

# Kondisi Perawanan dan Hujan Ditinjau dari Aktifitas Konveksi di Atmosfir

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

The logo for BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) is centered on the page. It features the letters 'BPPT' in a bold, sans-serif font. The letters are white with a blue outline. The 'B' and 'P' have a red vertical bar at the bottom, while the 'P' and 'T' have a blue vertical bar at the bottom. The logo is partially overlaid by a large, light blue, stylized oval shape that resembles a satellite orbit or a cloud formation.

**BPPT**

## **INTISARI**

*Awan Cumulus dan Cumulonimbus adalah salah satu manifestasi adanya aktifitas konvektif dalam atmosfer. Indonesia yang terletak di daerah tropis, lebih dari 60% jumlah perawanannya terdiri dari awan-awan jenis ini (BMG, 1980) dengan sebagian besar hujan yang jatuh dihasilkan oleh jenis awan ini juga.*

*Dalam tulisan ini dicoba untuk mengembangkan dan menerapkan metoda Convective-Cell (Beers, 1973), yang merupakan model fisika matematika untuk menghitung indeks konvektifitas atmosfer dengan menggunakan data radiosonde.*

*Dari penelitian untuk lapisan atmosfer atas yang diperoleh dari pengukuran radiosonde di Tangkuban Perahu (12 s/d 16 Juni 1985) dan Bandung (16 s/d 20 Oktober 1987) didapatkan bahwa :*

- 1. Pada hari-hari hujan cukup banyak (12 dan 13 Juni 1985 dan 18 s/d 20 Oktober 1987) bersesuaian dengan kondisi atmosfer stabil lemah sampai netral, dengan harga indeks konvektifitas negatif kecil (mendekat ke nol).*
- 2. Pada hari-hari tidak ada/sedikit hujan (14 s/d 16 Juni 1985 dan 16 dan 17 Oktober 1987) bersesuaian dengan kondisi atmosfer stabil kuat, dengan harga indeks konvektifitas negatif besar.*

## PENDAHULUAN.

**B**erdasarkan hasil pengamatan pada udara yang naik mengikuti adiabatik jenuh melalui udara di sekitarnya yang turun mengikuti adiabatik kering, Bjerknes mengemukakan teori adanya konveksi dalam atmosfer. Adanya konveksi ini memungkinkan terjadinya awan Cumulus dalam atmosfer bilamana lapse rate temperatur terletak di antara garis adiabatik kering dan garis adiabatik jenuh (kondisi stabil bersyarat).

Metoda Convective-Cell (Beers, 1973) dikembangkan berdasarkan teori Bjerknes dengan memodelkan awan Cumulus sebagai menara awan yang terpotong-potong atau berlapis-lapis dengan ukuran terhingga. Batas-batas lapisan ditentukan berdasarkan pengukuran dari radiosonde.

Model pendekatan ini memberikan hasil perhitungan indeks konvektifitas untuk setiap lapisan atmosfer, khususnya dalam kolom dimana kemungkinan aktifitas Cumulus terjadi. Pada penelitian ini metoda diperluas dengan memasukkan distribusi kelembaban dalam atmosfer.

Asumsi-asumsi yang dibuat dalam metoda Convective-Cell adalah :

1. Gerak dalam arah horizontal yang mengubah aliran energi keluar masuk dalam arah vertikal diabaikan, sehingga dipenuhi (lihat gambar 1) :  

$$M'V' + MV = 0 \dots\dots\dots (1)$$
2. Kondisi permulaan adalah barotropis, yaitu permukaan-permukaan isobarik dan isoterm mula-mula bersamaan.
3. Semua proses di atas permukaan adiabatik.

## METODA CONVECTIVE-CELL.

Gerak massa awan konvektif ke atas dan massa udara di sekitarnya ke bawah (gambar 1) dapat dipandang sebagai sistem sirkulasi, dengan percepatan sirkulasi menurut teori Bjerknes adalah :

$$C = \frac{dC}{dt} = - \int \frac{dP}{\rho} \dots\dots\dots (2)$$

- C = percepatan sirkulasi
- P = tekanan udara
- $\rho$  = massa jenis udara

Substitusi persamaan gas ( $P = \rho RT$ ) ke persamaan (2), diperoleh :

$$C = - \int RT \rho \dots\dots\dots (3)$$

R = konstanta gas.

Jika ditinjau perubahan lokal temperatur massa udara yang naik dan yang turun untuk selang waktu  $\Delta t$  yang cukup kecil, maka :

$$C = R \ln \frac{P_0}{P_1} \left( \frac{\partial T'}{\partial t} - \frac{\partial T}{\partial t} \right) \Delta t \dots \dots \dots (4)$$

Persamaan (4) adalah dasar dari metoda Convective-Cell. Bagian sebelah kanan persamaan dapat dievaluasi dengan menggunakan setiap data radiosonde.

Untuk suatu kondisi atmosfer yang mempunyai distribusi temperatur dan kelembaban, ada tiga kemungkinan yang terjadi di alam dan harus dipertimbangkan.

1. Lapisan-lapisan kering, yaitu massa udara yang naik dan turun sangat kering. Massa udara yang naik dan turun mengikuti garis adiabatik kering sehingga tidak ada kondensasi.

$$C = K \left( \frac{\partial}{\partial d} - 1 \right) \left( 1 + \frac{M'}{M} \right) \dots \dots \dots (5)$$

2. Ada cairan air, sehingga massa udara yang naik dan turun mengikuti garis adiabatik jenuh. Kondensasi terjadi pada massa udara yang naik sementara pada massa udara yang turun terjadi penguapan (evaporasi).

$$C = K \left( \frac{\partial - \partial_m}{\partial d} \right) \left( 1 - \frac{M'}{M} \right) \dots \dots \dots (6)$$

3. Lapisan-lapisan basah, yaitu massa udara yang naik hampir ienuh. mengikuti garis adiabatik jenuh, sehingga kondensasi terjadi sesaat setelah ada pengangkatan. Massa udara yang turun kering, mengikuti garis adiabatik kering.

$$C = \left( \frac{\partial - \partial}{\partial d} \left( 1 + \frac{M'}{M} \right) - \left( \frac{\partial_m}{\partial d} + \frac{M'}{M} \right) \right) \dots \dots \dots (7)$$

dengan  $K = R \ln \frac{P_0}{P_1} \partial_d V' \Delta t \dots \dots \dots (8)$

Pada tahap awal pembentukan awan kemungkinan adanya cairan air dalam atmosfer sangat kecil, sehingga kasus 2 (persamaan 6) dapat dikeluarkan dari perhitungan.

Jika batas-batas lapisan dalam atmosfer dinyatakan oleh isobar-isobar,

maka indeks konvektifitas adalah percepatan sirkulasi seluruh menara awan Comulus (lihat gambar 2), diberikan oleh penjumlahan percepatan sirkulasi untuk lapisan-lapisan kering dan basah dari persamaan (5) dan (7).

$$I_c = \sum K \left( \frac{\gamma}{\gamma_d} - 1 \right) \left( 1 + \frac{M'}{M} \right) + \sum K \left( \frac{\gamma}{\gamma_d} \left( 1 + \frac{M'}{M} \right) - \left( \frac{\gamma_m}{\gamma_d} + \frac{M'}{M} \right) \right) \dots \dots \dots (9)$$

- K = faktor ketebalan
- $\gamma$  = lapse rate temperatur
- $\gamma_d$  = lapse rate adiabatik kering
- $\gamma_m$  = lapse rate adiabatik jenuh

Tiga kemungkinan harga indeks konvektifitas :

1.  $I_c < 0$  kondisi atmosfer stabil
2.  $I_c = 0$  kondisi atmosfer netral
3.  $I_c > 0$  kondisi atmosfer labil

**DATA DAN PERHITUNGAN.**

Data radiosonde yang digunakan untuk penelitian ini :

1. Hasil pengukuran radiosonde di Tangkuban Perahu dari tanggal 12 s/d 16 Juni 1985. Pada tanggal 12 dan 13 Juni 1985 turun hujan cukup deras, sedang tanggal 14 s/d 16 Juni 1985 tidak ada/sedikit hujan.
2. Hasil pengukuran radiosonde di Bandung dari tanggal 16 s/d 20 Oktober 1987. Pada tanggal 16 dan 17 Oktober 1987 tidak ada/sedikit hujan, sedang tanggal 18 s/d 20 Oktober 1987 turun hujan cukup deras.

Untuk mencari indeks konvektifitas, harga  $M'/M$  diparameterisasi dan harga K didekati dengan ketebalan lapisan yang ditinjau dalam satuan temperatur. Harga  $M'/M$  yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,2.

Harga  $\gamma$ ,  $\gamma_d$  dan  $\gamma_m$  dapat dicari dari diagram termodinamika (skew - log P) atau dengan perhitungan numerik. Penentuan lapisan basah dan lapisan kering berdasarkan pada distribusi RH di atmosfer. Untuk penelitian ini bila  $RH > 60\%$  lapisan dianggap basah, sedang bila  $RH < 60\%$  lapisan dianggap kering.

Hasil perhitungan indeks konvektifitas disajikan pada tabel 1 untuk data radiosonde di Tangkuban Perahu dan pada tabel 2 untuk data radiosonde di Bandung.

Lapisan yang ditinjau untuk menghitung Indeks Konvektifitas adalah dari Level Kondensasi Awan (CCL) sampai ketinggian kurang lebih 500 mb.

## PEMBAHASAN.

Dari hasil perhitungan sonding di Tangkuban Perahu tanggal 12 Juni 1985 didapatkan harga Indeks Konvektifitas  $-2,7$  (negatif kecil mendekati nol). Harga ini menyatakan kondisi atmosfer lebih lemah. Dari hasil pengukuran curah hujan di stasiun-stasiun penakar hujan yang ditempatkan di sekitar Tangkuban Perahu dalam radius 20 km (19 buah penakar) didapatkan rata-rata curah hujan 18,8 mm.

Pada tanggal 13 Juni 1985 (sonding Tangkuban Perahu) dan tanggal 18 s/d 20 Oktober 1987 (sonding Bandung) hasil perhitungan Indeks Konvektifitas hampir mirip dengan harga Indeks Konvektifitas tanggal 12 Juni 1985. Dimana harga Indeks Konvektifitas masing-masing adalah  $-2,7$ ,  $-2,2$ ,  $-3,4$  dan  $-1,7$ . Curah hujan yang diperoleh masing-masing 24,1 mm, 10,5 mm, 12,8 mm dan 6,3 mm.

Jadi, dari perhitungan ini dapat ditunjukkan bahwa pada harga Indeks Konvektifitas yang negatif kecil mendekati nol atau dengan kata lain kondisi atmosfer menunjukkan keadaan stabil lemah sampai netral, dapat diharapkan curah hujan yang cukup banyak.

Dari hasil sonding di Bandung tanggal 16 Oktober 1987 didapatkan harga Indeks Konvektifitas  $-16,3$  (negatif besar). Harga ini menyatakan kondisi atmosfer stabil kuat. Dari hasil pengukuran curah hujan di stasiun-stasiun penakar hujan yang ditempatkan di sekitar Bandung dalam radius 35 km (43 buah penakar) didapatkan rata-rata curah hujan 0,4 mm.

Pada tanggal 17 Oktober 1987 (sonding Bandung) dan tanggal 14 s/d 16 Juni 1985 (sonding Tangkuban Perahu) hasil perhitungan Indeks Konvektifitas hampir mirip dengan harga Indeks Konvektifitas tanggal 16 Oktober 1987. Dimana harga Indeks Konvektifitas masing-masing adalah  $-17,3$ ,  $-13,9$ ,  $-16,6$  dan  $-15,7$ . Curah hujan yang diperoleh masing-masing 2,5 mm, 0,3 mm, 0,0 mm dan 0,7 mm.

Jadi, dari perhitungan ini dapat ditunjukkan bahwa pada harga Indeks Konvektifitas yang negatif besar atau dengan kata lain kondisi atmosfer menunjukkan keadaan stabil kuat, curah hujan yang dihasilkan hanya sedikit atau tidak ada.

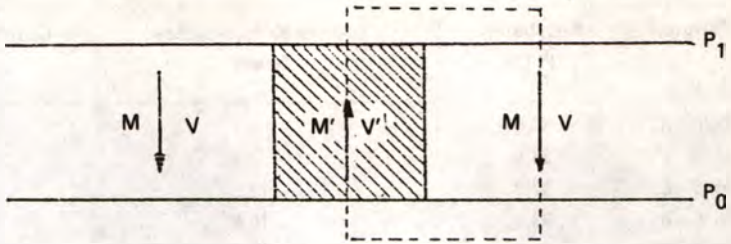
## KESIMPULAN.

Metoda Convective—Cell yang merupakan model fisika matematika untuk menghitung Indeks Konvektifitas atmosfer, dapat digunakan untuk menentukan kondisi perawanan dan hujan. Kondisi perawanan dan

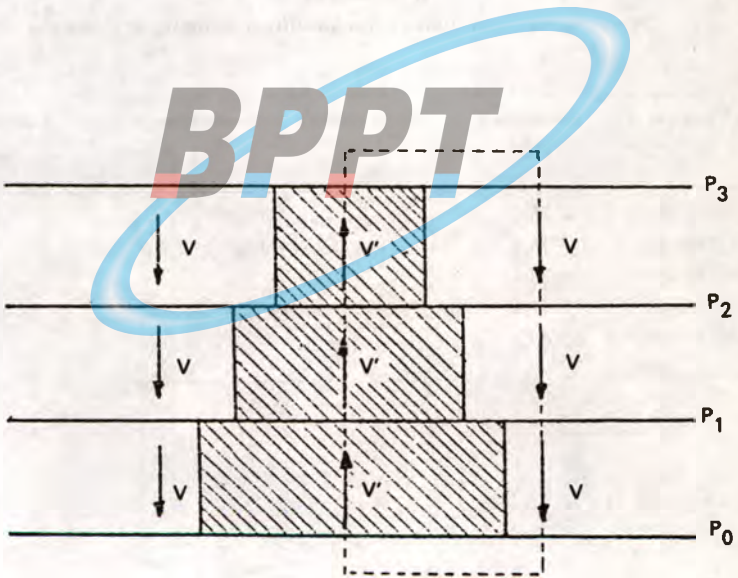
banyaknya hujan dapat dilihat dan diperkirakan dari harga Indeks Konvektivitas. Harga Indeks Konvektivitas negatif kecil mendekati nol, menunjukkan bahwa curah hujan yang akan turun diharapkan cukup banyak. Sebaliknya, untuk harga Indeks Konvektivitas negatif besar, curah hujan yang akan turun diperkirakan sangat kecil atau tidak ada.

#### DAFTAR PUSTAKA.

1. Beers, N.R., 1973, "Meteorological Thermodynamics and Atmospheric Statics, in Handbook of Meteorology", McGraw-Hill Book Company, New York, hal. 314 – 409.
2. ———, "Atmospheric Stability and Instability, in Handbook of Meteorology, McGraw-Hill Book Company, New York, hal. 693 – 725.
3. Carlson, T.N., 1981, "Tropical Meteorology", The Pennsylvania State University.
4. Haryanto, U., et. al., "Laporan Kegiatan Hujan Buatan di DAS Citarum 14–28 Oktober 1987", BPP Teknologi, Jakarta.
5. Ramage, C.S., 1971, "Monsoon Meteorology", Academic Press, New York.
6. Roger, R.R., 1983, "A Short Course in Cloud Physics", Pergamon Press, Oxford.
7. Tjasyono, B., 1987, "Meteorologi Fisis", HMGM – ITB, Bandung.



Gambar 1: Model Tinjauan Convective-Cell.



Gambar 2: Model Tinjauan Menara Awan Cumulus. Terpotong-potong.

**Tabel 1.**  
**Hasil Perhitungan Indeks Konvektifitas Sonding di Tangkuban Perahu**

Tanggal	Ketebalan (° C)	Indeks Konvektifitas (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Curah Hujan mm
12/6-85	36,0	- 2,7	18,8
13/6-85	26,9	- 2,7	24,1
14/6-85	32,0	-13,9	0,3
15/6-85	33,1	-16,6	0,0
16/6-85	35,2	-15,7	0,7

**Tabel 2.**  
**Hasil Perhitungan Indeks Konvektifitas Sonding di Bandung**

Tanggal	Ketebalan (°C)	Indeks Konvektifitas	Curah Hujan (mm)
16/10-87	38,0	-16,3	0,4
17/10-87	34,5	-17,3	2,5
18/10-87	33,4	- 2,2	10,5
19/10-87	47,4	- 3,4	12,8
20/10-87	40,2	- 1,7	6,3