

ANALISIS STATISTIK PERBANDINGAN TEMPERATUR VIRTUAL RASS DAN RADIOSONDE DI ATAS KOTOTABANG, SUMATERA BARAT SAAT KEGIATAN CPEA CAMPAIGN I BERLANGSUNG

Eddy Hermawan
Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN
eddy@bdg.lapan.go.id

ABSTRACT

The virtual temperature (T_v) retrieval with good time and spatial height resolution (in a few minutes and a few hundred meters in altitude height) until now not yet done by many people. It is caused since radiosonde launch only one to fourth times in a day. Therefore, it is needed the special *remote sensing* instrument that specially arranged to solve this problem. One of them is the Radio Acoustic Sounding System (RASS) operated by LAPAN and Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University, Japan during the *Coupling Processes Equatorial Atmosphere* (CPEA) campagin I from 10 April to 10 May, 2004 has already done at LAPAN Kototabang station. By using the statistical analysis, it is obtained a good correlation between T_v RASS and T_v radiosonde, especially on 29 April 2004 with the average of correlation coefficient is about 0.98. It shows that T_v RASS is significant and valid for advance analysis, such as for determination of relatif humidity value (RH).

ABSTRAK

Penurunan besaran temperatur virtual (T_v) dengan resolusi waktu dan tinggi pengamatan yang relatif singkat (dalam orde menit dan beberapa ratus meter) hingga saat ini belum banyak dilakukan orang. Hal ini akibat keterbatasan yang dimiliki data radiosonde yang diluncurkan hanya satu hingga empat kali peluncuran dalam satu hari pengamatan. Oleh karena itu diperlukan alat penginderaan jauh (*remote sensing*) yang khusus dirancang untuk memecahkan masalah ini. Satu diantaranya adalah pemanfaatan data *Radio Acoustic Sounding System* (RASS) yang dioperasikan hasil kerjasama antara pihak LAPAN dengan *Research Institute for Sustainable Humanosphere* (RISH), Universitas Kyoto, Jepang selama kegiatan *Coupling Processes Equatorial Atmosphere* (CPEA) campagin I mulai tanggal 10 April hingga 10 Mei, 2004 berlangsung di atas SPD LAPAN Kototabang. Dengan menggunakan analisis statistik, diperoleh adanya keterkaitan antara data temperatur virtual (T_v) RASS dengan radiosonde, khususnya pada pengamatan tanggal 29 April 2004 dengan nilai koefisien korelasi rata-rata sebesar 0.98. Hal ini menunjukkan bahwa data T_v RASS cukup signifikan dan valid untuk analisis lebih lanjut, seperti penentuan nilai kelembaban relatif (RH).

1 PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara yang kaya akan sumber daya alamnya. Satu di antara sumber daya alam tersebut adalah kondisi atmosfer Indonesia yang berbeda dari kondisi atmosfer di kawasan

lain, walaupun sama-sama terletak di kawasan ekuator. Hal ini disebabkan karena letak geografisnya yang unik, diapit di antara dua benua besar, yaitu Asia dan Australia, serta diapit oleh dua samudra besar, yaitu Hindia dan Pasifik. Wilayahnya yang 2/3 terdiri dari lautan

dan tersebar di antara pulau-pulau (*archipelago*) menyebabkan kawasan ini diduga kuat sebagai kawasan teraktif di dunia dalam hal pembentukan awan raksasa yang dikenal sebagai awan kumulonimbus (Cb) yang merupakan salah satu jenis awan penghasil hujan di Indonesia, dimana faktor kelembaban udara amat sangat diperlukan (Hermawan dan Husni, 2002).

Kelembaban udara inilah yang menggambarkan banyaknya kandungan uap air di udara yang dapat dinyatakan sebagai besaran kelembaban mutlak, kelembaban nisbi, maupun defisit tekanan air. Besaran-besaran ini umumnya diturunkan dari data radiosonde. Jika ingin digunakan dari alat *remote sensing*, seperti radar maka besar kecilnya kelembaban udara dinyatakan dalam besaran temperatur virtual.

Saat ini terdapat suatu teknik yang tergolong masih relatif baru dalam menentukan temperatur virtual tadi yaitu *Radio Acoustic Sounding System* (RASS) yang masih terbatas penggunaannya yaitu hanya di Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) LAPAN Kototabang, Sumatera Barat. RASS telah dikembangkan sebagai salah satu teknik dasar penginderaan jarak jauh untuk mengukur temperatur virtual atmosfer.

Dengan demikian maka tujuan utama penulisan makalah ini adalah ingin mengetahui perbandingan data RASS dan data radiosonde dalam penentuan temperatur virtual atmosfer di atas SPD LAPAN Kototabang, Bukittinggi, Sumatera Barat yang terletak pada posisi geografis (0.2 LS ; 1000 32' BT) pada ketinggian sekitar 865 m di atas permukaan laut (dpi) selama periode 10 April hingga 9 Mei 2004 saat kegiatan *Coupling Processes Equatorial Atmosphere* (CPEA) Campaign 1 berlangsung di sana.

2 DASAR TEORI

Atmosfer merupakan campuran dari udara kering dan uap air. Ada

beberapa cara untuk menyatakan jumlah uap air (Handoko, 1993 dan Tjasyono, 1995), yaitu

- Tekanan uap parsial (e) dalam bentuk fasa gas yang di dalam atmosfer berkelakuan seperti gas sempurna (ideal). Keadaan uap air dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$e = \rho_v R_v T \quad (2-1)$$

dengan

e adalah tekanan uap

ρ_v adalah massa jenis uap

R_v adalah konstanta gas untuk uap air = $0,461 \text{ JK}^{-1} \text{ g}^{-1}$

- Kelembaban mutlak, yaitu massa jenis uap atau massa air yang terkandung dalam satu satuan volume udara lengas, biasanya dinyatakan dalam persamaan

$$\rho_v = \frac{e}{R_v T}$$

- Nisbah percampuran (*mixing ratio*), yaitu nisbah massa uap air terhadap massa udara kering yang dinyatakan oleh persamaan

$$r = \frac{M_v}{M_d} = \frac{\rho_v}{\rho_d} \quad (2-3)$$

dengan

r adalah nisbah percampuran

M_v, M_d adalah massa uap air dan udara kering

ρ_v, ρ_d adalah massa jenis uap air dan udara kering

Dengan demikian, maka persamaan udara kering dapat dinyatakan dengan :

$$P_d = \rho_d R_d T \text{ atau } \rho_d = \frac{p - e}{R_d T} \quad (2-4)$$

dengan

P_d adalah tekanan udara kering, yaitu tekanan udara (p) dikurangi tekanan uap $e = p - e$

p_d adalah massa jenis udara kering
 R_d adalah konstanta gas untuk udara kering = 0.287 JK'g-i
 T adalah suhu udara sehingga akan didapatkan persamaan

$$r = \frac{\rho_v}{\rho_d} = \varepsilon \frac{e}{p-e} \quad (2-5)$$

Oleh karena tekanan parsial uap air (e) sangat kecil dibandingkan tekanan udara (p), maka nisbah percampuran dapat dihindari dengan persamaan

$$r \approx \varepsilon \frac{e}{p} \text{ dengan } \varepsilon = \frac{R_d}{R_v} = \frac{0.287}{0.461} = 0.622$$

- Kelembaban spesifik (q) didefinisikan sebagai massa uap air (M_v) per satuan massa udara basah (M) atau

$$q = \frac{M_v}{M} = \frac{\rho_v}{\rho_d + \rho_v} \quad (2-6)$$

$$q = \frac{\varepsilon e}{p - (1-\varepsilon)e} \approx \varepsilon \frac{e}{p} \quad (2-7)$$

- Kelembaban nisbi (RH) adalah perbandingan nisbah percampuran (r) dengan nilai jenuhnya (r_s) dan dinyatakan dalam persen, sehingga

$$RH = \frac{r}{r_s} \times 100\% = \frac{e}{e_s} \times 100\% \quad (2-8)$$

$$e_s = 6.11 \cdot 10^{\left(\frac{7.5 \cdot T}{273.3 + T}\right)} \quad (2-9)$$

- Suhu virtual (T_v) dinyatakan oleh persamaan

$$T_v = T \left[\frac{1 + \frac{r}{\varepsilon}}{1 + r} \right] \approx T(1 + 0.62r) \dots \dots \dots (2-10)$$

Di sini terlihat bahwa besar kecilnya perbedaan antara T_v dan T tergantung kepada besar kecilnya nilai r atau q yang secara langsung terkait erat dengan besar kecilnya nilai kelembaban relatif (RH).

3 DATA DAN METODE

Data yang digunakan dalam makalah ini adalah data radiosonde dan data RASS dari Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) LAPAN - Kototabang, Bukittinggi, Sumatera Barat yang terletak pada posisi geografis (0.2°LS; 100.32° BT) pada ketinggian sekitar 865 m di atas permukaan laut (dpi) periode 10 April 2004 hingga 9 Mei 2004 saat kegiatan CPEA Campaign I berlangsung. Sementara dari data radiosonde diperoleh parameter tekanan (P), temperatur (T) dan kelembaban (RH), arah dan kecepatan angin. Sedangkan dari data RASS diperoleh parameter temperatur virtual (T_v), mixing ratio (q) dan ketinggian (h) (Fikri, 2005).

Sementara metode yang digunakan dalam makalah ini dibagi dalam beberapa tahap pengerjaan dengan urutan sebagai berikut

- Pengeplotan temperatur virtual dari data RASS terhadap ketinggian.
- Pengeplotan temperatur virtual dari data radiosonde terhadap ketinggian dengan cara :

- Mengkonversikan nilai ketinggian menjadi tekanan (P)

$$P = 10^{\frac{\log\left(1 - \frac{z}{443076923}\right) + 0.5710861}{0.19038302}} \quad (3-1)$$

- Perhitungan parameter tekanan parsial uap air (e)

$$e = RH \times 6.11 \times 10^{\left(\frac{7.5 \cdot T}{273.3 + T}\right)} \quad (3-2)$$

- Perhitungan parameter mixing ratio (r)

$$r = \frac{e}{P} \times 0.622 \quad (3-3)$$

- Perhitungan parameter temperatur virtual (T_v)

$$T_v = T \times (1 + (0.62 \times r)) \quad (3-4)$$

- Perbandingan hasil pengeplotan baik dari data radar dan dari data radiosonde.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam rnelakukan perbandingan antara data radiosonde dengan data

RASS dalam penentuan temperatur virtual secara garis besar dibagi dalam dua tahap, yakni perhitungan temperatur virtual dengan data radiosonde dan yang kedua adalah perbandingan temperatur virtual data radiosonde dengan data RASS.

Gambar 4-1 menunjukkan profil kecepatan angin dalam arah horisontal yang di-oyer/aiy-kan dengan kecepatan angin dalam arah vertikal yang dihasilkan oleh *Boundary Layer Radar* (BLR) periode 10 April hingga 10 Mei 2004.

Dari Gambar 4-1 dapat dilihat bahwa pada sekitar tanggal 24 April, 29 April dan 5 Mei 2004 terdapat suatu fenomena yang menarik, yaitu terjadinya *downdraft* (kecepatan angin ke arah bawah) yang cukup besar. Dengan asumsi bahwa penurunan massa udara membawa uap air yang cukup besar, yang dicirikan dengan adanya kenaikan curah hujan yang cukup signifikan di lapisan per-

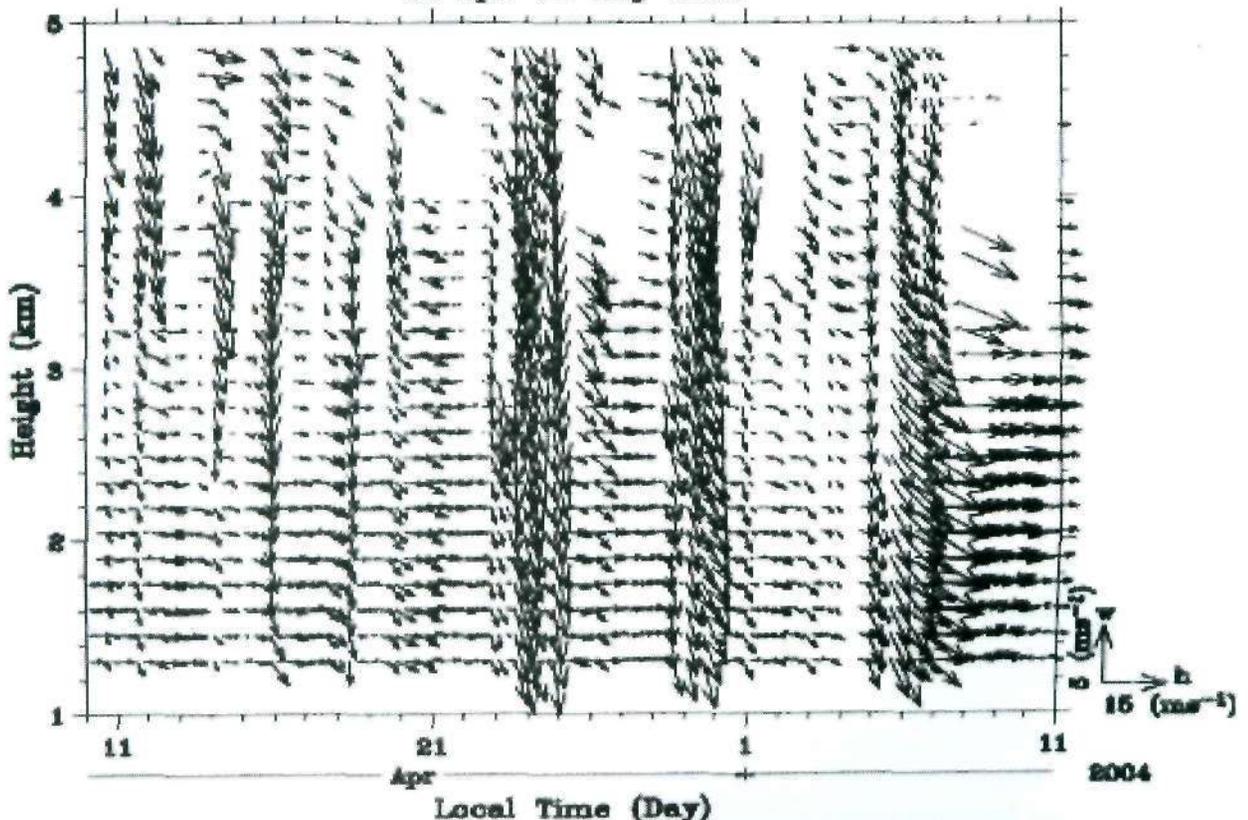
mukaan pada waktu yang hampir bersamaan, sehingga diduga profil temperatur virtual yang dihasilkannyaupun akan berubah.

Gambar 4-2 menunjukkan perbandingan antara profil temperatur virtual yang didapat dari data RASS dan hasil penurunan dari data radiosonde dengan menggunakan persamaan (3-4), khususnya pada tanggal 29 April 2004.

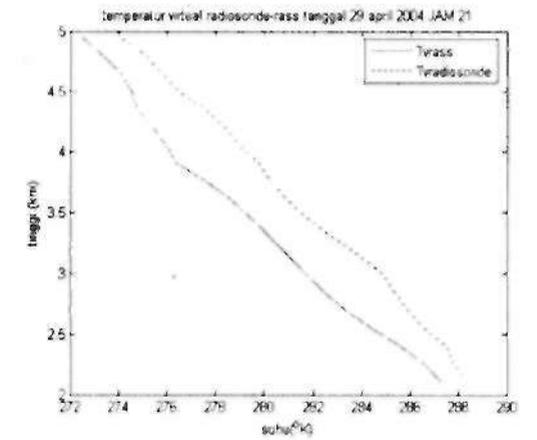
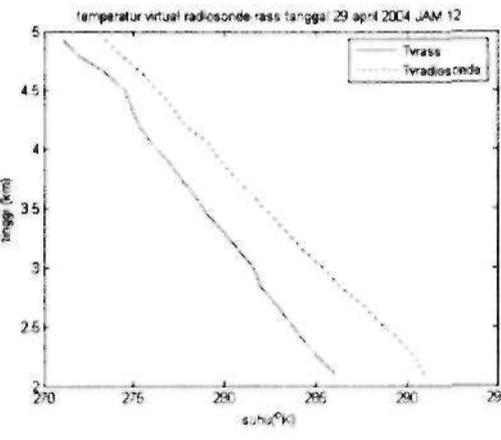
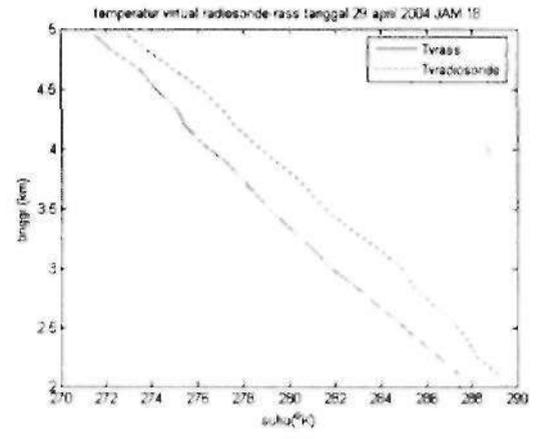
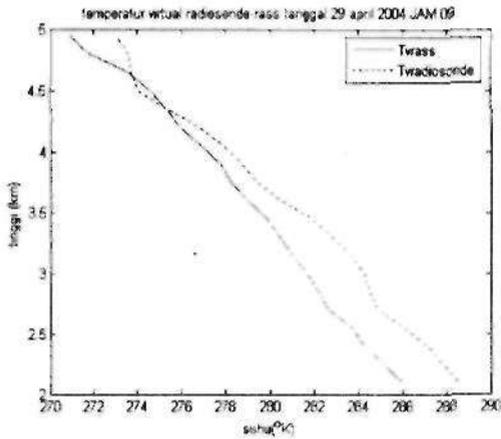
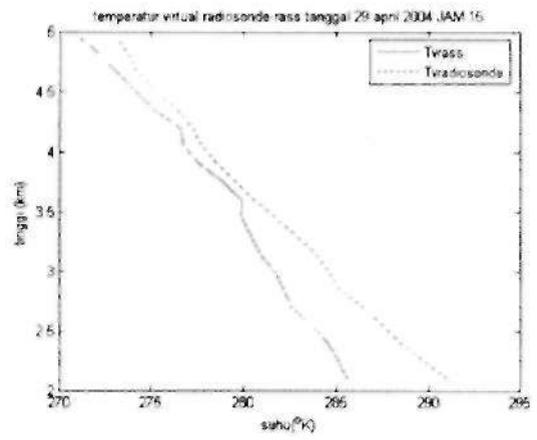
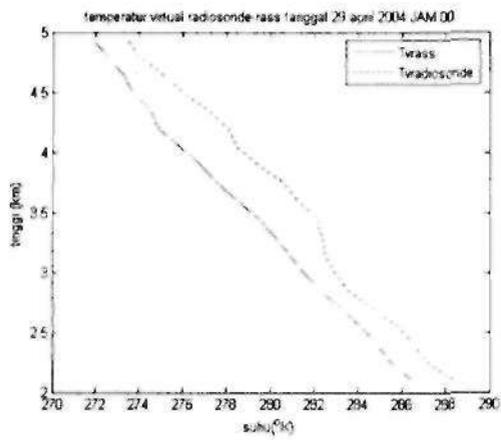
Pembahasan difokuskan pada pengamatan tanggal 29 April 2004. Pada tanggal ini radiosonde diluncurkan sebanyak 6 kali, yaitu pada 00.00, 09.00, 12.00, 15.00, 18.00, dan 21.00 waktu setempat (*local time*). Sedangkan data RASS dari pukul 00.00 - 23.50 GMT dengan resolusi pengamatan setiap 10 menit. Untuk itu dibuat rata-rata pengamatannya menjadi setiap 30 menit agar diperoleh resolusi pengamatan yang sama dengan data radiosonde.

Horizontal-Vertical Velocity

10 Apr-10 May 2004



Gambar 4-1: *Time-height section* dari pada angin horizontal-vertikal di atas SPD LAPAN Kototabang periode 10 April hingga 10 Mei 2004



Gambar 4-2: Perbandingan profil temperatur virtual data RASS dan radiosonde tanggal 29 April 2004

Dari Gambar 4-2 diperoleh nilai-nilai statistik seperti pada Tabel 4-1. Dari hasil perbandingan didapat hasil yang baik karena datanya radiosonde berkorelasi positif dengan data RASS. Dari Gambar 4-2 juga terlihat bahwa grafik radiosonde pada jam 15.00 GMT pada

ketinggian 2,1 km menjauhi grafik RASS. Hal ini dikarenakan nilai RH yang mengecil, sehingga mempengaruhi profil temperatur virtual. Pada jam yang sama pada ketinggian 3,5 km grafik dari radiosonde mendekati grafik RASS, dikarenakan nilai RH membesar.

Tabel 4-1: PERBANDINGAN ANTARA DATA RASS DAN RADIOSONDE PADA TANGGAL 29 APRIL 2004

Jam	RASS			Radiosonde			Korelasi
	n	Standar dev.	Persamaan	n	Standar dev.	Persamaan	
0	20	4.6294	$y = -0.1915 X + 56.939$	20	4.4403	$y = -0.1987 X + 59.357$	0.98
9	20	4.408	$y = -0.2002 X + 59.38$	20	5.1236	$y = -0.1724 X + 51.92$	0.98
12	20	4.4826	$y = -0.1976 X + 58.599$	20	5.5441	$y = -0.16 X + 48.666$	0.99
15	20	4.3682	$y = -0.2017 X + 59.82$	20	5.5486	$y = -0.1597 X + 48.454$	0.97
18	20	4.854	$y = -0.1826 X + 54.513$	20	5.0495	$y = -0.1755 X + 52.925$	0.99
21	20	4.6317	$y = -0.1961 X + 58.465$	20	4.5413	$y = -0.1951 X + 58.465$	0.98
						Rata-rata	0.98

5 KESIMPULAN

Dengan mengeset data RASS untuk setiap rata-rata waktu dan tinggi pengamatan sebesar 60 menit dan 150 meter, mulai dari lapisan 2.1 hingga 4.95 km hasilnya menunjukkan bahwa perbandingan antara temperatur virtual (T_v) dari data RASS dengan data radiosonde selama kegiatan CPEA Campaign I tahun 2004 berlangsung, khususnya pada tanggal 29 April 2004 menunjukkan nilai korelasi rata-rata sebesar 0.98. Hal ini menunjukkan bahwa data T_v RASS cukup baik dan valid digunakan untuk analisis lebih lanjut, misalnya untuk mengestimasi besaran kelembaban relatif (RH).

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada Dr. Jun-ichi Furumoto atas *supporting* data RASS yang diberikan. Juga kepada Rahmawati Dyah Kartikasari atas bantuan analisis data RASS dan radiosonde. Studi ini dibangun atas kerja sama antara pihak LAPAN dan *Research Institute for Sustainable Humanosphere* (RISH) Universitas

Kyoto, Jepang pada kegiatan *Coupling Processes Equatorial Atmosphere Radar* (CPEA) tahap I mulai tanggal 10 April hingga 10 Mei 2004.

DAFTAR RUJUKAN

- Fikri, M.A.W., 2005. *Identifikasi Kejadian Hujan Menggunakan Data Radar Atmosfer Khatulistiwa*, Skripsi S-1, Institut Pertanian Bogor.
- Handoko, 1993. *Klimatologi Dasar : Landasan Pemahaman Fisika Atmosfer dan Unsur-Unsur Iklim*, Pustaka Jaya, Jakarta.
- Hermawan, E dan M. Husni, 2002. *Perbandingan antara Equatorial Atmosphere Radar dengan Middle and Upper Atmosphere Radar dalam Pemantauan Angin Zonal dan Angin Meridional*, Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca I (III) : 45-51.
- Tjasyono, B., 1995. *Klimatologi Umum*, Institut Teknologi Bandung.