

Hasil Penelitian Modifikasi Cuaca untuk Menambah Curah Hujan melalui Penyemaian Awan Orografik Tahun 1985

Oleh : U.Haryanto, Sri Woro Budiati, Chandra M. Mangan, Ridwan DT, Tien Sri Bimawati dan M. Karmini.

INTISARI.

Percobaan Hujan Buatan dengan teknis penyemprotan larutan urea terhadap awan kumulus orografik telah dilaksanakan di Gunung Tangkuban Perahu dari tanggal 12 Juni s/d 13 Juli 1985 dengan mengambil daerah sasaran lereng utara Gunung Burangrang dan Tangkuban Perahu.

Evaluasi percobaan dengan disain "target only" menunjukkan adanya kenaikan curah hujan sebesar 241% untuk periode Juni dan 261% untuk periode Juli. Hasil semenara disain "target control" menunjukkan perbedaan sebesar 188,76 mm dan 115,37 mm, masing-masing untuk bulan Juni dan Juli. Adapun kepastiannya masih menunggu percobaan yang selanjutnya.

Analisis yang dilakukan terhadap variabel cuaca atas memang menunjukkan bahwa bulan Juni dan Juli masih mendukung untuk usaha penyemaian (seed able) awan oro-

grafik. Monitor debit sungai di daerah sasaran memberikan petunjuk dengan tepat saat hujan turun. Hanya hujan yang berselang 0.5 — 2 jam setelah saat penyemprotan yang diduga sebagai hasil perlakuan terhadap awan di atas gunung, disamping kriteria lainnya.

Pemantauan terhadap lingkungan dilaksanakan dengan menganalisis beberapa sampel (contoh) tanah dan air (badan air dan air hujan) yang diambil dari sekitar daerah percobaan. Hasilnya menunjukkan bahwa tidak ada perubahan yang menyebabkan pencemaran lingkungan. Dampak penyemprotan yang terlihat jelas adalah keguguran daun pada tumbuhan di sekitar lokasi menara. Namun sebenarnya secara vegetatif tumbuhan ini masih tetap hidup, karena dari pengamatan yang dilakukan 3 bulan setelah kegiatan penyemprotan, tampak tunas daun tumbuh kembali dengan subur.

PENDAHULUAN.

Gagasan melakukan penyemprotan awan dari gunung ini timbul berdasarkan pengamatan dari udara yang dilakukan selama beberapa kali percobaan Hujan Buatan di DAS Citarum pada tahun-tahun sebelumnya. Di atas Gunung Tangkuban Perahu dan Burangrang terdapat awan yang terbentuk karena udara dipaksa naik melalui lereng gunung (awan orografik). Mengingat sulitnya menyemprot awan tersebut dengan pesawat, maka penyemprotan diusahakan dari darat sedekat mungkin ke awan dengan menggunakan suatu menara di puncak gunung.

Metoda Hujan Buatan dengan Menara Dispenser di Gunung Tangkuban Perahu memiliki beberapa keuntungan, yakni :

1. Biaya operasional akan menjadi lebih murah, karena tidak menggunakan pesawat dan jumlah bahan yang digunakan terbatas pada larutan urea. Disamping itu, lokasinya yang terletak tidak terlalu jauh dari pusat kota sangat mendukung, baik bagi kegiatan personil yang melaksanakan penelitian maupun dukungan logistik operasinya.
2. Sasaran evaluasi untuk mengetahui keberhasilan Hujan Buatan cukup tersedia antara lain dengan adanya penakar-penakar yang cukup banyak tersebar di daerah percobaan dan adanya sungai-sungai yang mengalir di sekitar daerah sasaran yang dapat dipakai untuk mengukur pertambahan debit air sebagai akibat adanya aktivitas Hujan Buatan.

Adanya sambutan positif dari Pemerintah Daerah setempat untuk melakukan percobaan di daerahnya. Hal ini telah tertuang pada hasil Seminar/Rapat Dinas Percobaan Hujan Buatan di Jawa Barat dengan Bappesta Jawa Barat pada tahun 1981.

Menara Dispenser setinggi 30 meter selesai didirikan pada bulan September 1984 dan kegiatan operasional penyemprotan mulai dilaksanakan pada tahun 1985 dengan menggunakan dana DIP Proyek Studi Bahan

Galian dan Hujan Buatan (SBG & HB) tahun anggaran 1985/86 untuk Bagian Proyek Percobaan Hujan Buatan di Jatiluhur.

Percobaan Hujan Buatan diperpanjang waktunya sesuai pengarahan Bapak Ketua BPP Teknologi dengan instruksi agar mengadakan percobaan sekurang-kurangnya 8 kali percobaan agar tingkat keberhasilan percobaan dapat diketahui dan secara statistik dapat dipertanggungjawabkan.

Percobaan Hujan Buatan dengan Menara Dispenser di Gunung Tangkuban Perahu dilaksanakan selama 28 hari kerja operasional, dari tanggal 12 s/d 18 Juni dan dilanjutkan dari tanggal 24 Juni s/d 13 Juli 1985. Kegiatan ini merupakan kelanjutan dari program Percobaan Hujan Buatan selama 5 tahun di Jatiluhur yang diadakan dari tahun 1979 sampai 1983.

Bulan Juni — Juli dipilih sebagai waktu penelitian karena masih merupakan masa transisi dari musim hujan ke musim kemarau dan dimana awan-awan yang terbentuk di atas Gunung Tangkuban Perahu masih cukup banyak. Pada percobaan ini larutan urea disemprotkan ke dalam awan dari menara dengan menggunakan peralatan micronair yang berfungsi sebagai alat penghasil butir cair. Butiran cair ini selanjutnya dapat masuk ke dalam awan dengan bantuan udara yang bergerak ke atas. Dengan masuknya butir-butir cair ke dalam awan, maka pembentukan hujan segera dimulai melalui suatu proses dominan dalam pembentukan awan panas (warm clouds).

Penelitian pada percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh modifikasi awan melalui penyemprotan awan dari darat dan berapa besar curah hujan yang dapat turun melalui metode ini dengan keadaan iklim dan topografi yang terdapat pada daerah sasaran. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan Percobaan Hujan Buatan ini dilakukan evaluasi terhadap curah hujan dengan disain "target only" dan disain "target control".

Jika dari analisis yang dilakukan ternyata bahwa metode ini tidak mengganggu lingkungan serta dapat secara nyata menambah curah hujan, maka metode ini dapat diterapkan pada daerah lain di Indonesia yang memiliki karakteristik lingkungan yang serupa.

Diharapkan dengan melaksanakan Hujan Buatan dari awan-awan yang terdapat pada puncak Gunung Tangkuban Perahu tersebut, maka air yang dihasilkan dari kegiatan penyemprotan akan dapat membantu dalam mengairi daerah pertanian yang terdapat di lereng utara Gn. Burangrang dan Tangkuban Perahu.

KEADAAN UMUM DAERAH PERCOBAAN.

Letak Geografi.

Menurut peta topografi skala 1 : 50.000 lembar 39/XXXIX A, Gunung

Tangkuban Perahu dilalui oleh garis $107^{\circ} 36'$ Bujur Timur dan $6^{\circ} 45'$ Lintang Selatan. Gunung Tangkuban Perahu terletak \pm 29 km di sebelah utara Bandung atau \pm 31 km di sebelah selatan Subang. Di sekitar Gn. Tangkuban Perahu terdapat Gunung Burangrang (tinggi 2064 m) dan Gunung Bukit Tunggul (tinggi 2209 m).

Menara Dispenser terletak 1 km ke arah utara dari lokasi pariwisata di Gunung Tangkuban Perahu (tinggi 2076 m) di Jawa Barat. Lokasi ini dapat dicapai dengan menggunakan jalan umum yang digunakan untuk rekreasi. Gunung yang berbentuk perahu terbalik ini merupakan gunung yang sedang dalam masa istirahat (post volcanic).

Hidrologi Daerah Sasaran.

Uraian mengenai hidrologi dalam pembahasan ini hanya ditekankan pada alur-alur pengaliran sungai dari hulu ke muara, yaitu sungai-sungai yang berhulu di daerah sasaran, terutama yang berasal dari Gunung api Tangkuban Perahu. Adapun lokasi sungai-sungai tersebut adalah :

1. Di sebelah timur laut terdapat Sungai Cicenang dan Sungai Cipangasahan. Sungai-sungai ini berasal dari Kawah Domas dan akhirnya kedua sungai ini bersatu di sungai induk yaitu Cipunagara.
2. Di sebelah utara terdapat sungai Ciasem (dengan anak-anak sungai Cimuja, Cikoneng dan Cinangka) dan Cilamaya.
3. Di sebelah selatan terdapat sungai Cikole dan Cikukang yang akhirnya bersatu di Sungai Cikapundung. Selain itu masih ada 2 anak sungai yang mengalir ke arah selatan yang berhulu di Gunung Tangkuban Perahu, yaitu Sungai Cihideung dan Cimahi.

Sungai yang mengalir ke arah barat tidak dijumpai, hal ini disebabkan di sebelah barat Gunung Tangkuban Perahu masih merupakan daerah pegunungan, yaitu Gunung Burangrang.

Topografi.

Keadaan topografi pada daerah lokasi dengan radius 20 km dari pusat kegiatan, dapat dibedakan atas 3 jenis, yaitu :

- dataran tinggi: utara Bandung, Wanayasa, dan Sagalaherang.
- Perbukitan : Lembang dan Cisarua.
- pegunungan : Tangkuban Perahu, Burangrang dan Bukit Tunggul.

Gunung Tangkuban Perahu merupakan salah satu bagian dari gunung-gunung yang melingkari dataran tinggi Bandung. Dataran tinggi tersebut dibatasi oleh:

- sebelah barat: Gunung Gede (2958 m), Gunung Pangrango (2434 m).
- sebelah selatan: Gunung Masigit (2078 m), Gunung Patuh (2434 m),

Gunung Waringin (2140 m), Gunung Kancana (2181 m), Gunung Pandayan (2622 m), Gn. Malabar (2321 m), dan Gunung Guntur (2249 m).

Keadaan Iklim.

a. Suhu, Kelembaban dan Titik Embun.

Di daerah lereng utara Gunung Tangkuban Perahu, rata-rata suhu udara minimum pagi hari adalah 16° C dan rata-rata suhu udara maksimum siang hari adalah 29° C, kelembaban relatif 70 — 90% dan titik embun antara $19 - 20^{\circ}$ C.

b. Keadaan Angin.

Angin sampai ketinggian 2000 m arahnya banyak berubah. Perubahan ini banyak disebabkan oleh adanya Gunung Tangkuban Perahu dan Gunung Burangrang. Kecepatan angin pada lapisan ini rata-rata antara 10 — 18 knot.

c. Keadaan Awan.

Sebagaimana daerah bergunung-gunung, maka di daerah ini banyak terdapat awan orografik yang terbentuk di dekat puncak pegunungan. Selain itu juga banyak terdapat awan-awan cumulus sebagai akibat proses konveksi dari daerah sekitarnya.

d. Curah Hujan.

Besarnya curah hujan rata-rata tahunan berkisar 2000 — 4000 m, sedangkan untuk bulan Juni dan Juli pada tahun 1879 — 1941, 1960 — 1971 dan 1980 adalah seperti terbaca pada tabel 1.

Penggunaan Tanah.

Di sebelah selatan sebagian besar merupakan hutan lebat dan hutan sekunder. Di bawahnya lagi merupakan perkebunan sayur-sayuran dan pertanian sawah serta beberapa perkampungan yang tersebar mengikuti jalan raya. Perkampungan yang cukup besar terdapat di kota Lembang dan Cisarua (Peta Tata Guna Tanah 1978, Kantor Agraria Dati II Bandung). Di sekitar puncak Gunung Tangkuban Perahu merupakan hutan lebat dan hutan belukar.

Di sebelah timur banyak perkebunan teh yang diselingi pertanian tanah kering berupa tegalan.

METODA DAN RANCANGAN PERCOBAAN.

Metode Percobaan.

Hujan dapat diturunkan secara lebih cepat dari awan-awan konvektif apabila pada dasar awan tersebut disemprotkan partikel-partikel cair. Teori ini sudah dibuktikan kebenarannya melalui berbagai percobaan antara lain oleh Bowen (1952).

Dua cara yang dipakai untuk mengirimkan partikel cair hingga dapat sampai ke dasar awan, yaitu :

- a. Disemprotkan di dasar awan dengan menggunakan pesawat (telah uji coba di Indonesia sebanyak 13 kali).
- b. Disemprotkan dari darat dengan menggunakan Menara Dispenser.

Dalam percobaan yang dilaksanakan di Gunung Tangkuban Perahu diterapkan metoda yang kedua yaitu penyemprotan awan dari darat dimana partikel cair larutan urea dengan ukuran diameter 50 mikron disemprotkan oleh alat mikronair yang dipasang di atas menara.

Anggapan dasar dalam penerapan operasi dengan metoda ini adalah bahwa partikel yang disebarluaskan pada lapisan udara permukaan juga dapat mencapai lapisan dasar awan karena adanya angin ke atas (up-current) yang bertiup di atas atmosfer seperti pada gambar 1.

Rancangan Percobaan.

Rancangan Operasional.

Di Pulau Jawa khususnya di Jawa Barat, hujan banyak turun pada musim angin barat yaitu dari bulan November sampai April, sedangkan periode kering terjadi pada musim angin timur dari Mei sampai Oktober. Adanya perbedaan ketinggian (topografi) menyebabkan adanya perbedaan (variasi) curah hujan pada beberapa tempat. Dari pengalaman terdahulu diketahui bahwa hujan buatan akan menghasilkan tambahan curah hujan paling besar bila dilaksanakan pada awal atau akhir musim penghujan mengingat cuaca pada saat tersebut masih memungkinkan terbentuknya awan hujan. Dengan demikian bulan September — Oktober atau Mei — Juni merupakan saat yang terbaik untuk melaksanakan penyemaian awan. Pada periode Mei sampai Oktober umumnya angin bertiup dari timur sampai tenggara. Garis angin (stream line angin) secara umum untuk periode Mei sampai Oktober adalah pada gambar 2.

Bila melihat pada pola angin umum maka penyemaian awan yang dilakukan di Gunung Tangkuban Perahu akan dapat menumbuhkan awan dan mempercepat turunnya hujan dari awan-awan yang terdapat di daerah bawah angin (down wind) yaitu di daerah Cikalang Wetan, Wanayasa dan atas Gn. Tangkuban Perahu. Tetapi mengingat bahwa daerah ini adalah

daerah pegunungan maka ada kemungkinan pengaruh angin lokal (angin lembah) sangat dominan sehingga hasil penyemaian dipengaruhi oleh angin lokal yang saat itu bertiup. Dalam hal ini daerah dengan radius 10 km dari pusat Gn. Tangkuban Perahu ditetapkan sebagai daerah sasaran percobaan (daerah target).

Sebaran Jaringan Penakar Hujan.

Dari penyemaian awan yang dilakukan, diharapkan akan turun hujan di daerah sasaran. Untuk itu di daerah sasaran di kwadrant 4 dipasang penakar hujan tipe observasi untuk melengkapi jaringan penakar yang sudah ada, baik milik MBG maupun milik instansi lainnya, sesuai arah dari pola angin umum. Agar dapat memperkirakan curah hujan di daerah sasaran apabila tidak ada penyemaian maka perlu diambil suatu daerah lain sebagai daerah kontrol yang mempunyai karakteristik klimatologi dan topografi yang mirip dengan daerah sasaran. Untuk itu, maka dipilih daerah Gunung Gede di Kabupaten Cianjur sebagai daerah pembanding (daerah kontrol) atas dasar-dasar pertimbangan bahwa daerah tersebut merupakan daerah pegunungan yang masih dipengaruhi angin yang sama dan mempunyai korelasi curah hujan yang kuat dengan daerah Tangkuban Perahu.

Seperti juga di daerah sasaran maka untuk mengetahui curah hujan yang terjadi di daerah pembanding dipasang juga penakar hujan pada kwadrant 4. Jarak antara pusat daerah sasaran ke pusat daerah pembanding sekitar 80 km. Daerah ini cukup jauh untuk menghindari kontaminasi dari bahan penyemaian, sehingga dapat diharapkan hujan yang terjadi di daerah pembanding tidak dipengaruhi oleh penyemprotan, melainkan hujan alamiah.

Pemilihan Saat Penyemprotan.

Pelaksanaan penyemprotan dilakukan setiap hari (seeding all) dengan dasar keadaan cuaca yang berubah-ubah yang terjadi setiap hari. Untuk mendapatkan gambaran keadaan atau kondisi cuaca harian maka di daerah sasaran perlu ditempatkan dua stasiun pengamat cuaca. Dari stasiun pengamat cuaca dilakukan pengukuran parameter cuaca yang penting untuk menunjang operasi yaitu pengukuran arah & kecepatan angin (sampai ketinggian 18.000 kaki jika dalam keadaan cerah), keadaan awan serta keadaan perkembangan awan hingga 12 jam mendatang. Selain itu di pusat operasi juga diadakan pengukuran udara atas dengan rawindsonde dan pengamatan visuji seperti pada dua stasiun pengamat cuaca yang tersebut di atas. Penyemprotan dilakukan pada awan yang melintas atau menutup lokasi menara atau dapat pula pada awan yang jauh bila angin cukup kuat.

Data untuk Analisis Curah Hujan.

Data hujan aktuil selama operasi diambil dari 6 penakar hujan yang ada di daerah pembanding.

Untuk analisis cuaca dipakai data dari stasiun pengamat dan untuk analisis debit air sungai dilakukan pengukuran pada beberapa sungai yang ada di daerah utara Gunung Tangkuban Perahu.

Analisis lingkungan dilaksanakan berdasarkan data yang diambil dari contoh air hujan, contoh air sungai dan contoh tanah di sekitar daerah percobaan serta pengamatan visual terhadap tumbuhan. Selain itu dilaksanakan analisis dari citra satelit menggunakan nefanalisis.

KEGIATAN PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PERCOBAAN.

Kegiatan Persiapan.

Kegiatan persiapan merupakan realisasi pelaksanaan dari rancangan percobaan yang telah diuraikan di depan dan harus diselesaikan sebelum kegiatan percobaan.

Pemasangan Peralatan di Lokasi Menara Dispenser.

Semua peralatan yang akan digunakan dipersiapkan, dipasang dan akhirnya dicoba untuk mengetahui apakah berjalan dengan baik. Dalam kegiatan ini termasuk pemasangan panel-kontrol listrik, kemudian disambung ke sumber listrik (Genset) dan perbaikan saluran air dari sumbernya di mata air Cikahiripan.

Penempatan Pos Pengamatan Cuaca di Daerah Sasaran.

Dari pengamatan setempat serta mengingat fungsi dari stasiun pengamat maka dipilih lokasi Wanayasa dan Jalan Cagak yang berjarak \pm 10 km dari menara sebagai lokasi pos pengamat di daerah sasaran karena:

1. Dari kedua tempat tersebut dapat diamati dengan leluasa perkembangan awan dan awan-awan yang mungkin melintasi di atas Gunung Tangkuban Perahu.
2. Daerah Wanayasa dan Jalan Cagak terletak di daerah bawah angin yang diperkirakan akan selalu mendapat hujan dari awan-awan yang diberi perlakuan melalui penyemaian.

Pemasangan Penakar Hujan di Daerah Sasaran dan Pembanding.

Pada kuadran 4 (270° sampai 360°) baik di daerah sasaran maupun di daerah pembanding dipasang 6 buah penakar hujan pada posisi yang identik. Posisi penakar hujan sangat ditentukan oleh kontinuitas data historis untuk paling kurang 20 tahun agar dapat berguna untuk evaluasi hasil hujan (desain target only).

Pemilihan Lokasi Pengukuran Arus Sungai.

Dari pengamatan langsung maka Sungai Cilamaya dan Sungai Cimuja dianggap cocok untuk pengukuran arus sungai. Sungai Cilamaya mengalir melalui Desa Garokgeg, Kecamatan Wanayasa, Kabupaten Purwakarta. Sungai Cimuja terletak di Desa Dayeuhkolot, Kecamatan Sagalaherang, Kabupaten Subang (gambar 3).

Rencana Pengamatan Lingkungan di Lokasi Menara.

Pengamatan lingkungan ini bertujuan untuk mengikuti anjuran Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup yaitu "Membangun tanpa merusak" atau yang lebih dikenal dengan Pembangunan yang berwawasan Lingkungan.

Dengan adanya pengamatan lingkungan diharapkan dapat mengetahui dampak kegiatan Hujan Buatan sedini mungkin, sehingga bila terdapat dampak negatif besar, kegiatan dapat dihentikan untuk sementara. Penghentian ini bertujuan untuk mengkaji penyebab dari pencemaran lingkungan tersebut yang mungkin disebabkan oleh bahan-bahan yang digunakan. Bila disebabkan oleh bahan-bahan yang digunakan, maka perlu dicari atau ditemukan bahan-bahan jenis yang tetap efektif dan efisien, namun tidak merupakan bahan pencemar lingkungan. Apabila disebabkan oleh teknologi yang digunakan maka perlu dilakukan perubahan/modifikasi atau menunggu teknologi yang lebih baik ditinjau dari sudut lingkungan.

Cara lain adalah mencari jalan keluar berupa tindakan-tindakan pengamanan yang sederhana, namun tetap cukup efektif untuk dapat mengurangi dampak seminimal mungkin, sehingga tujuan utama dari penelitian ini dapat tetap berjalan.

Menara Dispenser Hujan Buatan dipasang pada ketinggian \pm 1820 m dpal, di bagian timur Kawah Upas dan Kawah Baru, dalam wilayah Taman Wisata dan Cagar Alam Gunung Tangkuban Perahu. Sekitar lokasi menara ini terdapat banyak kawah, yaitu Kawah Baru, Kawah Ratu, Kawah Domas dan Kawah Upas. Secara garis besar topografi di lokasi Menara Dispenser bergelombang, berbukit sampai bergunung dengan kemiringan landai sampai curam. Jenis tanah yang terbentuk dalam kawasan ini adalah tanah Andosol dan batuan beku basis serta intermedier. Kedalaman tanah berkisar antara 30 – 60 cm.

Di sekitar lokasi terdapat beberapa sumber air, di antaranya adalah sumber air Cikahuripan yang terletak di sebelah utara Kawah Upas. Sumber air ini dimanfaatkan untuk keperluan pengembangan taman wisata, termasuk untuk pengadaan air minum. Di sebelah selatan Kawah Domas terdapat sumber air Sasak Saat yang mengandung yodium dan sulfur, sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk kepentingan wisata.

Daerah sasaran Hujan Buatan dengan Menara Dispenser di Gunung Tangkuban Perahu ini meliputi daerah hutan, perkebunan, kebun campuran, sawah dan daerah perkampungan (gambar 4).

Tipe vegetasi di daerah ini adalah tipe vegetasi murni yang didominasi oleh Manarasa (*Vaccinium Sp*) dan Santigi (*Vaccinium Sp*) dan tipe vegetasi shutan campuran pegunungan yang didominasi oleh Rasamala (*Schima Wallichii*), Pasang (*Querqus Sp*), dan Kihur (*Castanopsis Javonica*).

Jenis-jenis vegetasi yang ada di taman wisata dan cagar alam adalah sebagai berikut :

No.	Nama Daerah	Nama Latin
1.	Manarasa	<i>Vaccinium variangiaeefolium</i>
2.	Manjel	<i>Laplacea Integerrima</i>
3.	Kiteke	<i>Myrioa javanica</i>
4.	Panggang	<i>Schefflera aromatica</i>
5.	Puspa	<i>Sohima waliohii</i>
6.	Kiputri, Jamuju	<i>Podocarpus imbricatus</i>
7.	Kihur	<i>Castanopsis javanica</i>
8.	Kalimorot	<i>Castanopsis acuminatissima</i>
9.	Saninten	<i>Castanopsis argentea</i>
10.	Huru hiris, huru leueur, huru lanak	<i>Castanopsis spp</i>
11.	Mara	<i>Macaranga triloba</i>
12.	Kareumba	<i>Homalanthus populnea</i>
13.	Putat	<i>Planotonia valuda</i>
14.	Simpur	<i>Dillenia exolsa</i>
15.	Kibintinu	<i>Melochia sp</i>
16.	Kiharendong	<i>Clidemia sp</i>
17.	Kicampaka	<i>Magnolia champa</i>
18.	Lemo	<i>Litsea cubeba</i>
19.	Kiteja	<i>Neolitala javanica</i>
20.	Kibisoro	<i>Ficus sp</i>
21.	Hambirung	<i>vernonia arborea</i>
22.	Kisireum	<i>Eugenia sp</i>
23.	Jambu alas	<i>Eugenia densiflora</i>
24.	Girak	<i>Symplocos fasciculata</i>
25.		<i>Querqus costata</i>
26.	Kisampang	<i>Evodia maorophylla</i>

27.	Rengas	Glutta rengas
28.	Kisalam	Eugenia polyantha
29.	Kijeruk	Aconychia peduaculata
30.		Phododandeon javanicus
31.	Bunga abadi	Anaphalis javanica
32.	Paku tangkur	Lycopodium olavatum
33.	Pepedaan (paku-pakuan)	Glichenia lenerlansia
34.	Paku-pakuan	Glichenia convetsia
35.	Paku-pakuan	Glichenia laevigata
36.	Pakis-pakisan	Hystiopteris sp
37.	Jukut jeblok	Gahnia javanica
38.	Jahe-jahean	Hedicia sp
39.	Bungbrun	Poligenium chineasis
40.	Pining	Hornstedtia paludosa
41.	Kecembang (Liana)	Elagus sp
42.	Seuseureuhan	Piper aduncum
43.	Cangar	Tetrastigma lancolanum
44.	Walen	Ficus deltoidea
45.	Harendong	Melastoma polyanthum
46.	Lampenis	Medinella javanica
47.	Kirinyu	Eupphatorium inufolium
48.	Saliara	Lantana qamara
49.	Cantigi	Vaccinium sp
50.	Pakis jabrig	Alsophylla sp
51.	Pakis emas	Cybotium sp
52.	Pakis tilang	Cyatea glauca
53.	Pakis haji	Cycas rumpii
54.	Pisang hutan	Musaosia sp
55.	Bubukan	Flatostoma strigosum
56.	Siuh (Liana)	Pasohiflora padulis
57.	Rumput-rumputan	Dissochaeta leprosa

Areal perkebunan di daerah sasaran didominasi oleh perkebunan teh.

Populasi satwa termasuk jarang, yang agak banyak adalah burung kutilang (*Pycnonotus cafeaurigaster*) dan pipit (*Lenuhura lencogasfroides*).

Dari hasil pengamatan Direktorat Perlindungan dan Pengawetan Alam, berdasarkan jejak, temuan, informasi serta suara yang dapat dide ngar meliputi jenis-jenis sebagai berikut :

No.	Nama Daerah	Nama Latin
1.	Walik	Treron grisscapilla

2.	Kacanda	Ducula aenca
3.	Ayam hutan	Gallus-gallus
4.	Puyuh gunggong	Arbarophylla javanicus
5.	Burung Uncal	Macropygia Unchal
6.	Titiran	Geopelia striata
7.	Tekukur	Columbidiae
8.	Pipit	Lanchura Leucogastroides
9.	Kutilang	Pyon onotus caferungaster
10.	Sincarung	Oriolus oriolus
11.	Saepah	Meliphagidae
12.	Jelarong	Ratufa bicolor
13.	Landak	Hystrix sp
14.	Carsuh/Musang	Pharadoksurus hermaprodictus
15.	Tupai	Scuridae

Pengamatan lingkungan sekitar lokasi Menara Dispenser, dilaksanakan dalam 3 tahap, yaitu :

Tahap I (tahap awal).

Tujuan pengamatan lingkungan tahap awal ini adalah untuk mendapatkan gambaran lingkungan, baik secara kuantitatif (dengan analisa tanah dan air) maupun secara kualitatif (dengan pengamatan secara visual), yang kemudian akan digunakan sebagai "base line" keadaan lingkungan sebelum adanya kegiatan Hujan Buatan. Kegiatan ini dilaksanakan kurang lebih dua bulan sebelum tahap II dilaksanakan.

Tahap II (tahap pertengahan).

Tujuan pengamatan lingkungan tahap pertengahan ini adalah untuk mengetahui apakah terjadi perubahan lingkungan yang ditunjukkan oleh pengamatan secara visual maupun kecenderungan perubahan parameter-parameter tanah maupun air yang dianalisis. Agar perubahan-perubahan tertentu dapat terlihat secara nyata, maka pelaksanaan pengamatan lingkungan ini dilakukan pada minggu terakhir percobaan Hujan Buatan, dengan pertimbangan, jika terjadi perubahan akibat introduksi bahan kimia yang digunakan telah tersebar dan telah cukup banyak atau terakumulasi.

Tahap III (tahap akhir).

Tujuan dari pengamatan lingkungan tahap akhir ini adalah untuk mengetahui kondisi lingkungan sebenarnya dan daya dukung alam untuk memulihkan perubahan yang mungkin terjadi akibat kegiatan percobaan Hujan Buatan yang dilaksanakan. Tahap ini dilaksanakan \pm 3 bulan setelah berakhirnya pelaksanaan percobaan Hujan Buatan.

Pelaksanaan Percobaan.

Pengamatan Cuaca.

Kegiatan percobaan selalu diawali dengan kegiatan pengukuran parameter dan pengamatan cuaca pada pagi hari, yaitu jam 07.00. Dalam kegiatan pengukuran ini diukur parameter cuaca permukaan (dekat tanah) yaitu: kelembaban udara, suhu udara, tekanan udara, titik embun, arah dan kecepatan angin serta keadaan awan. Pengukuran dilakukan setiap jam sampai jam 17.00. Khusus angin, selain pengukuran angin permukaan, dilakukan juga pengukuran angin pada berbagai ketinggian, dengan menggunakan pilot balon (Pibal) pada jam 08.00, 10.00 dan 13.00.

Data yang didapat langsung dikirimkan ke pusat kegiatan di Tangkuban Perahu melalui sistem komunikasi yang selanjutnya akan dianalisis. Format dari data yang didapat dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 sedangkan seluruh data yang didapat selama percobaan terdapat pada lampiran 1 dan 2.

Di Pusat operasi Tangkuban Perahu, selain diadakan pengukuran parameter cuaca permukaan, juga dilaksanakan pengukuran parameter cuaca atas (jauh dari permukaan) menggunakan rawinsonde pada jam 11.00. Dengan rawinsonde, dapat diketahui parameter cuaca pada pelbagai ketinggian lapisan udara dan dengan analisis data ini diperoleh gambaran antara lain tingkat kegoyahan udara, kemungkinan terjadinya hujan untuk 6–10 jam ke depan bagi daerah seluas 100 km persegi (Wahab, 1983) dari titik pengukuran. Format dari data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4 sedangkan seluruh data selama percobaan ada pada lampiran 3.

Kegiatan Penyemprotan.

Larutan urea yang biasa digunakan ialah campuran urea dan air dengan perbandingan 3 (urea) : 5 (air). Larutan yang dipersiapkan di bagian pengadukan sebanyak 700 s/d 1000 liter/hari. Dari pengadukan larutan kemudian dikirim ke atas menara dan dimasukkan ke dalam mikronair yang berputar cepat sehingga terbentuk menjadi partikel larutan dengan ukuran 50 mikron. Bila jumlah partikel yang jatuh kembali ke tanah diperkirakan 50%, maka masih terdapat 2×10^9 partikel perdetik yang terbawa ke awan oleh angin. 1) & 2).

Untuk lebih memperkecil konsentrasi partikel yang jatuh kembali, penyemprotan diusahakan pada saat ada angin yang bertiup keras. Sebelum penyemprotan, diadakan pengamatan awan dari stasiun pengamat yang ditempatkan di Wanayasa dan Jalan Cagak yang berjarak kira-kira 10 km dari lokasi menara.

Penyemprotan dilaksanakan pada awan-awan yang bergerak ke arah lokasi atau pada awan-awan yang berada di atas lokasi menara, yang

biasanya dilakukan pada jam 11.00 WIB.

Pelaksanaan penyemprotan selama hari operasi, jenis dan jumlah larutan serta keadaan awan dari awal hingga akhir penyemprotan yang diamati di lokasi menara dapat dilihat pada tabel 5.

Pengamatan Curah Hujan.

Curah hujan harian yang terjadi selama percobaan, diambil dari stasiun pengamat dan datanya ditampilkan pada tabel 6 dan 7.

Pengamatan Arus Air Sungai.

Kegiatan ini sangat penting karena data yang didapat bisa mendukung evaluasi percobaan, misalnya untuk memonitor hujan dan saat terjadinya. Ada kemungkinan sistem jaringan penakar tidak dapat memonitor hujan lokal karena oleh suatu sebab tidak mungkin dilakukan pemasangan penakar hujan di daerah itu. Mengingat fungsi sungai sebagai saluran utama sistem DAS, maka diharapkan hujan yang tidak termonitor oleh penakar masih dapat terdeteksi oleh adanya peningkatan arus sungai yang terukur. Disamping itu, dari perhitungan besarnya debit dapat juga memberi informasi kuantitas hujan.

Alat yang dipergunakan adalah pengukur arus (current meter) merk A OTT Kempton tipe C 31.00 dengan counter tipe F4 serta NAAKASA model J. 071, direct reading. Masa pengamatan adalah jam 09.00, 11.00, 13.00, 15.00 dan 17.00, setiap hari. Metoda pengukuran menggunakan tiga titik transek vertikal yaitu permukaan, tengah dan dasar sungai. Untuk mengetahui luas penampang melintang sungai, diadakan pengukuran setiap interval 25 cm sepanjang lebar sungai. Fluktuasi tinggi air diketahui dengan memasang pengukur tinggi air (staff gauge). Pelaksanaan pengukuran dilakukan oleh 2 (dua) orang pada setiap sungai. Format data harian dapat dilihat pada tabel 8, sedangkan seluruh data selama percobaan terdapat pada lampiran 4.

Pengamatan Lingkungan.

Dalam percobaan Hujan Buatan dengan Menara Dispenser di Gunung Tangkuban Perahu, bahan kimia yang digunakan adalah urea yang dilarutkan dalam air dengan perbandingan 3 bagian urea dan 5 bagian air. Jadwal penyemprotan dapat dilihat pada tabel 5.

- 1). KR. Biswas, RK Kapoor and KK Konuga, Cloud Seeding Using Common Salt, Journal of Applied Meteorology Vol. 6, 1967.
- 2). E.N. Fournier D'Albe, 1955, Cloud Seeding Trials Using Common Salt, Proceeding of the First Conference on the Physics of Cloud and Precipitation Particle.

Karena penyemaian awan dilakukan dengan penyemprotan larutan urea, introduksi bahan kimia ini dapat terjadi melalui hujan yang dihasilkan maupun larutan yang langsung jatuh pada saat penyemprotan. Dengan demikian yang merupakan "main issue" adalah perubahan kualitas tanah dan air serta kondisi vegetasi di sekitar menara.

Perubahan terhadap kualitas tanah terutama diduga akan mempengaruhi keseimbangan konsentrasi unsur nitrogen yang telah ada di dalam tanah. Apabila terjadi penambahan yang berlebihan pada tanah yang subur akan dapat mengakibatkan kerusakan pada tanaman. Sebaliknya, untuk lokasi-lokasi yang konsentrasi unsur nitrogennya rendah, penambahan unsur nitrogen secara tidak langsung melalui Hujan Buatan akan meningkatkan kesuburan tanah. Adapun perubahan terhadap kualitas air hujan dan kualitas air di badan-badan air (terlihat perbedaan antara parameter-parameter kualitas air hujan atau dengan air hujan buatan) diduga karena adanya introduksi bahan urea. Hal ini tentunya akan dapat berpengaruh pada manusia, hewan dan tumbuhan-tumbuhan yang memanfaatkan air hujan buatan.

Analisa kualitas air adalah dengan membandingkan setiap parameter kualitas airnya dengan suatu kriteria air. Perubahan terhadap kualitas tanaman di sekitar lokasi terutama diduga karena larutan urea mempunyai tingkat kepekatan yang lebih besar dibandingkan kepekatan larutan dalam daun. Hal ini berdasarkan pengalaman yang lalu dengan menggunakan menara setinggi 12 meter, dimana dijumpai beberapa tanaman yang daunnya menguning dan sebagian kecil dari padanya kemudian mati.

Dari kedua cara introduksi tersebut, kemungkinan komponen lingkungan yang dipengaruhi adalah :

1. Kualitas tanah di sekitar lokasi Menara Dispenser dan di dalam daerah sasaran.
2. Kualitas air hujan dan kualitas badan air di sekitar lokasi serta di dalam daerah target.
3. Kondisi vegetasi di sekitar lokasi Menara Dispenser yang dipengaruhi oleh larutan urea yang langsung jatuh pada saat penyemprotan.

Berdasarkan kemungkinan komponen lingkungan yang dipengaruhi, maka pengamatan lingkungan dilakukan dengan mengadakan analisa laboratorium terhadap tanah dan air (dilakukan oleh Laboratorium Kualitas Lingkungan Tanah dan Air Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Bandung) dan pengamatan langsung pada vegetasi di sekitar lokasi Menara Dispenser.

Beberapa pengamatan yang dilakukan adalah :

1. Pengamatan visuili.

Penekanan pengamatan visuili adalah pengamatan terhadap kondisi vegetasi di sekitar lokasi Menara Dispenser. Pada saat pengamatan tahap pertama, kondisi vegetasi di sekitar lokasi baik, kecuali

- beberapa tumbuhan di sebelah barat menara yang sudah terlanjur mati, akibat penyemprotan pada percobaan sebelumnya (dengan menara setinggi 12 meter) yang sekarang sudah tidak digunakan lagi.
2. Pengamatan kondisi tanah.
Pengambilan sampel tanah yang dilakukan dalam kegiatan ini adalah pada kedalaman lapisan olah kurang 30 cm. Lokasi pengambilan sampel tanah dapat dilihat pada gambar 3.
- a. Tangkuban Perahu I.
Lokasi pengambilan sampel tanah adalah \pm 100 meter di sebelah barat daya Menara Dispenser. Pemilihan lokasi ini berdasarkan arah angin yang dominan pada bulan Juni/Juli adalah dari arah tenggara, sehingga jika ada bahan kimia yang jatuh pada saat penyemprotan, maka bahan ini akan jatuh pada daerah sebelah barat (daerah "down wind"). Daerah inilah diduga yang akan paling banyak terkena akibat penyemprotan.
- b. Tangkuban Perahu II.
Lokasi pengambilan sampel \pm 50 meter di sebelah selatan menara. Pemilihan ini berdasarkan perkiraan bahwa lokasi pengambilan sampel merupakan daerah "up wind", sehingga bila ada perbedaan dapat dibandingkan dengan daerah "down wind". Diharapkan daerah ini tidak banyak terkena pengaruh akibat penyemprotan.
- c. Perkebunan Teh Ciater.
Sampel diambil di daerah perkebunan teh, \pm 10 km di sebelah timur laut Menara Dispenser. Tujuan dari pemilihan lokasi ini adalah untuk mengetahui perubahan-perubahan unsur-unsur kimia yang terjadi akibat penyemprotan pada tanah produktif di dalam daerah sasaran.
- d. Desa Dayeuhkolot, Kecamatan Sagalaherang.
Sampel tanah diambil dari tanah tegalan yang ditanami tanaman jagung. Lokasi pengambilan sampel \pm 18 km di sebelah utara Menara Dispenser. Tujuan dari pemilihan lokasi ini untuk melihat apakah ada pengaruh penyemprotan terhadap jenis tanaman setahun (umur tanaman hanya beberapa bulan).

Pengamatan Kondisi Air.

Pada pengamatan kondisi air sekitar menara Dispenser, dipilih lima lokasi badan air yang dianggap mewakili keseluruhan kondisi air seperti terlihat pada tabel 9.

- a. Mata air Cikahuripan.
Mata air ini mempunyai debit \pm 0,2 liter/detik, yang mengalir sepanjang tahun. Digunakan untuk keperluan domestik dan pengembangan pariwisata. Dengan pemilihan lokasi ini diketahui perubahan

yang terjadi (karena adanya kegiatan penyemprotan) pada sumber mata airnya secara langsung. Lokasi mata air ini ± 800 m di sebelah barat laut menara Dispenser.

Sungai Cicenang.

Lokasi sungai ini di lereng timur Gunung Tangkuban Perahu dan berhulu ± 3 km di lereng timur Gunung Tangkuban Perahu. Sungai ini kemudian menyatu dengan sungai Cipunegara. Pemilihan lokasi ini dianggap mewakili daerah yang tidak terkena pengaruh langsung dari penyemprotan, karena berada pada daerah "down wind" pada lereng sebelah timur. Pengambilan sampel dilakukan di daerah perkebunan teh Ciater yang mengalir di bawah jembatan Cicenang.

c. **Sungai Cibogo.**

Sungai Cibogo terletak di sebelah selatan Gunung Tangkuban Perahu dan berhulu ± 2 km di lereng selatan Gunung Tangkuban Perahu. Sungai ini kemudian akan bersatu dengan sungai Cikowari bertemu di sungai Cikapundung yang mengalir ke arah kota Bandung. Pengambilan sampel dilakukan di daerah Lembang. Di lokasi ini diharapkan dapat diperoleh contoh air yang tidak dipengaruhi oleh penyemprotan, karena berada pada daerah "up wind".

d. **Sungai Cimuja.**

Sungai Cimuja terletak di sebelah utara Gunung Tangkuban Perahu dan berhulu ± 2 km di lereng utaranya. Sungai ini kemudian menyatu dengan sungai Ciasem di sebelah utara Gunung Tangkuban Perahu. Pengamatan air di sungai Cimuja ini bertujuan untuk mendapatkan sampel air yang akan paling banyak terkena pengaruh penyemprotan karena berada pada daerah "down wind". Sampel air diambil di desa Dayeuhkolot, Kecamatan Sagalaherang.

e. **Air Hujan.**

Sampel air hujan diambil di lokasi Menara Dispenser. Pengambilan sampel air ini dilakukan dengan menampung langsung air hujan yang jatuh. Dilakukan dua kali untuk ulangan dan akan dianggap mewakili kualitas air hujan yang dihasilkan akibat kegiatan penyemprotan.

Kelima lokasi pengambilan sampel air berada dalam radius 10 km dari menara Dispenser, sebagai daerah yang diduga merupakan daerah yang dipengaruhi oleh kegiatan Hujan Buatan. Waktu pengambilan sampel adalah dua bulan sebelum pelaksanaan percobaan sebagai tahap awal, minggu terakhir percobaan sebagai tahap pertengahan, dan tiga bulan setelah pelaksanaan percobaan sebagai tahap akhir.

HASIL PERCOBAAN.

Hasil Percobaan Ditinjau dari Cuaca.

Dari data pengukuran rawinsonde diperoleh gambaran profil suhu udara, lapisan inversi/stabil dan lain-lain. Analisis data ini dapat memberi informasi tentang tingkat kestabilan atmosfer untuk radius 100 km³) dari titik pengamatan. Tingkat kestabilan ini menentukan sifat cuaca yang akan terjadi 6 sampai 12 jam yang akan datang. Apabila lapisan permukaan sangat stabil maka awan konvektif atau orografik sangat sukar tumbuh menjadi besar.⁴⁾.

Parameter cuaca lapisan atas dapat dipakai untuk mengetahui curah hujan yang mungkin turun pada kondisi cuaca hari itu, dengan menghitung tebal lapisan endapan air (precipitable water) pada lapisan yang basah. (lihat catatan kaki 5 dan 6).

Tebal endapan air (P) untuk suatu lapisan adalah :

$$P = \frac{W}{g} \cdot (P_1 - P_2)$$

dimana :

P = tebal endapan air dalam cm.

W = rata-rata mixing ratio (gr/kg) untuk lapisan tersebut

g = gravitasi (980 cm/detik²).

P_{1,2} = tekanan dalam millibar.

Dari endapan air setebal P, jika dianggap efisiensi presipitasi rata-rata 30%, maka dengan kondisi cuaca pada saat sounding dapat diperkirakan curah hujan yang turun yaitu :

$$R = 0,33 P.$$

Suhu Udara dan Titik Embun.

Profil suhu udara harian selama percobaan berlangsung dapat dilihat pada gambar 5. Dari profil suhu ini terlihat bahwa terdapat lapisan yang sifatnya stabil (inversi/isoterm).

- 3) Ch Wahab, Rosdiana & Suryadi WH. BMG, Penggunaan Pengamatan Radiosonde untuk operasional Hujan Buatan.
- 4) Robert I Sax, 1978, Meteorological and Cloud Microphysical Measurements.
- 5) Bollay et al, Meteorological, Thermodynamics and Atmospheric Static.
- 6) Ackeman et al, Design of the High Plains Experiment, Final Report on HIPLEX Design Project, Appendix C.

Tebal maupun tinggi lapisan bervariasi. Pada umumnya tebal lapisan adalah 500 m, terletak pada ketinggian 2000 – 3500 m. Tetapi pada tanggal 29 Juni dan 8 Juli lapisan ini tercatat sangat tebal, yaitu lebih dari 1000 m, pada ketinggian 2000 – 3500 m. Pada tanggal 28 Juni, daerah stabil terdapat 2 lapisan, yaitu pada 3000 – 3500 m dan pada 5500 – 6000 m (gambar 6). Dari sounding juga dapat diketahui titik embun pada setiap lapisan.

Gambar 7 melukiskan perbedaan titik embun dengan suhu udara di sekitarnya pada lapisan 650 mb. Terlihat bahwa terdapat perbedaan yang sangat besar sampai lebih dari 15°C pada tanggal 15, 16, 29, 30 Juni dan 8, 9 Juli 1985. Pada hari yang lain perbedaan ini tidak terlalu besar yaitu kurang dari 10°C.

Kelembaban Udara.

Ditetapkan bahwa udara mempunyai katagori basah, apabila mempunyai kelembaban lebih besar atau sama dengan 65% dan katagori kering apabila kelembabannya lebih kecil dari 65%. Selama percobaan tercatat hanya 2 hari keadaan udara kering, yaitu tanggal 15 dan 16 Juli. Letak (ketinggian) dan ketebalan lapisan basah ini dari hari ke hari tidak sama (gambar 8). Dari sini terlihat bahwa udara basah yang mempunyai lapisan tebal (moist deep layer) terjadi pada tanggal 12, 13 Juni serta 10, 11 dan 12 Juli 1985, sedang pada hari yang lain lapisan basah ini berkisar antara 500 – 2000 M.

A n g i n.

Ketinggian Gunung Tangkuban Perahu adalah 1830 m dan penyemai-an awan dilakukan dari atas menara yang tingginya 30 m atau kira-kira terletak pada ketinggian 6000 kaki dari atas permukaan air laut (MSL). Stasiun pengamat yang lain terletak pada ketinggian 700 m, dan yang menjadi perhatian adalah angin, yang diamati pada ketinggian 4000 kaki di atas stasiun pengamat di Wanayasa di Jalan Cagak. Khusus untuk di atas Gunung Tangkuban Perahu arah dan kecepatan angin pada ketinggian 2000m (6000 kaki) MSL sampai 4000 m dapat dilihat pada gambar 9.

A w a n.

Awan yang dapat tumbuh atau dapat berkembang hingga menjadi hujan menjadi perhatian utama dalam modifikasi cuaca. Untuk itu (seperti juga unsur-unsur cuaca lainnya) perkembangan awan diamati, terutama setelah dilakukan penyemprotan. Perkembangan awan yang diamati disajikan pada gambar 10.

Cuaca, ditinjau dari Nefanalisis.

Salah satu cara yang dipakai untuk melihat keadaan awan adalah dengan Nefanalisis. Analisis ini dilaksanakan dengan memeriksa gambar (citra) awan yang diambil selama periode percobaan dari satelit cuaca. Dari analisis ini dapat diketahui jenis-jenis awan dan jumlahnya, batas awan utama dan sekunder, jalur awan serta gangguan atmosfir (Siklon, Vortex).

Pada pelaksanaannya, analisis ini dilakukan oleh LAPAN di stasiun penerima Pekayon. Contoh dari analisis dapat dilihat pada gambar 11 dan analisis keseluruhan dapat dilihat pada lampiran 5.

Hasil Percobaan Ditinjau dari Curah Hujan.

Penelitian modifikasi cuaca dengan menggunakan Menara Dispenser dilakukan pada bulan Juni selama 8 hari dan bulan Juli selama 12 hari.

Analisis statistik yang digunakan untuk evaluasi curah hujan adalah desain "target only" dan disain "target control". Daerah lingkaran dengan radius 10 km dari Gunung Tangkuban Perahu ditetapkan sebagai daerah target. Daerah lain, yaitu daerah lingkaran dengan radius 10 km dari Gunung Gede digunakan sebagai daerah kontrol karena memiliki karakteristik klimatologi dan topografi yang sama dengan daerah target. Curah hujan di atas kedua daerah diamati dari jaringan penakar hujan seperti yang terlihat pada gambar 12.

Dalam evaluasi curah hujan ini akan diperhitungkan perbedaan antara "*curah hujan yang jatuh di atas daerah target (sasaran) dengan adanya perlakuan penyemprotan (A)*" dan "*curah hujan yang seharusnya jatuh di atas daerah target seandainya tidak ada perlakuan penyemprotan (B)*". Nilai curah hujan yang seharusnya jatuh di atas daerah target seandainya tidak ada perlakuan penyemprotan (B), harus diperkirakan. Adapun cara memperkirakan nilai B tergantung pada desain yang akan digunakan. Pada desain "target only", nilai B diperhitungkan dari curah hujan normal rata-rata selama 20 tahun. Pada disain "Target Control", nilai B diperkirakan dengan menggunakan persamaan garis regresi (yang menggambarkan hubungan antara daerah target dan daerah control) dan menggunakan data curah hujan di atas daerah kontrol selama periode penyemprotan.

Disain "Target Only".

Nilai efektif dari perlakuan penyemprotan dapat dihitung dengan membandingkan nilai curah hujan di atas daerah target selama satu bulan yaitu bulan Juni 1985 (ada perlakuan penyemprotan 8 hari) dengan nilai curah hujan rata-rata 20 tahun dia tas daerah yang sama pada bulan Juni.

Variabilitas curah hujan normal adalah besar. Karena itu untuk me-

ngetahui bahwa penyemprotan memberikan pengaruh nyata, curah hujan yang dijatuhkan selama ada perlakuan penyemprotan harus mencapai \pm 300% dari nilai curah hujan normal (H.C.S. THOM, 1957).

Perbandingan antara curah hujan normal Juni — Juli selama 20 tahun (1961 — 1980) dan curah hujan selama ada penyemprotan (Juni — Juli 1985) di atas daerah target dapat dilihat pada tabel 10 — 11.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa :

- Curah hujan di target, Juni 1985 (ada perlakuan penyemprotan 8 hari) = 452,66 mm atau 241% dari curah hujan historis Juni 1960 — 1980.
- Curah hujan di target Juli 1985 (ada perlakuan penyemprotan 12 hari) = 342,85 mm atau 261% dari curah hujan historis Juli 1960 — 1979.

Dengan demikian apabila penyemprotan dilakukan selama satu bulan maka dapat diharapkan hasil curah hujan akan lebih dari 452,66 mm untuk bulan Juni dan lebih dari 342,85 untuk bulan Juli.

Disain "Target Control".

Untuk memberikan hasil yang nyata dalam evaluasi dengan disain target kontrol, dipergunakan alat pendekatan (predictive devices). Salah satu dari alat pendekatan adalah regresi daerah Target Control.

daerah sekitar Gunung Tangkuban Perahu sebagai lokasi kegiatan penyemprotan dilakukan, ditetapkan sebagai daerah target. Daerah sekitar Gunung Gede, yang terletak di sebelah barat daerah target, ditetapkan sebagai daerah kontrol karena mempunyai karakteristik klimatologi dan topografi yang sama dengan daerah target.

Daerah Gunung Gede tidak dipengaruhi oleh penyemprotan yang dilakukan di atas daerah target karena lokasinya cukup jauh \pm 80 km, tetapi dari evaluasi curah hujan selama 20 tahun (1960 — 1980) mempunyai korelasi yang kuat dengan daerah target, sehingga jumlah curah hujan di daerah target yang seharusnya jatuh seandainya tidak ada perlakuan penyemprotan (nilai B) dapat diperkirakan/diperhitungkan dari curah hujan yang jatuh di atas daerah kontrol selama periode penyemprotan.

Korelasi antara curah hujan normal di atas daerah target dan daerah kontrol pada bulan Juni 1961 — 1980, dan Juli 1961 — 1979 dapat dilihat pada tabel 12 dan 13. Persamaan garis regresi yang menggambarkan hubungan antara curah hujan di atas daerah target dengan curah hujan di atas daerah kontrol pada bulan Juni dan Juli dapat dilihat pada gambar 13 dan 14.

Pada disain Target Control, hasil dari penyemprotan diketahui dengan menghitung perbedaan antara curah hujan dia tas daerah sasaran selama ada penyemprotan (nilai A) dengan curahhujan yang seharusnya jatuh seandainya tidak ada penyemprotan (nilai B).

Untuk memperkirakan jumlah curah hujan di atas daerah target pada bulan Juni 1985 dan Juli 1985 seandainya tidak ada penyemprotan, diperhitungkan dengan menggunakan persamaan garis regresi. $Y = 9,03 + 1,35 X$ untuk bulan Juni, $Y = -27,37 + 1,23 X$ untuk bulan Juli dan menggunakan data curah hujan di daerah kontrol (Juni dan Juli 1985) seperti yang terbaca pada tabel 14 dan 15.

Curah hujan di atas daerah kontrol, Juni 1985 adalah $X = 188,83$ mm. Curah hujan di atas daerah target seandainya tidak ada penyemprotan adalah :

$$\begin{aligned} Y &= 9,03 + 1,35 X \\ &= 9,03 + 1,35 (188,83) \text{ mm} \\ &= 263,90 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Curah hujan di atas daerah kontrol, Juli 1985 adalah $X = 207,2$ mm. Curah hujan di atas daerah target seandainya tidak ada penyemprotan adalah :

$$\begin{aligned} Y &= -27,37 + 1,23 X \\ &= -27,37 + 1,23 (207,2) \text{ mm} \\ &= + 227,486 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Karena adanya korelasi yang kuat antara daerah target dan kontrol (r bulan Juni = 0,92; r bulan Juli = 0,90), maka curah hujan perkiraan di daerah target dapat diperhitungkan dengan menggunakan suatu persamaan regresi yang menggambarkan hubungan antara daerah target dan daerah kontrol.

Dengan menggunakan analisis statistik, akan dapat ditentukan mengenai nilai curah hujan sebesar 452,66 pada bulan Juni 1985 dan sebesar 342,85 mm pada bulan Juli 1985 adalah benar-benar hanya disebabkan oleh penyemprotan atau disebabkan oleh faktor lain. Untuk itu dalam analisis statistik menggunakan disain target kontrol ini diperlukan lebih banyak data mengenai curah hujan yang dihasilkan dari penelitian Hujan Buatan di tahun-tahun yang akan datang seperti terbaca pada tabel 16.

Apabila hasil T-test setelah penelitian 5 tahun menunjukkan bahwa antara kelompok A dan kelompok B ada perbedaan nyata, maka :

Kelompok data A tidak sama dengan kelompok data B.

Curah hujan = 452,66 mm (Juni '85) dan

342,85 mm (Juli '85) adalah benar-benar hanya karena pengaruh penyemprotan.

Hasil penyemprotan bulan Juni '85 = 118,76 mm.

Hasil penyemprotan bulan Juli '85 = 115,37 mm.

Apabila hasil T-test setelah penelitian 5 tahun menunjukkan bahwa antara kelompok A dan kelompok B tidak ada perbedaan nyata, maka : Kelompok data A tidak berbeda secara nyata dengan kelompok data B.

Curah hujan = 452,66 mm (Juni '85) dan

342,85 mm (Juli '85) adalah bukan hanya karena pengaruh penyemprotan saja tetapi terdapat faktor lain yang mempengaruhi.

Hasil Percobaan Ditinjau dari Debit Sungai.

Fluktuasi debit sungai Cilamaya dan Cimuja dapat dilihat pada gambar 15 dan gambar 16.

Dari hasil pengamatan terlihat bahwa selama percobaan Hujan Buatan debit sungai berfluktuasi, baik di sungai Cimuja maupun di sungai Cilamaya.

Dari lampiran 4 dan gambar 15, terlihat debit maksimum di sungai Cilamaya sebesar 3,2519 m³/detik terjadi pada tanggal 2 Juli 1985 jam 15.00, dan debit minimum sebesar 0,2533 m³/detik terjadi pada tanggal 9 Juli 1985 pada jam 15.00. Berdasarkan perhitungan, maka debit rataan di sungai Cilamaya mencapai 0,5870 m³/detik.

Dari lampiran 4 dan gambar 16, terlihat debit maksimum di sungai Cimuja sebesar 4,5509 m³/detik terjadi pada tanggal 6 Juli 1985 jam 15.00 dan debit minimum sebesar 0,9135 m³/detik terjadi pada tanggal 27 Juni 1985 pada jam 11.00. Berdasarkan perhitungan, maka debit rataan di sungai Cimuja mencapai 1,3519 m³/detik.

Hasil Percobaan Ditinjau dari Pengamatan Lingkungan.

Hasil Pengamatan Kondisi Tumbuh-tumbuhan.

Dari pengamatan visuul tahap I, kondisi tumbuh-tumbuhan di sekitar lokasi terlihat baik, tumbuhan yang terganggu akibat penyemprotan dengan menara 12 meter, telah tumbuh kembali tunas-tunasnya.

Pada saat pengamatan visuul tahap II, daun-daun tumbuhan di sekitar Menara Dispenser mulai menguning pada radius ± 30 meter di sebelah barat menara. Akan tetapi pada saat pengamatan tahap III, yaitu ± 3 bulan setelah berakhirnya percobaan, dari tumbuhan yang menguning terlihat tunas-tunas yang muncul di ujung-ujung rantingnya. Lapisan kambium di

bawah kulit batang terlihat berlendir (tidak mengering); hal ini berarti secara vegetatif tumbuh-tumbuhan tersebut masih hidup.

Hasil Pengamatan Kondisi Tanah.

Tanah merupakan lapisan regolit teratas yang banyak mengalami hancuran iklim maupun hancuran biokimia, sehingga secara umum pada lapisan ini terjadi menumpukan bahan organik. Bahan organik itu sendiri paling banyak terakumulasi pada lapisan olah, yang merupakan bagian dari lapisan regolit.

Dalam usahanya meningkatkan produktivitas tanah dan untuk mencukupi kebutuhan unsur hara bagi suatu tanaman, manusia melakukan pemupukan, yaitu menambahkan suatu bahan yang mengandung unsur hara ke dalam tanah.

Urea merupakan pupuk buatan yang digunakan manusia sebagai sumber nitrogen. Unsur nitrogen ini merupakan unsur hara makro yang esensial bagi tanaman. Dalam tanah, urea akan mengalami hidrolisa sehingga terbentuk amoniak (NH_3) yang terikat oleh humus. Dengan adanya katalisator, NH_3 diubah menjadi nitrit yang mudah teroksidasi menjadi nitrat. Dalam keadaan tanah lembab dan suhu yang sangat baik, nitrifikasi terjadi sangat cepat. Kecepatan harian sekitar 3 s/d 11 kg nitroen setiap 1 juta kg tanah, untuk 50 kg nitrogen dalam bentuk ammonium yang ditambahkan. Bentuk nitrat inilah yang diserap oleh tanaman.

Dengan adanya pemakaian urea dalam pelaksanaan percobaan Hujan Buatan, diduga akan mempengaruhi konsentrasi nitrogen di dalam tanah. Hasil analisis parameter-parameter yang menyatakan jumlah nitrogen di dalam tanah sekitar lokasi pengamatan adalah sebagai berikut :

Nitrogen Total.

Dari histogram (gambar 17) dapat dilihat bahwa kadar nitrogen total di sekitar lokasi Menara Dispenser (lokasi 1 dan 2) maupun di luar lokasi tidak menunjukkan perubahan yang menyolok dan tidak memperlihatkan kecenderungan naik atau turun yang tertentu.

Pada lokasi 1, konsentrasi nitrogen total tertinggi terdapat pada tahap III dan pada lokasi 2 dan 4 terdapat pada tahap I, sedangkan pada lokasi 3 terdapat pada tahap II.

Konsentrasi nitrogen total terendah terdapat pada berbagai tahap pengamatan. Pada lokasi 1 terdapat pada tahap awal dan pertengahan, pada lokasi 2 terdapat pada tahap pertengahan dan lokasi 3, 4 terdapat pada tahap akhir pengamatan.

Nitrat (NO_3^-).

Dari histogram (gambar 18) dapat dilihat bahwa kandungan nitrat

pada setiap contoh tanah yang diperiksa tidak menunjukkan adanya kenaikan, bahkan terus menurun sampai pada pemeriksaan tahap III. Kecuali di lokasi 4, pada semua lokasi pengamatan, konsentrasi nitrat tertinggi terdapat pada awal pengamatan. Laju penurunan konsentrasi nitrat terjadi sangat menyolok, dari keadaan awal \pm 850 ppm NO₃, ternyata pada tahap akhir hanya tinggal \pm 50 ppm NO₃.

Bahan Organik.

Bahan organik sangat besar peranannya di dalam tanah. Perubahan kandungan bahan organik akan mempengaruhi kesuburan dan produktivitas tanah. Salah satu penyebab hilang atau kurangnya kandungan bahan organik ini adalah erosi oleh air hujan. Oleh karena itu kandungan bahan organik di daerah pengamatan.

Hujan Buatan perlu dikemukakan dalam hasil pengamatan ini. Dari hasil analisis histogram dapat dilihat kecenderungan penurunan (dalam prosentase) bahan organik selama percobaan. Selanjutnya, pada tahap III meningkat kembali melebihi keadaan pada tahap I pada lokasi 1, 2 dan 3, sebaliknya pada lokasi 4, terjadi penurunan kurang lebih 50% pada tahap III terhadap kondisi tahap awal.

Rasio C/N.

Dari histogram (gambar 20) dapat dilihat bahwa rasio C/N menjadi rendah pada tahap pertengahan di lokasi 1 dan 2, sedangkan di lokasi 3 dan 4 perubahan yang terjadi dari tahap I ke tahap II tidak terlalu besar. Pada pengamatan akhir, rasio C/N pada semua lokasi naik kembali melebihi tahap pertengahan.

Hasil Pengamatan Kondisi Air.

Urea merupakan sintesa senyawa organik non protein. Di dalam air mudah mengalami proses hidrolisa dan berubah menjadi amonium. Oleh bakteri nitrifikasi amonium akan diubah menjadi nitrat dalam beberapa hari dan bentuk inilah yang digunakan oleh tanaman, sehingga dalam analisis air dikemukakan derivat-derivat amonium. Hasil analisis air yang telah diperiksa di laboratorium dapat dilihat pada gambar 21 (lihat diagram beberapa parameter yang diperiksa pada tiap-tiap tahap).

Dari tabel tersebut akan diuraikan secara singkat mengenai parameter-parameter, amonium (NH₄), nitrat (NO₃), nitrit (NO₂), amoniak (NH₃), pH (derajat keasaman) dan kesadahan.

pH (Derajat keasaman).

Baik pH badan air maupun air hujan mempunyai kecenderungan untuk meningkat dari tahap awal ke tahap pertengahan. Peningkatan pH ini

selanjutnya menurun kembali pada tahap akhir pengamatan. Nilai minimum pH terdapat pada contoh air hujan di awal maupun di akhir pengamatan, sedangkan pH tertinggi sebesar 7.5 terdapat di lokasi sungai Cicenang dan sungai Cimuja.

Kesadahan.

Kesadahan badan air maupun air hujan cenderung naik. Warna dan kekeruhan di badan air juga naik. Untuk contoh air hujan, warna sama sekali tidak berubah, akan tetapi nilai kekeruhan menurun di akhir pengamatan.

Ammoniak (N – NH₃).

Kandungan amoniak pada kadar air, baik sebelum, selama dan sesudah percobaan tidak terdeteksi sama sekali, namun pada pemeriksaan air hujan di Tangkuban Perahu yang contoh airnya diambil selama percobaan terdapat adanya amoniak dalam konsentrasi yang relatif rendah yaitu 0.11 mg/l dan 0.05 mg/l.

Amonium (N – NH₄).

Secara keseluruhan dan tiga tahap pengamatan, terlihat bahwa kadar ammonium dalam contoh air hujan lebih tinggi daripada contoh air yang diambil dari adan air. Fluktuasinya cenderung meningkat selama pelaksanaan percobaan, kemudian menurun kembali pada tahap akhir pengamatan, mendekati kadar ammonium pada awal pengamatan, kecuali pada lokasi badan air di Cibogo (lokasi 2) terjadi penurunan terus dari tahap I sampai dengan tahap III. Pada lokasi sungai Cimuja terjadi penurunan selama percobaan dan selanjutnya naik kembali pada akhir pengamatan.

Nitrit (N – NO₂).

Dari pemeriksaan contoh air yang diambil dari badan air, kandungan nitrit tidak menunjukkan kecenderungan kenaikan, bahkan ada penurunan di sungai Cibogo. Tetapi di sungai Cimuja dan contoh air di Gunung Tangkuban Perahu menunjukkan kenaikan selama percobaan Hujan Buatan. Seperti halnya nitrat, kandungan nitritpun terdapat konsentrasi tertinggi di sungai Cibogo yang berlangsung sampai akhir pengamatan.

Nitrat (N – NO₃).

Kandungan nitrat di sungai Cibogo, sungai Cicenang menunjukkan ada kecenderungan naik setelah ada penyemprotan, sedangkan di lokasi mata air Cikahuripan dan dari contoh air hujan terlihat agak menurun.

Pada akhir pengamatan, kenaikan yang terjadi pada tahap II di lokasi sungai Cicenang dan sungai Cimuja kemudian menurun kembali, demikian juga di lokasi Menara Dispenser dari contoh air hujan pada tahap II terdapat

penurunan, kemudian pada tahap III naik kembali. Kekecualian terjadi di sungai Cibogo, kandungan nitrat terus meningkat (lihat gambar 21).

DISKUSI.

Variabel prediktor ialah besaran yang dapat melengkapi perkiraan pertumbuhan awan dan potensi hujan dari awan-awan konvektif. Hasil studi yang sudah pernah dilakukan sangat bervariasi, tergantung pada tempat dimana studi atau penelitian tersebut dilaksanakan. Estoque dan Partagas, 1974 mendapatkan bahwa curah hujan dari awan-awan konvektif di Florida mempunyai korelasi terbalik (*inversely correlated*) dengan stabilitas udara, tapi di negara bagian Kansas dan Dakota didapatkan bahwa hujan dari awan-awan konvektif tidak ada atau sedikit sekali korelasinya dengan stabilitas udara (Madigan, 1959 dan Dennis *et al*, 1957). Jadi variabel prediktor dapat merupakan ciri yang khas bagi suatu region atau daerah.

Mengingat bahwa tidak semua awan menghasilkan hujan serta mekanisme dan proses fisisnya terjadi pada lapisan-lapisan yang ketinggiannya tertentu, maka dengan mengkombinasikan variabel dasar (suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara dan lain-lain) dapat disusun variabel prediktor baru yang lebih khusus. Variabel prediktor ini sekurang-kurangnya menunjukkan satu dari tiga besaran fisis yang berkaitan erat dengan perkembangan dari sistem awan hujan konvektif, yaitu stabilitas udara, jumlah uap air di udara dan mekanisme pemicu hujan. Variabel ini di antaranya menunjukkan kandungan uap air, titik embun, dan lain-lain untuk lapisan ataupun untuk titik. Besaran lain yang rumit seperti gradien suhu dan adveksi dapat diperoleh melalui analisis lanjut. Penjabaran selanjutnya dari analisis data lapangan seperti konvergensi, vortisitas dan lain-lain dapat membantu memperkirakan luasan penyebaran ke atas (vertical displacement). Kombinasi satu pengamatan dengan lainnya menghasilkan variabel yang baru, mengubah jumlah dan kerumitan serta menambah variabel prediktor.

Sebagian variabel prediktor yang sudah ada, terutama yang berkaitan dengan proses atau mekanisme hujan ialah: inversi, suhu konveksi, perbedaan suhu konveksi dengan suhu permukaan ($T_c - T_s$), suhu permukaan, tinggi lapisan kondensasi konveksi (CCL), tinggi lapisan kondensasi angkat (LCL), dan precipitable water.

Dalam diskusi ini variabel prediktor akan dipakai untuk memperkirakan pertumbuhan awan dan kemungkinan hujan. Selanjutnya hujan yang terjadi akan dikaitkan dengan variabel prediktor tersebut. Perubahan debit yang diketahui dari perubahan arus sungai akan membantu memperkirakan saat-saat terjadinya hujan, sehingga dari keadaan ini dapat diduga apakah hujan yang turun merupakan akibat penyemprotan atau bukan. Beberapa variabel

yang turun merupakan akibat penyemprotan atau bukan. Beberapa variabel prediktor yang dipakai dan keadaannya selama hari percobaan dapat dilihat pada tabel 17.

Dalam diskusi pengamatan lingkungan akan dibahas mengenai penyebab timbulnya perubahan yang terjadi pada tumbuhan di sekitar lokasi menara. Kualitas air juga akan dibahas mengenai penyebab timbulnya perubahan yang terjadi dengan membandingkan parameter-parameter kualitas air yang contohnya diambil pada periode percobaan, dengan metode sebelum dan sesudahnya. Mengenai kualitas tanah akan dibahas hal-hal yang menyebabkan terjadinya perubahan yaitu dengan membandingkan parameter-parameter kualitas tanah pada masing-masing tahapan. Pada analisa kualitas air akan dibandingkan beberapa parameter yang merupakan derivat dari urea (unsur nitrogen) dengan parameter yang sama, menurut standar kualitas air minum dari Departemen Kesehatan (SK Men.Kes. No. 01/Birhukmas/1/1975).

Cuaca, Curah Hujan dan Debit Sungai.

12 Juni 1985.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kondisi cuaca menunjang untuk diadakannya penyemprotan larutan, dimana RH yang lebih besar dari 65% mempunyai ketebalan 2500 m, mulai dari ketinggian 2000 m di atas tanah. Jarak titik embun yang berbeda 1°C dengan suhu udaranya pada lapisan 650 mb dan dasar awan diperkirakan 300 m. Konveksi udara dapat mudah terjadi terlihat dari suhu konveksi yang hanya berbeda 1°C dengan suhu udara.

Dengan keadaan parameter cuaca seperti ini diharapkan dapat terjadi awan yang menghasilkan hujan. Dari perhitungan jumlah endapan air, diperkirakan bahwa jika terjadi hujan akan mencapai 12 mm. Pada kenyataannya hujan yang turun adalah 16 mm di daerah sasaran. Penyemprotan dilakukan dengan air 1000 liter, pada jam 11.30 WIB, dimana keadaan awan di atas lokasi St 6/8—300 m, As 2/8—250 m, arah angin 230° 13 knot. Kecepatan angin lebih besar dari 7 knot sangat membantu membawa butir air ke dasar awan. Pengukuran debit belum dilaksanakan (sedang dalam tahap persiapan pemasangan/perakitan alat dan uji coba). Dengan keadaan cuaca yang mendukung, diduga hujan di daerah sasaran sebagai akibat perlakuan penyemprotan awan.

13 Juni 1985.

Parameter cuaca menunjukkan kondisi cuaca yang baik dengan RH lebih besar dari 65% setebal 2000 m terletak pada ketinggian 3000 m. Perbedaan antara titik embun dengan suhu udara yaitu 4°C . Dekat permukaan

terdapat inversi tipis setebal 150 m pada ketinggian 2000 m. Walaupun ada inversi, konveksi yang terjadi dapat menembus lapisan ini, sehingga dapat terbentuk awan-awan yang banyak dan dapat menghasilkan hujan. Dasar awan konvektif cukup tinggi kira-kira 1200 m. Batas kondensasi angkat terjadi pada ketinggian 200 m. Diperkirakan terjadi hujan dari awan-awan orografik menengah sebesar 4 mm.

Penyemprotan dilakukan pada jam 12.00 selama kurang lebih 0,5 jam dengan menggunakan air pada awan-awan jenis Cu + Sc 4/8—300 m, dan As 2/8—2500 meter, arah angin 230° 31 knot. Dari monitoring tercatat hujan di daerah sasaran sebesar 70 mm. Debit sungai Cilamaya menunjukkan kenaikan pada jam 13.00 sebesar 0.2 m³/detik. Dengan demikian hujan di daerah ini diduga sebagai pengaruh penyemprotan awan.

14 Juni 1985.

Pada hari tersebut kondisi cuaca sangat kering dan udara bersifat stabil. Hal ini terlihat dari kelembaban udara di atas 65% yang hanya terdapat pada ketinggian 3500 m dengan tebal kurang dari 1000 m. Perbedaan antara titik embun dengan suhu udara tidak terlalu jauh, yaitu 6°C, dan dari profil suhu terlihat adanya inversi. Tinggi dasar awan konvektif sama dengan tinggi dasar awan akibat angkatan paksa yaitu setinggi 600 m. Walaupun keadaan kurang menguntungkan tapi konveksi dapat mudah terjadi karena suhu udara hanya berbeda sebesar 0.5°C. Dari keadaan cuaca seperti di atas diperkirakan bahwa bila terjadi hujan akan mencapai 5 mm. Pada kenyataannya, di daerah sasaran tidak turun hujan. Penyemprotan dilaksanakan jam 11.00 selama ± 1½ jam dengan larutan urea sebanyak 1400 liter pada awan jenis Cu + Sc 5/8—400 m, arah angin 170° 40 knot. Dari pengamatan debit tercatat bahwa di Cimaja dan Cilamaya ada peningkatan debit pada jam 13.00 sebesar 0.1 — 0.2 m³/detik, yang menunjukkan adanya hujan di sekitar daerah ini.

Dengan keadaan cuaca seperti ini, maka hujan yang jatuh di DAS yang menghasilkan peningkatan debit diduga berasal dari awan orografik yang dibawa oleh angin dari barat Wanayasa, tetapi tidak tercatat oleh jar ringan penakar yang dipasang.

15 Juni 1985.

Pengukuran parameter cuaca hari tersebut menunjukkan bahwa udara sangat kering dan bersifat stabil. Hal ini terlihat dari kelembaban udara kurang dari 65% untuk seluruh lapisan sampai ketinggian 8000 m. Perbedaan antara titik embun dengan suhu udara sangat jauh yaitu lebih besar dari 10°C. Walaupun pada hari tersebut tidak ada inversi, diduga sulit terjadi pembentukan awan. Dasar awan diperkirakan pada ketinggian 200 m. Penyemprotan dilakukan pada jam 11.00 selama ± 1 jam dengan larutan urea sebanyak 1500 liter. Kondisi awan saat itu SC 1/8—400 m, Cu

2/8 – 500 m dan arah angin 260° 3 knot. Kecepatan angin yang terlalu kecil ini tidak dapat mengangkat butir larutan ke dasar awan sehingga banyak yang jatuh kembali ke tanah. Curah hujan yang dihitung dengan metoda endapan air diperkirakan sebesar 1.5 mm. Sedangkan pada kenyataannya hari tersebut tidak terjadi hujan.

Berdasarkan pengukuran debit air di sungai Cilamaya tidak terjadi peningkatan, tetapi di Cimuja pada jam 09.00 terjadi peningkatan debit, dari 1.08 m³/detik menjadi 1.24 m/detik. Pada jam 11.00 dan antara jam 13.00 sampai dengan 17.00 terjadi peningkatan debit dari 1.18 m³/detik menjadi 1.23 m/detik. Dari pengukuran, terjadi peningkatan debit di Cimuja pada jam 11.00 sebesar 0.16 m³/detik dan antara jam 13.00 s/d 17.00 sebesar 0.05 m³/detik. Dengan keadaan cuaca yang demikian maka diduga di seluruh daerah sasaran tidak terjadi hujan, kenaikan debit pada Cimuja dan Cilamaya merupakan fluktuasi aliran normal.

16 Juni 1985.

Di daerah sasaran (daerah bawah angin/down wind) menunjukkan bahwa tidak ada hujan. Hal ini memang tergambar dari parameter cuaca yang sangat tidak mendukung usaha penyemaian awan. Tidak ada lapisan udara yang mempunyai kelembaban lebih dari satu atau sama dengan 65%. Titik embun dengan suhu udara menunjukkan perbedaan yang sangat besar, yaitu lebih besar dari 20°C pada 650 mb. Arah angin pada ketinggian 3000 – 4000 kaki adalah dari tenggara, maka dengan kecepatan kurang dari 7 knot. Dengan keadaan cuaca seperti ini maka bear curah hujan (yang diperhitungkan dari endapan air) diperkirakan hanya 0.6 mm. Walaupun keadaan cuaca seperti ini tetap diadakan penyemprotan dengan larutan urea sebanyak 700 liter mulai jam 11.00 selama $\frac{1}{2}$ jam. Dasar awan tampak tinggi yaitu sekitar 1500 m. Pada saat penyemprotan keadaan awan adalah Cu 1/8, As 1/8, St 2/8 – 400 mm dan Sc 2/8.

Pada tanggal 16 Juni 1985 terjadi peningkatan debit pada jam 13.00 sebesar 0.1 m³/detik. Di DAS Cimuja jam 09.00 dan 11.00 debit air meningkat, meningkat lagi pada jam 17.00 hingga mencapai 1.44 m³/detik. Dari keadaan ini dapat diduga antara jam 15.00 s/d 17.00 terjadi hujan ringan di dalam DAS Cimuja.

Dari keadaan cuaca yang deunikian serta arah angin pada saat penyemprotan, hujan yang terjadi diduga bukan sebagai akibat penyemprotan, akan tetapi merupakan hujan alam.;

17 Juni 1985.

Pengukuran parameter cuaca memberikan gambaran bahwa udara masih bersifat kering. Walaupun pada bagian bawah sampai ketinggian 5000 m agak labil, tetapi di atasnya bersifat stabil. Inversi terdapat pada

lapisan 2500 m setebal \pm 200 m. Perbedaan antara titik embun dan temperatur udara agak jauh yaitu 8°C menunjukkan bahwa sulit terjadi pengembunan udara. Konveksi mudah terjadi karena suhu konveksinya tidak terlalu jauh berbeda dengan suhu udara. Dasar awan konvektif 300 m, sedangkan dasar awan akibat angkatan paksa 400 m. Tebal endapan air sebagai akibat udara basah yang mengendap pada lapisan 820 – 750 mb hanya 0.7 cm. Hal ini menunjukkan bahwa bila terjadi hujan hanya 2 mm.

Penyemprotan dilakukan pada jam 11.00 selama \pm 1 jam, dengan larutan urea sebanyak 1100 liter. Keadaan awan adalah Cu 6/8–500 m, St 1/8–100 m, kecepatan angin 236° 27 knot. Pengamatan visul terhadap awan menunjukkan bahwa awan tebal hanya menyelimuti sekitar lokasi menara.

Debit air di DAS Cimuja terus menurun dari $1.41 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $1.25 \text{ m}^3/\text{detik}$, sehingga dapat diduga di dalam DAS tidak terjadi hujan. Debit air di DAS Cilamaya menurun dari $0.54 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $0.44 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dari monitoring curah hujan di Desa Palasari dan Cibeber tercatat hujan sebesar 5 mm. Mengingat bahwa jumlah awan di sekitar menara cukup potensial (6/8) serta kecepatan angin cukup besar untuk mendukung terangkatnya butiran cairan ke dasar awan, maka diduga hujan tersebut sebagai akibat penyemprotan. Karena keadaan awan yang bersifat lokal di dekat puncak, maka hujan yang jatuh tidak terukur oleh kedua lokasi pengukuran debit.

26 Juni 1985.

Pengamatan "sounding" tidak dilaksanakan. Pengamatan cuaca permukaan menunjukkan bahwa suhu udara 18°C , RH 88%, titik embun 16.5°C , kecepatan angin rendah dengan arah tidak teramat, tekanan udara 822 mb. Kegiatan penyemprotan dilakukan pada jam 13.00 selama $\pm \frac{1}{2}$ jam dengan menggunakan air sebanyak 1000 liter. Keadaan cuaca sangat berkabut. Monitoring curah hujan menunjukkan bahwa di daerah bawah angin (down wind) tidak ada hujan tetapi di daerah atas angin (up wind) yaitu Kecamatan Lembang dan sekitarnya terdapat curah hujan yang cukup banyak. Dapat dipastikan bahwa curah hujan di daerah up wind merupakan hujan alamiah orografik. Butiran larutan urea yang disemprotkan sulit mencapai dasar awan karena kecepatan angin tidak mendukung. Hal ini diperkuat dengan pengukuran debit.

Di DAS Cilamaya, pengukuran debit yang dilakukan pada jam 15.00 dan jam 17.00 menurun dari $0.87 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $0.171 \text{ m}^3/\text{detik}$. Di DAS Cimuja juga terjadi penurunan sehingga dapat diduga tidak ada hujan pada kedua DAS tersebut.

27 Juni 1985.

Pengamatan parameter cuaca atas masih belum dapat dilaksanakan, sedangkan pengamatan cuaca permukaan menunjukkan bahwa keadaan udara bersifat kering, kelembaban udara sebesar 70%, suhu udara 19°C , titik embun 10°C , kecepatan angin rendah dengan arah tidak menentu, tekanan udara 820 mb.

Penyemprotan dilaksanakan pada jam 11.00 selama \pm 1 jam dengan larutan urea sebanyak 1500 liter. Kondisi awan Cu 4/8—250 m, kondisi cuaca tidak mendukung usaha penyemprotan, sehingga tidak dapat diharapkan adanya hujan dari usaha penyemaian. Di daerah sasaran tidak tercatat adanya hujan. Hal ini juga terlihat dari hasil pengukuran debit.

Di DAS Cilamaya terlihat penurunan debit dari $0.78 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $0.43 \text{ m}^3/\text{detik}$. Di DAS Cimuja terjadi penurunan dari $1.05 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $0.91 \text{ m}^3/\text{detik}$, sehingga dapat diduga pada kedua DAS tersebut tidak terjadi hujan..

28 Juni 1985.

Keadaan cuaca hari tersebut lebih baik dari hari sebelumnya. Kelembaban yang tinggi terdapat pada lapisan sekitar 1000 m pada ketinggian di atas 2000 m. Di lapisan atas menunjukkan bahwa perbedaan titik embun dengan suhu udara tidak terlalu jauh, yaitu 10°C , di lapisan bawahnya lagi sekitar 1 sampai 2°C . Dari profil suhu tampak adanya inversi pada ketinggian di atas 3000 m dengan ketebalan ± 200 m. Walaupun demikian konveksi maksimum agak lama terjadi karena suhu konveksi berbeda 8°C dengan suhu udara. Dasar awan cukup tinggi yaitu 1000 m, tapi dasar awan akibat angkatan paksa (forced lifted) lebih rendah yaitu 600 m. Curah hujan yang diperkirakan turun dengan kondisi cuaca seperti ini adalah sebesar 3 mm. Penyemprotan dilaksanakan agak lama \pm 4 jam mulai jam 11.00. Karena di lokasi banyak diliputi awan-awan rendah yaitu Cu + Sc 5/8—250 m, arah angin menunjukkan 150° 12 knot. Mengingat bahwa konveksi sulit terjadi dan adanya inversi, maka walaupun parameter cuaca yang lain menunjang tapi diperkirakan awan-awan yang terbentuk tidak dapat menghasilkan hujan karena tidak dapat berkembang lebih besar.

Debit di DAS Cilamaya pada jam 13.00 menurun. Pada jam 15.00 terlihat peningkatan dari $0.34 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $0.52 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pada jam 17.00 debit meningkat dengan menyolok menjadi $2.38 \text{ m}^3/\text{detik}$, sehingga dapat diduga di DAS Cilamaya terjadi hujan antara jam 13.00 s/d 15.00 dan mencapai puncaknya \pm jam 17.00.

Debit di DAS Cimuja tercatat stabil sampai jam 13.00, yaitu $1.15 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pengukuran pada jam 13.00 dan jam 15.00 tidak dilakukan karena kerusakan alat. Di lokasi terjadi hujan lebat selama ± 30 menit yang dimulai pada jam 16.00. Adanya kenaikan debit masih perlu dianalisis karena berdasarkan

monitoring hujan tidak turun dan kondisi cuaca tidak mendukung pertumbuhan awan.

29 Juni 1985.

Profil suhu dari data sounding menunjukkan adanya lapisan stabil (inversi) setebal 1000 m pada ketinggian di atas 2000 m. Kelembaban pada lapisan mulai 2500 s/d 3000 m cukup basah (RH lebih besar dari 65%). Di atas lapisan ini udara bersifat kering. Dengan keadaan parameter yang demikian, diperkirakan bila terjadi hujan hanya akan menghasilkan hujan dengan curah 3 mm. Walaupun demikian konveksi sangat mudah dicapai, karena suhu udara hanya berbeda 0.5° C dengan suhu konveksi. Dasar awan yang terjadi akibat konveksi atau angkatan paksa tidak terlalu tinggi, yaitu kurang dari 300 m tetapi inversi yang tebal akan menyulitkan pertumbuhan awan.

Penyemprotan dilaksanakan pada jam 11.00 selama 3.5 jam pada awan-awan jenis Cu + Sc 5/8—250 m. Angin saat itu 170° 11 knot. Curah hujan yang dimonitor di daerah sasaran adalah 17 mm (pada 3 stasiun penalar hujan). Kalau dilihat dari garis angin (stream line) dan hasil pengukuran arah angin dari 3 stasiun, maka partikel yang disemprotkan akan mempengaruhi awan-awan di daerah barat laut sampai utara. Kecepatan angin pun cukup membantu membawa partikel-partikel cairan sampai dasar awan, sehingga diduga hujan tersebut sebagai akibat pengaruh perlakuan.

Dari pengukuran jam 09.00 sampai 13.00, terlihat peningkatan debit air dari 0.57 m³/detik menjadi 0.62 m³/detik. Pada jam 17.00 terjadi penurunan debit. Dari kondisi tersebut dapat diduga menjelang jam 13.00 ada hujan ringan di DAS Cilamaya. Di DAS Cimuja selama 5 kali pengukuran tercatat adanya penurunan debit dari 1.23 m³/detik menjadi 1.13 m³/detik, sehingga pada hari tersebut dapat diduga tidak ada hujan di dalam DAS Cimuja. Dengan keadaan ini diduga hujan di DAS Cilamaya berasal dari awan-awan yang sudah mendapat perlakuan di Gunung Tangkuban Perahu.

30 Juni 1985.

Menjelang saat penyemprotan jam 11.00, pengamatan cuaca permukaan menunjukkan udara basah dengan kelembaban 93%, tetapi pada lapisan atas menunjukkan bahwa udara yang cukup basah hanya terdapat pada lapisan 2000 s/d 3000 m. Jarak titik embun pada 650 mb tidak terlalu jauh dengan suhu udaranya. Konveksi mudah dicapai, ditunjukkan dengan perbedaan suhu konveksi dengan suhu udara yang hanya berbeda 0.5° C. Tebal endapan air pada lapisan 820 sampai 700 mb hanya sebesar 1.2 cm. Dengan kondisi ini diperkirakan akan menghasilkan curah hujan sebesar 3.6 mm. Dasar awan sebagai akibat konveksi maupun angkatan paksa kurang dari 300 m. Pada jam 12.00 dilaksanakan penyemprotan dengan larutan urea sebanyak 2900 liter selama 4 jam pada awan-awan Cu + Sc 5/8—250

m. Jumlah awan terus berkembang dari 5/8 menjadi 6/8, kecepatan angin rendah dengan arah 150°. Walaupun parameter cuaca menunjukkan keadaan yang tidak terlalu baik tapi masih dapat diharapkan pertumbuhan awan. Garis angin (stream line) yang digambarkan berdasarkan data dari Wanayasa dan Jalan Cagak menunjukkan bahwa angin bergerak menuju barat sampai barat daya. Mengingat kecepatan angin tidak mampu mengangkat butir larutan sampai dasar awan, maka usaha penyemprotan pada hari ini diperkirakan tidak akan mempengaruhi awan-awan di atas dan sekitar lokasi. Monitoring hujan menunjukkan bahwa di daerah sasaran tidak ada hujan kecuali pada satu stasiun penakar hujan (Taringgul Tonggoh) sebesar 5 mm. Hal ini diperkuat dengan naiknya debit Cilamaya.

Debit di DAS Cilamaya dari 09.00 – 11.00 meningkat dari 0.51 m³/det. menjadi 0.67 m³/detik. Selanjutnya debit menurun pada jam 15.00 mencapai 0.46 m³/detik. Pada jam 17.00 terlihat ada peningkatan sedikit yaitu 0.4 m³/detik. Dari kondisi demikian, diduga turun hujan ringan antara jam 09.00 s/d jam 11.00 dan antara jam 15.00 s/d jam 17.00. Di DAS Cimaja debit menurun jam 09.00 sebesar 1.10 m³/detik menjadi 1.01 m³/detik pada jam 17.00. Dari kondisi demikian dapat diduga pada DAS Cimaja tidak terjadi hujan. Sesuai dengan pengukuran debit maka dapat dipastikan hujan jatuh sebelum aktivitas penyemprotan dilaksanakan, dan ini merupakan hujan alamiah.

1 Juli 1985.

Sounding pada jam 11.00 menunjukkan keadaan cuaca sangat baik untuk menunjang pertumbuhan awan. Hal ini ditunjukkan oleh keadaan kelembaban udara yang lebih besar dari 65% pada ketebalan lapisan udara lebih dari 1000 m dengan ketinggian 2000 m. Uap air diduga mudah mengembun, karena jarak titik embun ke suhu udara hanya 1°C pada lapisan 600 mb, dan profil suhu menunjukkan adanya inversi yang tidak terlalu tebal pada ketinggian 3200 m. Konveksi mudah terjadi dan diperkirakan mencapai maksimum antara jam 12.00 sampai jam 13.00. Tinggi dasar awan konvektif dan tinggi dasar awan angkatan paksa tidak terlalu tinggi (kurang dari 300 m). Kecepatan angin di atas 7 knot akan memudahkan pengiriman butir air untuk masuk ke awan. Penyemprotan dilaksanakan pada jam 12.00 selama 2 jam dengan 1800 liter larutan urea pada awan-awan Cu + Sc 5/8–250 m, pada akhir penyemprotan awan Cu berkembang menjadi 3/8 dan terjadi hujan. Dari monitoring curah hujan di daerah sasaran diketahui terjadi hujan sebesar 3 mm. Sedangkan menurut perkiraan, apabila cuaca berkondisi seperti sebelum penyemprotan, hujan yang dihasilkan akan mencapai 7.2 mm. Kecilnya curah hujan di daerah sasaran dapat disimpulkan sebagai akibat dari arah angin yang menyimpang dari biasanya (dari utara membelok ke timur laut). Sedangkan di daerah bawah angin (down wind) di timur laut tidak terdapat jaringan penakar hujan.

Debit di DAS Cilamaya berfluktuasi rendah dan cenderung menurun hingga dapat diduga bahwa di DAS Cilamaya tidak terjadi hujan. Hal ini terlihat dari debit sungai pada jam 09.00 sebesar 0.49 m³/detik menjadi 0.43 m³/detik. Demikian juga di DAS Cimaja terlihat penurunan debit sungai jam 09.00 dari debit sebesar 1.15 m³/detik menjadi 0.95 m³/detik. Namun demikian di lokasi pengukuran, terjadi hujan ringan antara jam 13.00 s/d jam 20.00.

2 Juli 1985.

Hasil sounding menunjukkan masih terdapat inversi pada ketinggian 2800 m. Parameter lain menunjukkan bahwa keadaan kelembaban memenuhi syarat untuk pertumbuhan awan mulai dari ketinggian 2000 sampai 3000 m. Pengembunan uap air pada lapisan kondensasi diperkirakan tidak terlalu sulit karena pada 650 mb perbedaan dengan suhu udaranya hanya 5°C yang berarti akan cukup menunjang usaha menambah curah hujan. Inversi yang terjadi tidak akan menghalangi konveksi karena diperkirakan konveksi akan cukup kuat. Walaupun das awan setinggi 400 s/d 700 m tapi karena kecepatan angin cukup besar (lebih besar dari 7 knot), Maka diperkirakan butiran cairan yang disemprotkan dapat mencapai dasar awan.

Penyemprotan dilaksanakan pada jam 12.00 ± selama 1 jam dengan 1400 liter larutan urea pada awan-awan Cu + SC 7/8—250 m. Arah angin di lokasi 120° tapi di Wanayasa dan Jalan Cagak berbelok ke timur sampai timur tenggara. Monitoring curah hujan ternyata menunjukkan curah hujan di daerah sasaran 9 mm, sedangkan dengan parameter sebelum penyemprotan diperkirakan hanya akan menghasilkan 4 mm.

Di Cilamaya pada pengamatan jam 09.00 debit terukur lebih tinggi (0.50 m per detik) dari pengukuran terakhir (0.43 m³/detik) tanggal 1 Juli 1985, sehingga dapat diduga di antara kedua saat tersebut terjadi hujan. Pada jam 11.00 s/d 13.00 debit air terukur semakin menurun menjadi 0.45 m³/detik. Pada jam 15.00 terjadi kenaikan debit yang besar sekali, hingga menjadi 3.25 m³/detik dan menurun kembali menjadi 2.70 m³/detik pada jam 17.00. Adanya peningkatan pada jam 15.00 diduga karena terjadi hujan lebat di dalam DAS Cilamaya ini.

Dari hasil pengukuran di DAS Cimaja terlihat peningkatan debit pada jam 09.00 — 13.00, sehingga dapat diduga ada hujan ringan di sebelah hulu DAS. Pada jam 13.30 — 14.30 terjadi hujan lebat di lokasi pengukuran. Pada pengukuran jam 15.00 peningkatan debit menyolok sampai 2.86 m³/detik, karena hujan lebat di bagian hulu DAS. Debit air kembali menurun pada jam 17.00 menjadi 2.54 m³/detik. Dari keadaan tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa ada hujan jatuh di kedua DAS. Dengan keadaan ini maka diduga hujan pada hari tersebut turun dari awan-awan yang telah mendapat perlakuan penyemprotan di Gunung Tangkuban Perahu.

3 Juli 1985.

Pengamatan visuil pada jam 12.00 menunjukkan (6/8) terdiri dari Cu + Sc 5/8—250 m dan As + Ac 1/8 — 3000 m. Kelembaban 83%, titik embun 14,9°C. Angin 9 knot dari arah selatan. Di stasiun Jalan Cagak RH 70%, titik embun berbeda 6°C dengan suhu udaranya, awan 7/8. Di stasiun Wanayasa awan 7/8, titik embun berbeda 3°C, angin dari tenggara. Keadaan cuaca saat ini diperkirakan dapat mendukung usaha menurunkan hujan.

Penyemprotan dilakukan jam 11.00 selama 3 jam dengan larutan urea sebanyak 1800 liter. Dari monitoring diketahui bahwa curah hujan di daerah sasaran sebesar 7 mm. Dbit air di Cilamaya menurun dari 0.57 m³/detik pada jam 09.00 menjadi 0.50 m³/detik pada jam 15.00. Pada jam 17.00 terlihat peningkatan menjadi 0.52 m³/detik. Di Cimuja debit air tercatat stabil dari jam 09.00 hingga jam 15.00, yaitu sebesar 1.19 m³/detik. Hal ini menunjukkan bahwa curah hujan kemaren masih mempengaruhi dan kemudian ada penurunan pada jam 15.00 dengan debit hanya mencapai 1.07 m³/detik. Pada jam 17.00 terjadi peningkatan menjadi 1.90 m³/detik. Hal ini diduga akibat adanya hujan di antara kedua waktu tersebut. Di lokasi pengukuran terjadi hujan antara jam 15.20 s/d 15.30. Dari keadaan di atas dapat diduga pada kedua DAS terjadi hujan antara 15.00 s/d jam 17.00.

4 Juli 1985.

Hasil dari sounding menunjukkan keadaan parameter cuaca yang lebih baik untuk usaha menurunkan hujan dari awan konvektif maupun awan orografik. Kelembaban lebih besar dari 65% diukur dari ketinggian 2000 s/d 3600 m. Titik embun yang berbeda 6°C dengan suhu udara menunjukkan bahwa mudah terjadi kondensasi pada lapisan kondensasi yang tingginya kurang dari 400 m. Suhu konveksinya hampir tercapai dan konveksinya maksimum diperkirakan jam 11.30 tetapi keadaan udara menunjukkan sifat stabil sampai ketinggian 500 mb. Penyemprotan larutan urea sebanyak 650 liter pada jam 11.30 selama $\pm \frac{1}{2}$ jam. Arah angin pada saat penyemprotan dari arah selatan ke utara, di Wanayasa dan Jalan Cagak berbelok ke arah timur laut dengan kecepatan \pm 10 knot. Dari monitoring tercatat bahwa di daerah Wanayasa dan Sagalaherang terjadi hujan sebesar 7 mm, sedangkan menurut perkiraan, apabila cuaca berkondisi seperti saat sebelum penyemprotan maka hujan yang dihasilkan akan mencapai 4.8 mm. Diduga hujan yang terjadi di daerah sasaran merupakan pengaruh penyemprotan. Hal ini terlihat juga dari kenaikan debit setelah penyemprotan.

Debit air di Cilamaya lebih tinggi dari pengukuran terakhir jam 17.00 tanggal 3 Juli 1985, yaitu dari 0.52 m³/detik menjadi 0.53 m³/detik, sehingga disimpulkan ada hujan yang terjadi antara kedua waktu pengukuran tersebut. Keadaan debit tersebut bertahan hingga jam 11.00 dan pada dua

pengamatan selanjutnya menurun mencapai $0.46 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dari keadaan tersebut dapat diduga hingga jam 15.00 tidak terjadi hujan. Pada jam 17.00 debit air kembali meningkat menjadi $0.47 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Debit air di Cimuja tercatat $1.26 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hal ini berarti debit air terus menurun seperti pengukuran terakhir hari sebelumnya. Pada pengukuran jam 11.00 dan 13.00 terjadi kenaikan debit menjadi $1.34 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan $1.42 \text{ m}^3/\text{detik}$, sehingga dapat diduga ada hujan ringan di sebelah hulu. Pada jam 15.00 debit air menurun kembali menjadi $1.34 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan tetap bertahan hingga pengukuran terakhir pada jam 17.00. Dari keadaan di atas diduga adanya hujan pada saat yang berbeda di kedua DAS.

5 Juli 1985.

Sounding jam 11.00 menunjukkan kelembaban lebih besar dari 65% pada ketinggian 2000 s/d 3600 m. Jarak titik embun dengan suhu udara tidak jauh dan tidak ada inversi, tetapi terdapat daerah yang cukup stabil pada ketinggian 3500 s/d 5000 m. Dasar awan yang terbentuk tidak terlalu tinggi yaitu kurang dari 300 m. Konveksi maksimum dapat dicapai dalam waktu 1 jam. Dengan keadaan seperti ini jumlah air yang mengendap pada lapisan basah diperkirakan setebal 1.6 cm yang akan menghasilkan curah hujan 4.8 mm. Penyemprotan dilakukan pada jam 11.00 menggunakan larutan urea sebanyak 1800 liter terhadap awan-awan SC 4/8–300 m, dengan arah angin dari tenggara dan di Wanayasa/Jalan Cagak bergerak di timur laut. Dari monitoring tercatat bahwa di daerah sasaran banyak terjadi hujan. Hujan terbesar terjadi di Desa Cicadas sebesar 59 mm, dengan rata-rata di daerah sasaran sebesar 17 mm.

Di daerah atas angin tidak ada hujan, kecuali di Desa Cisaruan sebesar 2 mm. Dari sebaran hujan diperkirakan penyemprotan hari tersebut mempengaruhi awan yang bergerak ke daerah sasaran. Debit air di Cilamaya pada jam 09.00 menjadi $0.60 \text{ m}^3/\text{detik}$, sehingga dapat diduga malam hari terjadi hujan ringan. Debit air menyusut hingga jam 13.00 mencapai $0.55 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pada jam 15.00 debit air meningkat mencapai $0.61 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan terus meningkat pada jam 17.00 menjadi $0.95 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dari keadaan tersebut dapat diduga bahwa antara akhir pengamatan jam 13.00 hingga pengamatan jam 17.00 telah terjadi hujan yang semakin lebat.

Debit di Cimuja pada jam 09.00 terukur $1.18 \text{ m}^3/\text{detik}$, yang berarti mengalami penurunan terus menerus sejak pengukuran terakhir kemarin, sehingga dapat diduga tidak ada hujan di antara selang waktu dua pengamatan tersebut. Pada jam 11.00 debit air masih bertahan seperti pada jam 09.00. Pada pengukuran jam 13.00 dan 15.00 debit air menjadi $1.34 \text{ m}^3/\text{detik}$, sehingga dapat diduga ada hujan ringan di bagian hulu. Pada jam 15.25 sampai 15.35 hujan jatuh juga di lokasi pengukuran. Hal ini akan mempengaruhi debit pada pengukuran terakhir jam 17.00 yang meningkat

menjadi 2.06 m³/detik. Dari keadaan di atas diketahui pada DAS tersebut terjadi hujan dengan merata.

6 Juli 1985.

Analisis data sounding menunjukkan keadaan parameter cuaca yang menunjang pertumbuhan awan karena lapisan udara yang cukup basah mempunyai ketebalan sebesar 800 m mulai dari ketinggian 2000 m. Dari profil suhu, tidak terlihat adanya inversi. Pengembunan pada udara yang naik (akibat pemanasan bumi atau karena adanya pegunungan) dapat terjadi pada ketinggian kurang dari 300 m. Konveksi maksimum diperkirakan dapat dicapai jam 12.00. Endapan air yang terbentuk pada lapisan 820 s/d 650 mb setebal 1.65 cm dapat menghasilkan curah hujan sebesar 5 mm. Penyemprotan dilaksanakan jam 11.00 selama 1½ jam dengan 700 liter larutan urea pada awan-awan Cu + Sc 4/8—250 m.

Angin dari barat daya dengan kecepatan 8 knot. Di Wanayaa angin membelok ke barat laut sedang di Jalan Cagak angin terus ke timur laut. Di daerah sasaran tercatat banyak terjadi hujan yaitu di utara Wanayasa dan sekitar Sagalaherang yang merupakan daerah bawah angin, dengan rata-rata curah hujan sebesar 12 mm yang diperkirakan sebagai hasil usaha penyemprotan.

Pada tanggal 6 Juli 1985 jam 09.00 debit air terukur 1.19 m³/detik, yang merupakan penurunan apabila dibandingkan dengan pengukuran terakhir kemaren. Dapat diduga bahwa tidak ada hujan di antara kedua waktu tersebut. Pada jam 11.00 debit air terukur 1.85 m³/detik yang merupakan peningkatan debit dan dapat diduga ada hujan cukup besar di dalam DAS. Pada jam 11.15 s/d 11.45 di lokasi pengukuran jatuh hujan yang sangat lebat. Pada pengukuran jam 13.00 peningkatan debit cukup tinggi mencapai 2.47 m³/detik. Pada jam 15.00 debit meningkat mencapai 4.55 m³/detik sehingga dapat diduga bahwa hujan di sebelah hulu dalam DAS sangat lebat dan pengaruhnya terlihat dari peningkatan debit yang menyolok. Pengukuran pada jam 17.00 tidak dilakukan, karena kerusakan alat.

7 Juli 1985.

Parameter cuaca yang ditunjukkan oleh hasil sounding menunjukkan udara agak stabil dengan kelembaban yang cukup basah hanya setebal 1000 meter mulai pada ketinggian 2000 m. Lapisan inversi terdapat pada ketinggian 2200 m setebal kurang lebih 500 m. Meskipun demikian titik embun tidak terjauh jauh dengan suhu udaranya dan dasar awan yang terbentuk akibat konveksi maupun angkatan paksa tidak terlalu tinggi yaitu 350 m. Dengan kondisi cuaca seperti ini, besarnya curah hujan 4 mm. Penyemprotan dilaksanakan jam 12.00 selama 3 jam dengan 1700 liter larutan urea pada

awan Cu + Sc 6/8 dengan arah angin dari tenggara. Di Wanayasa dan Jalan Cagak berbelok ke arah timur laut dengan kecepatan kurang dari 7 knot. Hal ini menyebabkan butir tidak terangkat dan tidak dapat mempengaruhi awan. Selain itu inversi yang tebal akan menghalangi pembentukan awan dari proses konveksi. Hal ini diperkuat dengan monitoring curah hujan yang menyatakan tidak ada hujan di daerah sasaran kecuali satu di stasiun Sagalaherang dengan curah hujan 6 mm.

Di Cilamaya debit terus bertahan hingga jam 13.00 hanya berkisar antara 0.47 m³/detik dan 0.48 m³/detik, pada jam 15.00 — jam 17.00 terjadi peningkatan debit air dari 0.54 m³/detik hingga 0.58 m³/detik. Dari keadaan ini dapat diduga di dalam DAS terjadi hujan setelah jam 13.00 sampai menjelang jam 17.00.

Di Cimuja pada jam 09.00 s/d 15.00 debit air hanya mencapai 1.54 m³/detik tanpa ada fluktuasi antara masa pengamatan tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa keadaan hidrologi di lokasi masih menyimpan air dari hujan kemarin dan juga berarti tidak ada hujan di antara waktu-waktu tersebut. Pada jam 17.00 terlihat debit air menurun menjadi 1.44 m³/detik. Dari keadaan di atas terlihat bahwa hujan hanya jatuh di DAS Cilamaya. Hujan ini diperkirakan tidak ada hubungan dengan penyemprotan awan dan diduga akibat adanya angin naik (orografik) dari barat Wanayasa.

8 Juli 1985.

Keadaan cuaca hari tersebut tidak mendukung usaha menurunkan hujan, dimana udara kering, lapisan inversi tebal mulai dari 2500 m s/d 3800 m dan perbedaan antara titik embun dengan suhu udara lebih besar dari 14°C. Penyemprotan dilaksanakan pada jam 12.00 dengan larutan urea sebanyak 600 liter. Pada saat penyemprotan suasana berkabut dengan angin barat laut kecepatan di atas 12 knot.

Di daerah sasaran tidak tercatat adanya hujan. Diduga tidak terjadi hujan di dalam DAS Cilamaya karena debit air terus menyusut dari 0.44 m³/detik pada jam 09.00 menjadi 0.40 m³/detik pada jam 17.00. Di Cimuja pada jam 09.00 dan jam 11.00 debit air terukur 1.43 m³/detik. Pada pengamatan berikutnya hingga 17.00 terus menurun mencapai 1.18 m³/detik. Dari keadaan tersebut dapat diduga debit air terus menurun disebabkan tidak ada hujan yang jatuh dalam DAS pada hari tersebut. Dari keadaan di atas dapat diketahui bahwa di kedua DAS tidak terjadi hujan.

9 Juli 1985.

Pada hari tersebut keadaan cuaca lebih tidak mendukung usaha penyemprotan dibandingkan dengan hari sebelumnya dimana udara sangat kering, jarak titik embun dengan suhu udara lebih besar dari 24°C. Meskipun tidak ada lapisan inversi tetapi diperkirakan udara akan tetap cerah hingga sore hari.

Di desa Ciracas terjadi hujan sebesar 22 mm yang diperkirakan merupakan hujan alam, karena angin datang dari timur laut. Di DAS Cilamaya hingga jam 15.00 diduga tidak terjadi hujan karena debit air terus menyusut dari 0.33 m³/detik pada jam 09.00 menjadi 0.25 m³/detik pada jam 15.00. Sebelum jam 17.00 ada sedikit hujan ringan, karena adanya peningkatan debit yang rendah.

Di Cimuja pada jam 09.00 dan jam 11.00 debit air terukur 1.31 m³/detik dan menurun pada jam 13.00 dan 15.00 dengan debit 1.28 m³/detik. Dengan demikian berarti pada hari tersebut sampai dengan jam 15.00 tidak ada hujan dalam DAS. Pada jam 17.00 debit meningkat mencapai 1.44 m³/detik. Dari keadaan ini dapat diduga bahwa ada hujan ringan di dalam DAS.

Dari keadaan di atas dapat diketahui bahwa hujan jatuh di kedua DAS pada hari tersebut. Kenaikan debit pada sungai diperkirakan bukan akibat dari penyemprotan.

10 Juli 1985.

Parameter cuaca menunjukkan keadaan udara pada hari ini cukup basah dengan lapisan yang mempunyai kelembaban lebih dari 65% terdapat pada ketinggian 2000 m s/d 5500 m. Jarak titik embun dengan suhu udara sampai dengan 600 mb kurang dari 1°C.

Pada jam 11.00 ketika dilakukan sounding suhu konveksi sudah dicapai dan dasar awan yang terbentuk sebagai proses konveksi ataupun angkatan kurang dari 200 m. Dengan keadaan cuaca seperti ini menurut perhitungan endapan air setebal 2.6 cm pada lapisan 820 s/d 500 mb akan menghasilkan curah hujan 8 mm. Pada saat penyemprotan dilakukan (jam 10.00) sudah banyak melintas awan-awan rendah di atas menara. Larutan yang dihabiskan sebanyak 400 liter selama \pm 1 jam, pada awan-awan jenis Cu + 'St. Angin dengan kecepatan 8 knot bertiup dari barat laut sampai selatan menuju ke Sagalaherang dan Wanayasa. Di daerah sasaran tercatat banyak hujan terutama di utara Wanayasa bahkan di Sagalaherang (Cagak) pada jam 13.00 tercatat sebesar 41.5 mm. Di daerah atas angin yaitu Lembang dan angin yang mendukung maka diperkirakan hujan yang jatuh di sasaran merupakan pengaruh dari penyemprotan.

Di Cilamaya pada jam 09.00 debit air tercatat 0.4531 m³/detik, menunjukkan ada peningkatan bila dibandingkan dengan pengukuran debit terakhir pada tanggal 9 Juli 1985. Dengan demikian dapat diduga pada kedua selang waktu tersebut telah terjadi hujan ringan. Untuk tanggal 10 Juli ini diduga tidak terjadi hujan karena debit air semakin menurun dari 0.45 m³/detik pada jam 09.00 menjadi 0.39 m³/detik pada jam 17.00. Keadaan debit air di DAS Cimuja tidak dapat disajikan karena data hilang.

11 Juli 1985.

Hasil sounding hari tersebut menunjukkan keadaan cuaca masih tetap baik untuk usaha menurunkan hujan, dimana udara dengan kelembaban lebih dari 65% terdapat mulai dari tanah sampai ketinggian 6000 m. Sejak pagi udara diliputi awan rendah dan penyemprotan dilakukan pada jam 10.00 s/d jam 11.00, dengan air sebanyak 1000 liter. Selama periode penyemprotan turun hujan dan angin dari selatan ke utara dengan kecepatan di atas 10 knot. Curah hujan berdasarkan perhitungan endapan air pada lapisan 820 s/d 400 mb adalah sebesar 7.2 mm. Di daerah sasaran yang merupakan daerah bawahangin tercatat hujan 10 mm, sedang di daerah atas angin juga tercatat hujan hanya 6 mm. Diduga perbedaan curah hujan di daerah atas angin dan bawah angin merupakan akibat dari penyemprotan, sehingga pengukuran debit hanya dilaksanakan pada jam 09.00 dan jam 11.00. Di Cilamaya antara dua masa pengamatan yaitu tanggal 11 Juli 1985 jam 15.00 dan jam 09.00 tanggal 12 Juli terlihat peningkatan debit, sehingga dapat diduga hujan yang jatuh antara kedua waktu tersebut cukup besar.

Di DAS pada selang waktu antara jam 17.00 tanggal 10 Juli 1985 dengan jam 09.00 tanggal 11 Juli 1985 tercatat ada peningkatan debit sebesar 0.90 m³/detik, sehingga dapat diduga pada selang waktu tersebut ada terjadi hujan di dalam DAS. Pada tanggal 11 Juli 1985 jam 15.00 diduga tidak terjadi hujan karena debit terus menyusut dari 0.48 m³/detik menjadi 0.40 m³/detik. Pada jam 17.00 tercatat ada peningkatan debit menjadi 0.51 m³/detik dan diduga terjadi hujan di dalam DAS di antara selang waktu jam 15.00 — jam 17.00. Keadaan debit di DAS Cimaja tidak dapat disajikan sehubungan data hilang.

12 Juli 1985.

Sounding yang dilakukan pada jam 11.00 menunjukkan bahwa udara basah (RH lebih besar dari 65%), sampai ketinggian lebih dari 7000 m. Titik embun sangat dekat dengan suhu udara, konveksi dengan mudah dapat dicapai, dengan maksimum konveksi terjadi pada jam 12.00, dengan dasar awan 400 sampai 600 m. Dengan kondisi cuaca seperti ini, dari endapan air setebal 3.3 cm pada lapisan 820 s/d 300 mb, akan terjadi hujan sebesar 10 mm. Penyemprotan dilaksanakan pada jam 12.00 selama 1 jam, dengan 1000 liter air terhadap awan Cu 4/8—400 m, dan arah angin dari tenggara dengan kecepatan di atas 10 knot. Dari pengamatan sebaran hujan ternyata daerah sasaran yang merupakan daerah bawah angin mempunyai curah hujan sebesar 44 mm yang tercatat pada 9 stasiun penakar hujan.

Di daerah bawah angin pada 3 stasiun penakar hujan yang terdapat hujan 24 mm. Dengan demikian diduga perbedaan curah hujan tersebut merupakan akibat penyemprotan. Pengukuran debit dilaksanakan hanya pada jam 09.00 dan jam 11.00. Di DAS Cilamaya antara dua masa peng-

amatatan, yaitu tanggal 11 Juli 1985 jam 15.00 dengan jam 09.00 tanggal 12 Juli 1985 terlihat dua waktu tersebut cukup besar. Berdasarkan dua pengamatan terakhir tanggal 12 Juli ini tidak ada jatuh hujan di DAS Cilamaya hingga jam 11.00, karena debit terus menurun, yaitu dari 0.79 m³/detik menjadi 0.69 m³/detik.

Kualitas Lingkungan.

Kondisi Tumbuh-tumbuhan.

Dalam diskusi ini akan dicoba mengkaji penyebab keguguran daun pada tanaman di sekitar Menara Dispenser. Dari pengamatan visual terlihat bahwa banyak butiran yang langsung jatuh ke atas permukaan daun (tinggi pohon rata-rata 10–12 meter). Hal ini disebabkan oleh kurang efektifnya daya kerja mikronair, sehingga besarnya butir larutan menjadi lebih besar dari 50 mikron. Butiran ini merupakan butiran dengan kandungan urea yang mempunyai konsentrasi tinggi. Berdasarkan teori osmosa, maka larutan yang mempunyai konsentrasi tinggi akan menyerap larutan yang mempunyai konsentrasi rendah, sehingga larutanya yang berada dalam daun akan terserap ke luar oleh adanya larutan urea.

Penyebab keguguran daun lainnya adalah tertutupnya permukaan daun oleh butir urea yang berasal dari larutan urea yang mengering, sehingga menghambat terjadinya proses fotosintesis.

Kondisi Tanah.

Nitrogen Total.

Bila dilihat dari histogram pada lokasi 1, jumlah prosentase nitrogen totalnya tetap antara tahap awal dan tahap pertengahan. Hal ini diduga disebabkan dengan adanya penyemprotan, sehingga kebutuhan tanaman akan nitrogen terpenuhi dari urea yang disemprotkan. Pada tahap akhir prosentase nitrogen total meningkat kembali. Hal ini diduga karena adanya proses mineralisasi dan proses fiksasi N dari udara yang lebih besar dari kebutuhan tanaman di lokasi 1.

Pada lokasi 2 prosentase nitrogen total menurun dari tahap awal dan tahap pertengahan. Hal ini diduga disebabkan kebutuhan akan nitrogen oleh tumbuh-tumbuhan tidak terpenuhi dan dengan adanya penyemprotan juga terjadi perlindian (leaching) oleh hujan. Pada tahap akhir prosentase nitrogen total kembali meningkat. Hal ini diduga sesuai dengan lokasi 1, yaitu adanya proses mineralisasi dan proses fiksasi N dari udara lebih besar dari kebutuhan tanaman di lokasi 2.

Pada lokasi 3 prosentase nitrogen total terlihat sedikit meningkat dari tahap awal ke tahap pertengahan. Hal ini diduga disebabkan adanya percobaan Hujan Buatan. Pada tahap akhir terlihat penurunan prosentase nitrogen total, lebih rendah dari tahap awal. Hal ini diduga disebabkan kebutuhan tanaman terhadap nitrogen meningkat.

Pada lokasi 4 (merupakan daerah sasaran Hujan Buatan) prosentase nitrogen total menurun dari tahap awal ke tahap pertengahan. Hal ini diduga disebabkan terjadinya perlindian. Pada tahap akhir terlihat prosentase nitrogen total tetap, sehingga dapat diduga bahwa tahap akhir jumlah prosentase nitrogen total sesuai dengan yang terbentuk dari proses mineralisasi dan fiksasi N dari udara.

Nitrat (NO_3).

Di keempat lokasi pengambilan contoh terlihat pada histogram bahwa kandungan nitrat terus menurun dari tahap I hingga tahap III. Dari keadaan ini dapat diketahui bahwa kandungan nitrat yang terbentuk dengan adanya percobaan tidak mempengaruhi kualitas tanah. Penurunan yang terjadi pada tahap pertengahan disebabkan oleh beberapa hal, antara lain proses perlindian akibat drainase, meningkatnya kebutuhan tanaman akan nitrat, meningkatnya kebutuhan organisme tanah dan proses penguraian dari ion nitrat menjadi gas nitrogen.

Bahan Organik.

Penurunan bahan organik di seluruh lokasi pengamatan pada tahap pertengahan (dibandingkan dengan tahap awal dan tahap akhir), diduga disebabkan oleh adanya erosi dan oksidasi akibat aerasi yang berlebihan. Di lokasi 1 dan 2, yang paling berperan adalah erosi, sedang di lokasi 3 dan 4 yang berperan adalah oksidasi akibat aerasi yang berlebihan.

Rasio C/N.

Penurunan Rasio C/N di seluruh lokasi pengamatan pada tahap pertengahan dibandingkan dengan tahap awal dan tahap akhir mempunyai kecenderungan sama dengan penurunan bahan organik. Keadaan penurunan ini diduga disebabkan karena persediaan nitrat relatif banyak (lihat histogram nitrat), sehingga perbandingan C/N kecil. Organisme pelapukan serbaguna aktivitasnya lemah dan dengan demikian hasil CO_2 sangat sedikit.

Kondisi Air.

Derajat keasaman (pH).

Dari hasil pengamatan terlihat adanya peningkatan pH dari

pengamatan tahap I dan tahap II. Peningkatan ini diduga akibat meningkatnya aktivitas foto sintetis mikroorganisme, dalam hal ini organisme yang memanfaatkan karbon dioksida (CO_2) dan dikarbonat (BCO_3) dengan makin banyaknya sumber hara yang berasal dari urea.

Peningkatan pH ini masih dalam batas-batas toleransi standar kualitas air minum Departemen Kesehatan RI, bahkan untuk contoh air hujan, ke-naikan pH ini justru bersifat positif, mengingat pH air hujan sebelum percobaan terlalu rendah, yaitu 5,4 dan 6,1 atau memang kondisi air hujan alamnya sejak awal sudah rendah. Akan semakin jelas jika dibandingkan dengan keadaan sesudah kegiatan (tahap III) yang juga merupakan hujan alam, kondisi kualitas airnya lebih rendah lagi, hanya mencapai 4,3 dan 4,8, hal ini berarti lebih rendah dari kriteria hujan asam karena kriteria kualitas air hujan asam ditetapkan dengan pH kurang dari 5,6.

Dari kondisi yang dijumpai ini, maka timbul pertanyaan apakah di sini telah terjadi hujan asam? Pertanyaan kedua apakah benar kegiatan Hujan Buatan meningkatkan kualitas air untuk parameter pH?

Kesadahan.

Dari hasil pengamatan terlihat kesadahan meningkat pada pengambilan contoh tahap II (selama percobaan). Peningkatan ini dari air hujan disebabkan semakin banyaknya Ca di udara yang diikat oleh carbon dari mono oksida dari rantai kimia urea, sedangkan peningkatan di badan air disebabkan adanya erosi.

Ditinjau dari kriteria kualitas air Dept. Kesehatan RI, peningkatan ini bersifat positif karena kualitas air hujan dan air di badan air sangat rendah, lebih rendah dari standar, baik pada tahap I maupun tahap II.

Amoniak ($\text{N}-\text{NH}_3$).

Amoniak yang terdapat pada contoh air hujan selama percobaan disebabkan adanya reaksi rantai NH_2 dari urea dengan uap air di udara menjadi NH_3 .

Ditinjau dari kriteria kualitas air Departemen Kesehatan RI, kandungan amoniak dalam air tidak boleh ada, sehingga air hujan yang terbentuk telah tercemar ringan karena konsentrasi amoniak relatif rendah, yaitu 0,005 mg/l dan 0,11 mg/l.

Amonium ($\text{N}-\text{NH}_4$).

Secara umum nitrogen dalam bentuk ammonium terlihat ada peningkatan dari tahap awal ke tahap pertengahan, yaitu empat lokasi dari enam lokasi. Bila dilihat lebih jauh, keempat lokasi itu terdiri dari 2 contoh air hujan dan 2 contoh dari badan air. Dalam air hujan, meningkatnya ammonium adalah logis karena ammonium merupakan derivat urea dan lokasi pengamatan air hujan terletak di lokasi penyemprotan, sehingga diduga sebagian dari

butir larutan jatuh ke dalam penampung contoh air hujan dan mempengaruhi kualitasnya. Dalam badan air terlihat hal yang tertolak belakang, yaitu di Cibogo dan Cimuja menurun serta di Cikahuripan dan Cicenang meningkat sehingga di badan air belum diketahui kecenderungan yang tertentu. Hal ini makin jelas kalau kita perhatikan lokasi keempat badan air tersebut (lihat peta dan uraiannya), yaitu Cimuja dan Cicenang di daerah sasaran serta Cikahuripan dan Cibogo daerah menghadap hujan (up wind).

Pada tahap ketiga pada umumnya kandungan amonium menurun kembali di semua lokasi, kecuali di Cimuja. Untuk Cimuja yang penggunaan tanahnya merupakan daerah pemukiman dan juga pertanian, maka peningkatan ini diduga disebabkan adanya perlindian dari sisa pupuk tanaman.

Bila dikaitkan dengan standar kualitas air minum Departemen Kesehatan RI, yang menyatakan kandungan amonium tidak boleh ada (0 mg/l) maka kondisi seluruh badan air dan air hujan di lokasi percobaan telah terlampaui sejak awal pengamatan, kecuali Cicenang.

Nitrit ($\text{N}-\text{NO}_2$).

Data hasil pengamatan terlihat kandungan nitrogen dalam bentuk nitrit di mata air Cikahuripan pada badan air Cicenang terlihat stabil pada sebelum, selama dan sesudah percobaan, dengan kata lain tidak ada perubahan yaitu tidak berdetaksi, hal ini berarti sesuai dengan kriteria kualitas air minum Departemen Kesehatan RI, karena tidak diperkenankan ada dalam air. Di contoh air hujan dan di Cimuja terlihat adanya peningkatan kandungan nitrit, hal ini sesuai dengan meningkatnya kandungan amonium di atas, sehingga dapat diduga bahwa peningkatan ini berkaitan dengan danya amonium dan terbentuknya nitrit ini akibat adanya proses denitrifikasi.

Bila dilihat dari kriteria kualitas air minum Departemen Kesehatan RI, adanya kandungan nitrit ini berarti air hujan dan badan air telah tercemar karena unsur ini tidak diperkenankan terdapat pada air minum. Nitrit ini berbahaya terutama bagi bayi dibandingkan manusia dewasa, namun hal tersebut tidak begitu mengkhawatirkan karena jumlahnya relatif kecil ($0,001$ dan $0,003 \text{ mg/l}$) dan sifat nitrit tidak stabil mudah teroksidasi menjadi nitrat.

Di badan air Cibogo ternyata kegiatan Hujan Buatan tidak berpengaruh, hal ini terlihat pada tahap II terjadi penurunan dan pada tahap III terlihat naik kembali, bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan tahap I, sehingga dapat diketahui bahwa badan air Cibogo telah tercemar oleh kandungan nitrit sejak awal pengamatan.

Nitrat ($\text{N}-\text{NO}_3$).

Kandungan nitrogen dalam bentuk nitrat tidak menunjukkan kecen-

derungan yang jelas, hal ini disebabkan dari tiga lokasi memperlihatkan kenaikan dan tiga lokasi lainnya menunjukkan penurunan.

Keberadaan nitrat dalam air sangat dipengaruhi oleh banyaknya nitrit dan pergolakan air, selain aktivitas mikroorganisme. Sehubungan dengan hal di atas, kandungan nitrat sangat erat dengan keberadaan nitrit, hal ini tampak hampir selaras di semua lokasi pengamatan.

Keadaan kandungan nitrat ini, bila dikaitkan dengan kriteria kualitas air minum Departemen Kesehatan RI, maka nitrat yang ada dalam air di seluruh badan air dan air hujan masih aman atau belum tercemar kandungan nitrat.

KESIMPULAN.

1. Kelembaban udara yang lebih besar dari 65% dengan ketebalan lebih besar atau sama dengan 1000 m mulai dari permukaan tanah, titik embun yang perbedaannya kurang dari 10° C dengan suhu udara pada 650 mb sangat menentukan pembentukan awan di sekitar daerah percobaan. Pembentukan awan menjadi terlambat bila terdapat lapisan stabil (inversi) yang tebalnya lebih dari 500 m. Endapan air (precipitable water) mempunyai hubungan yang erat dengan curah hujan. Jika tebalnya kurang dari 1 cm, hujan yang terjadi meliputi daerah yang kecil dengan curah hujan yang kecil tetapi bila tebalnya lebih dari 1 cm, di daerah sasaran akan terjadi banyak hujan. Rata-rata hujan di daerah sasaran umumnya lebih besar dari perkiraan curah hujan yang dihitung dengan metoda endapan air.
2. Dengan adanya kegiatan Hujan Buatan terdapat kenaikan curah hujan pada bulan Juni dan Juli 1985. Hasil sementara uji statistik menunjukkan adanya perbedaan sebesar 241 & 261% antara curah hujan bulan Juni – Juli 1985 dengan data historis curah hujan 20 tahun dan selama periode penyemaian, tidak dijumpai gangguan atmosfer (siklon, vortex, dll.).
3. Gugurnya daun pada tumbuh-tumbuhan di sekitar menara tidak akan menyebabkan tumbuhan mati, karena secara vegetatif masih hidup.

SARAN.

1. Perlu dilakukan perbaikan pada sistem penyemprotan sehingga distribusi ukuran butir larutan tidak lebih besar dari 50 mikron.
2. Percobaan perlu dilakukan untuk masa yang lebih panjang pada bulan Juni dan Juli untuk secara statistik terlihat perbedaannya.
3. Pada akhir penyemprotan larutan setiap harinya, harus dilakukan penyemprotan air dengan aliran yang besar agar butir-butir larutan yang jatuh di permukaan daun dapat turun bersama air.
4. Evaluasi hasil hujan sebaiknya dilaksanakan dengan sistem hari penyemaian dan hari tanpa penyemaian (seed and no seed) dengan selang dan periode tertentu (disain "target only").

DAFTAR PUSTAKA.

1. Ackermen, *et al.* 1976: "Design of the High Plain Experiment Final Report on HI-PLEX 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: **Hand Book of Meteorology.** McGraw Hill Book Co. 1068 pp.
4. Biswas, K.R., Kapour, R.K. and Karuga, K.K. 1967: **Cloud Seeding Using Common Salt.** J of Apl. Met. Vol. 6.
5. Bolloy, *et al.*: **Meteorological, Thermodynamics 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 Personel, 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. Hess, W.N. 1974 : **Weather and Climate Modification.** John Willey & Sons. New York. 841 pp.
10. Holland, J.D. and Crozier, C.L. 1967: **Statistical Design for Cloud Seeding Evaluation Precipitation Physics Project.**
11. Rogers, R.R. 1979: **A Short Course in Cloud Physics.** Pergamon Press. 235 pp.
12. Ryadi, S.A.L. 1981: **Ilmu Lingkungan, Dasar-dasar dan Pengertiannya.** Usaha Nasional. Surabaya. 153 pp.
13. Sax. R.I. 1978: **Meteorological and Cloud Microphysical Measurement.**
14. Sosodarsono, S. and Takeda, K. 1983: **Hidrologi untuk Pengairan.** Pradnya Paramita. Jakarta. 226 pp.
15. Sugiman. 1982: **Ilmu Tanah** (terjemahan). Bhratara Karya Aksara. Jakarta. 787 pp.
16. 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.
17. Wahab, Ch., *et al.* (BMG). 1983: **Penggunaan Radiosonde untuk Operasional Hujan Buatan.**
18. 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.

Tabel 1 Data Curah Hujan Rata-rata Tahunan Bulan Juni dan Juli
Tahun 1879 — 1941, 1960 — 1971 dan 1980. *)

Nama Stasiun	Tinggi (m)	1879—1941		1961—1970		1980	
		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli
Gn. Tg. Perahu	1893	272	126				
Gn. Tg. Perahu	--	294	116				
Kawah Domas							
Sukawana	1543	112	85	60	—		
Panglejar	600	158	123	75	—	148	118
Pangheotan	942	175	120	82	—	157	93
Friesland	1039	129	86				
Pasir Libangan	600	122	89				
Nyalindung	420	110	84	23	135	155	54
Ciburay	740	56	39				
Jambudipa	1140	89	54				
Padalarang	605	60	39				
Cimahi	757	60	47			30	1
Lembang	1255	63					
Lembang	1247	96	61		30	—	
Cikapundung	1434	91	50				

*) Sumber : BMG.

Tabel 2.
Format Data "Upper Wind"

UPPER — WIND

STASIUN : Wanayasa
TANGGAL : 14 Juni 1985.

JAM	KETINGGIAN	ARAH (0°)	KECEPATAN (knot)	KETERANGAN
07:00	1000	225	7	
	2000	125	8	
	3000	150	7	
	4000	90	17	
	5000	90	15	
	6000	145	20	Balon terhalang bukit.

10.00	1000	220	10	
	2000	195	10	
	3000	185	9	
	4000	130	11	Balon masuk awan CU
13.00	1000	270	7	
	2000	235	5	
	3000	230	7	Balon masuk awan CU
16.00	1000	320	4	
	2000	310	6	Balon masuk awan.

Tabel 3.
Format Laporan Keadaan Cuaca Permukaan Lokasi Wanayasa
Tanggal 27 Juni 1985.

JAM	SUHU	KELEM-	TITIK	KECE-	TEKAN-	A-	KETERANGAN
	UDARA	BABAN	EMBUN	PATAN	AN U-	WAN	
	0°	UDARA	0°	ANGIN	DARA	mbs	
06.00	19.1	97	18,6	Calm	397.0	—	Nihil
07.00	19.3	96	19,1	Calm	936.6	0	Cuaca berkabut tipis.
08.00	22.1	90	20,4	Calm	937.2	0	Clear
09.00	25.8	83	22,5	Calm	937.5	0	Cuaca cerah
10.00	26.0	81	22,5	Calm	936.9	1/8	CU 1/8 250M tebal. Tambak di arah Selatan lokasi.
11.00	26.6	79	22,4	Calm	936.6	1/8	CU 1/8 tampak tebal di arah timur laut dan selatan lokasi CU 1/8 700m.
12.00	27.9	75	22,8	120°/2	935.6	2/8	2/8 CU 500 m. Tampak mendung di arah timur laut lokasi.
13.00	26.8	78	22,6	100°-2	934.8	6/8	CU 6/8 — 1500 m. Tampak mendung di arah timur laut lokasi.

Tabel 4 : Data Radiosonde
Stasiun : Tangkuban Perahu
Tanggal : 12 Juni 1985
J a m : 11.00 WIB.
Rasond No. : 1.

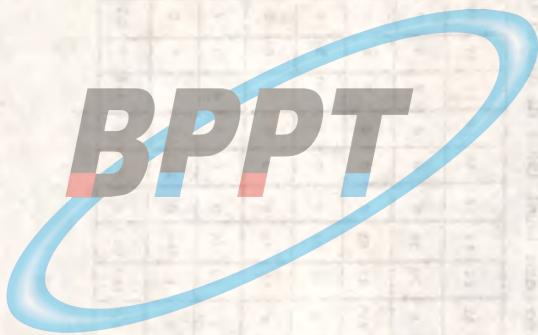
Tinggi Stasiun (MSL) : 1830 m PIPA U : 9 mb
 Tekanan Udara : 819.4 mb Koreksi : mb
 Suhu Udara : 17.0°C Divisi : 68.5
 Kelembaban Udara : 92% Divisi : 49.0
 Suhu Titik Embun : 15.55°C
 dddff Permukaan : Calm Awan : 8/8.

Mnt ke	Tekan- an(mb)	Suhu (°C)	RH (%)	Tinggi (m)	dpd (0°C)	El (°)	Az (°)	Araj (°)	Kec. (Kt)	Keterangan
1.	785.0	14.5	97	2195.5	0.5	77.7	230.6	218.2	13.1	
2.	746.9	12	94	2615.5	0.9	72.8	198.2	343.3	15.0	
3.	726.0	10.3	80	2853.1	33	67.2	184.9	334.5	11.4	
54.3	708.0	9.8	97	3062.4	0.5	65.3	177.9	297.4	5.3	
—	700	8.2	92	—	—	—	—	—	—	667.172.0
5.	698.4	7.9	89	3156.7	1.2	68.2	166.1	242.4	4.8	
6.	674.5	7.0	84	3271.0	1.7	69.9	161.8	235.4	4.0	
7.	651.0	6.0	84	3463.3	2.5	71.4	157.8	238.5	3.1	
8.	629.0	4.7	83	3754.8	2.5	71.5	156.7	284.7	2.3	
9.	610.0	3.5	81	4036.3	2.6	70.1	156.2	329.2	4.7	
10.	592	3.0	77	4286.2	2.9	68.5	158.9	345.7	7.1	
12.	711.	575.2	2.0	68	4529.43.6	67.3	165.1	8.4		
12.	559.0	0.8	64	4762.4	5.3	66.4	173.7	38.4	10.4	
13.	545.0	—0.5	65	4992.7	6.0	65.0	180.5	47.0	11.8	

Tabel 5.

Jumlah dan Jenis Larutan serta Keadaan Awan Selama Periode Percobaan

TANGGAL	PE- nyem	WAKTU	BAHAN	JUMLAH (liter)	A W A N
	PROT				
	AN				
11-6-'85	-	--	--	--	Pengujian Peralatan.
12-6-'85	I	11.15-11.45	Air	700-1000 lt	St 6/8-300 m, As 2/8-250 m.
11-7-'85	I	10.00-12.00	Air	1000 lt	Cu 4/8 - 400 m.
12-7-'85	I	12.00-13.00	Air	1000 lt	Cu 4/8 - 400 m.



Tabel 6 : Data curah hujan selama periode percobaan (Juni 1985) di daerah target.

Stasiun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Jumlah
Wanayasa	10	54	9	9	3	7	0	26	44	10	0	20	59	0	0	0	0	0	12	10	0	0	0	103	0	0	0	13	0	415		
T. Tonggoh	4	51	0	0	0	46	0	89	29	1	20	14	85	0	0	0	0	0	93	0	1	0	27	0	0	0	0	0	5	425		
Cicasas	47	41	0	13	0	0	0	24	43	10	0	22	61	0	0	0	0	0	9	14	0	0	0	121	0	0	0	23	0	430		
Cilaret	13	45	14	118	4	61	0	8	13	25	0	35	40	0	0	0	0	0	36	2	0	38	2	0	0	0	0	0	0	446		
Cicadas	13	48	75	55	0	11	0	6	50	9	0	18	34	0	0	0	0	2	41	43	33	0	0	68	1	0	0	0	0	0	470	
Cibeber	0	78	74	13	4	1	0	25	1	56	11	0	1	76	0	0	0	1	0	0	44	10	6	0	0	112	0	0	0	12	0	530
Rata-rata	17,6	51,3	18,2	25,7	0,6	5,3	0	29,8	40,8	14,3	4,6	18,7	59,3	0	0	0	1,2	0	11,6	20,4	6,8	0,1	6,3	72,2	0,2	0	0	0	0	0,5	-	-

Tabel 7 : Data curah hujan selama periode percobaan (Juli 1985) di daerah target.

Stasiun Tanggal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Jumlah		
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember																						
Wanyasas	0	0	6	0	0	14	0	0	0	9	0	52	1	0	0	0	43	10	37	24	6	0	32	0	0	0	6	356						
T. Tonggoh	0	4	5	31	18	11	0	0	0	71	0	32	0	27	150	76	0	9	0	1	0	23	0	0	7	24	14	0	17	0	427			
Citacan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	12	0	14	106	0	0	50	0	0	0	0	50	27	0	10	26	0	0	373			
Cilatir	0	9	0	3	7	34	0	6	0	14	5	30	1	20	12	56	55	0	0	0	0	0	0	25	28	34	0	0	0	11	0	395		
Cilacap	0	0	11	3	59	5	0	3	0	4	0	14	6	8	49	40	0	7	0	0	44	14	0	0	2	13	0	5	0	0	5	251		
Cilbesar	0	0	3	5	0	17	0	0	0	19	0	78	14	10	94	46	5	24	0	0	11	0	0	54	14	78	51	3	20	0	9	436		
Pati-kota	0	1,6	4,2	7	14	11,8	0	1,5	7,7	6,9	0,8	44,5	4,6	12,1	88,9	40,1	3,3	17,1	0	0,7	1,3	1,3	1,3	1,8	7,1	1,8	1,8	25,0	2,6	6,1	7,8	4,8	2,3	

13–6–'85	I	12.00–12.30	Air	700 lt	Cu + Sc 4/8 – 300 m, As 4/8 – 2500 M.
14–6–'85	I	11.15–12.15	Urea Solution	1400 lt	Cu + Sc 5/8 – 500 m.
15–6–'85	I	11.30–12.20	Urea Solution	1500 lt	Sc 1/8 – 400 m, Cu 2/8 – 500 M
	III	13.10–13.35	Urea Solution	700 lt	
	III	13.40–14.10	Urea Solution	700 lt	
	IV	14.15–15.00	Urea Solution	700 lt	
16–6–'85	I	11.15–11.30	Urea Solution	700 lt	Cu 1/8 – 400 M, As 1/8 – 2000 m.
	II	11.45–12.00	Urea Solution	700 lt	St 2/8 – 400 M, Sc 2/8 – 400 m, Cu 2/8 – 400 m
17–6–'85	I	11.20–11.50	Urea Solution	1** lt	Cu 6/8 – 500 m. St – 100 M.
	II	11.55–12.15	Urea Solution	400 lt	
18–6–'85	I	09.30–10.00	Urea Solution	500 LT	Cu 5/8 – 600 m.
	II	10.00–10.30	Urea Solution	1000 lt	
19–24–6– 1985	—	—	—	—	Tidak ada kegiatan sehubungan dengan Hari Raya Idul Fitri.
26–6–'85	I	13.30–13.55	Air	1000 lt	Cu 2/8 – 280 m, Ac 1/8 – 2500 m.
27–6–'85	I	11.20–11.40	Air	1000 lt	Cu 4/8 – 250 m.
	II	12.40–13.00	Urea Solution	500 lt	Cu + Sc 6/8 – 250 m.
	II	11.45–12.20	Urea Solution	2500 lt	Sc 7/8 – 200 m.
	III	13.18–13.44	Urea Solution		
	IV	14.46–15.10	Urea Solution		
	V	15.10–15.22	Urea Solution		
29–6–'85	I	11.03–11.27	Urea Solution		Cu + Sc 5/8 – 250 m.
	II	11.56–12.25	Urea Solution		
29–6–'85	III	12.45–12.55	Urea Solution	2000	Cu + Sc 7/8 – 250 m.
	IV	14.24–14.45	Urea Solution		
	V	15.10–15.22	Urea Solution		
30–6–'85	I	12.10–12.42	Urea Solution		Cu + Sc 5/8 – 250 m
	II	12.55–13.25	Urea Solution	2900	

	III	14.10—15.55	Urea Solution		
	IV	15.30—16.20	Urea Solution	Cu + Sc 6/8 —	
1—7—'85	I	12.05—12.35	Urea Solution	250 m	
	II	13.10—13.45	Urea Solution	700 Cu + Sc 5/8 —	
	III	14.00—14.20	Urea Solution	250 m.	
2—7—'85	I	12.15—12.42	Urea Solution	300 Cu 8/8 — 250 m.	
	II	13.10—13.42	Urea Solution	700 Cu + Sc 7/8 —	
				250 m	
3—7—'85	I	11.00—11.17	Urea Solution	700 Cu + Sc 7/8 —	
	II	13.02—13.40	Urea Solution	300 Cu + Sc 6/8 —	
	III	14.20—14.47	Urea Solution	250 m.	
4—7—'85	I	11.33—11.51	Urea Solution	850 Cu + Sc 5/8 —	
	II	11.59—12.01	Urea Solution	700 250 m, As + Sc	
5—7—'85	I	11.10—11.30	Urea Solution	650 2/8 — 3000 m.	
	II	13.15—13.37	Urea Solution	Cu + Sc 5/8 —	
	III	15.08—15.35	Urea Solution	250 M, As + Ac	
				3/8 — 300 m.	
6—7—'85	I	11.11—11.30	Urea Solution	600 St — 100 m.	
	II	11.43—12.02	Urea Solution	625 Sc 4/8 — 300 m,	
				As + Ac 7/8 —	
				3000 m.	
7—7—'85	I	12.00—12.30	Urea Solution	400 Cu + Sc 4/8 —	
	II	12.40 — 13.15	Urea Solution	250 m, As + Ac	
	III	14.35—15.05	Urea Solution	2/8 — 3000 m.	
8—7—'85	I	12.05—12.30	Urea Solution	300 Cu + Sc 5/8 —	
	II	15.10—15.20	Urea Solution	250 m, As + Ac	
9—7—'85	I	11.00—11.30	Urea Solution	2/8 — 3000 m.	
	II	13.50—14.50	Urea Solution	Cu + Sc 6/8 —	
10—7—'85	I	10.30—11.00	Urea Solution	250 m.	
				Cu + Sc 4/8 —	
				200 m, Ac 4/8 —	
				2500 m.	

Tabel 8.
Data Kecepatan Arus Sungai Cilamaya, Tanggal 15 Juni 1985.

Jam	Kecepatan arus (m/detik)				Tinggi Air (cm) (d)	Lebar Air
	Ketinggian (%)	Kiri	Tengah	Kanan		
09.00	80	—	15	—	5	7
	60	—	19	—		
	20	2	20	7		
11.00	80	—	15	—	5	7
	60	—	17	—		
	20	2	18	5		
13.00	80	—	15	—	5	7
	60	—	19	—		
	20	2	20	5		
15.00	80	—	15	—	5	7
	60	—	18	—		
	20	1	17	5		
17.00	80	—	17	—	5	7
	60	—	19	—		
	20	1	20	6		

Tabel 9.
Waktu dan Lokasi Pengambilan Contoh Air.

Sampel	1	2	3	BADAN AIR			AIR HUJAN		
				4	5	6	5	6	
Lokasi	Cikahuripan	S. Cicenang	S. Cibogo	Berhulu ± 3 km di lereng timur Gn. Tangkuban Perahu.	S. Cimaja	Tangk. Perahu	Tangk. Perahu	Tangk. Perahu	
Lokasi pengam- bilan sampel	Mata Air	Jembatan Cicen- ang	Lembang	Desa Dayeuh Kolot	Desa Dayeuh Kolot	Desa Dayeuh Kolot	Desa Menara Dispenser	Desa Menara Dispenser	Lokasi Menara Dispenser
Waktu pengam- bilan sampel	30 – 5 – 1985 Jam 14.35	31 – 5 – 1985 Jam 11.30	31 – 5 – 1985 Jam 15.45	31 – 5 – 1985 Jam 12.27	31 – 5 – 1985 Jam 12.30	2 – 6 – 1985	9 – 6 – 1985	9 – 6 – 1985	
Tahap I						Jam 14.30			
Waktu pengam- bilan sampel	10 – 7 – 1985	11 – 7 – 1985	11 – 7 – 1985	11 – 7 – 1985	11 – 7 – 1985	7 – 7 – 1985	10 – 7 – 1985	10 – 7 – 1985	
Tahap II									
Waktu pengam- bilan sampel	17 – 10 – 1985	17 – 11 – 1985	11 – 7 – 1985	11 – 7 – 1985	11 – 7 – 1985	7 – 7 – 1985	10 – 7 – 1985	10 – 7 – 1985	
Tahap III									

Tabel 10.

Perbandingan antara curah hujan normal Juni (1961 – 1980) dengan curah hujan selama periode penyemprotan Juni 1985 di atas daerah target.

Tahun	Curah hujan normal/data historis Juni 1961 – 1980 (dari 6 penakar hujan)	Curah hujan selama 8 hari penyemprotan *) 1985 (dari 6 penakar hujan)	
	Curah hujan di atas daerah target (mm)	No. Penakar hujan	Curah hujan di atas daerah target (mm)
1961	162,80		
1970	162,80	17/133 J	415
1971	270,25		425
1972	68,80	21/119 b J	450
1973	305,67	24/119 a J	
1974	106,83		446
1975	173,50	12/146 J	
1976	31,00		470
1977	323,60	16/142 J	
1978	468,00		530
1979	260,50	15/141 J	
980	119,17		
Rata-rata	187,29	Rata-rata	452,66 mm

*) Perlakuan penyemprotan

12 s/d 17 Juni 1985

28 s/d 30 Juni 1985.

Tabel 11.

Perbandingan antara curah hujan normal Juli (1961 – 1979) dengan curah hujan selama periode penyemprotan Juli 1985 di atas daerah target.

Tahun	Curah hujan normal/data historis Juli 1961 – 1979 (dari 5 penakar hujan)	Curah hujan selama 12 hari penyemprotan *) Juli 1985 (dari 5 penakar hujan)	
	Curah hujan di atas daerah target (mm)	No. Penakar Hujan	Curah hujan di atas daerah target (mm)
1961	127,50	141 J	249,00
1970	127,50	26/142 J	382,75
1971	115,25	119 b J	363,00
1972	13,50	25/141 J	427,50
1973	130,80		
1974	321,25	295133 J	292,00
1975	126,00		
1976	9,00		
1977	44,80		
1978	373,40		
1979	84,20		
Rata-rata	131,16	Rata-rata	342,85 mm

*) Perlakuan penyemprotan
1 s/d 12 Juli 1985.

Tabel 12.
Curah hujan normal di atas daerah Target (Y) dan daerah Kontrol (X)
pada bulan Juni 1961 — 1980

No.	Tahun	Curah Hujan Normal	
		Daerah Kontrol (X) (mm)	Daerah Target (Y) (mm)
1.	1961	121,00	162,80
2.	1962	121,00	162,80
.	.	.	.
10.	1970	121,00	162,80
11.	1971	253,00	270,25
12.	1972	7,00	68,80
13.	1973	131,33	305,62
14.	1974	104,83	106,33
15.	1975	129,67	173,50
16.	1976	62,67	31,00
17.	1977	234,33	323,60
18.	1978	346,00	468,50
19.	1979	178,00	260,50
20.	1980	84,00	118,17

Daerah Kontrol (X).	Daerah Target (Y).	. (XY).
$X = 137,04$	$Y = 187,71$	$XY = 30.378,32$
$X = 2.740,83$	$Y = 3.745,82$	$XY = 607.746,46$
$X^2 = 472.813,28$	$Y^2 = 881.158,98$	$(XY)^2 = 4.17777121 \times 10^6$
$n = 20$	$n = 20$	$= 20$
$\sum X^2 = 7.512.149,08$	$\sum Y^2 = 14.031.167,42$	$\sum XY^2 = 3.6935576 \times 10^{11}$

Tabel 13.
Curah hujan normal di atas daerah Target (Y) dan daerah Kontrol (X)
pada bulan Juli 1961 — 1979

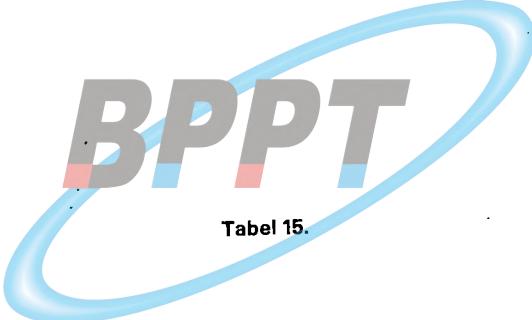
No.	Tahun	Curah Hujan Normal	
		Daerah Kontrol (X) (mm)	Daerah Target (Y) (mm)
1.	1961	131,00	127,50
2.	1962	131,00	127,50
.	.	.	.
10.	1970	131,00	127,50
11.	1971	128,00	115,25
12.	1972	12,60	13,50
13.	1973	117,80	130,80
14.	1974	217,80	321,25
15.	1975	217,80	26,00
16.	1976	92,60	80,00
17.00	1977	26,40	44,80
18.	1978	280,80	373,40
19.	1979	95,20	84,20

Daerah Kontrol (X).	Daerah Target (Y).	(XY).
X = 128,89	Y = 131,17	XY = 21.533,71
X = 2.448,95	Y = 2.249,2	XY = 409.140,41
X ² = 387.304,9	Y ² = 460.801,75	(XY) ² = 19.950.657
n = 19	n = 19	n = 3 19
(X) ⁺ = 5.977.356,1	(Y) ² = 6.211.060,84	(XY) ² = 1.673.958 X 10 ¹⁰ .

Tabel 14.

No.	No. Penalar Hujan	Curah hujan di daerah kontrol bulan Juli 1985 (X) (mm)
1.	70 a J	270
2.	76 J	220
3.	91 a P	215
4.	68 P	184
5.	67 J	147
Rata-rata		207,2

Tabel 15.



No.	No. Penalar Hujan	Curah hujan di daerah kontrol bulan Juni 1985 (X) (mm)
1.	70	117,00
2.	70 a J	171,00
3.	76 J	179,00
4.	91 A P	183,00
5.	68 J	233,00
6.	67 J	250,00
Rata-rata		188,83

Tabel 16.

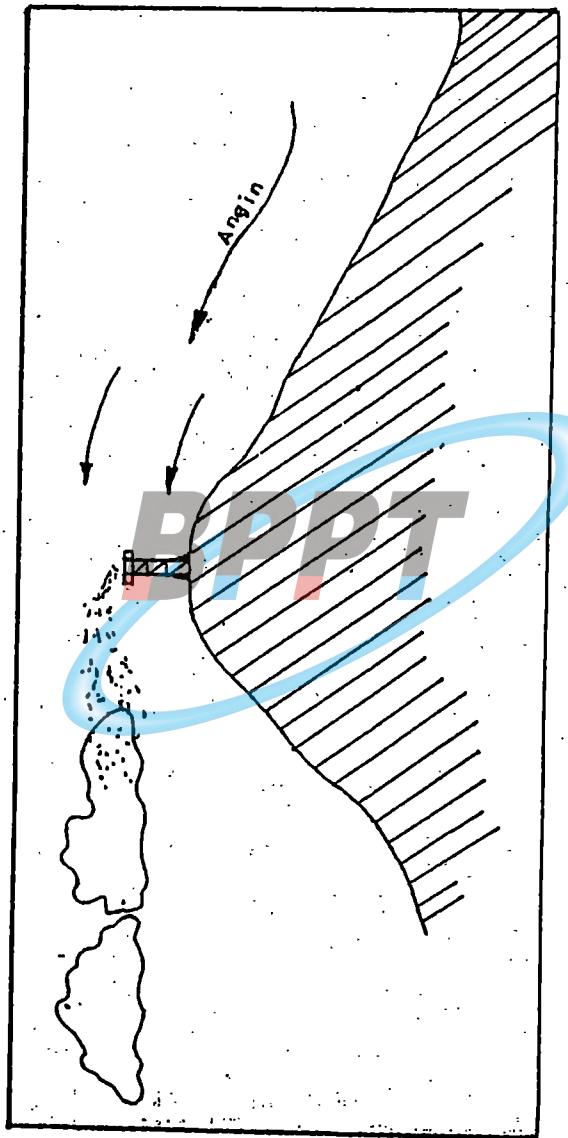
Data curah hujan yang diperlukan untuk analisis statistik dengan disain "target control" pada bulan Juni dan Juli 1985 – 1989.

Tahun Penelitian	A		B				A – B	
	Curah hujan di daerah target (Y) pada bulan		Curah hujan perkiraan seandainya tak ada penyemprotan		Curah hujan di daerah kontrol (X) pada bulan		Hasil Hujan Buatan (mm)	
	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli
1. 1985	452,66	342,85	263,90	227,48	188,83	207,20	188,76	115,37
2.								
3.								
4.								
5.								



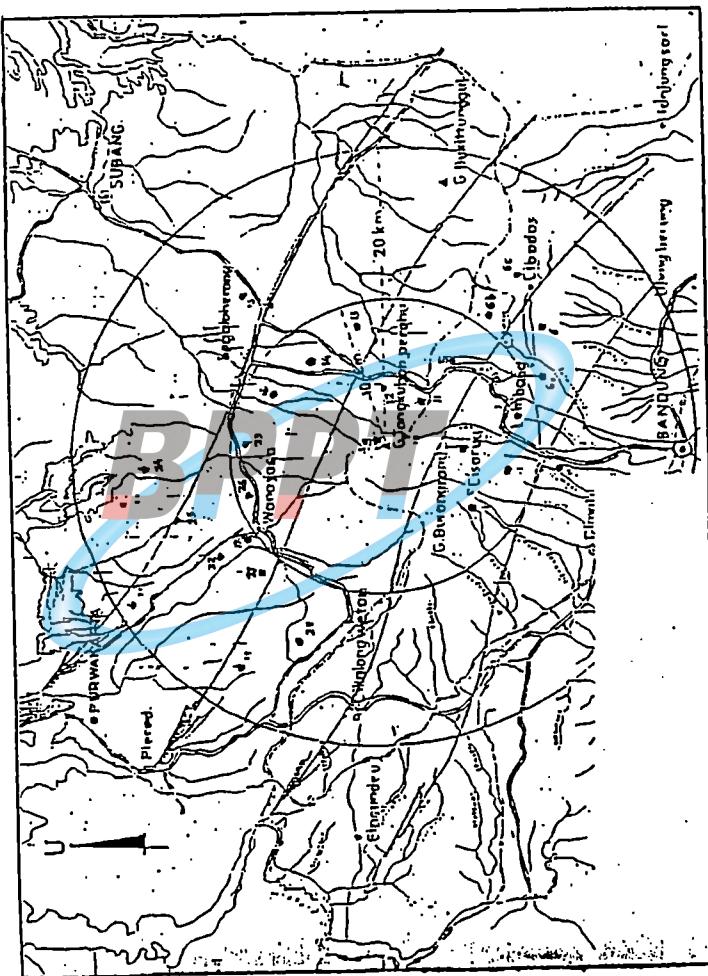
Tabel 17.
Keadaan variabel prediktor selama percobaan dan perkiraan curah hujan.

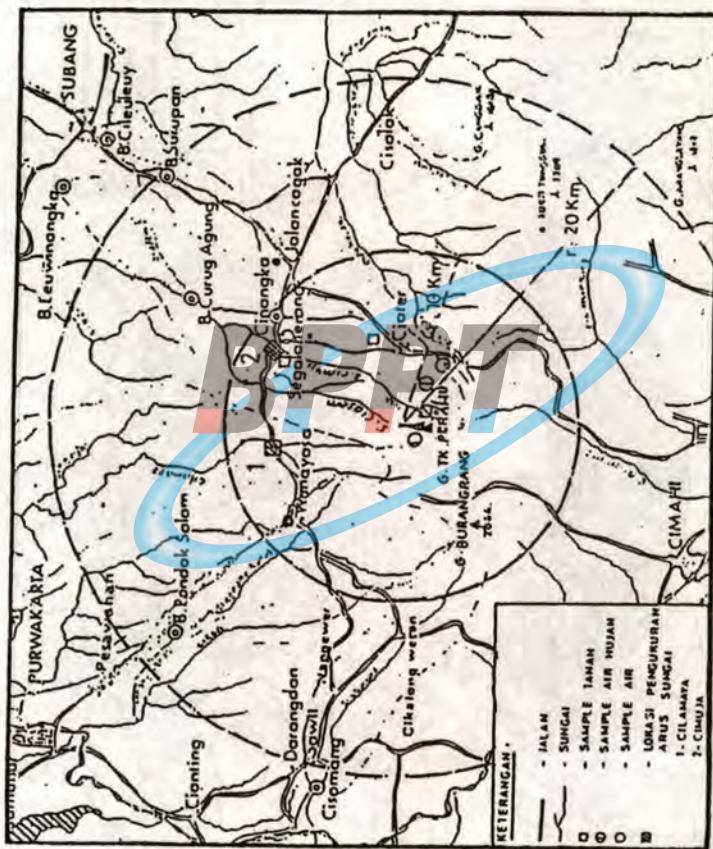
TANGGAL	LAPISAN / TITIK			BATAS LAPISAN				MIXING RATIO		TEBAL WP ENDAPAN	PERKIRA- AN GH MAX (mm)		
	CCL (m)	LCL (m)	TC (oc)	BASAH		W1	W2	AIR (cm)	RP				
				T _s (oc)	P ₁ P ₂								
12–6–1985	2150	1950	18	17.0	820 – 580	5½	13½	2.3	12				
13–6–1985	3200	2000	25	16.5	700 – 480	4½	8½	1.4	4				
24–6–1985	2500	2500	20	19.5	820 – 795±690 – 630	0.32	0.44	1	1				
15–6–1985	1900	2300	16½	9.0	820 – 730	12½	13½	0.5	1.5				
16–6–1985	1900	2300	15	19.5	820 – 800	7	13½	0.2	0.6				
17–6–1985	1900	2100	16½	18.0	820 – 750	6½	14	0.7	2.1				
28–6–1985	3100	2600	25	17.2	820 – 695	9	12½	1.4	4.2				
29–6–1985	1900	2000	16½	17.0	820 – 700	4½	13	1.0	3				
30–6–1985	1900	2000	17	17.5	820 – 700	6½	13½	1.2	3.6				
1–7–1985	1900	2200	16	19.0	820 – 550	4	13½	2.4	7.2				
2–7–1985	2500	2200	20½	18.9	820 – 715	11½	13	1.3	4.0				
3–7–1985	—	—	—	17.5	—	—	—	—	—				
4–7–1985	2200	2000	18½	18.0	820 – 660	6½	13	1.6	4.8				
5–7–1985	1900	2100	16	16.5	820 – 640	5	12½	1.6	4.8				
6–7–1985	1800	2200	15½	17.3	820 – 650	6	13	1.65	5.0				
7–7–1985	2000	2200	16½	18.0	820 – 700	8	13	1.3	4.0				
8–7–1985	2000	2000	15	15.5	820 – 750	7½	12	0.7	2.1				
9–7–1985	2000	2100	16	16.8	820 – 750	8	13	0.7	2.1				
10–7–1985	1900	2000	15	15.6	820 – 500	3	13	2.6	8				
11–7–1985	2200	14	18.3	820 – 480	0.3	14	2.4	7.2					
12–7–1985	2400	2200	18½	820 – 300	0.5	12	3.31	10					



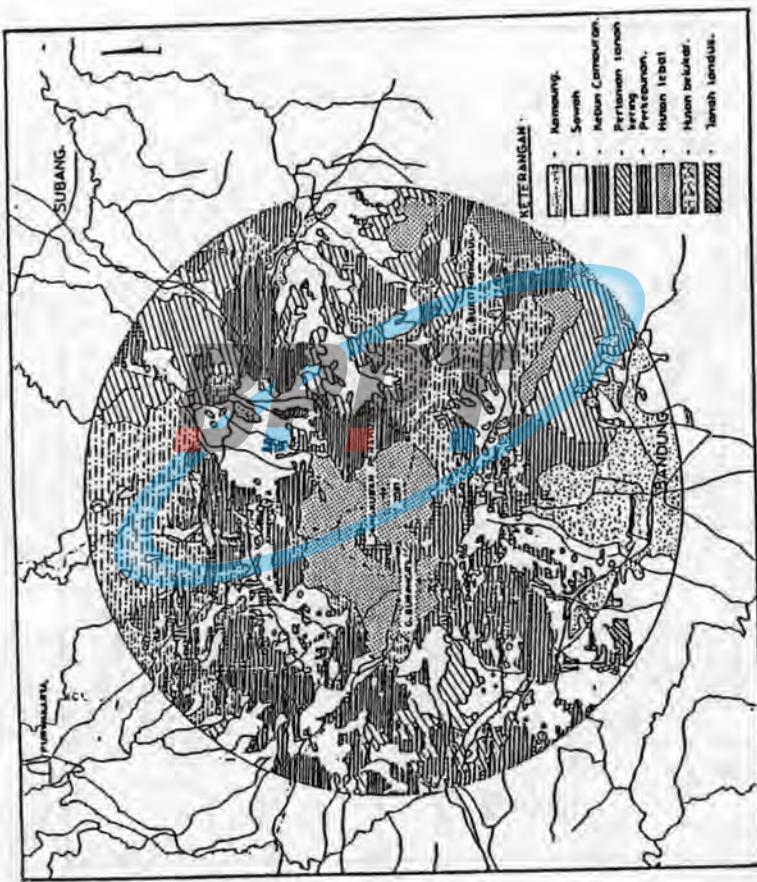
Gambar 1 : Metoda penyemaiian awan orografik.

Gambar 2. Pola angin umum yang bertujuan selama periode Mei s/d Oktober.

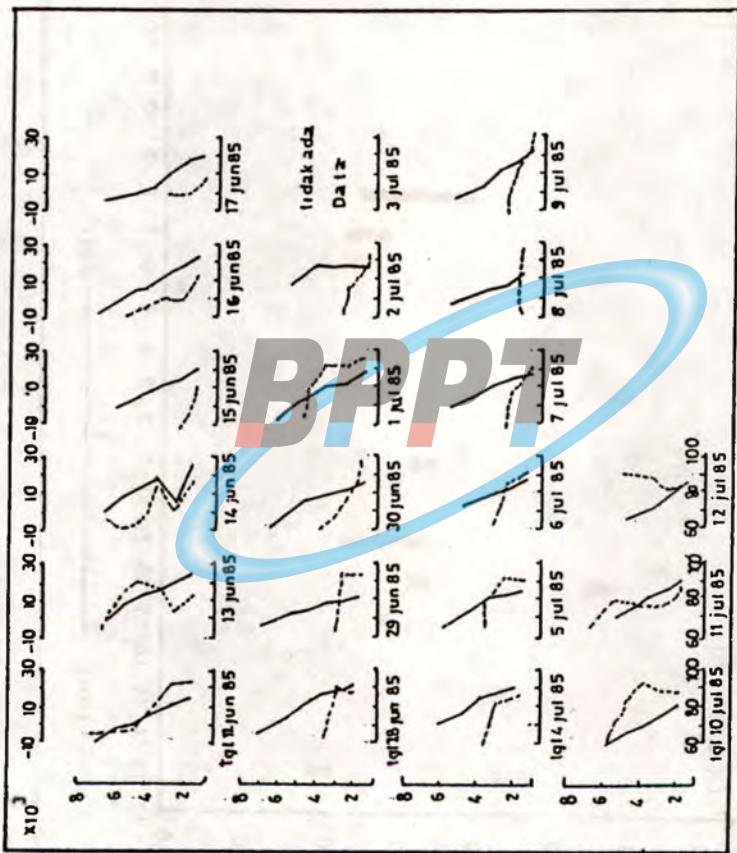




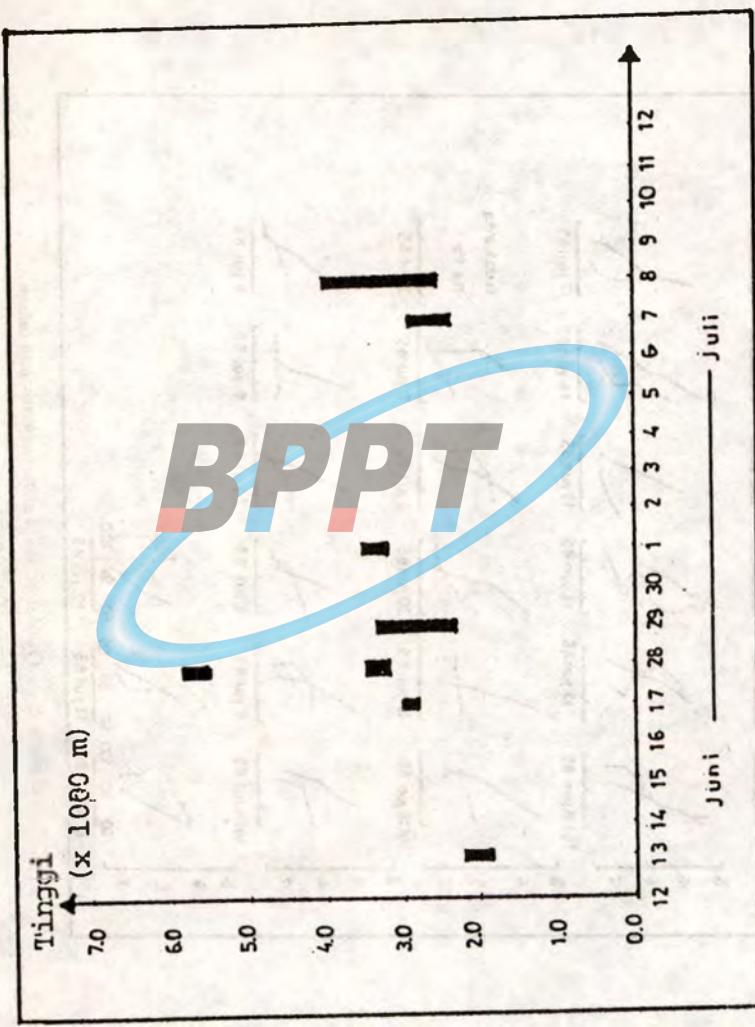
Gambar 3. Lokasi Pengukuran arus sungai.



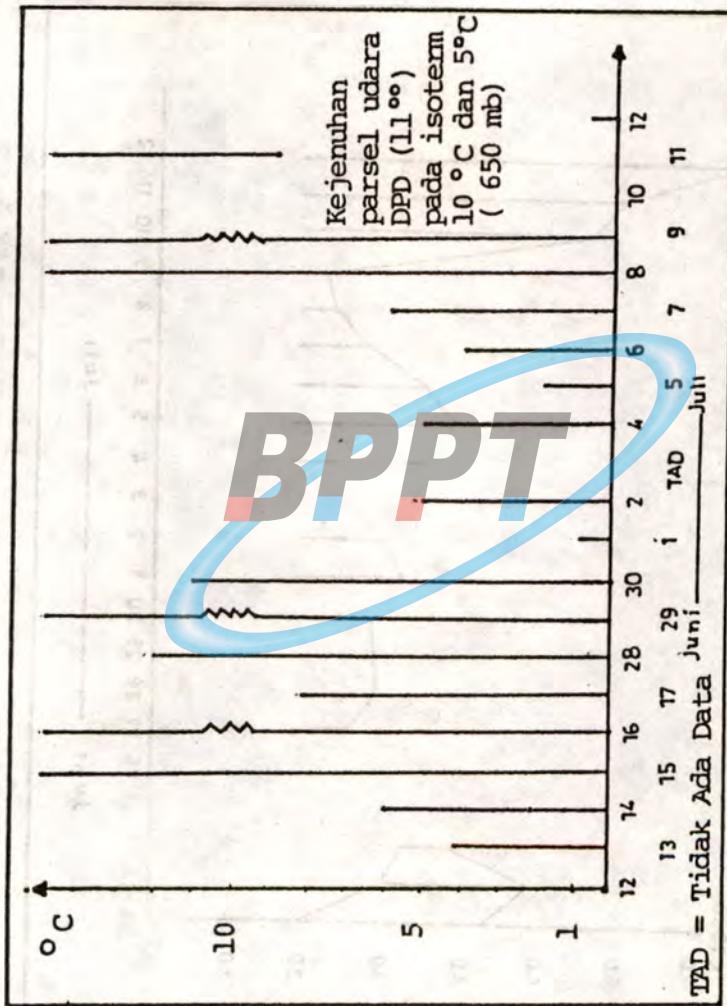
Gambar 4 : Peta tatajuma tanah sasaran Hujan Buatan.



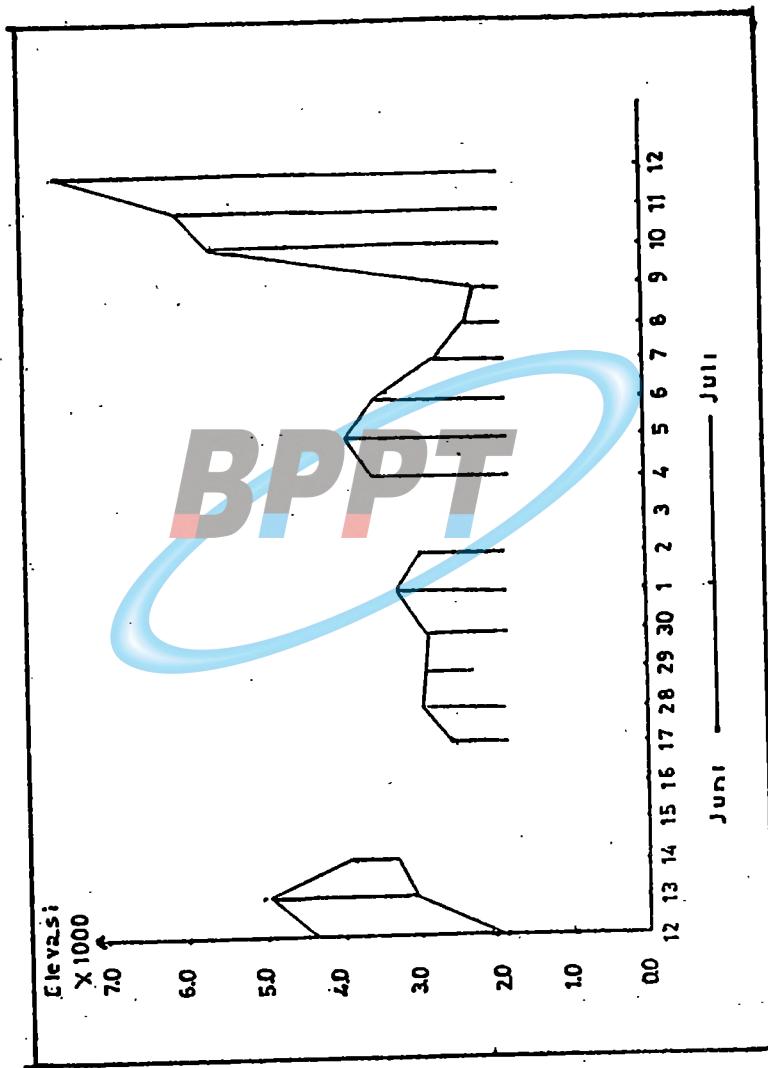
Gambar 5. Profil suhu vertikal dan kelembaban udara.
 (—) profil suhu
 (.) profil kelembaban.



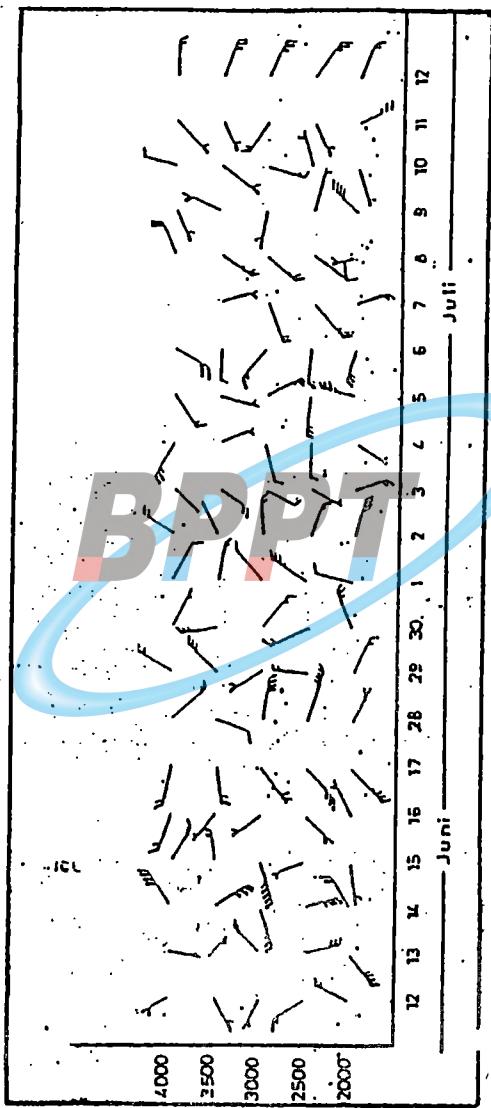
Gambar 6. Lapisan inversi, ketinggian dan ketebalannya.



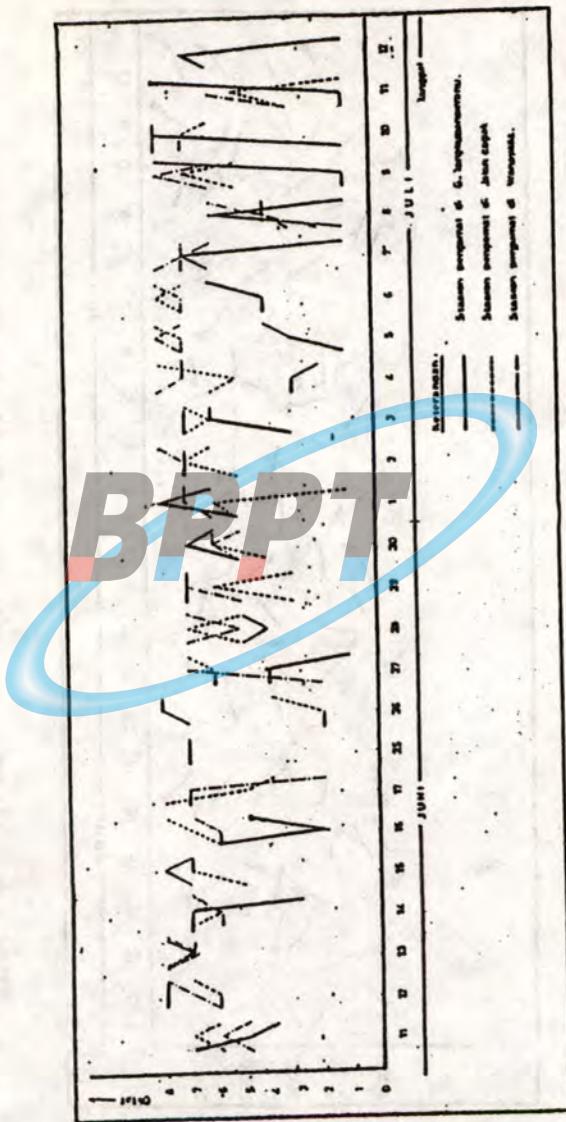
Gambar 7. Kejemuhan parsel udara DPD (11.00) pada isoterm 10°C dan 5°C.



Gambar 8. Tebal serta ketinggian lapisan udarayang mempunyai RH \geq 65%.

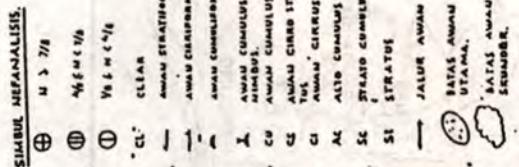


Gambar 9. Arah dan kecepatan angin pada 2000 – 4000 m (data sounding) di atas Gunung Tangkuban Perahu dan sekitarnya.

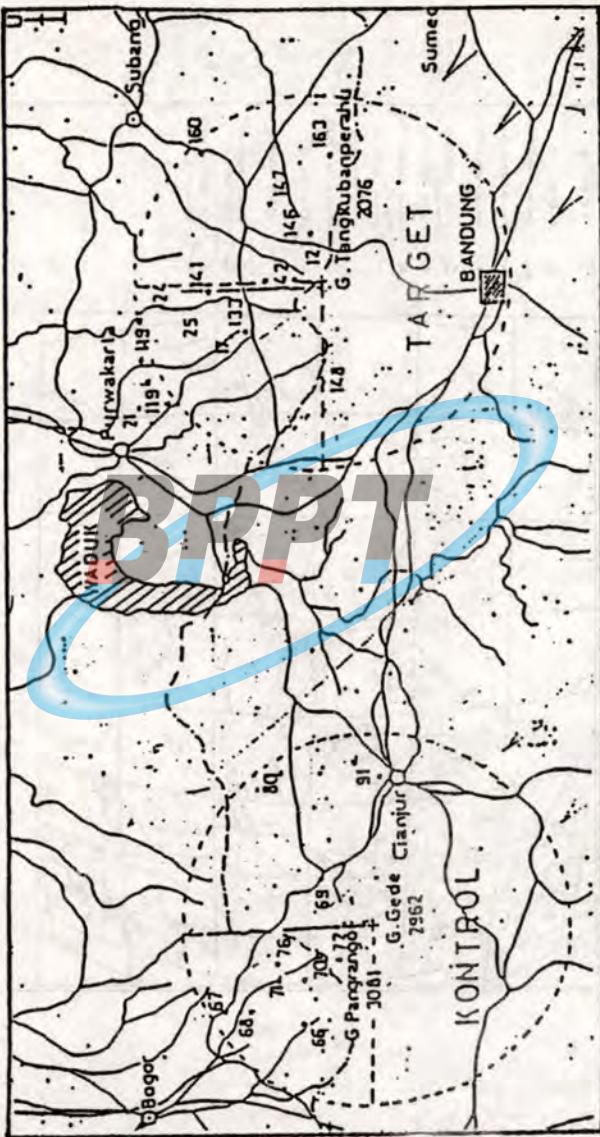


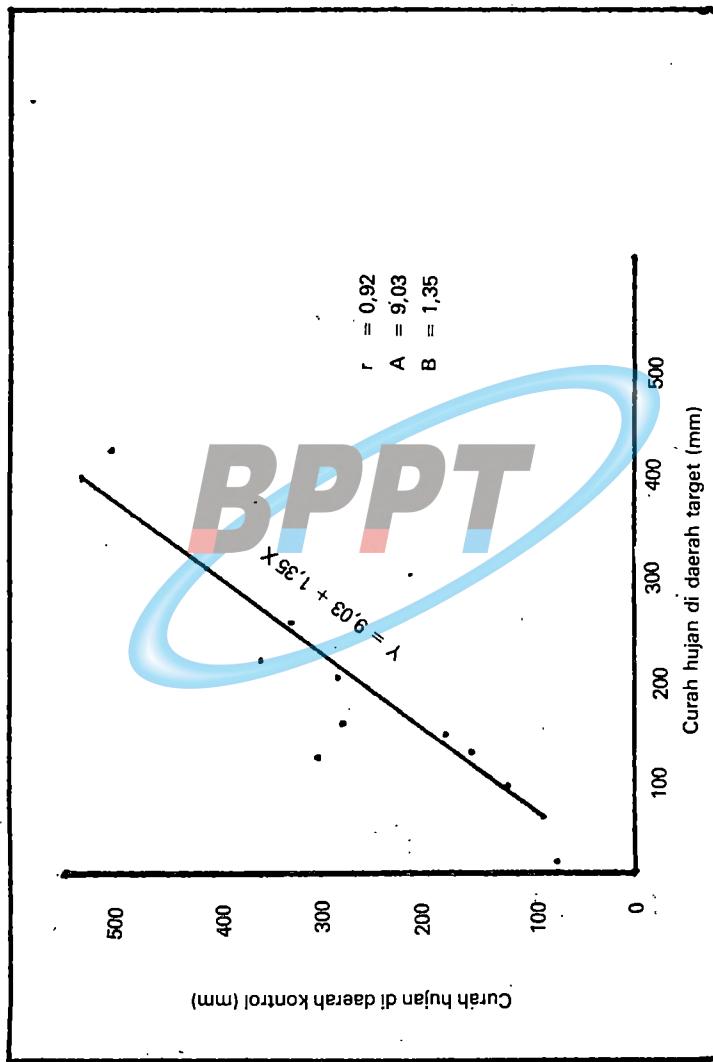
Gambar 10. Perkembangan awan pada stasiun pengamat jam 12.00, 14.00 dan 16.00.

Tanggal 12 Julai 1985, Jam 06.04 '56" GMT.



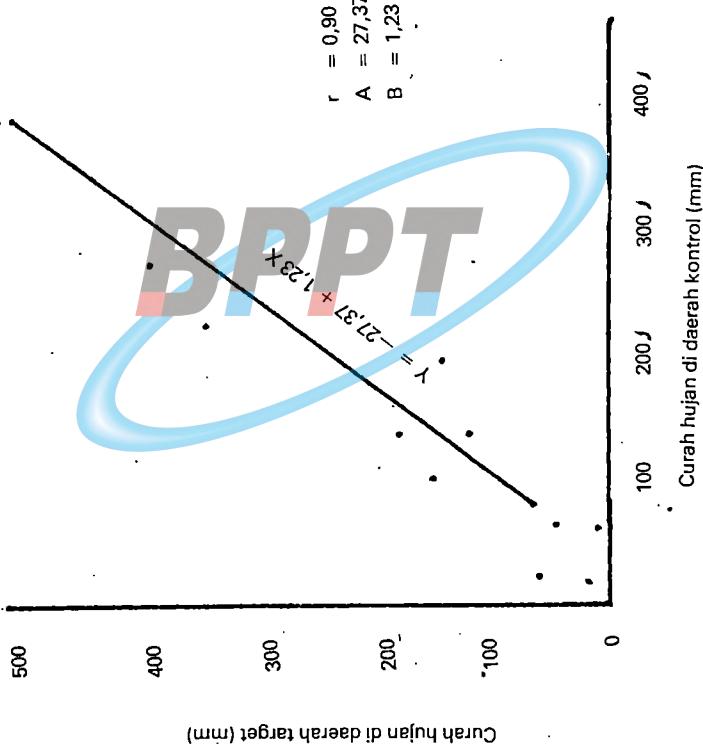
Gambar 11. Keadaan awan yang dianalisis dengan *nefanalisis*.



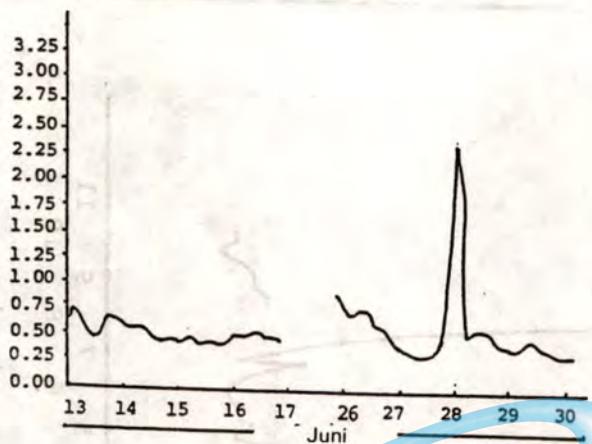


Gambar 13. Regresi curah hujan daerah target terhadap daerah kontrol (1961 – 1980) untuk bulan Juni.

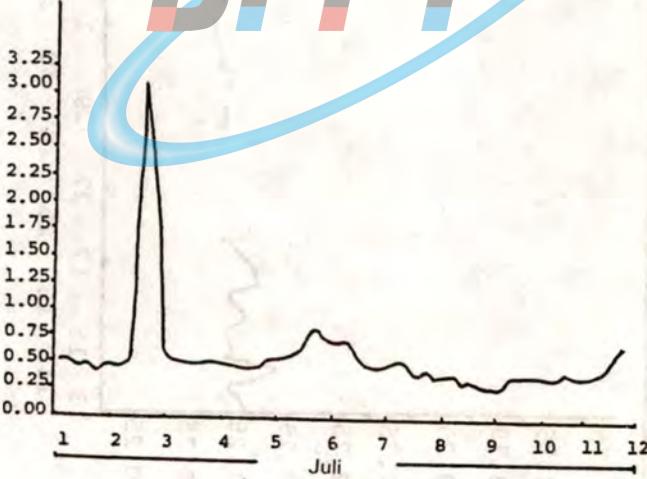
Gambar 14. Regresi curah hujan daerah target terhadap daerah kontrol (1961 – 1979) untuk



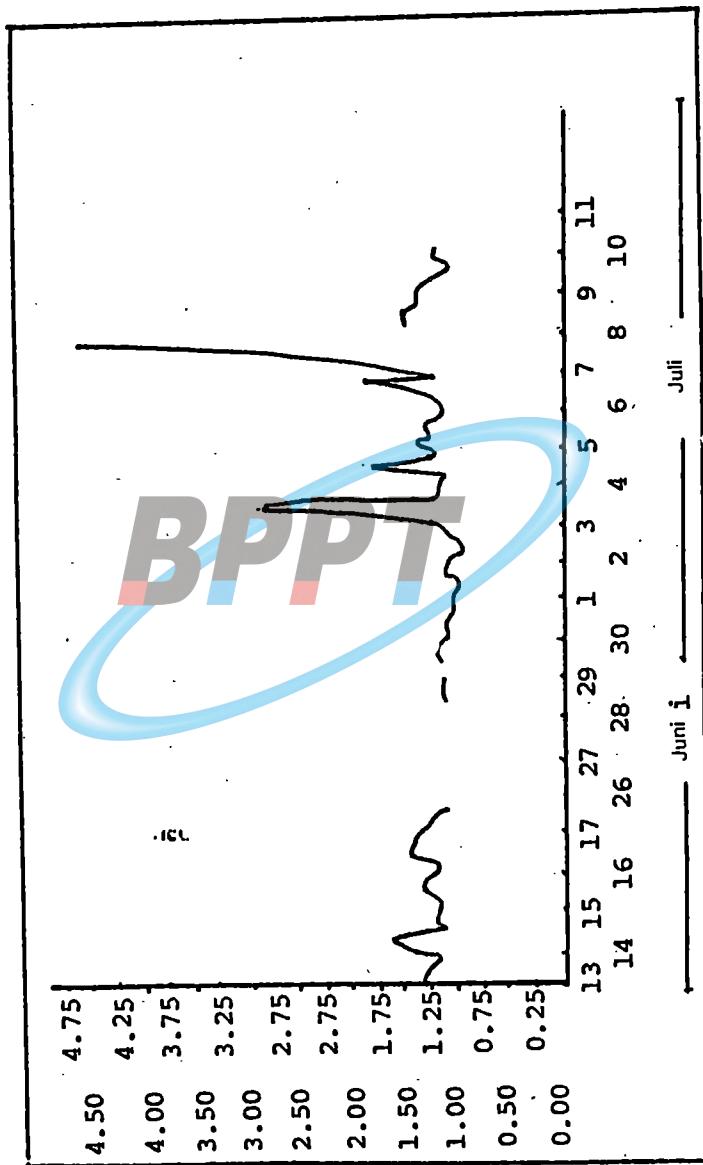
m³/detik



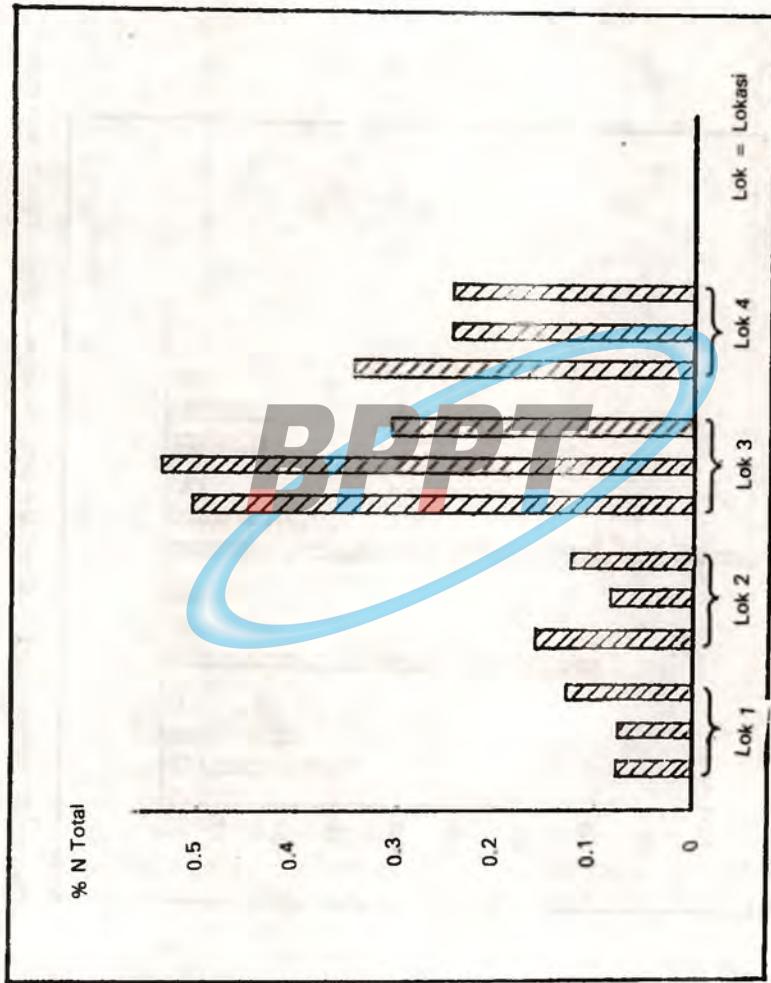
m³/detik



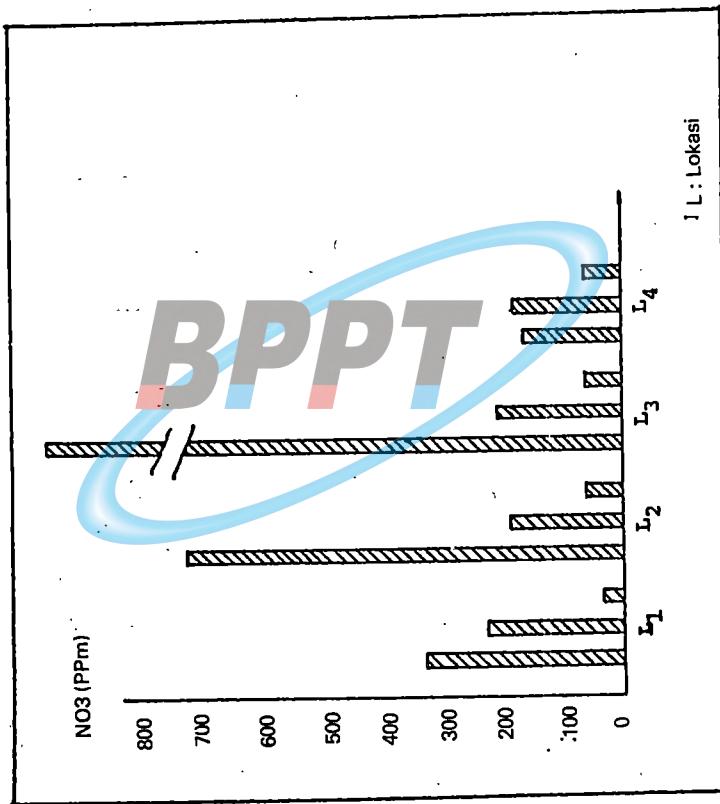
Gambar 15 : Debit sungai Cilamaya.



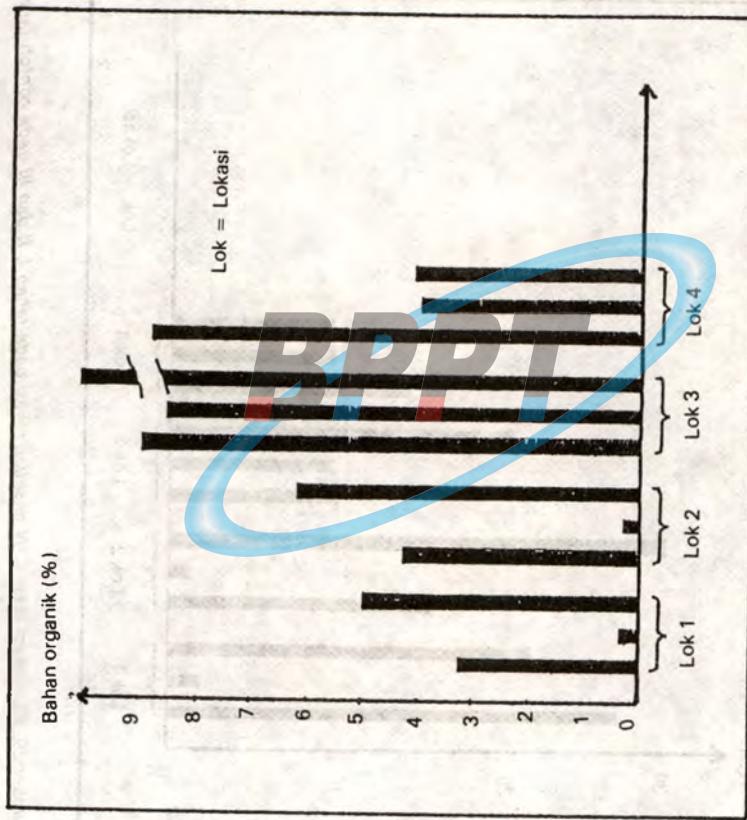
Gambar 16 : Debit sungai Cimaja.



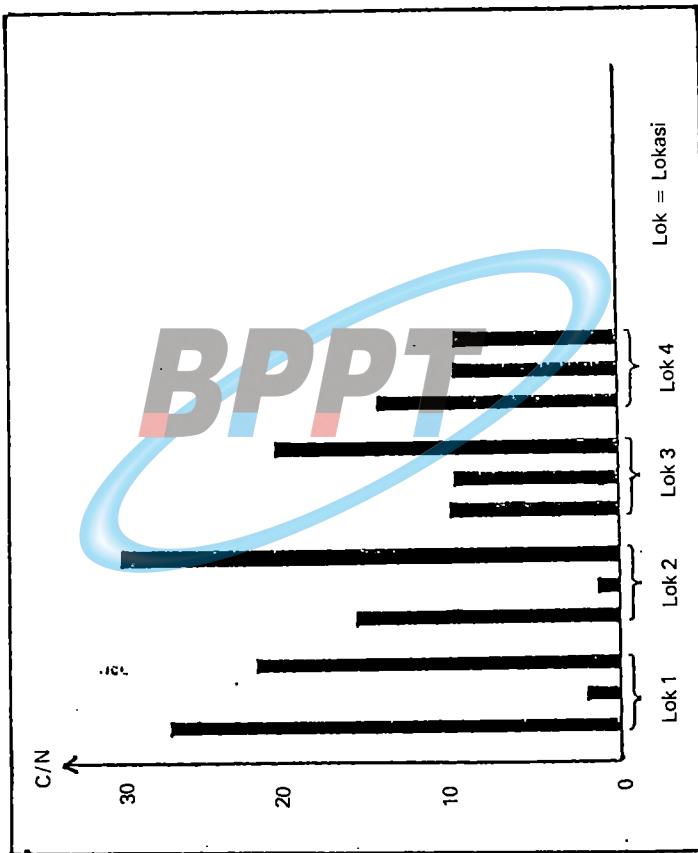
Gambar 17. Histogram Kadar N Total di Setiap Lokasi Tahap I, II dan III pada contoh tanah.



Gambar 18. Histogram kadar nitrat (NO_3) di setiap lokasi pada tahap I, II dan III pada contoh tanah.



Gambar 19 : Histogram Prosentase Bahan Organik di setiap Lokasi pada Tahap I, II dan III pada contoh tanah.



Gambar 20. Histogram rasio C/N di setiap lokasi pada tahap I, II dan III pada contoh tanah.

Gambar 21. Histogram kualitas air di setiap lokasi pada tahap I, II dan III

(lanjutan Gambar 21.).

