

# Hasil Penelitian Modifikasi Cuaca untuk Menambah Curah Hujan melalui Penyemaian Awan Orografik Tahun 1986

Oleh Chandra M.M., Sri Woro B., U. Haryanto, Yudi I.T., Sunu T., E. Santoso, S. Bahri dan D. Gunawan.

## INTISARI

*Percobaan Modifikasi Cuaca dengan menyemprotkan larutan urea untuk menyemai awan cumulus orografik di atas Gunung Tangkuban Perahu telah dilaksanakan untuk kedua kalinya, selama 30 hari penyemprotan pada bulan Juni dan Juli 1986.*

*Untuk lebih mengetahui pengaruh penyemaian terhadap awan-awan tersebut, percobaan dilaksanakan dengan rancangan acak (randomize design). Curah hujan harian di daerah sasaran dan daerah pembandingan pada bulan Juni dan Juli 1986 diamati melalui penakar hujan tipe observatorium. Pelepasan pilot balon (pibal) dan sounding dilakukan setiap hari untuk mengetahui keadaan cuaca dan memperkirakan perubahannya. Selain itu, gambar/citra awan yang direkam oleh LAPAN selama percobaan berlangsung, dipakai untuk membantu evaluasi dengan menganalisis awan di atas Indonesia, khususnya di atas Jawa Barat. Dari evaluasi curah hujan dapat diketahui bahwa selama percobaan, di daerah sasaran telah turun hujan lebih besar dari keadaan normalnya (rata-rata curah hujan selama 20 tahun). Terdapat perbedaan lebih dari 21%, antara keadaan curah hujan pada periode penyemaian dengan periode tanpa penyemaian. Analisis kualitas tanah dan air, serta keadaan tumbuhan di sekitar daerah percobaan menunjukkan sesuai dengan tujuan Hujan Buatan, belum terlihat adanya pencemaran akibat kegiatan Hujan Buatan.*

## PENDAHULUAN.

**A**ir merupakan salah satu sumberdaya alam yang mutlak dibutuhkan oleh segala bentuk kehidupan manusia.

Terdapat beberapa cara pengadaan air, untuk keperluan kehidupan manusia. Usaha manusia untuk mengadakan air dengan cara menurunkan hujan dari awan-awan sehingga jatuh pada tempat yang diharapkan disebut modifikasi cuaca yang di Indonesia dikenal dengan Hujan Buatan.

Gagasan melakukan modifikasi cuaca dari darat dengan Menara Dispenser di puncak gunung ini timbul karena terdapatnya awan alamiah (awan orografik) yang terbentuk karena udara yang naik secara paksa akibat hambatan (obstacle) oleh Gunung Tangkuban Perahu dan Gunung Burangrang. Ini diketahui melalui pengamatan selama beberapa kali percobaan di DAS Citarum menggunakan pesawat udara. Namun, mengingat sulitnya medan bagi penerbangan, untuk menjatuhkan hujan dari awan di wilayah yang bergunung, maka upaya menurunkan hujan dari awan orografik ini diusahakan dengan cara lain, yaitu dengan mengirimkan partikel cair ke dasar awan dengan bantuan angin (lihat hasil penelitian 1985). Partikel-partikel tersebut dihasilkan oleh suatu alat yang disebut micronair, yang ditempatkan di atas menara dengan tinggi 30 meter pada puncak Gunung Tangkuban Perahu (Menara Dispenser).

Meningkatkan wilayah utara Gunung Tangkuban Perahu dan Burangrang ini sebagian besar penggunaan tanahnya didominasi oleh perkebunan dan pertanian sawah, maka air hujan yang turun dari hasil aktivitas modifikasi cuaca ini dapat dimanfaatkan sebagai suatu tambahan air bagi daerah tersebut. Hal ini dimungkinkan karena angin dominan dalam bulan-bulan percobaan arahnya ke wilayah tersebut.

Usaha menurunkan hujan dengan teknologi Menara Dispenser di puncak Gunung Tangkuban Perahu, Jawa Barat ini adalah untuk yang kedua kalinya. Percobaan I telah dilaksanakan pada tahun 1985 dengan hasil yang cukup memuaskan, dalam hal ini jumlah curah hujan yang berhasil diturunkan terakumulasi di daerah sasaran. (lihat Haryanto, dkk.: penelitian tahun 1985).

Untuk memastikan bahwa peningkatan jumlah curah hujan tersebut merupakan hasil kerja dari kegiatan percobaan, maka diperlukan ulangan percobaan. Ulangan percobaan ini direncanakan sebanyak 5 kali dalam 5 tahun, dari tahun 1985 sampai tahun 1989, pada bulan dan lokasi yang sama.

Tujuan percobaan kali ini adalah untuk melengkapi program yang telah disusun untuk 5 tahun tersebut. Diharapkan diperoleh suatu informasi baru sebagai tambahan dalam menunjang evaluasi tingkat keberhasilan percobaan Hujan Buatan dengan teknologi ini.

Jika dari analisis yang dilakukan ternyata bahwa metoda ini tidak

menggangu lingkungan serta secara nyata dapat menambah curah hujan, maka metoda ini akan dapat diterapkan pada daerah lain di Indonesia yang memiliki karakteristik fisik yang serupa.

Dalam kegiatan ini, penelitian dilakukan secara terpadu dan menyeluruh (comprehensif), meliputi aspek hasil air (hidrologi), fisika atmosfer, disain teknik dalam penyemprotan, serta dampak lingkungan agar penelitian ini menjadi lengkap dan menyeluruh, sesuai anjuran WMO.

Penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan dalam bidang modifikasi cuaca, terutama modifikasi cuaca di daerah Indonesia dari awan panas (warm cloud). Selain itu, teknologi modifikasi cuaca dengan Menara Dispenser ini sebagai bahan informasi dan alternatif bagi pengambil keputusan dalam penyediaan dan pengelolaan air serta pengelolaan lingkungan.

## **KEGIATAN PERSIAPAN, PEMILIHAN LOKASI PENGUKURAN DEBIT SUNGAI DAN RENCANA PENGAMATAN LINGKUNGAN.**

### **Persiapan Umum.**

Sebelum hari pelaksanaan percobaan, dilakukan persiapan yang berkaitan dengan pengukuran dan peralatan penyemaian serta penunjangnya.

Adapun persiapan yang dilakukan meliputi pemasangan peralatan di lokasi menara, penempatan pos pengamat cuaca di daerah sasaran, yaitu di Wanayasa, Jalan Cagak dan Gunung Tangkuban Perahu (pusat operasi). Selain itu dalam persiapan ini diperiksa kondisi penakar hujan, baik di daerah sasaran maupun perbandingan. Bilamana dijumpai penakarnya rusak, dilakukan penggantian.

### **Pemilihan Lokasi Pengukuran Debit Sungai.**

Untuk percobaan tahun 1986, lokasi pengukuran debit sungai ditambah, dari dua lokasi (1985) menjadi tiga lokasi. Penambahan ini bertujuan agar evaluasi hasil penelitian dapat lebih baik.

Hasil perlakuan berupa curah hujan akan jatuh ke dalam Daerah Aliran Sungai (DAS). Penyebaran jatuhnya hujan tidak tertentu, sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin dan kondisi awan pada waktu penyemaian.

Dengan dilakukannya pengukuran arus sungai, maka curah hujan yang jatuh dalam DAS akan dapat terukur yang terlihat dari perubahan kecepatan arus dan juga tinggi muka air sungai, walaupun penyebaran jatuhnya hujan tidak tertentu. Hal ini disebabkan DAS merupakan satu kesatuan sistem sungai, sehingga seluruh air hujan yang jatuh dalam DAS akan terukur pada "outlet-nya"

Lokasi pengukuran arus ditetapkan pada kwadran 4 (270 — 360), pada daerah sasaran penelitian. Lokasi pengukuran di Cimuja dan Cilamaya tidak

berubah, sesuai dengan yang telah ditetapkan tahun 1985, sehingga pemilihan lokasi tambahan dikonsentrasikan pada sungai yang memenuhi syarat pengukuran hidrologi dan tetap berada di daerah sasaran. Dari pengamatan lapangan, sungai terpilih adalah Ciasem, karena telah memenuhi syarat hidrologi dan berada di daerah sasaran. Lokasi yang paling memungkinkan untuk melakukan pengukuran di Ciasem tadi adalah saluran irigasi yang airnya bersumber dari Ciasem.

### **Rencana Pengamatan Lingkungan.**

Pengamatan lingkungan pada penelitian Hujan Buatan tahun 1986 di Gunung Tangkuban Perahu dilakukan kembali, dan pengamatan ini merupakan kegiatan pemantauan (monitoring) yang kedua kalinya. Pengamatan lingkungan yang pertama dilakukan pada tahun 1985.

Pengamatan lingkungan ini dilakukan untuk mengikuti anjuran pemerintah untuk "membangun tanpa merusak" yang lebih dikenal dengan "pembangunan berwawasan lingkungan".

Pengamatan ini merupakan bagian penelitian Hujan Buatan, dalam hal pemantauan kualitas lingkungan, sehingga diketahui apakah hujan buatan mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan, selain dampak positif berupa meningkatnya kualitas air.

Pengamatan lingkungan ini terutama bertujuan untuk mengetahui pengaruh modifikasi alat dalam sistem penyemaian awan dan bahan-bahan yang digunakan, terhadap lingkungan tumbuhan di sekitar lokasi Menara Dispenser, hal ini disebabkan pada percobaan pada lokasi yang sama pada tahun 1985, menimbulkan dampak negatif berupa gugurnya daun, walaupun secara vegetatif tumbuhan tersebut tidak mati, dicirikan dari lapisan kambium di bawah kulit pohon masih berlendir, tidak mengering. Dampak negatif terhadap tumbuh-tumbuhan ini terlihat jelas pada radius 30 meter ke arah barat daya dari lokasi Menara (lihat laporan hasil penelitian tahun 1985).

Usaha-usaha yang dilakukan pada tahun 1986 ini adalah: *pertama*, melakukan perbaikan terhadap teknologi sistem penyemaian awan pada micronair, yaitu diusahakan agar tidak terjadi kebocoran-kebocoran dan penyesuaian sirip-sirip yang berfungsi sebagai peniup angin (blower), sehingga dapat mengurangi kemungkinan jatuhnya butiran-butiran besar larutan urea langsung ke bawah. *Kedua*, melakukan penurunan tingkat kepekatan larutan urea sebagai bahan modifikator, yaitu perbandingan antara urea dan air dari 3 : 5 (1985) menjadi 1 : 3 (1986). Hal ini bertujuan bila larutan jatuh ke permukaan daun, maka konsentrasi larutan urea padat yang menutupi stomata (mulut daun) menjadi berkurang. Dengan menurunnya konsentrasi kepekatan akan mengurangi laju osmosis dari larutan yang terdapat dalam daun ke larutan urea (larutan yang mempunyai konsentrasi kepekatan lebih kecil akan mengalir ke larutan yang konsentrasi

kepekatannya lebih besar). *Ketiga*, merubah jenis larutan yang disemprotkan bila tidak ada awan, dalam hal ini hanya digunakan air, tidak seperti tahun 1985 yang tetap menggunakan larutan urea. Usaha terakhir, adalah menambah satu kali penyemaian di akhir penyemaian setiap harinya dengan air saja, hal ini bertujuan bila masih terdapat larutan urea dan atau butiran di atas permukaan daun, maka akan ikut jatuh turun dengan makin banyaknya air, setidaknya dapat makin menurunkan konsentrasi larutan urea tersebut, agar dampaknya terhadap daun semakin berkurang.

Pengamatan juga dilakukan terhadap tanah dan air di sekitar lokasi menara dan di daerah sasaran, seperti tahun yang lalu dengan lokasi yang sama. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi alami di lokasi tersebut dan juga apakah perubahan beberapa parameter kualitas tanah dan air bersifat tetap (atau dengan pola yang sama) seperti tahun yang lalu atau masih menunjukkan perubahan-perubahan yang belum tentu atau belum jelas, sehingga masih sukar untuk diambil suatu kesimpulan, apakah perubahan itu disebabkan oleh kegiatan hujan buatan atau bukan.

Untuk mendapatkan gambaran keadaan perubahan kualitas lingkungan, maka kegiatan pengamatan lingkungan ini dibagi atas 3 (tiga) tahap, yaitu: tahap sebelum dilaksanakan kegiatan, tahap di akhir kegiatan dan tahap sesudah kegiatan penelitian Hujan Buatan selesai.

#### **Tahap I (sebelum dilaksanakan kegiatan).**

Tahap ini dilakukan pada tanggal 21 s/d 24 Mei 1986. Bulan ini merupakan bulan akhir musim hujan di kawasan Tangkuban Perahu. Tujuan pengamatan pada tahap I ini adalah untuk mendapatkan gambaran keadaan lingkungan, baik secara kuantitatif dengan analisis tanah dan air maupun secara kualitatif dengan pengamatan secara visual terhadap tumbuhan yang difokuskan di sekitar Menara Dispenser.

Hasil pengamatan tahap I ini akan digunakan sebagai dasar atau "base line" keadaan lingkungan alami sebelum adanya kegiatan penelitian Hujan Buatan. Kegiatan ini tepatnya dilakukan 1 (satu) minggu sebelum kegiatan penelitian Hujan Buatan dilaksanakan.

#### **Tahap II (Akhir Kegiatan).**

Tahap ini dilakukan pada hari terakhir penyemaian awan, yaitu 24 Juli s/d 27 Juli 1986. Bulan ini merupakan bulan-bulan dengan curah hujan paling kecil di daerah ini, seperti halnya bulan Juni.

Tujuan pengamatan pada tahap ini adalah untuk mendapat gambaran keadaan kondisi lingkungan setelah adanya kegiatan penelitian Hujan Buatan selama 30 (tigapuluh) hari.

Dari pengamatan tahap II ini dapat diketahui perubahan-perubahan yang mungkin terjadi akibat adanya kegiatan penyemprotan awan yang

ditunjukkan oleh perubahan yang dapat terlihat secara visual maupun kecenderungan perubahan parameter-parameter tanah maupun air yang dianalisis. Tahap II ini dilakukan di akhir kegiatan dengan pertimbangan, jika terjadi perubahan akibat pemakaian bahan penyemaian yang digunakan telah tersebar di daerah sasaran dan jumlahnya telah cukup banyak atau terakumulasi.

### **Tahap III (setelah kegiatan penelitian).:**

Tahap ini dilakukan 2 (dua) bulan lebih setelah kegiatan penelitian dilakukan, tepatnya tanggal 14 Oktober s/d 17 Oktober 1986. Tujuan pengamatan pada tahap III ini adalah untuk mendapatkan gambaran daya dukung (carrying capacity) lingkungan untuk memperbaiki atau memulihkan kembali bila ada kerusakan-kerusakan yang terjadi akibat adanya kegiatan penelitian Hujan Buatan, sekaligus mengetahui kondisi lingkungan alam asli bila tidak terjadi perubahan selama kegiatan penelitian ini.

### **Pengamatan Kondisi Air.**

Salah satu sumber air, diperoleh dari udara yaitu dalam bentuk hujan yang turun, yang akhirnya akan masuk ke dalam sungai-sungai, danau-danau, sumber-sumber mata air, dan sebagian masuk ke dalam tanah.

Sehubungan dengan pemakaian larutan urea, maka dalam air Hujan Buatan yang dihasilkan tentunya akan terdapat senyawa-senyawa derivat nitrogen. Derivat-derivat nitrogen yang penting diperhatikan dalam masalah lingkungan adalah amonium, nitrat dan nitrit.

Sekalipun dalam penelitian ini penekanannya terbatas pada derivat-derivat nitrogen, namun dalam analisis laboratorium juga memantau parameter-parameter kualitas air lainnya, baik kualitas fisik maupun kimia, dimaksudkan agar dapat memberikan informasi lebih lengkap mengenai kualitas air yang ada di daerah sasaran. Selanjutnya dilihat kondisi kualitas air hasil Hujan Buatan secara umum dan diharapkan tidak akan mempengaruhi keseimbangan ekosistem dalam kondisi-kondisi lapangannya.

### **Pengamatan Lingkungan.**

Dalam percobaan Hujan Buatan di Gunung Tangkuban Perahu yang kedua kali ini, bahan kimia yang digunakan tetap larutan urea, yang dilarutkan dengan perbandingan yang berbeda : 3 bagian urea dengan 5 bagian air (1985) menjadi 1 bagian urea dengan 3 bagian air, sehingga dengan kata lain lebih diencerkan. Pengenceran ini bertujuan untuk mengurangi dampak yang mungkin timbul seperti waktu yang lalu terhadap tumbuhan di sekitar Menara Dispenser akibat larutan yang mengenai tumbuhan.

Akibat penyemaian awan ini diduga akan memberikan dampak terhadap tanah, air dan tumbuhan, baik secara langsung akibat jatuhnya

butiran larutan urea, maupun tidak langsung melalui hujan yang berhasil dijatuhkan. Dampak terhadap tanah diduga akan mempengaruhi keseimbangan konsentrasi unsur nitrogen yang telah ada di dalam tanah. Kemungkinan yang timbul kalau penambahan yang berlebihan pada tanah yang subur adalah kerusakan pada tumbuhan yang hidup di atasnya, sedangkan pada tanah yang kurang kesuburannya, penambahan unsur nitrogen secara tidak langsung ini akan meningkatkan kesuburan tanah.

Dampak terhadap air yang diduga akan mempengaruhi konsentrasi kandungan derivat-derivat nitrogen dalam air, baik pada kualitas air hujan, mata air dan badan-badan air lainnya.

Dampak terhadap tumbuhan diduga hanya pada tumbuhan yang terdapat di sekitar Menara Dispenser berupa gugurnya daun, terutama bagi tumbuhan yang terkena langsung oleh butiran larutan. Hal ini terjadi karena teknologi dalam penyemaian larutan belum sempurna.

### **Metoda Analisis, Prosedur dan Lokasinya.**

Analisis dampak terhadap tanah dilakukan dengan cara membandingkan setiap parameter kualitas tanahnya antara sebelum, selama dan sesudah percobaan. Pengambilan contoh tanah dilakukan pada lokasi yang tetap, sehingga bila ada pengaruh dari pertambahan urea akan terlihat adanya fluktuasi dari derivat-derivat bahan yang digunakan.

Analisis dampak terhadap air dilakukan dengan cara membandingkan setiap parameter kualitas airnya antara sebelum, selama dan sesudah percobaan, kemudian hasil analisis ini dibandingkan dengan kriteria kualitas air RPP—RI (1985), sehingga juga dapat diketahui keadaan kualitas air alami di sana, selain kualitas air selama ada percobaan.

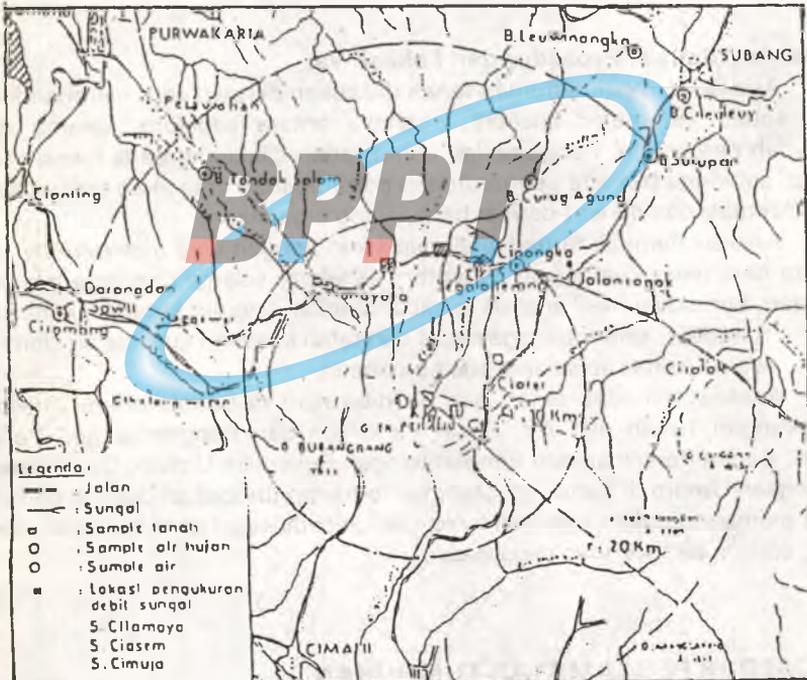
Analisis terhadap tanah dan air dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Tanah dan Air, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Departemen Pekerjaan Umum di Bandung. Dampak terhadap tumbuhan diamati dengan cara membandingkan keadaan tumbuhan secara visual pada keadaan sebelum, selama dan sesudah percobaan.

### **PROSEDUR PENGAMATAN TUMBUHAN.**

Pengamatan tumbuh-tumbuhan dilakukan secara visual terhadap kondisi desa. Pengamatan visual ini terutama di sekitar lokasi percobaan karena wilayah ini merupakan daerah yang diduga akan terkena dampak paling besar, bila terdapat kesalahan teknologi penyemaian awan berupa kebocoran ataupun butiran larutan yang jatuh langsung akibat keadaan angin yang tidak memungkinkan butiran dapat masuk ke dalam awan.

## PROSEDUR PENGAMATAN KONDISI TANAH.

Pengamatan kondisi tanah dilakukan dengan mengambil contoh tanah pada lapisan olah, kurang lebih sedalam 30 cm. Alat yang digunakan berupa bor tanah. Contoh tanah disimpan dalam kantong plastik untuk proses pengangkutan ke laboratorium. Berat contoh tanah yang diambil kurang lebih 0,5 kg. Dalam proses pengambilan contoh tanah tersebut keadaan tata guna lahan, cuaca, bentuk bentang alam dicatat dan dibuat sketsa lokasinya. Begitu juga nama wilayah, tanggal dan jam pengambilan contoh. Lokasi pengambilan contoh tanah dapat dilihat pada Gambar 01.



Gambar 01.

Lokasi pengambilan contoh air hujan, air sungai, contoh tanah dan lokasi pengukuran debit.

## **Lokasi Pengambilan Contoh Tanah.**

### **a. Tangkuban Perahu I.**

Lokasi pengambilan contoh tanah di sebelah barat Menara Dispenser berjarak  $\pm 50$  meter dari pusat kegiatan. Pemilihan ini berdasarkan arah angin yang dominan pada bulan Juni dan Juli di daerah percobaan, sehingga bila terdapat bahan urea yang jatuh langsung pada saat penyemprotan, maka lokasi inilah yang diduga akan paling banyak terkena dampak penyemprotan. Dilihat dari lokasinya, maka lokasi ini merupakan daerah "down wind".

### **b. Tangkuban Perahu II.**

Lokasi pengambilan contoh di sebelah timur Menara Dispenser, berjarak  $\pm 50$  meter dari pusat kegiatan berseberangan dengan lokasi Tangkuban Perahu I. Hasil analisis pada titik ini dipakai sebagai pembandingan bagi lokasi I. Diharapkan wilayah ini tidak terkena pengaruh akibat penyemprotan karena merupakan daerah "up wind".

### **c. Perkebunan Teh Ciater.**

Contoh tanah diambil dari tanah di daerah perkebunan teh Ciater,  $\pm 5$  Km garis lurus di sebelah timur laut Menara Dispenser. Lokasi ini diharapkan tidak terkena pengaruh oleh kegiatan penyemprotan, karena daerah ini bukan termasuk daerah sasaran. Kondisi lahan di sini terbuka, tidak ditanami.

### **d. Perkebunan Teh Sagalaherang.**

Contoh tanah diambil di daerah perkebunan teh, kurang lebih 13 Km garis lurus di sebelah barat laut. Lokasi ini diharapkan terpengaruh oleh adanya kegiatan penyemprotan, karena daerah ini merupakan daerah sasaran.

## **Lokasi Pengamatan Air.**

Pengamatan kondisi air di sekitar Menara Dispenser dan daerah sasaran dipilih dari lima lokasi pengamatan, terdiri dari mata air 1 lokasi, badan air 3 lokasi dan 1 lokasi untuk conto air hujan.

### **a. Mata Air Cikahuripan.**

Mata air ini mempunyai debit lebih kurang 0,2 liter/detik, mengalir sepanjang tahun. Air dari sumber mata air ini digunakan untuk keperluan rumah makan di lokasi pariwisata dan untuk membuat larutan urea selama kegiatan penyemaian awan. Lokasi ini terletak di sebelah barat menara, kurang lebih 800 meter dari pusat kegiatan.

### **b. Sungai Cicenang.**

Sungai ini dipilih karena berhulu di lereng sebelah timur Gunung Tangkuban Perahu, namun badan airnya diharapkan tidak terkena langsung pengaruh adanya percobaan, karena berada di daerah "up wind". Pengambilan contoh air dilakukan di daerah perkebunan teh Ciater, yang mengalir di bawah jembatan Cicenang.

### **c. Sungai Cibogo.**

Sungai Cibogo terletak di lereng sebelah selatan Gunung Tangkuban Perahu yang mengalir ke arah kota Bandung setelah bersatu dengan sungai Cikawari di Sungai Cikapundung. Pengambilan contoh air dilakukan di jembatan Cibogo, lembah dekat Lembang.

Penggunaan tanah yang dominan di lokasi ini adalah sawah dengan irigasi yang teratur. Diharapkan lokasi terpilih ini tidak dipengaruhi kegiatan penyemaian awan, karena terletak pada daerah "up wind".

### **d. Sungai Cimuja.**

Sumber air Cimuja terletak di Gunung Tangkuban Perahu sebelah utara. Lokasi ini terpilih karena diharapkan dari contoh air yang diambil akan terdeteksi pengaruh percobaan penyemaian awan, sehubungan letaknya di daerah "down wind". Contoh air diambil di bawah jembatan Desa Dayeuhkolot, Kecamatan Sagalaherang.

### **e. Air Hujan.**

Contoh air hujan diambil dari penampung air hujan yang jatuh di dalam lokasi kegiatan. Tujuan pengambilan contoh air hujan ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh percobaan terhadap kualitas air hujan sekaligus mengetahui kondisi hujan alam.

## **HASIL KEGIATAN:**

### **Cuaca Selama Percobaan**

#### **Suhu Udara.**

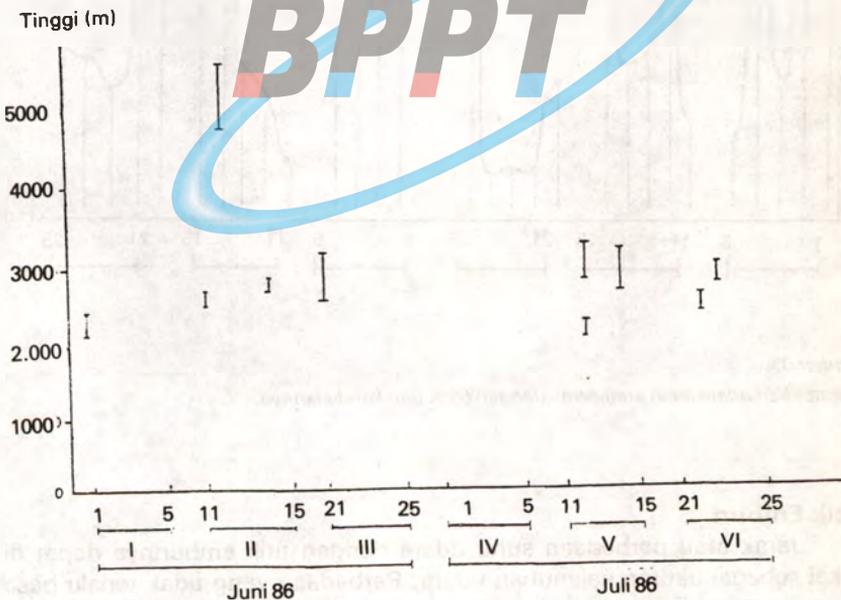
Keadaan suhu udara vertikal selama kegiatan penyemaian awan dapat dilihat pada Tabel pada Lampiran 1, lajur 3. Data tersebut kemudian digambarkan pada diagram termodinamika (skew T diagram). Hasil analisis menunjukkan bahwa gradien suhu udara tidak selalu negatif, hal ini menunjukkan adanya lapisan stabil (inversi).

Tabel 01 menampilkan keadaan hari-hari selama periode penyemaian

dimana dijumpai lapisan inversi, sedangkan histogram ketinggian tempat terjadinya inversi dan tebal lapisan inversi terlihat pada Gambar 02.

**Tabel 01.**  
**Inversi, Ketebalan dan Ketinggiannya pada Hari Percobaan Penyemaian Awan.**

Tanggal, 1986	Inversi	
	Tebal (m)	Tinggi (m)
1 Juni	300	2100
11 Juni	100	2700
12 Juni	800	4700
14 Juni	150	2800
21 Juni	600	2500
12 Juli	250,600	2100, 2900
14 Juli	700	2600
22 Juli	150	2400
23 Juli	200	2800

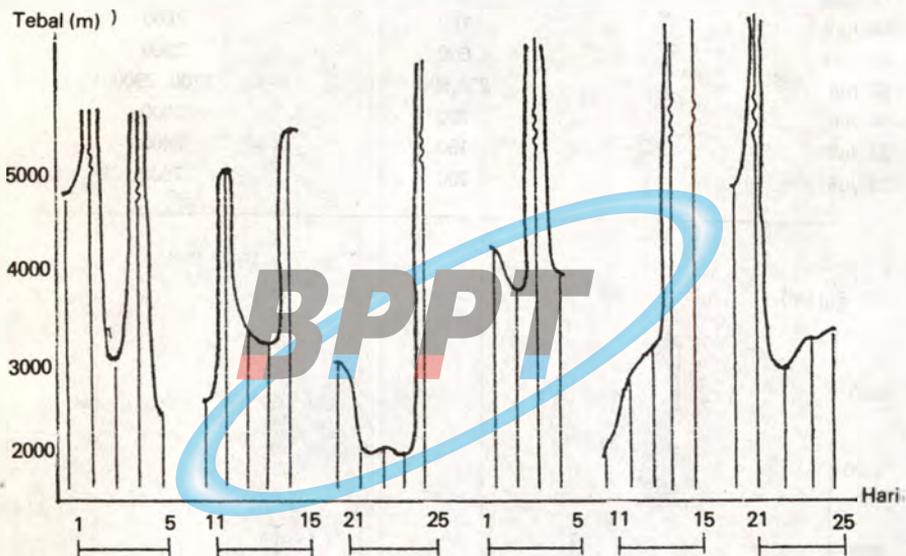


**Gambar 02.**  
**Histogram lapisan Inversi (stabil) selama periode penyemaian.**

### Kelembaban Udara Atas.

Data kelembaban udara lapisan atas dapat dilihat pada data sounding, lajur 4 pada lampiran 1. Dari histogramnya (gambar 03) terlihat adanya hari-hari yang mempunyai kelembaban kurang dari 65% ataupun memiliki kelembaban 65% tapi ketebalannya kurang dari 1000 meter.

Hasil penelitian Haryanto dan kawan-kawan, 1985 (8) menunjukkan bahwa kelembaban yang berperan untuk mendukung pertumbuhan awan adalah lebih dari 65% dengan ketebalan lebih dari 1000 meter.



Gambar 03.

Kelembaban udara lebih atau sama dengan 65% dan ketebalannya.

### Titik Embun.

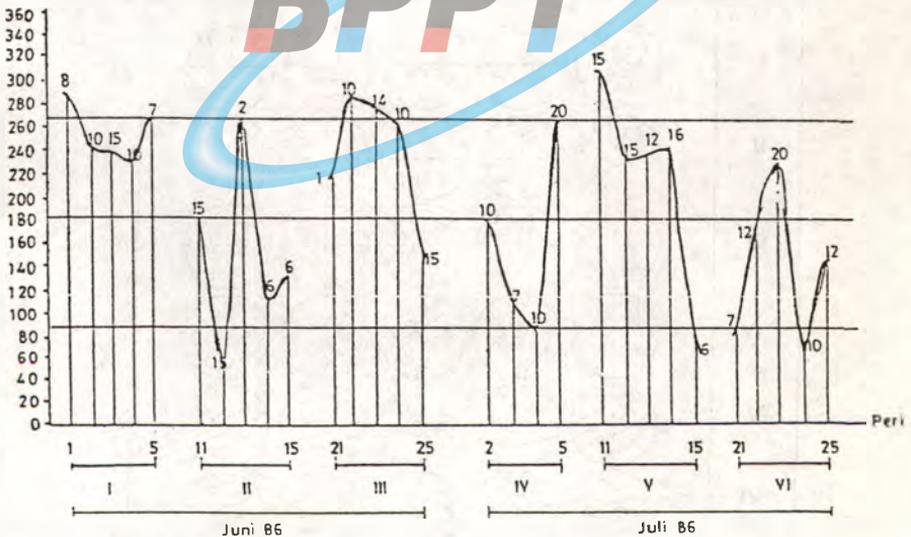
Jarak atau perbedaan suhu udara dengan titik embunnya dapat dipakai sebagai ukuran kejenuhan udara. Perbedaan yang tidak terlalu besar (kurang dari 10 C) menandakan akan mudah terjadi presipitasi (8). Tabel 02 menampilkan perbedaan suhu udara dengan titik embunnya dengan nilai kurang atau sama dengan 10 C (Lajur 6 pada Tabel Lampiran 1).

**Tabel 02.**  
**Hari Percobaan dengan dpd lebih dari 10°C.**

Tanggal, 1986	dpd (°C)
11 Juni	11
3 Juli	16
5 Juli	18
11 Juli	13
13 Juli	27

**Angin.**

Data arah dan kecepatan angin untuk lapisan atas diperoleh dengan balooning dan sounding. Dengan cara balooning ternyata mengalami kesulitan untuk mendapatkan data angin di atas ketinggian 2000 kaki, karena pandangan seringkali terhalang oleh awan rendah yang terdapat di atas stasiun pengamat. Arah dan kecepatan angin rata-rata untuk daerah permukaan sampai ketinggian 700 mb di atas Gunung Tangkuban Perahu, dapat dilihat pada Gambar 04.



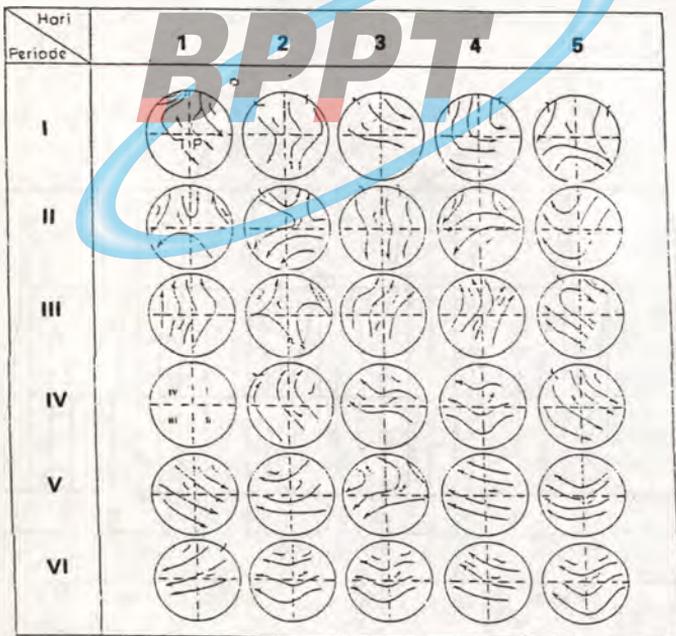
**Gambar 04.**  
**Arah dan Kecepatan Angin pada Daerah Permukaan (830 mb) sampai 700 mb.**

Dari gambar di atas tampak bahwa kecepatan angin selama percobaan berkisar antara 5 sampai 25 knot, dengan arah 0–90 tercatat 5 kali, arah 91–180 tercatat 8 kali, 181–270 tercatat 12 kali dan arah 271–360 tercatat 4 kali.

Perincian lebih lanjut frekuensi arah angin yang bertiup selama kegiatan penyemaian awan dapat dilihat pada Tabel 03.

**Tabel 03.**  
**Frekuensi Arah Angin Selama Kegiatan Percobaan.**

Periode penyemaian	Arah angin permukaan (°)			
	0–90	91–180	181–270	271–360
I	—	—	4	1
II	1	3	1	—
III	—	1	2	2
IV	1	2	1	—
V	1	—	3	1
VI	2	2	1	—

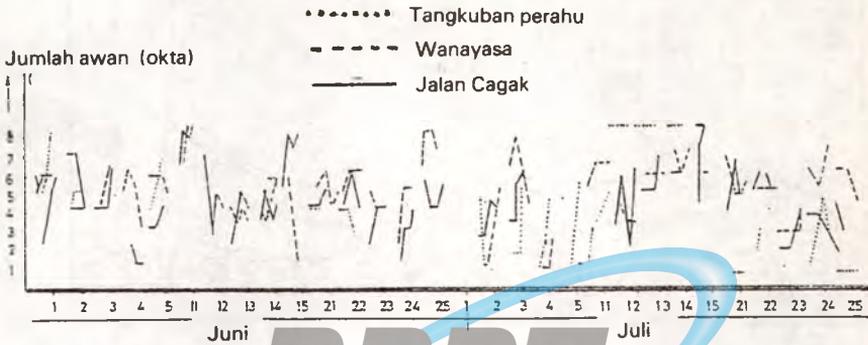


**Gambar 05.**

*Perkiraan arus angin (stream line) pada ketinggian 2000 meter.*

## Awan.

Sasaran dari kegiatan ini adalah penyemaian awan rendah yang melintas di atas menara, sehingga keadaan awan dan perkembangannya harus diamati dengan seksama. Pengamatan awan dilaksanakan secara visual dan kebanyakan yang tampak adalah kombinasi awan Cu, Sc, St dn As (jenis awan rendah dan menengah). Jumlah awan yang diamati dapat dilihat pada Gambar 06.

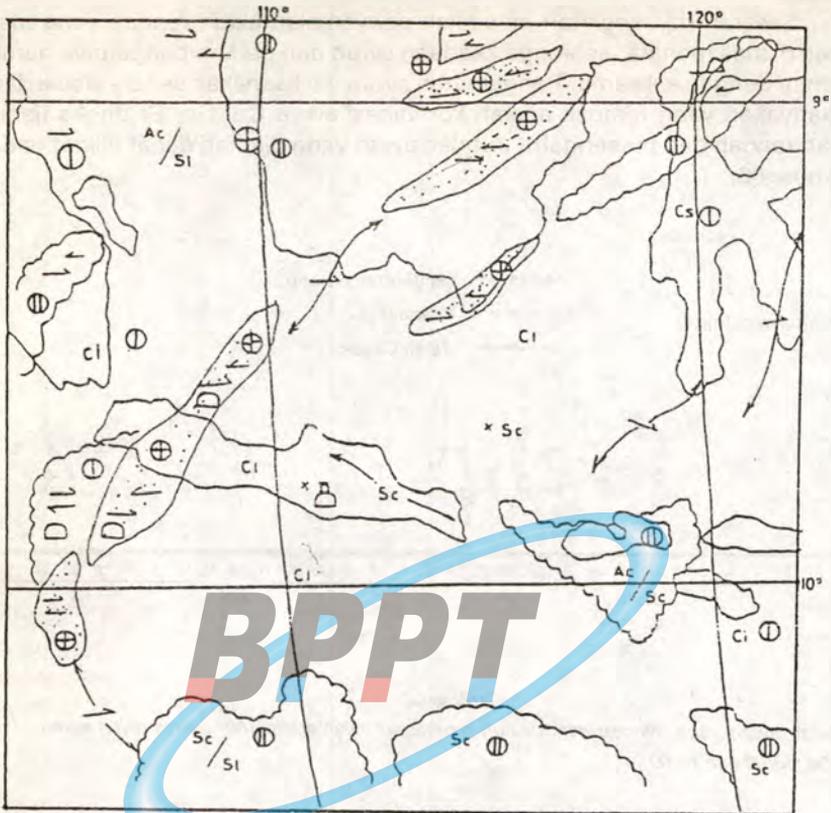


**BPPT**  
Gambar 06.

Jumlah awan yang diamati dari stasiun pengamat selama kegiatan penyemaian awan. Jam 12.00, 13.00 dan 14.00.

Dari gambar di atas tampak bahwa secara umum jumlah awan mencapai maksimum pada jam 13.00 sampai 14.00 dengan jumlah awan nilainya 6 okta.

Untuk mengetahui apakah hujan yang turun disebabkan oleh adanya sebab-sebab lain selain, bukan penyemaian awan, dilakukan analisis terhadap gambar awan. Gambar awan dan analisisnya diperoleh dari LAPAN. Contoh analisis dapat dilihat pada Gambar 07. Analisis lengkap dapat dilihat pada lampiran 3. Dalam analisis ini akan tampak jenis dan jumlah awan, baik awan utama maupun awan sekunder serta jalur-jalur gerakannya. Siklon atau badai tropis yang umumnya menyebabkan peningkatan curah hujan yang mendadak akan tampak sebagai pusaran awan (vortex), dan daerah pengaruhnya juga dapat terlihat jelas. Analisis untuk periode penyemaian bulan Juli tidak menampakkan adanya pengaruh luar (siklon atau badai tropis).



Gambar 07.  
 Analisis citra awan (nefelisis).

### Analisis Variabel Pemrakira (Prediktor).

Faktor kelembaban udara dan titik embun juga merupakan standar / patokan dalam menganalisis "seedable" atau "tidak seedable"nya suatu awan. Selama kegiatan penyemaian awan terdapat 18 hari yang kelembaban dan titik embunnya mendukung untuk penyemaian awan seperti terlihat pada Tabel 04. Pada hari-hari yang lain (12 hari) keadaan kelembaban dan titik embunnya tidak mendukung keberhasilan proses penyemaian.

**Tabel 04.**

**Hari-hari yang keadaan cuacanya memenuhi syarat untuk dilakukan penyemaian awan.**

PERIODE	TANGGAL
I	1, 2, 3 dan 4 Juni 1986
II	12, 13, 14 dan 15 Juni 1986
III	25 Juni 1986
IV	2 dan 4 Juli 1986
V	14 dan 15 Juli 1986
VI	21, 22, 23 dan 24 Juli 1986

Di samping besaran fisis cuaca, ketidakstabilan udara penting diketahui untuk membantu menentukan kriteria "seedability" dari cuaca. Beberapa indeks cuaca yang disebut variabel prediktor dapat dipakai untuk memperkirakan potensi perkembangan awan dan kemungkinan terjadinya presipitasi (1) yang berasal dari awan-awan konvektif. Variabel ini didapat dari analisis lanjut data sounding. Hasil pengkajian variabel prediktor pada beberapa negara tidak seragam. Beberapa di antaranya mendapatkan bahwa variabel ini berhubungan erat dengan presipitasi dari awan-awan konvektif, tetapi hasil pengkajian yang lain menunjukkan bahwa hubungannya tidak terlalu erat atau bahkan tidak ada hubungannya sama sekali dengan hujan konvektif. Semua variabel prediktor ini paling tidak berkaitan dengan satu dari tiga unsur fisis (stabilitas udara, kelembaban dan mekanisme pemicu) yang penting bagi pembentukan dan pengembangan sistem hujan konvektif.

Variabel prediktor yang berkaitan dengan stabilitas udara diperoleh melalui tinjauan ketebalan antara dua lapisan udara dan dari perbedaan-perbedaan suhu antara parsel yang naik dari permukaan sampai mencapai ketinggian 500 mb. Variabel prediktor kelembaban didapat dari pengukuran tersedianya kandungan uap air, titik embun, kelembaban relatif pada suatu titik atau suatu lapisan. Variabel prediktor yang berkaitan dengan mekanisme pemicu didapat dari tinjauan konvergensi, vortisitas dan konveksi. Hingga saat ini sudah dikenal tidak kurang dari 30 variabel prediktor yang bisa didapat dari sounding tunggal, tapi yang dapat dipakai dengan cepat untuk menentukan keadaan cuaca berjumlah 21 buah (1). Dalam makalah ini hanya akan dibahas 8 variabel prediktor yaitu LCL, CCL,  $T_c - T$ , W, TT, K, P dan SI.

Hasil analisis dari variabel ini selama kegiatan penyemaian awan dapat dilihat pada Tabel 05. Hubungan atau korelasi variabel-variabel tersebut

dengan curah hujan disusun pada Tabel 06. Hasil analisis statistika variabel-variabel tersebut menunjukkan bahwa, lapisan kondensasi angkat (LCL); lapisan kondensasi konvektif (CCL); energi yang diperlukan untuk konveksi ( $T_c - T$ ); tebal endapan air yang mempunyai kelembaban 65% atau lebih pada daerah permukaan sampai 700 mb (W700); dan total-total indeks (TT) yang mempunyai korelasi terbalik dengan curah hujan daerah. Sedangkan variabel yang lain yaitu tebal endapan air yang mempunyai 65%, K indeks, Boyden indeks mempunyai korelasi positif. Variabel yang korelasinya cukup erat dengan curah hujan adalah LCL, K indeks dan W. Sedangkan variabel yang tidak ada hubungannya dengan curah hujan adalah TT dan ( $T_c - T$ ).

**Tabel 06.**  
Hubungan antara variabel sounding dengan curah hujan di daerah Gunung Tangkuban Perahu.

Variabel	Korelasi (r) dengan curah hujan
LCL	- 0.39
CCL	- 0.12
$T_c - T$	- 0.03
W	+ 0.35
W700	- 0.35
TT	- 0.09
K	+ 0.37
P	+ 0.11
SI	+ 0.25

### Hasil Pengukuran Debit Sungai.

Dalam pelaksanaan percobaan modifikasi cuaca dengan Menara Dispenser, dilakukan juga pengukuran debit sungai di daerah sasaran. Pengukuran debit sungai ini dimaksudkan untuk dapat menunjang evaluasi percobaan di atas, disamping itu dengan pengukuran debit sungai di daerah sasaran, dapat untuk memantau perubahan debit sungai.

Dari siklus dan proses hidrologi diketahui bahwa naiknya suatu debit sungai, pada umumnya disebabkan oleh bertambahnya suplesi air di daerah aliran sungai, yang secara alami suplesi air tersebut berasal dari air hujan.

Bertolak dari siklus dan proses hidrologi tersebut peranan pengukuran debit sungai di daerah sasaran dapat dipakai untuk mengestimasi jumlah limpasan air yang ada dan sekaligus untuk menelusur suatu kejadian hujan di daerah sasaran yang tidak terekam oleh penakar hujan yang ada.

**Tabel 05**  
**Keadaan Variabel Prediktor Selama Periode Penyemaian Awan**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tanggal	LCL (m)	CCL (m)	Tc-T (oc)	W	W <sub>700</sub>	TT	K	P	SI
1 Juni '86	100	100	0.8	2.8	1.60	49.1	40.6	97.8	0
2	200	700	4.9	3.7	1.85	42.0	32.2	98.8	+0.2
3	300	700	3.2	2.2	1.72	40.8	31.4	95.4	+2.0
4	300	500	1.5	4.0	1.75	41.1	32.8	95.8	-6.2
5	100	100	-0.4	0.9	1.69	42.7	31.7	98.4	-0.7
11	100	100	2	1.2	1.82	43.5	20.6	91.0	-1.7
12	100	50	-0.5	2.9	1.62	40.6	32.5	97.3	-0.5
13	150	100	-0.4	2.0	1.75	44.3	33.4	98.1	-0.7
14	50	200	3	1.5	1.79	39.8	29.9	123.8	0
15	50	300	1.5	4.1	1.79	45.8	37.2	97.9	-3.0
21	300	200	-1.3	1.5	1.92	39.9	29.8	97.6	+0.7
22	600	400	-0.7	0.3	1.72	42.7	25.4	98.9	-0.6
23	200	150	-0.6	0.4	2.05	42.9	29.6	95.9	-2.1
24	400	300	0	0.1	1.95	36.4	20.9	98.7	-3.5
25	50	50	4.0	4.0	1.95	32.9	23.9	98.7	-5.1
1 Juli '86	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	100	1300	10.8	2.7	2.08	41.6	31.9	96.0	-0.9
3	300	600	2.0	0	1.65	46.7	25.1	101.9	-2.9
4	300	50	-1.2	3.6	1.75	41.5	31.0	95.2	+0.3
5	1000	2200	11	0	2.35	58.3	31.3	97.5	+3.2
11	200	500	2.6	0.9	2.15	45.8	31.6	97.0	-2.7
12	100	50	-0.5	1.3	1.82	37.1	25.1	97.2	+2.8
13	200	300	1.2	1.9	1.72	33.4	33.6	100.3	-1.1
14	50	50	0	4.4	1.65	44.1	34.5	99.5	-2.5
15	100	100	0	4.4	1.69	45.3	36.2	101.0	-2.3
21	50	600	3.5	3.1	1.75	36.7	32.1	99.3	+2.5
22	50	50	0	4.2	1.65	43.8	34.4	100.4	-0.4
23	150	400	2.8	1.5	1.85	40.1	29.8	98.5	+0.4
24	150	150	0	1.6	1.55	51.5	37.5	103.6	-6.3
25	200	1000	5	2.2	1.82	35.4	28.8	100.1	+3.7

**Keterangan :**

**LCL** = Lapisan kondensasi angkat.  
**CCL** = Lapisan kondensasi convectiv.  
**T-TC** = Energi yang diperlukan untuk konveksi.  
**W** = Precipitable Water, untuk lapisan dengan Rh lebih besar dari 65%.  
**W 700** = Precipitable Water, Surface sampai 700 mb.

**TT** = Total-total index (Ackerman et al 1971)  
**K** = K Index  
**P** = Boyden Index.  
**SI** = Showalter Index.

Untuk pengukuran debit sungai di daerah sasaran telah dipilih 3 sungai yang mempunyai hulu di daerah Gunung Tangkuban Perahu dan mengalir ke arah hilir di sebelah utara dari Gunung Tangkuban Perahu, yaitu S. Cimuja, S. Ciasem dan S. Cilamaya. Perlakuan dan pola-pola debit selama operasi percobaan dapat dilihat pada Lampiran 6. Lampiran 6 memperlihatkan pola debit di ketiga sungai selama bulan Juni dan Juli.

Sesuai dengan pola penyemaian (seeding) yang dilakukan dengan pola sebagai berikut, 5 (lima) hari penyemaian (seeding) dan 5 (lima) hari tidak penyemaian (non seeding). Untuk itu dalam tinjauan debit ini akan dipisahkan antara saat ada penyemaian dengan tidak penyemaian.

### **Debit Sungai Selama Periode Penyemaian.**

Pada bulan Juni 1986 :

Di S. Cilamaya pada tanggal 3—6—1986 sempat terjadi banjir (arus deras) yang dimulai jam 15.00, secara lengkap data debitnya tidak diketahui berhubung pada saat itu alat ukurnya sedang rusak. Kemudian pada tanggal 15—6—1986 jam 17.00 terukur debit tertinggi sebesar 1,576 m<sup>3</sup>/det. (sebagai debit maksimum yang terukur selain banjir), sedangkan debit terendah (minimum) sebesar 0,173 m<sup>3</sup>/det. terjadi pada tanggal 24—6—1986 pada jam 17.00. Dari hasil perhitungan data debit S. Cilamaya selama periode penyemaian pada bulan Juni, debit rata-ratanya sebesar 0,580 m<sup>3</sup>/det.

Keadaan di S. Ciasem, debit maksimum sebesar 1,517 m<sup>3</sup>/det. pada tanggal 23—6—1986 jam 13.00 dan debit minimum sebesar 0,252 m<sup>3</sup>/det. terjadi pada tanggal 2—6—1986, sedangkan debit rata-ratanya sebesar 0,823 m<sup>3</sup>/det.

Pengukuran debit di S. Cimuja, diperoleh hasil sebagai berikut, debit maksimum sebesar 1,076 m<sup>3</sup>/det. terjadi pada tanggal 15—6—1986 jam 17.00, debit minimum sebesar 0,455 m<sup>3</sup>/det. yaitu pada tanggal 24—6—1986 jam 11.00. Sedangkan debit aliran rata-rata sebesar 0,586 m<sup>3</sup>/det.

### **Pada bulan Juli 1986 :**

Di S. Cilamaya, debit maksimum terjadi pada tanggal 22—7—1986 jam 09.00 sebesar 1.899 m<sup>3</sup>/det. selain itu pada tanggal 25—6—1986 kurang lebih 15.00 terjadi banjir (arus deras). Sedangkan debit minimum terjadi pada tanggal 3—7—1986 jam 09.00 sebesar 0.147 m<sup>3</sup>/det. Debit rata-rata selama periode penyemaian bulan Juli 0.484 m<sup>3</sup>/det.

Untuk S. Ciasem, debit maksimum sebesar 1.938 m<sup>3</sup>/det. terjadi pada tanggal 1—7—1986 jam 11.00, debit minimum 0.931 m<sup>3</sup>/det. pada tanggal 25—7—1986 jam 09.00, sedangkan debit rata-rata 1.098 m<sup>3</sup>/det.

Di S. Cimuja, debit maksimum terjadi pada tanggal 25—7—1986 jam 17.00 sebesar 3.479 m<sup>3</sup>/det. kemudian debit minimum terjadi pada tanggal 13—7—1986 jam 17.00 sebesar 0.385 m<sup>3</sup>/det. Debit rata-rata periode seeding sebesar 0.817 m<sup>3</sup>/detik.

### **Debit Sungai Selama Periode Tanpa Penyemaian.**

#### **Pada bulan Juni 1986:**

Hasil pengukuran debit di S. Cilamaya pada periode tanpa penyemaian menunjukkan variasi debit sebagai berikut: debit maksimum terjadi pada tanggal 16—6—1986 jam 15.00 sebesar 9.76 m<sup>3</sup>/det., kemudian debit minimum terjadi pada tanggal 27—6—1986 jam 15.00 sebesar 0.135 m<sup>3</sup>/det. Sedangkan debit rata-rata selama tanpa penyemaian sebesar 0.823 m<sup>3</sup>/det.

Dari hasil pengukuran debit di S. Ciasem didapat data debit maksimum sebesar 1.84 m<sup>3</sup>/det. pada tanggal 20—6—1986 jam 13.00 dan debit minimum sebesar 0.095 m<sup>3</sup>/det. pada tanggal 30—6—1986 jam 11.00. Debit rata-rata 0.969 m<sup>3</sup>/det.

Keadaan debit di S. Cimuja debit maksimum sebesar 4.263 m<sup>3</sup>/det. terjadi pada tanggal 18—6—1986 jam 17.00, selanjutnya debit minimum sebesar 0.470 m<sup>3</sup>/det. pada tanggal 6—6—1986 jam 09.00 sedangkan besarnya debit rata-rata periode tanpa penyemaian 0.793 m<sup>3</sup>/det.

#### **Pada Bulan Juli 1986 :**

Pengukuran debit pada bulan Juli periode tanpa penyemaian di S. Cilamaya didapat data debit maksimum sebesar 3.223 m<sup>3</sup>/det. pada tanggal 26—7—1986 jam 17.00 dan debit minimum 0.149 m<sup>3</sup>/det. pada tanggal 6—7—1986, kemudian debit rata-rata sebesar 0.923 m<sup>3</sup>/det.

Debit maksimum di S. Ciasem 2.044 m<sup>3</sup>/det. pada tanggal 8—7—1986 jam 15.00 dan debit minimumnya terjadi tanggal 29—7—1986 jam 17.00 sebesar 0.105 m<sup>3</sup>/det., sedangkan debit rata-ratanya 1.087 m<sup>3</sup>/det.

Di S. Cimuja diketahui debit maksimum 3.386 m<sup>3</sup>/det. pada tanggal 28—7—1986 jam 17.00 dan debit minimum 0.376 m<sup>3</sup>/det. terjadi pada tanggal 6—7—1986 jam 11.00. Debit rata-rata di S. Cimuja sebesar 0,938 m<sup>3</sup>/det.

Selanjutnya dari data pengamatan debit periode penyemaian dan periode tanpa penyemaian, dibuat suatu skema hubungan yang dapat dilihat pada Tabel 07.

Tabel 07.

Banjir, Debit Maksimum dan Debit Rata-rata  
pada S. Cilamaya, Ciasem dan S. Cimuja.

	JUNI			JULI			Keterangan
	Periode Penyemaian (m3/detik)	Periode Tanpa Penyemaian (m3/detik)	Keterangan	Periode Penyemaian (m3/detik)	Periode Tanpa Penyemaian (m3/detik)	Keterangan	
1. S. Cilamaya :							
Banjir	: 1 kali	1 kali		1 kali	-		
Q. maks	: 1.576 ;	9.762	(TP > P)	1.889	3.223	(TP > P)	
Q. Rata-rata	: 0.580	0.823	(TP > P)	0.484	0.923	(TP > P)	
2. S. Ciasem :							
Banjir	: -	-		-	-		
Q. maks	: 1.517	1.845	(TP > P)	1.938	2.044	(TP > P)	
Q. Rata-rata	: 0.823	0.969	(TP > P)	1.098	1.087	(P > TP)	
3. S. Cimuja :							
Banjir	: 1 kali	-		-	-		
Q. maks	: 1.076	4.023	(TP > P)	3.749	3.396	(P > TP)	
Q. Rata-rata	: 0.586	0.793	(TP > P)	0.817	0.937	(TP > P)	

Keterangan: P = Periode Penyemaian; TP = Periode Tanpa Penyemaian.

## Hasil Pengamatan Lingkungan.

### Kondisi Air.

#### Kualitas Fisik.

##### Warna.

Pada tahap I (sebelum dilaksanakan kegiatan penyemaian awan), umumnya besaran nilai warna conto air tercatat 10 unit Pt Co, baik di mata air, badan air maupun air hujan. Pada tahap II (akhir kegiatan), besarnya nilai warna pada umumnya tetap, kecuali besaran nilai di Cibogo terlihat adanya peningkatan nilai warna sebesar 5 unit Pt Co. Pada tahap III (3 bulan setelah kegiatan penyemaian) umumnya tetap, kecuali di Cibogo tercatat adanya penurunan nilai warna sebesar 5 unit Pt Co.

Dari keadaan di atas terlihat tidak adanya fluktuasi (embutan) besaran nilai warna dengan adanya kegiatan penyemprotan, kecuali di Cibogo. Hal ini berarti selama kegiatan terjadi peningkatan nilai PtCo akibat seringnya hujan selama kegiatan. Daya dukung alam masih cukup baik, hal ini terlihat dari kemampuannya memulihkan ke keadaan awal, seperti keadaan sekitarnya.

The image shows a large, semi-transparent watermark of the letters "BPPT" in a bold, sans-serif font. The letters are grey with a light blue outline. A thick, light blue curved line sweeps across the background behind the letters. The letters are positioned in the center of the page, overlapping the text of the "Warna" section.

##### Kekeruhan.

Kekeruhan di badan air pada daerah percobaan mempunyai kecenderungan meningkat selama adanya kegiatan penyemprotan, hal ini terlihat dari besaran nilai kekeruhan pada conto air hasil pengamatan tahap I dan tahap II. Pada air hujan terjadi sebaliknya, terjadi penurunan kekeruhan yang menyolok. Demikian pula pada pengamatan tahap III, conto air di badan air masih terus menunjukkan pemulihan kekeruhan, kembali sedikit di bawah keadaan awalnya. Air hujan pun terlihat mengeruh kembali, walaupun tingkat kekeruhannya meningkat tidak kembali ke keadaan awalnya. Dari keadaan di atas terlihat bahwa daya dukung alam untuk memulihkan ke keadaan awalnya bagi parameter kekeruhan hanya berlaku untuk mata air saja, sedangkan untuk badan air daya dukung alam kurang baik. Namun untuk mengetahui kemampuan daya dukung alam yang sebenarnya perlu diketahui untuk di masa mendatang mengenai apakah ada pengolahan tanah pada saat pengamatan tahap II ini, karena pengolahan tanah sangat mempengaruhi parameter kekeruhan ini.

Dari conto air hujan terlihat bahwa air hujan di lingkungan alam Gunung Tangkuban Perahu memang telah tercemar dengan partikel-partikel yang meningkatkan kekeruhan.

## **Residu Terlarut.**

Secara umum residu terlarut (suspended solid) yang terdapat pada conto air yang berasal dari badan air, mata air maupun air hujan tidak menunjukkan kecenderungan perubahan tertentu dengan adanya kegiatan penyemaian awan. Di mata air Cikahuripan dan Sungai Cimuja kegiatan ini menurunkan kandungan residu terlarut, sedangkan di Sungai Cicenang, Cibogo dan air hujan semakin meningkat. Pada tahap II ke tahap III nampak adanya kecenderungan pemulihan kembali, menurunnya kandungan residu terlarut di badan air dan air hujan, termasuk kondisi di mata air Cikahuripan yang meningkat kembali.

Dari kondisi di atas terlihat adanya kecenderungan fluktuasi ke arah pemulihan kembali ke keadaan awal, kecuali Sungai Cimuja yang tidak terpengaruh.

Hal ini berarti daya dukung lingkungan di sekitar Gunung Tangkuban Perahu masih baik. Untuk air hujan, terlihat bahwa kegiatan penyemprotan awan meningkatkan kandungan residu terlarut, hal ini berarti kegiatan penyemaian mengganggu keseimbangan residu terlarut di alam dan alam dapat memulihkan kembali ke kondisi awal setelah beberapa waktu kemudian.

## **Kualitas Kimia.**

### **Derajat Keasaman (pH).**

Kondisi pH air tahap awal umumnya normal, berkisar antara 6.9 — 7.1, kecuali air hujan di Gunung Tangkuban Perahu yang pH-nya hanya mencapai 4.6. Kondisi air hujan ini jauh lebih rendah dari pH hujan asam (pH = 5.6), hal ini berarti kepekatan konsentrasi tahap awal keasaman 10 kali lebih besar dari hujan asam.

Bila dilihat nilai pH di badan air, mata air maupun air hujan dari tahap I ke tahap II terlihat adanya kecenderungan peningkatan, dalam hal ini mengarah menjadi lebih bersifat basa. Peningkatan ini berkisar antara 0.0 hingga 1.7. Peningkatan terbesar terdapat pada conto air hujan di Gunung Tangkuban Perahu dan terkecil terdapat di mata air Cikahuripan.

Selanjutnya dari tahap II ke tahap III, nilai pH umumnya menurun kembali, kecuali di Cibogo terlihat adanya peningkatan. Besarnya nilai penurunan pH ini berkisar antara 0.3 hingga 0.6. Penurunan pH terkecil terdapat di 2 lokasi, yaitu air hujan di Tangkuban Perahu dan badan air Sungai Cicenang, sedangkan penurunan terbesar terdapat di mata air Cikahuripan. Peningkatan nilai pH di Cibogo sebesar 0.1.

Dari kondisi nilai pH di atas, terlihat adanya kecenderungan kembali ke keadaan tahap awal, baik di mata air, badan air maupun air hujan. Kekecualian hanya terjadi di badan air Cibogo. Hal ini berarti daya dukung alam lebih rendah tanpa adanya kegiatan penyemprotan.

### **Kalsium (Ca).**

Pada tahap sebelum kegiatan, besarnya konsentrasi kalsium pada conto air di badan-badan air maupun air hujan ternyata telah menunjukkan keragaman yang besar, berkisar antara 2.4 – 14.0 mg/l. Konsentrasi kalsium terkecil terdapat pada conto air hujan dan terbesar terdapat pada conto air dari mata air Cikahuripan.

Pada akhir masa penyemprotan, besaran di atas terlihat menunjukkan kecenderungan menurun. Dari 5 lokasi yang diambil, hanya di Sungai Cicenang yang menunjukkan kenaikan, sedangkan di Cibogo tidak terjadi perubahan kandungan, sebaliknya pada tahap III terlihat kecenderungan kandungan kalsium meningkat kembali, hanya conto air hujan yang masih terjadi sedikit penurunan, sedangkan di Cicenang tidak terjadi perubahan konsentrasi lagi.

Hasil pengamatan selama 3 tahap ini menggambarkan bahwa besarnya kandungan kalsium bervariasi menurut tempat dan perubahan-perubahan yang terjadi bersamaan dengan adanya kegiatan penyemaian, akhirnya akan kembali tidak jauh dari kondisi awalnya, kecuali conto air hujan.

Hal ini berarti daya dukung lingkungan di Tangkuban Perahu dan sekitarnya masih baik.

### **Magnesium.**

Hasil pengamatan sebelum, selama dan sesudah dilakukan kegiatan penyemaian, memberikan gambaran bahwa konsentrasi magnesium di daerah target pada badan-badan air berkisar antara 2.2 – 5.4 mg/l dan pada conto air hujan sebesar 0.24 – 0.37 mg/l.

Bersamaan dengan dilakukannya penyemaian, ternyata kandungan magnesium pada conto air hujan menurun, akan tetapi di badan-badan air tidak terlihat pola tertentu. Di Cikahuripan dan Sungai Cimuja terjadi penurunan, tetapi di Cicenang dan Cibogo terlihat kenaikan. Demikian pula pada akhir pengamatan, terjadi kebalikan dengan hasil pengamatan tahap II, kenaikan yang terjadi diikuti dengan penurunan dan sebaliknya, kecuali untuk conto air di mata air Cikahuripan yang terus menurun dengan gradien yang lebih kecil, yaitu dari 1.6 menjadi 0.7.

Pola umumnya terjadi kecenderungan pemulihan ke kondisi awal, kecuali mata air Cikahuripan. Dari keadaan di atas terlihat bahwa kegiatan penyemaian awan di Tangkuban Perahu tidak mempengaruhi kandungan magnesium secara tertentu terhadap daya dukung alam.

### **Besi (Fe).**

Nilai maksimum konsentrasi besi tercatat di Cimuja sebesar 0.24 mg/l yaitu saat pengamatan terakhir, sedangkan nilai minimum pada conto air

hujan Tangkuban Perahu mencapai 0.0 mg/l (tidak terukur) saat pengamatan tahap II.

Secara umum kandungan besi mengalami penurunan dari tahap I ke tahap II, kecuali di Sungai Cicenang tidak berubah. Penurunan konsentrasi paling besar terjadi di Sungai Cimuja sebesar 0.1 mg/l, sedangkan terkecil terjadi di mata air Cikahuripan sebesar 0.04 mg/l.

Selanjutnya dari tahap II ke tahap III, kandungan besi pada conto air dari Sungai Cicenang, Cimuja dan air hujan naik kembali, sedangkan conto air dari mata air Cikahuripan yang masih menurun hingga menjadi 0.01 mg/l.

Selama pengamatan, kandungan besi akan mengikuti pola pemulihan untuk lokasi Cimuja dan air hujan Tangkuban Perahu, tetapi di mata air Cikahuripan, Cicenang dan Cibogo tidak menggambarkan pemulihan menuju kondisi awalnya.

Dari kondisi di atas terlihat bahwa kegiatan penyemprotan awan tidak mempengaruhi kandungan besi dalam air secara tertentu terhadap daya dukung lingkungan.

### **Mangan (Mn).**

Pada tahap awal, kandungan mangan di badan-badan air sangat kecil sekali (tidak terukur) kecuali untuk lokasi Sungai Cibogo konsentrasinya tercatat 0.01 mg/l dan konsentrasi tertinggi tercatat di conto air hujan jika dibandingkan dengan lokasi lainnya, yaitu sebesar 0.03 mg/l.

Selanjutnya, dari tahap I ke tahap II terjadi keadaan pada semua lokasi kandungan mangan menjadi tidak terukur. Pada pengamatan tahap II, pada semua lokasi terjadi kenaikan sebesar 0.01 sampai 0.02 mg/l.

Dari keadaan di atas terlihat bahwa kegiatan penyemaian awan menurunkan kandungan mangan, terutama di Cibogo dan air hujan. Hal ini berarti kegiatan penyemaian awan sedikit mengganggu keseimbangan persediaan mangan di lingkungan.

### **Tembaga (Cu).**

Kandungan tembaga pada conto air di badan-badan air tampaknya tidak terpengaruh dengan adanya kegiatan penyemaian, dari kondisi awalnya sampai di akhir pengamatan, kandungan tembaga adalah nihil. Berbeda dengan conto air hujan Tangkuban Perahu, saat dilakukan penyemaian terjadi kenaikan sebesar 0.04 mg/l yang dari kondisi awalnya tidak terukur. Selanjutnya dari tahap II ke tahap III kandungannya turun kembali ke kondisi awalnya.

Dari kenyataan-kenyataan di atas, dapat disampaikan bahwa kandungan tembaga di daerah target nihil dan tidak terjadi perubahan dengan adanya penyemaian, kecuali conto air hujan. Hal ini berarti kegiatan penyemprotan awan hanya mempengaruhi kandungan tembaga di air hujan.

## **Seng (Zn).**

Hasil analisis conto air dari badan-badan air menyatakan bahwa, kandungan seng pada kondisi awal sama sekali tidak terukur, hanya conto air hujan yang mencatat sebesar 0.32 mg/l. Setelah dilakukan penyemaian, 3 lokasi mencatat perubahan-perubahan. Di mata air Cikahuripan dan Cicenang naik menjadi tidak terukur.

Hasil pengamatan terakhir, perubahan-perubahan yang terjadi masih pada lokasi yang sama, di mata air Cikahuripan masih terlihat kenaikan hingga mencapai 0.04 mg/l, sedangkan di Cicenang dan conto air hujan cenderung kembali ke kondisi awalnya.

Dari keadaan tersebut di atas penyemaian awan mempengaruhi kandungan seng menjadi meningkat di Cicenang, dan menurun di conto air hujan. Hal ini berarti secara umum kegiatan penyemaian awan tidak mempengaruhi daya dukung lingkungan.

## **Krom (Cr), Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb).**

Ketiga parameter kualitas air di atas memberikan gambaran tidak adanya perubahan, sejak dari awal hingga akhir pengamatan konsentrasinya tetap nihil. Nampaknya logam-logam ini tidak terpengaruh bersamaan dengan kegiatan yang dilakukan. Hal ini berarti tidak mengganggu daya dukung lingkungan.

## **Fluorida (F).**

Konsentrasi fluorida di badan-badan air pada tahap I pengamatan telah menggambarkan keragaman yang berbeda-beda. Di mata air Cikahuripan dan Cicenang tidak terukur, sedangkan di Cimuja, Cibogo dan air hujan tercatat cukup tinggi sebesar 0.20 mg/l, 0.30 mg/l dan 0.30 mg/l.

Perubahan dari tahap I ke tahap II cenderung menaikkan kandungan fluorida di badan-badan air, kecuali di Cimuja yang konsentrasinya tetap dan di air hujan terjadi penurunan tajam, menjadi tidak terukur.

Selanjutnya dari tahap II ke tahap III di semua lokasi badan air terjadi penurunan kembali menuju kondisi awalnya, bahkan di Cimuja dan Cibogo turun terus menjadi tidak terukur. Demikian pula untuk conto air hujan pada tahap III ini kandungannya tetap sama dengan tahap sebelumnya, kembali ke keadaan tidak terukur.

Dari keadaan di atas terlihat dengan adanya kegiatan penyemaian awan secara umum meningkatkan kandungan fluor di alam, kecuali di air hujan terjadi sebaliknya. Hal ini berarti kegiatan penyemaian awan meningkatkan tersedianya fluor di lingkungan.

## **Klorida (Cl).**

Perubahan kandungan klorida di badan air dari tahap I ke tahap II nampaknya tidak mempunyai kecenderungan tertentu, besarnya perubahan pun tidak terlalu besar. Di mata air Cikahuripan dan Cicenang terjadi kenaikan konsentrasi klorida masing-masing sebesar 0.50 dan 1.20 mg/l, sedangkan di Cimuja dan Cibogo terjadi penurunan dengan nilai yang lebih kecil, masing-masing sebesar 0.4 dan 0.8 mg/l. Penurunan terbesar tercatat pada conto air hujan besarnya 2.8 mg/l.

Tahap selanjutnya, yaitu di akhir pengamatan di Cimuja dan Cibogo kandungan klorida naik kembali, bahkan melewati kondisi awalnya. Kandungan klorida di mata air Cikahuripan nampaknya belum menunjukkan gejala pemulihan dan terus meningkat mencapai konsentrasi 3.7 mg/l, sedangkan di Cicenang tetap pada konsentrasi 3.9 mg/l. Pada conto air hujan walaupun hanya naik sedikit sebesar 0.2 mg/l, namun kenaikan ini memberikan gambaran cenderung akan pulih ke kondisi awalnya.

Dari keadaan di atas, kegiatan penyemaian awan terhadap mata air Cikahuripan dan Cicenang menunjukkan peningkatan dan di 3 lokasi lainnya menunjukkan penurunan, sehingga sukar untuk melihat kecenderungannya di badan air. Hal ini berarti pengaruh kegiatan penyemaian awan terhadap kandungan klorida di alam berbeda-beda tergantung dengan daya dukung lingkungannya.

**BPPT**

## **Sulfat (SO<sub>4</sub>).**

Pada kondisi awal besarnya kandungan sulfat di mata air Cikahuripan dan Cicenang ternyata lebih tinggi dari pada di Cimuja dan Cibogo. Bersama dengan dilakukan penyemaian, kandungan sulfat menjadi menurun di semua lokasi baik di badan-badan air maupun pada conto air hujan Tangkuban Perahu.

Penurunan konsentrasi terbesar terjadi di lokasi mata air Cikahuripan sebesar 7 mg/l dan penurunan terkecil terjadi pada conto air hujan sebesar 2.1 mg/l.

Selanjutnya dari tahap II ke tahap III, terjadi kecenderungan pemulihan ke kondisi awalnya. Walaupun untuk lokasi mata air Cikahuripan, Cimuja dan Cibogo belum tercapai nilai awal, tetapi di Cicenang nilai awal dapat dicapai kembali, bahkan pada conto air hujan, konsentrasi pada pengamatan terakhir ini di atas nilai awalnya sebesar 0.9 mg/l.

Dari keadaan di atas, terlihat bahwa dengan adanya kegiatan penyemaian awan terjadi penurunan kandungan dan daya dukung alam mampu memulihkan akibat adanya kegiatan tersebut.

### **Permanganat (KMnO<sub>4</sub>).**

Dari pengamatan tahap I ke tahap II, dari 5 lokasi pengambilan contoh air, terlihat bahwa kandungan permanganat daerah target cenderung turun, hanya di Cicenang yang kelihatan konsentrasinya agak naik dari 5.1 menjadi 6.5 mg/l. Perubahan dari tahap II ke tahap III nampaknya tidak mempunyai pola tertentu. Di mata air Cikahuripan dan Cimuja terjadi kenaikan, sedangkan di Cicenang dan Cibogo turun. Demikian juga pada contoh air hujan terlihat kecenderungan tidak kembali ke kondisi awal.

Nilai permanganat pada contoh air hujan lebih tinggi dari pada contoh air yang diambil dari badan-badan air. Pada akhir pengamatan nilai kandungan permanganat menjadi lebih tinggi dari kondisi awalnya kecuali di Cibogo dan contoh air hujan yang memang tidak menunjukkan gejala pemulihan.

Dari keadaan di atas dapat dikatakan bahwa kegiatan penyemaian awan menurunkan konsentrasi permanganat, kecuali di mata air Cicenang, juga daya dukung lingkungan di sana berbeda-beda terhadap kegiatan penyemaian karena tidak menunjukkan kecenderungan tertentu.

### **Amonium (N – NH<sub>4</sub>).**

Kandungan nitrogen dalam bentuk amonium dalam badan air umumnya mengalami penurunan konsentrasi dari tahap I ke tahap II, kecuali di mata air Cikahuripan dan air hujan Tangkuban Perahu. Di mata air Cikahuripan besarnya konsentrasi tetap, sedang air hujan terjadi peningkatan. Penurunan konsentrasi di badan air relatif kecil, yaitu di Cicenang dari 0.1 menjadi 0.03 mg/l, di Cimuja dari 0.20 menjadi 0.02 mg/l dan di Cibogo dari 0.25 menjadi 0.02 mg/l, sedang konsentrasi air hujan meningkatnya cukup besar, yaitu dari 0.55 mg/l menjadi 1.7 mg/l.

Selanjutnya, dari tahap II ke tahap II di semua lokasi pengamatan terlihat adanya peningkatan konsentrasi amonium, kecuali untuk contoh air hujan terlihat adanya penurunan. Besarnya konsentrasi peningkatan di 2 lokasi yaitu mata air Cikahuripan dan Cicenang meningkat jauh lebih tinggi dari keadaan awalnya, sementara di Cimuja dan Cibogo hanya meningkat relatif kecil. Besarnya konsentrasi penurunan untuk contoh air hujan cukup tinggi, namun kondisinya masih lebih tinggi dari tahap awalnya.

Dari kondisi di atas tahap I ke tahap II dan dari tahap II ke tahap III, terlihat adanya kecenderungan pemulihan kembali ke keadaan awalnya, baik terhadap peningkatan maupun terhadap penurunan konsentrasi di tahap II, hal ini berarti daya dukung lingkungan di sekitar Tangkuban Perahu mempunyai pola seperti tersebut di atas.

### **Nitrat (NO<sub>3</sub>).**

Seperti derivat nitrogen amonium, kandungan nitrat dalam semua conto air menunjukkan sedikit kenaikan dari tahap I ke tahap II, bahkan empat lokasi, yaitu mata air Cikahuripan, S. Cicenang, S. Cimuja dan air hujan yang semula konsentrasi nitratnya tidak terukur, selama kegiatan penyemaian menjadi muncul, akan tetapi dari pengamatan tahap I ke tahap II terjadi penurunan kembali.

Dari kondisi ini, terlihat bahwa kenaikan konsentrasi nitrat hanya bersifat sementara dan setelah berakhirnya kegiatan akan pulih kembali ke keadaan semula.

### **Nitrit (NO<sub>2</sub>).**

Parameter nitrogen ini tidak terukur di tiga lokasi, baik tahap I, II maupun III, kecuali di S. Cibogo dan air hujan terjadi kecenderungan menurun hingga akhir kegiatan.

Secara singkat pola embutan parameter-parameter di atas yang telah dibandingkan dengan kriteria kualitas air RPP RI (1985) dapat dilihat pada Gambar 08.

### **Kondisi Tanah.**

#### **Kadar Air.**

Pengamatan tahap I menunjukkan kadar air pada conto tanah yang diambil dari 4 lokasi berkisar antara 27.95 – 37.72%. Kadar air tertinggi terukur di lokasi 2 dan terendah di lokasi 4. Pengamatan selanjutnya pada tahap II terlihat adanya kenaikan kadar air di semua lokasi bersamaan dengan pelaksanaan percobaan Hujan Buatan. Lokasi sebelah utara Menara Dispenser (lokasi 4) mencatat kenaikan terbesar, sedangkan lokasi sebelah Timur Laut Menara Dispenser (lokasi 3) mencatat kenaikan terkecil.

Hasil analisis pada akhir pengamatan menggambarkan keadaan yang berbeda lagi, pada lokasi 2 kadar airnya cenderung naik terus, sedangkan lokasi-lokasi lainnya cenderung kembali ke kondisi awal, walaupun persentase penurunannya berlainan.

Secara keseluruhan diperoleh gambaran, bahwa kandungan air tanah pada lapisan olah ( $\pm 30$  cm ke dalam) cenderung semakin kering di akhir pengamatan, setelah adanya kenaikan pada saat dilaksanakan percobaan hujan buatan, kecuali lokasi 2, yang merupakan daerah atas angin (up wind). Dari keadaan di atas terlihat dengan adanya kegiatan penyemprotan awan untuk pembuatan hujan, persentase kadar air meningkat dalam tanah. Hal ini berarti kegiatan ini meningkatkan daya dukung lingkungan terhadap persediaan air dalam tanah.

## **Daya Hantar Listrik (DHL).**

Pengamatan kemampuan Daya Hantar Listrik selama dilaksanakan pengamatan menggambarkan hal-hal sebagai berikut :

Besarnya kemampuan DHL di awal pengamatan ternyata bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Demikian pula dengan pengukuran yang terjadi pada saat dilaksanakan kegiatan percobaan Hujan Buatan. Di lokasi 1 terjadi kenaikan yang menyolok, sedangkan di lokasi-lokasi lainnya terjadi sedikit penurunan. Namun demikian, kenaikan yang terjadi di lokasi 1 hanya mencapai 400 mikro mhos/cm, dan penurunan terendah terjadi di lokasi 4, dengan nilai DHL mendekati 26 mikro mhos/cm.

Di akhir pengamatan, besaran kemampuan DHL memperlihatkan gejala yang tetap berbeda. Di lokasi 1 cenderung terjadi pemulihan, di lokasi 2 ternyata kemampuannya menurun semakin tajam, di lokasi 3 cenderung kembali ke kondisi awal, bahkan di lokasi 4 naik tajam jauh melebihi kemampuan pada tahap-tahap sebelumnya.

Pemantauan terhadap kemampuan daya hantar listrik selama 3 tahap pengamatan, memberikan informasi bahwa keadaannya tidak menunjukkan pola tertentu untuk semua lokasi pengamatan dengan adanya kegiatan percobaan Hujan Buatan. Hal ini berarti daya dukung lingkungannya memberikan respon yang tidak tertentu terhadap kemampuan DHL di semua lokasi.



## **Resistivity (Tahanan Listrik).**

Besaran nilai resistivity sebesarnya berbalikan dengan kemampuan Daya Hantar Listrik. Pola yang terjadi pun menggambarkan pola yang berkebalikan dengan pola DHL. Nilai tertinggi pada awal pengamatan terdapat di lokasi 4 sebesar 14300 mikro mhos/cm dan terendah di lokasi 2 sebesar 2940 mikro mhos/cm. Selanjutnya pada tahap II, terlihat adanya kenaikan dengan tingkat pertambahan nilai yang berbeda-beda, kecuali di lokasi 1 yang mengalami penurunan. Pada pengamatan terakhir, perubahan-perubahan nilai resistivity mencatat kenyataan sebagai berikut :

Di lokasi 1 resistivity terjadi pemulihan, nilai awal sebesar 5710 mikro mhos/cm di akhir pengamatan terlampu sedikit menjadi sebesar 6670 mikro mhos/cm. Di lokasi 2 dengan nilai awal 2940 mikro mhos/cm, selanjutnya terus menunjukkan peningkatan hingga akhir pengamatan mencatat sebesar 6060 mikro mhos/cm. Di lokasi 3 dengan nilai awal 9520 mikro mhos/cm dan di akhir pengamatan nilainya menjadi 14290 mikro mhos/cm. Walaupun nampak nilainya jauh berbeda di atas nilai awal, akan tetapi terlihat adanya kecenderungan menurun. Di lokasi 4, tercatat nilai awal 14300 mikro mhos/cm dan di akhir pengamatan turun dengan tajam menjadi 3570 mikro mhos/cm.

PARAMETER	Badan Air Lahap Saluran Unit Pt Co	Cikohuripan			Cicenang			Cimuja			Cibaga			Air Hujan 1% Perahu			KETERANGAN
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
FISIKA Warna	50																MAX. DIBOLEHKAN MAX. DIANJURKAN
	15 10 5																
KEKERUHAN	mg/l SiO <sub>2</sub>	19	2,3	1,4	1,9	7,1	4,8	5,5	7,1	15	2,1	8,0	8,9	13	1,4	1,8	MAX. DIBOLEHKAN MAX. DIANJURKAN
	25 10 5 0																
RESIDU Terlarut	mg/l	115	6,8	8,2	70	175	118	6,8	67	64	93	28	95	27	7,8	19	MAX. DIANJURKAN
	500 100 20																
KIMIA pH		70	7,0	6,4	7,1	7,5	7,2	7,1	7,5	7,4	6,9	7,4	7,5	4,6	6,3	6,0	MAX. DIBOLEHKAN MAX. DIANJURKAN HUJAN ASAM
	8,5 6,5 5,6																
KALSIMUM (Ca)	mg/l	14	8,8	10	9,3	14	14	3,9	2,5	7,0	11	11	12	2,4	1,3	1,2	MAX. DIANJURKAN
	25 15 10 5																
MAGNESIUM (Mg)	mg/l	4,5	2,9	2,7	2,7	5,4	4,5	2,3	2,7	4,0	2,0	4,1	4,0	0,73	0,24	0,27	MAX. DIANJURKAN
	300 50 0,0																
BESI (Fe)	mg/l	0,08	0,07	0,01	0,01	0,01	0,06	0,17	0,07	0,24	0,22	0,17	0,17	0,05	11	0,02	MAX. DIBOLEHKAN MAX. DIANJURKAN
	1,0 0,1 0,0																
MANGAN (Mn)	mg/l	11	11	0,01	11	11	0,01	11	11	0,02	0,01	11	0,02	0,03	11	0,01	MAX. DIBOLEHKAN MAX. DIANJURKAN
	0,50 0,05 0,00																
TEMBAGA (Cu)	mg/l	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	0,04	11	MAX. DIBOLEHKAN MAX. DIANJURKAN
	1,0 0,0																
SENG (Zn)	mg/l	11	0,01	0,04	11	0,01	11	11	11	11	11	11	11	0,37	11	0,11	MAX. DIANJURKAN
	1,0 0,3 0,1 0,0																
KROM (Cr)	mg/l	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	MAX. DIBOLEHKAN MAX. DIANJURKAN
	0,05 0,0																

Gambar 08.

Kedadaan kualitas air hujan buatan tahun 1986 dibandingkan dengan kriteria kualitas air RPP—RI (1985) golongan A.

PARAMETER	Badan air			Cikahuripan			Cicenang			Cimahi			Cibago			Air Hujan Tg. Perahu			KETERANGAN	
	Tengah Seduan	mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l				
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II		III
KADMIUM (Cd)	mg/l	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	MAX DIBOLEHKAN
	0.01 0.00																			MAX DIANJUKKAN
TIMBAL (Pb)	mg/l	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	MAX DIBOLEHKAN
	0.10 0.05 0.00																			MAX DIANJUKKAN
FLUORIDA (F <sub>2</sub> )	mg/l	II	0.15	0.08	II	0.10	II	0.20	0.20	II	0.30	0.70	II	0.30	II	II	II	II	MAX DIBOLEHKAN	
	1.5 0.05 0.00		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	MIN. DIBOLEHKAN
KLORIDA (Cl)	mg/l	3.1	3.6	3.7	7.7	3.9	3.9	7.2	1.8	7.3	7.3	2.5	3.7	4.2	1.6	1.6				MAX DIANJUKKAN
	7.00 4.0 3.0 1.0 1.0		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
SULFAT (SO <sub>4</sub> )	mg/l	3.7	7.5	3.0	3.0	2.7	3.0	II	4.6	5.5	8.5	3.5	7.2	3.1	1.0	4.0				MAX DIANJUKKAN
	200 200 200 100 0.0		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
AMONIUM (NH <sub>4</sub> )	mg/l	0.04	0.04	0.1	0.1	0.03	0.15	0.20	0.07	0.07	0.25	0.07	0.05	0.55	1.7	0.95				MAX DIBOLEHKAN
	1.0 0.5 0		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
NITRAT (NO <sub>3</sub> )	mg/l	II	0.04	1.1	II	0.11	0.03	1.1	0.08	0.02	3.33	0.95	1.1	II	0.21	0.16				MAX DIANJUKKAN
	5.0 1.0 0.5 0.0		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
NITRIT (NO <sub>2</sub> )	mg/l	II	II	II	II	II	II	II	II	II	0.02	0.02	0.05	0.02	0.01	II				MAX DIANJUKKAN
	0.07 0.01 0.0		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PERMANGANAT (KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	5.4	4.5	8.0	5.1	6.5	6.1	6.0	5.2	7.2	5.7	7.7	7.4	7.4	2.1	1.4				MAX DIBOLEHKAN
	1.0 5 0		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	MAX DIANJUKKAN

**KETERANGAN :**

- Parameter kimia Air raksa total (Hg) Sianida (CN) Sulfida (S) senyawa aktif biru melilen, fenol minyak dan lemak tidak dijumpai.
- Parameter Fisika, Temperatur, Bau dan Rasa Kimia Barium (Ba) Arsen (As), Selenium (Se) Amonium bebas (HHO - N) Carbon - Chloroform Ekstrak (CCE) Pall chloro Bhiphonil (PCB), Bakteriologis dan radioaktifitas (tidak diukur).

Secara keseluruhan, pola yang terjadi sukar dinyatakan sebagai pengaruh akibat penyemprotan urea karena masing-masing lokasi menerangkan perubahan yang berbeda-beda. Hal ini berarti daya dukung lingkungan akan memberikan respon yang berbeda dengan adanya kegiatan pembuatan hujan.

### **Garam Total.**

Hasil analisis laboratorium terhadap persen garam total tanah contoh memperlihatkan gejala perubahan, baik pada saat sebelum, selama maupun sesudah dilakukannya kegiatan percobaan Hujan Buatan. Pengamatan tahap I, persen garam total tanah contoh berkisar antara 0.018 — 0.047%.

Pada pengamatan tahap II, di lokasi 1 memperlihatkan kenaikan hampir dua kali lipat, sedangkan lokasi-lokasi lainnya mengalami sedikit penurunan, rata-rata 0.005%. Di akhir pengamatan, konsentrasi garam total ini mengalami perubahan kembali dengan memperlihatkan tingkah laku tidak sama, 3 lokasi mengalami penurunan dan satu lokasi mengalami kenaikan. Dengan demikian, lokasi 1 dan 4 kembali pulih, walaupun dengan nilai akhir yang melewati nilai awalnya, sedangkan lokasi 2 dan 3 terlihat cenderung terus menurun. Dari kondisi di atas terlihat bahwa persen garam total mengalami perubahan yang tidak tertentu di semua lokasi dengan adanya kegiatan penyemaian awan. Hal ini berarti daya dukung lingkungan memberikan respon yang berbeda dengan adanya kegiatan ini.

### **Derajat Keasaman (pH H<sub>2</sub>O).**

Derajat keasaman (pH) tanah contoh daerah target ternyata di semua lokasi mempunyai nilai di bawah netral, bahkan pH awalnya berkisar 3.56 — 4.83.

Dengan dilakukannya kegiatan percobaan Hujan Buatan, nilai pH (H<sub>2</sub>O) di daerah target ternyata menjadi semakin rendah. Nilai terendah terdapat di lokasi 2 sebesar 3.16, sedangkan di lokasi 3 paling tinggi sebesar 4.34.

Pada akhir pengamatan, pH (H<sub>2</sub>O) tanah contoh kembali meningkat pada kisaran tidak jauh dari kondisi awalnya, bahkan lokasi 3 mencapai nilai sedikit di atas kondisi awal. Kecuali untuk lokasi 4 yang cenderung terus menurun sejak awal hingga akhir pengamatan.

Dari 3 tahap pengamatan ini membeirikan gambaran, bahwa pH tanah daerah target sangat rendah, dan semakin rendah ketika dilaksanakan kegiatan penyemaian urea dan kemudian kembali ke kondisi awal setelah 3 bulan berakhirnya kegiatan, kecuali untuk lokasi 4 yang di akhir pengamatan nilai pH menjadi rendah dari kondisi awalnya, hal ini berarti dengan adanya kegiatan penyemprotan memberikan respon negatif terhadap daya dukung lingkungan.

### **pH (KCl).**

Penentuan pH tanah dengan menggunakan indikator lain (pelarut KCl) ternyata juga mencatat nilai pH yang rendah, bahkan secara umum kondisi awalnya nilai pH (KCl) lebih rendah dari pada pH (H<sub>2</sub>O).

Lokasi 1 dan 2 mencatat pH lebih kecil dari 3, yaitu 2.90 dan 2.86, sedangkan lokasi 3 dan 4 mencatat pH 4.05 dan 4.02. Apabila dilihat dari pola embutannya, pada pengamatan tahap II terjadi kenaikan pH di semua lokasi sehingga pH terkecil 3.97 di lokasi 1 dan pH terbesar 5.52 di lokasi 3. Kenyataan ini berbeda dengan nilai-nilai yang ditunjukkan oleh pH (H<sub>2</sub>O), pada tahap II merupakan saat terjadi penurunan. Hal ini menjadi suatu pertanyaan karena memberikan hasil yang tidak sesuai dengan kaidah umum, demikian pula di akhir pengamatan nilai-nilai pH (KCl) inipun kembali turun ke kondisi awalnya untuk semua lokasi.

### **Chlorida (Cl).**

Konsentrasi Chlorida saat pengambilan conto tahap I berkisar antara 81.5 ppm sampai 211.5 ppm, lokasi 1 dan 3 relatif lebih kecil dibandingkan dengan lokasi 2 dan 4.

Selanjutnya pada pengamatan tahap II nampak adanya perubahan. Lokasi 1, 2 dan 4 terjadi penurunan, terutama lokasi 4 yang turun paling besar, sedangkan pada lokasi 3 terjadi kenaikan.

Di akhir pengamatan pun konsentrasi chlorida berubah lagi dengan arah dan besar yang berbeda. Kenaikan kecil terjadi pada lokasi 1 dan 4, sedangkan pada lokasi 2, 3 terjadi penurunan, sehingga konsentrasinya menjadi semakin kecil.

Dari hasil-hasil pengamatan 3 tahap ini dapat dikatakan bahwa pola perubahan konsentrasi chlorida tidak menunjukkan kecenderungan yang sama untuk semua lokasi. Hal ini berarti respon daya dukung lingkungan berbeda terhadap adanya kegiatan percobaan hujan buatan.

### **Sulfat (SO<sub>4</sub>).**

Konsentrasi sulfat di lokasi-lokasi pengambilan conto tanah terlihat cukup tinggi, terutama di lokasi 3 yang merupakan daerah perkebunan Ciater. Dilihat dari kondisi awalnya, lokasi 1 mencatat nilai 156 ppm yang merupakan konsentrasi terendah. Sedangkan tertinggi ada di lokasi 3 sebesar 2730 ppm. Hasil analisis tahap II menunjukkan adanya kenaikan konsentrasi di lokasi 1, sedangkan lokasi-lokasi lainnya terjadi penurunan. Jumlah penurunan terbesar terjadi di lokasi 3, lebih dari 2000 ppm sulfat yang hilang. Demikian pula di lokasi 2 mengalami penurunan sebesar kurang lebih 250 ppm dan di lokasi 4 turun kurang lebih 200 ppm.

Kecenderungan yang diperoleh masih sulit ditentukan, karena adanya keragaman pola perubahannya. Pada tahap III ini lokasi 1 masih terlihat meningkat, sedangkan lokasi 3 terjadi keadaan yang terus menurun. Untuk lokasi 3 dan 4 nampaknya kembali tidak jauh dari kondisi awalnya.

## Zat Organik.

Kandungan zat organik merupakan salah satu komponen penting dalam menentukan sifat fisik (baik struktur maupun tekstur) dan sifat kimia tanah. Pada kondisi awalnya, kandungan zat organik dalam conto tanah yang diambil berkisar kira-kira 5 sampai 6%. Nilai ini menyatakan bahwa tanah daerah tersebut cukup seragam kandungan zat organiknya, secara umum kondisi demikian akan memperlihatkan respon perubahan yang kurang lebih sama apabila kepadanya diberikan suatu perlakuan.

Dilihat dari arah perubahannya dari tahap I ke tahap II ternyata ada kecenderungan terjadi penurunan untuk semua lokasi. Penurunan terbesar ada di lokasi 4 dan terkecil di lokasi 2.

Penurunan yang terjadi dari tahap I ke tahap II ini ternyata diimbangi oleh perubahan dari tahap II ke tahap III yang cenderung naik kembali pulih ke kondisi awalnya.

Dari perubahan-perubahan pada setiap tahap pengamatan, akhirnya dapat diambil suatu keterangan bahwa kandungan zat organik tanah conto di semua lokasi akan pulih ke kondisi awalnya setelah pada tahap II mengalami penurunan. Hal ini berarti daya dukung lingkungan memberikan respon negatif terhadap kegiatan percobaan Hujan Buatan berupa berkurangnya zat organik selama percobaan berlangsung.

## Karbon Organik (C – Organik).

Kandungan karbon organik sebenarnya bagian dari zat organik tanah, oleh karena itu antara keduanya mempunyai korelasi yang tinggi. Besar kandungan zat organik dapat diduga melalui suatu bentuk persamaan hanya dengan mengetahui kandungan C–Organiknya, begitu pula sebaliknya.

Terlihat bahwa persen C – Organik nilai-nilainya selalu lebih kecil dari persen zat organik. Pada kondisi awalnya kandungan C – Organik berkisar antara 3.01% sampai 3.65%.

Selanjutnya, pada pengamatan tahap II, arah perubahannya selaras dengan embutan perubahan zat organik, berupa penurunan konsentrasi. Besarnya penurunan berlainan untuk masing-masing lokasi, terbesar di lokasi 4 dan terkecil di lokasi 2. Demikian pula hasil pengamatan dari tahap III, di semua lokasi terlihat kecenderungan pemulihan kembali ke kondisi awalnya.

## Nitrogen Total (N).

Pada kondisi awalnya konsentrasi Nitrogen Total di daerah sasaran tidak lebih dari 0.18%. Nilai ini terdapat di lokasi 3.

Kandungan nitrogen yang paling kecil terdapat di sekitar Menara Dispenser (lokasi 1) hanya 0.07%. Dari tahap I ke tahap II terjadi penurunan

konsentrasi, kecuali lokasi 1 konsentrasinya naik menjadi 0.11%. Pada tahap II ini nilai terendah di lokasi 4, sebesar 0.02% sedangkan lokasi 2 dan 3 mengalami penurunan masing-masing 0.07% dan 0.006%.

Pengamatan selanjutnya menunjukkan kecenderungan pemulihan bahkan lokasi 1, 4 melampaui kondisi awalnya, kecuali lokasi 2 yang semakin jauh dari kondisi awalnya.

### **Amonium (NH<sub>4</sub>).**

Pengamatan tahap awal menunjukkan bahwa konsentrasi NH di lokasi 1 dan 2 kurang lebih 2 sampai 3 kali dari lokasi 3 dan 4.

Dari tahap I ke tahap II terjadi kenaikan konsentrasi di semua lokasi rata-rata kurang lebih lima kalinya. Nilai terbesar tercatat di lokasi 1 sebesar 142 ppm, dan terkecil di lokasi 3 sebesar 37.1 ppm.

Selanjutnya, dari tahap II ke tahap III terjadi penurunan konsentrasi Amonium kembali. Keadaan akhir ini untuk tiga lokasi mencatat nilai yang masih lebih tinggi dari kondisi awalnya, sedangkan lokasi 1 kondisi awal telah terlampaui sedikit di bawahnya.

Secara keseluruhan pola embutan Amonium tanah adalah sebagai berikut: terjadi kenaikan konsentrasi kurang lebih lima kalinya saat dilakukan kegiatan penyemaian larutan urea dan akan terjadi pemulihan ke kondisi awal pada akhir pengamatan. Hal ini berarti dengan adanya kegiatan penyemaian terjadi akumulasi amonium di lingkungan dan daya dukung alam dapat menetralkan kembali setelah beberapa waktu kemudian.

### **Nitrat (NO<sub>3</sub>).**

Kandungan Nitrat conto tanah pada kondisi awalnya berkisar antara 12.15 – 13.0 ppm. Nilai ini menyatakan bahwa nitrat daerah tersebut bervariasi kecil dari lokasi ke lokasi.

Keseragaman nilai pada kondisi awal ternyata juga memberikan akibat yang tidak jauh berbeda dengan adanya kegiatan penyemprotan. Pada pengamatan tahap II konsentrasinya meningkat di semua lokasi mendekati nilai antara 51.5 – 52.8 ppm. Peningkatan dari tahap I ke tahap II ini kurang lebih 4 kalinya. Selanjutnya, yaitu dari tahap II ke tahap III cenderung terjadi penurunan kembali di semua lokasi.

Secara umum pola perubahan konsentrasi nitrat sebelum-selama dan sesudah dilakukan kegiatan penyemaian relatif seragam dari lokasi ke lokasi. Nilainya mencapai maksimum saat dilakukan kegiatan Hujan Buatan dan kemudian pada tahap akhir pengamatan menunjukkan penurunan yang cenderung seperti kondisi awalnya. Hal ini berarti bahwa daya dukung lahan seragam untuk kandungan nitrat dan adanya penyemprotan memberikan respon yang sama, selanjutnya daya dukung lahan mampu memberikan kembali seperti kondisi awalnya.

### **Phosphat (PO<sub>4</sub>).**

Kandungan Phosphat di daerah target memperlihatkan konsentrasi tertinggi di lokasi 1 sebesar 2.35 ppm dan terendah di lokasi 3 sebesar 0.25 ppm. Ke 4 lokasi memperlihatkan gejala peningkatan pada pengamatan tahap II.

Lonjakan tertinggi terjadi di lokasi 2 yang semula konsentrasinya hanya 0.50 ppm, maka pada tahap II ini menjadi 148 ppm, berarti ada kenaikan hampir 300 kalinya, dan lokasi 1 yang semula mempunyai konsentrasi kondisi awal tertinggi ternyata hanya mengalami kenaikan terkecil, yaitu dari 2.35 ppm menjadi 54.5 ppm, atau kurang lebih 25 kalinya.

Peningkatan Phosphat yang menyolok selama ada kegiatan penyemaian selaras dengan berakhirnya penyemaian, terbukti dari pengamatan tahap akhir kandungan Phosphat kembali turun dengan cepat. Hal tersebut menunjukkan bahwa sekalipun dalam penyemaian yang dilakukan tidak menggunakan bahan-bahan yang mengandung unsur Phosphat, ternyata kandungan Phosphat mengalami lonjakan tinggi pada pengamatan tahap II di semua lokasi. Yang berarti penyemaian mengganggu ketersediaan kandungan Phosphat di dalam tanah. Namun dengan adanya penurunan kembali setelah berakhirnya kegiatan penyemaian, maka dapat diketahui bahwa daya dukung lingkungan masih baik.

### **Natrium (Na).**

Unsur Natrium dalam contoh tanah yang diperiksa, pada kondisi awal memperlihatkan sebaran yang semakin kecil mulai dari lokasi 1 ke lokasi 4. Konsentrasi terbesar adalah 127 ppm dan terkecil 21.5 ppm. Dari tahap I ke tahap II ternyata lokasi 1 dan 2 mengalami penurunan, sebaliknya lokasi 3 dan 4 mengalami kenaikan. Besarnya perubahan konsentrasi juga berbeda, lokasi 1 merupakan terbesar dari 127 ppm menjadi 46.5 ppm dan terkecil di lokasi 4 dari 21.5 ppm menjadi 26.5 ppm.

Pada pengamatan tahap II ke tahap III, hanya lokasi 1 yang cenderung terus menurun, sedangkan lokasi lainnya mengarah ke pemulihan, sekalipun nilainya untuk lokasi 2 masih belum tercapai ke kondisi awal dan lokasi 3 dan 4 melewati kondisinya, sehingga di akhir pengamatan kandungan Natrium terbesar menjadi terdapat di lokasi 2. Kegiatan penyemaian berarti memberikan dampak penurunan kandungan Natrium dan dengan kembali pulihnya kandungan Natrium pada tahap akhir menunjukkan bahwa daya dukung lingkungan masih baik.

### **Kalium (K).**

Seperti halnya Natrium, pada kondisi awalnya konsentrasi Kalium juga memperlihatkan sebaran yang mengecil mulai dari lokasi 1 ke lokasi 4.

Nilai terbesarnya 154 ppm dan terkecil 90 ppm.

Perubahan yang terjadi dari tahap I ke tahap II hampir mirip dengan Natrium, lokasi 1 dan 2 mengalami penurunan, sedangkan di lokasi 3 dan 4 terjadi kenaikan konsentrasi, dan perubahan paling besar terjadi pada lokasi 1 sebesar 52 ppm.

Selanjutnya pada tahap III, hanya lokasi 2 yang masih mengalami penurunan, sedangkan lokasi-lokasi lainnya terlihat mengarah kembali ke kondisi awalnya. Walaupun demikian, di akhir pengamatan konsentrasi terkecil bukan terdapat di lokasi 2, tetapi di lokasi 3 sebesar 73.5 ppm. Hal ini disebabkan perubahan penurunan di lokasi 2 masih lebih kecil dari lokasi-lokasi lainnya, lokasi 2, 3 dan 4 masing-masing turun 17.0 ppm, 25.5 ppm dan 26.5 ppm. Hal ini berarti kegiatan penyemaian memberikan dampak berupa penurunan kandungan Kalium. Dengan pulihnya kandungan Kalium menunjukkan bahwa daya dukung lingkungan masih baik.

### **Kalsium (Ca).**

Pada kondisi awalnya, konsentrasi Kalsium tertinggi terdapat di lokasi 1 sebesar 155 ppm dan terkecil di lokasi 4 sebesar 10 ppm. Pada tahap II Kalsium menurun di semua lokasi, bahkan di lokasi 3 dan 4 yang konsentrasi Kalsiumnya paling rendah, pada tahap II ini menjadi tidak terukur sama sekali.

Pengamatan selanjutnya dari tahap II ke tahap III, terlihat adanya kecenderungan peningkatan kembali, kecuali di lokasi 1 yang turun hingga 59.5 ppm. Sedangkan ke tiga lokasi lainnya mencatat nilai 48 ppm, 18 ppm dan 26.5 ppm masing-masing lokasi 2, 3 dan 4.

Secara keseluruhan apabila melihat kecenderungannya 3 lokasi masih dapat diharapkan terjadi pemulihan, kecuali di lokasi 1. Hal ini berarti kegiatan penyemaian memberikan dampak penurunan kandungan kalsium dan daya dukung lingkungan untuk memulihkannya masih baik.

### **Magnesium (Mg).**

Besarnya konsentrasi Magnesium pada kondisi awalnya berkisar antara 23.5 – 81.0 ppm. Nilai terbesar di lokasi 1 dan terkecil di lokasi 3. Parameter ini terlihat adanya keseragaman dalam arah perubahannya dari tahap ke tahap, walaupun besarnya perubahan sedikit berbeda antar lokasi.

Pengamatan tahap I ke tahap II, terlihat adanya penurunan konsentrasi di semua lokasi, dengan penurunan terbesar di lokasi 1 sebesar 52,5 ppm dan terkecil di lokasi 3 sebesar 8.0 ppm. Demikian pula pada pengamatan tahap III, kandungannya menjadi semakin kecil di semua lokasi dengan laju penurunan terbesar masih terjadi di lokasi 1.

Pada akhir pengamatan konsentrasi terkecil terjadi di lokasi 3 sebesar

8.65 ppm. Secara umum pola perubahan konsentrasi Magnesium mempunyai kecenderungan terus menurun pada setiap tahap pengamatan, di lokasi pengamatan.

Hal ini berarti kegiatan penyemaian memberikan dampak yang berlanjut pada kandungan Magnesium dan kemampuan lingkungan untuk memulihkan belum terlihat hingga akhir pengamatan.

### **Mangan (Mn).**

Konsentrasi Mangan pada kondisi awalnya terlihat relatif kecil di lokasi 1, 2 dan 3 hanya beberapa ppm saja, kecuali lokasi 4 yang mencatat sebesar 44.5 ppm. Selama dan kegiatan penyemaian konsentrasi mengalami perubahan dengan kecenderungan umum, kecuali lokasi 3 yang mengalami kenaikan yang tidak berarti sebesar 0.2 ppm. Lokasi 4 yang semula mempunyai konsentrasi terbesar juga menurun menjadi 22.2 ppm.

Pada akhir pengamatan besarnya konsentrasi mangan cenderung lebih kecil dari kondisi awalnya, kecuali lokasi 2 yang naik 0.4 ppm dari kondisi awalnya.

Dari keadaan di atas terlihat bahwa kandungan Mangan mengalami perubahan dengan kecenderungan menurun di semua lokasi, kecuali lokasi 3 selama ada kegiatan penyemprotan dan di akhir pengamatan, dua lokasi menunjukkan penurunan berlanjut dan 2 lokasi lainnya tidak tertentu. Di lokasi 3 mengalami peningkatan dan di lokasi 4 mengalami penurunan. Hal ini berarti secara umum daya dukung lingkungan memberikan respon yang cenderung terus menurun, kecuali di lokasi 2 setelah berakhirnya kegiatan.

Secara singkat, embutan parameter kualitas tanah dapat dilihat pada Gambar 09.

### **Kondisi Tumbuhan.**

Berdasarkan pengamatan visual tahap I, kondisi tumbuhan di sekitar lokasi Menara Dispenser terlihat baik. Tumbuhan yang mengalami gugur daun akibat kegiatan penyemaian awan tahun 1985 telah pulih kembali di seluruh radius yang terpengaruh. Tumbuhan tersebut tumbuh dengan subur dengan daun yang menghijau.

Pada saat pengamatan visual tahap II, tahap selama kegiatan penyemaian awan, terlihat daun-daun di sebelah barat menara sedikit menguning dengan radius 10 meter pada beberapa pohon.

Pada saat pengamatan visual tahap III, tahap sesudah kegiatan penyemaian awan, terlihat bahwa daun-daun yang sedikit menguning tersebut telah tumbuh kembali tunas-tunas baru yang menjadi cikal bakal pucuk-pucuk daun muda yang hijau. Tahap ini dilakukan kurang lebih tiga bulan setelah berakhirnya kegiatan penyemaian awan. Hal ini berarti ada gejala pemulihan ke arah keadaan awal.

## DISKUSI HASIL.

### **Parameter Cuaca dan Hasil Hujan.**

Dalam penelitian tahun 1985/1986 diketahui bahwa frekuensi kejadian hujan berkaitan erat dengan keadaan kelembaban udara dengan harga lebih dari 65%, dengan ketebalan minimal 1000 m dari tanah dan "dewpoint depression" (dpd) pada 650 mb, kurang dari 10 c. Untuk selanjutnya, maka keadaan ini ditetapkan sebagai keadaan cuaca yang mendukung bagi kegiatan penyemaian awan (seedable).

Dari pemeriksaan data cuaca hasil sounding menunjukkan bahwa keadaan cuaca yang mendukung keberhasilan penyemaian selama periode I sebanyak 4 hari, periode ke II sebanyak 4 hari, periode ke III sebanyak 1 hari, periode ke IV sebanyak 2 hari; periode ke V sebanyak 2 hari dan periode ke VI sebanyak 5 hari. Jadi, selama kegiatan terdapat 18 hari (60%) yang mendukung usaha penyemaian awan.

Dari data curah hujan yang dicatat pada hari yang seedable tersebut, memang tampak adanya hujan yang lebih besar dibandingkan dengan hari-hari yang tidak seedable. Setiap harinya bervariasi dari 6 sampai 42 mm. Selanjutnya akan diperiksa apakah hujan yang turun tersebut adalah benar merupakan akibat dari penyemaian.

Perhitungan numeris kecepatan angin minimal yang diperlukan menunjukkan bahwa diperlukan angin ke atas mengikuti kemiringan gunung dengan kecepatan minimal 5.4 knot untuk mengangkat butiran sebesar 50 mikron. Hasil pemeriksaan data angin memberikan petunjuk bahwa kecepatan angin permukaan (di daerah butiran larutan urea disebarkan) sampai dasar awan, lebih besar dari kecepatan minimal yang diperlukan, kecuali pada periode ke II tanggal 10 Juni dan 15 Juni. Kecuali tanggal tersebut, butiran larutan dapat terbawa angin masuk melewati dasar awan dan selanjutnya berperan sebagai butir pengaktif proses turunnya hujan. Walaupun seharusnya pada hari-hari yang seedable turun banyak hujan sebagai akibat masuknya butir ke dalam awan, tetapi pada kenyataannya, terdapat curah hujan yang kecil padahal kecepatan angin mendukung untuk dapat terangkatnya butir larutan seperti pada periode I tanggal 4 Juni, periode II tanggal 12 Juni, periode IV tanggal 2 Juli dan 4 Juli serta periode VI tanggal 28 Juli. Kalau diperhatikan, "stream line" angin untuk tanggal 4 Juni periode I menunjukkan bahwa angin pada 2000 m bergerak ke selatan sampai tenggara, sehingga diduga hujan tidak termonitor oleh jaringan penakar yang disebar di barat laut sampai utara. Tanggal 12 Juni tercatat ada inversi setebal 600 m pada ketinggian 4800 m dan konveksi ternyata tidak dapat menembus lapisan ini sehingga pembentukan awan hujan tidak sempurna dan tidak dapat menghasilkan hujan.

PARAMETER	LOKASI												KETERANGAN:	
	Tahap Saluran	1			2			3			4			
		i	ii	iii	i	ii	iii	i	ii	iii	i	ii		iii
Kadar Air	%	37.23	38.90	31.07	37.72	42.08	45.93	37.34	37.89	36.03	27.95	34.06	31.44	
	45.0 40.0 35.0 30.0	[Line graph showing moisture content trends for location 1]			[Line graph showing moisture content trends for location 2]			[Line graph showing moisture content trends for location 3]			[Line graph showing moisture content trends for location 4]			
Daya Hantar Listrik	$\mu\text{mho}/\text{Cm}$	175	400	150	340	290	165	105	58	70	70	26	280	
	400.0 300.0 200.0 100.0 0.0	[Line graph showing electrical conductivity trends for location 1]			[Line graph showing electrical conductivity trends for location 2]			[Line graph showing electrical conductivity trends for location 3]			[Line graph showing electrical conductivity trends for location 4]			
Resistivity	$10^3 \Omega \cdot \text{Cm}$	5.71	2.50	6.67	2.94	3.45	6.06	9.52	17.20	14.29	14.30	38.50	3.57	
	40.0 30.0 20.0 10.0 5.0 0.0	[Line graph showing resistivity trends for location 1]			[Line graph showing resistivity trends for location 2]			[Line graph showing resistivity trends for location 3]			[Line graph showing resistivity trends for location 4]			
Garam Total	%	0.029	0.050	0.026	0.047	0.040	0.078	0.021	0.020	0.018	0.018	0.010	0.040	
	0.050 0.040 0.030 0.020 0.010	[Line graph showing total salt trends for location 1]			[Line graph showing total salt trends for location 2]			[Line graph showing total salt trends for location 3]			[Line graph showing total salt trends for location 4]			
pH ( $\text{H}_2\text{O}$ )	-	3.75	3.40	3.48	3.56	3.16	3.35	4.36	4.34	4.50	4.83	4.01	3.72	
	5.0 4.0 3.0	[Line graph showing pH in water trends for location 1]			[Line graph showing pH in water trends for location 2]			[Line graph showing pH in water trends for location 3]			[Line graph showing pH in water trends for location 4]			
pH (Kcl)	-	2.90	3.97	2.89	2.86	4.15	2.62	4.05	5.52	4.02	4.02	5.26	3.45	
	5.5 4.5 3.5 2.5	[Line graph showing pH in KCl trends for location 1]			[Line graph showing pH in KCl trends for location 2]			[Line graph showing pH in KCl trends for location 3]			[Line graph showing pH in KCl trends for location 4]			
Klorida ( $\text{Cl}^-$ )	ppm	82.5	67.5	76.0	122.5	57.0	5.0	81.5	143	113.0	211.5	37.0	54.5	
	200.0 150.0 100.0 50.0 0.0	[Line graph showing chloride trends for location 1]			[Line graph showing chloride trends for location 2]			[Line graph showing chloride trends for location 3]			[Line graph showing chloride trends for location 4]			
Sulfat ( $\text{SO}_4$ )	ppm	156	443	530	770	516	625	2730	711	445	698	804	780	
	2750 750 450 150	[Line graph showing sulfate trends for location 1]			[Line graph showing sulfate trends for location 2]			[Line graph showing sulfate trends for location 3]			[Line graph showing sulfate trends for location 4]			
Zat Organik	%	5.19	2.67	4.99	6.24	4.62	5.05	6.29	3.67	6.78	5.34	1.88	6.12	
	6.0 5.0 4.0 3.0 2.0	[Line graph showing organic matter trends for location 1]			[Line graph showing organic matter trends for location 2]			[Line graph showing organic matter trends for location 3]			[Line graph showing organic matter trends for location 4]			
C - Organik	%	3.01	1.55	2.90	3.62	2.68	2.93	3.65	2.17	3.64	3.10	1.09	3.55	
	4.0 3.0 2.0 0.0	[Line graph showing organic carbon trends for location 1]			[Line graph showing organic carbon trends for location 2]			[Line graph showing organic carbon trends for location 3]			[Line graph showing organic carbon trends for location 4]			

Gambar 09. Embutan parameter kualitas tanah.

PARAMETER	LOKASI		1			2			4			KETERANGAN			
	Tahap	Saluran	I	II	III	I	II	III	I	II	III				
Nitrogen Total (N)	%		3,07	0,11	0,05	0,15	0,08	0,06	3,18	0,12	0,13	0,14	0,02	0,21	
	0,20 0,15 0,10 0,05														
Amonium (NH <sub>4</sub> )	ppm		37,45	14,20	25,5	15,85	66,0	28,0	7,35	37,1	26,0	8,5	37,4	15,0	
	150,0 10,0 50,0 25,0 0,0														
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	ppm		13,0	52,5	48,5	12,5	51,9	48,3	12,75	52,8	45,0	12,15	52,3	47,8	
	80,0 50,0 30,0 10,0														
Phosphat (PO <sub>4</sub> )	ppm		2,35	54,5	7,5	0,50	148	5,0	0,25	80,5	3,0	1,25	84,5	4,2	
	130,0 60,0 40,0 20,0 0,0														
Natrium (Na)	ppm		1270	51,5	46,5	79,5	24,0	47,5	39,5	52,5	14,0	21,5	29,5	18,5	
	130,0 90,0 60,0 30,0 0,0														
Kalium (K)	ppm		154,0	102,0	157,5	119,0	93,0	76,0	94,5	99,0	73,5	90,0	123,0	36,5	
	160,0 125,0 100,0 75,0														
Kalsium (Ca)	ppm		15,5	84,5	59,5	10,5	23,5	48,0	20	11	18,0	10	11	26,5	
	150,0 100,0 50,0 0,0														
Magnesium (Mg)	ppm		81,0	18,5	9,85	50,5	12,5	15,6	23,5	15,5	8,55	14,5	18,5	8,90	
	80,0 60,0 40,0 20,0 10,0														
Mangan (Mn)	ppm		4,5	2,7	1,8	2,0	1,2	2,4	10,0	10,2	3,8	44,5	22,2	16,5	
	45,0 30,0 20,0 10,0 0,0														

Gambar 09. (Lanjutan).

Tanggal 2 dan 4 Juli kecepatan angin pada daerah dasar awan sangat besar ( $> 30$  knot), yang menurut dugaan menyebabkan rusaknya pembentukan awan.

Tanggal 22 Juli ditemukan adanya inversi pada ketinggian 2500 m dan konveksi yang agak lemah. Hal ini terlihat dari harga ( $T - T_c$ ) yang masih besar, diduga konveksi tidak mampu menembus lapisan inversi.

Curah hujan yang kecil pada hari-hari yang lain ( $< 6$  mm) memang disebabkan oleh kondisi cuaca yang tidak mendukung usaha penyemaian awan (non seedable days). Karena penyemaian awan merupakan usaha membantu proses alam, maka keadaan cuaca yang tidak mendukung merupakan kendala yang tidak bisa dihindari dan usaha penyemaian awan tidak akan memberikan hasil yang optimal.

Seperti hasil percobaan tahun 1985, keadaan curah hujan yang diminor pada daerah bawah angin (down wind), yaitu di sebelah utara sampai barat lereng Gunung Tangkuban Perahu, menunjukkan perbedaan yang besar dengan daerah pembanding (Gunung Gede).

Selama penelitian tercatat :

Curah hujan di daerah sasaran dengan 15 hari penyemaian :	Curah hujan di daerah pembanding (tanpa penyemaian) pada saat di daerah sasaran ada penyemaian:
---	---

- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| — 142.4 mm (Juni) | — 79.7 mm (Juni) |
| — 180.7 mm (Juli) | — 92.1 mm (Juli) |

Curah hujan total selama satu bulan (30 hari) di daerah sasaran.	Curah hujan total selama satu bulan (30 hari) di daerah pembanding.
--	---

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| — 275.0 mm (Juni) | — 151.5 mm (Juni) |
| — 310.5 mm (Juli) | — 210.5 mm (Juli) |

Pemeriksaan terhadap jumlah hari hujan :

- |   |   |         |
|---|---|---------|
| — Curah hujan sasaran $>$ curah hujan pembanding                                    | : | 19 hari |
| — Curah hujan sasaran $<$ curah hujan pembanding                                    | : | 9 hari  |
| — Curah hujan sasaran tidak dapat dibandingkan dengan curah hujan pembanding (0 mm) | : | 2 hari  |

Pemeriksaan pada periode penyemaian (15 hari) Juni :

- |  |   |        |
|--|---|--------|
| — Curah hujan sasaran $>$ curah hujan pembanding | : | 9 hari |
| — Curah hujan sasaran $<$ curah hujan pembanding | : | 5 hari |

Pemeriksaan pada periode tanpa penyemaian (15 hari) Juni :

- |  |   |         |
|--|---|---------|
| — Curah hujan sasaran $>$ curah hujan pembanding | : | 10 hari |
| — Curah hujan sasaran $<$ curah hujan pembanding | : | 4 hari  |

Jadi secara keseluruhan masih mengikuti pola regresi, yaitu curah hujan di daerah sasaran lebih besar dari curah hujan di daerah pembandingnya.

Pemeriksaan terhadap jumlah hari hujan selama bulan Juli :

- Curah hujan sasaran > curah hujan pembanding : 17 hari
  - Curah hujan sasaran < curah hujan pembanding : 8 hari
  - Curah hujan sasaran tidak dapat dibandingkan dengan curah hujan pembanding : 5 hari
- Pemeriksaan pada periode penyemaian (15 hari) Juli :
- Curah hujan sasaran > curah hujan pembanding : 7 hari
  - Curah hujan sasaran < curah hujan pembanding : 3 hari
- Pemeriksaan pada periode tanpa penyemaian Juli :
- Curah hujan sasaran > curah hujan pembanding : 10 hari
  - Curah hujan sasaran < curah hujan pembanding : 5 hari

Perubahan korelasi antara daerah sasaran dan daerah pembanding tentunya akan terjadi bila curah hujan yang turun selama bulan Juni dan Juli 1986 di daerah sasaran dimana kemudian datanya disertakan dalam kelompok data historis. Melalui evaluasi sifat hujan dapat terlihat perbedaan antara sifat hujan hasil perkiraan dengan sifat hujan kenyataan.

Dengan penerapan rasio ganda, variasi hujan alam yang besar tidak mempengaruhi perhitungan, oleh karena itu pada rasio ganda tidak memakai data historis, tetapi hanya memakai data yang bersamaan waktu untuk masing-masing rasionya. Dari pengukuran curah hujan dapat diperhitungkan bahwa sifat hujan di daerah sasaran adalah normal pada bulan Juni dan di atas normal pada bulan Juli. Hasil evaluasi sifat hujan di daerah sasaran untuk bulan Juni 1986 adalah jauh di atas normal. Jadi berdasarkan data masa lalu terjadi perubahan korelasi antara daerah sasaran dan daerah pembanding, karena evaluasi curah hujan pada daerah sasaran telah turun hujan jauh lebih besar dari keadaan umum selama 20 tahun yang lalu, baik pada bulan Juni maupun bulan Juli. Hal ini diperkuat dengan hasil evaluasi rasio ganda, yaitu rasio yang lebih besar dari 1.

Keadaan curah hujan pada bulan Juli di daerah sasaran pada saat ada penyemaian melebihi curah hujan pembanding dimana biasanya lebih kecil dari daerah pembanding. Curah hujan yang cukup besar pada periode tanpa penyemaian di daerah sasaran tidak mungkin diakibatkan oleh gangguan cuaca (seperti badai tropis dan lain-lain) yang umumnya menimbulkan hujan badai secara meluas sampai ke daerah pembanding. Berdasarkan pengamatan ternyata juga curah hujan di daerah pembanding pada saat itu pun tidak menggambarkan curah hujan yang besar. Besarnya curah hujan di daerah sasaran pada periode tanpa penyemaian diduga sebagai pengaruh bahan penyemaian yang masih mengapung di udara.

### **Debit Sungai dan Hasil Hujan.**

#### **Tanggal 1—6—1986.**

Pada tanggal tersebut debit S. Cilamaya dan S. Cimuja mulai jam

09.00 sampai dengan jam 17.00 tidak dapat diketahui berhubung data luas penampang di kedua sungai tersebut tidak ada, sedangkan di S. Ciasem belum ada pengukuran debit karena alat pengukur belum datang.

#### **Tanggal 2—6—1986.**

Debit S. Cimuja pada jam 09.00 sebesar 0,481 m<sup>3</sup>/detik kemudian pada pengukuran debit berikutnya jam 11.00 sebesar 0,488 m<sup>3</sup>/detik, jam 13.00 sebesar 0.494 m<sup>3</sup>/detik, jam 15.00 sebesar 0,503 m<sup>3</sup>/detik dan terakhir jam 17.00 sebesar 0,614 m<sup>3</sup>/detik. Ini menunjukkan bahwa debit S. Cimuja sejak pengukuran pertama sampai terakhir mengalami kenaikan debit. Debit S. Ciasem pada jam 09.00 sebesar 0,279 m<sup>3</sup>/detik, kemudian debit naik menjadi 1,169 m<sup>3</sup>/detik pada jam 11.00, kenaikan debit di kedua sungai tersebut diduga karena pengaruh penyemaian awan di daerah sasaran, hanya pada S. Ciasem puncak kenaikan debit terjadi pada sore hari. Hal ini disebabkan kondisi sub Das Ciasem dengan sub Das Cimuja berbeda dan diduga hujan turun tidak merata.

#### **Tanggal 3—6—1986.**

Debit di S. Cimuja jam 09.00 sebesar 0,535 m<sup>3</sup>/detik selanjutnya pada pengukuran berikutnya terlihat adanya kenaikan debit pada jam 15.00 debit terukur sebesar 0,584 m<sup>3</sup>/detik.

Berarti terjadi kenaikan debit rata-rata 0,049 m<sup>3</sup>/detik antara dua waktu pengukuran di atas pada jam 17.00 tidak dapat dilaksanakan pengukuran debit karena banjir. Hal ini berarti bahwa kenaikan debit di S. Cimuja mencapai puncaknya pada jam 17.00. Di S. Cilamaya data debit jam 09.00 sampai jam 13.00 tidak dapat diketahui karena data luas penampang sungai tidak ada, tetapi pada jam 15.00 S. Cilamaya banjir sampai jam 17.00. Kenaikan debit di S. Cimuja dan S. Cilamaya yang sampai menyebabkan banjir diduga disebabkan oleh penyemaian awan di daerah sasaran. Sedangkan di S. Ciasem tidak ada pengukuran debit dikarenakan alat sedang di charge (pengisian battery).

#### **Tanggal 4—6—1986.**

Pengukuran debit di S. Cimuja pada jam 09.00 terukur 0,484 m<sup>3</sup>/detik, kemudian debit naik menjadi 0,697 m<sup>3</sup>/det. Pada jam 11.00, selanjutnya debit turun terus sampai jam 17.00 menjadi 0,617 m<sup>3</sup>/detik. Demikian juga di S. Ciasem jam 09.00 debit terukur 1,475 m<sup>3</sup>/det. naik menjadi 1,493 m<sup>3</sup>/det jam 11.00 yang selanjutnya turun terus sampai jam 17.00 menjadi 1,075 m<sup>3</sup>/det. Sedangkan di S. Cilamaya pada jam 09.00 debit terukur 1,253 m<sup>3</sup>/det. kemudian naik terus menjadi 1,392 m<sup>3</sup>/det.

setelah itu debit S. Cilamaya turun menjadi 1,159 m<sup>3</sup>/det. jam 17.00. Dari keadaan debit di ketiga sungai di atas diduga ada hujan ringan di daerah sasaran sebagai akibat penyemaian awan.

#### **Tanggal 5—6—1986.**

Debit S. Cilamaya mengalami penurunan mulai jam 09.00 dari 1,218 m<sup>3</sup>/det. menjadi 0,680 m<sup>3</sup>/det. pada jam 17.00. Fluktuasi di S. Cimuja nampak normal dan di S. Ciasem pada jam 09.00 debit terukur 1,066 m<sup>3</sup>/det., kemudian turun menjadi 0,944 m<sup>3</sup>/det. pada jam 15.00. Dari sini dapat diduga bahwa pada tanggal tersebut tidak ada hujan di daerah Sasaran, hal ini sesuai dengan data penakar hujan yang menunjukkan nol.

#### **Tanggal 11—6—1986.**

Keadaan debit S. Cimuja pada hari itu relative stabil, mulai dari jam 09.00 debit terukur 0,630 m<sup>3</sup>/det. dan pada jam 17.00 debitnya menjadi 0,588 m<sup>3</sup>/det. Debit S. Cilamaya mengalami penurunan mulai jam 09.00 dari 0,818 m<sup>3</sup>/det. menjadi 0,551 m<sup>3</sup>/det. pada jam 13.00 kemudian debit naik lagi menjadi 0,728 m<sup>3</sup>/det. pada jam 15.00 dan terakhir menjadi 1,567 m<sup>3</sup>/det. pada jam 17.00. Kenaikan debit di S. Cilamaya ini diduga karena hujan yang jatuh di sekitar Sub Das Cilamaya sebagai akibat penyemaian awan di daerah sasaran. Untuk S. Ciasem pada tanggal tersebut tidak diketahui fluktuasi debitnya berhubung data pengukuran tidak ada.

#### **Tanggal 12—6—1986.**

Debit di S. Cilamaya pada jam 09.00 sebesar 0,336 m<sup>3</sup>/det. debit ini turun hingga menjadi 0,306 m<sup>3</sup>/det. pada jam 11.00. Selanjutnya debit naik lagi mencapai 0,699 m<sup>3</sup>/det. pada jam 13.00. Kenaikan debit ini diakibatkan oleh hujan yang jatuh di daerah DAS Cilamaya setelah jam 11.00 hingga jam 13.00 dan hujan ini diperkirakan karena pengaruh penyemaian awan. Sedangkan di S. Cimuja debit alirannya mengalami penurunan terus mulai jam 09.00 dari 0,617 m<sup>3</sup>/det. sampai jam 17.00 menjadi 0,538 m<sup>3</sup>/det. Di S. Ciasem keadaan debitnya tidak dapat diketahui, karena data pengukuran tidak tersedia.

#### **Tanggal 13—6—1986.**

Pengukuran debit di S. Cimuja menunjukkan sebagai berikut: pada jam 09.00 sebesar 0,504 m<sup>3</sup>/det. lalu naik menjadi 0,636 m<sup>3</sup>/det. pada jam 11.00 kemudian turun lagi menjadi 0,529 m<sup>3</sup>/det. pada jam 13.00. Pada jam 15.00 debit naik lagi menjadi 0,631 m<sup>3</sup>/det. Perubahan-perubahan debit ini

diduga karena ada hujan di wilayah Sub-Das Cimuja yang berlangsung mulai jam 09.00 hingga menjelang jam 15.00 dan diperkirakan sebagai akibat perlakuan penyemaian awan di daerah sasaran. Tidak demikian halnya di S. Cilamaya pada hari tersebut tidak terjadi lonjakan debit, justru debit mengalami penurunan mulai jam 09.00 dari 0,613 m<sup>3</sup>/det. menjadi 0,514 m<sup>3</sup>/det. pada jam 17.00 di S. Ciasem masih seperti hari sebelumnya data debit tidak dapat diketahui berhubung alat pembaca arus rusak.

#### **Tanggal 14 – 6 – 1986.**

Fluktuasi debit baik di S. Cimuja, S. Ciasem dan S. Cilamaya menunjukkan pola yang hampir serupa. Semua puncak debit dicapai pada akhir pengukuran, yaitu antara jam 15.00 sampai jam 17.00. Diduga kenaikan debit ini sebagai akibat perlakuan penyemaian awan. Hal ini sesuai dengan data penakar hujan yang ada di daerah sasaran menunjukkan adanya hujan.

#### **Tanggal 15 – 6 – 1986.**

Hasil pengukuran debit di S. Cilamaya menunjukkan bahwa terjadinya kenaikan debit dari 0,524 m<sup>3</sup>/det. pada jam 09.00 menjadi 1,576 m<sup>3</sup>/det. pada jam 17.00 berarti ada kenaikan debit sebesar 1,052 m<sup>3</sup>/det. Di S. Cimuja terjadi kenaikan dan mencapai puncaknya pada jam 13.00 sebesar 0,810 m<sup>3</sup>/det. dan jam 17.00 sebesar 1,076 m<sup>3</sup>/det. Dari ke tiga sungai yang diamati terlihat adanya kenaikan debit aliran yang berasal dari air hujan yang diduga sebagai pengaruh penyemaian awan.

#### **Tanggal 21 – 6 – 1986.**

Pengukuran debit di S. Cilamaya dari jam 09.00 s/d 13.00 menunjukkan tidak terjadinya kenaikan debit yang besar, debit relative tetap (konstan). Namun antara jam 13.00 – 15.00 ada lonjakan debit dan mencapai puncaknya jam 15.00 sebesar 0,62 m<sup>3</sup>/det. Pengukuran debit di S. Cimuja menunjukkan adanya lonjakan debit pada jam 17.00 sebesar 0,78 m<sup>3</sup>/det. untuk S. Ciasem tidak ada pengukuran debit. Lonjakan debit di S. Cilamaya dan S. Cimuja diduga akibat hujan yang turun karena penyemaian awan di daerah sasaran.

#### **Tanggal 22 – 6 – 1986.**

Di S. Cilamaya debit aliran berangsur-angsur turun mulai jam 09.00 s/d 17.00, hal demikian juga terjadi pada S. Cimuja dan Ciasem. Hal ini berarti pada ketiga DAS di daerah sasaran tidak ada hujan.

### **Tanggal 23—6—1986.**

Debit S. Cimuja pada jam 09.00 terukur sebesar 0,633 m<sup>3</sup>/det. kemudian debit berangsur-angsur turun terus sampai jam 17.00 sebesar 0,526 m<sup>3</sup>/det. Di S. Ciasem debit jam 09.00 terukur sebesar 0,735 m<sup>3</sup>/det. kemudian terjadi kenaikan debit dan mencapai puncaknya sebesar 1,768 m<sup>3</sup>/det. pada jam 15.00 selanjutnya debit turun menjadi 0,785 m<sup>3</sup>/det. pada jam 17.00. Kenaikan debit di S. Ciasem ini diduga adanya hujan yang jatuh antara jam 09.00 sampai menjelang jam 15.00 sebagai akibat penyemaian awan di daerah sasaran. Sedangkan di S. Cilamaya pola debit mengarah turun mulai jam 09.00 terukur 0,436 m<sup>3</sup>/det. menjadi 0,336 m<sup>3</sup>/det pada jam 17.00. Ini menunjukkan bahwa di S. Cimuja dan S. Cilamaya tidak terjadi kenaikan debit, berarti pula bahwa di sekitar kedua Sub-Das tersebut tidak ada hujan.

### **Tanggal 24—6—1986.**

Pengukuran debit di S. Cimuja jam 09.00 adalah 0,474 m<sup>3</sup>/det. selanjutnya debit turun menjadi 0,455 m<sup>3</sup>/det. pada jam 11.00. Kemudian pada pengukuran berikutnya terjadi kenaikan debit mencapai puncaknya pada jam 15.00 sebesar 0,587 m<sup>3</sup>/det., setelah itu debit turun kembali menjadi 0,543 m<sup>3</sup>/det. pada jam 17.00. Lonjakan debit antara jam 13.00 sampai jam 15.00 diduga pengaruh hujan di hulu S. Cimuja yang diakibatkan oleh penyemaian awan di daerah sasaran. Untuk S. Cilamaya keadaan debitnya relatif stabil, pada jam 09.00 terukur 0,206 m<sup>3</sup>/det. dan mengalami kenaikan debit menjadi 0,25 m<sup>3</sup>/det. pada jam 15.00 lalu debit turun lagi menjadi 0,173 m<sup>3</sup>/det. Keadaan debit di S. Ciasem jam 09.00 sebesar 0,821 m<sup>3</sup>/det. kemudian turun menjadi 0,689 m<sup>3</sup>/det. pada jam 11.00, selanjutnya debit naik menjadi 0,874 m<sup>3</sup>/det. terjadi pada jam 13.00 yang kemudian debit turun sampai pengukuran terakhir jam 17.00 sebesar 0,751 m<sup>3</sup>/det. Kenaikan debit di S. Cilamaya dan S. Cimuja diduga pengaruh hujan yang turun setelah jam 09.00 sampai menjelang jam 15.00 yang diakibatkan oleh penyemaian awan di daerah sasaran.

### **Tanggal 25—6—1986.**

Di S. Cilamaya debit alirannya menurun sampai pengamatan yang terakhir jam 17.00. Namun di S. Cimuja terjadi kenaikan debit sebesar 0,02 m<sup>3</sup>/debit pada jam 13.00, kenaikan debit ini juga terjadi pada S. Ciasem sebesar 0,17 m<sup>3</sup>/detik pada jam 11.00. Hal ini dapat diduga bahwa ada hujan di daerah target, khususnya di Sub-Das Cimuja dan Ciasem, hanya saja waktu turunnya hujan tidak bersamaan.

### **Tanggal 1—7—1986.**

Pengukuran debit di S. Cilamaya menunjukkan adanya penurunan debit, hal ini juga nampak dari hasil perekaman hujan di daerah tersebut, yang tertulis 0 mm. Di S. Cimuja hanya dilakukan satu kali pengukuran debit yaitu pada jam 09.00, untuk jam-jam lain tidak ada pengukuran. Sedangkan di S. Ciasem terjadi kenaikan debit sebesar 0.07 m<sup>3</sup>/detik pada jam 15.00. Kenaikan debit di S. Ciasem diduga dari hujan yang disebabkan oleh penyemprotan awan, hanya saja curah hujan, banyak turun di Sub-Das Ciasem.

### **Tanggal 2—7—1986.**

Debit S. Cilamaya mengalami kenaikan sebesar 0,738 m<sup>3</sup>/detik pada jam 11.00. Demikian juga pada S. Cimuja debitnya naik sebesar 0,05 m<sup>3</sup>/detik pada jam 11.00, sedangkan di S. Ciasem debit turun. Kenaikan debit di S. Cilamaya dan S. Cimuja diduga akibat hujan yang dipengaruhi oleh penyemaian awan di daerah sasaran.

### **Tanggal 3—7—1986.**

Debit aliran di S. Cilamaya pada jam 09.00 terukur 1,46 m<sup>3</sup>/detik yang berarti mengalami penurunan terus menerus sejak pengukuran terakhir hari sebelumnya, pada jam 11.00 debit aliran naik sebesar 0,048 m<sup>3</sup>/detik dan sesudahnya debit mengecil sampai pengukuran terakhir. Di S. Cimuja debit mengalami kenaikan pada jam 15.00 menjadi 0,64 m<sup>3</sup>/detik, terdapat kenaikan sebesar 0,11 m<sup>3</sup>/det. Di S. Ciasem jam 09.00 debit terukur 1,83 m<sup>3</sup>/det. Hal ini berarti terjadi kenaikan debit sebesar 0,13 m<sup>3</sup>/detik dari saat pengukuran debit hari sebelumnya. Diduga antara selang waktu pengukuran tersebut ada hujan di Sub-Das Ciasem.

### **Tanggal 4—7—1986.**

Keadaan debit aliran S. Cilamaya pada hari itu relatif stabil dari pagi sampai sore. Hal ini sesuai dengan data penakar hujan yang ada di daerah target, bahwa pada hari tersebut tidak ada hujan. Demikian juga S. Cimuja debit alirannya cenderung konstan, hanya pada jam 13.00 ada kenaikan debit sebesar 0,04 m<sup>3</sup>/detik. Kenaikan debit tersebut bukan disebabkan hujan, akan tetapi fluktuasi normal dari kondisi sungai tersebut. Untuk S. Ciasem tidak ada pengukuran.

### **Tanggal 5—7—1986.**

Keadaan debit di S. Cilamaya tidak berubah banyak dari hari sebelumnya, debitnya stabil dari pagi sampai sore. Keadaan di S. Cimuja debit

alirannya menurun perlahan sampai jam 15.00. Hanya pada jam 17.00 terjadi sedikit kenaikan debit, tetapi hal ini bukan akibat hujan, karena pada alat penakar hujan di daerah sasaran menunjukkan nol. Pengukuran di S. Ciasem menunjukkan adanya kenaikan debit yang terjadi pada jam 17.00, namun kenaikan debit ini seperti juga pada keadaan di S. Cimuja, bukan dari hujan.

#### **Tanggal 11—7—1986.**

Keadaan debit di S. Cilamaya pada jam 09.00 terukur 0,208 m<sup>3</sup>/detik dan selanjutnya berangsur-angsur turun sampai 0,182 m<sup>3</sup>/detik pada jam 17.00. Di S. Cimuja hari itu dari pengamatan pagi sampai sore hari, debit cukup stabil. Demikian pula di S. Ciasem keadaan debit alirannya relatif stabil. Dari ketiga pengamatan debit tersebut apabila dikaitkan dengan data curah hujan di daerah sasaran memang sesuai, karena di daerah sasaran pada hari itu tidak ada hujan.

#### **Tanggal 12—7—1986.**

Pada hari tersebut jam 09.00 debit aliran di S. Cilamaya terukur 0,205 m<sup>3</sup>/detik. Keadaan ini lebih tinggi dari pengukuran debit terakhir hari sebelumnya, jika ditinjau dari data penakar hujan yang ada, hari sebelumnya tidak ada hujan, jadi fluktuasi debit di antara dua saat itu diduga bukan disebabkan oleh hujan. Pengukuran debit di S. Cimuja pada jam 09.00 terukur 0,45 m<sup>3</sup>/detik dan terus menurun sampai terakhir pengamatan jam 17.00. Keadaan seperti di atas juga terjadi di S. Ciasem, debit terus turun dari pagi hingga sore. Hal ini dapat diduga bahwa hari tersebut tidak turun hujan di daerah sasaran.

#### **Tanggal 13—7—1986.**

Pada tanggal 13—6—1986 jam 09.00 debit aliran di S. Cilamaya tercatat 0,187 m<sup>3</sup>/detik dan pengamatan berikutnya debit turun menjadi 0,157 m<sup>3</sup>/detik pada jam 13.00. Selanjutnya debit naik lagi sampai jam 17.00 menjadi 0,175 m<sup>3</sup>/detik. Dari ini diduga terjadi hujan ringan di antara dua saat tersebut, sebagai akibat perlakuan penyemaian awan. Untuk S. Cimuja keadaan debitnya mengalami penurunan terus hingga sore. Keadaan ini terjadi juga di S. Ciasem.

#### **Tanggal 14—7—1986.**

Dari pengukuran debit di S. Cilamaya pada jam 09.00 terukur 197 m<sup>3</sup>/detik, keadaan ini lebih tinggi dari debit yang terukur terakhir hari sebelumnya sebesar 0,175 m<sup>3</sup>/detik. Dari sini diduga bahwa di antara dua saat

itu ada hujan ringan yang menyebabkan kenaikan debit tersebut. Keadaan ini juga berlangsung di S. Cimuja bahwa debit jam 09.00 sebesar 0,459 m<sup>3</sup>/detik ini lebih tinggi dari debit terakhir hari sebelumnya. Fluktuasi debit di S. Cimuja terjadi juga pada jam 13.00 debatnya 0,504 m<sup>3</sup>/detik dan jam 17.00 debatnya 0,559 m<sup>3</sup>/detik. Hal ini diduga saat sebelum jam 13.00 dan sebelum jam 17.00 ada hujan yang diduga dari pengaruh penyemaian awan di daerah sasaran. Sedangkan di S. Ciasem pada hari itu tidak ada pengukuran debit secara lengkap, hanya pada jam 15.00 dan jam 17.00 dimana dari pengukuran itu debit menunjukkan naik.

#### **Tanggal 15—7—1986.**

Keadaan debit S. Cilamaya pada hari itu normal dan menurun terus dari pagi hingga sore. Fluktuasi itu disebabkan oleh sisa aliran hari sebelumnya yang akibat hujan. Untuk S. Ciasem justru debit naik sejak pagi, dan mencapai puncaknya jam 13.00 sebesar 0,654 m<sup>3</sup>/detik. Hal ini diduga mulai pagi di Sub-DAS Ciasem turun hujan yang diduga disebabkan oleh pengaruh penyemaian awan. Sedangkan di S. Cimuja jam 09.00 debit terukur 0,621 m<sup>3</sup>/detik. Ini menunjukkan adanya peningkatan debit dari pengukuran terakhir hari sebelumnya. Di antara waktu tersebut diduga turun hujan.

#### **Tanggal 21—7—1986.**

Di S. Cilamaya pada jam 09.00 debit terukur 0,322 m<sup>3</sup>/detik kemudian pada jam 11.00 debit turun menjadi 0,298 m<sup>3</sup>/detik. Debit meningkat lagi menjadi 0,305 m<sup>3</sup>/detik pada jam 13.00 dan jam 17.00 sebesar 0,33 m<sup>3</sup>/detik. Dari keadaan tersebut dapat diduga bahwa pada saat setelah jam 11.00 ada hujan ringan di Sub-DAS Cilamaya. Lonjakan debit di S. Cimuja mempunyai waktu yang hampir sama dengan S. Cilamaya dan debit puncak dicapai kurang lebih jam 17.00 sebesar 1.378 m<sup>3</sup>/detik. Dari sini diduga hujan di Sub-DAS Cimuja jatuh menjelang jam 17.00 sebagai pengaruh penyemaian awan. Keadaan debit di S. Ciasem berjalan begitu juga, terdapat lonjakan debit dan yang paling tinggi jam 17.00 sebesar 1,83 m<sup>3</sup>/detik.

#### **Tanggal 22—7—1986.**

Pada S. Cilamaya terjadi lonjakan debit yang cukup tinggi, hal ini nampak dari hasil pengukuran antara jam 17.00 tanggal 21—7—1986 sebesar 0,33 m<sup>3</sup>/detik dan tanggal 22—7—1986 jam 09.00 sebesar 1,889 m<sup>3</sup>/detik, berarti ada kenaikan debit sebesar 1,559 m<sup>3</sup>/detik. Hal ini dapat diduga bahwa ada hujan di sekitar Sub-DAS Cilamaya setelah jam 17.00 sampai menjelang pagi harinya. Selanjutnya debit berangsur-angsur turun

dan pada jam 15.00 terukur 1,05 m<sup>3</sup>/detik. Keadaan debit di S. Ciasem, hal ini mungkin hujan yang jatuh terkonsentrasi di Sub-DAS Cilamaya. Debit di S. Ciasem normal, pada jam 09.00 terukur 1,5 m<sup>3</sup>/detik dan selanjutnya menurun sampai 1,16 m<sup>3</sup>/detik pada jam 17.00. Di S. Cimuja pada jam 09.00 debit aliran terukur 1,00 m<sup>3</sup>/detik dan selanjutnya debit turun sampai 0,85 m<sup>3</sup>/detik. Dari sini dapat diduga bahwa di Sub-DAS Cimuja dan Sub-DAS Ciasem tidak ada hujan.

#### **Tanggal 23—7—1986.**

Pada pengamatan debit jam 09.00 di S. Cilamaya, diketahui debit adalah sebesar 1.78 m<sup>3</sup>/detik, hal ini lebih besar dari debit yang diamati jam 17.00 hari sebelumnya sebesar 1,22 m<sup>3</sup>/detik. Di S. Cimuja juga demikian keadaannya debit jam 09.00 sebesar 1,73 m<sup>3</sup>/detik lebih tinggi dari pengamatan terakhir hari sebelumnya yaitu 0,85 m<sup>3</sup>/detik, berarti antara dua saat itu telah terjadi hujan dan penyebarannya cukup merata. hujan tersebut mungkin pengaruh penyemaian awan hari sebelumnya. Selanjutnya debit di S. Cilamaya dan S. Cimuja mengalami penurunan terus sampai pengamatan terakhir, sedangkan di S. Ciasem tidak ada pengukuran debit.

#### **Tanggal 24—7—1986.**

Hari ini, perubahan debit di S. Cilamaya adalah kecil dan menurun mulai dari saat pengukuran pertama jam 09.00 sebesar 0,88 m<sup>3</sup>/detik menjadi 0,60 m<sup>3</sup>/detik pada jam 13.00. Kemudian debit naik kembali mulai jam 15.00 sebesar 0,638 m<sup>3</sup>/detik sampai jam 17.00 sebesar 0,887 m<sup>3</sup>/detik. Kenaikan debit itu diduga akibat adanya hujan kecil. Di S. Cimuja debit turun, dari sebesar 1,56 m<sup>3</sup>/detik pada jam 09.00 menjadi 1,07 m<sup>3</sup>/detik pada jam 13.00. Selanjutnya debit menjadi 1,43 m<sup>3</sup>/detik pada jam 15.00. Keadaan ini akibat turunnya hujan kecil di Sub-DAS Cimuja setelah jam 13.00 yang diduga dari pengaruh penyemaian awan. Pola debit di S. Ciasem memperlihatkan kenaikan dari pagi hingga siang hari dan menjelang sore debit turun lagi, keadaan ini bukan dipengaruhi hujan, tapi karena sistem aliran di bagian hulu, di mana hari sebelumnya aliran S. Ciasem di-bendung, sehingga sewaktu dibuka kembali terjadi kenaikan debit.

#### **Tanggal 25—7—1986.**

Di S. Cilamaya mulai jam 15.00 terjadi banjir hingga debit tak terukur, hal ini sesuai dengan catatan hujan yang ada bahwa dari enam penakar hujan kesemuanya menunjukkan adanya hujan. Di S. Cimuja debit aliran naik terus, jam 09.00 terukur 1,28 m<sup>3</sup>/detik dan mencapai puncak debit jam 17.00 sebesar 1,51 m<sup>3</sup>/detik. Kenaikan debit di tiga sungai itu cukup nyata dan bahkan di S. Cilamaya sampai banjir. Hal ini disebabkan oleh hujan besar yang jatuh merata.

## Evaluasi Hasil Hujan.

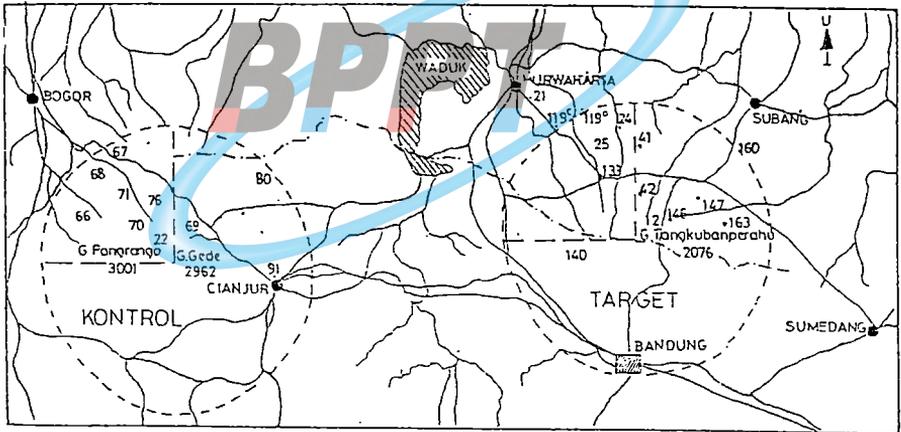
Penelitian modifikasi cuaca dengan menggunakan Menara Dispenser dilakukan pada bulan Juni dan Juli 1986. Penelitian selama 60 hari dibagi menjadi 6 periode penyemaian dan 6 periode tanpa penyemaian.

Periode penyemaian dan periode tanpa penyemaian dilakukan secara bergantian. Setiap periode lamanya adalah 5 hari. Analisa statistik yang digunakan dalam evaluasi curah hujan adalah :

- disain "target only"
- disain "target control"
- analisis rasio ganda (double ratio analyses)

Dalam penelitian ini, penyemaian dilakukan dari atas Gunung Tangkuban Perahu. Daerah lingkaran dengan radius 15 km dari Gunung Tangkuban Perahu ditetapkan sebagai daerah sasaran. Sebagai daerah pembandingan diambil daerah Gunung Gede di Kabupaten Cianjur, karena kedua daerah ini curah hujannya mempunyai korelasi yang baik dan memiliki karakteristik klimatologi dan topografi yang mirip dengan daerah sasaran.

Curah hujan di atas daerah sasaran dan daerah pembandingan diamati melalui jaringan penakar hujan seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10.

Jaringan penakar hujan di daerah sasaran dan daerah pembandingan.

Dalam evaluasi, akan dilihat perbedaan antara "curah hujan yang jatuh di atas daerah sasaran dengan adanya perlakuan penyemaian (A)" dengan "curah hujan yang jatuh di atas daerah sasaran, seandainya tidak ada perlakuan penyemaian (B)".

Nilai curah hujan yang jatuh di atas daerah sasaran seandainya tidak ada perlakuan penyemaian (B) diperoleh dengan cara pendugaan.

Adapun cara menduga nilai B, tergantung pada disain yang akan digunakan. Pada disain "target only", nilai B diperhitungkan dengan cara membandingkan curah hujan normal selama 20 tahun, dengan curah hujan aktual pada saat percobaan, bulan Juni dan Juli atau dengan membandingkan curah di daerah sasaran pada periode penyemaian dengan periode tanpa penyemaian. Pada disain "target control", nilai B diduga dengan menggunakan persamaan garis regresi yang menggambarkan hubungan curah hujan antara daerah sasaran dengan daerah pembanding.

#### DISAIN TARGET ONLY.

Pengaruh penyemaian dan besarnya penambahan curah hujan dapat dilihat dengan cara:

- a. Membandingkan nilai curah hujan bulanan di atas daerah sasaran, yaitu bulan Juni 1986 (perlakuan penyemaian 15 hari) dengan nilai curah hujan bulan historisnya (20 tahun) bulan Juni.
- b. Membandingkan curah hujan di daerah sasaran selama 6 periode penyemaian dengan curah hujan selama 6 periode tanpa penyemaian.

Mengingat variabilitas curah hujan alam adalah besar, HCS Thom (1957) menetapkan bahwa pengaruh penyemaian baru dianggap nyata apabila curah hujan yang jatuh di daerah sasaran selama ada perlakuan penyemaian, lebih dari 300% hujan normalnya. Tetapi, kriteria ini tidak dapat dipakai untuk menentukan keberhasilan dari usaha menambah curah hujan, karena hingga saat ini penambahan curah hujan dengan modifikasi cuaca baru mencapai tingkat 10—70%. Oleh karena perbedaan/tambahan curah hujan umumnya diduga melalui regresi curah hujan daerah sasaran atas daerah pembanding dan kemudian mengujinya dengan uji statistik. Perbandingan antara curah hujan normal selama 20 tahun (1961—1980) bulan Juni — Juli dan curah hujan selama ada penyemaian (Juni — Juli 1985) di daerah sasaran dapat dianalisis dari Tabel 07 dan 08.

Perbandingan antara curah hujan selama 6 periode penyemaian dengan curah hujan selama 6 periode tanpa penyemaian dapat dianalisis dari Tabel 09.

Tabel 08.

Curah hujan normal bulan Juni (1961–1980) dan curah hujan pada bulan Juni 1986 di daerah sasaran.

Curah hujan normal/data historis Juni 1961 – 1980.		Curah hujan selama bulan Juni 1986 (dengan 15 hari penyemprotan*)	
Tahun	mm	No. Penakar	mm
1961 – 1970 (rata-rata) = 162.8		133 J	358
		119 b J	244
		119 a J	146
1971	270.25		
1972	68.80	146 J	375
1973	305.67		
1974	106.83		
1975	173.50		
1976	31.00,	142 J	410
1977	323.60		
1978	468.00		
1979	260.50		
1980	119.17	141 J	118
X = 208.2		X = 275.00	
SD = 130.1		SD = 113.56	
Normal = $X + \frac{1}{2}SD = 273,3$ mm.		Normal = $X + \frac{1}{2}SD = 331,8$	

\*) Perlakuan penyemaian :

1 s/d 5 ; 11 s/d 15; 20 s/d 25 Juni 1986.

Tabel 09.

Curah hujan normal Juli (1961–1979) dan curah hujan selama bulan Juli 1986 di daerah sasaran

Curah hujan normal/data historis Juli 1961–1970		Curah hujan selama bulan Juli 1986 (dengan 15 hari penyemprotan*)	
Tahun	mm	No. Penakar	mm
1961–1960 (rata-rata) = 127.50		113 J 119 b J	254.5 206.0
1971	115.25	119a J	278.0
1972	13.50		
1973	130.80	146 J	414.0
1974	321.25		
1975	126.00		
1976	9.00	142 J	483.0
1977	44.80		
1978	373.40		
1979	84.20	141 J	228.0
X = 134.6		X = 310.5	
SD = 121.8		SD = 102.0	
Normal = $X + \frac{1}{2} SD = 195,5 \text{ mm}$		Normal = $X + \frac{1}{2} SD = 361,5$	

\*) Perlakuan penyemaian :

1 s/d 5; 11 s/d 15; 21 s/d 25 Juli 1986.

a. Hasil evaluasi menunjukkan :

— Curah hujan di daerah sasaran, Juni 1986 (ada perlakuan penyemaian 15 hari) = 331,8 mm atau berbeda sebesar 58,5 mm (21%) dengan curah hujan normalnya (1961–1980).

— Curah hujan di daerah sasaran, Juli 1986 (ada perlakuan penyemaian 15 hari) = 361,5 mm atau berbeda sebesar 166 mm (117%).

Tabel 10

Rata-rata curah hujan di daerah sasaran selama percobaan ( $x$  = curah hujan pada periode penyemaian dan  $Y$  = curah hujan pada periode tanpa penyemaian).

Curah hujan selama 6 periode penyemaian ( $X_1 - X_6$ )			Curah hujan selama 6 periode tanpa penyemaian.	
No.	( $X_1 - X_6$ )	mm	( $Y_1 - Y_6$ )	mm
1.	X1	69.4	Y1	34.1
2.	X2	49.2	Y2	59.1
3.	X3	22.4	Y3	38.6
4.	X4	0.0	Y4	30.2
5.	X5	72.8	Y5	44.9
6.	X6	107.9	Y6	54.9
Jumlah		: 321.7	Jumlah	: 261.8
Rata-rata		: 53.6	Rata-rata	: 43.6
SD		: 38.6	SD	: 11.5
Normal = $X + \frac{1}{2}SD = 72,9$ mm			Normal = $X + \frac{1}{2}SD = 49,4$ mm.	

Perbedaan antara curah hujan selama 6 periode penyemaian dengan curah hujan selama 6 periode tanpa penyemaian adalah = 59.9 mm (22.8%). Perbedaan normal = 23,5 mm (47,5%).

### DISAIN "TARGET CONTROL"

Untuk evaluasi dengan disain "target control" dipergunakan alat pendekatan yaitu regresi curah hujan daerah sasaran atas daerah pembandingan. Berdasarkan data 20 tahun (1950 – 1970) hubungan curah hujan di atas daerah sasaran dan daerah pembandingan dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\text{Bulan Juni : } Y = 9.03 + 1.35 X ; r = 0.91$$

$$\text{Bulan Juli : } Y = - 27.37 + 1.23 X ; r = 0.92$$

Dengan demikian kita mempunyai dua harga curah hujan daerah sasaran, satu diperoleh melalui pengukuran langsung dan kedua adalah harga curah hujan dugaan bila tidak ada kegiatan penyemaian awan. Diharapkan ada perbedaan menyolok antara harga di atas dengan tingkat nyata (significant).

Curah hujan yang terjadi di daerah pembandingan selama periode percobaan dapat dilihat di bawah ini :

**Tabel 11 :**  
**Curah hujan di daerah pembanding pada bulan Juni 1986.**

No.	No. Penakar		Curah hujan (X)
1.	70	J	206
2.	70 a	J	218
3.	76	J	236
4.	91 a	P	52
5.	68	J	112
6.	67	J	85
Rata-rata			151.5

Curah hujan di daerah pembanding bulan Juni 1986 adalah  $X = 151.5$  mm. Curah hujan di daerah sasaran seandainya tidak ada penyemaian adalah :

$$\begin{aligned}
 Y &= 9.03 + 1.35 X \\
 &= 9.03 + 1.35 (151.5) \\
 &= 213.55 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Terdapat perbedaan sebesar 61.45 mm (28.77%) antara curah hujan dugaan dengan curah hujan aktual (pengukuran).

**Tabel 12 :**  
**Curah hujan di daerah pembanding pada bulan Juli 1986.**

No.	No. Penakar		Curah hujan (X)
1.	70	J	168
2.	70 a	J	262
3.	76	J	207
4.	91 a	P	112
5.	68	J	190
6.	67	J	324
Rata-rata			210.5

Curah hujan di daerah pembanding pada bulan Juli 1986 adalah  $X = 210$  mm. Curah hujan di daerah sasaran seandainya tidak ada penyemaian adalah :

$$\begin{aligned}
 Y &= - 27.37 + 1.23 X \\
 &= - 27.37 + 1.23 (210.5) \\
 &= 231.54 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Terdapat perbedaan sebesar 78.96 mm (34.1%) antara curah hujan dugaan dengan curah hujan aktual (pengukuran).

### DOUBLE RATIO ANALYSIS.

Double Ratio (DR) analysis adalah menganalisis dengan membandingkan 2 saat kejadian yang berbeda yaitu penyemaian dan tanpa penyemaian, baik di daerah sasaran maupun di daerah pembanding yaitu :

$$DR = \frac{(T/C) \text{ semai}}{(T/C) \text{ tidak semai}}$$

Penyemaian yang efektif ditandai dengan harga DR  $> 1$ . Dari Lampiran 5 diketahui bahwa harga DR = 1,08 untuk bulan Juni dan 1,78 untuk bulan Juli. (Rata-rata DR = 1,43)\*

Dengan melakukan uji statistika (uji t), dapat diketahui apakah nilai curah hujan = 274 mm pada bulan Juni 1986 adalah benar-benar hanya disebabkan oleh penyemaian atau disebabkan oleh faktor lain. Untuk dapat melakukan uji t diperlukan lebih banyak data curah hujan di daerah sasaran pada periode penyemaian yang diambil dari penelitian-penelitian tahun mendatang.

Dengan program percobaan dari tahun 1985 – 1989 akan diperoleh lima data curah hujan daerah sasaran dan juga lima data curah hujan dugaan bagi daerah sasaran.

Data curah hujan di daerah sasaran dan curah hujan dugaannya pada bulan Juni dan Juli pada tahun dilaksanakannya percobaan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 :

Curahhujan daerah sasaran pada tahun percobaan yang sudah berlangsung.

	Curah hujan di daerah sasaran/ada perlakuan penyemaian (A)		Dugaan bagi daerah sasaran (B)		A – B	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli
1. 1985	452.66	342.85	263.90	227.20	188.76	115.37
2. 1986	275.000	310.50	213.55	231.54	61.45	78.96
3. 1987						
4. 1988						
5. 1989						

\*) Analisis Rasio Ganda selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Apabila hasil uji t pada data hasil k percobaan yang sudah lengkap menunjukkan bahwa antara kelompok data A dan kelompok data B ada perbedaan nyata, berarti :

- Kelompok data A tidak sama dengan kelompok data B.
- Perubahan curah hujan bulan Juni dan Juli 1986 selama program percobaan 1985—1989 benar-benar hanya karena pengaruh penyemaian awan.
- Juli 1986 310.5 mm benar-benar hanya karena pengaruh penyemaian.
- Hasil penyemaian pada penelitian bulan Juni 1986 sebesar 61.61 mm dan bulan Juli 1986 sebesar 129.29 mm.

Apabila hasil uji t menunjukkan bahwa antara kelompok data A dan kelompok data B tidak ada perbedaan nyata, maka :

- Kelompok data A = kelompok data B.

### **Kualitas Tanah.**

#### **Kadar Air.**

Dalam hubungan tanah, air dan tumbuhan, jumlah air yang ditambahkan hendaknya mencapai optimum (dalam kisaran antara kapasitas lapang dan titik layu permanen). Hal ini bertujuan agar mencegah timbulnya dampak negatif berupa penggenangan air akibat bertambahnya air, baik berasal dari curah hujan maupun banjir.

Penggenangan air ini akan mengganggu proses aerasi tanah (pertukaran udara dalam tanah), yang selanjutnya akan merusak tumbuhan. Demikian pula halnya dengan kekurangan air akibat musim kering yang panjang.

Setelah melihat hasil 3 tahap pengamatan, pemantauan kondisi kandungan air tanah berubah dengan adanya kegiatan percobaan Hujan Buatan. Perubahan ini menunjukkan adanya peningkatan jumlah kadar air yang diduga disebabkan oleh meningkatnya jumlah curah hujan hasil pembentukan dari percobaan Hujan Buatan tersebut. Peningkatan kadar air ini sesuai dengan harapan agar selama adanya kegiatan, jumlah kadar air meningkat atau lebih tinggi dari dua hasil pengamatan lain yang mengapitnya.

Dari anggapan bahwa jenis tanah di seluruh lokasi pengambilan contoh tanah tidak berbeda jauh sifat-sifat fisiknya, maka keadaan yang dikhawatirkan akan timbul berupa penggenangan air pada daerah target tidak terjadi. Hal ini terutama dilihat dari contoh tanah di lokasi 2 yang kadar airnya masih cenderung meningkat dan hal ini berarti masih dalam batas kemampuan lapang menahan air.

#### **Kandungan Bahan Organik(Zat Organik).**

Jumlah kandungan bahan organik di dalam tanah menentukan tingkat kesuburan tanah. Bahan organik ini sendiri mempengaruhi tekstur,

struktur, kapasitas tukar kation dan tingkat ketersediaan unsur hara.

Sumber bahan organik ini di alam umumnya berasal dari jaringan tumbuhan yang telah gugur dan diuraikan oleh mikroorganisme. Hewan biasa dianggap sebagai sumber bahan organik kedua (Buckman, H.O. & N.C. Brady, 1982). Banyaknya bahan organik dapat dilihat dari banyaknya kandungan C-organik. Selama pemantauan dalam percobaan Hujan Buatan perubahan ini menunjukkan penurunan kadar bahan organik pada tahap II.

Penurunan kandungan bahan organik ini menimbulkan suatu pertanyaan, karena dalam percobaan ini digunakan larutan urea, yang juga merupakan sumber bahan organik buatan. Sehingga penurunan kandungan bahan organik ini diduga disebabkan oleh adanya tiga faktor, yaitu :

- a. Pelepasan karbon dalam bentuk CO<sub>2</sub> secara alami.
- b. Sebagian dari bahan organik itu tercuci/tererosi dengan meningkatnya kuantitas air hujan dengan adanya kegiatan Hujan Buatan.
- c. Sebagian bahan organik digunakan oleh tanaman untuk proses respirasi, fotosintesa dan pertumbuhan.

Dari dugaan tersebut di atas, maka masih sulit untuk menyatakan bahwa penurunan kandungan bahan organik sebagai akibat langsung atau bukan akibat langsung kegiatan percobaan Hujan Buatan.

### **Amonium (N—NH<sub>4</sub>).**

Parameter amonium ini dibahas sehubungan : (Buckman, H.O. & N.C. Brady, 1982).

- a. Banyak sekali dipakai oleh organisme yang mampu menggunakan/mengabsorpsi senyawa tipe ini.
- b. Sangat cepat digunakan oleh tanaman tingkat tinggi dibandingkan dengan parameter lain, seperti nitrogen nitrat.
- c. Merupakan sasaran untuk diikat oleh beberapa mineral lempung dan bahan organik dalam proses fiksasi Nitrogen.
- d. Dapat dioksidasi oleh bakteri nitrifikasi, sebagai sumber energi sehingga menghasilkan nitrat dan nitrit.
- e. Dapat hilang berupa gas N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO dan NH<sub>3</sub>.

Dari hasil analisis contoh tanah di atas terlihat bahwa parameter ini meningkat pada tahap II, sehingga peningkatan yang terjadi diperkirakan ada kaitannya dengan kegiatan percobaan Hujan Buatan yang dalam hal ini dengan larutan urea. Hal ini dapat ditunjukkan lebih lanjut melalui kenaikan kandungan NH<sub>4</sub> yang lebih tinggi pada lokasi 1 dan lokasi 2 yang letaknya lebih dekat dibandingkan dengan lokasi 3 & 4 yang letaknya lebih jauh dari lokasi percobaan. Kenyataan ini menggambarkan bahwa lokasi yang semakin dekat ke pusat percobaan (Menara Dispenser) akan menerima jumlah

fiksasi nitrogen yang semakin besar. Hal ini diduga disamping menerima dari air hujan, juga ada kemungkinan tambahan dari fiksasi yang berasal dari butiran larutan urea yang ada di udara sekitarnya.

### **Nitrat (N – NO<sub>3</sub>).**

Jumlah kandungan nitrat di dalam tanah menentukan bagi kelangsungan hidup tanaman, efeknya pada tanaman cepat dan jelas karena merupakan unsur yang sangat mudah diserap dan juga pengatur yang menguasai penggunaan unsur makro lainnya, seperti kalium dan fosfor.

Sumber nitrogen nitrat itu sendiri adalah hasil fiksasi dari air hujan dan hasil proses pengubahan amonium menjadi nitrat yang sebelumnya didahului oleh pembentukan nitrit. Sejalan dengan adanya kenaikan kandungan amonium, maka kenaikan kandungan nitrat menjadi mudah diterima.

Suatu hal yang tidak dijumpai pada bentuk derivat nitrogen lainnya adalah, nitrat cepat hilang oleh proses pencucian, akan tetapi kenyataannya pemulihan konsentrasi lebih lambat. Hal ini dimungkinkan karena nitrat yang hilang tercuci kemudian akan disediakan kembali oleh bentuk amonium terikat yang dioksidasi. Dengan kata lain bahwa kandungan nitrat yang terukur bukan hanya dari air hujan saja, akan tetapi juga adanya sumbangan dari proses nitrifikasi.

Kecenderungan adanya kenaikan saat dilaksanakan kegiatan Hujan Buatan tidak menimbulkan kekhawatiran yang berlanjut, karena selain sifatnya yang hanya sementara, nitrogen nitrat merupakan unsur nutrient yang berpengaruh baik untuk tanaman dan organisme tanah sampai batas tidak berlebihan.

Suatu kenyataan yang dapat diharapkan dari daya dukung alam, dapat dilihat dari pola pemulihannya. Pola demikian memberikan kelegaan bahwa memang bisa saja terjadi suatu respon perubahan di alam sehubungan dengan kegiatan yang dilakukan akan tetapi selanjutnya perubahan-perubahan yang ada dinetralisir kembali ke kondisi awalnya. Hal ini berarti efek penyemprotan awan dengan larutan urea masih dalam kisaran daya dukung alam.

### **Nitrogen Total.**

Kandungan nitrogen total tanah pada conto cenderung turun pada tahap II pengamatan, yang diikuti pola pemulihan untuk lokasi 3 & 4, dan lokasi 2 sendiri masih terus turun sampai tahap III pengamatan. Kecuali lokasi 1 yang pada tahap II terjadi kenaikan, kemudian pulih pada tahap III-nya.

Untuk dapat melihat kaitannya dengan derivat-derivat nitrogen lain-

nya, sebelumnya akan dikemukakan masukan dan keluaran nitrogen tanah tersedia :

**Masukan :**

- pupuk buatan
- fiksasi dari udara
- sisa tanaman
- bahan organik
- air hujan

**Keluaran :**

- hilang dipanen
- hilang tercuci
- hilang tererosi
- terbawa bahan organik
- volatilisasi (menguap)

Dari sumber-sumber masukan dan keluaran nitrogen di atas, dengan anggapan faktor-faktor lainnya tidak banyak berubah, maka elemen-elemen yang diduga akan dipengaruhi oleh kegiatan Hujan Buatan adalah adanya penambahan nitrogen melalui fiksasi dari udara dan air hujan, di pihak lain terjadi juga pengurangan nitrogen oleh pencucian dan erosi karena adanya peningkatan jumlah curah hujan. Akan tetapi terhadap kandungan nitrogen total kenyataannya menjadi tidak demikian, karena pada umumnya fiksasi akan ditekan oleh nitrogen mineral yang ditambahkan, sebaliknya volatilisasi ditingkatkan oleh adanya kenaikan kandungan nitrat, sehingga dapat dimengerti bahwa kandungan nitrogen total menjadi turun sebagai hasil bersih kedua proses tersebut.

Kekecualian untuk lokasi 1, karena lokasinya berada paling dekat dengan Menara Dispenser, diduga proses di atas dieliminir oleh adanya tambahan langsung butiran larutan urea (tanpa terbawa air hujan) sehingga seolah-olah adanya masukan elemen berupa "pupuk buatan".

Dasar perkiraan kedua yang memungkinkan terjadinya penurunan nitrogen total adalah dengan melihat data curah hujan di sekitar lokasi pengambilan contoh yang merupakan media pembawa nitrogen. Dapat diharapkan dengan curah hujan yang tinggi akan membawa jumlah nitrogen yang lebih besar. Demikian pula apabila curah hujannya rendah, maka faktor yang dominan adalah keterangan penggunaan lahan oleh petani, karena kehilangan yang paling besar nitrogen total tanah adalah terbawa tanaman sewaktu panen.

### **pH Tanah.**

pH (H<sub>2</sub>O) conto tanah yang dianalisis menunjukkan kecenderungan penurunan kecil pada tahap II pengamatan, yang kemudian diikuti pola pemulihan pada tahap III-nya. Kecuali lokasi 4 yang masih menunjukkan penurunan hingga tahap III pengamatan.

Perubahan nyata dalam pH menunjukkan perubahan hebat dalam lingkungan tanah, kalau lingkungan ini mengalami fluktuasi terlalu besar, tanaman tingkat tinggi dan mikroorganisme pasti akan sangat menderita sebelum mereka dapat menyesuaikan diri.

Ada 2 faktor utama penyebab perubahan pH tanah :

- yang menghasilkan peningkatan hidrogen yang diadsorpsi dan selanjutnya aluminium, bertindak menurunkan pH.
- yang meningkatkan kandungan basa yang diadsorpsi, bertindak menaikkan pH.

Pada tanah conto, ternyata nilai pH sangat rendah, baik sebelum, selama dan sesudah kegiatan Hujan Buatan. Di semua lokasi nilai pH kurang dari 5. Keadaan ini diduga karena di daerah target sangat berdekatan dengan kawan Gunung Tangkuban Perahu yang banyak menghasilkan belerang (sulfur), kemudian hasil reaksinya dengan air akan menghasilkan asam anorganik seperti asam sulfat, merupakan asam yang dapat memberikan banyak ion hidrogen dalam tanah.

### Reaksinya:



Dari ion hidrogen hasil penguraian ini diduga menyebabkan pH tanah daerah conto menjadi rendah. Selain itu, faktor lain yang diduga menyebabkan keasaman tanah, karena adanya tambahan urea yang dibawa oleh air Hujan Buatan dalam bentuk nitrogen amoniakal. Bentuk amonium ini selanjutnya akan mendesak ion hidrogen teradsorpsi dengan cara substitusi, sehingga akan meningkatkan jumlah ion hidrogen dan akhirnya menurunkan pH.

Kaitan uraian di atas dengan perubahan-perubahan pH (H<sub>2</sub>) di daerah target, adalah sebagai berikut :

- Selama tahap II pengamatan yang diharapkan adanya jumlah curah hujan yang lebih tinggi dari tahap I & III, mengakibatkan berbagai proses yang dapat menurunkan pH tanah, yaitu melalui proses penambahan ion hidrogen yang berasal dari asam sulfat yang terbentuk dari oksida belerang yang cukup banyak di sekitar daerah target, dan peningkatan ion hidrogen hasil dari pertukaran ion hidrogen terikat dengan amonium yang berasal dari larutan urea.
- Sedangkan peningkatan kembali nilai pH pada pengamatan tahap III, diduga karena tambahan ion amonium dari air hujan buatan sudah berkurang, sehingga kesetimbangan ion amonium teradsorpsi dengan amonium tersedia terjadi pergeseran, dimana akan terjadi pelepasan kembali amonium digantikan oleh ion-ion hidrogen yang menjadi terikat, dengan demikian pH menjadi naik.

Kekecualian untuk lokasi 4, walaupun besar kecenderungan penurunan dari tahap II ke III lebih kecil dari tahap I ke II, penurunan pH yang masih berlangsung diduga karena substitusi ion hidrogen menjadi bentuk terikat berjalan lebih lambat, atau dikarenakan lokasi 4 ini mendapat jumlah curah hujan yang lebih besar dari lokasi-lokasi lainnya sehingga pembentukan sulfat lebih banyak. (lihat gambar pola embutan sulfat yang relatif paling tinggi di lokasi 4 pada tahap III pengamatan).

### **Kualitas Air.**

Dalam diskusi ini akan dicoba untuk mengkaji arti embutan (fluktuasi) kualitas air, baik kualitas fisik air maupun kualitas kimia airnya. Tujuannya adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi embutan tersebut.

Pengkajian kualitas air ini dibahas hanya secara umum, kecuali untuk parameter-parameter tertentu yang diduga dipengaruhi langsung oleh bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan hujan ini. Selain itu, juga dikaji parameter yang diduga perubahannya disebabkan reaksi tidak langsung dari adanya kegiatan. Pengkajian ini penting mengingat bahwa hujan sebagai hasil usaha kegiatan ini digunakan untuk sumber kehidupan manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu dalam pengkajian ini, kualitas air, baik mata air, air di badan air maupun air hujan akan dikaitkan dengan RPP—RI tentang pengendalian pencemaran air (1985) untuk golongan A. Kriteria kualitas air golongan A merupakan kriteria bagi air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar air, baik langsung dari air hujan maupun dari badan air, bila terminum oleh manusia tidak akan menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatannya dan bila timbul suatu dampak, maka dapat diketahui bahwa sumbernya bukan disebabkan adanya kegiatan pembuatan hujan atau diketahui parameter apa saja yang menjadi bahan pencemar terhadap kesehatan tersebut.

### **A. Kualitas Fisik Air.**

Parameter kualitas fisik air yang akan dibahas secara khusus adalah parameter kekeruhan dan residu terlarut.

#### **1. Warna.**

Dari hasil pengamatan parameter warna berkisar antara 10 — 15 unit PtCo. Bila dikaitkan dengan RPP—RI (1985) tentang parameter warna yang

#### **Catatan :**

Di sini hanya digunakan parameter pH (H<sub>2</sub>O) tanah contoh, sedangkan pH (KCl) tidak dibahas dikarenakan hasil analisa laboratoriumnya masih perlu dikoreksi kembali.

mempunyai kisaran 0 unit PtCo (maksimum diukur) sampai 50 unit PtCo (maksimum dibolehkan), maka parameter penduga warna ini masih berada dalam kisaran tersebut dan berarti dari parameter ini memenuhi persyaratan.

## **2. Kekeruhan.**

Dari grafik dan uraian hasil pengamatan terlihat bahwa kekeruhan meningkat selama adanya kegiatan. Hal ini diduga disebabkan oleh meningkatnya jumlah air, sehingga dalam prosesnya menuju (tempat) yang lebih rendah pada kondisi topografi yang bergunung akan menimbulkan erosi.

Besarnya tingkat kekeruhan dipengaruhi jarak, hal ini terlihat dari besar kandungan kekeruhan di Cimuja yang mempunyai lokasi terjauh dari semua lokasi pengamatan, juga mempunyai kandungan kekeruhan tertinggi.

Pada air hujan kandungan kekeruhan menurun dengan menyolok selama ada kegiatan. Hal ini diduga disebabkan tingginya frekuensi hujan di sekitar lokasi pengamatan sebelum pengamatan tahap II ini, maka partikel-partikel bahan pengotor yang terdapat di udara berkurang disebabkan ikut turun bersama hujan yang jatuh.

Selanjutnya pada tahap III, kandungan kekeruhan di mata air kembali ke kondisi semula. Demikian pula dengan kekeruhan di air hujan menunjukkan kecenderungan menjadi keruh kembali dengan telah berakhirnya kegiatan pembuatan hujan.

Di badan air kecenderungan untuk pulih kembali tidak terlihat, hal ini diduga disebabkan adanya aktivitas manusia antara lain pengolahan tanah dan pemupukan tanaman budidaya selain buangan limbah rumah tangga yang dibuang penduduk melalui saluran-saluran air.

Dari hasil pengamatan, kandungan kekeruhan air berkisar antara 1.4 – 15 mg/l SiO<sub>2</sub>. Dikaitkan dengan RPP—RI (1985) tentang parameter kekeruhan mempunyai kisaran 0 mg/l SiO<sub>2</sub> (maksimum yang dianjurkan) hingga 25 mg/l SiO<sub>2</sub> (maksimum yang dibolehkan), maka parameter kandungan kekeruhan ini masih berada dalam kisaran tersebut dan berarti dari parameter ini memenuhi persyaratan.

## **3. Residu Terlarut.**

Dari grafik dan uraian hasil pengamatan terlihat bahwa residu terlarut (suspended solid) tidak menunjukkan kecenderungan tertentu dengan adanya kegiatan ini. Menurunnya residu terlarut di mata air Cikahuripan diduga disebabkan oleh adanya pengenceran, sedang di Cimuja disebabkan oleh adanya proses pengendapan karena daerah ini relatif lebih landai. Adapun meningkatnya residu terlarut di Cicenang, Cibogo diduga disebabkan oleh adanya erosi, daerah ini merupakan daerah dengan lereng yang

cukup terjal dan curam. Sedang di air hujan, peningkatan yang relatif kecil ini disebabkan oleh adanya sebagian kecil butiran larutan urea yang jatuh langsung masuk ke dalam bak penampung air hujan.

Dengan telah berakhirnya kegiatan pembuatan hujan maka pada tahap III terjadi kecenderungan ke arah pemulihan kembali, hal ini berarti pengaruh kegiatan pembuatan hujan juga berakhir.

Dari hasil pengamatan, kandungan residu terlarut berkisar antara 19—135 mg/l dan bila dikaitkan dengan RPP—RI (1985) tentang parameter residu terlarut yang mempunyai kisaran 500 mg/l (maksimum dianjurkan) dan 1500 mg/l (maksimum yang dibolehkan), maka parameter kandungan residu terlarut ini masih jauh di bawah kisaran yang dianjurkan dan berarti dari parameter ini memenuhi persyaratan.

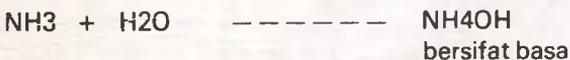
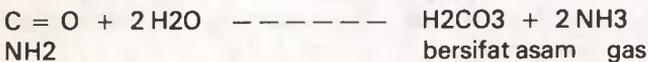
## B. Kualitas Kimia Air.

Parameter kualitas kimia air yang akan dibahas secara khusus adalah parameter derajat keasaman (pH), Amonium (NH<sub>4</sub>), Nitrat (NO<sub>3</sub>) dan Nitrit (NO<sub>2</sub>).

### 1. Derajat Keasaman.

Dari grafik dan uraian hasil pengamatan, terlihat bahwa pH meningkat selama adanya kegiatan pembuatan hujan. Hal ini diduga disebabkan semakin banyaknya persediaan zat hara sebagai sumber makanan, sehingga meningkatkan aktivitas fotosintesis mikroorganisme perairan, dalam hal ini organisme yang memanfaatkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan bikarbonat (HCO<sub>3</sub>). Zat hara ini berasal dari urea yang dilarutkan sebagai bahan modifikator pembuatan hujan. Sedangkan peningkatan pH dalam air hujan diduga adalah sebagai akibat reaksi lanjutan dari campuran larutan urea, yang secara kimiawi dapat diuraikan proses reaksinya sebagai berikut:

NH<sub>2</sub>



Dengan berakhirnya kegiatan pembuatan hujan nilai pH umumnya menurun kembali, hal ini berarti terjadi pemulihan kembali ke keadaan awal dan pengaruh hujan buatan juga berakhir. Adapun peningkatan nilai pH di Cibogo, wilayah menghadap hujan, diduga disebabkan adanya penumpukan pada lahan sawah dan tanaman semusim lainnya, bukan sebagai pengaruh lanjutan kegiatan pembuatan hujan.

Dari hasil pengamatan, nilai pH berkisar antara 4.6 — 7.5. Bila dikaitkan dengan RPP—RI (1985) tentang parameter pH yang mempunyai kisaran 6.5 (maksimum dianjurkan) hingga 8.5 (maksimum dibolehkan), maka pH air di badan air masih memenuhi kriteria ini. Kemudian pH air di mata air Cikahuripan pada tahap III menurun lebih rendah dari kriteria RPP—RI sebesar 0.1, dengan sebelumnya pada keadaan awal dan adanya kegiatan pembuatan hujan berada pada pH = 7. Adapun pH air hujan, baik pada sebelum, selama dan sesudah, selalu berada di bawah garis maksimum dianjurkan, yaitu 4.6, 6.3 dan 6.0, hal ini berarti kondisi air hujan selalu tidak memenuhi kriteria RPP—RI (1985).

Bila disimak lebih jauh, keadaan awal dari kondisi pH air hujan ini, berada di bawah konsentrasi hujan asam (pH = 5,6) atau lebih pekat 10 kali dari hujan asam, hal ini mungkin disebabkan pengaruh gas sulfur yang berasal dari Gunung Tangkuban Perahu. Dengan adanya kegiatan pembuatan hujan pH menjadi meningkat cukup tinggi sebesar 1.7, hal ini berarti kegiatan Hujan Buatan meningkatkan pH air hujan atau untuk di sini berarti mempunyai dampak positif karena mengarah ke maksimum dianjurkan. Dampak positif ini akan semakin terlihat dengan memburuknya kembali pH air hujan setelah berakhirnya kegiatan Hujan Buatan.

## 2. Amonium ( $N-NH_4$ ).

Secara umum kandungan nitrogen dalam bentuk amonium terlihat kecenderungan menurun dengan adanya kegiatan pembuatan hujan, kecuali di mata air Cikahuripan terlihat tetap dan di air hujan meningkat dengan cukup tinggi.

Menurunnya kandungan nitrogen dalam bentuk amonium ini diduga disebabkan oleh adanya pengenceran akibat meningkatnya frekuensi hujan. Sedangkan meningkatnya kandungan ini di air hujan diduga disebabkan adanya reaksi antara air hujan dengan larutan urea yang jatuh langsung ke dalam bak penampung air hujan atau reaksi yang terjadi di udara selama proses penyemprotan awan.

Selanjutnya, pada pengamatan tahap III seluruh hasil pengamatan menunjukkan kecenderungan menjadi pulih kembali ke kondisi awalnya, yang menurun kembali meningkat dan yang meningkat kembali menurun, kecuali mata air Cikahuripan yang terlihat meningkat.

Dilihat dari hasil pengamatan, kandungan nitrogen dalam bentuk amonium berkisar antara 0.02 — 1.7 mg/l. Bila dikaitkan dengan kriteria RPP—RI (1985), maka kriteria untuk  $N-NH_4$  tidak tercantum, yang tercantum hanya parameter  $N-NH_3$ . Namun, bila diingat bahwa  $N-NH_3$  dalam air berbentuk  $N-NH_4(OH)$ , maka kriteria tersebut dapat digunakan. Pada RPP—RI (1985) ternyata parameter  $N-NH_3$  tidak diperbolehkan ada atau nihil, maka secara umum air di lokasi percobaan telah tercemar oleh

parameter N—NH<sub>4</sub>, baik sebelum, selama maupun sesudah kegiatan. Walaupun demikian kegiatan percobaan Hujan Buatan menurunkan konsentrasi N—NH<sub>4</sub> di badan air atau berdampak positif, kecuali di air hujan.

### 3. Nitrit (NH<sub>2</sub>).

Kandungan nitrogen dalam bentuk nitrit dalam air di 3 lokasi, yaitu mata air Cikahuripan, Cicenang dan Cimuja menunjukkan aktivitas percobaan Hujan Buatan tidak mempengaruhi kualitas airnya. Sedangkan menurunnya kandungan ini di air hujan dan badan air Cibogo diduga disebabkan oleh adanya pengenceran. Penurunan ini menunjukkan hal yang positif, karena kegiatan percobaan Hujan Buatan mampu menurunkan konsentrasi nitrit yang bersifat racun. Walaupun penurunan itu relatif kecil, namun mempunyai kemampuan menurunkan menjadi hampir separuhnya. Hal ini berarti kualitas air yang terbentuk dari percobaan Hujan Buatan ini baik sekali.

Dari hasil pengamatan, kandungan N—NO<sub>2</sub> berkisar antara tidak terdeteksi sampai dengan 0.02 mg/l. Bila dikaitkan dengan RPP—RI (1985) tentang parameter N—NO<sub>2</sub> yang tidak boleh ada di perairan alami, maka perairan di Cibogo telah melampaui kriteria tersebut baik sebelum, selama dan sesudah kegiatan. Sedangkan di air hujan hanya pada sebelum dan selama percobaan, dengan kecenderungan menurun tersebut. Hal ini berarti dari parameter ini di Cikahuripan, Cicenang dan Cimuja memenuhi persyaratan dan Cibogo serta air hujan tidak.

### 4. Nitrat (NO<sub>3</sub>).

Dari grafik dan uraian hasil pengamatan, terlihat bahwa nitrogen dalam bentuk nitrat meningkat selama adanya kegiatan percobaan Hujan Buatan. Hal ini diduga disebabkan semakin banyaknya persediaan hara sebagai sumber makanan, sehingga meningkatkan aktifitas mikroorganisme yang mengubah nitrit menjadi nitrat. Selain itu, keberadaan nitrat dalam air juga sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya kandungan nitrit dan ada atau tidaknya pergolakan air. Daerah sasaran merupakan daerah yang bergunung dan berbukit sehingga pergolakan air sangat besar pengaruhnya dibandingkan dengan aktifitas mikroorganisme. Sehubungan dengan kandungan nitrit di atas, maka ketiadaan nitrit dan menurunnya kandungan nitrit diduga berkaitan erat dengan keberadaan nitrat yang meningkat selama percobaan berlangsung.

Dari hasil pengamatan, kandungan nitrogen dalam bentuk nitrat berkisar antara tidak terdeteksi hingga 1.1 mg/l. Bila dikaitkan dengan RPP—RI (1985) tentang parameter nitrat, yang mempunyai kisaran 5 mg/l (maksimum dianjurkan dan 10 mg/l (maksimum dibolehkan), maka kandungan nitrat ini masih jauh dari kisaran maksimum yang dianjurkan dan

berarti dari parameter ini memenuhi persyaratan tersebut. Hal ini juga bermakna bahwa kegiatan percobaan Hujan Buatan meningkatkan persediaan nitrat di alam dan berdampak positif terhadap lingkungan.

### **Kualitas Tumbuhan.**

Dalam diskusi ini akan dicoba mengkaji penyebab masih adanya daun-daun yang menguning pada beberapa tumbuhan yang ada di sekitar Menara Dispenser.

Dari hasil laporan kecepatan angin (Lampiran 1.) di bagian bawah, yang merupakan tenaga pendorong butiran-butiran larutan urea ke udara, ternyata kecepatan angin tidak selalu mendukung terangkat dengan sempurna seluruh butiran yang disemai, sehingga ada sebagian yang jatuh ke bawah.

Sehubungan Menara Dispenser lebih tinggi dari pohon-pohon yang di sekitarnya, maka butiran-butiran larutan urea tersebut jatuh menimpa tajuk-tajuk pohon yang ada dan ini tentunya akan mempengaruhi atau menghambat terjadinya proses fotosintesa pada daun-daun yang tertutup oleh larutan urea.

Selain itu, ada beberapa kali dari seluruh hari penyemaian awan, yang tidak dilakukan penyemprotan dengan air saja, baik pada awal maupun akhir penyemaian (lihat Lampiran 08) sehingga hal ini diduga juga mempengaruhi atau menyebabkan terjadinya daun-daun yang menguning tersebut.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Ackerman, *et al.* 1976: "**Design of the High Plain Experiment Final Report on HIP-LEX design Project**", Appendix C. 231 pp.
2. Anonymous. "**Cloud Seeding : State of the Science**". P. 35 — p. 74.
3. Berry, F.A., Bollay, E., Beers, N.R. 1973: "**Handbook of Meteorology**". McGraw Hill Book Co. 1068 pp.
4. Biswas, K.R., Kapoor, R.K. and Karuga, K.K. 1967: "**Cloud Seeding Using Common Salt**", J of Apl. Met. Vol. 6.
5. Bollay, *et al.*: "**Meteorological, Thermodynamic and Atmospheric Static**".
6. Departemen Kesehatan RI. 1975: "**Standar Kualitas Air Minum**".
7. Garuda Indonesian Airways, 1978: "**Manual of Meteorological for ATPL Course. Training Flight Personal, Ground Instruction**. 168 pp.
8. Haryanto, U. 1986: "**Percobaan Modifikasi Awan dengan Pemicuan dari Darat**". Majalah BPPT No. XI/1986. P. 22—P. 30.
9. Haryanto, U., *et al.* 1987: "**Hasil Penelitian Modifikasi Cuaca Untuk Menambah Curah Hujan Melalui Penyemaian Awan Orografik Tahun 1986**". BPPT.

10. Hess, W.N. 1974: **"Weather and Climate Modification"**. John Willey & Sons. New York. 841 pp.
11. Holland, J.D. and Crozier, C.L. 1967: **"Statistical Design for Cloud Seeding Evaluation Precipitation Physics Project"**.
12. Rogers, R.R. 1979.: **"A Short Course in Cloud Physics"**. Pergamon Press. 235.
13. Ryadi, S.A.L. 1981: **"Ilmu Lingkungan, Dasar-dasar dan Pengertiannya"**. Usaha Nasional. Surabaya. 153 pp.
14. Sax, R.I. 1978: **"Meteorological and Cloud Microphysical Measurement"**.
15. Sosrodarsono, S. and Takeda, K. 1983: **"Hidrologi untuk Pengairan"**. Pradnya Paramita. Jakarta. 226 p.
16. Sugiman. 1982: **"Ilmu Tanah"** (terjemahan). Bhartara Karya Aksara. Jakarta. 787 pp.
17. Thom, H.C.S. 1957: **"An Evaluation of a Series of Orographic Cloud Seeding Operation"**. Tech. Report No. 2. Final Report of the Advisory Committee on Weather Control. Vol. II.
18. Wahab, Ch., *et al.* (BMG). 1983: **"Penggunaan Radiosonde untuk Operasional Hujan Buatan"**.
19. Weickmann, H., Smith, W. 1957: **"Artificial Stimulation of Rain."** Proceeding of the First Conference on the Physics of Cloud and Precipitation Particles. Pergamon Press. 427 pp.

