

ANALISIS HUJAN DENGAN BOUNDARY LAYER RADAR

Findy Renggono¹

Intisari

Boundary Layer Radar (BLR) merupakan sebuah L-band Doppler radar. BLR yang terletak di Serpong, merupakan program kerjasama pengamatan antara RASC Kyoto University, Jepang, BPPT dan LAPAN. Pada dasarnya BLR digunakan untuk mengamati dinamika atmosfer pada kondisi udara cerah dari permukaan sampai ketinggian 3 km. Pada tulisan ini akan ditunjukkan bahwa BLR dapat juga digunakan untuk mengamati hujan.

Abstract

Boundary Layer Radar is an L-band Doppler radar. BLR that located at Serpong, Indonesia (6°S, 107°E) is a collaborative program between RASC, Kyoto University, Japan, BPPT and LAPAN. Although this radar is basically designed to measure winds in clear-air. This study, however, shows that BLR can also be used to detect the rain drops.

Kata kunci : hujan, Doppler radar

1. PENDAHULUAN

Untuk mendukung kegiatan operasional hujan buatan, UPT Hujan Buatan (UPTHB) melakukan berbagai kegiatan penelitian, baik penelitian yang berkaitan langsung dengan teknologi modifikasi cuaca, maupun penelitian dasar tentang meteorologi. Berbagai macam kegiatan penelitian atau pengamatan juga telah dilakukan bersama dengan instansi dalam dan luar negeri. Salah satu kerjasama penelitian yang dilakukan adalah pengamatan atmosfer dengan menggunakan radar atmosfer. Kegiatan pengamatan bersama yang sudah dilakukan sejak bulan Nopember 1992, adalah merupakan kerjasama antara UPTHB dengan Radio Atmospheric Science Center (RASC) - Kyoto University, dan LAPAN.

Radar yang digunakan dalam pengamatan ini adalah sebuah Boundary Layer Radar (BLR) yang dipasang di kawasan PUSPIPTEK, Serpong, yang mampu melakukan pengamatan secara terus-menerus, sehingga arah dan kecepatan angin secara 3 dimensi untuk setiap ketinggian dapat diperoleh dalam orde menit. Radar ini didisain khusus agar dapat melihat turbulensi di atmosfer pada kondisi udara cerah. Pada kondisi berawan atau ada hujan, pergerakan atmosfer tidak dapat terukur dengan baik, karena echo dari butir air jauh lebih besar dibandingkan echo dari atmosfer.

tentang clutter echo di Serpong yang terdeteksi oleh BLR telah dilaporkan oleh Hashiguchi (1995), dan studi tentang echo selain dari echo dari atmosfer juga telah dibahas oleh Tan (1995). Murata et al. (2000) melakukan studi tentang echo dari hujan dengan menggunakan data BLR di Bukittinggi dengan waktu pengamatan yang pendek. Renggono et al. (2000, 2001) melakukan analisa harian dan tahunan kemunculan jenis awan hujan di Serpong dan Bukittinggi.

Dengan metoda dan teknik analisa data yang berbeda serta penggunaan data yang lebih panjang, dalam tulisan ini akan ditunjukkan bahwa data BLR dapat juga digunakan untuk mengamati jenis awan, dan curah hujan yang berguna bagi UPTHB.

2. PENGAMATAN DAN JENIS DATA

2.1. BLR

BLR merupakan sebuah atmosfer radar yang beroperasi dengan menggunakan frekuensi 1357 Hz (L-band). BLR ini dilengkapi dengan 3 buah antenna parabola yang diarahkan ke 3 jurusan: tegak lurus, utara dan timur. Sehingga dengan daya sebesar 1 kW radar ini mampu mengamati arah dan kecepatan angin secara 3 dimensi sampai ketinggian 3 km. Spesifikasi lengkap dari radar ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari BLR Serpong yang terkumpul sejak bulan Nopember 1992 sampai dengan bulan Desember 1998. Total data yang terkumpul adalah lebih dari 50 bulan. Daftar ketersediaan data dapat dilihat pada Gambar 1.

1. Staf peneliti UPT Hujan Buatan, BPP Teknologi
Email: findy@bppt.go.id

Beberapa penelitian dengan menggunakan BLR ini telah banyak dilakukan sebelumnya. Penelitian

Beberapa bagian yang kosong menunjukkan bahwa tidak ada pengamatan pada saat itu, yang disebabkan karena mati listrik atau karena BLR sedang dibawa ke Jepang untuk dikalibrasi ulang (Maret 1997 – Juni 1997)

2.2. Data Permukaan

Sebagai data pembanding dalam penelitian ini digunakan data curah hujan yang diukur dengan sebuah penakar hujan otomatis yang diletakkan di sekitar lokasi BLR. Penakar hujan otomatis yang digunakan adalah jenis *tipping-bucket* dengan kapasitas bucket-nya 0.5 mm (IKEDA, RT-5). Semua data disimpan dalam sebuah data logger yang dapat merekam tanggal-bulan-jam-menit dari setiap 0.5 mm curah hujan yang terukur. Dengan menggunakan penakar hujan otomatis ini, informasi curah hujan dapat diperoleh secara kontinyu tiap menit.

Pengamatan curah hujan dengan penakar otomatis di Serpong ini telah dilakukan sejak Nopember 1992, bersamaan dengan dimulainya pengamatan dengan BLR, dan masih tetap dilakukan sampai sekarang.

3. METODA ANALISIS

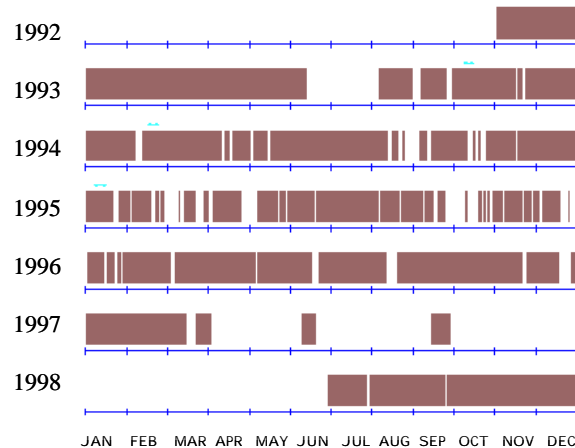
BLR yang terletak di Serpong ini didisain untuk mengamati pergerakan atmosfer bawah. Agar dapat mengukur 3 komponen dari vektor kecepatan angin sampai dengan ketinggian sekitar 2-3 km pada kondisi udara cerah dengan resolusi waktu kurang dari 1 menit, BLR harus beroperasi dengan menggunakan frekuensi yang tinggi. Sebagai konsekuensi penggunaan frekuensi tinggi, *radar volume reflectivity* dari turbulensi atmosfer akan lebih kecil bila dibandingkan dari butir hujan. Akibatnya, BLR tidak dapat mengukur pergerakan atmosfer secara langsung pada saat ada awan hujan atau mendung (Hashiguchi, 1995).

Pada saat terjadi hujan, data yang terukur oleh BLR lebih didominasi oleh echo dari gerak jatuh butir air/es. Karena kepekaannya sekitar 60 dB lebih peka dari echo turbulensi di atmosfer, maka radar ini mampu mendeteksi butir air/es sampai ketinggian sekitar 6.4 km. Contoh dari pengamatan BLR pada waktu terjadi hujan, dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar ini merupakan bidang waktu-ketinggian dari reflektivitas radar dengan menggunakan antenna yang tegak lurus pada tanggal 19 Februari 1994. Hasil pengukuran penakar hujan otomatis menunjukkan kejadian hujan pada siang hari yang juga dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai echo yang kuat dari permukaan sampai ketinggian lebih dari 6 km (pukul 1145– 1600 dan 1630 – 2100 WIB).

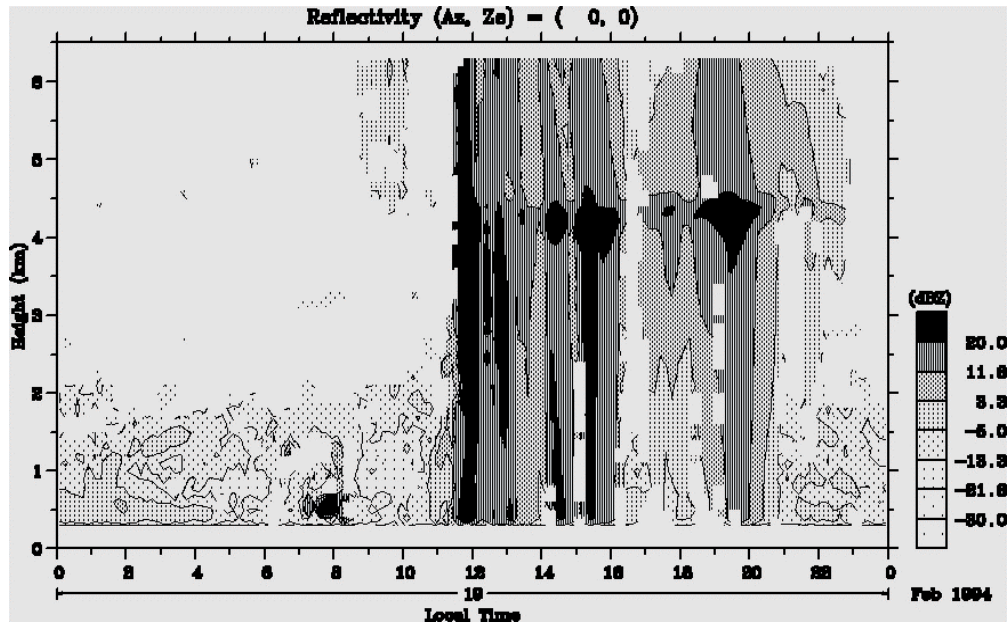
Tabel 1. Spesifikasi BLR Serpong

BLR Specification	
Radar System	Monostatic Pulse Radar
Operating Frequency	1357.5 MHz
Antenna	Parabolic Antenna
Aperture	3.1m ² (φ : 2m)
Beam width	7.6
Beam Directions	(0°,0°),(0°,15°),(90°,15°)
Peak Power	1000 W
Average Power	20 W
Bandwidth	4 MHz
Pulse length	0.67, 1.0, 2.0 μs
IPP	50, 100, 200 μs
Range Resolution	100 m
Time Resolution	~1 min

Serpong BLR Observation



Gambar 1. Jadwal pengamatan dinamika atmosfer dengan menggunakan boundary layer radar di Serpong



Gambar 2. Bidang waktu-ketinggian dari reflektivitas radar hasil pengamatan dengan BLR pada tanggal 19 Februari 1994.

Gambar 3 adalah bidang waktu-ketinggian dari angin zonal-vertikal untuk hari dan tanggal yang sama seperti Gambar 2. Arah panah menunjukkan arah angin, sedangkan panjangnya panah menunjukkan besarnya kecepatan angin. Pada saat udara cerah, gerakan angin ke atas/ke bawah dapat terukur dengan baik, tapi pada saat terjadi hujan, karena yang terukur oleh BLR adalah kecepatan jatuh dari butir hujan, maka arah panah pada saat hujan adalah ke bawah dan mempunyai kecepatan yang cukup besar. Dengan sifat khusus dari echo dan kecepatan vertical tersebut nilai ambang waktu hujan dapat ditentukan.

Untuk menentukan nilai ambang echo dan kecepatan vertical, nilai echo dan kecepatan vertical pada ketinggian sekitar 1 km dipilih berdasarkan data hujan yang terpantau oleh penakar hujan otomatis. Jika pada menit tersebut penakar hujan mendeteksi hujan sebanyak 0.5 mm atau lebih, maka nilai echo dan kecepatan vertical diambil sebagai data hujan.

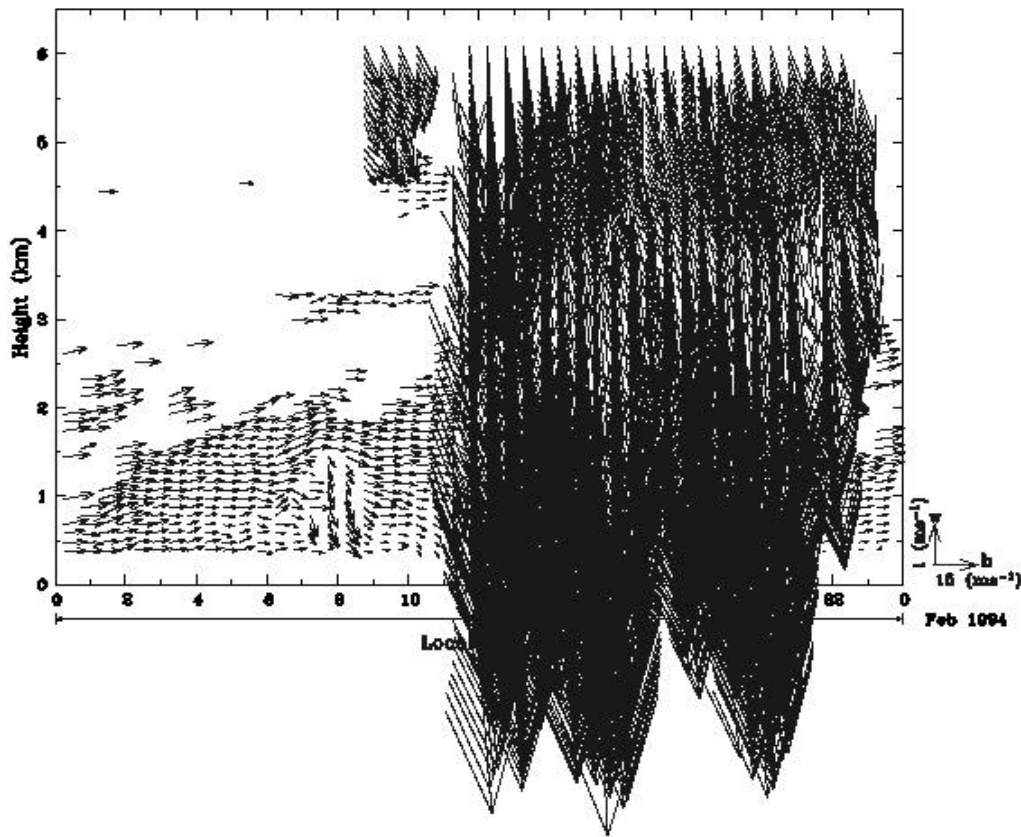
4. ANALISIS KEJADIAN HUJAN

Setelah dilakukan filter untuk menghilangkan data error, data hujan yang terkumpul dari pengamatan sejak bulan Nopember 1992 sampai dengan Desember 1998, adalah sebanyak 5544 menit. Untuk melihat hubungan antara kejadian hujan dengan parameter dari BLR, dapat dilihat pada scatter diagram yang ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar ini adalah distribusi faktor reflektivitas radar dibandingkan dengan kecepatan Doppler vertical. Nilai faktor reflektivitas radar dapat dihitung dari nilai S/N (*signal to*

noise) yang merupakan perbandingan antara intensitas echo power dengan system noise power. Warna pada masing-masing titik menunjukkan banyaknya data pada titik tersebut.

Pada gambar ini tampak bahwa data hujan mempunyai kecepatan jatuh antara 3 m/s sampai dengan 12 m/s dan mempunyai reflektivitas antara 1 dBZ sampai dengan 36 dBZ. Gambar ini menunjukkan juga bahwa data lebih banyak berkumpul diantara 10 dBZ sampai dengan 30 dBZ (warna arsir gelap). Nilai-nilai yang kurang dari 10 dBZ kemungkinan terjadi karena keterbatasan alat penakar hujan, yang kapasitas *tipping-bucket*-nya hanya 0.5 mm, atau masalah teknis lainnya seperti perbedaan pencatatan waktu antar BLR dengan penakar hujan. Dengan melihat hasil ini, dapat ditentukan suatu nilai ambang untuk mengetahui kejadian hujan dengan menggunakan data BLR. Karena nilai dibawah 10 dBZ dapat diabaikan, maka kejadian hujan dapat ditentukan dengan menggunakan nilai ambang untuk kecepatan Doppler dan reflektivitas, yang masing-masing adalah 1 m/s dan 10 dBZ.

Gambar 5 menunjukkan hasil pengamatan kejadian hujan pada tanggal 7 sampai dengan 14 Januari 1995 dengan menggunakan penakar hujan otomatis (atas) dan BLR (bawah). Garis dibagian atas gambar menunjukkan laju curah hujan (mm/jam) yang terukur oleh penakar hujan, sedangkan arsiran hitam dibawahnya adalah kejadian hujan yang diamati oleh BLR. Pada studi ini, penentuan kejadian hujan dengan BLR menggunakan nilai ambang batas dari kecepatan Doppler dan reflektivitas seperti yang disebutkan di atas. Dalam gambar ini terlihat bahwa, kecuali untuk



Gambar 3. Bidang waktu-ketinggian dari angin zonal dan vertikal hasil pengamatan dengan BLR pada tanggal 19 Februari 1994.

hujan tanggal 12 siang, kejadian hujan yang terpantau oleh BLR sama dengan yang terpantau oleh penakar hujan. Beberapa kejadian tampak muncul lebih awal atau lebih lambat, tetapi beda waktunya tidak lebih dari 30 menit.

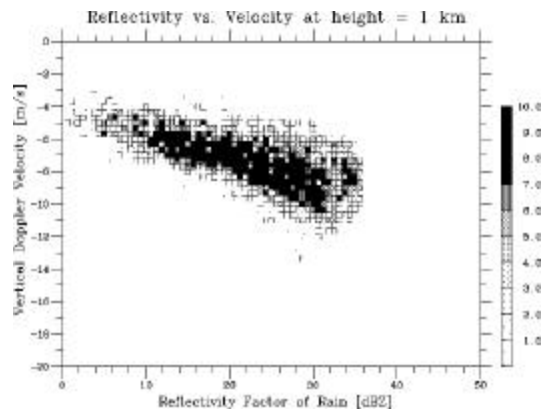
adalah konstanta yang menunjukkan kondisi dari hujan. Konstanta ini memiliki beberapa nilai, tetapi yang paling cocok pada berbagai macam kasus untuk nilai a dan b masing-masing adalah 200 dan 1.6 (Battan, 1973)

5. ANALISIS CURAH HUJAN

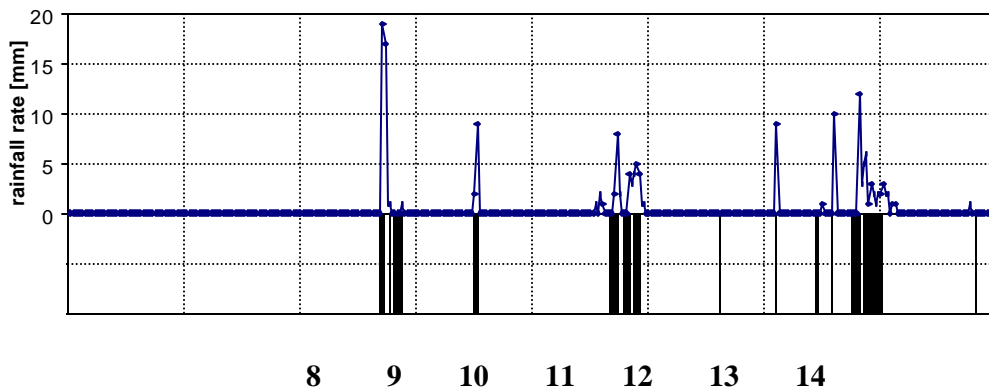
Walaupun BLR dapat mengamati pola hujan dan struktur awan hujan, tapi BLR tidak dapat mengukur curah hujan secara langsung. Untuk itu, perlu digunakan suatu algoritma yang dikalibrasi dengan pengukuran langsung agar dapat memperkirakan curah hujan di lokasi tersebut. Rumus yang paling umum digunakan dalam mencari hubungan antara pengukuran radar dengan curah hujan adalah hubungan ZR, yaitu hubungan antara curah hujan dengan echo power dari radar, yang dapat diformulasikan sebagai berikut (Kodaira et al., 1980):

$$Z = a R^b \quad (1)$$

Dimana Z adalah indeks reflektifitas radar, R adalah curah hujan permukaan, sedangkan nilai a dan b



Gambar 4. Scatter diagram dari Reflectivity Factor dari hujan versus kecepatan jatuh dari butir hujan dari pengamatan BLR Serpong mulai Nopember 1992 s.d. Desember 1998. Warna arsir menunjukkan jumlah data pada titik tersebut.



7
7

Gambar 5.Data hujan di Serpong pada tanggal 7 s.d. 14 Januari 1995. Pada bagian atas adalah curah hujan yang diukur oleh penakar hujan otomatis dan bagian bawah adalah durasi hujan yang diukur dengan BLR.

Biasanya reflektifitas radar diberikan dalam satuan desibel, dengan rumus

$$dBZ = 10 \log_{10} Z \quad (2)$$

Maka hubungan antara dBZ dengan curah hujan menjadi:

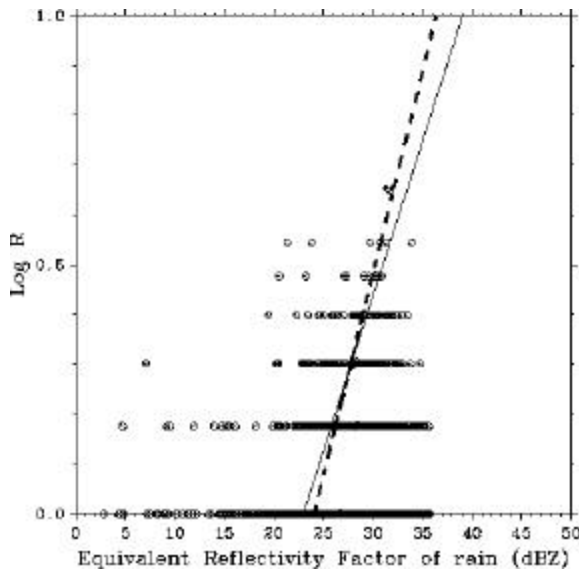
$$dBZ = A + B \log_{10} R \quad (3)$$

hampir berhimpitan, yang menunjukkan bahwa hubungan reflektifitas BLR dengan curah hujan dapat mengikuti rumus di atas dengan menggunakan nilai a dan b seperti yang digunakan oleh Battan (1973).

6. KESIMPULAN

Dari hasil studi data BLR Serpong yang terkumpul sejak bulan Nopember 1992 sampai dengan Desember 1998, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- BLR yang didisain untuk mengamati pergerakan atmosfer pada saat kondisi cerah, dapat dimanfaatkan untuk melakukan pengamatan hujan.
- Kejadian hujan dapat diketahui dengan melakukan analisa parameter BLR. Kejadian hujan di permukaan teramati pada saat nilai kecepatan Doppler vertical lebih dari 3 m/s dan Reflektifitasnya lebih dari 10 dBZ.
- Hubungan antara echo BLR dengan curah hujan mengikuti rumus Z-R yang banyak digunakan sampai saat ini.



Gambar 6.Diagram faktor reflektifitas radar (dBZ) versus curah hujan

dimana,

$$A = 10 \log_{10} a$$

$$B = 10 \quad b$$

Gambar 6 adalah diagram factor reflektifitas radar (dBZ) versus $\log_{10} R$ untuk data BLR Serpong mulai bulan Nopember 1992 sampai dengan Desember 1998. Warna arsir menunjukkan jumlah presentasi data terhadap curah hujan. Garis lurus yang tampak pada gambar ini menunjukkan nilai yang diberikan oleh rumus (3) dengan menggunakan nilai $a = 200$ dan $b = 1.6$, sedangkan garis putus-putus menunjukkan rata-rata reflektifitas BLR. Kedua garis ini tampak

Beberapa kelemahan dalam studi ini akan diperbaiki dalam penelitian selanjutnya, seperti misalnya metoda pemilihan data hujan yang kurang akurat karena mengabaikan kesalahan teknis yang terjadi dilapangan selama pengamatan, serta penelitian lebih lanjut mengenai hubungan Z-R juga akan dikerjakan untuk mendapatkan rumusan yang lebih tepat bagi BLR.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya ditujukan pada Prof. S. Fukao dan Prof. H. Hashiguchi yang banyak membantu penulis dalam penelitiannya menggunakan BLR. Juga bagi seluruh staf yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam

pengoperasian BLR, penulis mengucapkan terimakasih atas kerjasamanya.

Daftar Pustaka

Battan, L.J., 1973: Radar Observations of the Atmosphere, *University of Chicago Press*, Chicago, **30**, 324 pp

Hashiguchi, H., 1995: Development of an L-band clear-air Doppler radar and its application to planetary boundary layer observations over equatorial Indonesia, PhD thesis, *Department of Electronic Engineering, Kyoto University*

Kodaira, N., R. Tachihira, D. Shizaki, A. Takeda, Y. Iwasaka, and K. Naito, 1980: Special edition for meteorological radars, *study note of the meteorological society of Japan*, **139**, 9-10 (in Japanese)

Murata F., M.D. Yamanaka, M. Fujiwara, S.-Y. Ogino, H. Hashiguchi, S. Fukao, M. Kudsy, T. Sribimawati, S.W.B. Harijono, and Eddy Kelana, Relationship between wind and precipitation observed with a UHF radar, GPS rawinsondes and surface meteorological instruments at Kototabang, West Sumatera during September-October 1998, *J. Meteor. Soc. Japan*, **79**, to be accepted.

Renggono, F., H. Hashiguchi, S. Fukao, S.-Y. Ogino, N. Okamoto, F. Murata, B.P. Sitorus, M. Kudsy, M. Kartasasmita, and G. Ibrahim, 2001: Precipitating clouds observed by L-band boundary layer radars in equatorial Indonesia, *Ann. Geophys.*, **19**, 889-897

Tan, T.K., 1995: A study on the algorithm for distinction of non-atmospheric echoes observed with an L-band clear-air Doppler radar, Bachelor thesis, *Department of Electronic Engineering, Kyoto University*

DATA PENULIS

FINDY RENGGONO Lahir di Tasikmalaya, tanggal 11 Maret 1968. Memperoleh gelar S1 dari fakultas teknik jurusan elektronika, Kyoto University tahun 1993. Pada tahun 1998 melanjutkan S2 di fakultas sains jurusan geophysics, Kyoto university, lulus tahun 2000. Mulai tahun 2001 mengikuti program JSPS - Dissertation Doctor (Ronpaku) di Radio Science Center for Space and Atmosphere, Kyoto University. Sejak tahun 1993 sampai sekarang, bekerja di UPT Hujan Buatan, BPPT.