

Analisis Udara Atas DAS Citarum Menjelang Operasi Hujan Buatan Oktober 1987

Oleh Samsul Bahri, Edli Santoso, Djoko Goenawan.

BPPT

INTISARI

Kondisi cuaca atas (*upper air*) Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum menjelang dilakukannya kegiatan Hujan Buatan (14 s/d 28 Oktober 1987) diharapkan dapat diketahui dengan sonding dari Bandung (stasiun Geofisika, Jalan Cemara) pada tanggal 10 s/d 13 Oktober 1987.

Menurut prakiraan, kondisi cuaca atas DAS Citarum saat itu sudah merupakan gambaran kondisi cuaca pada awal musim hujan. Hal ini perlu diketahui karena Hujan Buatan hanya dapat dilaksanakan pada kondisi udara yang memberi peluang besar untuk proses terbentuknya awan dan hujan.

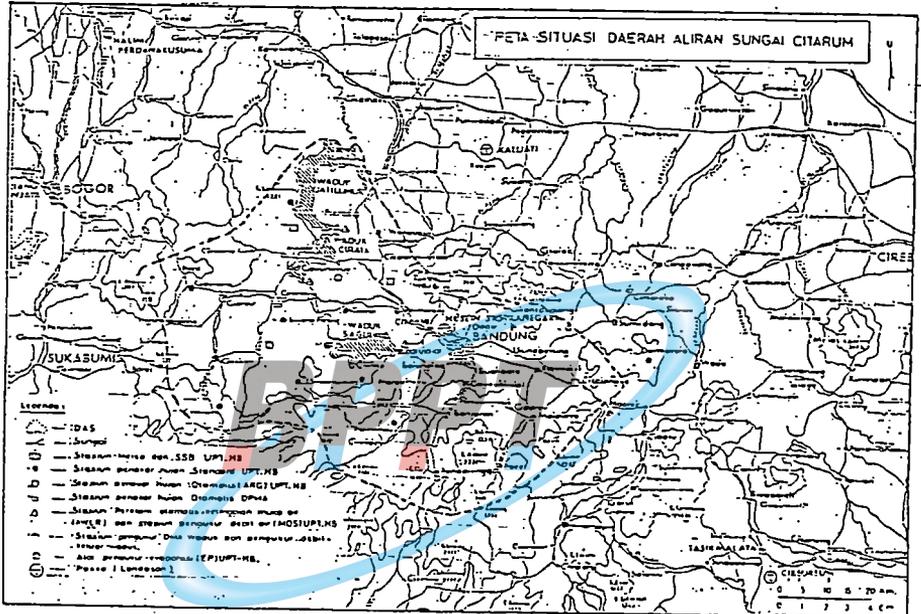
Metoda analisis yang digunakan adalah menggunakan variabel pemrakira (*predictor variable*) yaitu: *Slice Method*, *Moisture Index*, *K Index*, *Showalter Index*, *Precipitable Water* dan Kecepatan Angin.

Kesesuaian antara hasil analisis dengan kejadian hujan dapat dilihat pada 27 buah penakar yang tersebar merata di wilayah DAS Citarum, dimana pada tanggal 10, 11, 12 dan 13 Oktober 1987 curah hujan yang terukur rata-rata adalah 5 mm, 17,8 mm, 15,4 mm dan 1,2 mm.

Dari hasil penelitian dapat disarankan bahwa dalam setiap pelaksanaan Operasi Hujan Buatan, untuk menentukan keputusan *seeding* atau tidak *seeding* terlebih dahulu harus melihat hasil analisis udara atas minimal dari 6 (enam) variabel pemrakira yang telah disebutkan. Untuk meningkatkan ketelitian dalam prakiraan, data pendukung seperti data radar, data *sinop* dan data satelit sangat diperlukan.

PENDAHULUAN.

Untuk mendapatkan gambaran kondisi cuaca atas DAS Citarum, pada tanggal 10 s/d 13 Oktober 1987 telah diadakan pengukuran atmosfer dengan menempatkan stasiun radio sonde di Jalan Cemara Bandung.



Gambar 1 : Peta situasi DAS Citarum.

Tujuan pengukuran udara atas ini dimaksudkan untuk mengetahui keadaan termodinamika atmosfer yang diharapkan dapat menggambarkan kondisi cuaca di atas DAS Citarum pada saat menjelang dilaksanakannya Operasi Hujan Buatan pada tanggal 14 s/d 28 Oktober 1987.

Data Radio sonde yang dianalisis adalah data sonding pada pagi hari (pukul 07.00 WIB), dengan asumsi bahwa keadaan cuaca pada pagi hari belum dipengaruhi oleh pemanasan matahari.

Metoda yang digunakan dalam analisis udara atas ini adalah menggunakan 6 (enam) variabel pemrakira, yaitu :

1. Slice Method (Stabilitas Lapisan)

2. Moisture Index (Indeks Kelembaban)
3. K Index (Indeks K)
4. Showalter Index (Indeks Showalter)
5. Precipitable Water (Endapan Air)
6. Kecepatan angin.

Hasil analisis udara atas ini dikaitkan dengan kejadian hujan yang turun pada saat penelitian berlangsung dengan menempatkan 27 (duapuluh tujuh) buah penakar hujan yang tersebar merata di wilayah DAS Citarum.

Teori.

1. Slice Method (SM) adalah cara untuk melihat apakah pada lapisan udara yang ditinjau akan terjadi pengangkatan (labil) atau tidak (stabil). Lapisan yang ditinjau adalah dari Convective Condensation Level (CCL) sampai ketinggian 500 mb. Slice Method dirumuskan sebagai berikut :

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

dimana :

- K = faktor ketebalan
- γ = lapserate temperatur
- γ_d = lapserate adiabatik kering
- γ_m = lapserate adiabatik jenuh

$$M'/M = 0,2$$

Klasifikasi SM adalah :

- SM < 0 : atmosfir stabil
- SM = 0 : netral
- SM > 0 : atmosfir labil

2. Moisture Index (MI) adalah indeks yang menyatakan kelembaban pada level 850 mb sampai dengan 500 mb. Perumusan Moisture Index adalah :

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

dimana :

T = temperatur lingkungan

T_d = temperatur titik embun

Angka-angka 850, 700 dan 500 adalah ketinggian atmosfer dalam satuan milibar (mb).

Adapun klasifikasi dari MI ini adalah sebagai berikut :

- $MI < 19$: peluang terjadinya hujan besar
- $19 < MI < 30$: mungkin terjadi hujan
- $MI > 30$: peluang terjadinya hujan kecil.

3. K Index (KI) adalah indeks yang menyatakan kelabihan atmosfer pada level 850 mb s/d 500 mb. K Index dirumuskan sebagai berikut:

$$KI = (T_{850} - I_{500}) + T_{d,850} - (T_{700} - T_{d,700})$$

dimana :

T = temperatur lingkungan

T_d = temperatur titik embun

Angka-angka 850, 700 dan 500 adalah ketinggian atmosfer dalam mb.

Klasifikasi dari KI adalah :

- $KI > 29$: peluang terjadinya hujan, besar
 - $20 < KI < 29$: mungkin terjadi hujan
 - $KI < 20$: peluang terjadinya hujan, kecil.
4. Index Showalter (IS) adalah indeks yang menyatakan kelabihan parsel udara pada level 850 mb sampai dengan 500 mb. Index Showalter dituliskan sebagai berikut :

$$IS = T_{500} - T'_{500}$$

dimana :

T_{500} = temperatur udara yang diukur radio sonde pada 500 mb.

T'_{500} = temperatur parcel udara pada 850 mb yang dinaikkan ke 500 mb, pertama melalui garis adiabatik kering sampai titik kondensasinya, kemudian melalui adiabatik jenuh.

Klasifikasi IS adalah :

IS $<$ 0 : L peluang terjadinya hujan, besar
0 $<$ IS $<$ 3 : mungkin hujan
IS $>$ 3 : peluang terjadinya hujan, kecil.

5. Precipitable Water (PW) adalah indeks yang menyatakan jumlah endapan air (precipitasi) seandainya semua uap air pada lapisan yang ditinjau menjadi endapan. Secara alamiah, sebagian dari endapan ini akan turun sebagai hujan dan tebal atau tipisnya endapan ini dapat memberikan gambaran besarnya curah hujan yang terjadi. Precipitable Water dirumuskan sebagai berikut :

$$PW = q/g (p_1 - p_2)$$

dimana :

q = mixing ratio rata-rata (g/kg)
g = gravitasi (cm/det²)
p = tekanan pada batas lapisan (mb)

Klasifikasi dari PW ini adalah sebagai berikut :

PW $<$ 20 mm : peluang terjadinya hujan, kecil
PW $>$ 20 mm : peluang terjadinya hujan, besar.

6. Kecepatan Angin.

Kecepatan angin yang masih memungkinkan pertumbuhan awan dapat berlangsung dengan baik adalah $<$ 10 knot. (Pengalaman Percobaan Hujan Buatan di Jatiluhur, 1979 – 1983).

HASIL PERHITUNGAN.

Hasil perhitungan dari variabel-variabel pemrakira Slice Method, Mois-ture Index, K Index, Showalter Index, Precipitable Water dan Kecepatan Angin di atas DAS Citarum tanggal 10 s/d 13 Oktober 1987 dapat ditabelkan pada bagian berikut :

Tabel 1 :
Variabel Pemrakira di Atas DAS Citarum tanggal 10 s/d 13 Oktober 1987.

variabel pemrakira tanggal	SM	MI	KI	IS	PW	Angin
10	-0,36	—	—	—	14,9*)	< 10
11	-3,67	7,5	28,2	-1,4	37,0	< 10
12	-7,13	11,7	21,9	0,2	29,4	< 10
13	-4,46	17,7	21,7	-0,8	32,8	< 10

*) Data tersedia hanya sampai 750 mb.

Keterangan :

SM : Slice Method

MI : Moisture Index

KI : K Index

IS : Showalter Index

PW : Precipitable Water (mm)

Angin dalam satuan knot.

PEMBAHASAN.

Kasus Tanggal 10 Oktober 1987 :

Dari tabel yang disajikan pada bagian III, terlihat bahwa pada tanggal 10 Oktober 1987 stabilitas lapisan yang diketahui dengan menggunakan variabel prediktor Slice Method menunjukkan angka $-0,36$. Ini artinya masih memungkinkan terjadinya pengangkatan udara (konveksi), sehingga dengan demikian diharapkan dapat membantu pertumbuhan awan. Harga Precipitable Water (PW) yang ditunjukkan adalah 14,9 mm. Harga PW ini diperoleh dari ketinggian CCL sampai 6500 feet. Dari sini terlihat bahwa endapan (presipitasi) yang dapat terjadi cukup besar. Kenyataannya, curah hujan rata-rata yang terukur di DAS pada tanggal 10 Oktober 1987 adalah 5,0 mm (1/3 dari PW).

Kasus Tanggal 11 Oktober 1987:

Dilihat dari pelapisan, pada lapisan antara 830 mb s/d 700 mb, keadaan lapisan adalah: labil dan masih memungkinkan terjadinya peng-

angkatan (konveksi) yang diharapkan dapat membantu pertumbuhan awan. Pada lapisan berikutnya terdapat lapisan tipis yang stabil setebal lebih kurang 850 meter (antara 580 mb — 520 mb). Harga Moisture Indeks (MI) yang diperoleh adalah 7,5. Ini berarti bahwa peluang untuk terjadinya hujan, cukup besar.

Dari harga K Indeks yang diperoleh, yaitu 28,2 juga menunjukkan masih memungkinkan untuk terjadinya hujan. Demikian pula halnya dengan nilai Indeks Showalter (IS), sebesar — 1,4 yang dapat dikatakan bahwa peluang hujan cukup besar. Harga Precipitable Water (PW) yang diperoleh 37 mm, yang merupakan nilai PW tertinggi selama pengukuran, juga dapat memberikan petunjuk bahwa peluang untuk terjadinya hujan secara alami sangat besar. Kenyataan yang terjadi, curah hujan rata-rata di atas DAS tanggal 11 Oktober 1987 adalah 17,8 (\sim 1/2 PW).

Kasus Tanggal 12 Oktober 1987:

Diperoleh harga SM —7,13, dimana harga SM ini merupakan harga yang paling rendah selama pengukuran. Moisture Indeks (MI) yang diperoleh 11,7. Ini artinya peluang terjadinya hujan masih besar.

Dari nilai K Indeks 21,9 dan nilai Indeks Showalter 0,2 juga dapat diketahui bahwa kondisinya masih memungkinkan terjadinya hujan. Dari nilai PW yang diperoleh yaitu sebesar 29,4 mm, menunjukkan bahwa peluang terjadinya hujan masih besar. Kenyataannya, curah hujan rata-rata yang terjadi di atas DAS Citarum tanggal 12 Oktober 1987 adalah sebesar 15,4 (\sim 1/2 PW).

Kasus Tanggal 13 Oktober 1987 :

Nilai Slice Method (SM) yang didapatkan sebesar —4,46. Ini artinya masih mungkin terjadi pengangkatan udara (konveksi), yang diharapkan dapat membantu pertumbuhan awan. Harga Moisture Indeks (MI) yaitu 17,7 juga menunjukkan peluang terjadinya hujan besar.

Harga K Indeks (KI) 21,7 menunjukkan bahwa hujan mungkin terjadi. Dari harga Indeks Showalter (IS) sebesar —0,8 mengisyaratkan bahwa peluang terjadinya hujan cukup besar. Harga Precipitable Water (PW) yang 20 mm, menunjukkan bahwa peluang untuk terjadinya hujan cukup besar. Kenyataan, curah hujan rata-rata di atas DAS tanggal 12 oktober 1987 adalah 1,2 mm. Secara singkat, dari hasil pengukuran variabel prediktor (VP) yang diperoleh selama penelitian, dapatlah dibuat prakiraan hujan sebagai berikut :

Tabel 2:
Prakiraan Hujan Berdasarkan Variabel Pemrakira di DAS Citarum
tanggal 10 s/d 13 Oktober 1987

Tanggal	Variabel Pemrakira						Prakira
	SM	MI	KI	IS	PW	Angin < 10 kt	
10	✓	—	—	—	✓	✓	✓
11	✓	✓	0	✓	✓	✓	✓
12	0	✓	0	✓	✓	✓	✓
13	✓	✓	0	✓	✓	✓	✓

Legenda :

- X : Peluang hujan kecil
- 0 : Mungkin hujan mungkin tidak
- ✓ : Peluang hujan besar.

KESIMPULAN.

Secara alami, parameter-parameter yang dinyatakan dalam variabel-variabel Pemrakira menunjukkan bahwa kondisi udara atas DAS Citarum selama penelitian tanggal 10, 11, 12 dan 13 Oktober 1987 memberikan peluang yang besar untuk proses pembentukan awan dan turunnya hujan. Hasil analisis ini sesuai dengan kenyataan kejadian hujan di dalam DAS, dimana pada tanggal-tanggal tersebut curah hujan rata-rata yang terukur masing-masing adalah 5,0 mm, 17,8 mm, 15,4 mm dan 1,2 mm.

SARAN.

1. Dalam setiap pelaksanaan Operasi Hujan Buatan, disarankan agar dalam menentukan keputusan seeding atau tidak seeding supaya melihat terlebih dahulu kondisi cuaca pada saat itu melalui: survey udara langsung dari pesawat, kemudian melihat hasil analisis radiosonde serta melakukan pengamatan visual dan menganalisis data citra satelit dan data sinoptik.
2. Untuk lebih meningkatkan ketelitian prakiraan ini diperlukan kelengkapan data-data pendukung lainnya seperti data satelit, data radar, data sinop dan data upper air. Hal ini mengingat keterbatasan jangkauan radiosonde (radius 100 km untuk daerah datar) dan masa berlakunya (yaitu 3 s/d 6 jam).

DAFTAR PUSTAKA:

1. **Use of Skew T Log P. Diagram In the analysis of upper air sounding.**
2. F.A. Berry, E. Bollay and Normal R. Beers: **"Handbook of Meteorology"**, McGraw-Hill Book Company, 1945.
3. L. Achtemeier: **"Predictor Variables"**, Design of The High Plains Experiment with Specific Focus on Fase 2, Single Cloud Experimentation, Urbana, Illinois, 1971.



Tabel 3 :
Curah Hujan pada Stasiun-stasiun Penakar di dalam DAS Citarum
Tanggal 10, 11, 12 dan 13 Oktober 1987 (dalam satuan mm)

No.	Stasiun	OKTOBER 1987			
		10	11	12	13
1.	Cugenang	17	—	14	2
2.	Ciranjang	0	19	0	0
3.	Darangdan	0	0	50	0
4.	Plered	0	43,5	0	0
5.	Jayagiri, Lembang	16	0	25	0
6.	Langensari, Lembang	0	0	31	0
7.	Gudang Kahuripan, Lembang	4	23	0	0
8.	Cemara, Bandung	0	0	19,5	0
9.	Gunung Halu	—	00	18	3,6
10.	Banjaran	—	0,2	1,6	—
11.	Padalarang	0	0	5	—
12.	Ciwidey	—	56	17	0
13.	Rancabolang, Pasir Jambu	—	0	46	0
14.	Pamengpeuk	—	10	4	0
15.	Ciparay	—	1,5	4,5	0
16.	Rajamandala	—	0	63	0
17.	Dayeuhkolot	—	31	31	5
18.	Pangheotan, Cikalong Wetan	0	62	00	0
19.	Cileduk, Cikalong Wetan	15	60	0	0
20.	Cisarua, Bandung	2	67	0	0
21.	Pengalengan	—	2	0	5
22.	Kecamatan Pengalengan	—	24,5	5	—
23.	Campaka, Cianjur	—	—	—	9,6
24.	Sindangkerta, Bandung	—	0	20	0
25.	Pondoksalam	3,5	0	22	0
26.	Wanayasa	20	0	0	0
27.	Segalaheerang	10	0,5	0	0