

ANALISIS UPPER AIR MELALUI EKSPANSI DATA PERMUKAAN KE LEVEL 850 mb, 700 mb, dan 500 mb

U. Haryanto¹

Intisari

Telah dilakukan analisis kondisi atmosfer Jakarta dengan menggunakan data permukaan yang diekspansi ke level mandatori 850, 700, dan 500 mb. Didapatkan bahwa hujan dengan tebal lebih dari 10 mm terjadi jika atmosfer MR_{700} bernilai lebih dari 6 gr/kg, dan suhu pada level mandatori 700 mb lebih hangat dari 11°C , dan perubahan tekanan udara tidak memberi petunjuk karena variasinya kecil. Hasil ini mungkin dapat digunakan sebagai bagian sistem peringatan banjir akibat hujan lebat.

Abstract

Analysis atmospheric around Jakarta was carried out by expansion of surface measurement data to the three mandatory levels of 850, 700, and 500 mb. Analysis result found that heavy rainfall more than 10 mm per day occurred if MR_{700} equal or more than 6 gr/kg, and temperature at 700 mb mandatory level more than 11°C , and no indication from pressure changes due to no variation. Result might used as flood warning due to heavy rain.

Kata kunci : upper air, ekspansi, level, mandatori, lapse rate

I. PENDAHULUAN

Analisis udara atas (*upper air*) biasanya menggunakan data yang diperoleh dari *sounding* udara menggunakan sensor yang diterbangkan balon, sedangkan data permukaan merupakan yang diperoleh melalui pengukuran pada permukaan tanah yang dilakukan dari stasiun pengamatan cuaca. Pengamatan udara atas hanya dilakukan terbatas pada stasiun kelas 1 seperti di lapangan terbang utama, baik untuk membantu operasional penerbangan sipil ataupun militer, atau pada tempat-tempat tertentu untuk keperluan penelitian.

Pembatas ini lebih dikarenakan biaya operasional yang tinggi. Menyadari ini maka orang berupaya mengekspansi data permukaan ke lapisan yang lebih tinggi untuk mendapatkan gambaran berupa besaran fisis yang menginformasikan kandungan uap air, atau kelabihan udara pada lapisan di atas permukaan. *Precipitable Water* (PW) adalah besaran yang merepresentasikan uap air, diekspansi menggunakan suhu titik embun dari pengukuran data permukaan (Wiesner, 1970). Untuk menganalisis potensi udara yang menghasilkan hujan, masih diperlukan informasi mengenai kelabihan atmosfer. Pada penelitian ini, dilakukan upaya mendapatkan informasi kelabihan atmosfer dan kandungan uap air pada lapisan atas melalui ekspansi suhu permukaan dan *mixing ratio* permukaan ke level mandatori 850, 700, dan 500 mb.

Dengan demikian ekspansi suhu permukaan dan *mixing ratio* merupakan kombinasi yang cukup lengkap untuk menganalisis potensi udara, tanpa perlu melakukan *sounding*.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data permukaan dan data *sounding* udara dari stasiun Bandara Sukarno Hatta, Cengkareng Jawa Barat. Stasiun kelas I Sukarno Hatta merupakan salah satu jejaring stasiun *Upper Air* Internasional. Sebagai *International Observatorium*, data nya dapat diakses melalui WEB yaitu homepage Wyoming University, pada alamat: <http://www.das.uwyo.edu/cgi-bin/sounding?> Oleh WMO, stasiun Sukarno-Hatta diberi kode identitas (*identity code*) WIII, atau No. 96749. Data yang digunakan sebanyak 20 data *sounding* dengan 20 hari peluncuran yang berbeda pada tahun 2000, 2001 dan 2002. Eksplorasi dilakukan terhadap data suhu pada tiga level mandatori yaitu 850, 700, dan 500 mb secara statistik menggunakan statistik deskriptif, dan juga menggunakan relasi fisik antara tekanan (P) dengan ketinggian (Z), serta *lapse rate* suhu seperti yang digunakan oleh *ICAN* (*International Commission Air Navigation*), dengan penyesuaian untuk kondisi daerah penelitian. Kandungan uap air dan kelabihan pada lapisan di atas permukaan dianalisis berdasarkan nilai *mixing ratio* dan nilai suhu pada level mandatori. Metode ini kemudian dikonfirmasi dengan menggunakan catatan data bulan Juni 2001 yang diperoleh dari stasiun klimatologi Tanjung Priuk.

1. Peneliti di UPT Hujan Buatan BPP Teknologi Jl. MH Thamrin No. 8 Jakarta Pusat

Relasi fisik yang menyatakan tekanan udara dengan ketinggian suatu tempat secara praktis dihitung menggunakan persamaan (1) sedangkan *Mixing Ratio* (MR) dihitung dengan persamaan (2) (Wiesner 1970) :

$$p = p_0((T_0 - LRxz) / T_0)^{5.256} \dots\dots\dots(1)$$

$$MR = 622 e_d / (p - e_d) \dots\dots\dots(2)$$

dalam hal ini e_d adalah tekanan uap pada suhu titik embun. Kelembaban relatif (RH), dihitung menggunakan persamaan empirik (Beer, 1977; Wiesner, 1970))

$$e_w = 6.1078 \times 10^{((t_w \times 7.5) / (t_w + 237.3))} \dots\dots\dots(3)$$

$$e_d = e_w - 0.00066 p(t_a - t_w)(1 + 0.00115 t_w) \dots\dots(4)$$

dan $RH = (e_d/e) \times 100\%$, dengan t_w adalah suhu bola basah pada psikrometer, dalam derajat *Celsius*. Tekanan udara yang didapat dengan menggunakan persamaan ini dengan memakai nilai-nilai $p_0 = 1013.2$ mb, $T_0 = 288$ °K, dan $LR = 6.5$ °C/1000m memberikan hasil yang cukup teliti sampai dengan ketinggian 11000 m (Wiesner 1970). Namun karena terdapat perbedaan menyolok dengan kondisi Jakarta atau Indonesia secara umum, maka penulis melakukan penyesuaian atau koreksi atas nilai p_0 , T_0 , dan LR , melalui validasi pada beberapa lokasi yang memiliki *benchmark* ketinggian bervariasi yaitu Tangkuban Perahu, Pos Meteo Husein S-Bandung, Pos Meteo Lanud Atang Sanjaya- Bogor dan Taman Impian Jaya Ancol-Jakarta. Ekspansi *mixing ratio* permukaan ke level mandatori 850, 700, dan 500 mb di atasnya dilakukan dengan mempelajari keterkaitannya secara statistik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

III-1 Koreksi p_0 , T_0 , dan LR untuk Jakarta

T_0 dan p_0 masing-masing adalah suhu dan tekanan udara pada elevasi nol, yang berarti adalah suhu dan tekanan udara pada permukaan laut. Bila relasi ini digunakan langsung untuk mengkonversi tekanan menjadi ketinggian atau sebaliknya, didapatkan penyimpangan yang cukup besar. *Benchmark* pada Gn. Tangkuban Perahu adalah 1830 m, dan bila digunakan persamaan (1) dengan $T_0 = 15$ °C dan $p_0 = 1013.2$ mb adalah 1765 m. Jadi diperlukan penyesuaian nilai-nilai dan parameter pada persamaan (1) agar hasil perhitungannya mendekati *benchmark*. Beberapa tempat seperti permukaan laut, stasiun meteorologi atau tempat-tempat lain dapat digunakan untuk

melakukan validasi bagi penyesuaian yang telah dilakukan.

Suhu permukaan laut di Indonesia secara keruangan (spasial) dan waktu (temporal) variasinya tidak besar. Suhu rata-rata bulanan untuk Medan di Bagian Barat Indonesia pada Bulan Januari adalah 25.2 °C, sedangkan untuk Kupang pada bulan Oktober adalah 27.9 °C. Bagi Jakarta yang secara keruangan terletak di antara kedua tempat ini maka suhu udara diperkirakan berada di sekitar nilai tengah ke dua nilai ini, yaitu 26.3 °C. Nilai ini sangat dekat dengan catatan data SST periode 1950-2001 (*The Longpaddock*) bagi daerah *Nino 3.4* sebesar 26.7 °C. Dengan mempertimbangkan ini maka cukup beralasan bila suhu rata-rata bagi Jakarta diambil nilai rata-rata 26.3 dan 26.7 °C, yaitu 26.5 °C atau 299.5 °K. Nilai ini sangat dekat dan berada dalam julat pengukuran suhu permukaan yang dicatat oleh stasiun klimatologi Tanjung Priuk (2.3 m dpl) sebesar 24.0 sampai 26.8 °C selama bulan Juni 2001. Karena suhu permukaan laut merupakan *driving factor* bagi tekanan udara maka suhu permukaan laut yang tidak besar variasinya menyebabkan variasi tekanan udara permukaan juga tidak besar. Catatan pengukuran yang dilakukan oleh stasiun klimatologi Tanjung Priuk pada bulan Juni 2001 berada dalam julat 1008.3–1011.3 mb. Dengan mengambil $T_0 = 299.5$ °C dan menggunakan nilai p_0 coba-coba pada julat tersebut menggunakan persamaan (1) untuk menghitung ketinggian dan kemudian di validasi maka didapatkan besarnya nilai p_0 yang dapat berlaku umum dan sangat dekat dengan pengukuran yaitu 1010.5 mb.

Hasil perhitungan ketinggian tempat dengan informasi pengukuran tekanan udara pada jam 07:00 ditunjukkan pada Tabel 1. Sebagai perbandingan, hasil perhitungan untuk ketinggian level mandatori 850, 700, dan 500 mb ditunjukkan pada Tabel 2 bersama dengan ketinggian mandatori level hasil dari keluaran RAOB pada sounding di Malang (29 Januari 1992 jam 07:00) dan Sukarno-Hatta (12 Oktober 2000 jam 07:00). Lokasi sounding di Malang (Jawa Timur) adalah Lanud Abdurahman Saleh (elevasi 526 m dpl), sedangkan Sukarno-Hatta merupakan Stasiun Meteorologi Kelas I di Jawa Barat.

Menyimak Tabel 2. tampak terkesan adanya perbedaan kecil ketinggian level mandatori yang diperoleh melalui perhitungan menggunakan persamaan (1) dengan hasil sounding. Pada level 850mb dan 700 mb, hanya terdapat perbedaan sebesar 3 hingga 11.9 m (atau kurang dari 0.8% dibandingkan hasil sounding). Pada level 500 mb, perbedaannya kurang dari 1.2%. Perbedaan ini dianggap cukup wajar mengingat asumsi p_0 dan T_0 dapat dipastikan tidak sama. Selain itu terdapat fakta bahwa level mandatori hasil sounding itu sendiri hanya sedikit bervariasi, meskipun dengan julat yang tidak besar. Eksplorasi 20 data

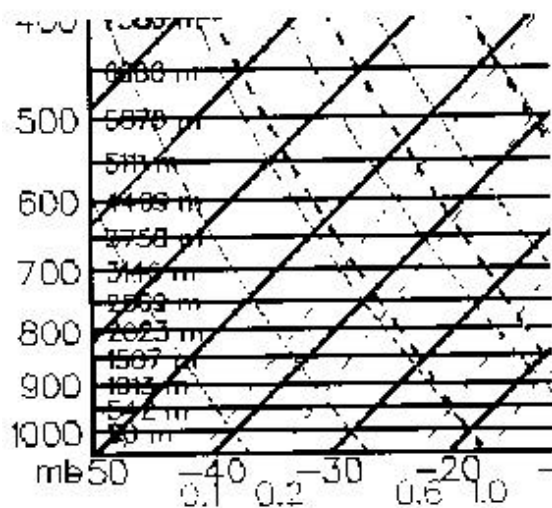
Tabel 1. Perbandingan Hasil Perhitungan Ketinggian Tempat Menggunakan Persamaan (1) Dengan Patok (*Benchmark*)

N o.	Stasiun / Tempat	p (mb)	Hitungan Z(m)	Bench Mark (m)
1.	Gn. T. Perahu	818.5	1829.9	1830
2.	Husein S.	921.3	811.6	810
3.	Atang Sanjaya (Semplak)	979.5	275.3	277
4.	Tanjung Priuk	1010.2	2.6	2.3
5.	Jaya Ancol (permukaan laut)	1010.5	0	0

Tabel 2. Perbandingan Hasil Perhitungan Ketinggian Level Mandatori Menggunakan Persamaan (1), Dengan Keluaran *RAOB / GPCM* di Malang (29019200) dan Sukarno-Hatta (12100000) Hasil Sounding *Upper Air*

Mandatori (mb)	Malang		Sukarno-Hatta	
	Pers. (1)	sounding	Pers. (1)	sounding
850	1511.0	1522.9	1511.0	1514
700	3145.0	3169.6	3145.0	3164
500	5834.0	5906.7	5834.0	5890

sounding dari stasiun Sukarno Hatta menggunakan statistik deskriptif menunjukkan bahwa distribusi data adalah menceng (*skew*) sehingga nilai tengah tidak pada pusat, namun melalui pemeriksaan *normal probability plot* masih dapat dianggap berdistribusi normal. Ekspresi nilai tengah dinyatakan dengan median. Median untuk 850 mb adalah 1507 dengan julat 1471-1520 m (deviasi standar = 15.8 m), untuk 700 mb adalah 3142 dengan julat 3112-3164 m (deviasi standar = 15.5 m), dan untuk 500 mb adalah 5850 m dengan julat 5830-5900 m (deviasi standar 19.3 m). Dengan julat yang tidak terlalu besar ini, ketinggian level mandatori pada suatu lokasi dapat



Gambar1. Aerologi Diagram Untuk Analisis Upper Air Stasiun Sukarno-Hatta (dari homepage Universitas Wyoming).

dianggap tetap. Ini sesuai dengan diagram praktis untuk analisis *upper air* (*aerogram* atau *skew-P Log T diagram*), yang menempatkan nilai ketinggian tekanan udara tertentu pada suatu nilai yang tetap pada sumbu tegak (Gambar 1).

Besarnya Lapse Rate (LR) atau laju penurunan suhu menentukan kelabilan udara. Udara yang labil disertai lapisan lembab dekat permukaan merupakan potensi bagi pembentukan awan yang menghasilkan hujan. Eksplorasi data hasil sounding dari stasiun Sukarno Hatta menunjukkan bahwa LR sebesar 6.5 °C per 1000 m yang digunakan ICAN untuk mengkonstruksi Aerologi Diagram (Gambar 1), kurang sesuai untuk kondisi Jakarta yang diwakili oleh stasiun Sukarno-Hatta. Dengan menggunakan definisi LR yaitu $\Delta t/\Delta z$ dapat ditunjukkan bahwa LR dari permukaan tanah hingga level mandatori 500 mb memiliki nilai yang tidak sama. Untuk menunjukkannya, layer permukaan hingga 500 mb dibagi menjadi tiga layer yang masing-masing dibatasi oleh surface dan mandatori 850 mb, 850 dan 700 mb, serta 700 dan 500 mb. Hasil yang diperoleh dari sounding di Sukarno-Hatta ditampilkan pada Tabel 4. Level surface – 850 mb memiliki LR paling kecil sedangkan LR paling besar adalah untuk level 700 – 500 mb. LR untuk 850 – 700 mb berada di antara layer di atas dan di bawahnya. Aktivitas konveksi yang dipicu oleh pemanasan permukaan di daerah Jakarta mampu menghasilkan pertukaran energi yang efektif hingga mencapai lapisan 850 mb. Hal ini menyebabkan suhu di lapisan permukaan sampai 850 mb kurang dipengaruhi oleh adveksi dan hanya didominasi oleh pengaruh konveksi. Pada lapisan di atasnya pengaruh adveksi lebih dominan dan sudah tidak terpengaruh oleh aktivitas konveksi.

III-2 Ekspansi Mixing Ratio dan Suhu Permukaan Ke Level 850 mb, 700 mb, dan 500 mb

Ekspansi suhu permukaan ke mandatori level dilakukan dengan menggunakan lapse rate pada

Tabel 3. Statistika Deskriptif level mandatori 850, 700, dan 500 mb Hasil sounding dari Stasiun Sukarno Hatta

	850 mb	700 mb	500 mb
Mean	1499	3139	5858
Standard Error	3.63	3.56	4.43
Median	1507	3147	5850
Mode	1507	3147	5850
Standard Deviation	15.82	15.53	19.32
Sample Variance	250.34	241.09	373.10
Kurtosis	-0.91	-0.80	-0.02
Skewness	-0.70	-0.28	0.85
Range	49	52	70
Minimum	1471	3112	5830
Maximum	1520	3164	5900
Count	20	20	20
Largest(1)	1520	3164	5900
Smallest(1)	1471	3112	5830
Confidence Level(95.0%)	7.6	7.5	9.3

Tabel 4. Lapse Rate (LR) Pada Tiga Layer Dari Hasil Sounding Di Sukarno-Hatta (jam 07:00 WIB).

Layer	Julat LR ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$)	Rataan LR ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$)
Perm *) – 850 mb	0.0041 - 0.0064	0.0045
850 mb – 700 mb	0.0043 - 0.0064	0.0050
700 mb – 500 mb	0.0047 - 0.0063	0.0055

*) Permukaan Stasiun Sukarno-Hatta : 1009.6 mb, elevasi : 80 m.

Tabel 5. Ekspansi suhu permukaan ke mandatori 850, 700, dan 500 mb

Tanggal	t_s ($^{\circ}\text{C}$)	Ekspansi t_s		
		850 mb	700 mb	500 mb
030601	25.8	20.0	11.8	-3.0
130601	26.0	19.2	11.0	-3.7
280601	25.4	19.6	11.4	-3.3
160601	24.9	18.1	9.9	-4.8
190601	24.2	17.4	9.2	-5.6
240601	25.0	18.2	10.0	-4.7

Tabel 4, sedangkan hasil ekspansi suhu tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Secara sepintas dapat dilihat bahwa suhu pada masing-masing level mandatori cukup bervariasi, sebagaimana variasi suhu permukaan. Eksplorasi data sounding dari Stasiun Sukarno-Hatta menunjukkan bahwa Mixing Ratio pada level 700 mb terkait cukup erat dengan Mixing Ratio level permukaan, dengan relasi $\text{MR}_{700} = 1.9 \cdot \text{MR}_{\text{permukaan}} - 28$ ($r=0.62$, nyata: $p<0.005$). Keterkaitan dengan level 850 dan 700 mb tidak nyata. Relasi ini digunakan untuk melakukan ekspansi MR pada permukaan ke level 700 mb, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6. Terlihat adanya MR negatif, hendaknya ini ditafsirkan sebagai kondisi yang amat kering, karena didapat melalui persamaan regresi penduga.

Data permukaan dari pengamatan untuk bulan Juni 2001 pada stasiun Tanjung Priuk digunakan untuk validasi metode ini. Stasiun Tanjung Priuk terletak pada elevasi 2.368 m. Pada bulan Juni 2001, stasiun Tanjung Priuk mencatat total curah hujan setinggi 160 mm. Hari hujan tercatat 12 hari, dengan curah hujan terbesar dicatat pada tanggal 14 Juni 2001 setinggi 52.4 mm, dan terkecil dicatat pada tanggal 6 Juni 2001 setinggi 0.2 mm, beberapa kejadian hujan disertai dengan TS (thunderstorm) maupun lightning. Dari data pada bulan Juni 2001 tersebut, dibuat dua pengelompokan data yaitu data dengan kejadian hujan lebih dari 10 mm, dan data dengan tanpa hujan, berikut nilai rata-rata parameter cuaca permukaan yang diperlihatkan pada Tabel 7.

Dapat dilihat bahwa hujan dengan tebal yang cukup besar atau hujan lebat secara umum terjadi pada keadaan spesifik, yaitu $\text{MR}_{700} \geq 6.0$ gr/kgr, dan $t_{700} > 11$ $^{\circ}\text{C}$. sedangkan keadaan tidak hujan terjadi bila $\text{MR}_{700} < 6.0$, dan $t_{700} \leq 10$ $^{\circ}\text{C}$. Hasil ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan bagi

lingkungan atmosfer untuk menghasilkan awan yang berpotensi hujan. Suhu permukaan dan MR , baik MR permukaan maupun MR di level 700 mb merupakan prediktor yang tanggap, akan tetapi tekanan udara ternyata tidak tanggap. Tekanan udara pada jam 07:00 tidak menunjukkan perbedaan menyolok pada hari terjadi hujan dengan hari tanpa hujan, besarnya relatif sama. Pada hari terjadi hujan, suhu permukaan tinggi dengan rata-rata 25.9 $^{\circ}\text{C}$ dibandingkan dengan keadaan tidak hujan yang sebesar 25.3 $^{\circ}\text{C}$. Ini berkaitan dengan keadaan atmosfer pada malam harinya. Hari tidak hujan didahului oleh malam yang tidak berawan, sehingga permukaan tanah melepas kembali energinya ke atmosfer atas tanpa terhambat oleh awan atau uap air, dan pada pagi harinya suhu permukaan menjadi rendah. MR_{700} yang merupakan representasi uap air lapisan permukaan hingga ke 700 mb berkelakuan seperti perubahan tebal hujan, Pada hari hujan, kandungan uap air pada lapisan ini juga besar dan bila MR_{700} kecil maka uap air pada lapisan ini sedikit, ditunjukkan oleh nilai $\text{MR} \leq 4.3$ gr/kgr.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Data permukaan berupa suhu dan Mixing

Tabel 6. Hasil Ekspansi Mixing Ratio (MR) Permukaan Ke Level 700 Pada Stasiun Tanjung Priuk

Tgl	p perm. (mb)	t perm. ($^{\circ}\text{C}$)	MR_p (gr/kgr)	MR_{700} (gr/kgr) ekspansi
030601	1000.9	25.8	19.0	7.6
130601	1010.9	26.0	18.9	7.5
280601	1011.2	25.4	18.3	6.3
160601	1009.1	24.9	13.1	-3.5
190601	1009.8	24.2	16.6	3.1
240601	1010.2	25.0	16.8	3.5

*) p, dan t merupakan data dari St. T. Priuk, MR_p dan MR_{700} dihitung dengan persamaan (2)

Tabel 7. Nilai Rataan Parameter Permukaan Dan Nilai Ekspansi MR (gr/kgr) serta t ($^{\circ}\text{C}$) Ketika Terjadi Curah Hujan Lebih Dari 10 mm, dan ketika tidak terjadi hujan Di Stasiun Tanjung Priuk Pada Bulan Juni 2001

Kelas Hujan	t $^{\circ}\text{C}$	p mb	RH (%)	MR_{700}	Ekspansi t		
					t_{850}	t_{700}	t_{500}
tidak hujan	25.3	1010.1	83.2	4.3	18.6	10.4	-4.4
> 10 mm	25.9	1010.2	84.8	6.0	19.1	11.3	-3.9

Ratio permukaan dapat diekspansi masing-masing ke mandatori 850,700, 500mb. Ekspansi suhu permukaan ke mandatori 850, 700, dan 500 mb memberikan informasi suhu pada mandatori tersebut. Analisis kelabilan dan kandungan udara pada mandatori level hasil ekspansi konsisten dengan syarat lingkungan atmosfer yang diperlukan bagi pertumbuhan dan perkembangan awan potensial yaitu labil dan lembab. Dari hasil analisis ternyata tebal hujan bertalian dengan keadaan suhu dan kandungan air pada level 700 mb. Suhu sebagai representasi kelabilan dan Mixing Ratio sebagai representasi kandungan uap air merupakan prediktor yang tanggap untuk kejadian hujan.

- Bagi Jakarta, hujan dengan ketebalan lebih dari 10 mm terjadi bila suhu 700 mb hasil ekspansi suhu permukaan menunjukkan nilai lebih hangat atau sama dengan dari 11 °C disertai dengan MR lebih besar dari 6.0 gr/kg. Ekspansi MR permukaan ke mandatori 700 mb bisa menghasilkan nilai negatif dan harus diinterpretasikan sebagai kondisi kering. Di Jakarta, perubahan suhu dan MR dapat digunakan sebagai petunjuk kondisi atau potensi atmosfer bagi perkembangan awan

yang menghasilkan hujan dengan tebal lebih dari 10 mm.

SARAN

Suhu dan mixing ratio dapat diperoleh dengan mudah melalui pengukuran dengan menggunakan barometer dan psikrometer, dengan demikian maka metode ini bersifat operasional untuk *nowcasting* dan berguna untuk memberikan peringatan dini yang diakibatkan oleh hujan lebat yang akan berlangsung pada suatu tempat. Bagi Jakarta, kemungkinan metode ini dapat digunakan sebagai salah satu tools untuk peringatan dini yang dapat memberi petunjuk bagi hujan lebat, khususnya bagi daerah Jakarta Utara. Guna keperluan ini, masih diperlukan validasi yang panjang.

DAFTAR PUSTAKA

Wiesner, C.J. 1970: Hydrometeorology. Chapman and Hall Ltd. 11 New Fetter Lane, London EC4
 Beer, E.J. and E. Bollay 1977: Hand Book Of Meteorology
 Home Page University Wyoming. <http://www.das.uwyo.edu>

DATA PENULIS

UNTUNG HARYANTO, Masuk BPP Teknologi tahun 1981. S1 bidang **Fisika**, menyelesaikan S2 bidang **Klimatologi** di Institut Pertanian Bogor (IPB). Sekarang sebagai Ahli Peneliti Utama bidang Teknologi Modifikasi Cuaca Dan Keikliman. Tahun 1996 mendapat penghargaan ilmiah dari Pemerintah: **Satya Lancana Wira Karya**