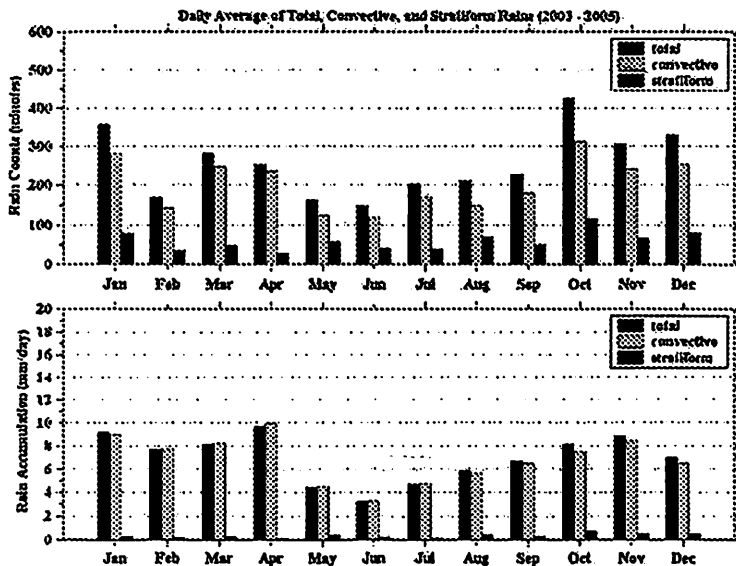


Gambar 3.2. Sebuah contoh klasifikasi tipe hujan untuk kejadian hujan pada tanggal 31 Oktober 2005.

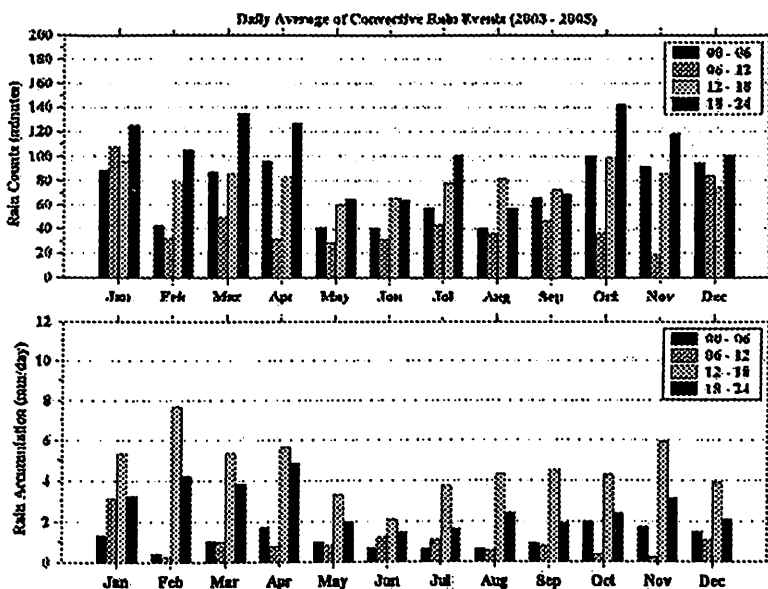
3.3. Analisis Kejadian Hujan

Dari identifikasi tipe hujan, kejadian hujan konvektif di daerah Kototabang jauh lebih dibandingkan dengan kejadian hujan stratiform. Tipe hujan konvektif merupakan ciri khas hujan di daerah tropis. Secara rata-rata kejadian hujan stratiform dalam satu harinya lebih sedikit daripada kejadian hujan konvektif. Hujan stratiform hanya menyumbang paling banyak 13% dari kejadian hujan total yang tercatat dalam akumulasi hujan satu hari (lihat gambar 3). Hal ini disebabkan oleh laju hujan stratiform yang memang sangat kecil (kurang dari 5 mm per jam), sehingga akumulasi hujan yang terjadi dalam satu hari akan semakin kecil dibandingkan dengan hujan konvektif.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa hujan konvektif terjadi paling sering pada waktu antara jam 18.00 dan 24.00. Namun jumlah akumulasi curah hujannya paling banyak tercatat pada sore hari (antara jam 12 dan 18). Hujan konvektif juga dapat terjadi setelah tengah malam atau di pagi hari, tetapi akumulasi jumlah hujan pada waktu-waktu ini relative sangat kecil dibandingkan dengan akumulasi jumlah hujan konvektif yang terjadi pada sore dan malam hari. Ini menunjukkan bahwa rata-rata laju hujan setelah tengah malam sampai pagi hari cukup rendah. Hujan konvektif yang terjadi pada malam hari sampai pagi hari adalah hujan yang berasal dari awan-awan sangat besar yang dibawa dari lautan India ke arah Indonesia akibat pengaruh osilasi sub-musiman atau dikenal dengan nama MJO (*Madden-Julian Oscillation*).



Gambar 3.3. Rata-rata harian kontribusi hujan konvektif dan stratiform terhadap akumulasi hujan total.



Gambar 3.4. Analisis kejadian hujan konvektif.

4. KESIMPULAN

Disdrometer adalah salah satu peralatan terbaik untuk mempelajari mikrofisika hujan. Data hujan yang dihasilkan dari disdrometer dapat digunakan untuk melakukan analisis tipe hujan. Dari pengukuran curah hujan menggunakan 2DVD di daerah Kototabang, tipe hujan dapat ditentukan menggunakan sebuah metoda yang diusulkan oleh Uijlenhoet et al. (2003). Laju hujan yang diperoleh dari disdrometer menunjukkan konsistensi yang sangat bagus dengan data pengamatan menggunakan penakar hujan optik (ORG).

Sebuah kejadian hujan diklasifikasikan sebagai stratiform jika diameter butir hujan rata-ratanya kurang dari 0.5 mm dan simpangan bakunya kurang dari 0.2 mm, selain dari kriteria tersebut hujannya digolongkan sebagai hujan konvektif. Hal ini juga dikonfirmasi dari spektrum hujannya, hujan stratiform mempunyai spektrum yang seragam dan diameter butir hujan yang kecil. Hujan konvektif mempunyai spektrum yang tak beraturan dan ukuran diameter yang besar dan sangat bervariasi. Kejadian hujan stratiform rainfall di Kototabang dapat mencapai 46% secara rata-rata harian, namun kontribusi terhadap akumulasi jumlah hujan total hanya menapai 13%. Hal ini terkait dengan rendahnya laju hujan stratiform yang kurang dari 5 mm per jam, sedangkan laju hujan konvektif dapat mencapai lebih dari 100 mm per jam.

Frekuensi kejadian hujan konvektif paling banyak sering terjadi setelah matahari terbenam sampai menjelang tengah malam, tetapi akumulasi jumlah hujannya paling banyak diproduksi oleh hujan yang terjadi pada sore hari. Meskipun hujan konvektif dapat terjadi pada malam dan pagi hari, namun puncak proses konveksi terjadi setelah tengah hari, sehingga hujan konveksi pada sore hari akan menghasilkan akumulasi hujan yang sangat besar.

DAFTAR RUJUKAN

- Ciach, G.J., W.F. Krajewski, E.N. Anagnostou, M.L. Baeck, J.A. Smith, J.R. McCollum, and A. Kruger, 1997: Radar rainfall estimation for ground validation studies of the Tropical Rainfall Measuring Mission, *J. Appl. Meteor.*, **36**, 735–747.
- Hartmann, D.L., 1994: *Global Physical Climatology*. Academic Press, 411 pp.
- Houze, R.A., Jr., 1997: Stratiform precipitation in regions of convection: A meteorological paradox?, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 2179–2196.
- Kruger, A., and W.F. Krajewski, 2002: Two dimensional video distrometer: a description. *J. Atmos. and Ocean Tech.*, **19**, 602–617.
- Tokay, A., and D.A. Short, 1996: Evidence from tropical raindrop spectra of the origin of rain from stratiform versus convective clouds. *J. Appl. Meteor.*, **35**, 355–371.
- Uijlenhoet, R., M. Steiner, and J.A. Smith, 2003: Variability of raindrop size distributions in a squall line and implications for radar rainfall estimation. *J. Hydrometeorology*, **4**, 43–61.