

5/EM/1991/001

**MODEL SIMULASI PROSES-PROSES HIDROLOGI BERDASARKAN
PERUBAHAN IKLIM DAN TATAGUNA LAHAN**
(Studi Kasus Sub Daerah Aliran Sungai Cikapundung, DAS Citarum)

BUDI SUSETYO
G21.0825



JURUSAN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
1991

**MODEL SIMULASI PROSES-PROSES HIDROLOGI BERDASARKAN
PERUBAHAN IKLIM DAN TATAGUNA LAHAN**

(Studi Kasus Sub Daerah Aliran Sungai Cikapundung, DAS Citarum)

MASALAH KHUSUS

**Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
di Jurusan Geofisika dan Meteorologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor**

**JURUSAN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

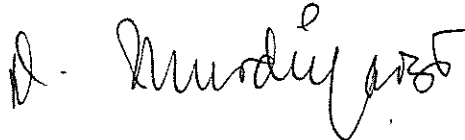
1991

Judul : MODEL SIMULASI PROSES-PROSES HIDROLOGI BER-DASARKAN PERUBAHAN IKLIM DAN TATAGUNA LAHAN (Studi Kasus Sub Daerah Aliran Sungai Cikapundung, DAS Citarum)

Nama Mahasiswa: Budi Susetyo

Nrp. : G21.0825

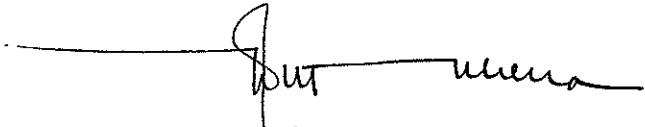
Menyetujui
Dosen Pembimbing,



(Dr. Ir. D. Murdiyarso)
K e t u a



(Ir. Rini Hidayati MS.)
A n g g o t a

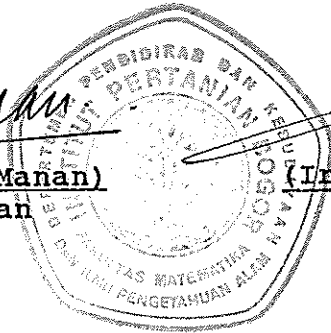


(Ir. William M. Putuhena M. Eng.)
A n g g o t a

Mengetahui,



(Ir. M. Effendy Manan)
Ketua Jurusan



(Ir. Abujamin Ahmad Nasir)
Komisi Pendidikan

Tanggal Lulus: 16 JUL 1991

RINGKASAN

BUDI SUSETYO G21.0825 Model Simulasi Proses-proses Hidrologi Berdasarkan Perubahan Iklim dan Tata guna Lahan (Studi Kasus Sub Daerah Aliran Sungai Cikapundung, DAS Citarum) di bawah bimbingan D. MURDIYARSO; RINI HIDAYATI; WILLIAM M. PUTUHENA.

Penelitian di Sub DAS Cikapundung ini adalah pemodelan neraca air yang disimulasikan untuk berbagai keadaan, yaitu pada saat terjadi perubahan iklim akibat penggandaan CO₂ dan untuk keadaan pola penggunaan lahan tertentu. Hasil pemodelan neraca air ini menggambarkan rangkaian proses-proses hidrologi yang dapat dijelaskan secara kuantitatif. Berdasarkan Uji Dunett dan Uji Bartlett, maka nampak bahwa hasil akhir model neraca air (debit sungai) mendekati nilai-nilai debit hasil pengukuran Puslitbang Air, kecuali untuk bulan-bulan kering (Juni-September).

Hasil simulasi untuk perubahan iklim dan tata guna lahan adalah sangat nyata pengaruhnya. Untuk daerah Bandung dan sekitarnya suhu berubah 1.013 kali suhu skenario dasar. Sedangkan perubahan curah hujan menurut simulasi GISS bervariasi setiap bulannya. Perubahan tata guna lahan disimulasikan untuk tujuan konservasi. Perubahan iklim dan tata guna lahan secara simultan berpengaruh terhadap debit sungai. Pada bulan Januari perubahannya sebesar 175.2%, Februari 169.1%, Maret 185.7%, April 136.0%, Mei 145.6%, Juni 146.3%, Juli 145.7%, Agustus 140.0%, September 128.1%, Oktober 360.0%, November 121.7%, Desember 202.8%. Untuk bulan-bulan kering, sesuai data-dasarnya, debit sungai hasil



pemodelan neraca air menunjukkan angka yang lebih rendah dibanding debit hasil pengukuran. Menurut Penulis hal ini dikarenakan adanya patahan-patahan geologi yang memotong igir Sub DAS Cikapundung, sehingga gerakan air dalam tanah secara kuantitatif sulit ditelusuri atau memang Sub DAS Cikapundung merupakan daerah tangkapan yang mampu menyimpan dan mendistribusikan air dari waktu ke waktu secara baik. Untuk itu disarankan diadakan penelitian lanjut mengenai hal ini.

KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji syukur kepada Allah SWT. dengan selesainya Penelitian yang berjudul **Model Simulasi Proses-proses Hidrologi Berdasarkan Perubahan Iklim dan Tataguna Lahan (Studi Kasus Sub Daerah Aliran Sungai Cikapundung, DAS Citarum)**

Penelitian ini bermaksud mendapatkan model yang dapat menggambarkan proses-proses hidrologi di Sub Daerah Aliran Sungai Cikapundung, yang pada akhirnya dapat digunakan juga untuk pendugaan debit bagi daerah-daerah yang tidak mempunyai stasiun pengukur debit (*ungauged*) dengan hanya menggantikan parameter-parameternya saja. Lebih jauh penelitian ini diarahkan untuk melakukan simulasi pada berbagai keadaan akibat perubahan iklim dan tataguna lahannya bila dikaitkan dengan produksi air, dimana debit sebagai parameter utamanya.

Hasil penelitian ini cukup memuaskan bagi Penulis, hal ini tidak terlepas dari pengarahan, bantuan dan motivasi yang diberikan dari berbagai pihak yang mungkin tidak dapat Penulis sebutkan seluruhnya di sini.

Ucapan terimakasih Penulis sampaikan kepada Dr. Ir. D. Murdiyarso selaku Ketua Komisi Pembimbing, yang telah banyak mengarahkan dan membimbing dengan seksama sampai terwujudnya laporan ilmiah ini.

Kepada Ir. Rini Hidayati MS. selaku Anggota Komisi Pembimbing juga Penulis sampaikan terimakasih atas partisipasinya selama penyelesaian penelitian ini.

Ucapan terimakasih juga Penulis sampaikan kepada Ir. William M. Putuhena M.Eng, selaku Anggota Komisi Pembimbing dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan di Bandung yang telah banyak memberikan masukan dan fasilitasnya selama Penulis berada di Instansi tersebut.

Ucapan yang sama Penulis sampaikan kepada:

- Ir. Bambang Eko Budiyono, yang telah banyak memberikan informasi selama penyusunan Masalah Khusus ini.
- Dr. Ir. M.Bl. de Rozari, yang telah banyak memberikan informasi terutama tentang konsep perubahan iklim.
- Drs. Soewarno Hadi, Kepala Bagian Hidrometeorologi (Puslitbang Pengairan), yang telah banyak membantu selama pengumpulan data.
- Dr. Ir. Hidayat Pawitan dan para dosen di Jurusan Geofisika dan Meteorologi yang telah memberikan sumbangan pemikiran, serta masih banyak lagi terutama rekan-rekan mahasiswa yang tidak dapat Penulis cantumkan di sini.

Akhirnya Penulis menyadari, bahwa laporan ini merupakan Penelitian yang masih perlu disempurnakan.

Semoga Masalah Khusus ini dapat memenuhi fungsinya.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN RIWAYAT HIDUP	iv
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan Penelitian	3
C. Hipotesis	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Konsep Perubahan Iklim	6
B. Pengertian Analisis Sistem dan Model Simulasi	12
C. Pengertian Sistem Daerah Aliran Sungai ... 1. Vegetasi	22
2. Tanah	23
3. Sungai	27
4. Iklim	30
D. Siklus Hidrologi	31
E. Neraca Air	41
BAB III. METODE PENELITIAN	43
A. Tempat dan Waktu Penelitian	48
B. Alat dan Bahan	48
C. Macam dan Cara Analisis Data	49
D. Model Hidrologi Yang Digunakan	50
E. Simulasi Model	66
F. Uji Kepekaan dan Validitas Model	66

BAB IV. DISKRIPSI LINGKUNGAN FISIK DAERAH PENELITIAN	68
A. Letak Geografis, Luas dan Lokasi Penelitian .	68
B. Geomorfologi dan Geologi	68
C. Keadaan Tanah dan Penutup Lahan	73
D. Keadaan Iklim	78
E. Hidrologi dan Jaringan Sungai	79
BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	83
A. Perhitungan Neraca Air untuk Keadaan Pada Saat Penelitian	83
B. Uji Kepekaan Hasil Pemodelan dan Simulasi Terhadap Debit	90
C. Respon Hidrologis terhadap Perubahan Iklim (2 x CO ₂)	97
D. Respon Hidrologis terhadap Perubahan Tataguna Lahan	98
E. Respon Hidrologis terhadap Perubahan Iklim dan Tataguna Lahannya	100
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	102
A. Kesimpulan	102
B. Saran	102
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN-LAMPIRAN	110

DAFTAR TABEL

	<u>Teks</u>	Halaman
Tabel 2.1.	Nilai albedo beberapa jenis permukaan..	40
Tabel 3.1.	Penjelasan bagan blok neraca air dalam sistem Sub DAS Cikapundung	54
Tabel 3.2.	Persamaan intersepsi menurut Horton....	63
Tabel 4.1.	Luas setiap kemiringan lereng di daerah penelitian	69
Tabel 4.2.	Jenis dan kedalaman tanah di Sub DAS Cikapundung	73
Tabel 4.3.	Macam tanah, bahan induk dan fisiografi di Sub DAS Cikapundung	75
Tabel 4.4.	Sebaran penggunaan lahan di daerah penelitian	77
Tabel 4.5.	Sebaran penggunaan lahan untuk tujuan konservasi di daerah penelitian	78
Tabel 4.6.	Data deklinasi matahari dan vektor radius di daerah penelitian	79
Tabel 5.1.	Debit hasil pengukuran dan debit hasil simulasi berdasarkan data pada saat penelitian	91
Tabel 5.2.	Hasil simulasi perubahan curah hujan terhadap respon hidrologis	97
Tabel 5.3.	Hasil simulasi perubahan tata guna lahan terhadap respon hidrologis	98
Tabel 5.4.	Hasil simulasi perubahan iklim (2xCO ₂) terhadap respon hidrologis	100
Tabel 5.5.	Hasil simulasi perubahan iklim dan tata guna lahan terhadap respon hidrologis	101

Lampiran

		Halaman
Tabel Lampiran 1.	Analisis curah hujan bulanan Stasiun Lembang.....	110
Tabel Lampiran 2.	Analisis curah hujan bulanan Stasiun Pakar, Dago.....	111
Tabel Lampiran 3.	Analisis curah hujan bulanan Stasiun Geofisika, Bandung.....	112
Tabel Lampiran 4.	Analisis curah hujan bulanan rata-rata aritmatik dari beberapa stasiun.....	113
Tabel Lampiran 5.	Analisis suhu rata-rata bulanan..	114
Tabel Lampiran 6.	Analisis Kelembaban nisbi rata-rata bulanan.....	115
Tabel Lampiran 7.	Analisis Penyinaran matahari rata-rata bulanan.....	116
Tabel Lampiran 8.	Analisis Kecepatan angin rata-rata bulanan.....	117



Tabel Lampiran 9.	Analisis debit rata-rata bulanan	118
Tabel Lampiran 10.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah hutan	119
Tabel Lampiran 11.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah sawah	120
Tabel Lampiran 12.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah Pemukiman.....	121
Tabel Lampiran 13.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah Talun	122
Tabel Lampiran 14.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah Sungai	123
Tabel Lampiran 15.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah Sub DAS Cikapundung...	124
Tabel Lampiran 16.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah hutan, disimulasikan berdasarkan suhu	125
Tabel Lampiran 17.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah sawah, disimulasikan berdasarkan suhu	126
Tabel Lampiran 18.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah Pemukiman, disimulasikan berdasarkan suhu	127
Tabel Lampiran 19.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah Talun, disimulasikan berdasarkan suhu	128
Tabel Lampiran 20.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah Sungai, disimulasikan berdasarkan suhu	129
Tabel Lampiran 21.	Evapotranspirasi Potensial di wilayah Sub DAS Cikapundung, disimulasikan berdasarkan suhu ..	130
Tabel Lampiran 22.	Sistematika Simulasi Proses-proses Hidrologi, disimulasikan untuk keadaan pada saat penelitian	131
Tabel Lampiran 23.	Sistematika Simulasi Proses-proses Hidrologi, disimulasikan pada keadaan penggunaan lahan untuk tujuan konservasi	133
Tabel Lampiran 24.	Sistematika Simulasi Proses-proses Hidrologi, disimulasikan berdasarkan perubahan curah hujan (2xCO ₂)	135
Tabel Lampiran 25.	Sistematika Simulasi Proses-proses Hidrologi, disimulasikan berdasarkan perubahan curah hujan dan suhu	137
Tabel Lampiran 26.	Sistematika Simulasi Proses-proses Hidrologi, disimulasikan berdasarkan perubahan iklim dan tata guna lahan	139

Hal-Garis: Pribadi/Prof. (Unsur) ...
 1. Ditinjau dari segi ...
 2. Ditinjau dari segi ...

DAFTAR GAMBAR

<u>Teks</u>	<u>Halaman</u>
Gambar 2.1. Proses terjadinya perubahan iklim.....	11
Gambar 2.2. Bentuk jaringan sungai	30
Gambar 2.3. Siklus hidrologi Daerah Aliran Sungai (Arsyad <i>et. al.</i> , 1985)	42
Gambar 3.1. Model blok neraca air dalam sistem Sub DAS Cikapundung	53
Gambar 4.1. Kurva hipsometri Sub DAS Cikapundung (Gunawan, 1987)	70
Gambar 4.2. Penampang irisan memanjang Sungai Cikapundung	71
Gambar 4.3. Penampang profil geologi Sub DAS Cikapundung	72
Gambar 4.4. Hasil delineasi bentuk kelurusan di daerah Lembang yang membentuk patahan besar (Gunawan, 1987)	81
Gambar 4.5. Hasil delineasi dan penentuan orde sungai (Gunawan, 1987)	82
Gambar 5.1. Grafik hubungan debit hasil pengukuran (<i>observed</i>) dengan hasil simulasi (<i>simulated</i>) di Sub DAS Cikapundung....	92

Lampiran

- Peta No. 1.** Peta Kelas Lereng Sub DAS Cikapundung
- Peta No. 2.** Peta Geomorfologi Sub DAS Cikapundung
- Peta No. 3.** Peta Jenis Tanah Sub DAS Cikapundung
- Peta No. 4.** Peta Tata Guna Lahan Sub DAS Cikapundung

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertambahan penduduk dunia yang cepat membawa dampak terhadap pertumbuhan aktivitas manusia di segala bidang termasuk meningkatnya pemakaian bahan bakar fosil. Akibatnya, kadar CO₂ di atmosfer akan meningkat, di mana sekarang ini telah diketahui sebagai salah satu penyebab penguatan efek rumah kaca disamping oleh berkurangnya vegetasi pengikat CO₂, pernapasan manusia dan hewan, dan aktivitas gunung berapi.

Karbon dioksida di atmosfer bersama-sama dengan gas rumah kaca lainnya akan menyerap radiasi gelombang panjang yang dipancarkan bumi. Keadaan ini akan meningkatkan suhu atmosfer dan pada akhirnya akan menimbulkan perubahan iklim global.

Hasil studi simulasi perubahan iklim oleh Lembaga Penelitian IPB bekerjasama dengan Proyek Penelitian Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pencemaran Laut, Kantor Menteri Kependudukan dan Lingkungan Hidup dengan menggunakan model GISS, menyatakan bahwa akibat penggandaan CO₂ dalam udara untuk daerah Bandung dan sekitarnya (lokasi Sub DAS Cikapundung sebagai studi kasus), maka akan terjadi peningkatan suhu rata-rata sebesar 1.013 kali dari suhu biasanya atau terjadi penambahan suhu sebesar 1.3% nya. Sedangkan pengaruh perubahan iklim ini terhadap curah hujan cukup bervariasi setiap bulannya. Untuk bulan

Januari 14.7%, Februari 11.1%, Maret 26%, April 11.2%, Mei 7.1%, Juni 7.9%, Juli 10.7%, Agustus 13.4%, September 8%, Oktober 33%, November 22.4% dan Desember 10.6%.

Perubahan iklim yang menaikkan suhu udara dan curah hujan, secara tidak langsung akan mempengaruhi tata air, khususnya di Daerah Aliran Sungai (DAS). Oleh karena itu dalam penelitian ini dikaji sejauh mana dampak perubahan iklim di dalam sistem Sub DAS bila dihubungkan dengan debit aliran sungainya.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis hidrologi dengan mengemukakan model neraca air. Simulasi dilakukan berdasarkan perubahan yang terjadi pada komponen-komponen iklim terutama suhu dan curah hujannya serta terhadap terjadinya perubahan tataguna lahan. Dengan membandingkan hasil simulasi antara Sub DAS pada kondisi sekarang dengan kondisi saat terjadi perubahan iklim yang akan digambarkan dengan simulasi untuk keadaan saat penggunaan CO_2 dan perubahan tataguna lahan, maka seberapa besar pengaruh terjadinya perubahan komponen lingkungan tersebut dapat diketahui.

Penelitian di Sub DAS Cikapundung ini akan menggunakan pendekatan analisis sistem dimana dapat dilakukan eksperimentasi atau simulasi guna mencari formula yang tepat dalam rangka mengetahui pengaruhnya apabila terjadi perubahan iklim dan perubahan tataguna lahannya. Sehingga dapat dilihat potensi Sub DAS Cika-

pundung dalam fungsinya sebagai wilayah sumber air dengan lebih memperhatikan debit air sebagai indikatornya.

Dengan mengetahui besarnya perubahan debit aliran sungai akibat perubahan komponen iklim dan tataguna lahannya, maka hasil-hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk proyeksi ke depan bagi suatu kebijaksanaan dalam penanganan suatu Daerah Aliran Sungai.

B. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan Penelitian:

1. Merumuskan model hidrologi melalui pemodelan neraca air Sub DAS Cikapundung dan menguji kepekaannya.
2. Melakukan eksperimentasi berdasarkan perubahan iklim dan tataguna lahannya.

Kegunaan Penelitian:

1. penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mengkaji hubungan antara perubahan komponen iklim dan tataguna lahan dengan tingkat limpasan permukaan di Sub DAS atau DAS lain yang mempunyai karakteristik serupa.
2. Lebih jauh hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan oleh para pembuat kebijakan dalam proyeksi ke depan bagi usaha-usaha penanganan Daerah Aliran Sungai.



C. Hipotesis

Dalam penelitian ini diajukan hipotesis bahwa:

1. Perubahan iklim global yang telah disimulasikan pada keadaan terjadi penggandaan CO₂ untuk, daerah Bandung dan sekitarnya (Sub DAS Cikapundung) dengan pola penggunaan lahan tertentu akan besar pengaruhnya terhadap produksi air di kawasan Sub DAS tersebut.
2. Perubahan penggunaan lahan yang mengikuti kaidah konservasi dimana kawasan yang mempunyai lereng > 45 % seluruhnya dihutankan. Sedangkan yang mempunyai lereng antara 25 % sampai dengan 45 % dijadikan kebun campuran (talun). Perubahan ini cukup berpengaruh terhadap produksi air.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Perubahan Iklim

Secara alamiah kandungan gas-gas atmosfer berada dalam keadaan normal dan stabil karena adanya keteraturan siklus, baik komposisi maupun kadarnya. Gangguan yang terjadi baik secara alamiah maupun non alamiah mengakibatkan terganggunya keseimbangan tersebut sebagian bahkan keseluruhan. Akan tetapi kecenderungan yang terjadi adalah, apabila salah satu komponen atmosfer terganggu, maka secara keseluruhan akan terganggu di mana akan terjadi perubahan iklim. Dampaknya akan terasa pada seluruh aspek terutama aspek kehidupan, dalam skala besar maupun kecil (William, 1978).

Selanjutnya dikatakan bahwa Gas CO₂ sebagai salah satu komponen pembentuk atmosfer dalam keadaan normal kandungannya relatif kecil, yaitu ± 315 ppm (0.03% dari seluruh gas pembentuk atmosfer). Namun sebagaimana diketahui keberadaannya sangat penting bagi kehidupan terutama untuk fotosintesis tumbuhan.

Perubahan kadar CO₂ di atmosfer pengaruhnya dapat menguntungkan atau merugikan bagi manusia. Sifat CO₂ di atmosfer sebagai selimut yang menyelubungi atmosfer bumi yang dapat mengkonversi energi bahang. Keadaan seperti ini jika terakumulasi menyebabkan efek panas pada sistem atmosfer-bumi yang dikenal sebagai efek rumah kaca.

Karbon dioksida di atmosfer berasal dari berbagai sumber antara lain respirasi tumbuhan, pernapasan manusia dan hewan, pembakaran bahan bakar fosil (terutama dari pabrik-pabrik dan kendaraan bermotor) dan aktivitas gunung berapi.

Dengan meningkatnya aktivitas manusia terutama dengan semakin bertambahnya pabrik-pabrik dan kendaraan bermotor, maka semakin meningkat pula pembakaran bahan bakar fosil. Keadaan ini menyebabkan peningkatan kadar CO₂ di atmosfer. Kadar CO₂ di atmosfer berubah dari 311 ppm pada tahun 1957 menjadi 335 ppm pada tahun 1980; jadi mengalami kenaikan 23% dalam 23 tahun. Dengan demikian penambahan karbon dioksida atmosfer tidak bisa dihindari. Dalam 20 tahun sejak 1957, kadar CO₂ udara meningkat sekitar 15 ppm menjadi 330 ppm pada akhir tahun 1976. Peningkatan itu terjadi bersamaan dengan peningkatan konsumsi energi dari 3358 juta metrik ton pada tahun 1955 menjadi 7095 juta metrik ton pada tahun 1971 (Perry dan Landsberg, 1977 dalam Rozari, 1989). Jadi peningkatan penggunaan energi sebesar $\pm 8\%$ setahun sedunia, mengakibatkan penambahan kadar CO₂ di udara sebesar 0.27% setahun. Dengan proyeksi garis lurus saja, besaran itu sudah membawa kadar CO₂ di udara pada 362 ppm pada tahun 2025 (Rozari, 1989). Selanjutnya Rozari (1989) mengemukakan bahwa pada proyeksi konsumsi energi sampai tahun 2025 adalah eksponensial, maka proyeksi kadar CO₂



di udara menjadi dua kali lipat dari kadar sebelum abad ini. Hal ini bukan sebuah proyeksi konservatif.

Peningkatan suhu atmosfer adalah akibat menguatnya efek rumah kaca terjadi tidak merata di seluruh bumi, baik ke arah horizontal maupun ke arah vertikal. Peningkatan suhu ini membawa efek ikutan:

1. Karena adanya interaksi antara atmosfer dan permukaan, maka suhu permukaan akan naik. Kenaikan suhu paling tinggi akan dialami di lintang $> 60^{\circ}$.
2. Dengan naiknya suhu laut, maka penguapan dari permukaan laut akan meningkat. Hal ini akan berakibat bertambahnya kadar uap air udara, yang oleh kenaikan suhunya mampu menampung lebih banyak uap. Namun pembentukan awan bukan lebih mudah karena bertambahnya uap air telah didahului oleh kenaikan suhu atmosfer. Dengan kata lain kelembaban nisbi akan relatif tetap. Tetapi bila awan terbentuk maka kadar air awan akan lebih tinggi dari awan-awan dewasa ini. Maka bila terjadi hujan jumlahnya akan bertambah walaupun frekuensi hujan tidak banyak berubah.

Akibat langsung dari perubahan iklim adalah naiknya suhu udara dan berubahnya curah hujan. Yang pertama akan berpengaruh pada produktivitas kehidupan di bumi, melalui kenyamanan tubuh dan respirasi. Yang kedua secara tidak langsung mempengaruhi produktivitas melalui pengaruhnya atas kesuburan tanah dan produksi air. Yang terakhir ini

berkaitan dengan keadaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Penelitian laboratorium oleh Callendar (1941); Brooks (1952) **dalam** Rozari (1989) menunjukkan bahwa pembesaran kadar CO₂ akan memperbesar penyerapan pancaran bumi. Jika hal ini terjadi di alam, maka pendinginan permukaan akan terhambat sehingga pendinginan atmosfer pun juga terhambat. Dengan demikian atmosfer secara beangsur-angsur akan menjadi semakin panas.

Untuk mengetahui arah dari perubahan yang akan terjadi tersebut, maka dilakukan simulasi. Model-model awal yang telah berkembang misalnya GISS (*Goddard Institute for Space Studies*) dengan ukuran grid 7.83° lat. x 10° long.; GFDL (*General Flow Dynamic Laboratory*) dengan ukuran grid 4.44° lat. x 7.5° long.; dan OSU (*Oregon State University*) dengan ukuran grid 4° lat. x 5° long. (Komunikasi Pribadi, 1990).

Hasil pengamatan dari beberapa stasiun klimatologi untuk melihat perubahan iklim di Indonesia, tampak bahwa di semua tempat suhu udara meningkat walaupun peningkatan itu tidak berbeda untuk setiap tempat dan waktu yang berbeda. Di Bengkulu misalnya terjadi tingkat perubahan terbesar suhu rata-rata maksimumnya dari bulan Oktober sampai dengan bulan April berubah menjadi 1.014 x suhu rata-rata maksimum dari skenario dasar. Skenario dasar dalam model GISS adalah 1 x CO₂, yaitu sebesar 315 ppm



yang tercatat pada tahun 1958 dan tetapan surya sebesar 1367 watt/m^2 (Jenne, 1987 *dalam* Rozari, 1989).

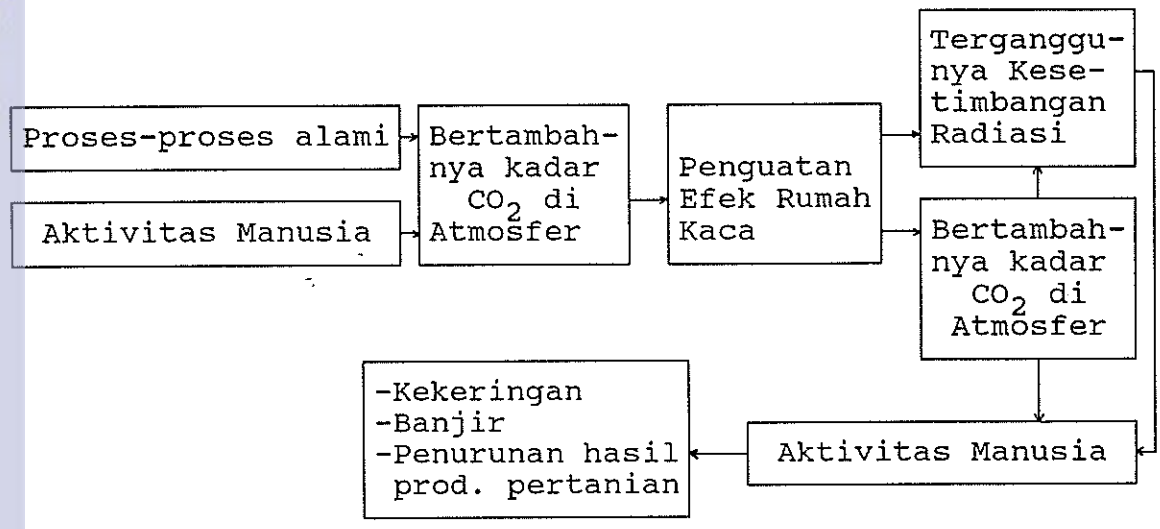
Kenaikan suhu tidak hanya berlaku pada suhu maksimum tetapi juga pada suhu minimum. Namun GISS memberlakukan tingkat perubahan yang sama bagi suhu maksimum dan minimum. Oleh karena itu kisaran suhu rata-rata harian tidak akan berubah. Perbedaan kisaran hanya akan terjadi antara tahun. Pada tahun basah kisaran itu kecil, sedang pada tahun kering kisaran tersebut akan besar.

Selain kenaikan suhu udara akan terjadi kenaikan suhu air laut. Permukaan air laut yang langsung berhubungan dengan atmosfer, tentu yang pertama dan yang paling besar mengalami kenaikan suhu. Hal ini menyebabkan penguapan dari air laut akan semakin membesar sehingga peluang untuk pembentukan awan penghasil hujan juga semakin potensial.

Namun model GISS tidak mampu memprediksi perubahan frekuensi kejadian hujan dan hanya mampu melihatnya sebagai pertambahan curah hujan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa di semua tempat terjadi perubahan yang berbeda besarnya setiap bulannya. Bahkan pada beberapa tempat terjadi perubahan yang negatif sifatnya. Walau demikian curah hujan tahunan untuk semua tempat menjadi lebih banyak dalam keadaan kadar CO_2 mencapai dua kali lebih besar dari sekarang.



Secara ringkas proses terjadinya perubahan iklim dan dampaknya akibat penguatan efek rumah kaca yang disebabkan meningkatnya kadar CO₂ di atmosfer terlihat pada bagan alir sebagai berikut (*Gambar 2.1*):



Gambar 2.1. Proses Terjadinya Perubahan Iklim

Hasil studi simulasi perubahan iklim oleh Lembaga Penelitian IPB bekerjasama dengan Proyek Penelitian Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pencemaran Laut, Kantor Menteri Kependudukan dan Lingkungan Hidup dengan menggunakan model GISS, menyatakan bahwa akibat penggandaan CO₂ dalam udara untuk daerah Bandung dan sekitarnya (lokasi Sub DAS Cikapundung sebagai studi kasus), maka akan terjadi peningkatan suhu rata-rata sebesar 1.013 kali suhu biasanya atau terjadi penambahan suhu 1.3% nya. Sedangkan pengaruh perubahan iklim ini terhadap curah hujan cukup bervariasi setiap bulannya. Untuk bulan Januari 14.7%, Februari 11.1%,

Maret 26%, April 11.2%, Mei 7.1%, Juni 7.9%, Juli 10.7%, Agustus 13.4%, September 8%, Oktober 33%, November 22.4% dan Desember 10.6%.

B. Pengertian Analisis Sistem dan Model Simulasi

Definisi Sistem

Menurut Mize dan Cox (1968) *dalam* Murdiyarso (1979) sistem ialah proses rumit yang ditandai oleh banyak lintasan timbal balik dan saling mempengaruhi sedangkan menurut Manetsch dan Park (1976), sistem adalah suatu perangkat elemen-elemen yang saling berhubungan atau berkaitan yang diorganisasi untuk mencapai satu tujuan atau seperangkat tujuan.

Pada hakekatnya semua yang dipandang sebagai sistem dapat digolongkan menjadi dua, yaitu sistem tertutup (*closed system*) dan sistem terbuka (*open system*). Pada umumnya sistem-sistem alam, seperti sistem biologis dan sistem DAS termasuk ke dalam sistem terbuka.

Analisis Sistem

Analisis sistem adalah studi mengenai sistem atau oraganisasi dengan menggunakan azas-azas metoda ilmiah, sehingga dapat dibentuk konsepsi atau model yang dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan untuk mengadakan perubahan-perubahan struktur dan metoda serta menentukan kebijaksanaan, strategi dan taktik (Soerianegara, 1978). Oleh karena itu analisis sistem dapat diartikan sebagai suatu metoda pendekatan masalah (*problem solving method-*

ology). Pada dasarnya analisis sistem merupakan suatu metoda penyelidikan atau penelitian yang dihadapkan dengan masalah pemilihan alternatif dalam ketidakpastian. Jadi analisis sistem digunakan untuk kepentingan pemilihan alternatif dalam rangka mencapai tujuan tertentu (Budhiyono, 1981).

Reichle (1970) mengemukakan bahwa tujuan dari analisis sistem adalah untuk mengerti dan mengenali proses-proses yang terjadi dalam suatu ekosistem. Dalam ekosistem sumberdaya alam analisa sistem diartikan sebagai suatu cara analisa matematis tentang hubungan antara faktor-faktor dan komponen-komponen dalam ekosistem sumberdaya alam tersebut yang mempunyai peranan dalam proses-proses produksi, konsumsi dan pembinaan (Soerianegara, 1977). Oleh karena itu metoda pendekatan sistem dapat digunakan sebagai suatu dasar pemikiran yang memungkinkan dalam pemecahan masalah-masalah yang rumit (Patten, 1971, 1972).

Peubah sistem dapat dikelompokkan dalam 3 katagori, yaitu peubah input sistem, peubah output sistem dan parameter-parameter yang merupakan aspek-aspek dari struktur sistem.

Untuk melihat ketelitian dari nilai-nilai parameter dugaan komponen sistem, maka digunakan teknik analisa kepekaan (*sensitivity analysis*). Dengan merubah nilai setiap parameter ke atas dan ke bawah, melalui suatu



analisa komputer dapat dilihat respon dari sistem. Apabila respon sistem kecil maka dikatakan bahwa sistem tidak sensitif terhadap nilai parameter tersebut. Apabila respon sistem besar menunjukkan bahwa nilai parameter tersebut penting dan oleh karena itu diperlukan suatu dugaan yang lebih teliti lagi (Smith, 1970).

Analisa sistem merupakan suatu proses numerik. Perubahan-perubahannya harus dapat dinyatakan dalam bentuk angka-angka untuk pengolahan dan pengambilan kesimpulan kuantitatif. Hubungan antara peubah-peubah dalam suatu sistem, sebagai hubungan sebab akibat, dirumuskan dalam suatu bentuk umum yang disebut model. Model ini tidak lain adalah hipotesa yang harus dibentuk dan diuji kebenarannya untuk suatu sistem (Haeruman, 1971 *dalam* Budhiyono, 1979).

Secara umum dapat dikatakan bahwa analisis sistem adalah metoda ilmiah yang merupakan dasar di dalam pemecahan masalah-masalah pengelolaan.

Model Simulasi

Model

Model adalah suatu gambaran abstrak dari sistem dunia nyata (*real world system*) yang mempunyai kelakuan seperti sistem dunia nyata dalam hal-hal tertentu. Suatu model yang baik biasanya akan menggambarkan dengan baik semua segi-segi yang penting dari kelakuan dunia nyata dalam masalah-masalah tertentu (Manetsch dan Park, 1976).



Penyederhanaan dari sebuah sistem di dunia nyata (*real world*) tidak selalu mudah karena selalu dibayangi distorsi terhadap sistem yang sebenarnya.

Gordon (1980) mentakrifkan model sebagai badan informasi tentang sebuah sistem, yang dikumpulkan dengan maksud mempelajari sistem yang bersangkutan. Bentuk informasi yang dikumpulkan tergantung penelitian. dengan demikian maka tidak terdapat suatu model yang khas bagi suatu sistem.

Menurut Suwandi (1978) Penyusunan model merupakan suatu usaha untuk meniru sistem di mana dicoba untuk menemukan komponen-komponen utama suatu sistem dan interaksi setiap komponen. Selanjutnya dikatakan bahwa validitas suatu model bukan merupakan satu konsep yang absolut. Apakah suatu model valid atau tidak, tergantung tujuan membangun model tersebut.

Manetsch dan Park (1976) membagi model atas lima macam, yaitu: (1) model matematik, (2) model fisik, (3) model analog, (4) model informal dan (5) model kualitatif.

Model yang paling abstrak adalah model matematik, di mana hubungan timbal balik dalam suatu sistem dinyatakan dalam rumus-rumus matematika. Model matematik inilah yang menjadi landasan utama dari analisa sistem dan *operasional research* yang menyatakan suatu sistem lebih ringkas, komprehensif dan memberikan kesimpulan-kesimpul-

an kuantitatif (Watt, 1968).

Penggunaan model akan sangat bermanfaat bila kita menghadapi suatu sistem yang rumit. Ekosistem Daerah Aliran Sungai tidak diragukan lagi adalah suatu sistem yang rumit, baik dipandang dari segi kelakuan sistem itu sendiri maupun dilihat dari aspek-aspek pengelolaannya (Mustari, 1985).

Selanjutnya dikatakan bahwa dalam kaitannya dengan pengelolaan Daerah Aliran Sungai dengan menggunakan pendekatan sistem, kedudukan model adalah sebagai informasi dasar untuk menyusun kebijaksanaan untuk merubah keadaan atau tingkat pemanfaatan dari suatu Daerah Aliran Sungai.

Menurut Walter (1974) keuntungan penggunaan model dalam penelitian dengan pendekatan analisis sistem adalah:

- (1) Memungkinkan dilakukan penelitian yang bersifat lintas sektoral dengan ruang lingkup yang luas.
- (2) Dapat dipakai untuk melakukan eksperimentasi terhadap suatu sistem tanpa mengganggu/memberikan perlakuan tertentu terhadap sistem.
- (3) Mampu menentukan tujuan aktivitas pengelolaan dan perbaikan terhadap sistem yang diteliti..lm 0
- (4) Dapat dipakai untuk menduga atau meramal kelakuan dan keadaan sistem pada masa yang akan datang.

Kegunaan model sangat tergantung pada persyaratan sebagai berikut (Soerianegara, 1978; Manetsch dan Park, 1976):

- (1) Model harus merupakan gambaran yang sah dari sistem yang nyata, jadi harus realistik dan informatif. Model yang tidak sah akan memberikan hasil simulasi yang sangat menyimpang dari kenyataan yang ada dengan demikian akan memberikan informasi yang keliru.
- (2) Model harus cukup sederhana agar mudah **dikelola**.
- (3) Bagaimanapun bagusnya model, ia tetap merupakan distorsi dari sistem yang sebenarnya, oleh karena itu harus digunakan secara teliti dan seksama.

Simulasi

Menurut Hillel (1977) simulasi adalah suatu teknik numeris untuk mengadakan eksperimen hipotetis bagi model matematis, yang dapat menjabarkan tingkah laku sistem dinamik secara kuantitatif.

Simulasi merupakan salah satu kegiatan dalam analisis sistem yang secara garis besarnya meliputi tiga kegiatan utama, yaitu (Soerianegara, 1978):

- (1) Merumuskan model yang menggambarkan sistem dan proses yang terjadi di dalamnya.
- (2) Memanipulasi model atau melakukan eksperimentasi, dan
- (3) Mempergunakan model dan data untuk memecahkan persoalan.

Keuntungan menggunakan simulasi adalah dapat melakukan eksperimentasi atas suatu sistem atau ekosistem tanpa harus

mengganggu atau mengadakan perlakuan terhadap sistem yang diteliti. Melalui penerapan analisis sistem dapat dilakukan penelitian yang multi atau interdisiplin dan terintegrasi, yang seringkali tak mungkin dilakukan dalam keadaan sebenarnya. Dari segi efisiensi dan kelayakan teknis analisis sistem dapat dilakukan dengan singkat, dengan biaya yang relatif murah serta hasil yang cukup dapat dipercaya (Soerianegara, 1978).

Secara lebih terperinci lagi Desonneville (1977) mengemukakan tahapan kerja dalam melakukan simulasi dengan analisis sistem sebagai berikut:

- (1) Penentuan Masalah. Masalah yang akan disimulasikan harus ditentukan dengan jelas, demikian pula ruang lingkup, pentingnya masalah dan manfaat dari hasil simulasi yang dilakukan.
- (2) Pembuatan Model. Setelah ditentukan masalah yang akan disimulasi kemudian dibuat model yang didasarkan pada masalah dan keadaan dari sistem atau dengan kata lain model tersebut harus mewakili sistem yang nyata tetapi tetap berada dalam ruang lingkup masalah yang akan disimulasi.

Karena simulasi akan dilakukan pada komputer, maka model yang dibuat tersebut harus dapat digambarkan dalam suatu model matematis.



- (4) Pengumpulan Data. Berdasarkan model yang telah dibuat tersebut sudah harus ditentukan, data apa yang diperlukan untuk simulasi. Data yang dikumpulkan harus dapat dipercaya kebenarannya dan yang lebih penting harus bersifat kuantitatif agar dapat digunakan dalam model matematis yang telah dibuat.
- (5) Pembuatan Program Komputer. Model matematis yang telah dibuat tersebut harus dapat ditransfer menjadi program komputer. Dengan bantuan *flowchart* (diagram alir), program komputer dapat dibuat.
- (6) Pengujian Model. Model yang telah diprogramkan tadi, masih harus diuji apakah sudah mewakili sistem yang sebenarnya dan masalah yang akan disimulasi. Apabila data yang digunakan dapat dipercaya kebenarannya, maka pengujian model ini dapat dilakukan dengan menganalisis model simulasi. Hasil simulasi ini dibandingkan dengan kenyataan yang ada (dengan data yang ada). Jika hasil simulasi sudah sesuai dengan kenyataan yang ada, maka model yang digunakan sudah tepat, tetapi bila belum sesuai, maka model yang dibuat tersebut masih harus diperbaiki, sampai diperoleh model yang benar-benar tepat.
- (6) Simulasi. Bila pengujian telah dilakukan dan ternyata model yang digunakan sudah dapat mewakili sistem yang nyata, maka untuk tahap selanjutnya simulasi dapat dilakukan dengan menggunakan model tersebut dengan catatan tidak ada perubahan pada sistem.



Halaman 19 dari 19 |
1. Ditinjau mengenai sebagai apa saja adalah sebagai apa saja yang merupakan dan merupakan sumber
2. Bagaimana tahap awal kegiatan simulasi, meliputi: persiapan, pelaksanaan, laporan, penarikan kesimpulan
3. Bagaimana cara menggunakan komputer yang benar
4. Bagaimana cara menggunakan komputer yang benar
5. Bagaimana cara menggunakan komputer yang benar
6. Bagaimana cara menggunakan komputer yang benar
7. Bagaimana cara menggunakan komputer yang benar
8. Bagaimana cara menggunakan komputer yang benar
9. Bagaimana cara menggunakan komputer yang benar
10. Bagaimana cara menggunakan komputer yang benar

Oleh karena itu apabila suatu sistem digambarkan dalam bentuk model-model mulai dari kondisi awal sampai pada akhir dari sistem, yang diikuti oleh suatu waktu yang singkat maka teknik ini disebut Simulasi (Burbridge, 1978; Eriyatno, 1980). Selanjutnya Eriyatno (1980) mengemukakan bahwa teknik simulasi akan menghasilkan suatu model yang representatif dari kelakuan sistem terhadap waktu. Sehingga dalam membuat simulasi diperlukan pengetahuan tentang nilai-nilai numerik (*numerical value*) dari: (1) aliran data input, (2) harga awal dari *state variable* dan (3) nilai parameter-parameternya.

Menurut Biswas (1976) dengan berkembangnya penggunaan komputer maka penerapan simulasi dalam sistem-sistem yang rumit lebih dimungkinkan. Para ahli di bidang hidrologi menyadari sepenuhnya bagaimana pentingnya digital komputer untuk suatu analisa hidrologi melalui pendekatan simulasi hidrologi. Dengan simulasi hidrologi dapat dengan jelas digambarkan proses curah hujan dan limpasan permukaan melalui satu seri fungsi-fungsi matematik di mana setiap komponen digambarkan dalam satu proses yang khusus dan seluruh proses sistem alam dalam simulasi gabungan.

Program simulasi hidrologi didesign dengan curah hujan sebagai masukan utama dan aliran sungai (*streamflow*) sebagai keluaran utama. Jadi dengan simulasi hidrologi dimungkinkan untuk menggambarkan data curah hujan historis ke dalam nilai-nilai aliran sungai yang menunjukkan pengaruh dari

lahan dan saluran-saluran terhadap fluktuasi aliran dan membantu pengertian tentang siklus hidrologi dalam suatu Daerah Aliran Sungai.

Penggunaan Model dalam Penelitian Sistem

Menurut Wright (1971) *dalam* Murdiyarso (1979) penggunaan model dalam penelitian sistem dilakukan untuk maksud-maksud deskriptif dan normatif.

Dalam tujuan deskriptif, model berfungsi sebagai kerangka untuk mengidentifikasi hubungan komponen-komponen sistem dan menentukan bentuk fungsional yang paling tepat dalam hubungan tersebut. Di samping itu model tersebut juga merupakan alat pembantu dalam penelitian hipotesa tentang hubungan di dalam suatu sistem. Jadi penggunaan model secara deskriptif terutama adalah sebagai alat analisis sistem dengan tujuan memberikan pengertian yang paling baik tentang sistem yang sebenarnya. Untuk maksud normatif, model dipakai untuk memecahkan masalah, sehingga diperlukan fungsi-fungsi yang obyektif (bedanya dengan model deskriptif).

Penggunaan model dalam penelitian hidrologi pertama kali diperkenalkan oleh Crawford dan R. K. Linsley (1966), yang dikenal dengan *Stanford Watershed Model IV (SWM IV)* (Viessman Jr. *et.al.*, 1977). Didalam model tersebut struktur neraca air yang menyangkut parameter-parameter input dan output diuraikan secara ringkas. Fungsi yang dirumuskannya diuji dengan simulasi komputer yang disebut *Hydrocomp Simulation Program* (Biswas, 1976 *dalam* Murdiyarso, 1979).

C. Pengertian Sistem Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai pada awal perkembangannya hanya dipandang sebagai suatu sistem hidrologi dan sebagai satu ekosistem alami. Menurut Kittredge (1948) di dalam Manan (1979) sebagai suatu sistem hidrologi DAS diartikan sebagai kawasan yang dibatasi pemisah topografis yang menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan yang jatuh di atasnya ke sungai yang akhirnya bermuara ke danau atau laut. Sejalan dengan semakin pentingnya peranan dan kondisi suatu DAS, pengertian itu berkembang,

sehingga DAS dapat dianggap sebagai suatu ekosistem sumberdaya yang di dalamnya terjadi interaksi antara subsistem bio-fisik dan subistem sosial. Subsistem bio-fisik dibentuk oleh komponen abiotik dan biotik; sedangkan subsistem sosial tidak lain adalah sumberdaya manusia yang mempunyai perilaku beragam dan mempunyai sikap politik, pertimbangan ekonomis, dan pandangan budaya yang berbeda. Komponen subsistem biofisik yang mempengaruhi karakteristik suatu DAS antara lain:

- 1) Sifat morfometris, yang berupa
 - (a) Luas wilayah DAS
 - (b) Topografi
 - (c) Bentuk wilayah DAS dan jaringan sungai
- 2) Struktur batuan dan formasi geologi
- 3) Tanah
- 4) Iklim
- 5) Vegetasi
- 6) Tataguna lahan



Wanggai (1975); Budhiyono (1979) dan Murdiyarso (1979) mengemukakan bahwa komponen-komponen yang membentuk suatu sistem hidrologis DAS adalah vegetasi, tanah dan sungai serta iklim sebagai infra struktur. Disamping itu terdapat juga peubah-peubah sistem yang berperan dalam proses masukan-keluaran, yaitu:

- a. Peubah masukan (**input**): presipitasi (curah hujan) dan masukan air bumi (**ground water inflow**).
- b. Peubah Keluaran (**output**): Evapotranspirasi, perkolasi, **ground water outflow** dan **stream flow**.

Sebagai suatu sistem, setiap komponen berinteraksi, yang dicirikan oleh adanya fungsi alihan (**transfer function**), dalam bentuk aliran batang (**stem flow**), curahan tajuk (**throughfall**), air fisiologis (transpirasi dan fotosintesis), air limpasan permukaan (**overland flow**), air untuk irigasi dan keperluan domestik lainnya, serta air rembesan (**seepage**). Disamping itu juga setiap komponen mengandung air, yaitu air yang digunakan untuk fotosintesis, cadangan air tanah dan air yang ada di dalam aliran sungai.

1. Vegetasi

Vegetasi yang terdapat di dalam DAS atau Sub DAS digolongkan ke dalam bentuk hutan, perkebunan, tegalan, semak belukar, sawah dan pemukiman.

Menurut Arsyad (1976), vegetasi penutup tanah berfungsi sebagai:

1. Penahan daya perusak butir-butir hujan dan limpasan permukaan
2. Penambah bahan organik dan meningkatkan laju transpirasi yang mengakibatkan besarnya daya serap dan daya tahan tanah terhadap air.

Murdiyarso (1979) menyebutkan bahwa dalam siklus hidrologi, vegetasi mempunyai peranan dalam proses intersepsi (*interception loss*), curahan tajuk (*throughfall*), aliran batang (*stem flow*), transpirasi dan fotosintesis.

a. Intersepsi

Menurut Baker (1950) *dalam* Murdiyarso (1979) intersepsi merupakan bagian dari curah hujan bruto (*gross rainfall*) yang tertahan pada permukaan vegetasi sehingga tidak mencapai permukaan tanah dan akhirnya akan dievaporasikan ke atmosfer kembali.

Intersepsi merupakan proses tertahannya air hujan, oleh tajuk vegetasi yang akhirnya akan diuapkan kembali ke atmosfer (Ward, 1974 dan Manan, 1979).

Menurut Baumgartner (1970) *dalam* Paembonan (1982) intersepsi adalah bagian dari curah hujan yang jatuh dan ditahan oleh permukaan tanaman, khususnya tajuk-tajuk pohon dan lapisan-lapisan strata di bawahnya dan diuapkan kembali ke atmosfer. Intersepsi dikenal sebagai penguapan yang tidak produktif. Selain diuapkan

kembali melalui permukaan tanaman juga dalam jumlah yang kecil mungkin diabsorpsi melalui daun dan batang ke dalam jaringan tanaman.

Intersepsi yang dipengaruhi oleh keadaan musim, jumlah air yang ditahan oleh tajuk pohon, intensitas curah hujan, jenis dan umur tegakan, jarak tanaman (*spacing*), kualitas tempat tumbuh dan aliran batang (Delfs, 1967). Apabila jumlah dan intensitas curah hujan rendah, maka sebagian besar dari air hujan akan ditahan oleh tajuk dan langsung diuapkan kembali ke atmosfer. Hal ini berarti bahwa untuk curah hujan yang rendah, persentase yang diintersepsi akan menjadi besar. Sebaliknya bila jumlah dan intensitas curah hujan tinggi, maka persentase yang diintersepsi akan menjadi kecil.

Menurut Jefferey (1964), intersepsi merupakan suatu fungsi dari kerapatan tajuk, penguapan dari daun selama hujan turun dan banyaknya hujan. Kapasitas menahan air (*water storage capacity*) untuk setiap jenis vegetasi berbeda, tergantung dari karakteristik jenis tersebut dan kerapatan penutup tajuknya.

b. Curahan Tajuk (*throughfall*)

Curahan tajuk adalah bagian curah hujan yang jatuh ke permukaan tanah melalui sela-sela tajuk tetumbuhan (Wright, 1977; Manan, 1979; Wiersum, 1979).

c. Aliran Batang (*stem flow*)

Aliran batang adalah bagian curah hujan yang jatuh pada tetumbuhan, dan mengalir ke bawah melalui batang (Kittredge, 1948).

d. Transpirasi

Transpirasi merupakan proses fisiologis serta lingkungan dalam sistem iklim, tanah dan tumbuhan (Veihmeyer, 1964; William, 1973). Semua jenis tumbuhan memerlukan air untuk hidupnya, namun jenis yang berbeda mempunyai jumlah kebutuhan yang berbeda pula. Hanya sejumlah kecil air yang diambil oleh tetumbuhan digunakan untuk pembentukan jaringan tubuhnya. Sejumlah besar akan ditranspirasikan ke atmosfer melalui daun tumbuhan dan sel-sel kutikula (Wilson *et. al.*, 1974).

Kittredge (1948) mengemukakan bahwa transpirasi mempengaruhi kadar air tanah sedalam mintakat perakaran.

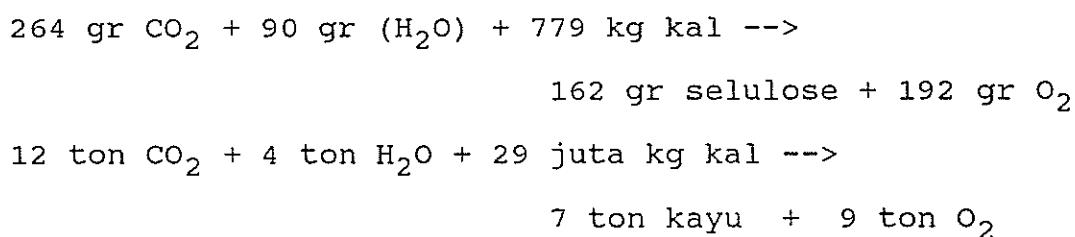
Calder, dkk. (1986), meneliti besarnya transpirasi hutan di daerah Janlapa (Jawa Barat) yang ditumbuhi oleh beberapa spesies seperti *Sandoricum indicum*, *Dehaasia caesia*, *Antidesma sanescence*, *Sterculia javanica*, *Antidesma sp.*, *Eugina densiflora*, *Quercus blumeana*, *Pygeum parviflorum*, *Artocarpus elastica*, *Dysoxylum canlostachyum*, *Dipterocarpus haseltii*, *Planchonia sundaica*, *Callophyllum inophyllum* dan *Parartocarpus venenosa*, mendapatkan transpirasi hutan Janlapa tersebut



sebesar 886 mm/tahun. Nilai ini dihitung dengan persamaan Penman-Monteith dengan tahanan stomata (r_s) = 120 s m^{-1} .

e. Fotosintesis

Wilson dan Loomis (1962) menyebutkan bahwa fotosintesis adalah proses pembuatan zat gula dari dua unsur dasar, yaitu karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) oleh butir hijau daun dengan bantuan cahaya matahari sebagai sumber energi. Bakker (1950) merumuskan produktivitas primer netto dalam fotosintesis sebagai berikut:



dengan demikian dapat disimpulkan bahwa 7 ton kayu per acre memerlukan 4 ton air. Dengan kata lain 1 ton kayu per hektar memerlukan 0.23126 ton air (H_2O).

Whittaker (1970) menyatakan bahwa produktivitas primer netto hutan tropik, hutan pegunungan, hutan musim dan hutan campuran masing-masing sebesar 2.000, 2.400, 1.338 dan $1.140 \text{ gr/m}^2/\text{tahun}$.

2. Tanah

Air hujan yang jatuh di atas permukaan tanah akan mengalami proses evaporasi, infiltrasi serta dialirkan sebagai limpasan permukaan (*surface runoff*).

a. Evaporasi

Wiersum (1979) menyebutkan bahwa evaporasi adalah proses berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan air menuju atmosfer.

Sosrodarsono dan Takeda (1980) menyatakan bahwa evaporasi terjadi pada setiap keadaan suhu, kelembaban, kecepatan angin dan tekanan atmosfer. Demikian halnya untuk evapotranspirasi.

b. Infiltrasi

Infiltrasi merupakan proses pergerakan air ke bawah melalui permukaan tanah. Besarnya laju infiltrasi sangat dipengaruhi oleh tekstur dan struktur tanah, kandungan air di dalam tanah, vegetasi penutup tanah dan kekompakan tanah (Lull, 1964). Peranan vegetasi terhadap infiltrasi lebih banyak ditunjukkan oleh tumbuhan penutup tanah dan bahan organik dalam tanah (Lull, 1964).

Menurut Arsyad (1979) infiltrasi adalah proses masuknya air dari permukaan tanah ke dalam tanah secara vertikal. Biasanya proses infiltrasi ini diikuti oleh perkolasi, yaitu peristiwa Bergeraknya air ke bawah dalam profil tanah.

Kondisi hidrologis suatu DAS sangat dipengaruhi oleh kapasitas infiltrasi dari tanah yang terdapat di DAS tersebut. DAS yang mempunyai tanah dengan kapasitas

infiltrasi yang besar mempunyai kondisi hidrologis yang lebih baik daripada DAS yang mempunyai tanah dengan kapasitas infiltrasi yang kecil.

c. **Limpasan (*Runoff*)**

Limpasan atau *runoff* adalah bagian dari curah hujan yang jatuh dan diterima oleh sungai (***drainage basin***) yang mengalir baik di atas tanah maupun di bawah permukaan tanah (Chow, 1964). Lebih lanjut Chow mengkatagorikan limpasan menjadi 3 golongan, yaitu limpasan permukaan (***surface runoff***), limpasan bawah permukaan (***sub surface run off***) dan limpasan air bumi (***ground water run off***).

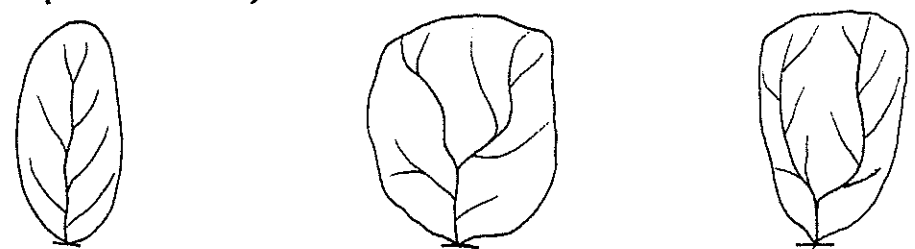
Murdiyarso (1979) menyatakan bahwa limpasan total yang akhirnya menuju ke suatu saluran atau sungai sebagai limpasan sungai (Q), terdiri dari limpasan langsung dan limpasan tidak langsung. Limpasan langsung adalah gabungan antara limpasan atau aliran atas (***surface runoff*** atau ***overland flow***) dan limpasan bawah (***sub surface runoff*** atau ***inter flow***). Sedangkan limpasan tak langsung terdiri dari limpasan yang terlambat (***delayed sub surface runoff***) yang merupakan aliran lateral dari zona aerasi dan aliran dasar (***base flow***) dari cadangan air bumi. Meskipun dalam jumlah kecil, dalam limpasan sungai termasuk juga curah hujan yang jatuh langsung di atasnya (***channel precipitation***).

Menurut Wiersum (1979) limpasan dibagi atas empat katagori, yaitu:

- (1) **Surface runoff**, yaitu air yang mengalir di atas permukaan tanah
- (2) **Sub surface runoff**, yaitu air yang mengalir di bawah permukaan
- (3) **Ground water flow**, yaitu air yang mengalir di bawah tanah, pada **zone saturated**, dan
- (4) **Stream flow**, yaitu air yang mengalir pada saluran (sungai)

3. Sungai

Menurut bentuk dan sifat daerah pengalirannya, Sosrodarsono dan Takeda (1980) menggolongkan DAS dalam tiga bentuk utama, yaitu bentuk bulu burung, radial, dan paralel (**Gambar 2.1**).



Bentuk Bulu Burung Bentuk Radial Bentuk Paralel

Gambar 2.1. Bentuk Jaringan Sungai

DAS yang berbentuk bulu burung mempunyai debit banjir yang kecil karena datangnya air dari anak-anak sungainya tidak terjadi dalam waktu bersamaan, namun banjir berlangsung dalam waktu yang lebih panjang. DAS yang bentuknya radial mempunyai debit yang besar di daerah titik pertemuan anak-anak sungai. Sedangkan DAS yang berbentuk paralel biasanya mengalami banjir di sebelah

hilir titik pertemuan anak-anak sungai. Disamping tiga bentuk utama ini, terdapat juga bentuk DAS yang rumit, yang merupakan gabungan dari tiga bentuk utama tersebut.

Secara kuantitatif, bentuk sungai dinyatakan sebagai koefisien DAS, yang dihitung dengan rumus:

$$F = A/L^2$$

di mana:

- F = koefisien DAS
- A = luas DAS (km²); dan
- L = panjang sungai utama (km)

Jumlah anak sungai yang terdapat di dalam suatu DAS, dapat ditunjukkan oleh indeks kerapatan sungai, yang dihitung dengan rumus:

$$D = (L + 1)/A$$

di mana: D = indeks kerapatan sungai

- L = jumlah panjang sungai utama dan anak-anak sungai (km)

$$A = \text{luas DAS (km}^2\text{)}$$

4. Iklim

Manan (1979) menyatakan bahwa iklim adalah keadaan cuaca yang khas untuk jangka waktu yang panjang. Iklim tidak hanya mengemukakan keadaan rata-rata, melainkan juga keadaan yang ekstrim. Iklim memungkinkan terjadinya bermacam-macam keadaan. Sehubungan dengan kegiatan pengelolaan DAS, faktor-faktor iklim yang perlu diperhatikan adalah presipitasi, evapotranspirasi, radiasi matahari dan suhu udara.

(a) Presipitasi

Presipitasi adalah proses kondensasi dari uap air menjadi awan dan kabut berupa hujan, salju, hujan es, dan lain-lain, Ward (1974). Bentuk presipitasi yang terpenting di Indonesia adalah hujan.

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang jatuh di permukaan tanah selama periode tertentu, diukur dalam satuan tinggi di atas permukaan horizontal.

Chow (1964) mendefinisikan curah hujan sebagai air dalam bentuk cair yang jatuh di permukaan bumi sebagai akibat adanya proses kondensasi masa udara dalam jumlah besar.

Menurut Wiersum (1979), terjadinya hujan karena ada tiga keadaan, yaitu:

- (1) terjadinya uap air
- (2) terangkatnya uap air tersebut ke tempat yang dingin di mana dapat terjadi proses kondensasi.
- (3) proses kondensasi ini berlangsung terus sampai terkumpul massa yang cukup.

Besaran-besaran curah hujan yang sering dipergunakan dalam analisis hidroklimatologi antara lain adalah tinggi curah hujan, jumlah hari hujan, frekuensi serta intensitas hujan.

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah

yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah yang dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono dan Takeda, 1977).

Berikut ini adalah cara-cara yang digunakan untuk menghitung curah hujan wilayah (WMO, 1974 **dalam** Murdiyarso, 1979):

a. Metoda Rata-rata Aritmatik. Adalah metoda yang paling sederhana, obyektif dan konsisten bila jumlah stasiun banyak dan tersebar merata pada daerah yang datar. Metoda ini memberi bobot yang sama untuk setiap stasiun, yaitu dengan menjumlahkan angka pengukuran di tiap stasiun dan membaginya dengan jumlah stasiun penakar.

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n P_i/n$$

di mana: \bar{P} = curah hujan wilayah (mm)

P_i = curah hujan pada stasiun ke- i

($i = 1, 2, \dots, n$)

n = jumlah stasiun penakar hujan

b. Metoda Polygon Thiessen. adalah metoda yang didasarkan atas pemberian bobot bagi setiap stasiun terhadap luas yang diwakili. Untuk menentukan luas tiap daerah tersebut, harus ditarik garis-garis bagi yang tegak lurus terhadap garis-garis yang menghubungkan stasiun yang satu dengan yang lain, sehingga terbentuk polygon yang merupakan perpotongan garis-garis bagi tertentu.

Di dalam tiap polygon terdapat sebuah stasiun yang mewakili daerah tersebut. Cara ini digunakan jika titik-titik di dalam daerah itu tidak tersebar merata, sehingga perlu dilakukan perhitungan daerah pengaruh setiap titik pengamatan. Curah hujan wilayah dihitung sebagai berikut:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \sum_{i=1}^n W_i \times P_i$$

di mana: P = curah hujan wilayah (mm)

P_i = curah hujan pada stasiun ke- i

($i = 1, 2, \dots, n$)

A_i = luas polygon ke- i

$W_i = (A_i / \sum A_i)$ bobot stasiun ke- i

n = jumlah stasiun penakar hujan

Metoda ini kurang dapat membantu dalam estimasi tipe hujan orografik. Bobot stasiun juga harus selalu disesuaikan jika letak stasiun berubah atau jika terdapat data yang hilang. Meskipun hasilnya cukup tepat, tetapi metoda ini cukup sulit dilaksanakan.

c. Metoda Isohyet. adalah metoda yang memperhitungkan faktor topografi, karena peta isohyet dibuat dengan memperhatikan efek topografi dan asal datangnya hujan.

Peta isohyet digambar pada peta topografi. dengan perbedaan (interval) 10 sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan di dalam dan di sekitar daerah yang dimaksud. Luas bagian daerah antara dua garis isohyet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Pemikiran pada harga rata-rata dari garis-garis isohyet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian daerah itu dapat dihitung. Curah hujan wilayah itu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{i-1} + P_i) A_i}{\sum_{I=1}^n A_i}$$

di mana: P = curah hujan wilayah (mm)

P_{i-1} = besarnya curah hujan pada isohyet ke- $i-1$

P_i = besarnya curah hujan pada isohyet ke- i

($i = 1, 2, \dots, n$)

A_i = luas daerah ke- i yang terletak di antara isohyet ke- i dan ke ($i-1$)

n = jumlah daerah yang dipisahkan oleh isohyet (jumlah isohyet = $n-1$)

Metoda ini dapat digunakan pada daerah yang luas dengan jaringan stasiun yang tidak terlalu padat. Tetapi hasilnya sangat subyektif dan ketelitiannya tergantung kepada kemampuan penganalisa.

(b) Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan proses gabungan dari evaporasi dan transpirasi. Evaporasi merupakan proses berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan air, sedangkan transpirasi adalah peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan vegetasi (Sosrodarsono dan Takeda, 1980).

Karena sulitnya memisahkan antara evaporasi dan transpirasi pada daerah yang tertutup vegetasi, maka dikemukakan istilah Evapotranspirasi ini. Evapotranspirasi adalah proses evaporasi dan transpirasi yang terjadi secara bersama pada suatu daerah yang bervegetasi, atau dengan kata lain adalah proses perubahan air menjadi uap air dan bergerak dari segala permukaan, baik permukaan tanaman, permukaan air, maupun permukaan tanah.

Sebagai salah satu proses dalam siklus hidrologi, evapotranspirasi selain dipengaruhi oleh faktor iklim, juga dipengaruhi oleh faktor tanah dan vegetasi yang tumbuh di atasnya.

Saat ini dikenal dua istilah evapotranspirasi yaitu:

(i) Evapotranspirasi potensial, merupakan pendekatan hipotetik dari sejumlah air maksimum yang mampu diuapkan dalam jangka waktu tertentu oleh tumbuhan yang tumbuh aktif dan menutup permukaan tanah

dengan sempurna pada kondisi tanah tidak kekurangan air, ditambah air yang menguap langsung dari permukaan tanah di bawahnya. Seluruh proses pada evapotranspirasi potensial ini tergantung pada faktor meteorologis dan variabel iklim lainnya (Thornthwaite, 1948 di dalam Budhiyono, 1979).

(ii) Evapotranspirasi aktual merupakan besarnya evapotranspirasi yang benar-benar terjadi. Proses pada evapotranspirasi aktual tergantung dari faktor-faktor tanah, vegetasi dan iklim. Pada saat bulan basah evapotranspirasi aktual akan sama dengan evapotranspirasi potensial sedangkan pada waktu bulan kering evapotranspirasi aktual akan lebih kecil dari evapotranspirasi potensial yakni sama dengan curah hujan ditambah dengan perubahan persediaan air tanah .

Untuk menghitung besarnya evapotranspirasi dikenal metoda-metoda pendekatan neraca air, pendekatan neraca energi, pendekatan aerodinamik dan pendekatan empiris. Pendekatan empiris diantaranya adalah metode Thornthwaite dan metode Blaney-Criddle. Sedangkan metoda Penman merupakan gabungan antara pendekatan aerodinamik dan neraca energi.

Metoda Penman

Penman (1948), menduga evapotranspirasi potensial berdasarkan 2 konsep teoritis, yaitu transfer turbulen

menurut diffusi Eddy dan neraca energi. Untuk itu Penman mengemukakan rumus sebagai berikut:

$$ETPH_i = W_i(RNS_i + RNL_i) + (1 - W_i) \times f(U_{2i}) \times (e_s - e_a)$$

dimana: $ETPH_i$ = Evapotranspirasi Potensial (mm/hari)

RNS_i = Radiasi Netto Gelombang Pendek

RNL_i = Radiasi Netto Gelombang Panjang

W_i = Faktor Pembobot

$f(U_{2i})$ = fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 meter.

e_s = tekanan uap air jenuh (mm Hg)

e_a = maksimum tekanan uap air pada suhu t (mm Hg)

(c) Radiasi Surya

Matahari merupakan sumber energi utama bagi atmosfer. Penyebarannya di seluruh permukaan bumi merupakan pengendali utama bagi keadaan cuaca dan iklim (Pettersen, 1964). Unsur-unsur radiasi matahari yang perlu diperhatikan dalam studi hidroklimatologis adalah intensitas radiasi matahari, jujuk surya dan albedo. Albedo adalah nisbah antara radiasi pantulan oleh suatu permukaan dengan radiasi datang di permukaan tersebut. Albedo tergantung jenis permukaan, kadar air tanah dan sudut datang matahari (Manan *et. al.*, 1980). Nilai albedo berbagai jenis permukaan disajikan pada **Tabel 2.1**

Halaman 38 dari 40 halaman
 1. Diambil dengan seizin dari penulis atau pihak lain yang berkepentingan dan dipublikasikan secara resmi.
 2. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperjualbelikan.
 3. Pengutipan tidak boleh mengutip kembali atau menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini.
 4. Diizinkan untuk mengutip dan menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini dengan syarat dipublikasikan secara resmi oleh IPB University.

(d) Suhu Udara

Suhu udara bersama-sama dengan curah hujan sangat berpengaruh terhadap keragaman cuaca dan iklim (Manan, 1976).

Penyebaran suhu udara secara geografis ditentukan oleh perbedaan lintang, pengaruh massa lahan dan air, pengaruh orografik dan ketinggian, pengaruh vegetasi dan pengaruh aktivitas manusia (Linsley *et. al.*, 1980).

Variasi suhu udara harian tidak banyak berbeda dengan variasi radiasi harian. Suhu udara meningkat beberapa saat setelah matahari terbit, mencapai puncaknya satu hingga tiga jam setelah matahari mencapai titik kulminasi, dan menurun sampai malam setelah matahari terbenam (Linsley *et. al.*, 1982).

Energi matahari dalam bentuk gelombang pendek hanya sekitar 30% yang dapat diserap langsung oleh atmosfer. Sisanya diubah dahulu oleh permukaan bumi ke dalam bentuk gelombang panjang dengan suhu rendah. Kemudian baru dapat diserap oleh udara. Perubahan energi ini terutama terjadi di permukaan daratan atau di permukaan lautan. Energi matahari yang diserap oleh permukaan daratan atau oleh lautan diubah ke dalam bentuk panas atau dalam bentuk lainnya (Anonymous, 1979).

Tabel 2.1. Nilai Albedo Beberapa jenis permukaan

Jenis Permukaan	Nilai Albedo Rata-rata	Penulis /Peneliti	Nilai albedo
Air terbuka	0.07	Weisner (1970)	0.04 - 0.39
		EAAFRO (1962)	0.09
		Stanhill et al. (1966)	0.11
		USGS (1954)	0.05 - 0.07
		Sellers (1965)	0.06 - 0.09
Rerumputan	0.25	EAAFRO (1962)	0.21
		Angstrom (1962)	0.22 - 0.33
		Budyko (1956)	0.15 - 0.25
		Barry dan Chambers (1966)	0.22 - 0.26
		Baumgartner (1967)	0.23
		Wiesner (1970)	0.26
		Stanhill et al. (1966)	0.20
		Sutton (1953)	0.25 - 0.33
		Monteith dan szeicz (1961)	0.05 - 0.27
		Van Wijk (1963)	0.16 - 0.27
Hutan gugur daun	0.18	Sellers (1965)	0.10 - 0.20
		Rodda et al. (1976)	0.20 - 0.28
		Angstrom (1925)	0.175
		Budyko (1956)	0.15 - 0.20
		Barry dan Chambers (1966)	0.17 - 0.19
		Stanhill et al. (1966)	0.18
		Wiesner (1970)	0.18
Hutan runjung (Coniferous Forest)	0.13	Sellers (1965)	0.10 - 0.20
		Rodda et al. (1976)	0.12 - 0.19
		Angstrom (1925)	0.10 - 0.14
		Budyko (1956)	0.10 - 0.15
		Barry dan Chambers (1966)	0.15 - 0.20
		Baumgartner (1967)	0.11
		Stanhill et al. (1966)	0.12 - 0.13
		Thornthwaite dan mather (1957)	0.14
		Stewart (1971)	0.10
		Stor et al. (1970)	0.14
Tanaman pertanian semusim	0.23	Sellers (1965)	0.05 - 0.15
		Rodda et al. (1976)	0.15 - 0.25
		Budyko (1956)	0.10 - 0.25
		Monteith (1959)	0.25 - 0.27
		Barry dan Chambers (1966)	0.24 - 0.25
		Baumgartner	0.20
		Wiesner (1970)	0.26
		Wellers (1965)	0.15 - 0.25

(lanjutan)

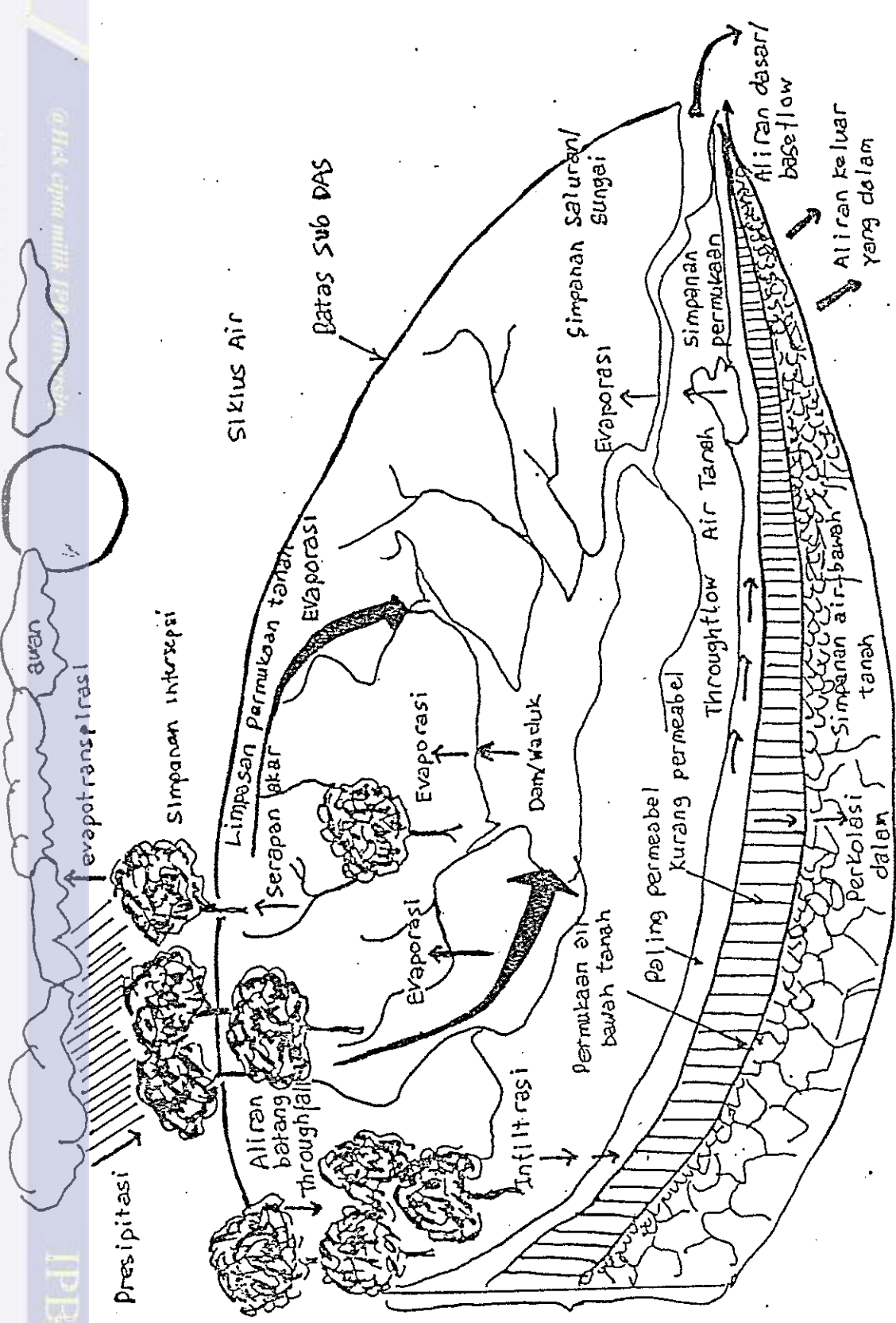
Semak belukar	0.17	Stanhill et al. (1966) Barry dan Chambers (1966)	0.13 - 0.17 0.15
Kebun jeruk	0.17	Stanhill et al. (1966)	0.17
Kota	0.17	Barry dan Chambers (1966) Rodda et al. (1976)	0.17 0.15 - 0.17

Sumber : Sebagian besar data diacu dari scraf (1977) dan Rodda et al. (1976), dan selebihnya dikumpulkan dari berbagai sumber pustaka oleh Budhiyono (1979).

D. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah rangkaian peristiwa yang terjadi dengan air mulai dari saat air jatuh ke bumi hingga diuapkan kembali ke udara untuk kembali jatuh ke bumi. Secara sederhana siklus hidrologi dapat digambarkan pada **Gambar 2.1**.

Siklus hidrologi merupakan proses sistemik yang mengikuti kaidah-kaidah sistem terbuka. Curah hujan yang jatuh di suatu DAS merupakan masukan dalam sistem hidrologi sedangkan keluarannya dapat berupa evapotranspirasi, debit sungai, dan air tanah (*ground water*). Menurut Chow (1964), di dalam proses *input-output* terdapat proses alihan yang dalam sistem hidrologi berupa aliran batang (*stemflow*), curahan tajuk (*troughfall*), air fisiologis (*uptake water by plant*), kadar air tanah (*soil moisture content*) dan air di dalam jaringan tanaman (*biomass water*).



Gambar 2.1. Siklus hidrologi di dalam suatu Daerah Aliran Sungai (Arsyad et. al., 1985)

Ward (1974) menggambarkan siklus hidrologi sebagai suatu sistem. Hujan yang jatuh pada suatu DAS, sebagian akan tertahan pada tajuk-tajuk tumbuhan dan sebagian lagi langsung jatuh di permukaan tanah. Bagian hujan yang tertahan pada tajuk-tajuk tumbuhan sebagian akan menguap kembali (*interception loss*) dan sisanya akan mencapai permukaan tanah yang berupa aliran batang (*stemflow*) dan curahan tajuk (*throughfall*).

Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah sebagian akan meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi dan perkolasi, sebagian akan mengisi cekungan-cekungan (*depression storage*) di permukaan tanah dan sisanya akan mengalir sebagai aliran permukaan.

Bagian air yang meresap ke dalam tanah sebagian akan mengisi pori-pori tanah lapisan atas sebagai kadar air tanah dan sebagian lagi akan mengisi cadangan air di dalam lapisan tanah yang lebih dalam (*subsurface water storage*), yang akhirnya akan menjadi mata air atau tersimpan menjadi air bumi (*ground water*). Jadi sungai itu mengumpulkan 3 jenis limpasan, yaitu limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran intra (*interflow*) dan limpasan air tanah (*ground water runoff*) yang akhirnya akan mengalir ke laut (Sosrodarsono dan Takeda, 1977).

E. Neraca Air

Neraca air hanyalah suatu perincian dari pernyataan hukum kekekalan massa (*law of conservation of matter*)

yang secara sederhana menyatakan bahwa massa tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat dirubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya atau dipindah dari satu tempat ke tempat lainnya (Hillel, 1972).

Besarnya air yang tersedia dalam suatu DAS dapat dinyatakan dalam neraca air. Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1978) neraca air merupakan penjelasan tentang hubungan antara aliran ke dalam (*inflow*) dan aliran ke luar (*out flow*) di suatu daerah untuk suatu periode tertentu dari proses sirkulasi air. Hillel(1980) memberikan definisi yang lebih bersifat umum bahwa neraca air dianggap sebagai penjelasan terinci dari hukum kekekalan massa yakni bahwa: massa tidak bertambah maupun berkurang tetapi hanya berubah bentuk dan berpindah tempat. Dibiidang agroklimatologi Frere dan Popov (1979) seperti yang dikutip oleh Oldeman dan Frere (1982) mengartikan neraca air sebagai selisih antara jumlah air yang diterima oleh tanaman dan kehilangan air dari tanaman beserta tanah melalui evapotranspirasi.

Menurut Manan (1979), neraca air di suatu daerah aliran sungai (untuk suatu periode) dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P_g = (T + I_c + I_f + E_{S+W}) + Q + S + L + U$$

di mana,

P_g = curah hujan

T = transpirasi

I_c	=	intersepsi tajuk
I_f	=	intersepsi lantai hutan
E_{S+W}	=	evaporasi dari tanah dan air
Q	=	aliran sungai
S	=	perubahan ketersediaan air tanah
L	=	kebocoran ke luar
U	=	aliran bawah

Pengetahuan mengenai komponen-komponen air ini sangat diperlukan untuk memperhitungkan suatu keseimbangan antara keuntungan pencegahan banjir dan produksi air yang dihasilkan pada usaha penghutanan suatu Daerah Aliran Sungai (Manan, 1979). Budhiyono (1981), juga mengembangkan model neraca air DAS yang akan digunakan sebagai acuan utama dalam penelitian ini.

Model Neraca Air disusun berdasarkan proses-proses sirkulasi hidrologi (*Gambar 2.1*). Sedangkan elemen-elemen utama dari model ini terlihat pada skema proses-proses hidrologi pada *Gambar 2.3* (Komarawinata, 1987).

Selanjutnya Komarawinata (1987) mengemukakan bahwa secara garis besar proses sirkulasi hidrologi mengikuti persamaan kontinuitas:

$$P = E + R + S$$

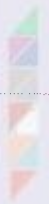
dimana: P : Presipitasi E : Evapotranspirasi R : Run off

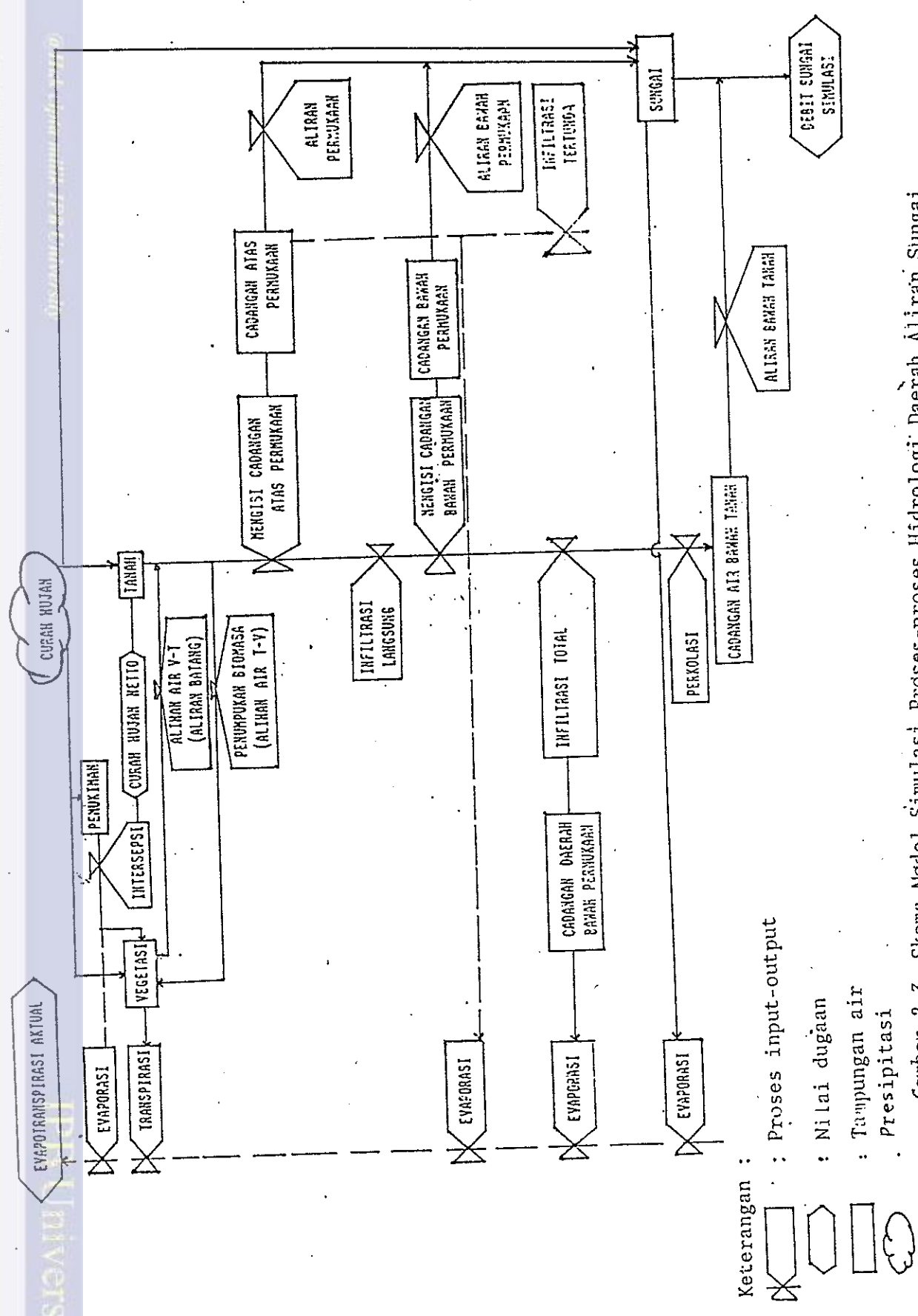
S : Jumlah perubahan storage di upper zone, lower zone dan ground water zone.



Perubahan storage di setiap zone dihitung sebagai perbedaan volume dari aliran pemasukan dan pengeluaran. Selanjutnya semua aktivitas hidrologi dalam suatu periode tertentu mengalami simulasi dan seimbang sebelum perhitungan untuk periode berikutnya berlangsung. Pada akhirnya simulasi akan berhenti apabila tidak ada data berikutnya.

Dalam konteks yang lebih luas, pengertian pengelolaan DAS dikembangkan, yaitu DAS dianggap sebagai suatu sistem sumberdaya, satuan pengembangan sosial ekonomi, dan satuan pengaturan tata ruang wilayah. Penanganan pengelolaan DAS harus didasarkan dan terkait pada kerangka umum pengembangan wilayah.





Keterangan :

- ⊗ : Proses input-output
- ▭ : Nilai dugaan
- ▭ : Tampung air
- ▭ : Presipitasi

Gambar 2.3. Skema Model Simulasi Proses-proses Hidrologi Daerah Aliran Sungai (Komarawinata, 1987)

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan di beberapa tempat dalam upaya pengumpulan data, yaitu di Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan dan Sub Balai Rehabilitasi Lahan Konservasi Tanah dan Air (RLKT) DAS Citarum yang keduanya berkantor di Bandung.

Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan dimulai pada bulan September 1990 dengan berbagai kegiatan yang berupa pengumpulan data-data sekunder dari beberapa instansi, penggambaran peta, pengolahan data, penulisan laporan serta kegiatan lainnya hingga terwujudnya karya ilmiah ini.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan selama penelitian adalah planimeter, peralatan gambar, seperangkat Personal Computer lengkap dengan printer, kalkulator dan peralatan penunjang lainnya. Sedangkan bahan yang digunakan antara lain:

1. Data Curah Hujan
2. Data Iklim
3. Data Debit
4. Peta Jenis Tanah
5. Peta Tataguna Lahan
6. Peta Geologi & Morfologi
7. Peta Kelas Lereng

C. Macam dan Cara Analisis Data

1. Data Iklim

Data-data iklim meliputi data suhu udara, data kecepatan angin, data penyinaran surya, data kelembaban udara, dan data curah hujan. Data-data iklim tersebut merupakan data-data yang berasal dari daerah lokasi penelitian dan sekitarnya..

Data penyinaran surya, kelembaban nisbi, dan data suhu udara adalah data-data hasil pengamatan tahun 1971 s/d 1988, sedangkan data kecepatan angin adalah hasil pengamatan tahun 1979 s/d 1988. Data-data tersebut dicatat di stasiun Geofisika, Bandung.

Adapun data curah hujan yang dianalisis berasal dari:

- a. Stasiun Pakar (Dago) (1971-1988)
- b. Stasiun Geofisika, Bandung (1971-1988)
- c. Stasiun Lembang (1971-1982)

Metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan wilayah adalah dengan menggunakan metode Aritmatik, mengingat lokasi penelitian adalah daerah bergunung-gunung dan informasi mengenai data curah hujannya cukup terbatas. Data curah hujan ini digunakan sebagai masukan pada model hidrologi, untuk mengetahui respon Sub DAS Cikapundung terhadap perubahan iklim dan tataguna lahannya.

2. Data Debit

Data debit yang diambil adalah data hasil pencatatan tahun 1966 s/d 1983.

Data ini dicatat dari Stasiun Cikapundung-Gandok yang secara geografis terletak pada posisi $6^{\circ} 55'$ LS dan $107^{\circ} 36'$ dengan ketinggian tempat 747 m di atas permukaan laut. Stasiun Cikapundung-Gandok berada di Kampung Gandok, Kecamatan Coblong, Kodya Bandung, tempat di sebelah kanan aliran sungai Cikapundung (\pm 200 m dari jembatan Cikapundung ke arah hulu), Jl. Siliwangi. Stasiun ini didirikan pada tanggal 23 Nopember 1957 oleh DPMA dengan jenis alat Pesawat Otomatik Tahunan. Luas daerah tangkapannya adalah 100.9 km².

Data debit ini akan digunakan untuk menguji kepekaan model yang dibuat.

D. Model Hidrologi Yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan gabungan beberapa model yang dianggap mampu menjelaskan secara lebih detil komponen-komponen neraca air yang mendukung proses hidrologi Sub DAS Cikapundung.

Model-model tersebut sejauh mungkin menganalisis dan menelusuri proses-proses hidrologi yang secara empiris masih mungkin dilakukan perhitungan. Setelah merumuskan model gabungan tersebut maka akan dilakukan

eksperimentasi dengan data-data yang ada di Sub DAS Cikapundung berdasarkan perubahan iklim dan tataguna lahannya.

Model hidrologi digunakan untuk pendugaan debit dan menelusuri proses hidrologi yang terjadi dalam suatu DAS. Model yang digunakan ini merupakan model neraca air yang menggambarkan urutan proses dalam siklus hidrologi. Dalam penelitian ini digunakan model neraca air sistem tata buku (*Book-keeping*) yang dikembangkan oleh Thornthwaite dan Mather (1957). Untuk menjelaskan proses aliran air di dalam sistem tanah dan sungai digunakan pendekatan yang dilakukan oleh Mock (1973).

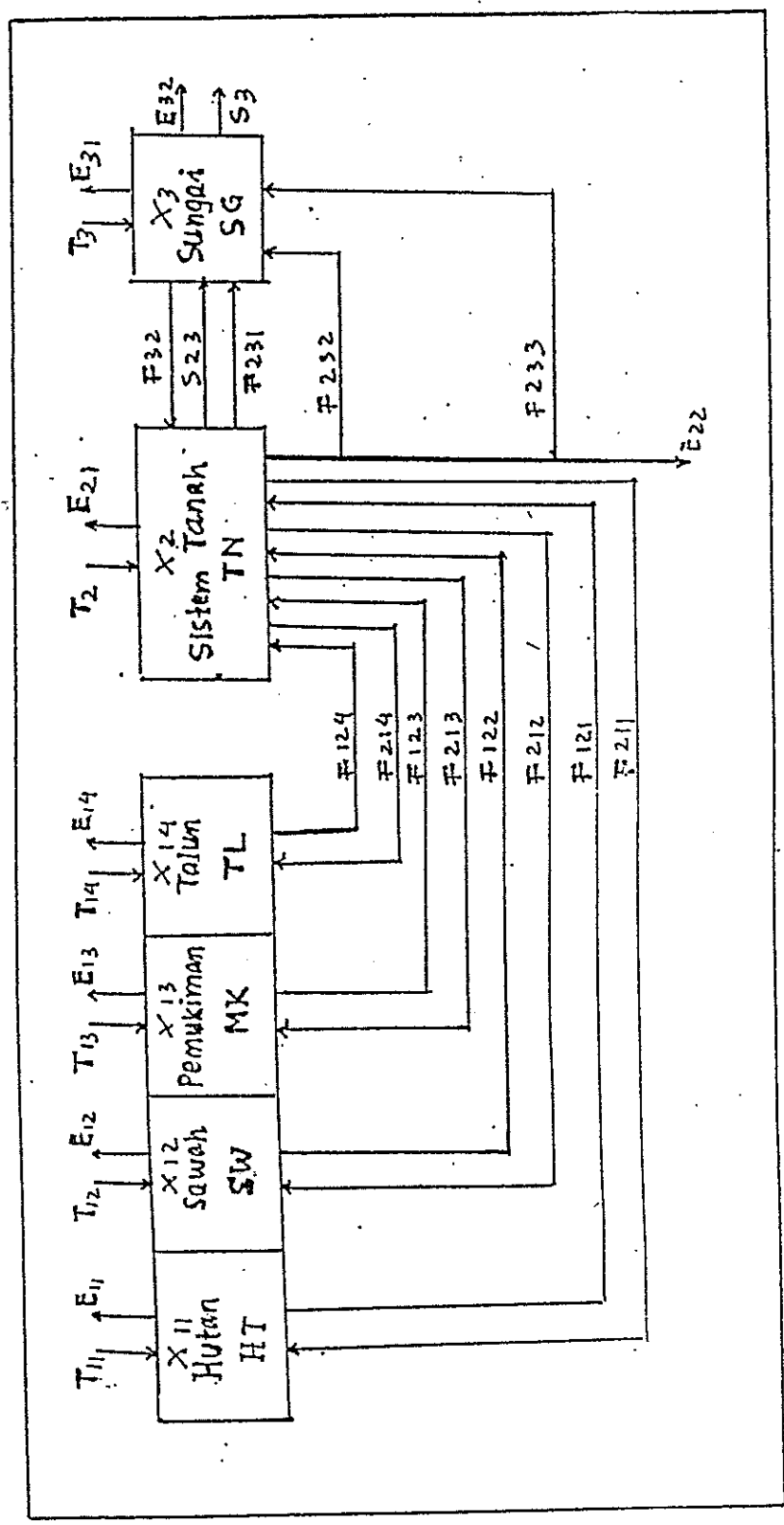
Model ini menekankan pengkajian peranan vegetasi dalam sistem Sub DAS, sehingga setiap perhitungan komponen sistem vegetasi selalu diproporsikan terhadap luasan penggunaan lahannya.

Curah hujan merupakan satu-satunya masukan ke dalam sistem Daerah Aliran Sungai. Curah hujan ini diterima oleh tiga komponen utama DAS yaitu vegetasi, tanah, dan sungai. Di sistem vegetasi, dilakukan perhitungan intersepsi (Horton), penumpukan biomasa, evapotranspirasi Potensial (Penman) dan proses transfer air dari vegetasi ke tanah. Setelah melalui proses ini baru dapat dihitung besarnya air hujan yang mencapai permukaan tanah dengan menggunakan metode Thornthwaite &

Mather sampai mendapatkan nilai Surplus dan Defisit. Berikutnya untuk menghitung runoff dengan tahap-tahap prosesnya digunakan model Mock.

Mock dalam menduga besarnya runoff menetapkan nilai awal yang sesuai dengan kondisi daerah penelitian (*initial condition*), misalnya dalam hal penetapan konstanta infiltrasi dan faktor k (*recession factor*). Model ini mampu menduga besarnya infiltrasi, simpanan air tanah, perubahan simpanan air tanah, aliran dasar (*base flow*), dan limpasan (*runoff*), akhirnya besarnya debit simulasi (*Streamflow*) dapat diduga.

Secara sistematis model bagan neraca air dalam suatu sub DAS dapat dilihat pada **Gambar 3.1**. Sedangkan penjelasan dari masing-masing komponen dalam model ini disajikan pada **Tabel 3.1** dibawah ini.



Gambar 3.1. Model blok neraca air dalam sistem Sub DAS Cikapundung

Halaman ini adalah bagian dari buku ajar yang diterbitkan oleh Departemen Hidrologi dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor. Untuk lebih jelasnya, silakan kunjungi website kami di www.fhmp.ipb.ac.id.
 1. Diambil dari buku ajar yang diterbitkan oleh Departemen Hidrologi dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor.
 2. Diambil dari buku ajar yang diterbitkan oleh Departemen Hidrologi dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor.

Tabel 3.1. Penjelasan Bagan Blok Neraca Air dalam Sistem Sub Daerah Aliran Sungai Cikapundung, DAS Citarum.

Peubah	Penjelasan
Peubah Sistem	
x11	Kandungan air fisiologis dalam vegetasi hutan
x12	Kandungan air fisiologis dalam vegetasi sawah
x13	Kandungan air fisiologis dalam vegetasi Pemukiman
x15	Kandungan air fisiologis dalam vegetasi Talun
x2	Kandungan air di dalam tanah lapisan atas, berupa kadar air tanah
x3	Kandungan air di dalam badan sungai, berupa jumlah volume air sungai yang pernah ada dalam kurun waktu tertentu.
Peubah Masukan	
a11	Bagian air hujan yang tertampung di wilayah hutan
a12	Bagian air hujan yang tertampung di wilayah sawah
a13	Bagian air hujan yang tertampung di wilayah pemukiman
a15	Bagian air hujan yang tertampung di wilayah talun
a2	Bagian air hujan yang jatuh langsung di atas permukaan tanah terbuka, berupa curah hujan netto.
a3	Bagian air hujan yang jatuh langsung di atas permukaan air bebas.
Peubah Transfer	
F112	Alihan air dari vegetasi hutan ke tanah
F122	Alihan air dari vegetasi sawah ke tanah
F132	Alihan air dari vegetasi di pemukiman ke tanah
F152	Alihan air dari vegetasi talun ke tanah
F211	Alihan air dari tanah ke vegetasi hutan
F212	Alihan air dari tanah ke vegetasi sawah
F213	Alihan air dari tanah ke vegetasi di pemukiman
F215	Alihan air dari tanah ke vegetasi talun
F231	Alihan air dari tanah ke badan sungai, berupa limpasan atas permukaan.
F232	Alihan air dari tanah ke badan sungai, berupa limpasan air bumi yang keluar dari mata air.
F32	Alihan air dari badan sungai ke tanah, atau yang kemudian dialirkan ke tanah, berupa semua bentuk pemanfaatan air sungai.

Peubah Keluaran

- E11 Penguapan air dari permukaan vegetasi hutan ke udara
 - E12 Penguapan air dari permukaan vegetasi sawah ke udara
 - E13 Penguapan air dari permukaan pemukiman ke udara
 - E15 Penguapan air dari permukaan vegetasi talun ke udara
 - E22 Limpasan air perkolasi dalam, yang dianggap keluar dari sistem
 - E31 Penguapan air dari permukaan air bebas ke udara
 - E32 Debit sungai di tempat pengamatan (*out let*)
-

Secara sistematis penjelasan komponen neraca air tersebut di atas telah diselesaikan dengan program yang disusun dapat dilihat pada persamaan-persamaan di bawah ini.

1) Peubah Masukan

Curah hujan dianggap merupakan satu-satunya masukan dalam sistem Sub DAS Cikapundung karena Sub DAS ini terletak di bagian paling hulu dari aliran sungai Citarum, sehingga tidak akan ada masukan dari Sub DAS lainnya.

Curah Hujan

Curah hujan rata-rata bulanan merupakan curah hujan wilayah yang mewakili Sub DAS Cikapundung yang dianalisis dengan menggunakan metode Aritmatika.

Curah hujan yang diterima dari masing-masing komponen sistem (Tampungan Air) dihitung secara proporsional berdasarkan perbandingan luas masing-masing penggunaan lahan sebagai berikut:

1. Tampungan Air di Hutan mm

$$TAHT_i = LHT/LSD \times CHW_i \times FHT$$

2. Tampunguan Air di sawahmm

$$TSAW_i = LSW/LSD \times CHW_i \times FSW$$

3. Tampunguan Air di pemukimanmm

$$TAMK_i = LMK/LSD \times CHW_i \times FMK$$

4. Tampunguan Air di talunmm

$$TATL_i = LTL/LSD \times CHW_i \times FKC$$

5. Tampunguan Air di Sungaimm

$$TASG_i = LSG/LSD \times CHW_i$$

6. Tampunguan Air di tanahmm
apabila :

$$TOT_i = TAHT_i + TASW_i + TAMK_i + TATL_i + TASG_i$$

$$\text{maka, } TATN_i = CHW_i - TOT_i$$

Semua besaran tersebut dinyatakan dalam bentuk kolom air (mm) yang diproyeksikan terhadap luas seluruh Sub DAS, dengan penjelasan notasinya sebagai berikut:

TAHT : Tampunguan air di wilayah Hutan

LHT : Luas wilayah Hutan

LSD : Luas Sub Daerah Aliran Sungai

CHW : Curah hujan wilayah

FHT : Indeks penutupan tajuk di wilayah Hutan = 0.9

TASW : Tampunguan air di wilayah Sawah,

LSW : Luas wilayah Sawah

FSW : Indeks penutupan tajuk di wilayah Sawah = 0.6

TAMK : Tampunguan air di wilayah Pemukiman

LMK : Luas wilayah Pemukiman

FMK : Indeks penutupan tajuk di wilayah Pemukiman = 0.5

TATL : Tampunguan air di wilayah Talun (Kebun Campuran)

LTL : Luas wilayah Talun

FTL : Indeks penutupan yajuk di wilayah Talun = 0.7

TASG : Tampunguan air di badan-badan sungai

LSG : Luas badan sungai

TOT : Tampunguan air total dari beberapa penggunaan lahan

TATN : Tampunguan air di wilayah tanah terbuka

2) Peubah Sistem

Penumpukan Biomasa (B)

Laju penumpukan biomasa vegetasi yang dinyatakan dalam tinggi kolom air per tahun yang digunakan untuk pembentukan biomasa dapat didekati dengan menggunakan rumus empiris (Lembaga Penelitian IPB, 1983 *dalam* Mulyana, 1990):

$$Xldg = NPP \text{ g} \times 10^{-3} \times 0.23126 \times Adg/Ad.$$

dimana :

Xldg = laju penumpukan biomasa (setara dengan kolom air per tahun) pada pola tataguna lahan ke-g

NPP g = produktivitas primer netto bagi tipe vegetasi ke- g, yang dinyatakan dalam gram/m²/tahun.

Adg = luas setiap macam pola penggunaan lahan

Ad = luas Sub DAS

Produktivitas primer untuk setiap penggunaan lahan (g/m²/th) adalah sebagai berikut (Lembaga Penelitian IPB, 1983 *dalam* Mulyana, 1990):

PHT = 1727; PSW = 1110; PMK = 985; PTL = 1140

dimana: PHT : Produksi Primer di Hutan

PSW : Produksi Primer di Sawah

PMK : Produksi Primer di Pemukiman

PTL : Produksi Primer di Talun

Karena proses-proses fisiologis, khususnya fotosintesis, dianggap lebih banyak dipengaruhi oleh radiasi matahari dan faktor-faktor iklim lainnya, maka sejumlah air yang digunakan untuk membentuk biomasa bulanan diperoleh dengan cara pembobotan terhadap besarnya evapotranspirasi bulanan.

Prosedur perhitungan air fisiologis untuk pembentukan biomasa:

1. Di wilayah Hutan mm

$$BHT_i = PHT/1000 \times 0.23126 \times LHT/LSD \times ETPB_i/TETPB$$

2. Di wilayah Sawah mm

$$BHT_i = PSW/1000 \times 0.23126 \times LHT/LSD \times ETPB_i/TETPB$$

3. Di wilayah Pemukiman mm

$$BHT_i = PMK/1000 \times 0.23126 \times LHT/LSD \times ETPB_i/TETPB$$

4. Di wilayah Talun mm

$$BHT_i = PTL/1000 \times 0.23126 \times LHT/LSD \times ETPB_i/TETPB$$

Kandungan Air Tanah

Nilai kandungan air tanah (KAT) pada blok neraca air dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut, Murdiyarso (1979) :

$$KAT = KL \times K^{APWL}, \quad k = p_0 + p_1/KL$$

dimana $p_0 = 1.000412351$ dan $p_1 = -1.073807306$

Yang harus dihitung:

1. Tetapan ($k = p_0 + p_1/KL$)
2. Akumulasi Daya Penguapan (APWL)
3. Kadar Air Tanah (KAT)
 $KAT_i = KL \times k^{APWL_i}$
4. Perubahan kadar air tanah (ΔKAT)

3) Peubah Keluaran

Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi potensial dihitung dengan menggunakan metode Penman.

$$ETP_i = W_i \times (RNS_i + RNL_i) + (1 - W_i) \times F(U_{2i}) \times (e_{si} - e_{ai})$$

dimana ETP_i adalah evapotranspirasi harian baku pada bulan ke-i (mm/hari).

Untuk menghitung evapotranspirasi diperlukan data-data sebagai berikut:

- (1) Data Dasar:
 - a. Suhu Udara (t , °C) *(Tabel Lampiran 5)*
 - b. Kelembaban Udara (RH, %) *(Tabel Lampiran 6)*
 - c. Kecepatan Angin (U_2 , km/hari) *(Tabel Lampiran 7)*
 - d. Lama Penyinaran (n , jam) *(Tabel Lampiran 8)*
 - e. Deklinasi matahari (DK , °) & Vektor radius (VR , -) *(Tabel 4.6)*

Dari rumus penman tersebut dikenal komponen radiasi dan komponen aerodinamik.

(2) Komponen Radiasi:

- a. Radiasi terestrial (R_a) mm

Radiasi ekstraterestrial dihitung dengan rumus sebagai berikut: $RAD = \pi / 180$

$$R_{a_i} = (1.94/\pi) \times (VR_i)^2 \times \sin(LS \times RAD) \times \tan(DK_i \times RAD)$$

dimana : VR_i : vektor radius bulanan
 LS_i ; Lintang selatan
 DK_i ; deklinasi bulanan

b. Panjang hari maksimum (N) jam

Panjang hari maksimum rata-rata bulanan (N_i) :

$$N_i = 1.570796 - (\text{ATN } (X / \sqrt{1-X^2}))$$

dimana : $X = (-1) \times \text{TAN } (LS \times \text{RAD}) \times \text{TAN } (DK_i \times \text{RAD})$

c. Albedo penggunaan lahan

Albedo hutan : 0.15, sawah = 0.23, pemukiman = 0.17, talun = 0.15 dan Sungai = 0.07

Secara lengkap nilai albedo beberapa jenis permukaan disajikan pada **Tabel 2.1**

d. Radiasi gelombang pendek (RnS) mm

Radiasi gelombang pendek dihitung dengan menggunakan rumus:

$$RnS_i = (1 - \text{ALBEDO}) \times (0.29 + 0.59 \times n_i / N_i) \times Ra_i$$

e. Radiasi Benda hitam (σT^4) mm

$$\text{Radiasi benda hitam} = \sigma (T + 273.15)^4$$

f. Radiasi gel. Panjang (RnL) mm

Radiasi gelombang panjang dihitung dengan rumus:

$$RnL_i = 24 \times (8.26 \times 10^{-11}) \times (t_i + 273.15) \times (0.56 - 0.079 \sqrt{e a}) \times (0.1 + 0.9 \frac{n_i}{N_i})$$

g. Radiasi netto ($R = RnS + RnL$) mm

Besarnya Radiasi netto (R) yang merupakan komponen radiasi :

$$R_i = (RnS_i + RnL_i)$$



(3) Komponen Aerodinamik:

a. Tekanan Uap jenuh (e_s) mb

Besarnya tekanan uap jenuh :

$$e_{si} = 10^{0.0264 \times t_i + 0.82488}$$

t_i = suhu rata-rata bulanan

b. Tekanan uap aktual (e_a) mb

Besarnya tekanan uap aktual :

$$e_{ai} = e_{si} \times RH_i / 100,$$

RH_i = kelembaban relatif bulanan

c. ($e_{si} - e_{ai}$) mb

Defisit Tekanan Uap = $e_{si} - e_{ai}$

d. DELTA = de_s/dt mb/°C

$$DELTA_i = 0.059959315 \times 10^{0.02604 \times t_i + 0.82488}$$

e. Faktor pembobot (W)

Faktor pembobot (W_i) adalah:

$$W_i = \frac{DELTA_i}{DELTA_i + GAMMA_i}$$

f. Fungsi Kecepatan angin $f(U)$

Fungsi kecepatan angin dirumuskan :

$$f(U_2)_i = 0.27 \times (1 + U_2/100),$$

dimana U_2 = rerata kecepatan angin pada ketinggian

2 meter (km/hari)

g. $A_i = ((1 - W_i) \times (e_{si} - e_{ai}) \times f(U)_i$ mm

dimana A = komponen aerodinamik

(4) Evapotranspirasi Potensial Harian Baku

Dari kedua bentuk tersebut diperoleh rumus ETP harian baku Penman.

$$(ETPH = (W \times R) + A) \dots \dots \dots \text{ mm/hari}$$

(5) Faktor Koreksi Penman

a. Jumlah Hari $\dots \dots \dots$ hari

$$JH_i = 30 \times N_i \times 1/RAD$$

b. Faktor koreksi $\dots \dots \dots$ -

$$FC_i = N_i/12$$

(6) Evapotranspirasi Potensial Bulanan (ETPB)

$$ETPB_i = ETPH_i \times JH_i \times FC_i$$

Perhitungan ETP dilakukan untuk setiap penggunaan lahan.

Evapotranspirasi aktual

Untuk menghitung besarnya evapotranspirasi aktual dilakukan pendekatan dengan ketentuan bahwa untuk bulan-bulan basah dimana $CH > ETP$, maka $ETA = ETP$, tetapi untuk bulan-bulan kering dimana $CH < ETP$, maka $ETA =$ curah hujan ditambah dengan perubahan kadar air tanahnya.

Transpirasi (TR)

Besarnya transpirasi untuk setiap penggunaan lahan didasarkan pada nilai transpirasi hasil penelitian sebagai berikut:

$$\text{Transpirasi Hutan} = 886 \text{ mm (Calder } \textit{et. al.}, 1986)$$

Transpirasi Sawah = 991 mm; Transpirasi Pemukiman = 989 mm; Transpirasi Tegalan = 1454 mm; Transpirasi Talun = 1018 mm (Coster, 1937).

Mengingat dalam perhitungan transpirasi harus ditunjang oleh informasi yang cukup mengenai sifat fisiologis tanaman itu sendiri, maka pada penelitian komponen ini tidak dibahas secara khusus, tetapi sudah termasuk dalam besaran evapotranspirasi.

Intersepsi

Nilai intersepsi dari tajuk untuk setiap penggunaan lahan dihitung dengan menggunakan persamaan intersepsi dari Horton yang disederhanakan (**Tabel 3.2**). Nilai intersepsi yang terjadi dipengaruhi oleh kerapatan tajuk, frekuensi curah hujan, jeluk hujan (Gray, 1970).

Tabel 3.2. Persamaan Intersepsi Bulanan Menurut Horton

Jenis Vegetasi	Persamaan Intersepsi
Hutan	1) $0.020 n + 0.18 P_g$
	2) $0.040 n + 0.18 P_g$
	3) $0.050 n + 0.18 P_g$
	4) $0.040 n + 0.40 P_g$
Perkebunan	$0.004 + 0.18 P_g$
Pertanian Lahan Kering	1) $0.002 n + 0.12 P_g$
	2) $0.005 n + 0.10 P_g$
Sawah beririgasi	1) $0.005 n + 0.18 P_g$
	2) $0.005 n + 0.10 P_g$
Perkampungan/pemukiman	1) $0.010 n + 0.10 P_g$
	2) $0.050 n + 0.20 P_g$

Keterangan: n = hari hujan; P_g = Jeluk hujan (mm)

Prosedur perhitungan:

1. Intersepsi Hutan mm

$$IHT_i = 0.04 \times n_i + 0.18 \times TAHT_i$$
2. Intersepsi Sawah mm

$$ISW_i = 0.005 \times n_i + 0.09 \times TASW_i$$
3. Intersepsi Pemukiman mm

$$IMK_i = 0.003 \times n_i + 0.15 \times TAMK_i$$
4. Intersepsi Talun mm

$$ITL_i = 0.004 \times n_i + 0.18 \times TATL_i$$
5. Besarnya Intersepsi Total (I)

$$I_i = IHT_i + ISW_i + IMK_i + ITG_i + ITL_i$$

4) Peubah Transfer

Alihan Air: Vegetasi-Tanah

$$VTHT_i = TAHT_i - IHT_i$$

$$VTSW_i = TASW_i - ISW_i$$

$$VTMK_i = TAMK_i - IMK_i$$

$$VTTL_i = TATL_i - ITL_i$$

$$TVT_i = VTHT_i + VTSW_i + VTMK_i + VTTL_i$$

Dimana TVT_i adalah total alihan air dari vegetasi ke tanah bulanan. Setelah menghitung komponen-komponen peubah sistem, masukan, alihan dan transfer, maka berikutnya akan dilakukan perhitungan neraca air sampai mendapatkan nilai debit sungai sebagai berikut:

Air Yang mencapai Tanah (ATN)

$$ATN_i = VTSD_i + TATN_i - ETPB_i$$

Surplus Air (SR)

$$SR_i = ATN_i - ETPB_i - KAT_i$$

Run off

Perhitungan limpasan (*runoff*) ditelusuri dengan menggunakan model Mock (1973) sebagai berikut:

1. Infiltrasi (*i*)

$$i_i = 0.45 \times SR_i$$

2. Volume Simpanan Air Tanah ($V_n = G + L$)

$$\text{dimana: } G = 1/2 \times (1+K) \times i$$

$$L = K \times V_{n-1}$$

3. Perubahan Simpanan (ΔV_n)

$$\Delta V_n = -V_{n-1} + V_n$$

4. Base Flow ($BF = i - V_n$)

5. Limpasan Langsung (DR)

$$DR_i = SR_i - i_i$$

6. Runoff (limpasan)

$$RO_i = DR_i + BF_i$$

Debit Sungai

Besarnya debit yang merupakan output dari sistem Sub DAS pada sistem neraca air, dihitung dari besarnya limpasan/alihan air dari tanah ke sungai yang berupa runoff ditambah dengan proporsi hujan netto yang langsung diterima oleh badan sungai. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$DB_i = RO_i + TASG_i$$



Diagram alir proses-proses hidrologi dapat dilihat pada **Gambar 2.3**. Sedangkan perhitungan neraca air nya dapat dilihat pada **Tabel Lampiran 22**.

E. Simulasi Model

Dalam penelitian ini dilakukan simulasi model untuk berbagai keadaan, yaitu akibat perubahan pola penggunaan lahan di daerah penelitian. Perubahan tata guna lahan diarahkan untuk tujuan konservasi, dimana wilayah dengan kemiringan lereng $> 45\%$ seluruhnya dijadikan hutan, $25\%-45\%$ dijadikan kebun campuran (talun). Sedangkan yang $< 25\%$ diasumsikan tidak berubah. Akibatnya nilai-nilai komponen penyusun neraca air secara proporsional akan berubah (terjadi perubahan tata air).

Hasil pemodelan hidrologi tersebut juga dieksperimentasikan berdasarkan perubahan iklim yang terjadi, khususnya perubahan suhu dan curah hujan. Dengan demikian akibat perubahan iklim tersebut dapat diduga respon hidrologi yang akan terjadi sehingga para pembuat kebijakan dapat mempersiapkan langkah-langkah untuk menghindari atau mengurangi dampak dari perubahan tersebut **Lampiran 23, 24, 25 dan 26**.

F. Uji Kepekaan dan Validitas Model

Hasil-hasil penelitian tersebut akan diuji kepekaannya untuk mengetahui validitas dari model yang digunakan, yaitu dengan menguji apakah rata-rata dan simpang-

an baku dari hasil pengukuran dan hasil simulasi mempunyai nilai yang sama atau tidak. Untuk itu digunakan uji Dunett (nilai rata-rata U) dan Uji Bartlett (uji kesamaan varian). Khusus untuk bulan kering dilakukan juga pengujian untuk melihat apakah pada bulan-bulan kering tersebut (Juni s/d September) hasil simulasi berlaku atau tidak, juga dengan menggunakan uji Dunett dan Bartlett.



BAB IV. DISKRIPSI LINGKUNGAN FISIK DAERAH PENELITIAN

A. Letak Geografis, luas dan Lokasi Penelitian.

Daerah penelitian terletak di wilayah Daerah Tingkat II Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Secara geografis daerah penelitian terletak antara 107° 44' 50,27" Bujur Timur dan 107° 35'24,30" Bujur Timur dan antara 6° 59' 27,57" Lintang Selatan dan 6° 45'48,66" Lintang Selatan.

Daerah penelitian meliputi sebagian Sub Daerah Aliran Sungai Cikapundung yang mempunyai luas 101 Km2, dan termasuk di dalam DAS Citarum.

B. Geomorfologi dan Geologi

Menurut pembagian fisiologi Pannekoek (1949) daerah penelitian terdiri atas rangkaian pegunungan tinggi Gunung Tangkuban Perahu hingga Gunung Bukittinggul termasuk zone utara Jawa Barat dan daerah lembah Bandung termasuk zone tengah Jawa Barat.

Berdasarkan klasifikasi Desauettes daerah penelitian terdiri atas: kerucut volkan (v22), lereng volkan berbukit (v 74), lereng volkan bergelombang kasar (v73), lereng volkan bergelombang ringan (v72), dataran tinggi (v71) dataran koluvial (A36) dan Dataran aluvial (A28). Secara kasar penyebaran satuan-satuan lahan tersebut ditunjukkan pada Peta Unit Geomorfologi (Peta No. 2). Sedangkan penyebaran kemiringan lereng di

daerah penelitian ditunjukkan pada *Peta No. 3* dan luas setiap kelas lereng dihitung dengan planimeter disajikan pada *Tabel 4.1.*

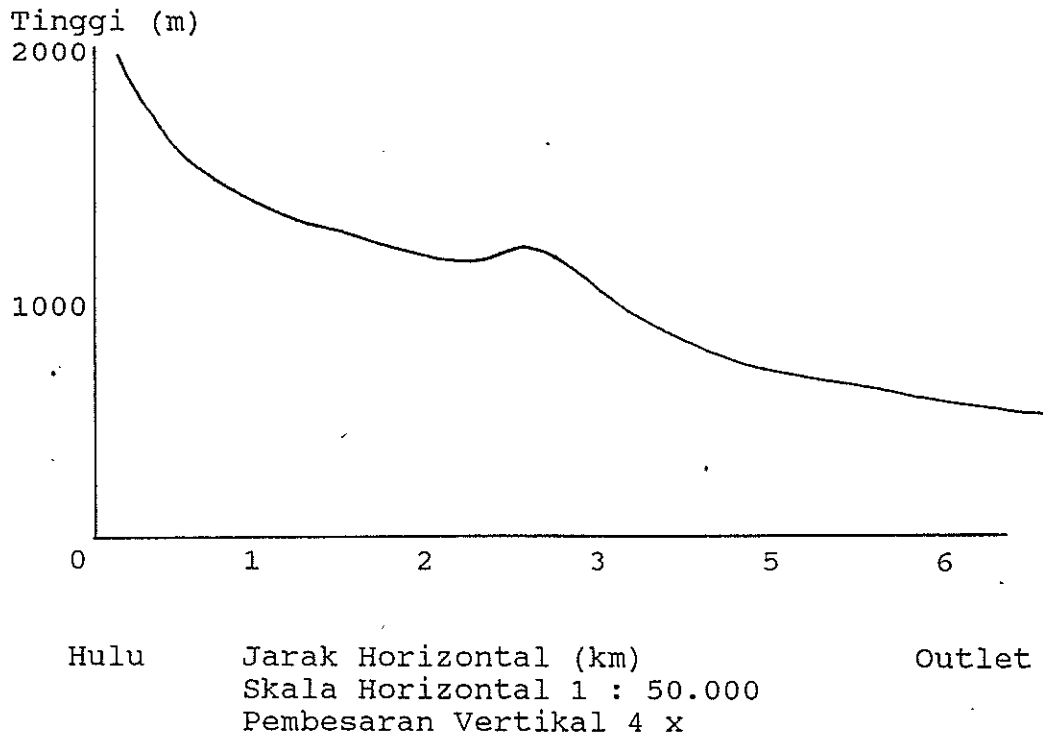
Tabel 4.1. Luas Setiap Kelas Kemiringan Lereng di Daerah Penelitian

Kelas Lereng	% Lereng	Luas (km ²)
I	0 - 8	23.31
II	8 - 15	19.11
III	15 - 25	14.91
IV	25 - 45	13.18
V	> 45	30.51

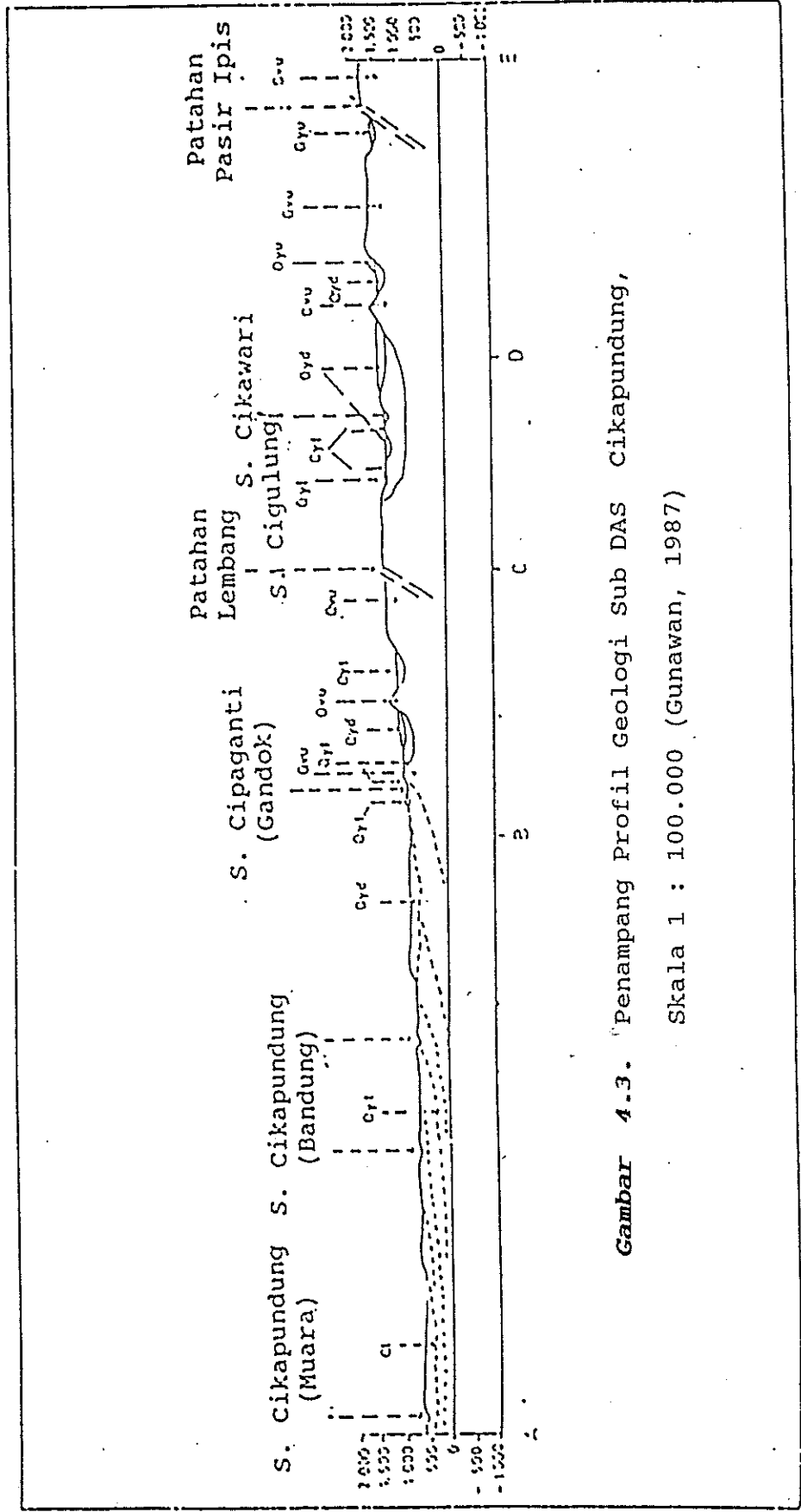
Sumber: Pengukuran dengan Planimeter pada Peta Lereng Sub DAS Cikapundung, Sub Balai RLKT Wilayah IV, 1986.

Berdasarkan kurva hipsometri, 50% lebih daerah penelitian berada diatas ketinggian 1.000 meter diatas muka air laut, ditunjukkan pada *Gambar 4.1.* Berdasarkan irisan memanjang daerah penelitian mempunyai bentuk profil cekung dan telah membentuk planeza (Desaunettes, 1977), ditunjukkan pada *Gambar 4.2.*

Berdasarkan analisis Peta Geologi lembar Bandung yang dinyatakan dalam bentuk irisan memanjang geologi permukaan, menunjukkan bahwa daerah penelitian didasari oleh bantuan dasar gunung api tua tak teruraikan (Qvu), bagian hulu tertimbun oleh material gunung api muda tak teruraikan (Qyu) dan setempat-setempat oleh Tufa berbatu apung (Qyt), Tufa pasir (Qyd) dan Lava



Gambar 4.2. Penampang Irisan Memanjang Sungai Cikapundung (Gunawan, 1987)



Gambar 4.3. Penampang Profil Geologi Sub DAS Cikapundung, Skala 1 : 100.000 (Gunawan, 1987)

C. Keadaan Tanah dan Penutup Lahan

Wilayah Sub DAS Cikapundung mempunyai bentuk topografi yang bervariasi dari datar, bergelombang, berbukit dan bergunung dengan ketinggian berkisar antara 650 meter sampai dengan 2 076 meter di atas permukaan laut.

Tanah-tanah di Sub DAS Cikapundung terdiri dari berbagai jenis tanah seperti Alluvial, Glei humus rendah, Regosol Andik, Andosol, dan Asosiasi Gei dan Aluvial yang mempunyai kedalaman tanah yang berbeda (Tabel 4.2).

Tabel 4.2. Jenis dan Kedalaman Tanah di Sub DAS
Cikapundung

No.	Jenis Tanah	Kedalaman (cm)
1.	Aluvial	79 - 112
2.	Glei humus rendah	54
3.	Regosol Andik	48
4.	Andosol	100
5.	Latosol	90

Sumber: Bakosurtanal, 1987

1. Tanah Alluvial (Inceptisol)

Tanah Aluvial mempunyai variasi tekstur seperti liat (*clay*), berdebu (*silty clay*), lempung berliat (*clay loam*), lempung liat berdebu (*silty clay loam*) yang penyebarannya terletak di sebelah Selatan kota Bandung sampai tepian Sungai Citarum pada daerah yang relatif datar.

2. Tanah Gley Humus (Aquult)

Penyebaran tanah gley humus terletak di sebelah Selatan Kota Bandung yang mempunyai tekstur lempung berliat (clay loam), struktur gumpal dan permeabilitas lambat.

3. Tanah Regosol Andik (Entisol)

Tanah Regosol Andik berstruktur gumpal dengan permeabilitas sedang dan mempunyai tanah yang dangkal. Penyebaran tanah ini terdapat pada bagian atas lereng gunung Burangrang sampai dengan lereng atas gunung Tangkuban Perahu.

4. Tanah Andosol (Andept)

Penyebaran tanah ini bertekstur lempung (loam) sampai lempung berliat (clay loam) dan mempunyai struktur antara sedang, kasar sampai gumpal serta permeabilitas yang dominan sedang dengan kandungan bahan organik antara 2,63 - 6 %.

5. Tanah Asosiasi Glei dan Aluvial (Inceptisol & Aquult)

Tanah ini bertekstur lempung liat berdebu (silty clay loam), mengandung bahan organik 1,17 %, berstruktur remah, permeabilitas lambat sampai sedang dengan kedalaman solum 60 cm.

Berdasarkan analisis Peta Tanah Tinjau skala 1 : 250.000 hasil pemetaan Lembaga Penelitian Tanah Bogor, daerah penelitian terdiri atas jenis tanah: Andosol coklat (21), asosiasi andosol coklat dan re-

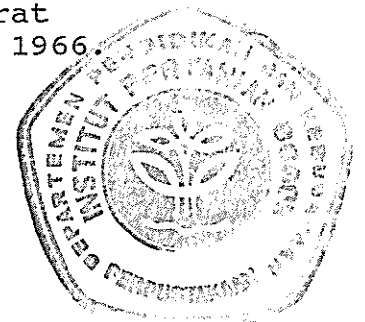


gosol coklat (23), Latosol coklat (31) Latosol coklat kemerahan (32), Aluvial coklat kekelabuan (5), Asosiasi glei humus dan aluvial kelabu (6). Penyebaran jenis tanah tersebut ditunjukkan pada Peta Jenis Tanah (*Peta No. 3*). Sedangkan *Tabel 4.3* menyajikan uraian lengkap macam tanah, bahan induk dan fisiografi di Sub DAS Cikapundung.

Tabel 4.3. Macam Tanah, Bahan Induk dan Fisiografi di Sub DAS Cikapundung

Simbol	Macam Tanah	Bahan Induk	Fisiografi
4	Aluvial coklat kekelabuan	Endapan liat	Dataran
5	Asosiasi Aluvial kelabu dan aluvial coklat kekelabuan	Endapan liat dan pasir	Dataran
6	Asosiasi Glei Humus dan Aluvial kelabu	Endapan liat	Dataran
21	Andosol Coklat	Abu pasir dan tuff vulkan sampai basis	Vulkan
23	Asosiasi Andosol Coklat dan Regosol Coklat	Abu/pasir dan tuf Vulkan	Vulkan
31	Latosol Coklat	tuf Vulkan Intermedier	Vulkan
32	Latosol Coklat Kemerahan	tuf Vulkan Intermedier	Vulkan

Sumber: Peta Tanah Tinjau Propinsi Jawa Barat
Skala 1 : 250.000, LPT Bogor tahun 1966.



Berdasarkan analisis Peta Ikhtisar Penggunaan Lahan Sub Balai Rehabilitasi Lahan Konservasi Tanah dan Air (SBRLKT) wilayah IV skala 1 : 50.000, daerah penelitian terdiri atas : Hutan lebat, Hutan sejenis hutan belukar, Kebun campuran, sawah dan pemukiman. Hutan sejenis hutan belukar mempunyai prosentase luas yang terbesar, sedangkan lahan sawah dijumpai didaerah hulu diatas ketinggian 1.000 meter dari permukaan air laut.

(Peta No. 4)

Keadaan vegetasi di Sub DAS Cikapundung dapat dibedakan menjadi vegetasi yang terdapat di dalam kawasan hutan dan yang berada di luar kawasan hutan. Vegetasi penutup lahan di sini diartikan sebagai prosentase penutupan lahan oleh tanaman baik tanaman tahunan maupun tanaman semusim.

Vegetasi penutup lahan di kawasan hutan di Sub DAS Cikapundung di dominasi oleh jenis tanaman pinus yang rata-rata telah berumur 25 tahun dengan tumbuhan bawah yang telah cukup baik. Wilayah ini berada di daerah Bandung sebelah Utara dengan lereng rata-rata di atas 25% bahkan sampai dengan di atas 45 %. Selain tanaman pinus terdapat pula tanaman Rasamala, Saninten, Puspa yang tumbuh secara alami di hulu sungai Cikapundung. Kombinasi stratifikasi tajuk pada tanaman hutan seperti ini telah cukup baik, sebab di samping tanaman

yang berumur puluhan tahun terdapat pula tanaman bawah.

Vegetasi penutup lahan pada lahan-lahan di luar kawasan hutan, pada umumnya didominasi oleh jenis-jenis tanaman palawija dan sayuran yang umumnya terdapat di Bandung bagian Utara yaitu di Kecamatan Lembang dan Cisarua, bahkan usahatani semacam ini banyak dilaksanakan pada lereng di atas 25 %.

Selain vegetasi seperti disebutkan di atas, di Sub DAS Cikapundung terdapat pula jenis tanaman perkebunan berupa Kina seluas \pm 758 ha. Pada wilayah ini selain jenis Kina, terdapat juga jenis tumbuhan seperti Kirinyu (*Euphathorium inulifolium*), rumput-rumputan dan lain sebagainya.

Berdasarkan pengukuran luas penggunaan lahan dengan planimeter, didapatkan sebaran penggunaan lahan sebagaimana disajikan pada **Tabel 4.4.** di bawah ini:

Tabel 4.4. Sebaran Penggunaan Lahan di Daerah Penelitian

No.	Tipe Tata Guna Lahan	Simbol di peta	Luas (km ²)
1.	Hutan	HT	31.3
2.	Sawah	SW	23.4
3.	Pemukiman	MK	20.6
4.	Kebun Campuran (Talun)	KC	24.2
5.	Sungai	SG	1.5
Total Luas			101.0

Sedangkan hasil pengukuran luas tata guna lahan untuk tujuan konservasi dimana kawasan yang mempunyai

lereng > 45% akan dihutankan dan yang mempunyai lereng antara 25% sampai dengan 45% dijadikan kebun campuran (talun), disajikan pada **Tabel 4.5** sebagai berikut:

Tabel 4.5 Sebaran Penggunaan Lahan Untuk Tujuan Konser-vasi di Daerah Penelitian (Penulis, 1991)

No.	Tipe Tata Guna Lahan	Simbol di peta	Luas (km ²)
1.	Hutan	HT	30.51
2.	Sawah	SW	23.40
3.	Pemukiman	MK	31.91
4.	Kebun Campuran (Talun)	KC	13.18
5.	Sungai	SG	1.50
Total Luas			101.00

D. Keadaan Iklim

Daerah penelitian beriklim tropis basah yang mempunyai dua musim, yaitu: musim hujan dan musim kemarau. Berdasarkan analisis Curah hujan, musim hujan dimulai bulan September atau Oktober hingga bulan mei dan musim kemarau pada bulan Juni hingga bulan Agustus atau bulan September, seperti ditunjukkan pada **Tabel Lampiran 4**. Curah hujan rata-rata tahunan sekitar 2 111 mm. Terjadinya Bulan Basah berkisar antara 8 sampai 10 bulan. Dengan demikian wilayah ini termasuk ke dalam tipe iklim A dan B menurut Schmidt dan Ferguson. Temperatur tertinggi terjadi pada bulan Oktober (23^o C) , terendah pada bulan Juli (22,2^o C) dan rata-rata tahunannya 22,7^o C. Keadaan temperatur daerah penelitian tersebut ditunjukkan pada **Tabel Lampiran 5**.

Kelembaban Nisbi antara 73% sampai 83% (*Tabel Lampiran 6*). Sedangkan lama penyinaran surya rata-rata harian antara 5 sampai 8,5 jam (*Tabel Lampiran 7*) dan kecepatan angin rata-rata antara 45 sampai 72 km/hari (*Tabel Lampiran 8*). Data sebaran Deklinasi Matahari dan Vektor Radius matahari untuk daerah penelitian dan sekitarnya disajikan pada *Tabel 4.6*.

Tabel 4.6. Data Deklinasi matahari dan Vektor Radius di daerah penelitian.

Bulan	Deklinasi	Vektor Radius
Januari	-22.70	0.98
Februari	-21.90	0.99
Maret	-20.90	1.00
April	-19.20	1.00
Mei	-17.30	1.01
Juni	-14.90	1.02
Juli	-12.90	1.02
Agustus	-10.80	1.01
September	- 8.00	1.01
Oktober	- 4.80	1.00
November	- 2.40	0.99
Desember	- 0.08	0.98

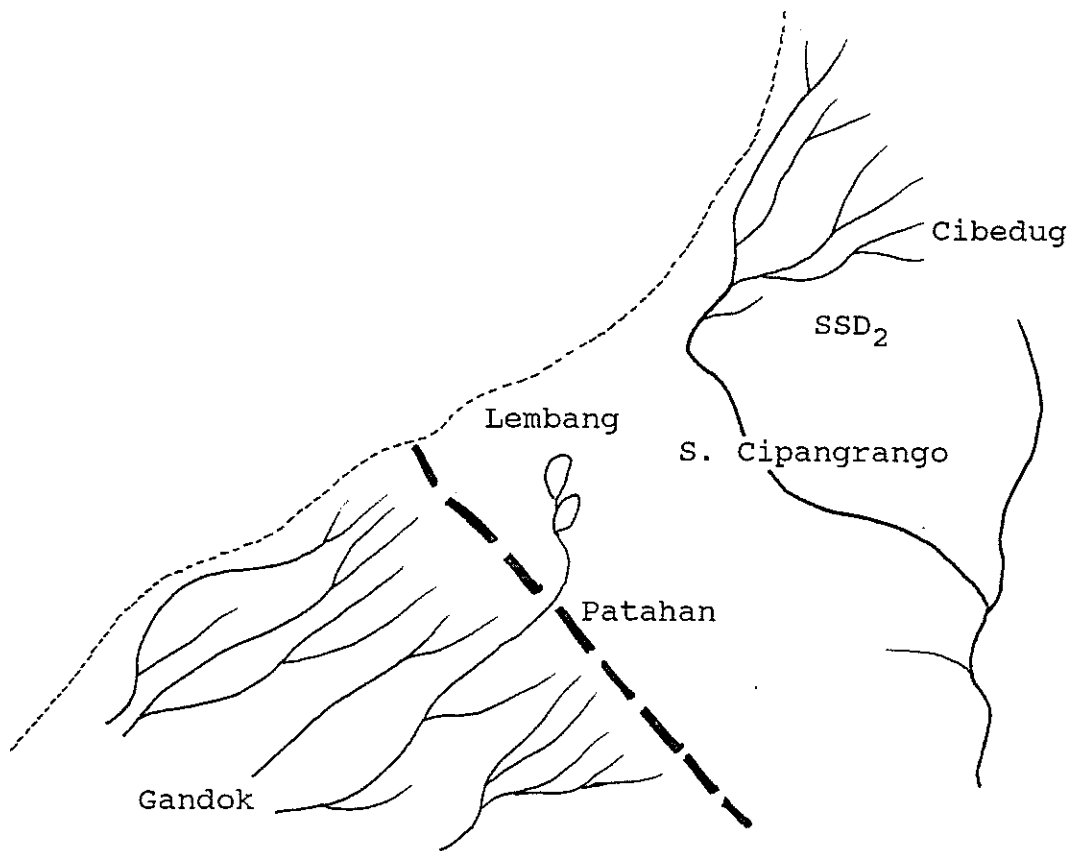
Sumber: Smithsonian Meteorological Tables (List, 1958)

E. Hidrologi dan Jaringan Sungai

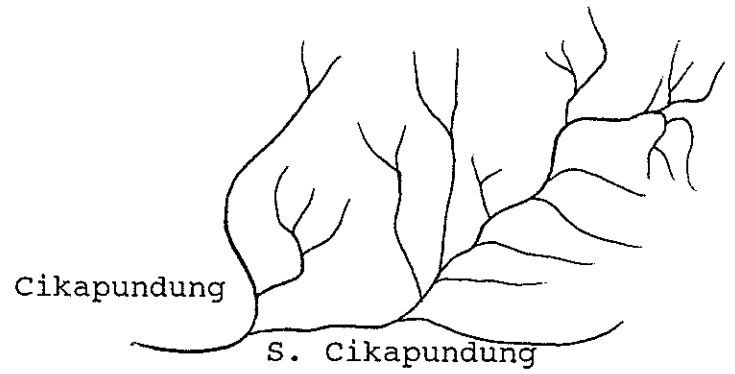
Air sungai Cikapundung berasal dari puncak Gunung Bukittunggul yang mempunyai ketinggian kurang lebih 1 678 meter di atas permukaan air laut dan bermuara ke Sungai Citarum di daerah Dayeuhkolot. Sungai induk Cikapundung mempunyai panjang 32 Km dan melewati tengah tengah kota Bandung. Pola percabangan sungai bagian

hulu terkonsentris di lembah Cikapundung dekat Mari baya dan memotong igir hasil pengangkatan yang memanjang arah Barat Timur. Daerah hulu tersebut membentuk cekungan (*basin*). Dibagian bawah igir tersebut banyak muncul mata air dan rembesan yang membentuk deretan (*zoning*). **Gambar 4.4** menyajikan hasil delineasi bentuk kelurusan di daerah Lembang yang membentuk patahan besar. (Gunawan, 1987)

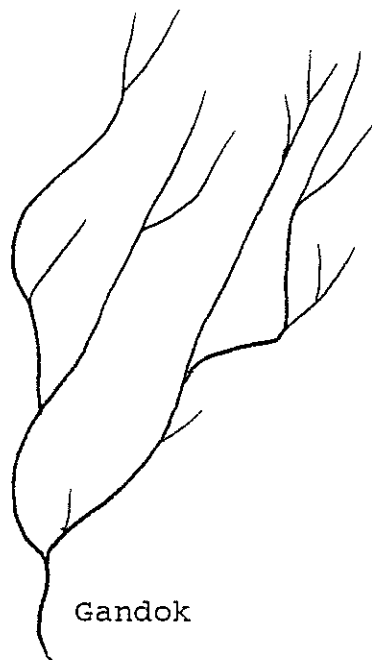
Di bagian hilir merupakan dataran lembah Bandung yang membentuk cekungan, sehingga kondisinya seringkali tergenang. Kondisi tersebut juga diperkirakan karena adanya arus balik (*back water*) dari sungai Citarum. Berdasarkan hasil pengukuran panjang sungai Cikapundung pada orde 1 dan 2, panjang sungai sekitar 32 km (orde 2) dan 144 km (orde 1). **Gambar 4.5** menyajikan hasil delineasi dan penentuan orde sungai menurut metode Strahler (Gunawan, 1987).



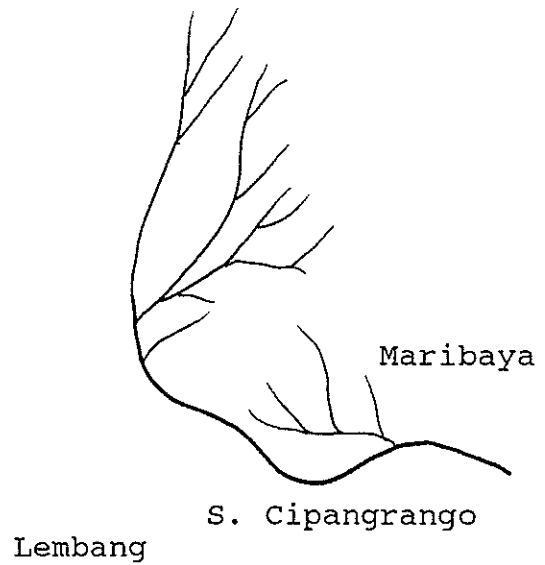
Gambar 4.4. Hasil Delineasi bentuk kelurusan di daerah Lembang yang membentuk patahan besar (Gunawan, 1987)



(a) Sub Sub DAS Maribaya (SSD₁)



(c) Sub sub DAS Gandok (SSD₃)



(d) Sub sub DAS Cigulung (SSD₂)

Gambar 4.5. Hasil Delineasi dan Penentuan Orde Sungai menurut Metoda Strahler (Gunawan, 1987)

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Neraca Air untuk Keadaan Pada Saat Penelitian

Penelitian ini menghasilkan suatu model proses-proses hidrologi yang disusun secara sistematis dan dapat dijelaskan secara kuantitatif.

Dalam sistem hidrologi ini terdapat proses masukan (input), keluaran (output) dan proses alihan (transfer). Proses-proses ini dijelaskan pada *(Tabel Lampiran 22)*.

1. Curah Hujan

Curah hujan dianggap sebagai satu-satunya input dalam sistem Daerah Aliran Sungai (DAS).

Analisis curah hujan di daerah penelitian dilakukan secara rata-rata aritmatik, yaitu dari stasiun Lembang, Pakar (Dago), dan Geofisika *(Tabel Lampiran 1,2,3)*. Untuk bulan Januari curah hujan wilayah sebesar 196 mm, Februari 182 mm, Maret 235 mm, April 280 mm, Mei 179 mm, Juni 78 mm, Juli 59 mm, Agustus 60 mm, September 110 mm, Oktober 201 mm, November 284 mm dan Desember 246 mm. Sehingga jumlah curah hujan wilayah selama setahun sebesar 2110 mm *(Tabel Lampiran 4)*.

Curah hujan yang jatuh di atas suatu kawasan dengan pola penggunaan lahan tertentu akan tertampung sementara, kemudian mengalami proses-proses selanjutnya. Besarnya tampungan air di setiap penggunaan lahan ini tergantung

pada besarnya indeks penutupan tajuk. Hasil simulasi untuk keadaan saat penelitian, yaitu sebaran tampungan curah hujan bulanan di kawasan hutan yang mempunyai luas 31.3 km², indeks penutupan tajuk 0.9, air hujan yang jatuh di atasnya tersebut akan tertampung sebanyak 16.46 mm sampai dengan 79.21 mm (28% dari curah hujan). Di wilayah sawah dengan luas 23.4 km², indeks penutupan tajuk 0.6, air hujan yang tertampung antara 8.2 mm sampai 39.48 mm. Vegetasi di wilayah pemukiman seluas 20.6 km², indeks penutupan tajuk 0.5, air hujan yang tertampung antara 6.2 mm sampai 28.96 mm. Di wilayah talun yang mempunyai luas 24.2 km² dengan indeks penutupan tajuk 0.7 air hujan yang tertampung antara 11.31 mm sampai 54.44 mm. Sedangkan air hujan yang langsung jatuh di badan-badan sungai yang diperkirakan seluas 1.5 km² (lebar sungai ± 10 m) adalah antara 0.88 mm sampai 4.22 mm. Dengan demikian air hujan yang langsung jatuh di atas permukaan tanah terbuka adalah antara 16.14 mm sampai dengan 77.69 mm bervariasi setiap bulannya. Tampungan air hujan di setiap penggunaan lahan ini akan mengalami proses-proses berikutnya, di mana sebagian akan berstatus sebagai air intersepsi, ada yang mengalir ke tanah berupa aliran batang (*stemflow*) dan curahan tajuk (*throughfall*), sebagian dievapotranspirasikan dan sebagian lagi mengalami proses dalam sistem tanah.

2. Evapotranspirasi Potensial (ETP)

Evapotranspirasi Potensial dihitung berdasarkan rumus empiris Penman (1948) untuk setiap penggunaan lahan.

Berdasarkan data-data iklim setempat (suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, lama penyinaran, deklinasi matahari dan vektor radius) di daerah penelitian, dapat diduga besarnya evapotranspirasi bulanan untuk setiap penggunaan lahan.

Pola penggunaan lahan ini akan menentukan besarnya albedo permukaan (*Tabel 2.1*). Sehingga untuk kawasan hutan yang mempunyai albedo 0.15, maka nilai ETP bulanan di kawasan ini berkisar antara 132.33 mm sampai 179.04 mm. Di wilayah sawah yang mempunyai albedo 0.23, nilai ETP berkisar antara 118.65 mm sampai 159.70 mm. Di kawasan pemukiman (albedo 0.17) nilai ETP berkisar antara 128.91 mm sampai 174.20 mm. Di kawasan kebun campuran (talun) yang mempunyai nilai albedo 0.15, nilai ETP berkisar antara 132.33 sampai 179.04 mm. sedangkan di badan-badan sungai (albedo 0.07) nilai ETP berkisar antara 146.01 mm sampai 198.38 mm. Pada umumnya nilai ETP tertinggi terjadi pada bulan Agustus dan terendah pada bulan November (*Tabel Lampiran 10, 11, 12, 13, 14*).

Dengan demikian nilai ETP rata-rata wilayah pada bulan Januari adalah 134.97 mm, Februari (131.03 mm), Maret (142.55 mm), April (149.44 mm), Mei (155.21 mm), Juni (165.89 mm), Juli (169.19 mm), Agustus (173.86 mm),

September (160.98 mm), Oktober (156.85 mm), November (128.67 mm) dan Desember (129.89 mm) serta total tahunannya sebesar 1 798.53 mm (*Tabel Lampiran 15*).

3. Evapotranspirasi Aktual (ETA)

Evapotranspirasi Aktual diduga dengan asumsi bahwa apabila curah hujan lebih besar dari nilai ETP, maka $ETA = ETP$, tetapi bila curah hujan lebih kecil dari nilai ETP, maka $ETA = CH + \text{perubahan kadar air tanah}$. Dengan demikian besarnya Evapotranspirasi aktual untuk bulan Januari sampai dengan bulan Mei dan bulan Oktober sampai Desember sama dengan nilai ETP-nya. sedangkan untuk bulan Juni besarnya ETA 132.27 mm, Juli 124.96 mm, Agustus 125.37 mm dan September 144.58 mm dan total tahunannya sebesar 1655.79 mm.

4. Intersepsi

Besarnya intersepsi yang terjadi di daerah penelitian untuk setiap penggunaan lahan tertentu diduga berdasarkan persamaan intersepsi menurut Horton (*Tabel 4.2*). Wilayah hutan mempunyai nilai intersepsi yang paling besar.

Sebaran intersepsi total di daerah penelitian setiap bulannya adalah sebagai berikut: Januari (22.43 mm), Februari (20.71), Maret (26.65 mm), April (31.40 mm), Mei (20.24 mm), Juni (8.94 mm), Juli (6.82), Agustus (6.96 mm), September (12.48 mm), Oktober (22.75 mm), November (31.85 mm) dan Desember (27.68 mm), serta intersepsi tahunannya sekitar 238.90 mm.

5. Penumpukan Biomasa

Perhitungan penumpukan biomasa untuk setiap penggunaan lahan dihitung berdasarkan produktivitas primer nettoanya. Jumlah air yang digunakan dalam proses ini relatif kecil, yaitu antara 0.014 mm sampai 0.019 mm dan total tahunannya hanya mencapai sekitar 0.201 mm. Jadi sebagian besar air yang diserap vegetasi akan ditranspirasikan.

6. Aliran Air dari Vegetasi ke Tanah

Sebagian besar air yang pada proses awal tertampung oleh vegetasi akan diintersepsi dan dievapotranspirasikan selanjutnya sisanya mengalir ke tanah melalui aliran batang dan curahan tajuk. Sebaran aliran air total di daerah ini cukup besar dan bervariasi setiap bulannya. Pada bulan Januari (117.04 mm), Februari (108.8 mm), Maret (140.57 mm), April (167.84 mm), Mei (107.13 mm), Juni (46.57 mm), Juli (35.16 mm), Agustus (35.74 mm), September (65.79 mm), Oktober (120.28 mm), November (170.24 mm) dan Desember (147.37 mm).

7. Air di Sistem Tanah

Air di sistem tanah merupakan air yang mencapai permukaan tanah (alihan air dari vegetasi ke tanah dan air hujan yang jatuh langsung di atas permukaan tanah) dikurangi dengan evapotranspirasi potensial. Jumlah air

yang masuk dalam sistem tanah ini, terjadi pada bulan-bulan basah antara Januari sampai dengan Mei dan Oktober sampai dengan Desember. sedangkan pada bulan-bulan kering (Juli sampai dengan September) terjadi defisit.

8. Kandungan Air Tanah

Kandungan air tanah diduga berdasarkan kapasitas lapang di daerah penelitian yang telah ditetapkan sebesar 250 mm/m, sehingga tetapan k dapat dihitung, di mana konstanta $p_0 = 1.000412351$ dan $p_1 = -1.073807306$ (Murdiyarso, 1979). Kadar air tanah mencapai kapasitas lapang pada bulan-bulan basah (Januari sampai Mei), untuk selanjutnya besarnya menurun dan baru mulai meningkat lagi pada awal musim penghujan (Oktober) sampai mencapai kapasitas lapang kembali (Januari).

9. Perubahan Kadar Air Tanah

Perubahan kadar air tanah terjadi pada saat kadar air tanah menurun pada bulan Juni (-79.24 mm), berikutnya meningkat lagi dan mencapai nilai positif perubahannya pada bulan Oktober sampai Desember.

10. Surplus dan Defisit

Surplus dihitung dari air yang mencapai sistem tanah dikurangi dengan perubahan kadar air tanahnya. Surplus terjadi pada bulan Januari (35.69 mm), Februari (27.56 mm), Maret (62.31 mm) dan April (95 mm). Pada bulan Mei terjadi keseimbangan neraca air di mana relatif tidak terjadi surplus maupun defisit, selanjutnya pada bulan



Juni terjadi defisit sebesar 33.62 mm, Juli (44.23 mm), Agustus (48.49 mm) dan September (16.40 mm). Mulai bulan Oktober terjadi surplus lagi sebesar 14.54 mm, November (86.16 mm) dan Desember (79.42 mm). dengan demikian surplus tahunan sebesar 400.68 mm dan defisit tahunan sebesar 142.72 mm.

11. Limpasan (Run Off)

Proses hidrologi dalam sistem tanah lainnya meliputi proses infiltrasi, yang besarnya dianggap 0.45 x surplusnya. Nilai sebesar 0.45 adalah tetapan yang tergantung karakteristik hidrologi daerah penelitian dan nilai ini merupakan nilai awal yang diberikan (*initial condition value*). Prosedur berikutnya akan menduga simpanan air tanah dan perubahannya serta akan diperoleh nilai aliran dasar (*base flow*), yang besarnya sama dengan infiltrasi dikurangi dengan perubahan simpanan air tanahnya. Sedangkan limpasan langsung yang terjadi dihitung dari besarnya surplus dikurangi infiltrasinya. Akhirnya nilai dugaan limpasan (*run off*) diperoleh, yaitu merupakan jumlah dari limpasan langsung dan aliran dasarnya (Mock, 1973). Besarnya limpasan pada bulan Januari (77.15 mm), Februari (59.77 mm), Maret (110.37 mm), April (165.46 mm), Mei (24.54 mm), Juni (12.27 mm), Juli (6.14 mm), Agustus (3.07 mm), September (1.53 mm),



Oktober (23.49 mm), November (137.47 mm) dan Desember (140.05 mm). sedangkan limpasan tahunannya mencapai 761.29 mm.

12. Debit Sungai

Debit sungai adalah besarnya *run off* ditambah dengan air hujan yang langsung jatuh di atas sungai (Tampungan air di sungai). Debit sungai untuk bulan Januari (80.06 mm), Februari (62.47 mm), Maret (113.86 mm), April (169.61 mm), Mei (27.20 mm), Juni (13.43, Juli (7.01 mm), Agustus (3.96 mm), September (3.17 mm)⁷, Oktober (26.47 mm), November (141.68 mm) dan Desember (143.70 mm). Sebaran debit sungai bulanan untuk bulan-bulan kering (Juni sampai dengan September) menunjukkan angka-angka yang kurang sesuai bila dibandingkan dengan data debit bulanan hasil pengukuran oleh Puslitbang Pengairan, Bandung. Hasil simulasi debit ini selanjutnya diuji rata-rata dan simpangan bakunya terhadap debit hasil pengukuran, untuk mengetahui validitas model yang dirumuskan.

B. Uji Kepekaan Hasil Pemodelan dan Simulasi Terhadap Debit

Pemodelan ini menghasilkan debit sungai yang akan diuji validitasnya terhadap debit hasil pengukuran. **Tabel 5.1** menyajikan perbedaan debit hasil pengukuran oleh Puslitbang air dan hasil simulasi. Sedangkan **Gambar 5.1** menyajikan grafik hubungan antara debit hasil pengukuran (*observed*) dengan debit hasil simulasi

(*simulated*), sekaligus menggambarkan pola debit bulanannya.

Tabel 5.1. Debit Rata-rata hasil pengukuran dan debit simulasi berdasarkan data pada saat penelitian (1990)

Debit	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TAHUNAN
Hasil Pengukuran	100.8	89.7	109.2	113.5	94.4	69.9	51.0	45.9	46.0	59.0	92.4	109.9	981.7
Hasil Simulasi	80.1	62.5	113.9	169.6	27.2	13.4	7.0	4.0	3.2	26.5	141.7	143.7	792.8

Pengujian dilakukan untuk melihat apakah rata-rata dan simpangan baku dari kedua debit tersebut sama atau tidak.

1). Hipotesis terhadap nilai rata-ratanya:

$$H_0 : \mu \text{ pengukuran} = \mu \text{ simulasi}$$

$$H_1 : \mu \text{ pengukuran} \neq \mu \text{ simulasi}$$

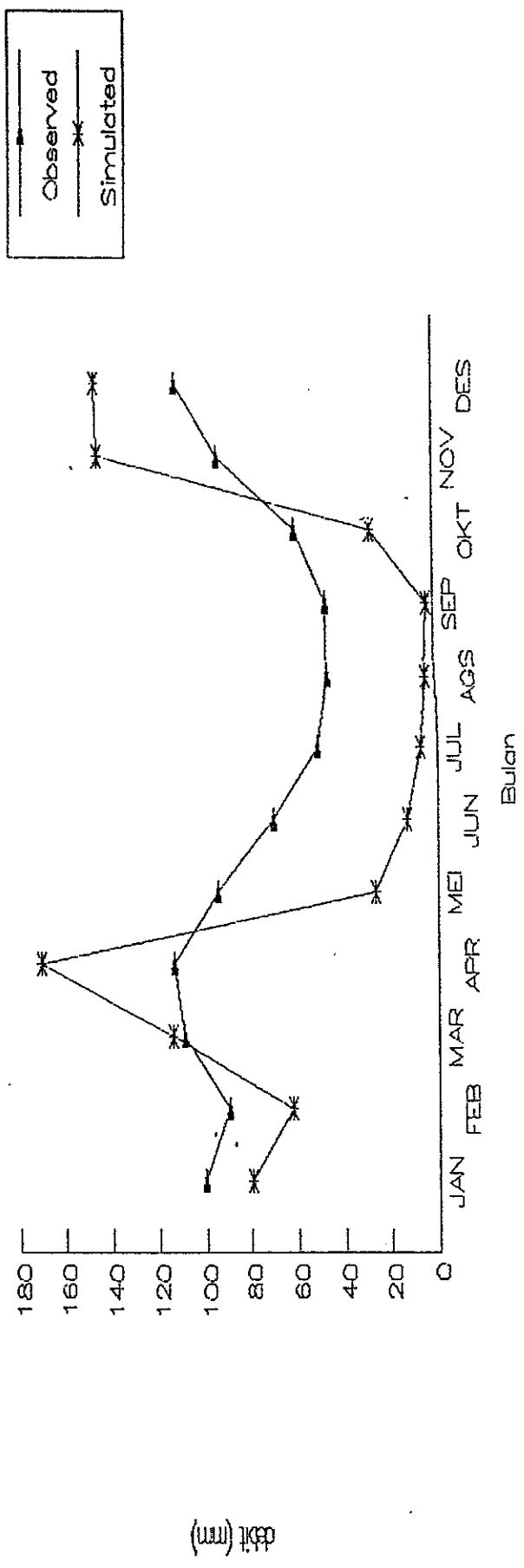
2). Hipotesis terhadap nilai simpangan bakunya

$$H_0 : \sigma \text{ pengukuran} = \sigma \text{ simulasi}$$

$$H_1 : \sigma \text{ pengukuran} \neq \sigma \text{ simulasi}$$

Hal. Cita, Penerbit: Unswagati
 1. Diteliti mengenai sebagian data debit sungai per tahunannya dan diperolekkan nomor
 4. Pengujian hipotesis untuk mengetahui perbedaan, perbedaan, perbedaan hasil hasil, perbedaan hasil atau tujuan atau masalah
 5. Pengujian hipotesis untuk mengetahui yang wajar IPB University
 6. Diteliti mengenai debit dan mengidentifikasi selanjutnya data debit yang ada di dalam sungai sekitar tahun 1990 IPB University

Hasil Cipta Pionir (Hasil Unggulan)
 1. Ditinjau mengenai sebagian data sebagai berikut:
 a. Pergerakan hasil simulasi debit hasil pengukuran (observed) dengan debit hasil simulasi (simulated) di Sub DAS Cikapundung.
 b. Pergerakan hasil simulasi debit hasil pengukuran (observed) dengan debit hasil simulasi (simulated) di Sub DAS Cikapundung.
 c. Perbedaan simulasi dan pengukuran debit hasil simulasi (simulated) dengan debit hasil simulasi (simulated) di Sub DAS Cikapundung.



Gambar 5.1.1. Grafik hubungan debit hasil pengukuran (observed) dengan debit hasil simulasi (simulated) di Sub DAS Cikapundung.

Uji Dunnett digunakan untuk melihat apakah H_0 bisa diterima atau tidak berdasarkan nilai rata-ratanya. Prosedur ujinya sebagai berikut:

$$S_1^2 = \sum_{i=1}^{12} (Y_{1i} - Y_1)^2 / n_1 + 1 = 570,8$$

$$S_2^2 = \sum_{i=1}^{12} (Y_{2i} - Y_2)^2 / n_2 + 1 = 3.274$$

$$S_p^2 = (n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2 / n_1 + n_2 - 2 = 1.922$$

$$d = \frac{Y_1 - Y_2}{\sqrt{2S^2/n}} = 0.88$$

Dari Tabel nilai kritis pada Selang Kepercayaan 95 %:

$$d_{0.025} (1, 13) = 1.77$$

Karena nilai $d_1 < 1.77$, maka terima Hipotesis H_0 atau dapat disimpulkan bahwa rata-rata debit bulanan sama dengan rata-rata debit hasil simulasi.

2) Untuk menguji simpangan baku dari hasil pengukuran dan hasil simulasi digunakan Uji Bartlett (uji kesamaan varian):

$$1. H_0 = r_1^2 = r_2^2$$

$$2. H_1 = \text{variasi tidak sama}$$

$$3. \alpha = 0.05$$

$$4. \text{Daerah Kritis jika } B > 3.841 \text{ (Tabel Chi-kuadrat)}$$

$$5. S_p^2 = ((n_1 - 1) \times S_1^2 + (n_2 - 1) \times S_2^2) / n_1 + n_2 - 2 \\ = 1.922$$

$$q = (N-k) \times \log S_p^2 - \sum_{i=1}^{k-1} (n_i-1) \times \log S_i^2 = 3.26$$

$$h = 1 + 1/3(k-1) \times \left(\sum_{i=1}^{k-1} (1/n_i-1) - (1/N-k) \right) = 1.33$$

$$b = 2.3026 q/h = 2.3026 \times 3.26/1.33 = 5.64$$

Karena nilai $b > 3.841$, maka tolak H_0 , artinya varian dari nilai-nilai hasil simulasi tidak sama dengan varian hasil pengukuran.

Pengujian untuk Bulan Kering:

Dari data tersebut ingin diketahui apakah pada bulan kering (Juni - September) hasil simulasi berlaku atau tidak.

Pengujian dilakukan untuk melihat apakah rata-rata dan simpangan baku dari kedua debit pada bulan kering tersebut sama atau tidak.

1). Hipotesis terhadap nilai rata-ratanya:

$$\begin{aligned} H_0 &: \mu \text{ pengukuran} = \mu \text{ simulasi} \\ H_1 &: \mu \text{ pengukuran} \neq \mu \text{ simulasi} \end{aligned}$$

2). Hipotesis terhadap nilai simpangan bakunya

$$\begin{aligned} H_0 &: \sigma \text{ pengukuran} = \sigma \text{ simulasi} \\ H_1 &: \sigma \text{ pengukuran} \neq \sigma \text{ simulasi} \end{aligned}$$

Uji Dunnett digunakan untuk melihat apakah H_0 bisa diterima atau tidak berdasarkan nilai rata-ratanya.

Prosedur ujinya sebagai berikut:

$$S_1^2 = \sum_{i=1}^{12} (Y_1 - \bar{Y}_1)^2 / n_1 + 1 = 97.22$$

$$S_2^2 = \sum_{i=1}^{12} (Y_1 - \bar{Y}_1)^2 / n_2 + 1 = 15.21$$



$$S_p^2 = (n_1-1) \cdot S_1^2 + (n_2-1) S_2^2 / n_1 + n_2 - 2 = 56.2$$

$$d = \frac{Y_1 - Y_2}{\sqrt{2S^2/n}} = 8.77$$

Dari Tabel nilai kritis pada Selang Kepercayaan 95 %:

$d_{0.025} (1,4) = 2.02$. Karena $d_1 > 2.02$, maka tolak Hipotesis H_0 atau rata-rata debit hasil simulasi tidak sama dengan rata-rata debit hasil pengukuran pada bulan kering (Juni-September).

2) Untuk menguji simpangan baku dari hasil pengukuran dan hasil simulasi digunakan Uji Bartlett (uji kesamaan varian):

$$1. H_0 = r_1^2 = r_2^2$$

$$2. H_1 = \text{variasi tidak sama}$$

$$3. \alpha = 0.05$$

$$4. \text{Daerah Kritis jika } B > 3.841 \text{ (Tabel Chi-kuadrat)}$$

$$5. S_p^2 = ((n_1-1) S_1^2 + (n_2-1) S_2^2) / n_1 + n_2 - 2 \\ = 56.2$$

$$q = (N-k) * \log S_p^2 - \sum_{i=1}^{k+1} (n_i-1) * \log S_i^2 = 19.53$$

$$l = 1 + 1/3(k-1) * (\sum_{i=1}^{k+1} (1/n_i-1) - (1/N-k)) = 1.11$$

$$b = 2.3026 q/h = 2.3026 \times 19.53/1.11 = 40.54$$

Karena $b > 0.025$ ($B < 3.481$), maka tolak H_0 , yang berarti hasil simulasi dan hasil pengukuran untuk bulan kering mempunyai variasi yang tidak sama.



C. Respon Hidrologis terhadap Perubahan Iklim ($2 \times \text{CO}_2$)

Perubahan iklim global yang berupa perubahan suhu dan curah hujan cukup besar pengaruhnya terhadap produksi air yang dinyatakan dalam satuan debit sungai. Untuk melihat seberapa besar pengaruh kedua unsur iklim tersebut, maka dalam kaitannya dengan perubahan iklim ini dilakukan 2 macam simulasi, yaitu model hidrologi yang disimulasikan terhadap perubahan curah hujannya dan model hidrologi yang disimulasikan terhadap kedua unsur iklim, yaitu suhu dan curah hujannya.

1. Respon Hidrologi terhadap Perubahan Curah Hujannya

Perubahan curah hujan setiap bulannya akan merubah secara proporsional nilai-nilai komponen proses hidrologi lainnya (komponen neraca air), pada akhirnya akan merubah produksi air, dimana debit merupakan parameternya (**Tabel Lampiran 24**). Pada bulan Januari sesuai simulasi GISS terjadi perubahan curah hujan sebesar 114.7% (224.81 mm) dan hal ini akan merubah debit menjadi 137.6 mm, artinya berubah sekitar 172%. Pada bulan Februari perubahan curah hujan sekitar 111.1% (202.20 mm) dan debit menjadi 103.5 mm (berubah 166%). Bulan Maret terjadi perubahan curah hujan sebesar 126% (296.10 mm) akan menghasilkan debit sebesar 208.0 (berubah 183%). Pada bulan April terjadi perubahan curah hujan sebesar 111.2% (311.36 mm) dan debit menjadi 226.9 mm (berubah 134%). Pada bulan Mei curah hujan berubah 107.1% (191.71 mm), akan merubah

debit menjadi 38.9 (berubah 143%). Pada bulan Juni perubahan curah hujan sebesar 107.9% (84.16 mm), merubah debit menjadi 19.3 mm (berubah 144%). Pada bulan Juli curah hujan berubah 110.7% (65.31 mm) akan menghasilkan debit sebesar 10.0 mm (berubah 143%). Pada bulan Agustus curah hujan berubah 113.4% (68.04 mm), merubah debit menjadi 5.5 mm (berubah 138%). Pada bulan September curah hujan berubah 108% (118.80 mm), merubah debit menjadi 4.0 mm (berubah 125%). Pada bulan Oktober curah hujan berubah 133% (267.33 mm), debit menjadi 93.5 mm (berubah 353%). Pada bulan November dengan perubahan curah hujan 122.4% (347.62 mm), debit menjadi 170.3 mm (120%). Akhirnya pada bulan Desember dengan perubahan curah hujan 110.6% (272.08 mm) terjadi perubahan debit menjadi 286.2 mm (199%). Secara ringkas hasil-hasil tersebut disajikan dalam **Tabel 5.2** berikut ini.

Tabel 5.2. Hasil-hasil simulasi perubahan curah hujan terhadap respon hidrologis

Debit	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TAHUNAN
Kondisi Awal													
Curah Hujan	196	182	235	280	179	78	59	60	110	201	284	246	2,110
Debit	80.1	62.5	113.9	169.6	27.2	13.4	7.0	4.0	3.2	26.5	141.7	143.7	792.8
Perubahan Curah Hujan													
Curah Hujan	224.8	202.2	296.1	311.4	191.7	84.2	65.3	68.0	118.8	267.3	347.6	272.1	2,450
Debit	137.6	103.5	208.0	226.9	38.9	19.3	10.0	5.5	4.0	93.5	170.3	286.2	1,304
% Perubahan Curah Hujan	114.7	111.1	126.0	111.2	107.1	107.9	110.7	113.4	108.0	133.0	122.4	110.6	116.1
% Perubahan Debit	171.8	165.6	182.6	133.8	143.0	144.0	142.9	137.5	125.0	352.8	120.2	199.2	164.5

2. Respon Hidrologis Terhadap Perubahan Suhu & Curah Hujan

Akibat penggandaan CO₂ terjadi perubahan iklim terutama suhu dan curah hujannya. Dalam penelitian ini perubahan suhu secara langsung akan berpengaruh terhadap evapotranspirasi potensial (ETP). Dengan demikian seluruh proses yang diperhitungkan berdasarkan parameter ETP ini khususnya Evapotranspirasi Aktual, Intersepsi, penumpukan biomasa dan sebagainya secara tidak langsung akan berubah. Pengaruh perubahan suhu ini relatif kecil terhadap kenaikan ETP, yang pada akhirnya pengaruh terhadap debitnya juga relatif kecil. Seperti ditunjukkan pada *Tabel lampiran 21* dan *Tabel Lampiran 25*, ringkasannya disajikan pada *Tabel 5.3*.

Tabel 5.3. Hasil Simulasi terhadap perubahan iklim (2xCO₂)

Debit	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TAHUNAN
Hasil Simulasi Awal	80.1	62.5	113.9	169.6	27.2	13.4	7.0	4.0	3.2	26.5	141.7	143.7	792.8
Saat Perubahan CH	137.6	103.5	208.0	226.9	38.9	19.3	10.0	5.5	4.0	93.5	170.3	286.2	1,304
Perubahan CH dan Suhu	134.9	101.1	205.6	224.3	38.5	19.1	9.9	5.5	4.0	92.6	172.7	277.2	1,285
Pertambahan Debit karena perubahan curah hujan	57.5	41.0	94.1	57.2	11.7	5.9	3.0	1.5	0.8	67.0	30.6	142.5	511.4
Pengurangan Debit karena perubahan suhu	2.7	2.4	2.4	2.5	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.9	0.6	9.0	19.0

D. Respon Hidrologis terhadap Perubahan Tata Guna Lahan

Perubahan tata guna lahan dalam penelitian ini mengarah pada perubahan yang sesuai dengan kaidah konservasi (Berdasarkan batasan wilayah hutan kesepakatan dan UU No. 5/1967 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok

Kehutanan). Yang termasuk kawasan konservasi adalah kawasan hutan lindung, hutan suaka, hutan wisata dan hutan produksi. Dalam Pasal 4 UU No. 5/1967 tersebut menyatakan bahwa Menteri Kehutanan mempunyai kewenangan untuk menetapkan kawasan hutan yang harus dipertahankan sebagai hutan tetap. Dengan dasar ini, untuk maksud tertentu Penulis menyarankan bahwa wilayah di Sub DAS Cikapundung yang mempunyai kemiringan lereng $> 45\%$ seyogyanya dijadikan hutan produksi terbatas dan hutan lindung, sedangkan yang berlereng $25\%-45\%$ dijadikan wilayah lahan kering atau kebun campuran (talun).

Dengan demikian diperoleh hasil-hasil yang pada dasarnya merubah proporsi nilai-nilai komponen hidrologis neraca air lainnya, sehingga dengan komposisi luas penggunaan lahan yang baru, dimana wilayah hutan berubah menjadi 30.51 km^2 , sawah 23.40 km^2 , pemukiman 31.91 km^2 , talun atau kebun campuran menjadi 13.18 km^2 dan luas badan-badan sungai sampai orde ke-2 adalah tetap seluas 1.5 km^2 , maka debit pada bulan Januari 84.5 mm (+5.5%), Februari 66.55 mm (+6.4), Maret 118.6 mm (+3.3%), April 175.2 mm (+3.3%), Mei 28.1 mm (+3.3%), Juni 13.9 mm (+3.7%), Juli 7.2 mm (+3.2%), Agustus 4.1 mm (+2.9%), September 3.2 mm (+0.0%), Oktober 29.1 mm (+9.8%), November 144.0 mm (+1.6%) dan Desember 152.9 mm (+6.4%). Secara ringkas hasil-hasil tersebut disusun dalam **Tabel 5.4** berikut ini.

Tabel 5.4. Hasil simulasi perubahan tata guna lahan terhadap respon hidrologis

Debit	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TAHUNAN
Hasil Simulasi Awal	80.1	62.5	113.9	169.6	27.2	13.4	7.0	4.0	3.2	26.5	141.7	143.7	792.8
Debit Hasil Simulasi	84.5	66.5	118.6	175.2	28.1	13.9	7.2	4.1	3.2	29.1	144.0	152.9	827.3
Selisih Debit	4.4	4.0	4.7	5.6	0.9	0.5	0.2	0.1	0.0	2.6	2.3	9.2	34.5
% perubahan	5.5	6.4	4.1	3.3	3.3	3.7	3.2	2.9	0.0	9.8	1.6	6.4	4.4

Hasil respon hidrologis yang ditunjukkan oleh parameter debit dalam hal ini memang relatif kecil pengaruhnya jika dibandingkan dengan hasil simulasi terhadap perubahan curah hujannya, yaitu hanya sebesar 1.6% sampai dengan 9.8% penambahannya. sedangkan pada saat terjadi perubahan curah hujan penambahannya mencapai 20% sampai dengan 99%, bahkan pada bulan September bertambah sekitar 253%.

E. Respon Hidrologis terhadap Perubahan Iklim dan Tata Guna Lahannya.

Berdasarkan *Tabel Lampiran 26*, hasil-hasil simulasi terhadap kombinasi keadaan saat terjadi penggandaan CO₂ (estimasi untuk tahun 2025) dan perubahan tata guna lahannya, menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap perubahan produksi air.

Tabel 5.5 di bawah ini menyajikan hasil-hasil simulasi untuk berbagai keadaan yang disimulasikan dikaitkan dengan hasil debitnya.

Tabel 5.5. Hasil Simulasi perubahan iklim dan tata guna lahan

Debit Sungai	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TAHUNAN
Hasil Simulasi Awal	80.1	62.5	113.9	169.6	27.2	13.4	7.0	4.0	3.2	26.5	141.7	143.7	792.8
Perubahan Iklim 2xCO2	134.9	101.1	205.6	224.3	38.5	19.1	9.9	5.5	4.0	92.6	172.7	277.2	1,285
Perubahan Tataguna lahan	84.5	66.5	118.6	175.2	28.1	13.9	7.2	4.1	3.2	29.1	144.0	152.9	827.3
Perubahan Iklim dan Tataguna lahan	140.3	105.7	211.5	230.6	39.6	19.6	10.2	5.6	4.1	95.4	172.5	291.4	1,326
% perubahan	175.2	169.1	185.7	136.0	145.6	146.3	145.7	140.0	128.1	360.0	121.7	202.8	167.3

Perubahan iklim dan tata guna lahan secara simultan besar pengaruhnya terhadap peningkatan debit sungai Cikapundung. Persentase perubahan bervariasi setiap bulannya, tertinggi terjadi pada bulan Oktober yang mencapai 360.0 % dari curah hujan sekarang ini dan terendah terjadi pada bulan November, sebesar 121.7 %. Sedangkan pengaruhnya terhadap besarnya debit tahunan 167.3 %.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Model hidrologi yang dirumuskan menghasilkan debit simulasi yang relatif sama dengan debit hasil pengukuran, kecuali untuk bulan kering (Juni-September).
2. Perubahan curah hujan besar pengaruhnya terhadap perubahan debit sungai, sedangkan perubahan suhu tidak terlalu besar pengaruhnya terhadap debit sungai.
3. Perubahan tata guna lahan sesuai tujuan konservasi tidak terlalu berpengaruh terhadap produksi air, karena memang di Sub DAS Cikapundung tataguna lahannya sudah cukup baik.
4. Secara simultan perubahan iklim dan tata guna lahan besar pengaruhnya terhadap peningkatan debit sungai.

B. Saran

1. Untuk wilayah-wilayah yang tidak mempunyai alat pengukur debit (*ungauged*) disarankan untuk menggunakan model yang dibuat ini, dengan catatan bahwa luas wilayah yang dianggap kawasan DAS/Sub DAS harus jelas.
2. Untuk merumuskan kebijakan pengelolaan DAS, khususnya dalam menentukan pola tata guna lahan yang ideal bagi konservasi air, maka model ini berguna.
3. Penelitian ini perlu dilanjutkan sampai diperoleh model yang menduga mampu menduga debit secara baik untuk bulan-bulan kering (Juni-September).

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous. 1982. Prediksi Debit Sungai Berdasarkan Curah Hujan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.

Anonymous. 1979. Report on Collaborative Project with IPB, Bogor to Measure the Evaporation Loss from Tropical Rain Forest. Bogor.

Anonymous, 1979. Klimatologi Pertanian Dasar. Bagian Klimatologi Pertanian. Departemen Ilmu-ilmu Pengetahuan Alam. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

An Advisory Panel. 1970. Estimating Evapotranspiration. An Evaluation Techniques. Hydrological Series No. 5. Australian Water Resources Council by the Department of National Development.

Arsyad, S. 1979. Pengawetan Tanah dan Air. Departemen Ilmu-ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Arsyad, S., A. Priyanto, dan L.I. Nasution. 1985. Pengembangan Daerah Aliran Sungai. Lokakarya Pengembangan Program Studi "Pengembangan DAS". Fakultas Pasca Sarjana. IPB. Bogor.

Barry, R.G. 1969. Evaporation and Transpiration. Departement of Geography, University of Colorado in Chorley, R.S. (ed) Water, Earth and Man. London.

Bakker, F.F. 1950. Principles of Silviculture. McGraw Hill Book Company, Inc., New York. p:79-150

Bolni, B. et al. 1978. The Global Carbon Cycle. in William, J. (ed) Carbon Dioxide, Climate and Society. International Institute for Applied Analysis. Oxford.

Braak, C. 1929. The Climate of the Netherlands Indies. Verhandellingen No. 8. Royal Magnetical and Meteorological Observatory. Jakarta.

Bruijzeel, L.A. 1990. Hydrology of Moist Tropical Forest and Effects of Conversion: A State of Knowledge Review. Faculty of Earth Sciences Free University. Netherlands.

- Gunawan, T. 1985. Studi Karakteristik Hidrologi, Daerah Aliran Sungai Cikapundung, Jawa Barat Dengan Bantuan Teknik Penginderaan Jauh. Fakultas Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Haan, C.T. 1977. Statistical Methods in Hydrology. The Iowa State University Press, Ames. Iowa.
- Hillel, Daniel. 1972. Soil and Water Physical Principles and Processes Academic Press. New York.
- Jefferey, W.W. 1964. Vegetation, Water and Climate. Departement of Forestry. Canada.
- Kittredge, Jr. J. 1948. Forest Influences. McGraw Hill Book Company, Inc., New York. 394 pp.
- Linsley, R.K., M.A. Kohler, and J.L.H. Paulhus. 1980. Applied Hydrology. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd. New Delhi.
- 1982.
Hydrology for Engineers. 3 rd ed. International Student Edition. McGraw-Hill International Book Company. Auckland.
- List, R.J. 1958. Smithsonian Meteorological Tables. Smithsonian Publicator 4041, Section X-XI.
- Lull, H.W. 1964. Ecological and Silvicultural Aspects *in* V.T. Chow, *ed.* Handbook of Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Manan, M.E., R.E. Chambers, W. Sukardi, D. Murdiyarso, dan I. Santoso. 1980. Klimatologi Pertanian Dasar. Bagian Klimatologi Pertanian. Departemen Ilmu-ilmu Pengetahuan Alam. Faperta. IPB. Bogor.
- Manan, S. 1976. Pengaruh Hutan dan Manajemen Daerah Aliran Sungai. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Manetsch, T.J. and G.L. Park. 1976. System Analysis and Simulation with Application in Economic and Social Sciences Part I. Departement of Electrical Engineering and System Science, Michigan State University East Laming, Michigan.
- Mc Illory, I. C., FX. Dunin. 1982. Forest Evaporation Technique Comparison Experiment. The First Symposium on Forest Hydrology. Melbourne.

- Milne, R., J.D. Deans, E.D. Ford and P.G. Jarvis, J. Leverenz, D. Whitehead. 1985. A Comparison of Methods of Estimating Transpiration Rates from Sitka Spruce Plantation. *Boundary Layer-Meteorology*. D. Reidel Publishing Company. Scotland.
- Mock, C.J. 1973. Land Capability Appraisal Indonesia. Water Availability Appraisal. Report prepared for the Land Capability Appraisal Project. AGL. SF/INS/72/110 No. 1 FAO U.N. Bogor.
- Monteith, J. L. 1980. The Development and Extension of Penman's Evaporation Formula in Hillel, D. (ed) *Application of Soil Physics*. Academic Press. New York.
- Mulyana, N. 1990. Model Simulasi Untuk Perencanaan Penggunaan Lahan di Sub Daerah Aliran Sungai Cimanuk Hulu, Daerah Tangkapan Waduk Jatigede. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Murdiyarso. 1979. Perhitungan dan Model Neraca Air Daerah Aliran Sungai Solo Hulu. Tesis, Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- _____,. 1986. The Application of Evaporations Models for Predicting Regional Water Budget. Department of Geophysics and Meteorology. IPB. Bogor.
- _____,. 1988. Efek Perubahan Liputan Hutan Terhadap Produksi Air di daerah Semi Arid Tropik. Prosiding. Meningkatkan Prakiraan dan Pemanfaatan Iklim untuk mendukung Pengembangan Pertanian Tahun 2.000. Perhimp. Bogor.
- _____,. 1991. Policy Response on Water Resources Management. Resulting from Double CO₂ Climate. Departement of Geophysics and Meteorology, Bogor Agricultural University. Bogor. (Un published).
- Murdiyarso, D. and , M.E. Manan. 1980. Water Balance Computation on Latosol Soil of the Dumpul Sub Watershed. Agrometeorology Division, Dept. of Natural Sciences. Bogor Agricultural University. Bogor.
- Mustari, K. 1985. Model dan Simulasi Untuk Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Bila Walanae Propinsi Sulawesi Selatan (Studi Kasus di Sub DAS Walanae bagian Hulu). Disertasi, Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor.

- Steel, R.G.D. and J.N. Torrie. 1981. Principles and Procedures of Statistics. second Edition. International Student Edition. McGraw Hill Book Company. USA.
- Stewart, J.B. 1982. Measurement and Prediction of Evapotranspiration from Forested and Agricultural Catchments. Institute of Hydrology, Crowmarsh Gifford, Wallingword, Oxon, Oxlo 8 BB. United Kingdom.
- Sokolov, A.A. and T.G. Chapman. 1974. Methods of Water Balance Computations, An International Guide for Research and Practice. Studies and Reports in Hydrology. Unesco. Paris.
- Thom, A.S. and H.R. Oliver. 1977. On Penman's Equation for Estimating Regional Evaporation. J. R. Met. Soc. vol 103, No. 436. April 1977. pp 345-357.
- Thorntwaite, C. W. and J. R. Mather. 1957. Instruction and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and Water Balance. Publication in Climatology, Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology.
- Veihmeyer, 1964. Evapotranspiration. *in* V.T. Chow. 1964. Ed. Handbook of Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Viessman, Jr., W.J.W. Kanpp, G.L. Lewis, and T.E. Harbaugh. 1977. Introduction to Hydrology. EIP-Dun. Donnelly Harper and Row Publisher. New York.
- Walters, C.J. 1974. An Interdisciplinary approach to development of watershed Simulation Models. dalam: Technological Forecasting and Social Change 6, halaman 299-324. University of British Columbia. Vancouver.
- Ward, R.S. 1974. Principles of Hydrology. Second Edition. McGraw Hill Book Co. Ltd. London.
- Watts, K.F. 1968. Ecology and Resource Management. McGrawHill Book Company, Limited. New York.
- Wanggai, F. 1975. Kemungkinan Penggunaan Analisa Sistem dalam Penelitian Hidrologi Daerah Aliran Sungai Citanduy. Tesis. Sarjana Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 68 pp.
- Whittaker, R.H. 1970. Communities and Ecosystems. McMillan, New York. 162 pp.



- Wiersum, K.F. 1979. Introduction to Principles of Forest Hydrology and Erosion. With Special Reference to Indonesia. Institute of Ecology Padjadjaran University. Bandung. 76 pp.
- Williams, C.N. and K.T. Joseph. 1973. Climate, Soil and Crop Production in the Humid Tropic. Reised Edition. Oxford University Press. Kuala Lumpur, Singapore. 169 pp.
- William, J. 1978. Introduction to the Climate/Environment Aspect of CO₂ (A pessimistic View) *in* William, J. Carbon Dioxide, Climate and Society. International Institute for Applied Analysis. Oxford.
- Wilson, C.L. and W.E. Loomis. 1967. Botany. Third Edition. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, Chicago, San Francisco, Toronto, London. pp: 74-98.
- Wright, I.R. 1977. Net Rainfall Below the Forest Canopy. Plynlimon Throughfall and Streamflow Gauges. *in* Anonymous. Selected Measurement Techniques Uses at Plynlimon Experimental Catchment. Wallingword. Oxon, Inst. of Hydr. Report No. 43 pp: 11-27.



Tabel Lampiran 1

Stasiun : Lembang
 Sub DAS : Cikapundung
 Daerah Aliran Sungai: Citarum
 Letak Geografis : 60 48' LS ; 107o 37' BI
 Tahun Pengamatan: 1971 s/d 1982

TAHUN	CURAH HUJAN BULANAN (mm)												TAHUNAN
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	
1971	290	214	175	284	162	72	78	45	4	433	424	435	2616
1972	305	188	315	175	132	-	15	19	4	40	303	241	-
1973	177	459	223	313	331	115	88	79	202	132	242	294	2655
1974	108	186	99	544	182	31	64	114	165	416	221	181	2311
1975	376	230	215	286	214	106	66	22	166	430	401	180	2692
1976	258	116	205	327	101	58	1	147	9	201	368	196	1987
1977	163	237	214	184	170	109	-	2	29	7	149	125	-
1978	206	63	239	69	125	129	82	116	178	134	279	337	1957
1979	50	169	103	377	187	14	40	21	51	53	136	162	1363
1980	-	-	248	165	68	38	-	62	73	216	367	237	-
1981	104	31	360	305	120	-	-	-	-	-	-	163	-
1982	-	-	-	-	-	50	52	22	28	107	46	498	-
RATA-RATA:	204	189	218	275	163	72	54	59	83	197	267	254	2035



Tabel Lampiran 2

ANALISIS CURAH HUJAH BULANAN

Stasiun : Pakar, Dago
 Sub DAS : Cikapundung
 Daerah Aliran Sungai : Citarum
 Letak Geografis : 6° 52' 15" ; 107° 37' 01"
 Tahun Pengamatan: 1971 s/d 1988
 Tinggi Tempat : 770 m dpl.

CURAH HUJAH BULANAN (mm)

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TAHUN
1971	116	222	124	244	99	126	32	4	32	359	282	463	2103
1972	258	272	282	295	121	1	8	33	0	28	402	207	1907
1973	276	341	292	298	384	89	44	58	97	117	283	299	2578
1974	71	154	83	476	196	25	99	122	190	258	291	-	-
1975	293	165	207	213	174	100	41	6	154	320	444	198	2315
1976	124	57	154	284	194	39	2	57	5	150	330	271	-
1977	221	243	234	163	197	170	8	0	44	8	250	267	1805
1978	253	109	269	140	181	135	92	78	134	138	250	265	2044
1979	129	139	148	567	244	24	7	102	278	230	173	491	2532
1980	-	-	276	194	66	115	-	33	119	221	337	233	-
1981	26	66	436	292	146	47	130	-	-	-	-	156	-
1982	166	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	-	-	-	-	-	44	33	76	218	154	212	167	-
1985	385	291	194	274	-	-	-	-	-	314	-	-	-
RATA-RATA:	193	175	225	287	182	76	45	52	116	191	296	251	2009

Tabel Lampiran 3
Geofisika untuk IPB University
ANALISIS CURAH HUJAN BULANAN

Stasiun : Geofisika Bandung
Sub DAS : Cikapundung
Daerah Aliran Sungai: Citarum
Letak Geografis : 65 55' LS ; 107o 36' BT
Tahun Pengamatan : 1971 s/d 1988

TAHUN	CURAH HUJAN BULANAN (mm)												
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TAMBAHAN
1971		198	134	224	126	67	77	24	34	261	363	359	1370
1972	415	219	231	252	107	4	18	47	9	64	273	328	1017
1973	190	363	246	242	416	105	51	103	118	141	142	255	2372
1974	90	126	92	404	278	51	148	97	165	369	271	183	2274
1975	200	200	228	264	297	99	31	25	167	299	295	147	2252
1976	147	73	102	313	123	20	31	106	25	220	430	289	1879
1977	211	269	274	257	194	114	5	25	74	1	271	290	1975
1978	202	119	321	253	191	150	130	92	149	163	238	147	2155
1979	147	211	195	469	168	47	4	100	275	300	423	113	2159
1980	119	58	393	274	109	86	119	65	135	287	443	276	2364
1981	96	75	417	274	125	140	99	30	291	163	105	-	-
1982	182	80	230	355	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	333	322	218	291	390	88	69	13	5	318	299	258	2601
1984	206	193	296	179	22	38	113	274	242	157	157	-	-
1985	275	212	186	271	271	147	166	12	165	143	290	-	-
1986	212	195	454	296	127	161	131	92	226	337	283	286	2801
1987	-	-	360	-	132	102	-	11	27	-	323	263	-
1988	38	161	346	120	207	64	-	-	-	-	-	64	-
RATA-RATA:	191	181	262	279	193	87	79	70	132	215	288	232	2210

Tabel Lampiran 4

**ANALISIS CURAH HUJAN RATA-RATA ARITMATIK
DARI BEBERAPA STASIUN**

Sub DAS : Cilapundang
Daerah Aliran Sungai: Citarum

STASIUN	CURAH HUJAN BULANAN (mm)												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	TAHUNAN
Lembang	204	189	210	275	163	72	54	59	83	197	267	254	2035
Pakar, Dago	192	175	225	287	182	76	45	52	116	191	296	251	2989
Geofisita	191	181	242	279	193	87	79	70	132	215	288	232	2299
RATA-RATA:	196	182	235	280	179	78	59	60	110	201	284	246	2111

Halaman ini merupakan bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi bagian administrasi IPB University.



Tabel Lampiran 5

ANALISIS SUHU RATA-RATA BULANAN

Stasiun : Geofisika Bandung
 Sub DAS : Cikapundung
 D A S : Citarum
 Letak Geografis : 60 55' LS ; 107o 36' BT
 Tahun Pengamatan: 1971 s/d 1988
 Tinggi Tempat : 791 m dpl.

SUHU RATA-RATA BULANAN (o C)

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TAHUNAN
1971	-	23.1	23.2	22.8	23.2	22.7	22.2	22.7	23.2	22.6	22.2	22.3	22.7
1972	21.7	22.1	22.7	23.0	23.1	23.2	22.2	23.2	23.2	23.9	23.3	23.0	22.9
1973	22.7	22.4	22.6	22.8	22.3	22.6	21.4	22.2	22.5	22.3	23.0	22.3	22.4
1974	21.5	22.1	22.5	22.2	22.5	22.5	22.0	22.4	22.2	22.4	22.6	22.9	22.3
1975	23.0	22.6	22.4	22.6	22.7	22.2	22.5	22.7	23.1	22.6	22.4	22.6	22.6
1976	21.8	22.5	23.0	22.5	22.6	22.1	21.8	22.5	23.4	23.3	22.9	23.4	22.7
1977	22.6	22.3	22.7	23.2	23.4	22.5	22.1	22.4	22.9	24.4	23.5	23.5	23.0
1978	22.9	23.6	23.0	23.3	23.7	22.7	22.1	22.4	22.2	22.5	22.7	22.2	22.8
1979	23.0	22.7	22.8	22.9	23.0	22.6	22.5	22.6	23.0	-	23.2	22.5	22.8
1980	22.7	23.1	22.7	23.1	23.4	22.9	22.6	22.2	23.1	22.9	22.5	22.5	22.8
1981	22.0	22.9	22.3	22.6	23.0	22.9	22.4	-	23.1	23.0	22.8	23.4	22.8
1982	22.3	23.1	22.8	22.6	-	-	-	-	-	-	-	-	22.7
1983	22.9	22.9	22.8	23.3	23.1	23.4	22.6	21.5	23.6	22.7	22.8	23.0	22.9
1984	22.3	22.5	-	23.0	22.7	22.5	22.5	22.6	21.7	22.9	22.9	22.7	22.6
1985	22.3	22.7	23.3	23.1	23.1	22.7	22.0	22.3	23.5	-	23.4	23.1	22.9
1986	22.7	22.7	22.5	23.7	23.1	22.8	22.1	22.0	22.3	22.9	20.0	20.6	22.3
1987	23.0	-	23.0	-	23.4	23.2	-	22.6	23.6	-	23.6	23.2	23.2
1988	23.6	23.3	22.9	23.7	20.0	-	-	-	-	-	-	23.3	22.8
RATA-RATA:	22.5	22.7	22.8	23.0	22.8	22.7	22.2	22.4	22.9	23.0	22.7	22.7	22.7

ANALISIS KELEMBABAN NISBI (%) RATA-RATA BULANAN

Tabel Lampiran 6

Stasiun : Geofisika Bandung
Sub DAS : Cikapundung
Daerah Aliran Sungai: Citarum
Letak Geografis : 60 55' LS ; 107o 36' BT
Tahun Pengamatan : 1971 s/d 1988

KELEMBABAN NISBI RATA-RATA BULANAN (%)

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TAHUNAN
1971	-	86	83	84	83	80	81	69	69	79	81	82	80
1972	82	81	83	80	84	72	69	70	61	63	74	83	75
1973	83	87	85	86	87	82	80	79	78	78	79	82	82
1974	83	83	80	83	81	75	79	78	80	84	82	83	81
1975	82	83	81	83	82	74	76	76	79	85	83	78	80
1976	85	80	80	81	79	75	70	73	66	77	81	79	77
1977	83	84	83	80	77	81	68	68	68	64	77	81	76
1978	83	79	85	80	82	83	80	75	78	78	77	85	80
1979	82	81	86	81	74	70	73	75	-	-	80	83	71
1980	81	76	80	81	76	76	75	73	73	82	84	82	78
1981	81	77	84	83	80	79	79	-	74	74	82	78	79
1982	83	79	80	84	-	-	-	-	-	-	-	-	81
1983	83	85	83	83	84	73	71	59	65	75	84	78	77
1984	84	82	-	84	84	78	78	76	83	76	82	80	81
1985	84	83	80	82	81	80	81	73	76	-	79	79	80
1986	84	80	82	84	79	81	78	76	81	82	86	84	89
1987	82	-	84	-	80	79	-	73	-	73	82	84	80
1988	84	81	86	81	88	-	-	-	-	-	-	77	83
RATA-RATA:	83	82	83	82	81	77	76	73	74	76	81	81	79

ANALISIS PENYINARAN MATAHARI (%) RATA-RATA BULANAN

Tabel Lampiran 7

Stasiun : Geofisika Bandung
 Sub DAS : Cikapundung
 Daerah Aliran Sungai : Citarum
 Letak Geografis : 6o 55' LS ; 107o 36' BT
 Tahun Pengamatan : 1971 s/d 1988

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TAHUNAN
1971	-	6.2	6.4	8.6	7.9	8.2	9.1	9.7	8.0	6.6	6.4	7.1	7.7
1972	5.8	7.7	6.7	8.2	7.8	10.3	10.8	9.7	10.1	9.1	7.2	7.0	8.4
1973	6.1	5.5	5.8	7.1	6.5	7.2	8.2	8.2	6.5	7.3	5.8	4.1	6.5
1974	4.1	5.2	8.0	7.6	6.7	8.3	7.7	7.3	8.7	4.6	4.6	6.2	6.4
1975	5.6	3.6	5.2	6.0	6.5	8.9	7.3	7.8	5.4	4.1	4.9	5.0	5.9
1976	3.5	7.8	6.1	6.8	9.1	9.2	10.2	9.5	9.6	6.5	5.9	6.7	7.6
1977	5.3	3.7	6.0	7.3	7.9	6.6	10.1	10.1	9.5	8.5	6.7	6.6	7.4
1978	5.0	7.8	4.6	7.3	6.5	4.9	6.6	8.3	6.4	6.8	6.2	5.2	6.3
1979	6.2	5.8	4.8	7.0	6.8	7.8	9.1	8.0	7.0	-	5.4	4.9	6.6
1980	4.7	7.1	8.0	6.6	7.9	8.5	8.4	8.9	7.2	6.5	4.8	4.9	7.0
1981	4.7	6.7	5.6	6.2	7.1	7.1	7.3	-	6.2	6.8	5.3	6.1	6.3
1982	4.6	7.6	6.8	6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	6.3
1983	4.8	5.4	6.4	6.1	5.4	9.5	9.7	9.7	7.7	6.7	4.7	7.0	6.9
1984	4.8	5.5	-	6.4	6.0	7.6	6.6	3.5	5.4	6.2	6.4	5.8	5.8
1985	6.7	6.2	7.6	6.8	7.0	7.8	7.8	9.0	7.8	-	7.0	7.2	7.4
1986	4.3	6.5	3.1	3.1	1.6	1.3	1.8	7.7	5.6	6.8	4.7	6.0	4.4
1987	4.9	-	3.1	-	8.3	7.9	-	10.2	8.6	6.2	-	5.2	6.8
1988	5.8	7.0	5.4	8.2	5.2	7.6	-	-	-	-	-	-	6.5
RAJA-RATA:	5.1	6.2	5.9	6.8	6.7	8.0	8.0	8.5	7.4	7.1	5.4	5.6	6.7



Tabel Lampiran 8

ANALISIS KECEPATAN ANGIN RATA-RATA BULANAN

Stasiun : Geofisika Bandung
 Sub DAS : Cikapundung
 Daerah Aliran Sungai: Citarum
 Letak Geografis : 60 55' LS ; 107o 36' BT
 Tahun Pengamatan: 1979 s/d 1988

TAHUN	KECEPATAN ANGIN BULANAN (Km/hari)												
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TAHUNAN
1979	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	48	48
1980	96	72	48	48	48	48	48	72	48	48	48	48	61
1981	96	96	48	48	48	48	48	-	72	72	48	72	63
1982	96	96	72	48	-	-	-	-	-	-	-	-	78
1983	48	48	48	48	24	48	72	48	72	72	72	72	56
1984	72	72	-	48	48	72	48	72	72	72	48	48	61
1985	48	48	48	48	48	48	48	48	48	-	48	48	48
1986	72	48	48	24	48	48	48	72	48	48	-	-	50
1987	72	-	48	-	48	48	-	48	72	48	48	48	54
1988	48	48	24	48	-	-	-	-	-	-	-	48	54
RATA-RATA:	72	66	48	45	45	51	52	60	62	62	51	54	56

Tabel Lampiran 9

ANALISIS DEBIT RATA-RATA BULANAN

Stasiun Pencatat: Cikapundung-Gandok
 Sub DAS : Cikapundung
 Daerah Aliran Sungai: Citarum
 Letak Geografis : 60 55' LS ; 107o 36' BT
 Tahun Pengamatan: 1966 s/d 1983
 Tinggi Tempat : 747 m dpl.

TAHUN	DEBIT RATA-RATA BULANAN (m ³ /detik)												RATA-RATA TAHUNAN
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	
1965	159.7	178.3	121.8	109.9	41.7	21.0	16.7	9.6	9.2	9.0	17.7	76.1	64.22
1966	132.7	85.3	248.1	83.4	68.2	57.5	27.3	11.9	10.0	37.1	62.9	144.3	80.73
1967	89.4	61.3	40.9	136.6	54.4	20.3	15.7	19.1	12.3	26.3	52.4	114.1	53.55
1968	58.4	27.3	79.1	61.1	73.5	79.8	52.3	50.9	34.1	17.0	99.1	89.7	60.19
1969	114.3	134.7	101.3	105.2	50.4	57.5	27.3	20.7	31.6	36.6	77.8	72.4	69.16
1970	102.9	77.4	191.0	177.1	158.4	93.4	42.2	96.3	109.4	73.0	112.2	78.5	109.32
1971	89.9	69.2	67.7	83.7	45.9	48.5	37.9	28.4	28.5	61.8	97.0	179.1	69.81
1972	136.1	102.3	128.7	103.7	102.1	50.6	36.9	31.8	25.9	33.2	75.0	72.7	74.91
1973	77.5	120.5	113.8	127.1	160.0	101.9	73.2	60.0	61.1	60.0	80.6	100.0	94.63
1974	54.4	61.8	47.8	110.4	84.9	46.7	48.5	48.0	50.8	106.1	122.7	109.8	74.33
1975	161.3	140.2	127.9	152.2	130.0	115.8	83.3	56.2	66.7	146.4	181.5	118.3	123.32
1976	106.4	69.0	64.7	92.4	62.3	39.3	29.2	28.4	29.3	47.0	95.2	113.5	64.73
1977	90.2	118.6	114.6	122.4	104.5	98.3	60.2	41.4	38.0	28.4	44.9	65.0	77.22
1978	84.1	41.5	117.0	69.1	70.8	88.3	91.0	73.5	92.4	107.7	146.8	213.3	99.62
1979	110.9	106.9	105.9	159.2	171.1	123.7	82.8	75.3	62.4	65.5	72.1	103.2	103.25
1980	69.2	51.5	73.2	76.0	83.0	55.2	43.2	68.2	83.2	110.6	181.7	177.8	89.41
1981	96.0	67.6	119.1	117.3	122.6	90.4	99.2	80.4	62.9	69.5	93.4	81.7	91.68
1982	116.5	75.0	81.4	131.9	74.8	52.9	34.2	29.2	36.5	33.2	35.4	81.2	65.18
1983	64.7	116.2	130.3	138.6	134.2	87.3	68.2	43.2	29.3	53.1	106.3	96.6	88.99
RATA-RATA:	100.8	89.7	109.2	113.5	94.4	69.9	51.0	45.9	46.0	59.0	92.4	109.9	81.80

Tabel Lampiran 10

**EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL DI WILAYAH HUTAN
SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM (mm)**

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN											
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1. Data Dasar:													
a. Suhu Udara (t).....oC		22,5	22,7	22,8	23,0	22,8	22,7	22,2	22,4	22,9	23,0	22,7	22,7
b. Kelembaban Udara (RH).....%		83	82	82	82	83	77	76	77	74	76	80	81
c. Kecepatan Angin (U).....km/hari		84,00	72,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	60,00	72,00	60,00	48,00	48,00
d. Lama Penyinaran (n).....(jam)		5,11	6,19	5,86	6,79	6,71	8,04	8,05	8,51	7,36	7,14	5,36	5,58
e. Deklinasi Matahari (DK).....o		(22,70)	(21,90)	(20,90)	(19,20)	(17,30)	(14,90)	(12,90)	(10,80)	(8,00)	(4,80)	(2,40)	(0,02)
f. Vektor Radius (VR).....-		0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02	1,01	1,01	1,00	0,99	0,98
2. Komponen Radiasi:													
a. Radiasi Terestrial (Ra).....mm/hari		14,15	14,28	14,56	14,87	15,18	15,40	15,43	15,35	15,13	14,81	14,50	14,15
b. Panjang Hari Maksimum (N).....jam		12,36	12,35	12,33	12,30	12,27	12,23	12,20	12,17	12,12	12,07	12,04	12,00
c. Albedo di Wilayah Hutan	-	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
d. Radiasi Gel. Pendek (RnS).....mm		6,42	7,11	7,06	7,78	7,90	8,87	8,91	9,17	8,34	8,04	6,81	6,79
e. Radiasi Benda Hitam (T4).....mm		0,63	0,63	0,63	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,63	0,63
f. Radiasi Gel. Panjang (RnL).....mm		1,37	1,60	1,53	1,71	1,69	2,13	2,20	2,27	2,04	1,95	1,49	1,52
g. Radiasi Netto (R=RnS-RnL).....mm		5,05	5,51	5,53	6,07	6,21	6,74	6,71	6,90	6,29	6,09	5,32	5,26
3. Komponen Aerodinamik:													
a. Tekanan Uap Jenuh (es).....mb		26,23	26,56	26,72	27,04	26,72	26,56	25,76	26,08	26,88	27,04	26,56	26,56
b. Tekanan Uap Aktual (ea).....mb		21,77	21,78	21,91	22,18	22,18	20,45	19,58	20,08	19,89	20,55	21,24	21,51
c. (es - ea).....mb		4,46	4,78	4,81	4,87	4,54	6,11	6,18	6,00	6,99	6,49	5,31	5,05
d. = des/dt.....mb/oC		1,57	1,59	1,60	1,62	1,60	1,59	1,54	1,56	1,61	1,62	1,59	1,59
e. Faktor Pembobot (W).....-		0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71
f. Fungsi Kecepatan Angin f(U).....-		0,50	0,46	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,43	0,46	0,43	0,40	0,40
g. A = (1-W) x (es-ea) x f(U).....mm		0,65	0,65	0,56	0,56	0,53	0,72	0,74	0,77	0,94	0,81	0,62	0,59
4. Evapotranspirasi Potensial													
Harian Baku													
(ETPH = (W x R) + A).....mm/hari		4,22	4,54	4,48	4,88	4,93	5,48	5,44	5,62	5,41	5,14	4,38	4,31
5. Faktor Koreksi Peman:													
a. Jumlah Hari (JH).....hari		31,94	28,82	31,86	30,76	31,70	30,58	31,52	31,43	30,31	31,19	30,09	31,00
b. Faktor Koreksi (FC).....-		1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00
6. Evapotranspirasi Potensial													
Bulanan (ETPB = ETPH x JH x FC).....mm													
		138,73	134,79	146,67	153,84	159,78	170,82	174,23	179,04	165,54	161,37	132,33	133,64

Tabel Lampiran 11

EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL DI WILAYAH SAWAH
SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM (mm)

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN											
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1. Data Dasar:													
a. Suhu Udara (t)..... $^{\circ}\text{C}$		22,5	22,7	22,8	23,0	22,8	22,7	22,2	22,4	22,9	23,0	22,7	22,7
b. Kelembaban Udara (RH).....%		83	82	82	82	83	77	76	77	74	76	80	81
c. Kecepatan Angin (U)..... km/hari		84,00	72,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	60,00	72,00	60,00	48,00	48,00
d. Lama Penyinaran (n).....(jam)		5,11	6,19	5,86	6,79	6,71	8,04	8,05	8,51	7,36	7,14	5,36	5,58
e. Deklinasi Matahari (DK)..... $^{\circ}$		(22,70)	(21,90)	(20,90)	(19,20)	(17,30)	(14,90)	(12,90)	(10,80)	(8,00)	(4,80)	(2,40)	(0,08)
f. Vektor Radius (VR).....-		0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02	1,01	1,01	1,00	0,99	0,98
2. Komponen Radiasi:													
a. Radiasi Terestrial (Ra)..... mJ/hari		14,15	14,28	14,56	14,87	15,18	15,40	15,43	15,35	15,13	14,81	14,50	14,15
b. Panjang Hari Maksimum (N).....jam		12,36	12,35	12,33	12,30	12,27	12,23	12,20	12,17	12,12	12,07	12,04	12,00
c. Albedo di Wilayah Sawah -		0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
d. Radiasi Gel. Pendek (RnS)..... mJ		5,82	6,44	6,40	7,05	7,16	8,04	8,07	8,31	7,55	7,28	6,17	6,15
e. Radiasi Benda Hitam (T4)..... mJ		0,63	0,63	0,63	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,63	0,63
f. Radiasi Gel.Panjang (RnL)..... mJ		1,37	1,60	1,53	1,71	1,69	2,13	2,20	2,27	2,04	1,95	1,49	1,52
g. Radiasi Netto (R=RnS-RnL)..... mJ		4,45	4,84	4,87	5,34	5,47	5,91	5,87	6,03	5,51	5,34	4,66	4,62
3. Komponen Aerodinamik:													
a. Tekanan Uap Jenuh (es)..... mb		26,23	26,56	26,72	27,04	26,72	26,56	25,76	26,08	26,88	27,04	26,56	26,56
b. Tekanan Uap Aktual (ea)..... mb		21,77	21,78	21,91	22,18	22,18	20,45	19,58	20,08	19,87	20,55	21,24	21,51
c. (es - ea)..... mb		4,46	4,78	4,81	4,87	4,54	6,11	6,18	6,00	6,99	6,49	5,31	5,05
d. = des/dt $\text{mb}/^{\circ}\text{C}$		1,57	1,59	1,60	1,62	1,60	1,59	1,54	1,56	1,61	1,62	1,59	1,59
e. Faktor Pembobot (W).....-		0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71
f. Fungsi Kecepatan Angin f(U).....-		0,50	0,46	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,43	0,46	0,43	0,40	0,40
g. $A = (1-W) \times (es-ea) \times f(U)$ mm		0,65	0,65	0,56	0,56	0,53	0,72	0,74	0,77	0,94	0,81	0,62	0,59
4. Evapotranspirasi Potensial													
Harian Baku (ETPH = (W x R) + A)..... mJ/hari		3,79	4,07	4,01	4,36	4,40	4,89	4,85	5,01	4,85	4,60	3,93	3,86
5. Faktor Koreksi Penean:													
a. Jumlah Hari (JH).....hari		31,94	28,82	31,86	30,76	31,70	30,58	31,52	31,43	30,31	31,19	30,09	31,00
b. Faktor Koreksi (FC).....-		1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00
6. Evapotranspirasi Potensial													
Bulanan (ETPB = ETPH x JH x FC)..... mm		124,71	120,76	131,26	137,42	142,70	152,42	155,41	159,70	148,50	144,50	118,65	119,64

Tabel Lampiran 12

**EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL DI WILAYAH PEMUKIMAN
SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM (mm)**

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN											
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1. Data Dasar:													
a. Suhu Udara (t).....oC		22,5	22,7	22,8	23,0	22,8	22,7	22,2	22,4	22,9	23,0	22,7	22,7
b. Kelembaban Udara (RH).....%		83	82	82	82	83	77	76	77	74	76	80	81
c. Kecepatan Angin (U).....km/hari		84,00	72,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	60,00	72,00	60,00	48,00	48,00
d. Lama Penyinaran (n).....(jam)		5,11	6,19	5,86	6,79	6,71	8,04	8,05	8,51	7,36	7,14	5,36	5,58
e. Deklinasi Matahari (DK).....o		(22,70)	(21,90)	(20,90)	(19,20)	(17,30)	(14,90)	(12,90)	(10,80)	(8,00)	(4,80)	(2,40)	(0,08)
f. Vektor Radius (VR).....-		0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02	1,01	1,01	1,00	0,99	0,98
2. Komponen Radiasi:													
a. Radiasi Terrestrial (Ra).....mm/hari		14,15	14,28	14,56	14,87	15,18	15,40	15,43	15,35	15,13	14,81	14,50	14,15
b. Panjang Hari Maksimum (N).....jam		12,36	12,35	12,33	12,30	12,27	12,23	12,20	12,17	12,12	12,07	12,04	12,00
c. Albedo di Wilayah Pemukiman -		0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
d. Radiasi Gel. Pendek (RnS).....mm		6,27	6,94	6,89	7,60	7,72	8,66	8,70	8,95	8,14	7,85	6,65	6,63
e. Radiasi Benda Hitam (T4).....mm		0,63	0,63	0,63	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,63	0,63
f. Radiasi Gel.Panjang (RnL).....mm		1,37	1,60	1,53	1,71	1,69	2,13	2,20	2,27	2,04	1,95	1,49	1,52
g. Radiasi Netto (R=RnS-RnL).....mm		4,90	5,34	5,37	5,89	6,03	6,53	6,50	6,68	6,10	5,91	5,16	5,10
3. Komponen Aerodinamik:													
a. Tekanan Uap Jenuh (es).....mb		26,23	26,56	26,72	27,04	26,72	26,56	25,76	26,08	26,88	27,04	26,56	26,56
b. Tekanan Uap Aktual (ea).....mb		21,77	21,78	21,91	22,18	22,18	20,45	19,58	20,08	19,89	20,55	21,24	21,51
c. (es - ea).....mb		4,46	4,78	4,81	4,87	4,54	6,11	6,18	6,00	6,99	6,49	5,31	5,05
d. = des/dt.....mb/oC		1,57	1,59	1,60	1,62	1,60	1,59	1,54	1,56	1,61	1,62	1,59	1,59
e. Faktor Pembobot (W).....-		0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71
f. Fungsi Kecepatan Angin f(U).....-		0,50	0,46	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,43	0,46	0,43	0,40	0,40
g. A = (1-W) x (es-ea) x f(U).....mm		0,65	0,65	0,56	0,56	0,53	0,72	0,74	0,77	0,94	0,81	0,62	0,59
4. Evapotranspirasi Potensial													
Harian Baku (ETP _H = (W x R) + A).....mm/hari		4,11	4,43	4,36	4,75	4,60	5,33	5,29	5,47	5,27	5,01	4,27	4,20
5. Faktor Koreksi Peman:													
a. Jumlah Hari (JH).....hari		31,94	28,82	31,86	30,76	31,70	30,58	31,52	31,43	30,31	31,19	30,09	31,00
b. Faktor Koreksi (FC).....-		1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00
6. Evapotranspirasi Potensial													
Bulanan (ETP _B = ETP _H x JH x FC).....mm		135,22	131,28	142,82	149,73	155,51	166,22	169,53	174,20	161,28	157,15	128,91	130,14

Tabel Lampiran 13

**EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL DI WILAYAH TALUN
SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM (mm)**

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN											
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
1. Data Dasar:													
a. Suhu Udara (t).....	°C	22,5	22,7	22,8	23,0	22,8	22,7	22,2	22,4	22,9	23,0	22,7	22,7
b. Kelembaban Udara (RH).....	%	83	82	82	82	83	77	76	77	74	76	80	81
c. Kecepatan Angin (U).....	km/hari	84,00	72,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	60,00	72,00	60,00	48,00	48,00
d. Lama Penyinaran (n).....	(jam)	5,11	6,19	5,86	6,79	6,71	8,04	6,05	8,51	7,36	7,14	5,36	5,58
e. Deklinasi Matahari (DK).....	°	(22,70)	(21,90)	(20,90)	(19,20)	(17,30)	(14,90)	(12,90)	(10,80)	(8,00)	(4,80)	(2,40)	(0,08)
f. Vektor Radius (VR).....	-	0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02	1,01	1,01	1,00	0,99	0,98
2. Komponen Radiasi:													
a. Radiasi Terrestrial (Ra).....	mm/hari	14,15	14,28	14,56	14,87	15,18	15,40	15,43	15,35	15,13	14,81	14,50	14,15
b. Panjang Hari Maksimum (N).....	jam	12,36	12,35	12,33	12,30	12,27	12,23	12,20	12,17	12,12	12,07	12,04	12,00
c. Albedo di Wilayah Talun	-	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
d. Radiasi Gel. Pendek (RnS).....	mm	6,42	7,11	7,06	7,78	7,90	8,87	8,91	9,17	8,34	8,04	6,81	6,79
e. Radiasi Benda Hitam (T4).....	mm	0,63	0,63	0,63	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,63	0,63
f. Radiasi Gel.Panjang (RnL).....	mm	1,37	1,60	1,53	1,71	1,69	2,13	2,20	2,27	2,04	1,95	1,49	1,52
g. Radiasi Netto (R=RnS-RnL).....	mm	5,05	5,51	5,53	6,07	6,21	6,74	6,71	6,90	6,29	6,09	5,32	5,26
3. Komponen Aerodinamik:													
a. Tekanan Uap Jenuh (es).....	mb	26,23	26,56	26,72	27,04	26,72	26,56	25,76	26,08	26,88	27,04	26,56	26,56
b. Tekanan Uap Aktual (ea).....	mb	21,77	21,78	21,91	22,18	22,18	20,45	19,58	20,08	19,89	20,55	21,24	21,51
c. (es - ea).....	mb	4,46	4,78	4,81	4,87	4,54	6,11	6,18	6,00	6,99	6,49	5,31	5,05
d. = des/dt.....	mb/°C	1,57	1,59	1,60	1,62	1,60	1,59	1,54	1,56	1,61	1,62	1,59	1,59
e. Faktor Pelebotot (W).....	-	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71
f. Fungsi Kecepatan Angin f(U).....	-	0,50	0,46	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,43	0,46	0,43	0,40	0,40
g. $A = (1-W) \times (es-ea) \times f(U)$	mm	0,65	0,65	0,56	0,56	0,53	0,72	0,74	0,77	0,94	0,81	0,62	0,59
4. Evapotranspirasi Potensial													
Harian Baku													
(ETPH = (W x R) + A).....	mm/hari	4,22	4,54	4,48	4,88	4,93	5,48	5,44	5,62	5,41	5,14	4,38	4,31
5. Faktor Koreksi Penman:													
a. Jumlah Hari (JH).....	hari	31,94	28,82	31,86	30,76	31,70	30,58	31,52	31,43	30,31	31,19	30,09	31,00
b. Faktor Koreksi (FC).....	-	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00
6. Evapotranspirasi Potensial													
Bulanan (ETPB = ETPH x JH x FC).....													
	mm	138,73	134,79	146,67	153,84	159,78	170,82	174,23	179,04	165,54	161,37	132,33	133,64

Tabel Lampiran 14

**EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL DI WILAYAH SUNGAI
SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM (mm)**

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN											
		JAN	FEB	MAR	APR	MET	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1. Data Dasar:													
a. Suhu Udara (t).....oC		22,5	22,7	22,8	23,0	22,8	22,7	22,2	22,4	22,9	23,0	22,7	22,7
b. Kelembaban Udara (RH).....%		83	82	82	82	83	77	76	77	74	76	80	81
c. Kecepatan Angin (U).....km/hari		84,00	72,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	60,00	72,00	60,00	48,00	48,00
d. Lama Penyinaran (n).....(jam)		5,11	6,19	5,86	6,79	6,71	8,04	8,05	8,51	7,36	7,14	5,36	5,58
e. Deklinasi Matahari (DK).....o		(22,70)	(21,90)	(20,90)	(19,20)	(17,30)	(14,90)	(12,90)	(10,60)	(8,00)	(4,60)	(2,40)	(0,06)
f. Vektor Radius (VR).....-		0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02	1,01	1,01	1,00	0,99	0,98
2. Komponen Radiasi:													
a. Radiasi Terrestrial (Ra).....mm/hari		14,15	14,28	14,56	14,87	15,18	15,40	15,43	15,35	15,13	14,81	14,50	14,15
b. Panjang Hari Maksimum (N).....jam		12,36	12,35	12,33	12,30	12,27	12,23	12,20	12,17	12,12	12,07	12,04	12,00
c. Albedo di Wilayah Sungai..... -		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
d. Radiasi Gel. Pendek (RnS).....mm		7,03	7,78	7,72	8,51	8,65	9,70	9,75	10,03	9,12	8,80	7,45	7,42
e. Radiasi Benda Hitam (T4).....mm		0,63	0,63	0,63	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,63	0,63
f. Radiasi Gel.Panjang (RnL).....mm		1,37	1,60	1,53	1,71	1,69	2,13	2,20	2,27	2,04	1,95	1,49	1,52
g. Radiasi Netto (R=RnS-RnL).....mm		5,66	6,18	6,20	6,80	6,96	7,58	7,54	7,76	7,08	6,85	5,96	5,90
3. Komponen Aerodinamik:													
a. Tekanan Uap Jenuh (es).....mb		26,23	26,56	26,72	27,04	26,72	26,56	25,76	26,08	26,88	27,04	26,56	26,56
b. Tekanan Uap Aktual (ea).....mb		21,77	21,78	21,91	22,18	22,18	20,45	19,58	20,08	19,89	20,55	21,24	21,51
c. (es - ea).....mb		4,46	4,78	4,81	4,87	4,54	6,11	6,18	6,00	6,99	6,49	5,31	5,05
d. = des/dt.....mb/oC		1,57	1,59	1,60	1,62	1,60	1,59	1,54	1,56	1,61	1,62	1,59	1,59
e. Faktor Pembobot (W).....-		0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71
f. Fungsi Kecepatan Angin f(U).....-		0,50	0,46	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,43	0,45	0,43	0,40	0,40
g. $A = (1-W) \times (es-ea) \times f(U)$mm		0,65	0,65	0,56	0,56	0,53	0,72	0,74	0,77	0,94	0,81	0,62	0,59
4. Evapotranspirasi Potensial													
Harian Baku													
(ETPH = (W x R) + A).....mm/hari		4,64	5,02	4,95	5,40	5,46	6,07	6,03	6,23	5,96	5,68	4,84	4,76
5. Faktor Koreksi Penman:													
a. Jumlah Hari (JH).....hari		31,94	28,82	31,86	30,76	31,70	30,58	31,52	31,43	30,31	31,19	30,09	31,00
b. Faktor Koreksi (FC).....-		1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00
6. Evapotranspirasi Potensial													
Bulanan (ETPB = ETPH x JH x FC).....mm													
		152,74	146,82	162,08	170,25	176,86	189,21	193,06	196,38	182,59	178,25	146,01	147,64

Tabel Lampiran 15

EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL (mm)
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN												
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	
TP DI WILAYAH HUTAN (mm)		138,73	134,79	146,67	153,84	159,78	170,82	174,23	179,04	165,54	161,37	132,33	133,64	1850,76
TP DI WILAYAH SAWAH (mm)		124,71	120,76	131,26	137,42	142,70	152,42	155,41	159,70	148,50	144,50	118,65	119,64	1655,67
TP DI WILAYAH PEMUKIMAN (mm)		135,22	131,26	142,62	149,73	155,51	166,22	169,53	174,20	161,28	157,15	128,91	130,14	1801,99
TP DI WILAYAH TALUN (mm)		138,73	134,79	146,67	153,84	159,78	170,82	174,23	179,04	165,54	161,37	132,33	133,64	1850,76
TP DI WILAYAH SUNGAI (mm)		152,74	148,82	162,08	170,25	176,86	189,21	193,06	198,38	182,59	178,25	146,01	147,64	2045,89
TP DI WILAYAH SUB DAS CIKAPUNDUNG (mm)		134,97	131,03	142,55	149,44	155,21	165,89	169,19	173,86	160,98	156,85	128,67	129,89	1841,02

Tabel Lampiran 16

**EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL DI WILAYAH HUTAN (mm)
DISIMULASIKAN BERDASARKAN PERUBAHAN SUHU
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM**

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN												
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	
1. Data Dasar:														
a. Suhu Udara (t).....oC		22.8	23.0	23.1	23.3	23.1	23.0	22.5	22.7	23.2	23.3	23.0	23.0	
b. Kelembaban Udara (RH).....%		83	82	82	82	83	77	76	77	74	76	80	81	
c. Kecepatan Angin (U).....km/hari		84.00	72.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	60.00	72.00	60.00	48.00	46.00	
d. Lama Penyinaran (n).....(jam)		5.11	6.19	5.86	6.79	6.71	8.04	8.05	8.51	7.36	7.14	5.36	5.58	
e. Deklinasi Matahari (DK).....o		(22.70)	(21.90)	(20.90)	(19.20)	(17.30)	(14.90)	(12.90)	(10.80)	(8.00)	(4.80)	(2.40)	(0.08)	
f. Vektor Radius (VR).....-		0.98	0.99	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	0.99	0.96	
2. Bentuk Radiasi:														
a. Radiasi Terrestrial (Ra).....mm/hari		14.15	14.28	14.56	14.87	15.18	15.40	15.43	15.35	15.13	14.81	14.50	14.15	
b. Panjang Hari Maksimum (N).....jam		12.36	12.35	12.33	12.30	12.27	12.23	12.20	12.17	12.12	12.07	12.04	12.00	
c. Albedo di Wilayah Hutan -		0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
d. Radiasi Gel. Pendek (RnS).....mm		6.42	7.11	7.06	7.78	7.90	8.87	8.91	9.17	8.34	8.04	6.81	6.79	
e. Radiasi Benda Hitam (T4).....mm		0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	
f. Radiasi Gel. Panjang (RnL).....mm		1.35	1.58	1.51	1.69	1.67	2.10	2.18	2.25	2.02	1.92	1.47	1.50	
g. Radiasi Netto (R=RnS-RnL).....mm		5.07	5.53	5.55	6.10	6.24	6.77	6.73	6.92	6.32	6.12	5.34	5.28	
3. Bentuk Aerodinamik:														
a. Tekanan Uap Jenuh (es).....mb		26.71	27.04	27.20	27.54	27.20	27.04	26.22	26.54	27.37	27.54	27.04	27.04	
b. Tekanan Uap Aktual (ea).....mb		22.17	22.17	22.31	22.58	22.58	20.82	19.92	20.44	20.25	20.93	21.63	21.90	
c. (es - ea).....mb		4.54	4.87	4.90	4.96	4.62	6.22	6.29	6.10	7.12	6.61	5.41	5.14	
d. = des/dt.....mb/oC		1.60	1.62	1.63	1.65	1.63	1.62	1.57	1.59	1.64	1.65	1.62	1.62	
e. Faktor Pembobot (W).....-		0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.70	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	
f. Fungsi Kecepatan Angin f(U).....-		0.50	0.46	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.43	0.46	0.43	0.40	0.40	
g. A = (1-W) x (es-ea) x f(U).....mm		0.66	0.65	0.56	0.57	0.53	0.72	0.74	0.77	0.95	0.82	0.63	0.59	
4. Evapotranspirasi Potensial														
Harian Baku														
(ETPH = (W x R) + A).....mm/hari		4.25	4.58	4.52	4.92	4.97	5.53	5.48	5.67	5.45	5.19	4.42	4.35	
5. Faktor Koreksi Penguapan:														
a. Jumlah Hari (JH).....hari		31.94	28.82	31.86	30.76	31.70	30.58	31.52	31.43	30.31	31.19	30.09	31.00	
b. Faktor Koreksi (FC).....-		1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	
6. Evapotranspirasi Potensial														
Bulanan (ETPB = ETPH x JH x FC).....mm														
		139.89	135.95	147.93	155.19	161.17	172.26	175.69	180.56	166.92	162.75	133.44	134.78	1,867

Tabel Lampiran 17

**EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL DI WILAYAH SAWAH (mm)
DISIMULASIKAN BERDASARKAN PERUBAHAN SUHU
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM**

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN												
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	
1. Data Dasar:														
a. Suhu Udara (t).....	°C	22.8	23.0	23.1	23.3	23.1	23.0	22.5	22.7	23.2	23.3	23.0	23.0	
b. Kelembaban Udara (RH).....	%	83	82	82	82	83	77	76	77	74	76	80	81	
c. Kecepatan Angin (U).....	km/hari	84.00	72.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	60.00	72.00	60.00	48.00	48.00	
d. Lama Penyinaran (n).....	(jam)	5.11	6.19	5.86	6.79	6.71	8.04	8.05	8.51	7.36	7.14	5.36	5.58	
e. Deklinasi Matahari (DK).....	°	(22.70)	(21.90)	(20.90)	(19.20)	(17.30)	(14.90)	(12.90)	(10.80)	(8.00)	(4.80)	(2.40)	(0.08)	
f. Vektor Radius (VR).....	-	0.98	0.99	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	0.99	0.98	
2. Bentuk Radiasi:														
a. Radiasi Terestrial (Ra).....	mm/hari	14.15	14.28	14.56	14.87	15.18	15.40	15.43	15.35	15.13	14.81	14.50	14.15	
b. Panjang Hari Maksimum (N).....	jam	12.36	12.35	12.33	12.30	12.27	12.23	12.20	12.17	12.12	12.07	12.04	12.00	
c. Albedo di Wilayah Sawah	-	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	
d. Radiasi Gel. Pendek (RnS).....	mm	5.62	6.44	6.40	7.05	7.16	8.04	8.07	8.31	7.55	7.28	6.17	6.15	
e. Radiasi Benda Hitam (T4).....	mm	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	
f. Radiasi Gel. Panjang (RnL).....	mm	1.35	1.58	1.51	1.69	1.67	2.10	2.18	2.25	2.02	1.92	1.47	1.50	
g. Radiasi Netto (R=RnS-RnL).....	mm	4.47	4.86	4.89	5.36	5.49	5.93	5.89	6.06	5.53	5.36	4.70	4.64	
3. Bentuk Aerodinamik:														
a. Tekanan Uap Jenuh (es).....	mb	26.71	27.04	27.20	27.54	27.20	27.04	26.22	26.54	27.57	27.54	27.04	27.04	
b. Tekanan Uap Aktual (ea).....	mb	22.17	22.17	22.31	22.58	22.58	20.82	19.92	20.44	20.25	20.93	21.63	21.90	
c. (es - ea).....	mb	4.54	4.87	4.90	4.96	4.62	6.22	6.29	6.10	7.12	6.61	5.41	5.14	
d. = des/dt.....	mb/°C	1.60	1.62	1.63	1.65	1.63	1.62	1.57	1.59	1.64	1.65	1.62	1.62	
e. Faktor Pembobot (W).....	-	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.70	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	
f. Fungsi Kecepatan Angin f(U).....	-	0.50	0.46	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.43	0.46	-0.43	0.40	0.40	
g. A = (1-W) x (es- <i>ea</i>) x f(U).....	mm	0.66	0.65	0.56	0.57	0.53	0.72	0.74	0.77	0.95	0.82	0.63	0.59	
4. Evapotranspirasi Potensial														
Harian Raku														
(ETPH = (W x R) + A).....	mm/hari	3.82	4.11	4.04	4.40	4.44	4.93	4.89	5.06	4.89	4.65	3.97	3.89	
5. Faktor Koreksi Penman:														
a. Jumlah Hari (JH).....	hari	31.94	28.82	31.86	30.76	31.70	30.58	31.52	31.43	30.31	31.19	30.09	31.00	
b. Faktor Koreksi (FC).....	-	1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	
6. Evapotranspirasi Potensial														
Bulanan (ETPB = ETPH x JH x FC).....														
	mm	125.79	121.84	132.44	138.68	144.00	153.78	156.76	161.12	149.79	145.79	119.68	120.71	1,670

Tabel Lampiran 18

**EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL DI WILAYAH PEMUKIMAN (mm)
DISIMULASIKAN BERDASARKAN PERUBAHAN SUHU
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM**

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN												
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	
1. Data Dasar:														
a. Suhu Udara (t)..... $^{\circ}\text{C}$		22.8	23.0	23.1	23.3	23.1	23.0	22.9	22.7	23.2	23.3	23.0	23.0	
b. Kelembaban Udara (RH).....%		83	82	82	82	83	77	76	77	74	76	80	81	
c. Kecepatan Angin (U).....km/hari		84.00	72.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	60.00	72.00	60.00	48.00	48.00	
d. Lama Penyinaran (n).....(jam)		5.11	6.19	5.86	6.79	6.71	8.04	8.05	8.51	7.36	7.14	5.36	5.58	
e. Deklinasi Matahari (DK)..... $^{\circ}$		(22.70)	(21.90)	(20.90)	(19.20)	(17.30)	(14.90)	(12.90)	(10.80)	(8.00)	(4.80)	(2.40)	(0.08)	
f. Vektor Radius (VR).....-		0.98	0.99	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	0.99	0.96	
2. Bentuk Radiasi:														
a. Radiasi Terestrial (Ra)..... mm/hari		14.15	14.28	14.56	14.87	15.18	15.40	15.43	15.35	15.13	14.81	14.50	14.15	
b. Panjang Hari Maksimum (N).....jam		12.36	12.35	12.33	12.30	12.27	12.23	12.20	12.17	12.12	12.07	12.04	12.00	
c. Albedo di Wilayah Pemukiman -		0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	
d. Radiasi Gel. Pendek (RnS)..... mm		6.27	6.94	6.89	7.60	7.72	8.66	8.70	8.95	8.14	7.85	6.65	6.63	
e. Radiasi Benda Hitam (T4)..... mm		0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	
f. Radiasi Gel. Panjang (RnL)..... mm		1.35	1.58	1.51	1.67	1.67	2.10	2.18	2.25	2.02	1.92	1.47	1.50	
g. Radiasi Netto (R=RnS-RnL)..... mm		4.92	5.36	5.39	5.91	6.05	6.56	6.52	6.71	6.12	5.93	5.18	5.12	
3. Bentuk Aerodinamik:														
a. Tekanan Uap Jenuh (es)..... mb		26.71	27.04	27.20	27.54	27.20	27.04	26.22	26.54	27.37	27.54	27.04	27.04	
b. Tekanan Uap Aktual (ea)..... mb		22.17	22.17	22.31	22.58	22.58	20.82	19.92	20.44	20.25	20.93	21.63	21.90	
c. (es - ea)..... mb		4.54	4.87	4.90	4.96	4.62	6.22	6.29	6.10	7.12	6.61	5.41	5.14	
d. = des/dt..... $\text{mb}/^{\circ}\text{C}$		1.60	1.62	1.63	1.65	1.63	1.62	1.57	1.59	1.64	1.65	1.62	1.62	
e. Faktor Pembesot (W).....-		0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.70	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	
f. Fungsi Kecepatan Angin f(U).....-		0.50	0.46	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.43	0.46	0.43	0.40	0.40	
g. A = (1-W) x (es- ea) x f(U)..... mm		0.66	0.65	0.56	0.57	0.53	0.72	0.74	0.77	0.95	0.82	0.63	0.59	
4. Evapotranspirasi Potensial														
Harian Baku (ETPH = (W x R) + A)..... mm/hari		4.14	4.47	4.40	4.79	4.84	5.38	5.34	5.51	5.31	5.05	4.31	4.23	
5. Faktor Koreksi Penguapan:														
a. Jumlah Hari (JH).....hari		31.94	28.82	31.86	30.76	31.70	30.58	31.52	31.43	30.31	31.19	30.09	31.00	
b. Faktor Koreksi (FC).....-		1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	
6. Evapotranspirasi Potensial														
Bulanan (ETPB = ETPH x JH x FC)..... mm		136.36	132.42	144.05	151.06	156.87	167.65	170.95	175.70	162.64	152.51	130.00	131.26	1,817

Tabel Lampiran 19

**EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL DI WILAYAH TALUN (mm)
DISIMULASIKAN BERDASARKAN PERUBAHAN SUHU
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM**

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN												
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	
1. Data Dasar:														
a. Suhu Udara (t).....oC		22.8	23.0	23.1	23.3	23.1	23.0	22.5	22.7	23.2	23.3	23.0	23.0	
b. Kelembaban Udara (RH).....%		83	82	82	82	83	77	76	77	74	76	80	81	
c. Kecepatan Angin (U).....km/hari		84.00	72.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	60.00	72.00	60.00	48.00	48.00	
d. Lama Penyinaran (n).....(jam)		5.11	6.19	5.86	6.79	6.71	8.04	8.05	8.51	7.36	7.14	5.36	5.58	
e. Deklinasi Matahari (DK).....o		(22.70)	(21.90)	(20.90)	(19.20)	(17.30)	(14.90)	(12.90)	(10.80)	(8.00)	(4.80)	(2.40)	(0.08)	
f. Vektor Radius (VR).....-		0.98	0.99	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	0.99	0.98	
2. Bentuk Radiasi:														
a. Radiasi Terrestrial (Ra).....mm/hari		14.15	14.28	14.56	14.87	15.18	15.40	15.43	15.35	15.13	14.81	14.50	14.15	
b. Panjang Hari Maksimum (N).....jam		12.36	12.35	12.33	12.30	12.27	12.23	12.20	12.17	12.12	12.07	12.04	12.00	
c. Albedo di Wilayah Talun -		0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
d. Radiasi Gel. Pendek (RnS).....mm		6.42	7.11	7.06	7.78	7.90	8.87	8.91	9.17	8.34	8.04	6.81	6.79	
e. Radiasi Benda Hitam (T4).....mm		0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	
f. Radiasi Gel.Panjang (RnL).....mm		1.35	1.58	1.51	1.69	1.67	2.10	2.18	2.25	2.02	1.92	1.47	1.50	
g. Radiasi Netto (R=RnS-RnL).....mm		5.07	5.53	5.55	6.10	6.24	6.77	6.73	6.92	6.32	6.12	5.34	5.28	
3. Bentuk Aerodinamik:														
a. Tekanan Uap Jenuh (es).....mb		26.71	27.04	27.20	27.54	27.20	27.04	26.22	26.54	27.37	27.54	27.04	27.04	
b. Tekanan Uap Aktual (ea).....mb		22.17	22.17	22.31	22.58	22.58	20.82	19.92	20.44	20.25	20.93	21.63	21.90	
c. (es - ea).....mb		4.54	4.87	4.90	4.96	4.62	6.22	6.29	6.10	7.12	6.61	5.41	5.14	
d. = des/dt.....mb/oC		1.60	1.62	1.63	1.65	1.63	1.62	1.57	1.59	1.64	1.65	1.62	1.62	
e. Faktor Pembobot (W).....-		0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.70	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	
f. Fungsi Kecepatan Angin f(U).....-		0.50	0.46	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.43	0.46	0.43	0.40	0.40	
g. A = (1-W) x (es- ea) x f(U).....mm		0.66	0.65	0.56	0.57	0.53	0.72	0.74	0.77	0.95	0.82	0.63	0.59	
4. Evapotranspirasi Potensial														
Harian Baku (ETPH = (W x R) + A).....mm/hari		4.25	4.58	4.52	4.92	4.97	5.53	5.48	5.67	5.45	5.19	4.42	4.35	
5. Faktor Koreksi Penman:														
a. Jumlah Hari (JH).....hari		31.94	28.82	31.86	30.76	31.70	30.56	31.52	31.43	30.31	31.19	30.09	31.00	
b. Faktor Koreksi (FC).....-		1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	
6. Evapotranspirasi Potensial														
Bulanan (ETPB = ETPH x JH x FC).....mm		139.88	135.95	147.93	155.19	161.17	172.28	175.68	180.56	166.92	162.75	133.44	134.78	1,867

Tabel Lampiran 20

**EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL DI WILAYAH SUNGAI (mm)
DISIMULASIKAN BERDASARKAN PERUBAHAN SUHU
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM**

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN												
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	
1. Data Dasar:														
a. Suhu Udara (t).....	°C	22.8	23.0	23.1	23.3	23.1	23.0	22.5	22.7	23.2	23.3	23.0	23.0	
b. Kelembaban Udara (RH).....	%	83	82	82	82	83	77	76	77	74	76	80	81	
c. Kecepatan Angin (U).....	km/hari	84.00	72.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	60.00	72.00	60.00	48.00	48.00	
d. Lama Penyinaran (n).....	(jam)	5.11	6.19	5.86	6.79	6.71	8.04	8.05	8.51	7.36	7.14	5.36	5.58	
e. Deklinasi Matahari (DK).....	°	(22.70)	(21.90)	(20.90)	(19.20)	(17.30)	(14.90)	(12.90)	(10.80)	(8.00)	(4.80)	(2.40)	(0.08)	
f. Vektor Radius (VR).....	-	0.98	0.99	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	0.99	0.98	
2. Bentuk Radiasi:														
a. Radiasi Terrestrial (Ra).....	mm/hari	14.15	14.28	14.56	14.87	15.18	15.40	15.43	15.35	15.13	14.81	14.50	14.15	
b. Panjang Hari Maksimum (N).....	jam	12.36	12.35	12.33	12.30	12.27	12.23	12.20	12.17	12.12	12.07	12.04	12.00	
c. Albedo di Wilayah Sungai.....	-	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
d. Radiasi Gel. Pendek (RnS).....	mm	7.03	7.78	7.72	8.51	8.65	9.70	9.75	10.03	9.12	8.80	7.45	7.42	
e. Radiasi Benda Hitam (T4).....	mm	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	
f. Radiasi Gel. Panjang (RnL).....	mm	1.35	1.58	1.51	1.69	1.67	2.10	2.18	2.25	2.02	1.92	1.47	1.50	
g. Radiasi Netto (R=RnS-fnL).....	mm	5.68	6.20	6.22	6.83	6.98	7.60	7.57	7.79	7.10	6.88	5.98	5.92	
3. Bentuk Aerodinamik:														
a. Tekanan Uap Jenuh (es).....	mb	26.71	27.04	27.20	27.54	27.20	27.04	26.22	26.54	27.37	27.54	27.04	27.04	
b. Tekanan Uap Aktual (ea).....	mb	22.17	22.17	22.31	22.58	22.58	20.82	19.92	20.44	20.25	20.93	21.63	21.90	
c. (es - ea).....	mb	4.54	4.87	4.90	4.96	4.62	6.22	6.29	6.10	7.12	6.61	5.41	5.14	
d. = des/dt.....	mb/°C	1.60	1.62	1.63	1.65	1.63	1.62	1.57	1.59	1.64	1.65	1.62	1.62	
e. Faktor Pembobot (W).....	-	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.70	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	
f. Fungsi Kecepatan Angin f(U).....	-	0.50	0.46	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.43	0.46	0.43	0.40	0.46	
g. A = (1-W) x (es- ea) x f(U).....	mm	0.66	0.65	0.56	0.57	0.53	0.72	0.74	0.77	0.95	0.82	0.63	0.59	
4. Evapotranspirasi Potensial														
Harian Baku														
(ETPH = (W x R) + A).....	mm/hari	4.68	5.06	4.99	5.44	5.50	6.12	6.07	6.28	6.01	5.73	4.88	4.80	
5. Faktor Koreksi Pemanas:														
a. Jumlah Hari (JH).....	hari	31.94	28.82	31.86	30.76	31.70	30.58	31.52	31.43	30.31	31.19	30.09	31.00	
b. Faktor Koreksi (FC).....	-	1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	
6. Evapotranspirasi Potensial														
Bulanan (ETPB = ETPH x JH x FC).....														
	mm	153.96	150.05	163.41	171.69	178.33	190.77	194.60	200.00	184.05	179.72	147.19	148.85	2,06

Tabel Lampiran 21

**EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL (mm)
DISIMULASIKAN BERDASARKAN PERUBAHAN SUHU
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM**

KOMPONEN IKLIM	SATUAN	BULAN												TAHLIHAN
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	
TP DI WILAYAH HUTAN (mm)		139.88	135.95	147.93	155.19	161.17	172.28	175.68	180.56	166.92	162.75	133.44	134.78	1,867
TP DI WILAYAH SAWAH (mm)		125.79	121.84	132.44	138.68	144.00	153.78	156.76	161.12	149.79	145.79	119.68	120.71	1,670
TP DI WILAYAH PERUKIMAN (mm)		136.36	132.42	144.05	151.06	156.87	167.65	170.95	175.70	162.64	158.51	130.00	131.26	1,817
TP DI WILAYAH TALUN (mm)		139.88	135.95	147.93	155.19	161.17	172.28	175.68	180.56	166.92	162.75	133.44	134.78	1,867
TP DI WILAYAH SUNGAI (mm)		153.96	150.05	163.41	171.69	178.33	190.77	194.60	200.00	184.05	179.72	147.19	148.85	2,063
TP DI WILAYAH SUB DAS CIKAPUNDUNG (mm)		136.10	132.17	143.78	150.77	156.57	167.32	170.61	175.35	162.33	158.21	129.75	131.01	1,813.98

Tabel Lampiran 22

**SISTEMATIKA SIMULASI PROSES-PROSES HIDROLOGI
DI SUB DAS CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM
DISIMULASIKAN UNTUK KEADAAN TATA GUNA LAHAN PADA SAAT PENELITIAN**

KOMPONEN NERACA AIR	SATUAN	BULAN												TAHUNAN
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	
I. CURAH HUJAN														
1. Curah Hujan Rata-rata.....mm		196.00	182.00	235.00	280.00	179.00	78.00	59.00	60.00	110.00	201.00	284.00	246.00	2,110.00
Jumlah Hari Hujan (n)hari		22.56	18.76	22.44	20.00	15.94	9.19	8.13	8.69	10.69	18.29	20.25	19.36	
2. Tampunguan Air di Hutan (TAHT).....mm		54.67	50.76	65.54	78.10	49.93	21.76	16.46	16.73	30.68	56.06	79.21	68.61	588.50
3. Tampunguan Air di Sawah (TASW).....mm		27.25	25.30	32.67	38.92	24.88	10.84	8.20	8.34	15.29	27.94	39.48	34.20	293.31
4. Tampunguan Air di Pemukiman (TAMK).....mm		19.99	18.56	23.97	28.55	18.25	7.95	6.02	6.12	11.22	20.50	28.96	25.09	215.18
5. Tampunguan Air di Talun (TATL).....mm		37.57	34.89	45.05	53.67	34.31	14.95	11.31	11.50	21.09	38.53	54.44	47.15	404.45
6. Tampunguan Air di Sungai (TASG).....mm		2.91	2.70	3.49	4.16	2.66	1.16	0.88	0.89	1.63	2.99	4.22	3.65	31.34
7. Tampunguan Air di Tanah (TATN).....mm		53.62	49.79	64.29	76.60	48.97	21.34	16.14	16.41	30.09	54.99	77.69	67.30	577.22
11. EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL (ETP)mm (Penman, 1957)		134.97	131.03	142.55	149.44	155.21	165.89	169.19	173.86	160.98	156.85	128.67	129.89	1,798.53
III. EVAPORASI AKTUAL (ETA)mm														
CH > ETP → ETA = ETP		134.97	131.03	142.55	149.44	155.21	132.27	124.96	125.37	144.58	156.85	128.67	129.89	1,655.79
CH < ETP → ETA = CH + dKAT														
IV. INTERSEPSI (IT)														
1. Intersepsi Hutan (ITH).....mm		10.74	9.89	12.70	14.86	9.62	4.28	3.29	3.36	5.95	10.82	15.07	13.12	113.70
2. Intersepsi Sawah (ITSW).....mm		2.56	2.37	3.05	3.60	2.32	1.02	0.78	0.79	1.43	2.61	3.65	3.17	27.37
3. Intersepsi Pemukiman (ITMK).....mm		2.27	2.10	2.70	3.20	2.06	0.90	0.69	0.70	1.27	2.31	3.25	2.82	24.25
4. Intersepsi Talun (ITTL).....mm		6.85	6.35	8.20	9.74	6.24	2.73	2.07	2.10	3.84	7.01	9.88	8.57	73.58
5. Total Intersepsi (TIT).....mm		22.43	20.71	26.65	31.40	20.24	8.94	6.82	6.96	12.48	22.75	31.85	27.68	238.90
V. ALIHAN AIR : VEGETASI KE TANAH (VT)														
1. Alihan Air di Hutan (VHT).....mm		43.92	40.87	52.85	63.24	40.30	17.47	13.17	13.37	24.73	45.24	64.14	55.49	474.80
2. Alihan Air Sawah (VTSW).....mm		24.68	22.93	29.62	35.32	22.56	9.82	7.42	7.55	13.86	25.33	35.82	31.02	265.94
3. Alihan Air Pemukiman (VTMK).....mm		17.72	16.46	21.26	25.35	16.20	7.05	5.33	5.42	9.95	18.19	25.72	22.27	190.93
4. Alihan Air Talun (VTTL).....mm		30.72	28.53	36.85	43.93	28.07	12.22	9.24	9.40	17.25	31.52	44.56	38.59	330.87
5. Alihan Air Total (VTS).....mm		117.04	108.80	140.57	167.84	107.13	46.57	35.16	35.74	65.79	120.28	170.24	147.37	1,262.54
VI. AIR FISILOGIS UNTUK PEMBENTUKKAN BIOMASA (B)														
1. Biomasa Hutan (BHT).....mm		0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.002	0.007	0.007	0.006	0.006	0.079
2. Biomasa Sawah (BSW).....mm		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.038
3. Biomasa di Pemukiman (BMK).....mm		0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.045
4. Biomasa Talun (BTL).....mm		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.039
5. Biomasa Sub DAS (BSD).....mm		0.015	0.015	0.016	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.014	0.015	0.201

(Bersambung)

(Sambungan)

KOMPONEN NERACA AIR	SATUAN	BULAN												TAHUNAN
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	
VII. AIR DI SISTEM TANAH (ATN)														
ATN = (VTSD + TATN - ETP)	m ³	35.69	27.56	62.31	95.00	0.89	(97.98)	(117.89)	(121.71)	(65.10)	18.42	119.26	84.77	41.23
VIII. KANDUNGAN AIR TANAH (KAT) (Murdiyarso, 1979)														
1. Akumulasi Daya Penguapan (APML)	m ³	-	-	-	-	-	(97.98)	(215.87)	(337.58)	(402.68)	(394.26)	(265.00)	(250.00)	
2. Kadar Air Tanah (KAT = $KL \times APML$)	m ³	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	170.76	107.95	67.23	52.19	56.07	89.17	94.52	
IX. PERUBAHAN KADAR AIR TANAH	m ³	-	-	-	-	-	(79.24)	(62.81)	(40.72)	(15.04)	3.68	33.10	5.36	
X. SURPLUS (SR)														
(SR = ATN - dKAT)	m ³	35.69	27.56	62.31	95.00	-	-	-	-	-	14.54	86.16	79.42	400.68
XI. DEFISIT (DF = ETP - ETA)	m ³	-	-	-	-	0.00	(33.62)	(44.23)	(48.49)	(16.40)	-	-	-	(142.74)
XII. RUN OFF (RO) (Mock, 1973)														
1. Infiltrasi (I)														
$I = 0.45 \times SR$	m ³	16.06	12.40	28.04	42.75	-	-	-	-	-	6.54	38.77	35.74	180.31
2. Volume Simpanan Air Tanah														
$V_n = G + L$	m ³	33.43	26.01	34.04	49.08	24.54	12.27	6.14	3.07	1.53	5.67	31.92	42.76	270.46
$G = 1/2k(1+k)I$	m ³	12.05	9.30	21.03	32.06	-	-	-	-	-	4.91	29.08	26.80	
$L = k \times V_{n-1}$	m ³	21.38	16.71	13.01	17.02	24.54	12.27	6.14	3.07	1.53	0.77	2.84	15.96	
3. Perubahan Simpanan (V_n)														
$V_n = -V_{n-1} + V_n$	m ³	(9.34)	(7.41)	8.02	15.04	(24.54)	(12.27)	(6.14)	(3.07)	(1.53)	4.14	26.24	10.85	
4. Base Flow														
$BF = I - V_n$	m ³	25.40	19.81	20.02	27.71	24.54	12.27	6.14	3.07	1.53	2.40	12.53	24.89	180.31
5. Limpasan Langsung														
$DR = SR - I$	m ³	51.75	39.96	90.35	137.75	-	-	-	-	-	21.09	124.94	115.16	580.99
6. Run Off (Limpasan)														
$RO = DR + BF$	m ³	77.15	59.77	110.37	165.46	24.54	12.27	6.14	3.07	1.53	23.49	137.47	140.05	761.29
XIII. DEBIT SUNGAI (DR)														
$DR = RO + TASS$	m ³	80.06	62.47	113.86	169.61	27.20	13.43	7.01	3.96	3.17	26.47	141.68	143.70	792.63
DEBIT PENGUKURAN (PUSLITBANG PENGAIRAN)	m ³	100.80	89.70	109.20	113.50	94.40	69.90	51.00	45.90	46.00	59.00	92.40	109.90	981.70

Tabel Lampiran 23

**SISTEMATIKA SIMULASI PROSES-PROSES HIDROLOGI
DI SUB DAS CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM
DISIMULASIKAN UNTUK PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN DENGAN TUJUAN KONSERVASI**

KOMPONEN NERACA AIR	SATUAN	BULAN												TAHUNAN
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	
I. CURAH HUJAN														
1. Curah Hujan Rata-rata.....mm		196.00	182.00	235.00	280.00	179.00	78.00	59.00	60.00	110.00	201.00	294.00	246.00	2,110.00
Jumlah Hari Hujan (n)hari		22.56	18.76	22.44	20.00	15.94	9.19	8.13	8.69	10.69	18.29	20.25	19.36	
2. Tampunguan Air di Hutan (TAHT).....mm		53.29	49.48	63.89	76.12	48.66	21.21	16.04	16.31	29.91	54.65	77.21	66.88	573.65
3. Tampunguan Air di Sawah (TASW).....mm		27.25	25.30	32.67	38.92	24.88	10.84	8.20	8.34	15.29	27.94	39.48	34.20	293.31
4. Tampunguan Air di Pemukiman (TAMK).....mm		30.96	28.75	37.12	44.23	28.28	12.32	9.32	9.48	17.38	31.75	44.86	38.86	333.32
5. Tampunguan Air di Talun (TATL).....mm		20.46	19.00	24.53	29.23	18.69	8.14	6.16	6.26	11.48	20.98	29.65	25.68	220.28
6. Tampunguan Air di Sungai (TASS).....mm		2.91	2.70	3.49	4.16	2.66	1.16	0.88	0.89	1.63	2.99	4.22	3.65	31.34
7. Tampunguan Air di Tanah (TATN).....mm		61.13	56.77	73.30	87.33	55.83	24.33	18.40	18.71	34.31	62.69	88.58	76.73	658.11
II. EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL (ETP)mm (Penman, 1957)		134.97	131.03	142.55	149.44	155.21	165.89	169.19	173.86	160.98	156.85	128.67	129.89	1,798.53
III. EVAPORASI AKTUAL (ETA)mm														
CH > ETP → ETA = ETP		134.97	131.03	142.55	149.44	155.21	134.42	126.58	127.02	147.60	156.85	128.67	129.89	1,664.24
CH < ETP → ETA = CH + dKAT														
IV. INTERSEPSI (IT)														
1. Intersepsi Hutan (ITHT).....mm		10.49	9.66	12.40	14.50	9.40	4.18	3.21	3.28	5.81	10.57	14.71	12.81	111.03
2. Intersepsi Sawah (ITSW).....mm		2.56	2.37	3.05	3.60	2.32	1.02	0.78	0.79	1.43	2.61	3.65	3.17	27.37
3. Intersepsi Pemukiman (ITMK).....mm		-3.47	3.22	4.15	4.93	3.16	1.38	1.05	1.07	1.94	3.55	5.00	4.33	37.25
4. Intersepsi Talun (ITTL).....mm		3.77	3.50	4.51	5.34	3.43	1.50	1.14	1.16	2.11	3.85	5.42	4.70	40.43
5. Total Intersepsi (TIT).....mm		20.31	18.74	24.11	28.37	18.30	8.09	6.18	6.31	11.29	20.57	28.78	25.02	216.07
V. ALIHAN AIR : VEGETASI KE TANAH (VT)														
1. Alihan Air di Hutan (VHT).....mm		42.79	39.82	51.49	61.62	39.27	17.02	12.83	13.03	24.10	44.08	62.50	54.07	462.62
2. Alihan Air Sawah (VSW).....mm		24.68	22.93	29.62	35.32	22.56	9.82	7.42	7.55	13.86	25.33	35.82	31.02	265.94
3. Alihan Air Pemukiman (VTMK).....mm		27.49	25.53	32.97	39.31	25.12	10.94	8.27	8.41	15.43	28.20	39.87	34.53	296.07
4. Alihan Air Talun (VTTL).....mm		16.69	15.51	20.03	23.89	15.26	6.64	5.02	5.10	9.57	17.13	24.23	20.98	179.85
5. Alihan Air Total (VTS).....mm		111.65	103.79	134.11	160.14	102.21	44.42	33.54	34.09	62.76	114.75	162.43	140.60	1,204.48
VI. AIR FISILOGIS UNTUK PEMBENTUKKAN BIOMASA (B)														
1. Biomasa Hutan (BHT).....mm		0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.079
2. Biomasa Sawah (BSW).....mm		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.038
3. Biomasa di Pemukiman (BMK).....mm		0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.045
4. Biomasa Talun (BTL).....mm		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.039
5. Biomasa Sub DAS (BSD).....mm		0.015	0.015	0.016	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.014	0.015	0.201

(Bersambung)

ambungan)

KOMPONEN KERACA AIR	SATUAN	BULAN												TAHUNAN
		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	
II. AIR DI SISTEM TANAH (ATN)														
ATN = (VTSD + TATN - ETP)	m ³	37.81	29.53	64.85	98.03	2.83	(97.14)	(117.25)	(121.06)	(63.91)	20.59	122.34	87.44	64.06
III. KANDUNGAN AIR TANAH (KAT) (Murdiyarso, 1979)														
1. Akumulasi Daya Penguapan (APKL)	m ³	-	-	-	-	-	(97.14)	(214.39)	(335.45)	(399.36)	(378.76)	(256.43)	(250.00)	
2. Kadar Air Tanah (KAT = $KL \cdot k \cdot APKL$)	m ³	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	171.32	103.57	67.79	52.87	57.28	92.19	94.52	
X. PERUBAHAN KADAR AIR TANAH	m ³	-	-	-	-	-	(78.68)	(62.75)	(40.78)	(14.92)	4.41	34.91	2.33	
. SURPLUS (SR)														
(SR = ATN - Δ KAT)	m ³	37.81	29.53	64.85	98.03	-	-	-	-	-	16.18	87.42	85.10	418.93
I. DEFISIT (DF = ETP - ETA)	m ³	-	-	-	-	0.00	(31.47)	(42.61)	(46.84)	(13.38)	-	-	-	(134.29)
II. RUN OFF (RO) (Mock, 1973)														
1. Infiltrasi (I)														
$I = 0.45 \cdot SR$	m ³	17.02	13.29	29.18	44.11	-	-	-	-	-	7.28	39.34	38.30	188.52
2. Volume Simpanan Air Tanah														
$V_n = G + L$	m ³	35.28	27.61	35.69	50.93	25.47	12.73	6.37	3.18	1.59	6.26	32.63	45.04	282.78
$G = 1/2 \cdot (1+k) \cdot I$	m ³	12.76	9.96	21.89	33.08	-	-	-	-	-	5.46	29.51	28.72	
$L = k \cdot V_{n-1}$	m ³	22.52	17.64	13.80	17.85	25.47	12.73	6.37	3.18	1.59	0.80	3.13	16.32	
3. Perubahan Simpanan (V_n)														
$V_n = -V_{n-1} + V_n$	m ³	(9.76)	(7.68)	8.09	15.24	(25.47)	(12.73)	(6.37)	(3.18)	(1.59)	4.67	26.38	12.40	
4. Base Flow														
$BF = I - V_n$	m ³	26.77	20.96	21.10	28.87	25.47	12.73	6.37	3.18	1.59	2.62	12.96	25.89	188.52
5. Limpasan Langsung														
$DR = SR - I$	m ³	54.83	42.81	94.04	142.14	-	-	-	-	-	23.47	126.76	123.40	607.45
6. Run Off (Limpasan)														
$RO = DR + BF$	m ³	81.60	63.77	115.14	171.02	25.47	12.73	6.37	3.18	1.59	26.08	139.73	149.29	795.97
III. DEBIT SUNGAI (DB)														
$DB = RO + TASS$	m ³	84.51	66.48	118.63	175.17	28.12	13.89	7.24	4.07	3.23	29.07	143.95	152.94	827.30

Tabel Lampiran 24

**SISTEMATIKA SIMULASI PROSES-PROSES HIDROLOGI
DI SUB DAS CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM
DISIMULASIKAN BERDASARKAN PERUBAHAN CURAH HUJAN SAAT 2xCO₂**

KOMPONEN NERACA AIR	SATUAN	BULAN												TAHUNAN
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	
I. CURAH HUJAN														
1. Curah Hujan Rata-rata.....mm		224.81	202.20	296.10	311.36	191.71	84.16	65.31	68.04	118.80	267.33	347.62	272.08	2,449.52
Jumlah Hari Hujan (n)hari		22.56	18.76	22.44	20.00	15.94	9.19	8.13	8.69	10.69	18.29	20.25	19.36	
2. Tampunguan Air di Hutan (TAHT).....mm		62.70	56.40	82.59	86.84	53.47	23.47	18.22	18.98	33.13	74.56	96.95	75.88	683.20
3. Tampunguan Air di Sawah (TASH).....mm		31.25	28.11	41.16	43.28	26.65	11.70	9.08	9.46	16.51	37.16	48.32	37.82	340.51
4. Tampunguan Air di Pemukiman (TAMK).....mm		22.93	20.62	30.20	31.75	19.55	8.58	6.66	6.94	12.12	27.26	35.45	27.75	249.80
5. Tampunguan Air di Talun (TATL).....mm		43.09	38.76	56.76	59.68	36.75	16.13	12.52	13.04	22.77	51.24	66.63	52.15	469.53
6. Tampunguan Air di Sungai (TASE).....mm		3.34	3.00	4.40	4.62	2.85	1.25	0.97	1.01	1.76	3.97	5.16	4.04	36.38
7. Tampunguan Air di Tanah (TATN).....mm		61.50	55.32	81.00	85.18	52.44	23.02	17.87	18.61	32.50	73.13	95.10	74.43	670.10
II. EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL (ETP)mm		134.97	131.03	142.55	149.44	155.21	165.89	169.19	173.86	160.98	156.85	128.67	129.89	1,798.53
(Pennaan, 1957)														
III. EVAPORASI AKTUAL (ETA)mm														
CH > ETP → ETA = ETP		134.97	131.03	142.55	149.44	155.21	134.63	127.37	128.44	147.94	156.85	128.67	129.89	1,666.99
CH < ETP → ETA = CH + dKAT														
IV. INTERSEPSI (IT)														
1. Intersepsi Hutan (ITHT).....mm		12.19	10.90	15.76	16.43	10.26	4.59	3.60	3.76	6.39	14.15	18.26	14.43	130.75
2. Intersepsi Sawah (ITSH).....mm		2.93	2.62	3.82	4.00	2.48	1.10	0.86	0.89	1.54	3.44	4.45	3.50	31.62
3. Intersepsi Pemukiman (ITMK).....mm		2.59	2.32	3.39	3.55	2.20	0.97	0.76	0.79	1.36	3.05	3.96	3.11	26.06
4. Intersepsi Talun (ITTL).....mm		7.85	7.05	10.31	10.82	6.68	2.94	2.29	2.38	4.14	9.30	12.07	9.46	85.29
5. Total Intersepsi (TIT).....mm		25.55	22.90	33.27	34.80	21.62	9.60	7.51	7.83	13.44	29.94	38.75	30.51	275.72
V. ALIHAN AIR : VEGETASI KE TANAH (VT)														
1. Alihan Air di Hutan (VHT).....mm		50.51	45.49	66.82	70.41	43.21	18.88	14.61	15.21	26.74	60.41	78.69	61.45	552.45
2. Alihan Air Sawah (VTSW).....mm		28.33	25.48	37.34	39.29	24.17	10.60	8.22	8.56	14.97	33.73	43.87	34.32	308.89
3. Alihan Air Pemukiman (VTMK).....mm		20.34	18.30	26.81	28.20	17.35	7.61	5.90	6.15	10.75	24.21	31.49	24.64	221.74
4. Alihan Air Talun (VTTL).....mm		35.25	31.71	46.45	48.86	30.07	13.19	10.23	10.66	18.63	41.95	54.56	42.69	384.24
5. Alihan Air Total (VTSD).....mm		134.42	120.98	177.43	186.76	114.80	50.28	38.97	40.59	71.10	160.29	208.61	163.10	1,467.32
VI. AIR FISILOGIS UNTUK PEMBENTUKKAN BIOMASA (R)														
1. Biomasa Hutan (BHT).....mm		0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.079
2. Biomasa Sawah (BSW).....mm		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.038
3. Biomasa di Pemukiman (BKK).....mm		0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.045
4. Biomasa Talun (BTL).....mm		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.039
5. Biomasa Sub DAS (BSD).....mm		0.015	0.015	0.016	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.014	0.015	0.201

(Bersambung)

(Sambungan)

KOMPONEN NERACA AIR	SATUAN	BULAN												TAHUNAN
		JAN	FEB	MAR	APR	MET	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	
VII. AIR DI SISTEM TANAH (ATN)														
ATN = (VTSO + TATN - ETP)	m ³	60.95	45.27	115.88	122.49	12.03	(92.58)	(112.35)	(114.66)	(57.38)	76.57	175.04	107.64	338.89
VIII. KANDUNGAN AIR TANAH (KAT) (Murdiyarso, 1979)														
1. Akumulasi Daya Penguapan (APWL)	m ³	-	-	-	-	-	(92.58)	(204.93)	(319.59)	(376.98)	(300.41)	(125.37)	(250.00)	
2. Kadar Air Tanah (KAT = $KL \cdot k \cdot APWL$)	m ³	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	174.39	112.64	72.10	57.68	77.69	153.50	94.52	
1. PERUBAHAN KADAR AIR TANAH	m ³	-	-	-	-	-	(75.61)	(61.75)	(40.53)	(14.43)	20.01	75.81	(58.98)	
X. SURPLUS (SR)														
(SR = ATN - dKAT)	m ³	60.95	45.27	115.88	122.49	-	-	-	-	-	56.56	99.23	166.62	666.99
XI. DEFISIT (DF = ETP - ETA)														
	m ³	-	-	-	-	0.00	(31.26)	(41.82)	(45.42)	(13.04)	-	-	-	(131.54)
XII. RUN OFF (RO) (Mock, 1973)														
1. Infiltrasi (I)														
$I = 0.45 \cdot SR$	m ³	27.43	20.37	52.14	55.12	-	-	-	-	-	25.45	44.65	74.98	300.14
2. Volume Simpanan Air Tanah														
$V_n = G + L$	m ³	59.59	45.07	61.64	72.16	36.08	18.04	9.02	4.51	2.26	20.22	43.60	78.03	450.22
$G = 1/2k(1+k) \cdot I$	m ³	20.57	15.28	39.11	41.34	-	-	-	-	-	19.09	33.49	56.23	
$L = k \cdot V_{n-1}$	m ³	39.02	29.79	22.54	30.82	36.08	18.04	9.02	4.51	2.26	1.13	10.11	21.80	
3. Perubahan Simpanan (V_n)														
$V_n = -V_{n-1} + V_n$	m ³	(18.44)	(14.52)	16.57	10.52	(36.08)	(18.04)	(9.02)	(4.51)	(2.26)	17.96	23.38	34.43	
4. Base Flow														
$BF = I - V_n$	m ³	45.87	34.89	35.57	44.60	36.08	18.04	9.02	4.51	2.26	7.49	21.27	40.54	300.14
5. Limpasan Langsung														
$DR = SR - I$	m ³	88.38	65.64	168.02	177.62	-	-	-	-	-	82.01	143.88	241.59	967.13
6. Run Off (Limpasan)														
$RO = DR + BF$	m ³	134.25	100.52	203.59	222.22	36.08	18.04	9.02	4.51	2.26	89.50	165.15	282.13	1,267.28
XIII. DEBIT SUNGAI (DB)														
DB = RO + TASS	m ³	137.59	103.53	207.99	226.84	38.93	19.29	9.99	5.52	4.02	93.47	170.31	286.17	1,303.65

Tabel Lampiran 25

**SISTEMATIKA SIMULASI PROSES-PROSES HIDROLOGI
DI SUB DAS CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM
DISIMULASIKAN BERDASARKAN PERUBAHAN CURAH HUJAN & SUHU SAAT 2xCO₂**

KOMPONEN KERACA AIR	SATUAN	BULAN												TAHUNAN
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	
I. CURAH HUJAN														
1. Curah Hujan Rata-rata.....mm		224.81	202.20	296.10	311.36	191.71	84.16	65.31	68.04	118.80	267.33	347.62	272.08	2,447.52
Jumlah Hari Hujan (n)hari		22.56	18.76	22.44	20.00	15.94	9.19	8.13	8.69	10.69	18.29	20.25	19.36	
2. Tampungan Air di Hutan (TAHT).....mm		62.70	56.40	82.59	86.84	53.47	23.47	18.22	18.98	33.13	74.56	96.95	75.88	683.20
3. Tampungan Air di Sawah (TASW).....mm		31.25	28.11	41.16	43.28	26.65	11.70	9.08	9.46	16.51	37.16	48.32	37.82	340.51
4. Tampungan Air di Pemukiman (TAMK).....mm		22.93	20.62	30.20	31.75	19.55	8.58	6.66	6.94	12.12	27.26	35.45	27.75	249.80
5. Tampungan Air di Talun (TATL).....mm		43.09	38.76	56.76	59.68	36.75	16.13	12.52	13.04	22.77	51.24	66.63	52.15	469.53
6. Tampungan Air di Sungai (TASS).....mm		3.34	3.00	4.40	4.62	2.85	1.25	0.97	1.01	1.76	3.97	5.16	4.04	36.32
7. Tampungan Air di Tanah (TATN).....mm		61.50	55.32	81.00	85.18	52.44	23.02	17.87	18.61	32.50	73.13	95.10	74.43	670.10
II. EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL (ETP)mm (Perman, 1957)		136.10	132.17	143.78	150.77	156.57	167.32	170.61	175.35	162.33	158.21	129.75	131.01	1,813.97
III. EVAPORASI AKTUAL (ETA)mm														
CH > ETP → ETA = ETP		136.10	132.17	143.78	150.77	156.57	134.63	127.37	128.44	147.94	158.21	129.75	131.01	1,676.74
CH < ETP → ETA = CH + dKAT														
IV. INTERSEPSI (IT)														
1. Intersepsi Hutan (ITHT).....mm		12.19	10.90	15.76	16.43	10.26	4.59	3.60	3.76	6.39	14.15	18.26	14.43	130.75
2. Intersepsi Sawah (ITSW).....mm		2.93	2.62	3.82	4.00	2.48	1.10	0.86	0.89	1.54	3.44	4.45	3.50	31.62
3. Intersepsi Pemukiman (ITMK).....mm		2.59	2.32	3.39	3.55	2.20	0.97	0.76	0.79	1.36	3.05	3.96	3.11	26.06
4. Intersepsi Talun (ITTL).....mm		7.85	7.05	10.31	10.82	6.68	2.94	2.29	2.38	4.14	9.30	12.07	9.46	85.29
5. Total Intersepsi (TIT).....mm		25.55	22.90	33.27	34.80	21.62	9.60	7.51	7.83	13.44	29.94	38.75	30.51	275.72
V. ALIHAN AIR : VEGETASI KE TANAH (VT)														
1. Alihan Air di Hutan (VHT).....mm		50.51	45.49	66.82	70.41	43.21	18.88	14.61	15.21	26.74	60.41	78.69	61.45	552.45
2. Alihan Air Sawah (VTSW).....mm		28.33	25.48	37.34	39.29	24.17	10.60	8.22	8.56	14.97	33.73	43.87	34.32	308.89
3. Alihan Air Pemukiman (VTMK).....mm		20.34	18.30	26.81	28.20	17.35	7.61	5.90	6.15	10.75	24.21	31.49	24.64	221.74
4. Alihan Air Talun (VTTL).....mm		35.25	31.71	46.45	48.86	30.07	13.19	10.23	10.66	18.63	41.95	54.56	42.69	384.24
5. Alihan Air Total (VTSD).....mm		134.42	120.98	177.43	186.76	114.80	50.28	38.97	40.59	71.10	160.29	208.61	163.10	1,467.32
VI. AIR FISILOGIS UNTUK PEMBENTUKAN BIOMASA (B)														
1. Biomasa Hutan (BHT).....kg		0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.079
2. Biomasa Sawah (BSW).....kg		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.038
3. Biomasa di Pemukiman (BPK).....kg		0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.045
4. Biomasa Talun (BTL).....kg		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.039
5. Biomasa Sub DAS (BSD).....kg		0.015	0.015	0.016	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.014	0.015	0.201

(Bersambung)

(Sambungan)

KOMPONEN NERACA AIR	SATUAN	BULAN												TAHUNAN
		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	
VII. AIR DI SISTEM TANAH (ATN)														
ATN = (VTSD + TATN - ETP)	mm	59.82	44.13	114.65	121.16	10.67	(94.01)	(113.77)	(116.15)	(58.73)	75.21	173.96	106.52	323.45
VIII. KANDUNGAN AIR TANAH (KAT) (Murdiyarso, 1979)														
1. Akumulasi Daya Penguapan (AP _{ML})	mm	-	-	-	-	-	(94.01)	(207.78)	(323.93)	(362.67)	(307.46)	(133.50)	(250.00)	
2. Kadar Air Tanah (KAT = KL * AP _{ML})	mm	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	173.42	111.40	70.90	56.41	75.59	148.72	94.52	
IX. PERUBAHAN KADAR AIR TANAH	mm	-	-	-	-	-	(76.58)	(62.02)	(40.50)	(14.48)	19.18	73.13	(54.20)	
X. SURPLUS (SR)														
(SR = ATN - ΔKAT)	mm	59.82	44.13	114.65	121.16	-	-	-	-	-	56.04	100.82	160.72	657.33
XI. DEFISIT (DF = ETP - ETA)	mm	-	-	-	-	0.00	(32.69)	(43.24)	(46.91)	(14.39)	-	-	-	(137.23)
XII. RUN OFF (RO) (Mock, 1973)														
1. Infiltrasi (I)														
I = 0.45 * SR	mm	26.92	19.86	51.99	54.52	-	-	-	-	-	25.22	45.37	72.32	295.80
2. Volume Simpanan Air Tanah														
V _n = G + L	mm	58.32	44.05	60.72	71.25	35.63	17.81	8.91	4.45	2.23	20.03	44.04	76.26	443.70
G = 1/2k(1+k)I	mm	20.19	14.89	38.69	40.89	-	-	-	-	-	18.91	34.03	54.24	
L = k * V _{n-1}	mm	38.13	29.16	22.03	30.36	35.63	17.81	8.91	4.45	2.23	1.11	10.01	22.02	
3. Perubahan Simpanan (ΔV _n)														
V _n = -V _{n-1} + V _n	mm	(17.94)	(14.27)	16.67	10.53	(35.63)	(17.81)	(8.91)	(4.45)	(2.23)	17.80	24.02	32.22	
4. Base Flow														
BF = I - ΔV _n	mm	44.86	34.12	34.92	43.99	35.63	17.81	8.91	4.45	2.23	7.42	21.36	40.10	295.80
5. Limpasan Langsung														
DR = SR - I	mm	86.74	63.98	166.24	175.69	-	-	-	-	-	81.25	146.19	233.04	933.13
6. Run Off (Limpasan)														
RO = DR + BF	mm	131.60	98.11	201.16	219.68	35.63	17.81	8.91	4.45	2.23	89.67	167.55	273.14	1,248.93
XIII. DEBIT SUNGAI (DB)														
DB = RO + TASS	mm	134.94	101.11	205.56	224.30	38.47	19.06	9.88	5.46	3.99	92.64	172.71	277.18	1,285.31

Tabel Lampiran 26

**SISTEMATIKA SIMULASI PROSES-PROSES HIDROLOGI
DI SUB DAS CIKAPUNDUNG, DAS CITARUM
DISIMULASIKAN BERDASARKAN PERUBAHAN IKLIM DAN TATA GUNA LAHAN**

KOMPONEN NERACA AIR	SATUAN	BULAN												TAHAPAN
		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	
I. CURAH HUJAN														
1. Curah Hujan Rata-rata.....mm		224.81	202.20	296.10	311.36	191.71	84.16	65.31	68.04	118.80	267.33	347.62	272.08	2,449.52
Jumlah Hari Hujan (n)hari		22.56	18.76	22.44	20.00	15.94	9.19	8.13	8.69	10.69	18.29	20.25	19.36	
2. Tampungan Air di Hutan (TAHT).....mm		61.12	54.97	80.50	84.65	52.12	22.88	17.76	18.50	32.30	72.68	94.51	73.97	665.95
3. Tampungan Air di Sawah (TASW).....mm		31.25	28.11	41.16	43.28	26.65	11.70	9.08	9.46	16.51	37.16	48.32	37.82	340.51
4. Tampungan Air di Pemukiman (TAMK).....mm		35.51	31.94	46.78	49.19	30.28	13.30	10.32	10.75	18.77	42.23	54.91	42.98	386.95
5. Tampungan Air di Talun (TATL).....mm		23.47	21.11	30.91	32.50	20.01	8.79	6.82	7.10	12.40	27.91	36.29	28.40	255.72
6. Tampungan Air di Sungai (TASS).....mm		3.34	3.00	4.40	4.62	2.85	1.25	0.97	1.01	1.76	3.97	5.16	4.04	36.38
7. Tampungan Air di Tanah (TATN).....mm		70.12	63.07	92.35	97.11	59.79	26.25	20.37	21.22	37.05	83.38	108.42	84.86	764.01
II. EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL (ETP)mm (Penman, 1957)		136.10	132.17	143.78	150.77	156.57	167.32	170.61	175.35	162.33	158.21	129.75	131.01	1,813.97
III. EVAPORASI AKTUAL (ETA)mm														
CH > ETP → ETA = ETP		136.10	132.17	143.78	150.77	156.57	136.94	129.17	130.32	151.21	158.21	129.75	131.01	1,685.99
CH < ETP → ETA = CH + dKAT														
IV. INTERSEPSI (IT)														
1. Intersepsi Hutan (ITHT).....mm		11.90	10.65	15.39	16.04	10.02	4.49	3.52	3.68	6.24	13.81	17.82	14.09	127.64
2. Intersepsi Sawah (ITSW).....mm		2.93	2.62	3.82	4.00	2.48	1.10	0.86	0.87	1.54	3.44	4.45	3.50	31.62
3. Intersepsi Pemukiman (ITMK).....mm		3.97	3.57	5.21	5.47	3.38	1.49	1.16	1.21	2.10	4.70	6.10	4.79	43.15
4. Intersepsi Talun (ITTTL).....mm		4.31	3.87	5.65	5.93	3.67	1.62	1.26	1.31	2.28	5.10	6.61	5.19	46.81
5. Total Intersepsi (TIT).....mm		23.12	20.71	30.07	31.43	19.54	8.69	6.80	7.09	12.15	27.05	34.99	27.57	249.22
V. ALIHAN AIR : VEGETASI KE TANAH (VT)														
1. Alihan Air di Hutan (VHT).....mm		49.22	44.33	65.11	68.61	42.10	18.40	14.24	14.82	26.06	58.87	76.69	59.88	538.31
2. Alihan Air Sawah (VTSW).....mm		28.33	25.48	37.34	39.29	24.17	10.60	8.22	8.56	14.97	33.73	43.87	34.32	308.89
3. Alihan Air Pemukiman (VTMK).....mm		31.54	28.37	41.56	43.72	26.91	11.81	9.16	9.54	16.67	37.53	48.81	38.19	343.80
4. Alihan Air Talun (VTTL).....mm		19.15	17.23	25.26	26.57	16.35	7.17	5.56	5.79	10.13	22.81	29.68	23.21	208.91
5. Alihan Air Total (VTSD).....mm		128.24	115.42	169.28	178.19	109.52	47.97	37.17	38.71	67.83	152.93	199.05	155.61	1,399.92
VI. AIR FISILOGIS UNTUK PEMBENTUKAN BIOMASA (B)														
1. Biomasa Hutan (BHT).....mm		0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.079
2. Biomasa Sawah (BSW).....mm		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.038
3. Biomasa di Pemukiman (BMK).....mm		0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.045
4. Biomasa Talun (BTL).....mm		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.039
5. Biomasa Sub DAS (BSD).....mm		0.015	0.015	0.016	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.014	0.015	0.201

(Bersambung)

(Sambungan)

KOMPONEN NERACA AIR	SATUAN	BULAN												TANPAH
		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	
VII. AIR DI SISTEM TANAH (ATN)														
ATN = (VTSD + TATN - ETP)	m ³	62.25	46.32	117.85	124.53	12.75	(93.10)	(113.07)	(115.41)	(57.45)	78.10	177.72	109.46	349.96
VIII. KADAR AIR TANAH (KAT) (Murdiyarso, 1979)														
1. Akumulasi Daya Penguapan (APWL)	m ³	-	-	-	-	-	(93.10)	(206.17)	(321.58)	(379.03)	(300.92)	(123.21)	(250.00)	
2. Kadar Air Tanah (KAT = KL:k*APWL).....	m ³	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	174.04	112.10	71.55	57.22	77.54	154.80	94.52	
IX. PERUBAHAN KADAR AIR TANAH	m ³	-	-	-	-	-	(75.96)	(61.94)	(40.55)	(14.33)	20.32	77.26	(60.28)	
X. SURPLUS (SR)														
(SR = ATN - dKAT)	m ³	62.25	46.32	117.85	124.53	-	-	-	-	-	57.79	100.45	169.74	678.93
XI. DEFISIT (DF = ETP - ETA)	m ³	-	-	-	-	0.00	(30.38)	(41.44)	(45.03)	(11.12)	-	-	-	(127.98)
XII. RUN OFF (RO) (Mock, 1973)														
1. Infiltrasi (I)														
$I = 0.45 \cdot SR$	m ³	28.01	20.84	53.03	56.04	-	-	-	-	-	26.00	45.20	76.36	305.52
2. Volume Simpanan Air Tanah														
$V_n = G + L$	m ³	60.71	45.99	62.77	73.41	36.71	18.35	9.18	4.59	2.29	20.65	44.23	79.40	456.28
$G = 1/2 \cdot (1+k) \cdot I$	m ³	21.01	15.63	39.77	42.03	-	-	-	-	-	19.50	33.90	57.29	
$L = k \cdot V_{n-1}$	m ³	39.70	30.36	22.99	31.38	36.71	18.35	9.18	4.59	2.29	1.15	10.33	22.11	
3. Perubahan Simpanan (V_n)														
$V_n = -V_{n-1} + V_n$	m ³	(18.69)	(14.72)	16.76	10.65	(36.71)	(18.35)	(9.18)	(4.59)	(2.29)	16.36	23.58	35.17	
4. Base Flow														
$BF = I - V_n$	m ³	46.70	35.57	36.25	45.39	36.71	18.35	9.18	4.59	2.29	7.65	21.63	41.21	305.52
5. Limpasan Langsung														
$DR = SR - I$	m ³	90.27	67.16	170.88	180.57	-	-	-	-	-	83.79	145.66	246.12	984.45
6. Run Off (Limpasan)														
$RO = DR + BF$	m ³	136.97	102.72	207.14	225.97	36.71	18.35	9.18	4.59	2.29	91.44	167.28	287.33	1,289.96
XIII. DEBIT SUNGAI (DB)														
$DB = RO + TASS$	m ³	140.31	105.73	211.53	230.59	39.55	19.60	10.15	5.60	4.06	95.41	172.45	291.57	1,326.34