

# Analisis Endapan Air dan Indeks Kelembaban untuk Memprakirakan Perawanan dan Hujan

oleh E. Santoso, S. Bahri, D. Goenawan.

The logo for BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) features the letters 'BPPT' in a bold, grey, sans-serif font. Each letter has a small red and blue rectangular block at its base. The text is centered within a light blue, three-dimensional oval shape that appears to be floating or orbiting the text.

## INTISARI

*Kegiatan Hujan Buatan adalah usaha untuk mempercepat dan menambah curah hujan di daerah yang diinginkan. Untuk berhasilnya kegiatan Hujan Buatan ini diperlukan awan-awan yang mempunyai potensi hujan cukup besar, sehingga dapat diharapkan kuantitas hujan yang memadai. Jenis awan-awan yang mempunyai potensi hujan di antaranya adalah awan Cumulus dan Cumulonimbus.*

*Untuk mengetahui suatu awan mempunyai potensi hujan dapat dilihat dari tingkat kemudahan uap air mengkondensasi dan kandungan uap air yang ada di atmosfer. Tulisan ini dimaksudkan untuk melihat sejauh mana hubungan tingkat kemudahan uap air mengkondensasi dan kandungan uap air yang ada di atmosfer dengan curah hujan yang terukur di penakar-penakar.*

*Kemudahan uap air mengkondensasi dianalisis dengan pendekatan Indeks Kelembaban (MI) dan kandungan uap air yang ada di atmosfer dianalisis dengan Endapan Air/Precipitable Water (PW). Data yang digunakan adalah data atmosfer atas dari hasil pengukuran radiosonde.*

*Hasil penelitian dari data radiosonde di Tangkuban Perahu selama 7 hari (22 s/d 28 Juni 1987) dan di Bandung selama 7 hari (14 s/d 20 Oktober 1987) didapatkan bahwa pada hari-hari dimana curah hujannya cukup besar ( $> 5$  mm) secara umum berhubungan dengan harga MI  $< 20^{\circ}\text{C}$  dan PW  $> 20$  mm. Sementara pada hari-hari dimana curah hujannya sedikit atau hampir tidak ada secara umum berhubungan dengan harga MI  $> 20^{\circ}\text{C}$  dan PW  $< 20$  mm.*

## PENDAHULUAN.

**K**elembaban atmosfer menyatakan kandungan uap air yang ada di atmosfer. Uap air ini sebagian besar terdapat pada lapisan atmosfer terbawah yang disebut lapisan troposfir. Lapisan troposfir mempunyai ketebalan yang bervariasi, di equator ketebalan lapisan troposfir mencapai sekitar 18 km sedang di kutub ketebalannya hanya 12 km. Pada lapisan troposfir inilah terjadi proses pewanan dan hujan.

Jumlah maksimum uap air yang dapat ditampung atmosfer bergantung pada temperatur atmosfer. Semakin tinggi temperatur semakin banyak uap air yang dapat ditampung di atmosfer. Untuk mengetahui jumlah uap air pada berbagai ketinggian diperlukan data struktur vertikal atmosfer.

Dari pengukuran radiosonde akan diperoleh data atmosfer atas seperti tekanan ( $P$ ), temperatur ( $T$ ), temperatur titik embun ( $T_d$ ), kelembaban relatif ( $RH$ ) dan arah serta kecepatan angin. Dari parameter-parameter atmosfer atas ini dapat dihitung kandungan uap air pada berbagai lapisan di atmosfer.

Bila atmosfer cukup basah, yang berarti cukup banyak mengandung uap air. Sebelum terjadi proses hujan, uap air tersebut memerlukan mekanisme pengangkatan. Mekanisme pengangkatan dapat hasil dari konveksi, adanya halangan topografi/pegunungan atau konvergensi akibat adanya front. Bila kondensasi mudah dicapai dan jumlah uap air yang disuplai cukup banyak akan memungkinkan terbentuknya awan-awan hujan.

Kemudahan uap air untuk mencapai kondensasi dapat dianalisis dengan menggunakan Indeks Kelembaban, sedang untuk menghitung banyaknya uap air yang ada di atmosfer digunakan pendekatan Precipitable Water/Endapan air.

## INDEKS KELEMBABAN DAN ENDAPAN AIR.

Indeks Kelembaban menyatakan tingkat kemudahan uap air untuk mengkondensasi yang merupakan selisih antara temperatur lingkungan dengan temperatur titik embunnya. Semakin kecil selisihnya semakin mudah uap air mengkondensasi.

Konsep Indeks Kelembaban mula-mula dikemukakan oleh Lebedieva, 1962. Dalam menganalisis tingkat kemudahan mengkondensasi, digunakan data  $T$  dan  $T_d$  pada lapisan 850 mb, 700 mb dan 500 mb, kemudian dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$MI = (T - T_d)_{850} + (T - T_d)_{700} + (T - T_d)_{500} \dots\dots\dots(1)$$

- MI = Indeks Kelembaban
- T = temperatur udara
- T<sub>d</sub> = temperatur titik embun

Untuk menghitung banyaknya uap air di atmosfer digunakan pendekatan endapan air. Endapan air adalah ketebalan air yang akan diperoleh jika semua uap air yang ada di atmosfer dikondensasikan. Endapan air dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$PW = - \int \frac{q}{g} dP \dots\dots\dots(2)$$

- q = perbandingan pencampuran (mixing ratio)
- g = percepatan gravitasi
- P = tekanan



**DATA DAN METODA ANALISIS.**

Untuk penelitian ini digunakan data pengukuran radiosonde di Tangkuban Perahu yang dilakukan dari tanggal 22 s/d 28 Juni 1987 (selama 7 hari) dan di Bandung dari tanggal 14 s/d 20 Oktober 1987 (selama 7 hari). Data curah hujan untuk Tangkuban Perahu diukur dengan menggunakan penakar hujan tipe observatorium sebanyak 31 buah yang tersebar merata sekitar radius 20km. Sedang untuk Bandung menggunakan 43 buah penakar yang tersebar sekitar daerah aliran S. Citarum.

Pada perhitungan Indeks Kelembaban dicari harga T dan T<sub>d</sub> untuk lapisan 850 mb, 700 mb dan 500 mb. Bila tidak didapatkan langsung dari pengukuran radiosonde maka dapat dicari dari interpolasi harga-harga T dan T<sub>d</sub> yang terdekat. Untuk pengukuran radiosonde di Tangkuban Perahu level terendah tidak mencapai 850 mb, sehingga untuk perhitungan lapisan 850 mb digeser ke 800 mb.

Untuk Endapan Air harga perbandingan pencampuran dapat dicari dengan menggunakan persamaan Claussius - Clapeyron (Berry, et. al., 1973). Dalam perhitungan ini atmosfer dianggap diskrit dengan batas-batasnya adalah isobar-isobar dari pengukuran radiosonde. Endapan air dihitung dari permukaan sampai lapisan lebih kurang 500 mb. Endapan Air dihitung bila RH ≥ 60%.

## HASIL PERHITUNGAN DAN DISKUSI.

Hasil perhitungan Indeks Kelembaban dan Endapan Air untuk pengukuran radiosonde di Tangkuban perahu disajikan pada Tabel 1 dan untuk Bandung disajikan pada Tabel 2.

Pada tanggal 22 Juni 1987 untuk radiosonde di Tangkuban Perahu, diperoleh harga Indeks Kelembaban  $24,5^{\circ}\text{C}$  dan Endapan Air 10,7 mm. Kondisi ini menunjukkan bahwa uap air cukup sulit untuk mengkondensasi, disamping itu suplai uap air yang tersedia di atmosfer tidak cukup banyak. Keadaan yang seperti ini cukup sulit untuk mengharapkan turun hujan yang cukup besar. Dari pengukuran curah hujan di 31 buah penakar diperoleh rata-ratanya 1,5 mm.

Kondisi yang hampir mirip juga diperoleh untuk tanggal 23 dan 24 Juni 1987. Harga Indeks Kelembaban dan Endapan Air juga menunjukkan kondisi yang sulit untuk diharapkan turun hujan yang cukup besar. Harga Indeks Kelembaban dan Endapan Air tanggal 23 Juni 1987 adalah  $21,9^{\circ}\text{C}$  dan 9,9 mm, sedang untuk tanggal 24 Juni 1987 adalah  $23,5^{\circ}\text{C}$  dan 15,5 mm. Curah hujan rata-ratanya adalah 0,0 mm dan 3,2 mm.

Untuk pengukuran radiosonde di Tangkuban Perahu tanggal 25 Juni 1987, diperoleh harga Indeks Kelembaban  $16,2^{\circ}\text{C}$  dan Endapan Air 23,4 mm. Kondisi ini menunjukkan bahwa uap cukup mudah untuk mengkondensasi, sementara suplai uap air yang tersedia di atmosfer cukup banyak. Keadaan seperti ini memungkinkan terbentuknya awan-awan hujan, sehingga dapat diharapkan turun hujan cukup banyak. Dari pemantauan curah hujan di penakar-penakar diperoleh rata-rata curah hujan 5,4 mm.

Kondisi yang hampir sama juga diperoleh untuk tanggal 26 dan 27 Juni 1987. Pada tanggal 26 Juni 1987 Indeks Kelembaban  $10,9^{\circ}\text{C}$  dan Endapan Air 25,2 mm dengan curah hujan rata-rata 6,5 mm. Pada kondisi tanggal 27 Juni 1987 diperoleh Indeks Kelembaban  $3,4^{\circ}\text{C}$ . Pada tanggal 27 Juni 1987 ini uap air sangat mudah mengkondensasi. Sementara suplai uap air yang tersedia di atmosfer banyak yang ditunjukkan oleh harga Endapan Air 30,3 mm. Kemungkinan terbentuknya awan-awan hujan sangat besar dan dapat diharapkan curah hujan yang besar juga. Hasil pemantauan di penakar-penakar menunjukkan rata-rata curah hujan 10,4 mm.

Sementara untuk tanggal 28 Juni 1987 diperoleh harga Indeks Kelembaban  $19,9^{\circ}\text{C}$  dan Endapan Air 15,5 mm. Pemantauan curah hujan menunjukkan rata-rata curah hujan 3,2 mm.

Untuk perhitungan Indeks Kelembaban dan Endapan Air dari pengukuran radiosonde di Bandung diperoleh hasil yang tidak berbeda dengan kondisi di Tangkuban Perahu. Dari tanggal 14 s/d 17 Oktober 1987 diperoleh harga Indeks Kelembaban  $28,9^{\circ}\text{C}$ ,  $26,5^{\circ}\text{C}$ ,  $24,3^{\circ}\text{C}$  dan  $26,5^{\circ}\text{C}$ . Sedang harga Endapan Air masing-masing adalah 9,6 mm, 11,4 mm, 17,7 mm dan 18,3 mm. Kondisi dari tanggal 14 s/d 17 Oktober 1987 menunjuk-

kan bahwa uap air cukup sulit untuk mengkondensasi, sementara suplai uap air yang ada di atmosfer sendiri tidak cukup banyak. Untuk kondisi seperti ini sulit diharapkan terbentuk awan-awan hujan. Pemantauan curah hujan di penakar-penakar diperoleh rata-rata curah hujan berturut-turut 0,2 mm, 0,2 mm, 0,4 mm dan 2,5 mm.

Pada tanggal 18 s/d 20 Oktober 1987 diperoleh harga Indeks Kelembaban masing-masing 10,7°C, 12,3°C dan 14,7°C. Harga Endapan Air diperoleh 47,2 mm, 33,3 mm dan 35,5 mm. Kondisi ini menunjukkan bahwa secara umum uap air cukup mudah untuk mengkondensasi dan suplai uap air yang tersedia di atmosfer memadai. Kemungkinan terbentuknya awan-awan hujan cukup besar. Hasil pemantauan curah hujan di penakar-penakar hujan menunjukkan rata-rata curah hujan 10,5 mm, 12,8 mm dan 6,3 mm.

Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa pada kondisi-kondisi yang sulit diharapkan turun hujan cukup besar (22 s/d 24 Juni 1987 dan 14 s/d 17 Oktober 1987) secara umum ditunjukkan oleh harga Indeks Kelembaban (MI)  $< 20^{\circ}\text{C}$  dan Endapan Air (PW)  $< 20$  mm. Sedangkan pada kondisi-kondisi yang dapat diharapkan turun hujan cukup besar secara umum ditunjukkan oleh harga Indeks Kelembaban (MI)  $>> 20^{\circ}\text{C}$  dan Endapan Air (PW)  $< 20$  mm (26 dan 27 Juni 1987 dan 18 s/d 20 Oktober 1987).

## KESIMPULAN.

Indeks Kelembaban yang menyatakan tingkat kemudahan uap air mengkondensasi dan Endapan Air yang menyatakan banyaknya uap air yang terdapat di atmosfer dapat digunakan untuk memprakirakan terbentuk atau tidaknya awan-awan hujan. Dengan demikian untuk suatu kondisi tertentu yang ditunjukkan oleh Indeks Kelembaban dan Endapan Air dapat diharapkan banyaknya curah hujan yang turun.

Untuk kondisi yang ditunjukkan oleh Indeks Kelembaban  $>> 20^{\circ}\text{C}$  dan Endapan Air  $< 20$  mm sulit diharapkan turun hujan cukup banyak, sebaliknya untuk kondisi yang ditunjukkan oleh Indeks Kelembaban  $< 20^{\circ}\text{C}$  dan Endapan Air  $> 20$  mm dapat diharapkan turun hujan cukup banyak.

## DAFTAR PUSTAKA.

1. Ackerman, B., 1976, "Design of the High Plains Experiment with Specific Focus on Phase 2", Single Cloud Experiment, Colorado.
2. Prodi, F., and E. Wirth, 1973, "Mesoscale and Microphysical Investigation of an Isolated Hailstrom", *Bullettino dell'Associazione Geofisica Italiana*, Vol. XXII.
3. Tjasyono, B., 1987, "Meteorologi Fisis", HMGM — ITB, Bandung.
4. Wiesner, C.J., 1970, "Hydrometeorology", E.W.C. Wilkins & Association, London.

**Tabel 1.**  
**Hasil Perhitungan MI dan PW dari Pengukuran Radiosonde**  
**di Tangkuban Perahu**

Tanggal	Indeks Kelembaban (MI) (°C)	Endapan Air (PW) (mm)	Curah Hujan (mm)
22/6-87	24,5	10,7	1,5
23/6-87	21,9	9,9	0,0
24/6-87	23,5	15,5	3,2
25/6-87	16,2	23,4	5,4
26/6-87	10,9	25,2	6,5
27/6-87	3,4	30,3	10,4
28/6-87	19,9	15,5	3,2

**Tabel 2**  
**Hasil Perhitungan MI dan PW dari Pengukuran Radiosonde di Bandung**

Tanggal	Indeks Kelembaban (MI) (°C)	Endapan Air (PW) (mm)	Curah Hujan (mm)
14/10-87	28,9	9,6	0,2
15/10-87	26,5	11,4	0,2
16/10-87	24,3	17,7	0,4
17/10-87	26,5	18,3	2,5
18/10-87	10,7	47,2	10,5
19/10-87	12,3	33,3	12,8
20/10-87	14,7	35,5	6,3