

PERBANDINGAN ANTARA *EQUATORIAL ATMOSPHERE RADAR* DENGAN *MIDDLE AND UPPER ATMOSPHERE RADAR* DALAM PEMANTAUAN ANGIN ZONAL DAN ANGIN MERIDIONAL

Eddy Hermawan¹ dan Mohamad Husni²

Intisari

Pusat Pengetahuan Radio Atmosfer dan Antariksa, Universitas Kyoto, Jepang bekerjasama dengan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) telah membangun suatu radar VHF raksasa yang diberi nama Radar Atmosfer Katulistiwa (EAR) di Kototabang, Bukittinggi, Sumatera Barat. Perhatian utama radar ini adalah untuk meneliti perilaku angin dan turbulensi yang terjadi di lapisan troposfer dan lapisan bawah stratosfer dengan resolusi tinggi dalam waktu dan ketinggian. Beberapa program studi dan penelitian yang berkaitan dengan penggunaan data radar ini sedang direncanakan. Pada makalah ini latar belakang berdirinya EAR, gambaran umum tentang EAR dan MU radar, sistem kerja, hasil awal beroperasinya EAR di Indonesia, khususnya vertikal profil angin zonal dan meridional dikemukakan untuk dibahas.

Abstract

Radio Science Center for Space and Atmosphere (RASC) of Kyoto University (Japan) together with the Indonesian National Institute of Aeronautic and Space (LAPAN) have been constructed a giant VHF radar, namely Equatorial Atmosphere Radar (EAR) at Kototabang, Bukittinggi, West Sumatera. This radar is mainly concerned to observe winds and turbulence in the troposphere and lower stratosphere with a good time and spatial height resolution. Numerous study and research programs with the EAR are now planned. In this paper the basic idea the constructed of EAR, the general description of EAR and MU radar, working system and an initial observation results of EAR construction, especially on the vertical profile of zonal and meridional wind velocity are discussed.

Kata kunci : EAR, MU radar, angin zonal, angin meridional, resolusi

1. PENDAHULUAN

Pusat Pengetahuan Radio Atmosfer dan Antariksa atau *Radio Science Center for Space and Atmosphere* (RASC), Universitas Kyoto, Jepang bekerja sama dengan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) telah mengoperasikan sebuah Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) di bukit Kototabang, Bukittinggi, Sumatera Barat (0,20° LS; 100,32° BT) yang diberi nama *Equatorial Atmosphere Radar (EAR)* atau yang lebih dikenal dengan nama *Radar Atmosfer Katulistiwa* yang merupakan hibah pemerintah Jepang kepada pemerintah Indonesia.

Pembangunan radar ini dipicu oleh pemahaman para ahli bahwa Indonesia memiliki karakteristik atmosfer yang berbeda dengan kawasan katulistiwa lainnya. Hal ini dimungkinkan karena letak geografisnya yang unik, yakni diapit oleh dua benua besar (Asia dan Australia) dan dua samudera besar (Pasifik dan Hindia) yang dikenal sebagai kawasan *benua maritim*. Wilayahnya yang 66 % terdiri dari lautan dan tersebar di antara kurang lebih 17.000 pulau, memungkinkan kawasan ini sebagai penyimpan bahang (panas) baik *sensible heat* maupun *latent heat* terbesar bagi pembentukan awan-awan raksasa, seperti awan kumulonimbus (Cb).

Kawasan ini juga dianggap sebagai mesin pembangkit terjadinya perubahan iklim global, seperti peristiwa EL-Nino dan La-Nina, pergeseran arus laut antara samudera Pasifik dan Hindia yang

1. LAPAN Bandung, eddy_75@bdg.lapan.go.id

2. UPT Hujan Buatan, BPPT, mhusni@webmail.bppt.go.id

dikenal sebagai Arus Lintas Indonesia (Arlindo) dan pergeseran musim hujan dari kondisi normal. Mengingat demikian besarnya peranan kawasan di atas ekuator Indonesia terhadap perubahan iklim global, tidaklah mengherankan jika kawasan ini menjadi pusat perhatian peneliti atmosfer. Hal ini pulalah yang mendorong LAPAN dan RASC Universitas Kyoto pada pertengahan tahun 80-an mengembangkan gagasan dan upaya bersama untuk membangun *International Center for Equatorial Atmosphere Research* (ICEAR) di Indonesia. ICEAR dimaksudkan sebagai wadah kerja sama internasional dalam masalah pengamatan secara intensif, tepat dan sistematis atmosfer ekuator. ICEAR tidak hanya melakukan pengukuran dan pemantauan atmosfer semata, melainkan juga melakukan analisis data dan penyediaan basis data yang berfungsi sebagai pusat pelayanan bagi penyelenggaraan pelatihan ilmiah-teknik terkait.

Usaha untuk melakukan pengamatan melalui radar pengamat atmosfer sudah dimulai sejak tahun 1992 oleh RASC Universitas Kyoto, Jepang bekerja sama dengan BPPT dan LAPAN yaitu dengan beroperasinya *Boundary Layer Radar* (BLR) dan *Meteor Wind Radar* (MWR) di PUSPIPTK, Serpong, Jawa Barat (6° S, 107° E). Selain itu juga BLR yang saat ini berada di GAW (Global Atmospheric Watch), Kototabang, Sumatera Barat kerjasama RASC Universitas Kyoto, BPPT dan BMG. Berbagai fasilitas serupa juga dibangun seperti *Middle Frequency* (MF) radar dan *New Pontianak Radar* (NPR) yang merupakan hasil kerja sama antara RASC, LAPAN dan Universitas Adelaide (Australia). Sementara itu pembangunan jaringan radar pengamat atmosfer juga dilakukan oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) Amerika Serikat melalui *Trans Pacific Network* yang mengoperasikan lima buah *Wind Profiler Radar* (WPR) di lima wilayah sepanjang ekuator mulai dari Peru hingga Biak, Indonesia.

Meski telah ditunjang oleh fasilitas yang sedemikian banyak, ternyata masih dibutuhkan lagi data atmosfer radar di Indonesia, terbukti dengan dibangunnya radar atmosfer katulistiwa di Kototabang, Sumatera Barat. Jadi paling tidak ada lima radar atmosfer di kawasan Indonesia yang umumnya terletak di sekitar garis katulistiwa. Hal inilah yang kiranya menarik perhatian, sebab Indonesia memiliki garis katulistiwa terpanjang di dunia sekitar 1/8 bagian dari keliling garis katulistiwa.

Dalam makalah ini dibahas hasil awal penelitian yang telah dilakukan menggunakan data *EAR*, yakni perilaku angin meridional (Utara-Selatan) dan zonal (Barat-Timur) selama 6 jam pengamatan, yakni mulai tanggal 24 hingga 25 Mei, 2001 pukul 20 hingga 02 waktu setempat seperti

dilaporkan Hasiguchi *et al.*, (2001). Lalu hasilnya dibandingkan dengan hasil pengamatan menggunakan MU (Middle and Upper atmosphere) radar pada tanggal 5 November 1986 di atas Shigaraki, Shiga, Jepang.

2. APLIKASI PRAKTIS RADAR ATMOSFER KATULISTIWA

Radar Atmosfer Katulistiwa (*EAR*) yang memang dirancang khusus mendeteksi angin mulai dari lapisan 1,5 hingga 20 km, diharapkan dapat melengkapi data atmosfer radar yang telah ada. Salah satunya adalah pengamatan *Quasi Biennial Oscillation* (QBO) yang merupakan salah satu parameter penting dalam pendugaan datangnya gejala alam *El-Nino and Southern Oscillation* (ENSO) di Indonesia (Gray *et al.*, 1992). Kekurangan yang terjadi saat ini adalah minimnya data vertikal atmosfer yang ada. Padahal kita tahu bahwa ada keterkaitan yang erat antara fenomena yang terjadi di lapisan stratosfer dengan lapisan di bawahnya (troposfer) yang dikenal sebagai proses penjalaran gelombang. Dengan memanfaatkan data *EAR* yang selang orde pengamatannya *menit-an*, maka masalah pula proses QBO, yang mungkin baru dapat dijelaskan setelah diperoleh data *EAR* minimal setelah 27 bulan pengamatan, sesuai dengan periodisitas QBO itu sendiri.

Aplikasi praktis lain data *EAR* adalah saat penanggulangan dampak kebakaran hutan, dimana dominan gerakan dan kecepatan penyebaran asap dapat diamati melalui data *EAR*. Selain itu juga laju penyebaran gas-gas polutan, baik arah vertikal maupun horizontal dapat diamati melalui besaran *Turbulence Energy Dissipation Rate* (TEDR) maupun *Vertical Eddy Diffusivity* (VED) yang kesemuanya diturunkan dari data *EAR* setelah nantinya dilengkapi dengan data *RASS* (Radio Acoustic Sounding System). Metode ini telah diterapkan dengan data MU radar, Jepang (Hermawan and Tsuda, 1999).

Juga dapat diturunkan penentuan awal musim tanam yang erat kaitannya dengan peristiwa *Monsoon* yang memang dominan terjadi di kawasan Indonesia. Kesemua itu barulah data yang diturunkan dari besaran *Doppler shift*. Sedangkan dari data *echo power* dapat diturunkan besaran stabilitas atmosfer yang penting untuk mengetahui laju perubahan suhu potensial terhadap ketinggian (Tsuda *et al.*, 1986 dan Hermawan *et al.*, 1998).

Masalah konveksi juga sangat mungkin dapat diturunkan dari data *Doppler shift* dan *echo power* seperti yang pernah dilakukan Hashiguchi *et al.* (1995) dengan menggunakan data BLR Serpong. Hal yang amat penting nantinya adalah setelah *EAR* dilengkapi dengan data *RASS* yang mampu

mendeteksi besaran suhu virtual dengan menggunakan gelombang suara. Dari suhu virtual itulah maka dapat diturunkan kandungan uap air sebagai suatu parameter untuk mengamati wilayah mana di Indonesia barat yang kaya dengan awan-awan penghasil hujan.

Selain itu kalau hanya *EAR* semata, maka tidak banyak informasi yang dapat kita peroleh. Oleh karena itu, peran aktif seluruh radar ekuator, baik yang berada di Indonesia, maupun di luar Indonesia mutlak diperlukan. Perlu diingat bahwa *EAR* adalah satu dari mata rantai pemantauan iklim global ekuator. Walaupun masing-masing radar memiliki spesifikasi yang berbeda sesuai dengan tujuan pembangunan radar, namun ada keterkaitan yang erat antara radar satu dengan radar lainnya. Hal ini tentunya tidak terlepas dengan teori penjalaran gelombang. Contoh sederhanya adalah untuk memantau lapisan atmosfer yang ada di bawah 1,5 km yang tidak terpantau *EAR* seperti pemantauan laju penyebaran polusi udara mulai dari lapisan permukaan hingga 2 km di atasnya. Dalam hal ini maka BLR dapat berperan. BLR mampu mendeteksi angin mulai dari permukaan hingga 5 km di atasnya, walaupun dengan menggunakan *fixed antenna* (Hashiguchi *et al.*, 1995).

Data utama yang dihasilkan *EAR* adalah angin dan turbulensi dalam arah tiga dimensi, yang dapat dikembangkan menjadi penelitian tentang gelombang atmosfer (*atmospheric waves*) seperti gelombang gravitasi, gelombang Kelvin, gelombang Rossby ataupun kombinasi antara keduanya. Dengan radar ini diharapkan dapat diterangkan kapan dan dimana proses penjalaran gelombang itu terjadi, kemana arah yang dominan dan dengan kecepatan berapa proses penjalaran itu terjadi.

3. SPESIFIKASI RADAR ATMOSFER KATULISTIWA

Radar Atmosfer Katulistiwa (*EAR*) yang tidak lain merupakan pengembangan dari BLR adalah *Doppler pulse monostatic* radar yang beroperasi pada frekuensi sekitar 47 MHz dengan menggunakan antenna Yagi tiga elemen berbaris sebanyak 560 buah. Radar ini terletak di bukit Kototabang, Bukittinggi, Sumatera Barat (100,32°BT; 0,20°LS) pada ketinggian 865 meter di atas permukaan laut. Kelebihan radar ini dibandingkan dengan radar di Indonesia lainnya adalah menggunakan antenna putar (*rotatite antenna*) sehingga dalam operasinya dapat diputar ke segala arah, asalkan masih dalam rentang 30° dari sumbu vertikal.

Alat ini dirancang khusus untuk memantau arah dan kecepatan angin dan turbulensi secara kontinu mulai lapisan 1,5 hingga 20 km dalam arah

Tabel 1. Spesifikasi *EAR* (Fukao *et al.*, 2001)

Lokasi	100,32°BT ; 0,20°LS
Frekuensi	47 MHz
Daya keluaran	100 kW (peak envelope)
Sistem antena	560 antenna Yagi tiga elemen berbaris pada area hampir lingkaran berdiameter 110 m
Lebar <i>beam</i>	3.4° (-3dB, one-way)
Arah <i>beam</i>	Ke segala arah dalam rentang 30 derajat dari sudut zenith
Jarak Jangkauan	1,5 hingga 20 km untuk turbulensi atmosfer dan lebih dari 90 km untuk irregularitas ionosfer.

tiga dimensi (vertikal, meridional, dan zonal) dalam selang waktu dan ketinggian sekitar 2,3 menit untuk setiap ketinggian 150 meter. Selain itu juga radar ini mampu mendeteksi fenomena irregularitas ionosfer yang terjadi pada ketinggian sekitar 100 km. Penjabaran *EAR* secara rinci dapat dilihat pada Tabel 1. (Fukao *et al.*, 2001).

4. SPESIFIKASI MU RADAR

Seperti halnya Radar Atmosfer Katulistiwa (*EAR*), MU (Middle and Upper atmosphere) radar juga merupakan *Doppler pulse monostatic* radar yang beroperasi pada VHF (Very High Frequency) band pada frekuensi 46.5 MHz yang

Tabel 2. Spesifikasi MU Radar (Fukao *et al.*, 1985a and 1985b)

Lokasi	Shigaraki, Shiga, Japan (34.85°LU; 136.10°BT)
Sistem radar	Radar pulse monostatik, sistem aktif
Frekuensi Operasional	46.5 MHz
Antenna :	Antena Yagi 475 tersusun dalam lingkaran
- Aperture	8,330 m ² (103 m in diameter)
- Beam width	3.6° (half power for full array)
- Steerability	Steering is completed in each IPP
- Beam direction	0-30° off-zenith angle
Transmitter :	475 solid-state amplifiers (TR-modules; each with output power of 2.4 kW peak and 120 W average)
- Peak power	1 MW (maximum)
- Average power	50 kW (duty ratio 5 %)
- IPP	(maximum) 400 μs (variable)
Receiver :	70 dB
- Dynamic range	12 bit x 8 channels
- A/D converter	
Pulse compression	Binary phase coding up to 32 elements (Barker and complementary codes presently in used)

dikarakteristikan dengan sistem antenna aktif sebanyak 475 buah dan desain fleksibel dengan menggunakan *full computer control*. Radar ini terletak di Shigaraki, Shiga, Jepang pada posisi (34,9°LU dan 136.1°BT). Spesifikasi lebih rinci radar ini dijelaskan oleh Fukao *et al.* (1985a and 1985b) seperti terlihat pada Tabel 2.

5. PERBANDINGAN HASIL EAR DENGAN MU RADAR

Data yang digunakan untuk perbandingan keluaran EAR dan MU meliputi kecepatan radial untuk arah barat-timur (zonal) dan utara-selatan (meridional) pada tanggal 24 hingga 25 Mei 2001 mulai lapisan 1,5 hingga 20 km untuk EAR. Sedangkan untuk MU radar digunakan data pada tanggal 5 November 1986. Data tersebut kemudian diterjemahkan ke dalam bentuk kecepatan angin zonal dengan menggunakan formula

$$u = (V_{rE} - V_{rW}) / 2 \sin q \quad 5.1$$

dengan V_{rE} , V_{rW} dan θ masing-masing menyatakan kecepatan radial untuk arah timur, barat, sudut zenith. Untuk menghitung besaran V_{rE} dan V_{rW} dihitung dengan formula

$$V_{rE} = w \cos q + u \sin q \quad 5.2$$

$$V_{rW} = w \cos q - u \sin q \quad 5.3$$

dengan θ dan u masing-masing menyatakan komponent angin vertikal dan angin zonal.

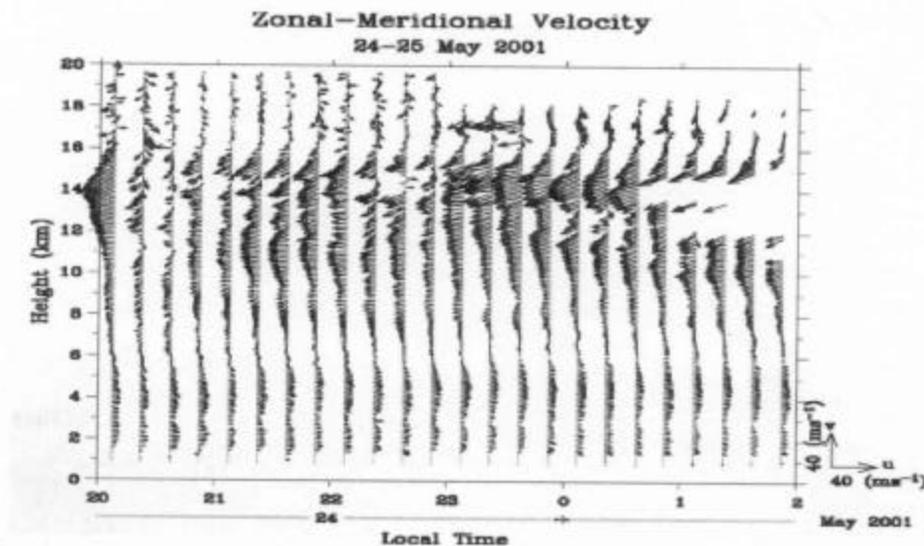
Gambar 1. menunjukkan *time-cross section* daripada angin zonal-meridional untuk selang waktu

pengamatan rata-rata 15 menit untuk setiap ketinggian 300 meter periode 24 hingga 25 Mei, 2001. Pada gambar tersebut terlihat adanya pembalikan angin barat (Westerly) dan angin timur (Easterly) pada ketinggian sekitar 6 km. Dengan menggunakan GPS radiosonde ketinggian tropopause pada saat itu sekitar 16 km.

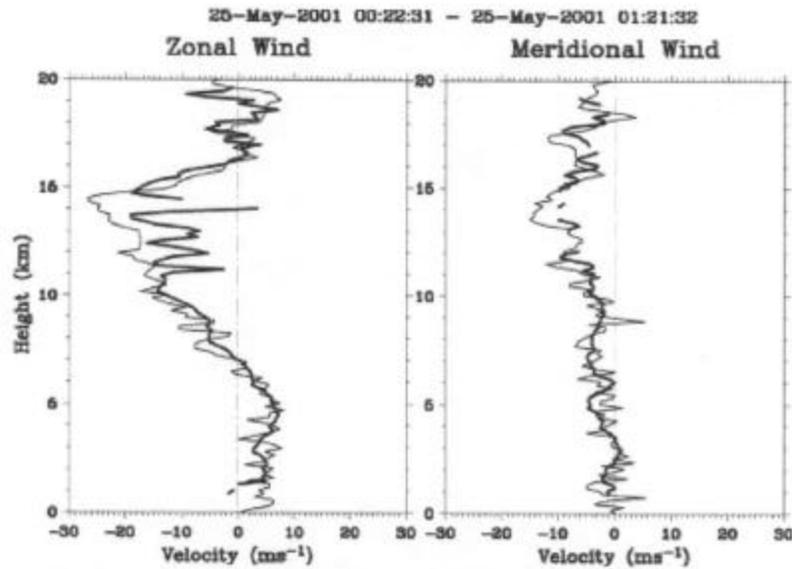
Gambar 2. menunjukkan profil angin zonal dan meridional hasil pengukuran EAR untuk rata-rata pengamatan dari pukul 00:22 hingga 01:21 (waktu setempat) pada tanggal 25 Mei 2001 bersamaan dengan peluncuran radiosonde GPS yang letaknya berdekatan dengan EAR pada pukul 00:22 (waktu setempat). Hasilnya menunjukkan adanya korelasi antara data EAR dengan GPS radiosonde, baik untuk angin zonal maupun meridional terutama pada lapisan 1.5 hingga 10 km dan 15 hingga 20 km. Terjadinya sedikit perbedaan pada angin zonal, terutama pada lapisan 10 hingga 15 km berkaitan dengan lemahnya SNR (signal-to-noise ratio) daripada EAR echo.

Gambar 3. menunjukkan *scatter plot* angin zonal dan meridional yang dibandingkan dengan data radiosonde GPS pada tanggal 24 hingga 25 Mei 2001. Hasilnya menunjukkan adanya korelasi antara data EAR dengan GPS radiosonde. Besarnya kecepatan angin berkisar antara -10 hingga +10 m/s dan -5 hingga +5 m/s masing-masing untuk angin zonal dan meridional. Terlihat bahwa orde angin zonal relatif lebih besar dibandingkan dengan angin meridional.

Gambar 4. dan 5. masing-masing menunjukkan variasi kecepatan angin meridional dan zonal setelah dikurangi nilai rata-rata setiap ketinggian. Data tersebut merupakan hasil observasi MU radar pada tanggal 5 November 1986



Gambar 1. Time-height cross section angin zonal-meridional rata-rata 15 menit pengamatan dengan EAR periode 24 hingga 25 Mei, 2001 (pukul 20 hingga 02 waktu setempat) (Hashiguchi *et al.*, 2001)

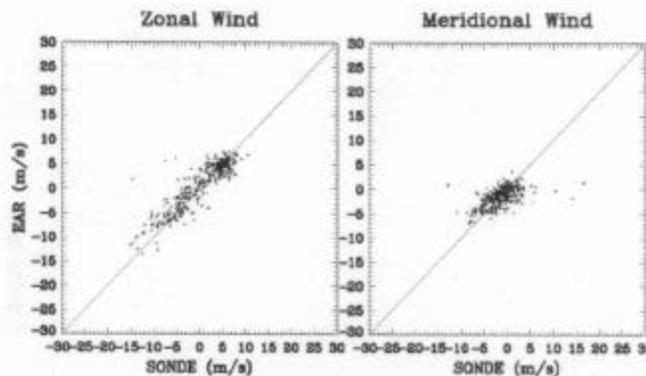


Gambar 2. Tinggi profil angin zonal (kiri) dan meridional (kanan) hasil pengukuran *EAR* (garis tebal) rata-rata dalam selang pengamatan pukul 00:22 hingga 01:21 (waktu setempat) pada tanggal 25 Mei 2001 dibandingkan dengan data radiosonde *GPS* (garis tipis) yang diluncurkan pada pukul 00:22 (waktu setempat) pada tanggal dan tempat yang sama (Hashiguchi *et al.*, 2001)

antara ketinggian 11 hingga 15.35 km selama kurang lebih 2.5 jam pengamatan mulai pukul 3:01 hingga 5:27 waktu setempat. Walaupun agak sulit dijelaskan satu per satu, namun secara umum dapat dilihat adanya penjarangan kecepatan angin terutama pada lapisan 12.65 hingga 12.95 km. Hal ini terlihat jelas pada variasi angin meridional (Gambar 4.), terutama setelah pukul 3:29 hingga pukul 5 waktu setempat dibandingkan dengan variasi angin zonal pada waktu dan tempat yang sama (Gambar 5.).

6. KESIMPULAN

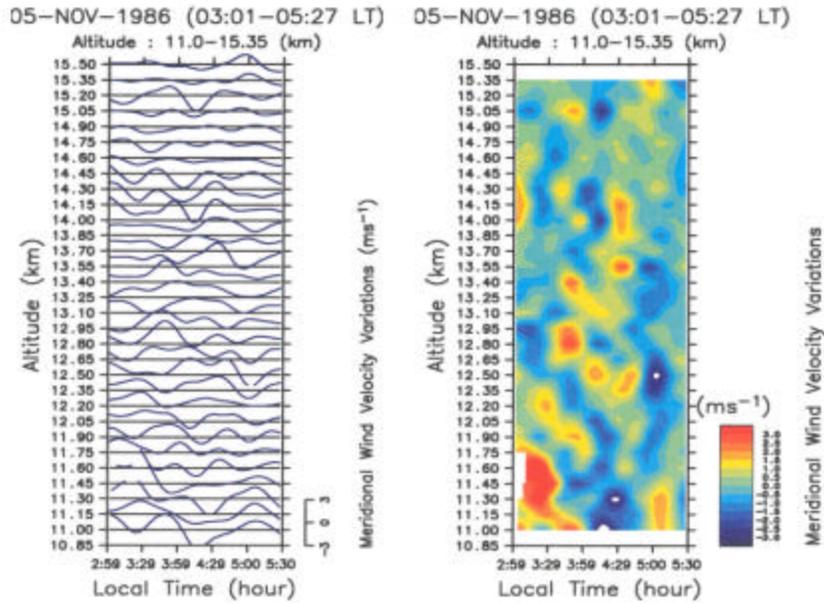
Hasil awal pengukuran *EAR* selama 6 jam pengamatan mulai 24 hingga 25 Mei 2001 telah diperkenalkan. Hasilnya menunjukkan bahwa *EAR* dan *MU* radar dapat mengamati perilaku angin meridional dan zonal dalam selang waktu pengamatan yang relatif pendek yakni rata-rata 15 menit untuk *EAR* dan 30 menit untuk *MU* radar untuk setiap ketinggian 150 meter. Juga disajikan hasil validasinya dengan radiosonde *GPS* untuk *EAR*. Hasilnya menunjukkan adanya korelasi yang



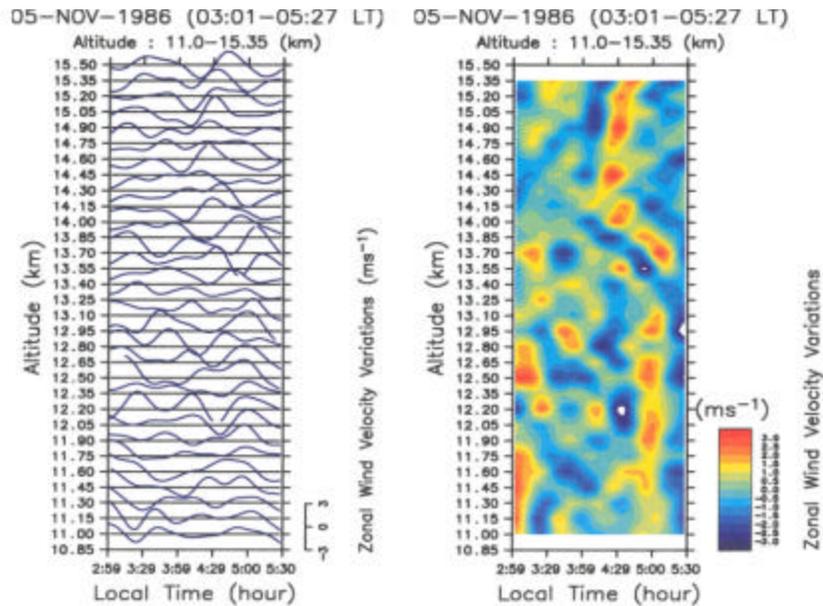
Gambar 3 Scatter plot angin zonal (kiri) dan meridional (kanan) kecepatan angin hasil pengukuran *EAR* dan *GPS* radiosonde periode 24 hingga 25 Mei, 2001 (Hashiguchi *et al.*, 2001)

baik antara data *EAR* dan *GPS* radiosonde, terutama pada lapisan 1,5 hingga 10 km pada ketinggian 15 hingga 20 km. Memang terjadi sedikit perbedaan antara keduanya, terutama pada lapisan 10 hingga 15 km. Hal ini disebabkan lemahnya SNR (signal-to-noise ratio) *EAR* echo.

EAR dirancang khusus untuk mengamati fenomena atmosfer yang selang pengamatannya relatif sangat pendek (biasanya menit-an) seperti peristiwa penjalaran gelombang Rossby, gelombang Kelvin atau kombinasi keduanya. Namun, untuk masalah fenomena atmosfer yang periode



Gambar 4. Variasi kecepatan angin meridional di atas Shigaraki (Jepang) pada tanggal 5 November 1986 (pukul 03:01 hingga 05:27 waktu setempat).



Gambar 5. Variasi kecepatan angin Zonal di atas Shigaraki (Jepang) pada tanggal 5 November 1986 (pukul 03:01 hingga 05:27 waktu setempat).

osilasinya relatif panjang, seperti masalah QBO, maka diperlukan waktu pengamatan yang relatif lama (diperkirakan lebih dari 27 bulan pengamatan). Walaupun perbandingan pada waktu dan tempat yang berbeda, namun secara umum kedua jenis radar mampu mengamati peristiwa yang terjadi di lapisan troposfer dan stratosfer, khususnya perilaku angin zonal dan meridional dalam waktu yang relatif pendek, yakni rata-rata 15 menit untuk EAR dan 30 menit untuk MU radar untuk setiap ketinggian sekitar 150 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Fukao, S., T. Sato, T. Tsuda, S. Kato, K. Wakasugi and T. Makihira, The MU radar with an active phased array system 1. Antenna and power amplifiers, *Radio Sci.*, 20, 1155-1168, 1985a.
- Fukao, S., T. Sato, T. Tsuda, S. Kato, K. Wakasugi and T. Makihira, The MU radar with an active phased array system 2. In-house equipment, *Radio Sci.*, 20, 1169-1176, 1985b.
- Fukao, S. M. Yamamoto, H. Hashiguchi, T. Tsuda, T. Nakamura, T. Horinouchi, T. Sato, M. Hagio, and Y. Yabugaki, 2001, The Equatorial Atmosphere Radar (EAR), *in preparation*.
- Gray, W. M., J. D. Sheaffer and J. A. Knaff, 1992, Influence of the stratospheric QBO on ENSO variability, *J. Met. Soc. of Japan*, 7(5), 975-995.
- Hashiguchi, H., S. Fukao, M.D. Yamanaka and T. Tsuda, 1995, Boundary Layer Radar Observations of the passage of the convection center over Serpong, Indonesia (6°S, 107°E) during the TOGA COARE intensive observation period, *J. Met. Soc. of Japan*, 73(2B), 535-548.
- Hashiguchi, H., S. Fukao, T. Tsuda, M. Yamamoto, T. Nakamura, T. Harinouchi, T. Sato, M. Hagio, Y. Yobugaki, A. Sadewo, A. Nuryanto, Muzirwan, and M. Kartasasmita, 2001, Initial observation results with Equatorial Atmosphere Radar, *in preparation*.
- Hermawan, E., T. Tsuda and T. Adachi, 1998, MU radar observations of tropopause variations by using clear air echo characteristics, *Earth Planets Space*, 50, 361-370.
- Hermawan, E and T. Tsuda, 1999, Estimation of turbulence energy dissipation rate and vertical eddy diffusivity with the MU radar RASS, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 61, 1123-1130.
- Shibagaki, Y., M.D. Yamanaka, A. Watanabe, H. Uyeda, Y. Maekawa and S. Fukao, 1996, Hierarchical structures of medium-scale cyclones and cloud clusters near the Baiu Front observed by MU and meteorological radars: Outline and preliminary results of Three-week observation campaign, *J. Geomag. Geoelectr.*, 48, 151-160.
- Tsuda, T., T. Sato., K. Hirose., S. Fukao, and S. Kato, 1986, MU radar observations of the aspect sensitivity of backscattered VHF echo power in the troposphere and lower stratosphere, *Radio Sci.*, 21(6), 971-980.

DATA PENULIS

EDDY HERMAWAN. Lahir di Jakarta 28 Januari, 1962, menamatkan pendidikan formal S1 jurusan Agrometeorologi, IPB (1989), S2 dan S3 bidang Atmospheric Science, khususnya pemanfaatan data MU radar untuk masalah dinamika atmosfer, masing-masing pada tahun 1996 dan 1999 di Radio Science Center for Atmosphere and Space (RASC), Universitas Kyoto, Jepang. Bekerja di LAPAN-Bandung sejak tahun 1990 dan mulai aktif bekerja di bidang Pemodelan Iklim LAPAN-Bandung sejak tahun 2001.

MOHAMAD HUSNI, Lahir di Jakarta 11 Oktober 1961. Lulus Sarjana Geografi, Universitas Indonesia tahun 1986. Meraih gelar S2 dibidang Perencanaan kota dan daerah dari Universitas Gadjah Mada tahun 1997. Sejak tahun 1989 bekerja di Kelompok Hidrologi dan Lingkungan UPT Hujan Buatan Deputy TPSA BPP Teknologi.