

F/MP/1991/031

HUBUNGAN CURAH HUJAN DENGAN TINGGI PERMUKAAN AIR SERTA ANALISA PERBEDAAN TINGGI PERMUKAAN AIR DI SUNGAI CILIWUNG



OLEH :
IDA BAGUS ADI WIRAWAN
F 23. 1266



1991
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR

Ida Bagus Adi Wirawan. F 23.1266. Hubungan Curah Hujan dengan Tinggi Permukaan Air serta Analisa Perbedaan Tinggi Permukaan Air di Sungai Ciliwung. Dibawah bimbingan Aris Priyanto dan Sukandi Sukartaatmadja.

RINGKASAN

Masalah khusus ini bertujuan untuk dapat memprediksi terjadinya banjir dari hubungan curah hujan dengan tinggi permukaan air serta dari analisa perbedaan tinggi permukaan air di beberapa tempat pada Sungai Ciliwung (Bogor - Depok - Jakarta).

DAS merupakan ekosistem yang terdiri dari beberapa unsur dimana unsur utamanya adalah tanah, vegetasi dan manusia serta segala upaya yang dilakukan di dalamnya. Kerusakan yang terjadi pada daerah aliran sungai merupakan penyebab utama tingginya laju aliran permukaan. Terjadinya banjir atau meluapnya air di sungai merupakan salah satu akibat yang sering terjadi.

Salah satu DAS yang perlu mendapat perhatian adalah DAS Ciliwung dengan Sungai Ciliwungnya yang mengalir dari daerah puncak sampai ke Teluk Jakarta.

Dari hubungan rata-rata curah hujan harian dengan rata-rata tinggi permukaan air harian di Sungai Ciliwung Hulu, Tengah dan Hilir diwakili oleh persamaan :

$$Y = 3.336 X + 13.36 \text{ dengan nilai } r = 0.953,$$



$Y = 4.383 X + 20$ dengan nilai $r = 0.960$ dan

$Y = 12.85 X + 113.7$ dengan nilai $r = 0.780$. Pada perbandingan debit limpasan hujan dengan debit aktual pada DAS di Hulu, Tengah dan Hilir masing-masing berkisar : 11.6 - 23.1, 5.55 - 9.35 dan 1.10 - 2.33.

Adanya perubahan energi telah mengurangi debit air yang mengalir dari Katulampa-Ratujaya dan dari Ratujaya-Rawajati. Kehilangan energi karena pengaruh gesekan dari Katulampa sampai Rawajati sebesar 331.89 meter fluida, sedangkan karena perubahan bentuk penampang sungai adalah 0.02 persen dari total energi yang berpindah.

Secara aktual terjadi penambahan debit air dari Katulampa (Bogor) sampai Ratujaya(Depok) sebesar 2.44 - 19.20 m³/dt setiap hari. Dari Ratujaya (Depok) sampai ke Rawajati (Jakarta) sebesar 26.29 - 50.45 m³/dt setiap hari.

Persamaan tinggi permukaan air aktual pada bulan-bulan banjir antara Katulampa dan Ratujaya diwakili oleh persamaan $h_2 = 5.01 - 19.54(h_1) + 28.46(h_1)^2$ untuk $0.25 \leq (h_1) \leq 0.60$ dan $h_2 = 1.13 (h_1) + 0.14$ untuk $(h_1) \geq 0.60$. Untuk Katulampa dan Rawajati diwakili oleh $h_3 = 1.40(h_1) + 3.11$. Pada musim kemarau tinggi muka air di Katulampa dan di Ratujaya diwakili oleh persamaan $h_2 = 0.59(h_1) + 0.33$, untuk hubungan tinggi muka air di Katulampa dan Rawajati diwakili oleh persamaan $h_3 = 3.603 - 13.50(h_1) + 24.36(h_1)^2$.

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

HUBUNGAN CURAH HUJAN DENGAN TINGGI PERMUKAAN AIR
SERTA ANALISA PERBEDAAN TINGGI PERMUKAAN AIR
DI SUNGAI CILIWUNG

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Jurusan MEKANISASI PERTANIAN,
Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor

Oleh

IDA BAGUS ADI WIRAWAN

F 23. 1266

Dilahirkan pada tanggal 28 Februari 1967

Di Gianyar

Tanggal lulus : 14 Maret 1991

Bogor



Ir. Sukandi Sukartaatmadja, MS

Dosen Pembimbing II

Ir. Aris Priyanto, MAE

Dosen Pembimbing I

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan kasih karuniaNya maka penyusunan skripsi ini dapat penulis selesaikan.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian pada Jurusan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Penyusunan skripsi ini dilakukan setelah penelitian yang dilaksanakan pada pertengahan bulan Oktober sampai pertengahan bulan Desember 1990. Penelitian ini mengambil lokasi di daerah aliran sungai Ciliwung, dengan tiga stasiun pengamatan yaitu, Stasiun Katulampa, Stasiun Ratujaya dan Stasiun Rawajati. Data yang digunakan merupakan data sekunder hasil pengumpulan dari beberapa instansi pemerintah yang terkait dengan masalah penelitian ini.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. H. Aris Priyanto, MAE, selaku Dosen Pembimbing Akademik I.
2. Ir. Sukandi Sukartaatmadja, Ms, selaku Dosen Pembimbing Akademik II.
3. Kepala P3SA Propinsi Jawa Barat beserta staf.
4. Petugas di Stasiun Pengamatan Katulampa, Ratujaya dan Rawajati.

5. Teman-teman yang telah memberikan dukungan untuk penyelesaian skripsi ini.

Akhirnya kritik dan saran sangat penulis harapkan demi perbaikan tulisan selanjutnya.

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN MASALAH KHUSUS	3
II. KEADAAN UMUM DAERAH PENELITIAN	4
A. LETAK DAN LUAS	4
B. IKLIM	5
C. KEADAAN TANAH DAN TOPOGRAFI	8
1. Jenis Tanah	8
2. Topografi	9
3. Tata Guna Lahan dan Vegetasi	10
D. HIDROLOGI DAN PRASARANA PENGAIRAN	12
III. TINJAUAN PUSTAKA	14
A. SIKLUS HIDROLOGI	14
1. Pengertian Siklus Hidrologi	14
2. Curah Hujan	16
3. Analisa Rata-rata Curah Hujan Daerah	18
4. Limpasan Permukaan	22
5. Aliran Air Tanah	23

B. DAERAH ALIRAN SUNGAI	25
1. Pengertian Daerah Aliran Sungai	25
2. Komponen dan Karakteristik Aliran Sungai ...	26
C. SUNGAI	28
1. Profil Sungai	28
2. Permukaan Air dan Debit	30
D. HIDRAULIK ROUTING	33
1. Pengertian Hidraulik Routing	33
2. Persamaan-persamaan Pada Hidraulik Routing..	33
IV. METODE PENELITIAN	36
A. LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN	36
B. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN	37
C. TAHAPAN PEKERJAAN	38
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A. HUBUNGAN CURAH HUJAN DENGAN TINGGI PERMUKAAN AIR	41
B. PERBANDINGAN DEBIT LIMPASAN DAN DEBIT AKTUAL ..	48
C. ANALISA PERBEDAAN TINGGI PERMUKAAN AIR	57
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	70
A. KESIMPULAN	71
B. SARAN	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	75

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel	1. Wilayah kerja DAS Ciliwung Hulu	4
Tabel	2. Rata-rata curah hujan bulanan pada beberapa stasiun pengamat hujan di DAS Ciliwung Hulu periode 1951-1986	6
Tabel	3. Rata-rata curah hujan bulanan pada beberapa stasiun pengamat hujan di DAS Ciliwung Tengah periode 1951-1986	6
Tabel	4. Rata-rata curah hujan bulanan pada beberapa stasiun pengamat hujan di DAS Ciliwung Hilir periode 1951-1986	7
Tabel	5. Luas DAS berdasarkan jenis tanah pada DAS Ciliwung Hulu	8
Tabel	6. Luas DAS Ciliwung Hulu menurut kelas lereng	10
Tabel	7. Luas DAS berdasarkan jenis penggunaan tanah pada DAS Ciliwung Hulu	11
Tabel	8. Bendungan pada Sungai Ciliwung Hulu dan Tengah serta luas daerah irigasinya ..	13
Tabel	9. Luas daerah hujan (LDH) dan bobot stasiun pengamat hujan (BSPH) untuk setiap daerah hujan	42
Tabel	10. Curah hujan rata-rata harian untuk daerah Hulu, Tengah dan Hilir (R1,R2 dan R3) dan tinggi permukaan air rata-rata di Katulampa, Ratujaya dan Rawajati (h1,h2 dan h3)	44
Tabel	11. Perbandingan debit limpasan (Q_{lim}) dari curah hujan rata-rata harian (R) dengan debit aktual (Q_{ak}) dari rata-rata tinggi permukaan air (h) untuk daerah Hulu	50

- Tabel 12. Perbandingan debit limpasan (Q_{lim}) dari curah hujan rata-rata harian (R) dengan debit aktual (Q_{ak}) dari rata-rata tinggi permukaan air (h) untuk daerah Tengah 51
- Tabel 13. Perbandingan debit limpasan (Q_{lim}) dari curah hujan rata-rata harian (R) dengan debit aktual (Q_{ak}) dari rata-rata tinggi permukaan air (h) untuk daerah Hilir 52
- Tabel 14. Rata-rata tambahan debit harian antara stasiun Katulampa dan Raturajaya serta Raturajaya dan Rawajati (Q_{kr} dan Q_{rr}) 65

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar	1. Siklus hidrologi dan keseimbangan air (Priyanto, 1988)	16
Gambar	2. Pembagian DAS dalam beberapa poligon	19
Gambar	3. Hidrograf aliran sungai (Subarkah,1980) ..	24
Gambar	4. Bentuk-bentuk daerah pengaliran sungai (Sosrodarsono dan Takeda, 1983)	28
Gambar	5. Tampak atas sungai (Russel, 1967)	29
Gambar	6. Klasifikasi kenaikan permukaan air (Sosrodarsono dan Takeda, 1983)	31
Gambar	7. Bagan alir tahapan pekerjaan	40
Gambar	8. Grafik hubungan antara tinggi permukaan air (m) di Katulampa dengan di Ratujaya (A) dan di Katulampa dengan di Rawajati pada bulan-bulan banjir.....	67
Gambar	9. Grafik hubungan tinggi permukaan air (m) di Katulampa dengan di Ratujaya pada bulan-bulan kering	68
Gambar	10. Grafik hubungan tinggi permukaan air (m) di Katulampa dengan di Rawajati pada bulan-bulan kering	69
Gambar	11. Tampang melintang sungai Ciliwung di Stasiun Katulampa	75
Gambar	12. Tampang melintang sungai Ciliwung di Stasiun Ratujaya	76
Gambar	13. Tampang melintang sungai Ciliwung di Stasiun Rawajati	77
Gambar	14. Peta DAS Ciliwung	78
Gambar	15. Peta Erodibilitas tanah pada DAS Ciliwung	79

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran	1. Tabel koefisien limpasan (faktor pengaliran) oleh Dr. Mononobe	80
Lampiran	2. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung pada bulan Januari th 1990	81
Lampiran	3. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung pada bulan Februari th 1990	82
Lampiran	4. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung pada bulan Maret th 1990	83
Lampiran	5. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung pada bulan April th 1990	84
Lampiran	6. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung pada bulan Mei th 1990	85
Lampiran	7. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung pada bulan Juni th 1990	86
Lampiran	8. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung pada bulan Juli th 1990	87
Lampiran	9. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung pada bulan Agustus 1990	88



Lampiran 10. Rata-rata curah hujan bulanan di DAS Ciliwung Hulu, Tengah dan Hilir periode 1951-1986 yang di gunakan untuk mencari curah hujan rata-rata daerah 89

Lampiran 11. Data tinggi permukaan air di tiga stasiun pengamat (h1,h2,h3) yang diregresikan untuk bulan-bulan banjir (Jan - Mar 1990) 91

Lampiran 12. Data tinggi permukaan air di tiga stasiun pengamat (h1,h2,h3) yang diregresikan untuk bulan-bulan kering (April - Agst 1990) 92

Lampiran 13. Contoh perhitungan debit limpasan dengan metode Rasional ,..... 93

Lampiran 14. Program menentukan tinggi permukaan air di Raturjaya dan Rawajati dengan menggunakan persamaan energi 94

Lampiran 15. Hasil keluaran program101

Halaman ini merupakan bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi situs web IPB University di www.ipb.ac.id.
A. Pengantar
B. Maksud dan Tujuan
C. Ruang Lingkup
D. Batasan
E. Definisi

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Air dalam sirkulasinya mengikuti suatu siklus yang dikenal dengan nama siklus hidrologi. Sirkulasi ini di mulai dari lautan dan selanjutnya karena proses oleh matahari, air menguap ke atmosfer. Uap air setelah mencapai suatu keadaan akan berubah menjadi hujan yang jatuh ke daratan, ada yang tertahan oleh vegetasi, ada yang sampai ke permukaan tanah baik secara langsung dari atmosfer maupun melalui aliran batang dan cucuran tajuk.

Air yang mencapai permukaan tanah tersebut akan mengalami beberapa peristiwa antara lain meresap dalam tanah dengan jalan infiltrasi dan perkolasi, sebagian lagi diuapkan kembali ke atmosfer dalam proses evaporasi dan sisanya akan mengalir pada permukaan tanah yang disebut dengan aliran permukaan.

Dengan demikian besar kecilnya air yang mengalir di permukaan termasuk aliran air di sungai dipengaruhi oleh besar kecilnya kemampuan tanah meresapkan air hujan ke dalam profil tanah dan besar kecilnya tingkat evaporasi. Dalam hubungan dengan daya peresapan, dapat disebutkan makin kecil kemampuan tanah meresapkan air kedalam profil, maka aliran permukaan makin besar dan sebaliknya.

Kerusakan yang terjadi pada daerah aliran sungai merupakan penyebab utama yang mengakibatkan tingginya laju aliran permukaan. Kerusakan ini mengakibatkan tidak seimbangnya lagi ekosistem yang ada pada daerah aliran sungai tersebut. Terjadinya banjir atau meluapnya air disungai merupakan salah satu akibat yang sering terjadi. Tidak seimbangnya jumlah air yang ada dengan kemampuan tampung sungai menjadi penyebab utamanya. Namun demikian perbedaan letak (lokasi) dan faktor - faktor lain seperti erodibilitas tanah, jumlah curah hujan yang tinggi serta pengelolaan daerah aliran sungai yang kurang terpadu dapat pula menjadi penyebab terjadinya banjir.

Salah satu DAS yang perlu mendapat perhatian adalah DAS Ciliwung. Pengamanan terhadap DAS ini ditunjang oleh Keputusan Presiden No. 48 tahun 1983 tentang penangan khusus tata ruang dan penertiban serta pengendalian pembangunan pada kawasan pariwisata Puncak - Bogor dan Jakarta, juga ditunjang dengan Keputusan Presiden No. 21 tahun 1984 tentang Repelita IV bahwa DAS Ciliwung dan Cisadane merupakan DAS prioritas yang akan dikembangkan pengelolaannya secara terpadu.

DAS Ciliwung dengan Sungai Ciliwungnya merupakan salah satu sungai besar yang melintasi Jakarta. Sungai lainnya adalah S. Angke, S. Grogol, S. Sunter dsb.

B. TUJUAN MASALAH KHUSUS

Masalah khusus ini bertujuan untuk dapat memprediksi terjadinya banjir dari hubungan curah hujan dengan tinggi permukaan air serta dari analisa perbedaan tinggi permukaan air di beberapa tempat pada Sungai Ciliwung (Bogor - Depok - Jakarta).



II. KEADAAN UMUM DAERAH PENELITIAN

A. LETAK DAN LUAS

Secara geografis Sungai Ciliwung terletak di daerah yang dibatasi antara $6^{\circ} 05'$ sampai $6^{\circ} 50'$ Lintang Selatan dan $106^{\circ} 40'$ sampai $107^{\circ} 00'$ Bujur Timur. Sungai ini bermula (hulu) di Gunung Mandalawangi dan bermuara di Teluk Jakarta. Daerah aliran sungainya dibatasi oleh DAS Cisadane di sebelah Barat dan DAS Citarum di sebelah Timur. Bagian Hulu di kelilingi oleh G. Lemo, G. Kencana, G. Megamendung dan G. Ham-balang memiliki luas daerah $144,25 \text{ km}^2$. Berdasarkan wilayah aliran sungai, DAS Ciliwung Hulu terbagi atas empat sub DAS yaitu : Sub DAS Ciesek, Sub DAS Cisarua, Sub DAS Ciliwung Hulu dan Sub DAS Ciseuseupan.

Tabel 1. Wilayah kerja DAS Ciliwung Hulu .

No.	Sub DAS	Luas (Km^2)
1.	Ciesek	36.46
2.	Ciliwung Hulu	37.79
3.	Cisarua	43.63
4.	Ciseuseupan	26.36

Sumber : Sub Balai RLKT Ciujung - Ciliwung tahun 1986

DAS Ciliwung Hulu meliputi Kecamatan Cisarua, Ciawi dan Kedunghalang yang dibatasi oleh bendungan Kattulampa sebagai outletnya.

Bagian Tengah meliputi Kecamatan Kedunghalang, Kodya Bogor, Kecamatan Cibinong dan Depok. Pada bagian Tengah dari DAS Ciliwung pengukuran tinggi permukaan air sungai diwakili oleh Stasiun Ratujuaya di Depok. Wilayah ini memiliki luas daerah $97,55 \text{ Km}^2$ dengan anak sungai utamanya S. Cikumpay dan S. Ciluar.

Bagian Hilir meliputi sebagian Wilayah Depok, Cimanggis dan DKI Jakarta. Outlet DAS ini hanya sampai di Stasiun Pengamat Rawajati dekat jembatan Kali-bata karena bagian Hilir sudah dimodifikasi dengan dibuatnya kanal-kanal pembuangan penangkal banjir. Luas wilayah ini adalah $61,05 \text{ Km}^2$.

B. IKLIM

Menurut Susanti (1989) untuk wilayah hilir rata-rata curah hujan bulanan berkisar $80,28 - 339 \text{ mm}$, Wilayah Tengah $198,5 - 437,3 \text{ mm}$ dan wilayah Hulu $160,1 - 512,2 \text{ mm}$.

Dengan dasar penggolongan menurut Oldeman, bulan basah (BB) $> 200 \text{ mm/bulan}$, bulan lembab $100 - 200 \text{ mm}$ tiap bulan dan bulan kering (BK) $< 100 \text{ mm/bulan}$, maka dapat diketahui pola penyebarannya dalam setahun untuk wilayah Hulu, Tengah dan Hilir.

Tabel 2. Rata-rata curah hujan bulanan pada beberapa stasiun-pengamat hujan di DAS Ciliwung Hulu periode 1951-1986.

STASIUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
Keb. Percb. (48d)	423.9	355.7	359.8	397.7	287.5	177.8	214.7	220.7	327.4	340.6	315.2	322.3
Ciawi (59a)	516.9	413.7	411.1	335	309.9	187.4	180	208.4	263.9	339.7	332.6	400.6
Pasir Pogor (60)	545.3	491.5	421.2	358.9	335.6	158.8	175.5	187.4	234.1	325.2	410.5	482.8
Ciburayut (61)	447.5	371.7	397.8	321.3	266.1	154.5	162	211.1	187.9	356.8	428.4	443.3
Srogol (63)	343.8	330	369.6	337.9	328	187	174	176.1	181.3	267.7	345.7	359.5
Tapos (66)	460.3	399.3	364.4	369	279.9	199.5	194.9	235.7	226.4	285.2	299	387.3
Cidakan (67)	497.4	426.2	349.4	344	241.1	128.4	135.1	162.3	212.2	249.7	281.8	358.6
Cicapi II (70)	552.5	398.6	333.9	313.4	232.9	125.9	131.9	133.9	140.2	241.8	247.7	333.6
Panjang (70a)	587.8	412.5	399.6	341.8	237.7	137	157.4	136.6	192.3	251.3	299	357.3
Gunung Mas (76)	590.2	488.4	466.7	386.4	305.4	148	171.8	150.7	202.5	270.7	383.7	507.3

Tabel 3. Rata-rata curah hujan bulanan pada beberapa stasiun pengamat hujan di DAS Ciliwung Tengah periode 1951-1986

STASIUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
Dapak (36)	371.6	289.5	302.7	313.2	241.2	145.5	126	165.3	188.4	241	257.3	295.1
Parung (36a)	338.1	212.2	230	239.4	189.3	118.5	132	132.5	146.3	191.9	247.8	223.4
Bojong Gedeh (37)	389.1	327.8	347.2	326.2	268.1	204.2	151.2	200.4	199.2	334.5	334.3	322.1
Citayan (37b)	355.7	286	318.2	325.3	237.7	183.2	160.2	171.8	184.5	246.7	254.3	271.3
Sempak (38b)	467.7	345.7	375.7	401.3	324.9	229.3	252	240	291.6	419.5	346.6	291.1
Ruapin (41a)	338	298	302.1	299.1	302	133	121.1	168.5	129.5	163.4	197.8	243.6
Cimulang (43)	399.2	355	359.4	379.9	297.2	198.1	217.6	200.6	255.6	317.3	313.7	287.1
Cionas (45a)	474.5	383.9	433.7	458.3	349	238.7	255	220.6	275.8	403.2	411	385.6
Empang (46)	513.1	418.3	437.2	490.5	364.9	218.5	236.2	280.7	361.4	433.8	427.7	411.6
Keb.Raya (46b)	499.1	349.9	382.7	446.4	348.9	205.6	216.1	232.7	313.6	373.1	380.9	375.2
Kambalang (48b)	477	365.7	441.6	462.5	309.2	219.1	224.6	236.1	277.6	375.2	370.5	407.1
Warung Loa (54)	627	423.2	515.6	523	427.2	536.3	294.3	303	431.5	453.8	303.3	396.3

Tabel 4. Rata-rata curah hujan bulanan pada beberapa stasiun pengamat hujan di DAS Ciliwung Hilir periode 1951-1986

STASIUN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
Cengkareng (26a)	399.4	370.9	188	83.9	86.9	72.1	63.8	73.1	53.3	84.7	82.1	196.2
Meteo (27)	392.5	285.3	192.7	132.1	112.6	94.6	64.1	64.4	72.2	99.7	125.5	185.3
Tanah Abang (27a)	307.3	274.8	187.8	100.1	105.7	86.4	74.3	72.1	66.7	82.8	102.9	148.4
Manggarai (28a)	384.7	298.8	256	138.9	126	75.3	44.1	44.3	27.3	90.1	139.3	156.3
Karawaci (31b)	253.6	233.5	155	113	119.5	67.6	61	59.5	74.5	81.3	141.3	162.3
Ragunan (33a)	300.2	274.4	230	198.5	152.4	108.1	75.5	86.5	119.6	143.8	203.7	189.4
Jatipadang (33b)	325.7	267.1	216.1	207.5	149.6	108.2	75.6	80.5	94.8	133.7	184.9	186.7
Halim PK (33c)	347.9	262.8	204.7	159.1	150.1	85.9	55.9	64.3	81.2	116.4	160.8	212
Serpong (34a)	326.2	247.3	228	217.1	165.2	94.5	97.8	86.1	132.2	169.2	197.7	196.9

Dari tabel diatas dapat diketahui BB,BL dan BK di DAS.

Untuk wilayah Hilir BB 2-4 bulan (Des- Mar) umumnya maksimum terjadi pada bulan Januari, BL 3 bulan (Apr-Mei-Nov) dan bulan kering (BK) 5-7 bulan (Apr-Okt). Umumnya curah hujan minimum terjadi pada bulan Juli. Untuk wilayah bagian tengah BB 10-12 bulan (Jan - Des), Curah hujan maksimum terjadi pada bulan Januari dan minimum terjadi pada bulan Juni. BL 2-4 bulan (Juni- Agustus) dan BK tidak ada. Untuk wilayah Hulu BB 8 -10 bulan (Ags - Mei), BL 2-4 bulan (Juni- Sep) dan BK tidak ada, maksimum terjadi bulan Januari dan minimum terjadi pada bulan Juni.

Keadaan suhu berkisar 13,9 - 34,9 °C dengan kelembaban nisbi antara 71,8 - 92,5 %. Kecepatan angin berkisar 0,4 - 1,9 m/dt.

C. KEADAAN TANAH DAN TOPOGRAFI

1. Jenis Tanah

Keadaan umum tanah dari kawasan Puncak sampai Jakarta tidak menunjukkan variasi jenis yang mencolok walau didapatkan bahwa tingkat perkembangannya meningkat dalam arah puncak ke Jakarta dan diikuti dengan kemunduran tingkat kesuburan tanahnya hal ini dikemukakan oleh Soekardi dan Djaenudin (1987) dalam Susanti (1989).

Daerah aliran sungai Ciliwung pada bagian Hulu didominasi oleh jenis tanah Latosol yaitu sekitar 75.25 % dari luas keseluruhannya. Sedangkan jenis tanah Andosol dan Regosol sekitar 24.75 %.

Tabel 5. Luas DAS berdasarkan jenis tanah pada DAS Ciliwung Hulu

No.	Sub DAS	Jenis tanah (Km ²)			
		A	B	C	D
1.	Ciesek	-	-	37.48	-
2.	Ciliwung Hulu	-	14.85	30.39	17.935
3.	Cisarua	18.32	-	13.90	8.925
4.	Ciseuseupan	15.59	3.01	0.83	8.010

Catatan : A = Latosol coklat

B = Latosol coklat kemerahan

C = Asosiasi Latosol kemerahan dan Latosol coklat

D = Asosiasi Andosol coklat dan Regosol coklat

Sumber : Sub Balai RLKT Ciujung-Ciliwung tahun 1986

2. Topografi

Daerah aliran Sungai Ciliwung memiliki ketinggian berkisar antara 0 - 3000 m dpl. Di bagian Hulu merupakan daerah pegunungan dan ada pada batas ketinggian 300 - 3000 m dpl. DAS Ciliwung Hulu mempunyai kemiringan lereng yang bervariasi. Kemiringan lereng bagian hulu meliputi luasan 70.48 Km^2 berkisar 2 - 15 %, disusul dengan kemiringan lereng 15 - 45 % seluas 52.90 persen dan kemiringan 45 % sisanya. Pembagian luasan kelas lereng menurut Sub DAS bagian Hulu dapat dilihat pada tabel 6.

Daerah aliran sungai Ciliwung Tengah keadaannya sedikit berbeda dengan bagian Hulu. Bagian Tengah memiliki keadaan lahan yang bergelombang dan sedikit berbukit-bukit dengan ketinggian bervariasi antara 70 m sampai 300 m dpl. Kemiringan lahan 2-15 % meliputi 75-90 % luas lahan, kemudian diikuti dengan kemiringan lahan 15-45 % dan luasnya 3-15% luasan lahan.

Pada bagian Hilir, lahan dengan kemiringan 0-2% mendominasi wilayah ini diikuti dengan sebagian kecil

lahan dengan kemiringan 2-15%. Bagian Hilir merupakan dataran rendah dengan topografi landai pada ketinggian 0 m sampai 70 m dpl.

Tabel 6. Luas DAS Ciliwung Hulu menurut kelas lereng

Sub DAS	Luas Kelas Lereng (Km ²)				
	0-8%	8-15%	15-25%	25-45%	45%
Cieseek	8.87	5.29	9.41	4.38	6.62
Ciliwung Hulu	11.86	3.15	16.02	5.47	5.14
Cisarua	17.01	5.81	7.56	6.22	3.15
Ciseuseupan	16.98	1.51	1.14	2.70	6.42
Jumlah	54.72	15.76	34.13	18.77	21.33

Sumber : Sub Balai RLKT Ciujung-Ciliwung tahun 1986

3. Tata Guna Lahan dan Vegetasi

Pemanfaatan lahan di sepanjang DAS Ciliwung dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

- a. Pemukiman dan industri.
- b. Pertanian dan hutan.

Pemanfaatan lahan pada DAS Ciliwung menjadi daerah pemukiman berkembang pesat di bagian hilir khususnya dari Cawang sampai Pluit. Demikian pula di bagian tengah. Jenis dan luas penggunaan tanah di Wilayah

DAS Ciliwung Hulu dapat dilihat pada tabel 7. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa penutup lahan oleh vegetasi tanaman keras meliputi 44.16 % dari seluruh luas DAS Ciliwung Hulu, dimana 28.73% terdiri dari hutan dan 16.16% perkebunan. Perkebunan yang diusahakan adalah tanaman teh yang berbatasan dengan hutan.

Di bagian Tengah pada tanggul-tanggul sungai didominasi oleh tanaman bambu. Tanaman lain yang banyak diusahakan adalah padi dan buah-buahan.

Tabel 7. Luas DAS berdasarkan jenis penggunaan tanah pada DAS Ciliwung Hulu.

Jenis Penggunaan tanah	Sub DAS (Km ²)			
	A	B	C	D
Hutan	12.26	9.47	11.55	9.45
Perkebunan	-	11.72	11.80	0.56
Kebun campuran	70.05	2.06	5.29	3.39
Tegalan	8.32	5.75	1.27	0.09
Sawah	7.87	7.54	13.03	9.33
Pemukiman	2.01	2.27	1.69	5.02

Catatan : A = Sub DAS Ciesek
 B = Sub DAS Ciliwung Hulu
 C = Sub DAS Cisarua

D = Sub DAS Ciseuseupan

Sumber : Sub Balai RLKT Ciujung-Ciliwung tahun 1986

D. HIDROLOGI DAN PRASARANA PENGAIRAN

Sungai Ciliwung mengalir dari Selatan ke Utara. Bagian Hulu Sungai Ciliwung berawal dari Desa Tugu sampai ke Kecamatan Bogor Timur. Sungai Induk mempunyai panjang 73.49 Km, sedangkan bila diukur meliputi anak sungainya panjangnya 76.60 Km. Sungai Ciliwung yang mengalir di bagian Hulu memiliki beda tinggi 2.66 km. Perbedaan ini diukur dari ketinggian sungai hulu dengan outletnya di Katulampa. Sedangkan untuk outlet Ratujaya dan Rawajati beda tinggi Sungai Ciliwung masing-masing 2.93 Km dan 2.99 Km. Sungai Ciliwung di bagian Hulu bercirikan sungai pegunungan yang berarus deras, banyak tebing yang curam dengan dasar berbatu, kerikil dan pasir. Di Katulampa Sungai ini memiliki lebar 60.8 meter dengan kedalaman sampai ke dasar 6.5 meter. Seperti pada umumnya sungai dibagian Hulu, Sungai Ciliwung di bagian hulu memiliki banyak anak sungai. Pada outlet di Ratujaya dan Rawajati lebar sungai Ciliwung adalah 72.5 m dan 75 meter dengan kedalaman masing-masing 7 m dan 6 meter. Bahan dasar sungai Ciliwung dari Hulu ke Hilir berubah dari batuan kasar ke pasir dan lumpur.

Menurut P3SA secara keseluruhan dari Hulu sampai Hilir aliran sungainya berkisar 1.42 - 120 m/dt terbesar

terjadi pada bulan Januari dan terendah terjadi pada bulan September.

Di Sungai Ciliwung terdapat bendungan Katulampa yang terdapat di Kecamatan Kedunghalang yang mengalirkan airnya ke sebelah Timur yaitu ke Kecamatan Cibinong. Sepanjang anak-anak sungainya terdapat juga bendungan-bendungan untuk irigasi disamping itu di sepanjang sungai Ciliwung yang mengalir dari hulu ke hilir terdapat pula saluran-saluran pembuangan (drainase) yang masuk ke Sungai Ciliwung. Pada tabel 8 diperlihatkan nama bendungan dan luas daerah irigasinya.

Tabel 8. Bendungan pada sungai Ciliwung Hulu dan Tengah serta luas daerah irigasinya.

Nama Bendungan	Luas daerah irigasi (Ha)
Cikeumasan	21
Ciratim	142
Karadenan	236
Cibalok	239
Cibanon	652
Ciseuseupan	102
Katulampa	1494
Bantarjati	200

Sumber : Kantor Ranting Dinas Pengairan Katulampa

III. TINJAUAN PUSTAKA

A. SIKLUS HIDROLOGI

1. Pengertian Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah rangkaian peristiwa yang terjadi dengan air mulai dari saat air jatuh ke bumi hingga diuapkan kembali ke udara untuk jatuh ke bumi. Pada gambar 1 melukiskan siklus hidrologi yang terjadi.

Berbagai proses yang menyebabkan terjadinya siklus hidrologi menurut Priyanto (1988) adalah :

1. Proses intersepsi yaitu proses penangkapan sebagian hujan oleh tajuk tanaman.
2. Proses infiltrasi yaitu proses peresapan air di permukaan tanah (lahan).
3. Proses perkolasi adalah kelanjutan dari proses infiltrasi yaitu peresapan air ke lapisan bumi yang lebih dalam. Proses ini akan menambah cadangan sumber daya air bumi atau air tanah.
4. Proses aliran bawah permukaan atau "subsurface flow", merupakan proses mengalirnya air dari hasil peresapan.
5. Aliran air tanah atau " ground water flow " merupakan aliran dari cadangan air bumi yaitu berupa mata air yang mengalir ke sungai.

Tetapi juga dapat berbentuk air artesis.

6. Proses evapotranspirasi. Air hujan yang jatuh ke bumi sebagian langsung diuapkan kembali. Demikian juga yang jatuh pada tajuk tanaman maupun air yang terkumpul di danau, rawa, sungai dan laut.

Ward (1974) dan Mustari (1985) mengatakan bahwa hidrologi merupakan suatu sistem yang dinamis dan tertutup yang berarti tidak ada masukan atau keluaran air yang ada hanya masukan energi yang mengatur perpindahan air dari suatu tempat ke tempat lain.

Selanjutnya Priyanto (1988) mengatakan bahwa berdasarkan hukum kekekalan massa, jumlah air atau volume air yang beredar atau mengalami perputaran dalam daur hidrologi adalah tetap. Karena itu curah hujan dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$P = I + OF + SM + GWS - GWR + E + ET \quad /1/$$

Dimana :

P = Hujan

I = Intersepsi

OF = Limpasan Permukaan

SM = Perubahan Kelembaban Tanah

GWS = Perubahan Cadangan Air Bumi

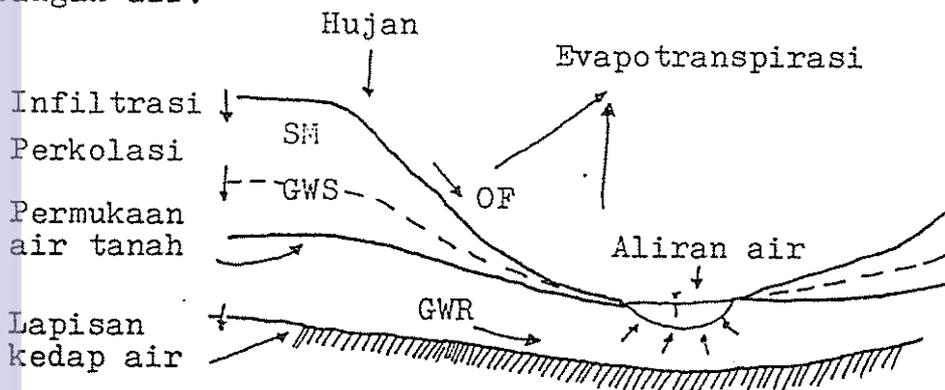
GWR = Aliran Air Tanah

E = Evaporasi

ET = Evapotranspirasi

Suatu perubahan kondisi di permukaan bumi dapat menimbulkan suatu perubahan nilai setiap unsur atau faktor diatas. Sebagai contoh apabila terjadi penebangan hutan, yang merupakan tanaman penutup tanah maka akibatnya adalah menurunnya nilai infiltrasi sehingga limpasan permukaan menjadi bertambah besar, nilai kelembaban tanah dan cadangan air bumi akan berkurang. Akibat dari peristiwa ini adalah menurunnya sumbangan sumber daya air tanah terhadap aliran air sungai (debit). Rangkaian peristiwa ini menunjukkan betapa eratnya hubungan antara komponen-komponen yang terlibat dalam daur hidrologi.

Gambar berikut menunjukkan siklus hidrologi dan keseimbangan air.



Gambar 1. Siklus hidrologi dan keseimbangan air (Priyanto, 1988)

2. Curah Hujan

Curah hujan adalah air dalam bentuk cair atau padat yang jatuh di atas permukaan bumi dimana didahului oleh

proses kondensasi massa udara. Bentuk dan jumlah dipengaruhi oleh faktor iklim yaitu angin, temperatur dan tekanan atmosfer (Viessman et al, 1977). Menurut Subarkah (1980) hujan terjadi karena penguapan air, terutama air dari permukaan laut yang naik ke atmosfer dan mendingin kemudian menyuling akhirnya jatuh sebagian di atas lautan dan sebagian di atas daratan.

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1983) faktor-faktor curah hujan yang berhubungan dengan limpasan dalam suatu aliran sungai adalah :

1. Intensitas curah hujan

Pengaruh intensitas curah hujan pada limpasan permukaan adalah tergantung dari kapasitas infiltrasi.

2. Lama curah hujan

Di setiap daerah aliran terdapat lama curah hujan yang kritis. Jika lama curah hujan kurang dari lamanya yang kritis maka lamanya limpasan praktis akan sama dan tidak tergantung dari intensitas curah hujan.

3. Distribusi curah hujan dalam daerah pengaliran

Banjir di daerah pengaliran yang besar kadang-kadang terjadi oleh karena curah hujan yang lebat yang distribusinya merata dan sering kali terjadi karena curah hujan biasa yang mencakup daerah yang luas meskipun intensitasnya kecil. Debit puncak maksimum dapat terjadi karena hujan yang lebat pada

daerah hujan yang sempit.

4. Arah pergerakan curah hujan

Umumnya pusat curah hujan itu bergerak. Jadi suatu curah hujan lebat yang bergerak sepanjang sistem aliran sungai akan mempengaruhi debit puncak dan lamanya limpasan permukaan.

3. Analisa Rata-rata Curah Hujan Daerah

World Metereologi Organization (1974) dalam Rame-lan (1984) menetapkan beberapa metode yang digunakan dalam menghitung curah hujan rata-rata suatu daerah yaitu sebagai berikut :

1. Metode Rata-rata Aritmatik

Metode ini adalah metode yang paling sederhana obyektif dan konsistensi apabila jumlah stasiun cukup banyak dan tersebar merata pada daerah yang mendatar. Metode ini memberikan bobot yang sama pada setiap stasiun, yaitu dengan cara menjumlahkan angka pengukuran di setiap stasiun penakar hujan dan membagi dengan jumlah stasiun penakar hujan yang ada. Metode ini dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad /2/$$

dimana :

\bar{P} = curah hujan rata-rata daerah

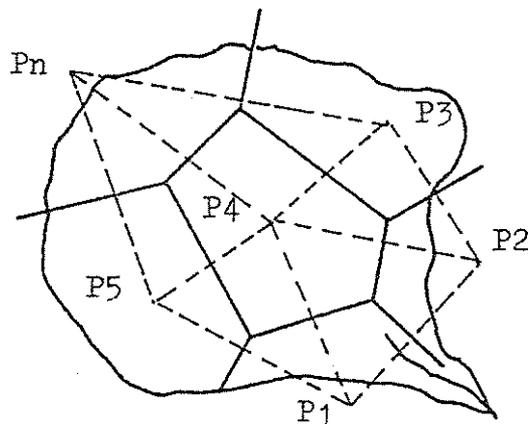
P_i = curah hujan di stasiun ke - i

($i = 1, 2, 3, \dots$)

n = jumlah stasiun penakar

2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini didasarkan atas pemberian bobot pada stasiun terhadap luas daerah yang terwakili. Untuk menentukan luas daerah yang terwakili tersebut harus ditarik garis-garis bagi yang tegak lurus terhadap garis-garis lainnya sehingga terbentuk poligon yang merupakan perpotongan garis-garis bagi tersebut. Didalam poligon terdapat sebuah stasiun yang mewakili daerah tersebut.



Gambar 2. Pembagian DAS dalam beberapa poligon

Curah hujan yang terjadi pada suatu daerah tertentu dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti di bawah ini :

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \sum_{i=1}^n W_i P_i \quad /3/$$

dimana :

\bar{P} = curah hujan rata-rata

P_i = curah hujan di stasiun ke - i

($i= 1,2,3,\dots$)

A_i = luas poligon ke- i

$W_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$, bobot stasiun ke- i

n = jumlah stasiun penakar

Metode ini memberikan hasil yang konsisten dan tidak memerlukan keseragaman penyebaran stasiun penakar hujan.

3. Metode Isohyet

Metode ini memperhitungkan faktor topografi karena isohyet adalah garis yang menghubungkan daerah yang memiliki curah hujan yang sama. Metode ini dibuat dengan memperhatikan efek topografi dan asal data hujan. Curah hujan rata-rata daerah tersebut dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{i-1} + P_i) \times \frac{A_i}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad /4/$$

dimana :

\bar{P} = curah hujan rata-rata

P_{i-1} = curah hujan pada isohyet

P_i = curah hujan pada isohyet

($i=1,2,3,\dots$)

A_i = luas daerah ke -i yang terletak diantara isohyet ke-i dan i-1

n = jumlah daerah yang dipisahkan isohyet

Metode ini digunakan pada daerah yang luas dengan jaringan stasiun yang tidak terlalu padat. Dari peta isohyet yang dibuat dapat digunakan untuk memperkirakan besar curah hujan di suatu tempat pada daerah tertentu yang tidak mempunyai pengamatan curah hujan. Caranya adalah dengan menginterpolasikan tempat tersebut dengan dua isohyet yang mengapitnya.

Menurut Sri Harto (1987) dibandingkan dengan dua cara lainnya, cara dengan menggunakan poligon thiessen memang mempunyai kelebihan terutama sekali dalam hal keobyektivitasannya akan tetapi beberapa kelemahannya adalah sebagai berikut :

1. Variasi hujan sebagai pengaruh dari topografi sama

sekali tidak diperhitungkan.

2. Pola penyebaran hujan sama sekali tidak diketahui.
3. Besar kesalahan yang terjadi tidak diketahui.
4. Sangat peka terhadap jumlah stasiun hujan yang terdapat pada suatu daerah tertentu, baik karena terjadi penambahan alat penakar hujan secara operasional dan pengurangan alat penakar hujan karena tidak dapat beroperasi dengan baik (rusak).

4. Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan adalah air yang mencapai sungai tanpa mencapai permukaan tanah, yakni curah hujan yang dikurangi sebagian dari besarnya infiltrasi, besarnya air yang tertahan oleh besarnya genangan (Sosrodarsono dan Takeda, 1983). Cepat lambatnya limpasan dipengaruhi oleh intensitas hujan yang jatuh dan sifat-sifat tanah. Intensitas disamping membentuk suatu pola juga mempunyai energi kinetik yang dapat mempengaruhi tanah dalam menyerap air. Sebagai mana yang diterangkan oleh Linsley et al (1975), bahwa limpasan tergantung dari kondisi kelembaban tanah pada permulaan turun hujan dan karakteristik hujan tersebut yang meliputi intensitas hujan dan lama terjadinya hujan

Untuk menghitung debit laju limpasan permukaan digunakan beberapa persamaan empiris salah satunya

adalah :

$$Q_{\text{maks}} = 0,35 \times A^{1,8} A^{-0,05} \quad /5/$$

dimana :

$$Q_{\text{maks}} = \text{debit banjir maksimum (m}^3/\text{dt)}$$

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

Dalam prakteknya persamaan yang sering digunakan untuk menentukan besarnya debit limpasan yang terjadi karena turun hujan adalah dengan metode Rasional. Cara ini memperhatikan intensitas hujan yang terjadi, luas daerah dan faktor pengaliran. Rumusnya adalah:

$$Q = 0,278 \text{ C.I.A} \quad /6/$$

dimana :

$$Q = \text{debit limpasan permukaan (m}^3/\text{dt)}$$

$$C = \text{koefisien limpasan permukaan}$$

$$I = \text{intensitas curah hujan dalam suatu periode ulang dan dalam jangka waktu tertentu yang sama dengan masa konsentrasi (mm/jam)}$$

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

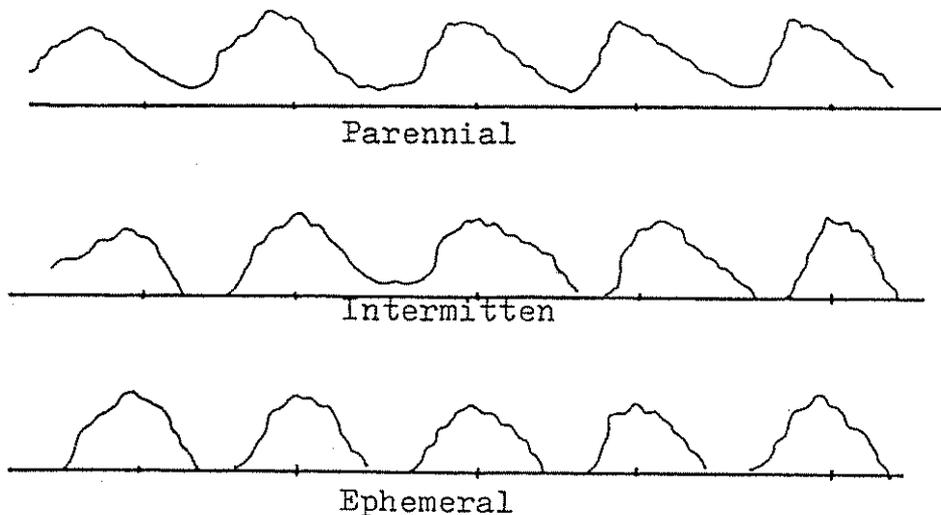
5. Aliran Air Tanah

Pada permulaan, sebelum ada aliran karena hujan pengaliran di dalam sungai disebabkan oleh air tanah disebut dengan aliran dasar (base flow) karena air tanah mengalir ke sungai (Subarkah, 1980).

Pengaliran seperti ini hanya terjadi apabila dasar sungai lebih rendah daripada muka air tanah.

Selanjutnya Subarkah (1980) menyatakan bahwa ada tiga sebutan sungai berdasarkan keadaan aliran yaitu :

1. Perennial atau kontinyu bila di sungai tersebut selalu ada air. Dasar sungai selalu dibawah permukaan aliran air tanah.
2. Intermittent, kalau sungai kadang-kadang kering karena evaporasi, rembesan dan penahanan air di bagian ledokan.
3. Ephemeral, kalau air sungai ada dan mengalir pada saat setelah ada hujan sebelumnya atau salju mencair. Pada sungai ini tidak pernah ada aliran air tanah.



Gambar 3. Hidrograf aliran sungai
(Subarkah, 1980)

B. DAERAH ALIRAN SUNGAI

1. Pengertian Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai yang disingkat DAS dapat diartikan sebagai kawasan yang dibatasi oleh pemisah topografi yang menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan yang jatuh di atasnya ke sungai dan akhirnya ke muara sungai (Manan, 1979). Menurut Sub Balai RLKT Ciujung - Ciliwung (1986) DAS didefinisikan sebagai suatu wilayah daratan yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui sungai ke danau atau ke laut. Suatu DAS dipisahkan oleh pemisah alam topografi seperti punggung-punggung bukit, gunung dan lain sebagainya terhadap wilayah lainnya. (DAS-DAS lainnya)

Selanjutnya Soerjono (1978) menyatakan bahwa DAS merupakan ekosistem yang terdiri dari beberapa unsur dimana unsur utamanya adalah tanah, vegetasi dan manusia serta segala daya upaya yang dilakukan di dalamnya. Untuk DAS bagian hulu (Upper Watershed) adalah bagian DAS yang melindungi bagian DAS hilir (Lower Watershed) (Sub Balai RLKT Ciujung-Ciliwung).

Secara umum DAS terdiri dari dua daerah yaitu

1. Recharge Area/ Daerah Pengisian

Merupakan daerah pegunungan dengan curah hujan

yang tinggi, mempengaruhi karakteristik sungai serta tingkat pemakaian air yang minimum.

Faktor-faktor yang mempengaruhi recharge area atau daerah pengisian adalah :

- a. Faktor curah hujan (intensitas dan distribusi)
- b. Faktor sifat fisik
- c. Faktor vegetasi

2. Descharge Area/ Daerah Pemakaian

Merupakan daerah dataran rendah dengan curah hujan yang rendah, pemakaian air maksimum serta menjadi tempat pemukiman, perindustrian dan pertanian.

2. Komponen dan Karakteristik Daerah Aliran Sungai

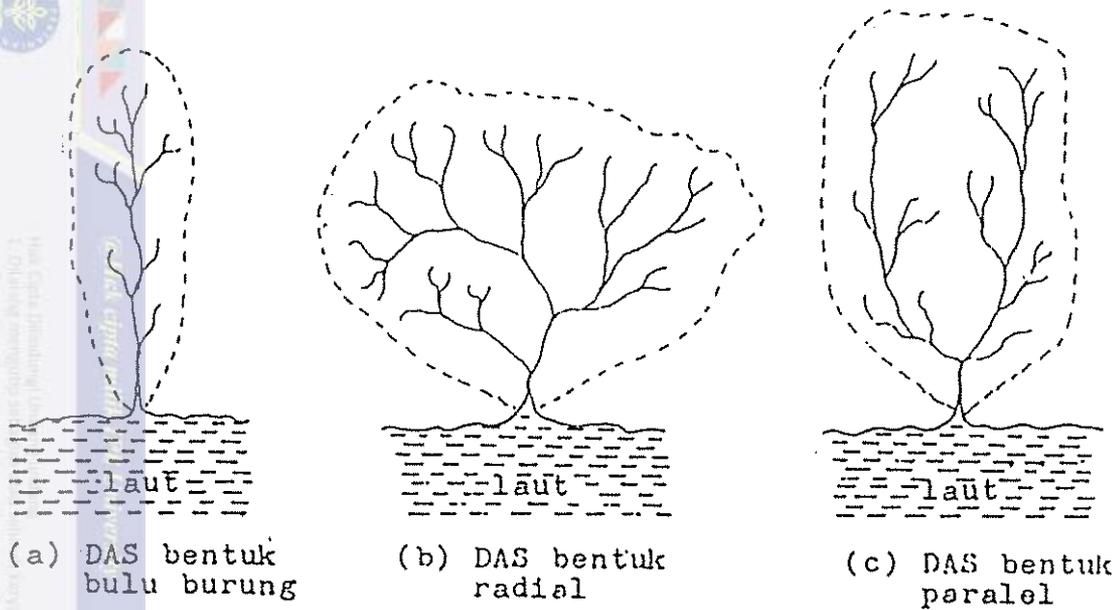
Di dalam membahas komponen-komponen DAS tidak akan terlepas dari aliran sungai yang dihasilkan oleh wilayah tersebut. Priyanto (1988) menyatakan bahwa dalam daerah aliran sungai, besarnya aliran sungai merupakan gambaran air yang dihasilkan oleh wilayah tersebut (out put) yang di pengaruhi oleh karakter hujan, fisik wilayah, tata guna lahan serta sistem pengelolaannya. Menurut Wanggai (1975) dalam menelaah kondisi hidrologi harus merinci daerah aliran sungai dalam komponen tanah, vegetasi dan sungai. Semua komponen ini sangat karakteristik untuk setiap DAS baik kuantitas, kualitas maupun dimensi penyebarannya.

Karakteristik-karakteristik sungai dinyatakan dalam bentuk, ukuran, kemiringan dan panjang sungai. Dengan ditambah keadaan geologi dan vegetasi, semua itu akan mempengaruhi debit sungai, corak banjir dan aliran dasar.

Berdasarkan karakteristik pengalirannya DAS digolongkan dalam tiga macam bentuk (Sosrodarsono dan Takeda, 1983) yaitu :

1. Daerah sungai berbentuk bulu burung, di jalur kiri dan kanan sungai utama terdapat anak-anak sungai. Daerah pengaliran seperti ini memiliki debit banjir yang kecil karena waktu tiba banjir dari anak-anak sungai berbeda-beda namun bila terjadi banjir akan berlangsung lama.
2. Daerah aliran sungai berbentuk radial, anak-anak sungai terkonsentrasi kesuatu titik secara radial. Pada daerah pengaliran seperti ini apabila terjadi banjir maka banjir tersebut akan lebih besar di titik pertemuan anak-anak sungai.
3. Daerah aliran sungai bentuk pararel, terdapat dua jalur atau lebih daerah pengaliran yang bersatu di bagian hilir. Banjir akan terjadi di sebelah hilir dari titik pertemuan sungai-sungai.

Bentuk- bentuk daerah pengaliran sungai seperti yang sudah dijelaskan dapat dilihat pada gambar 4.



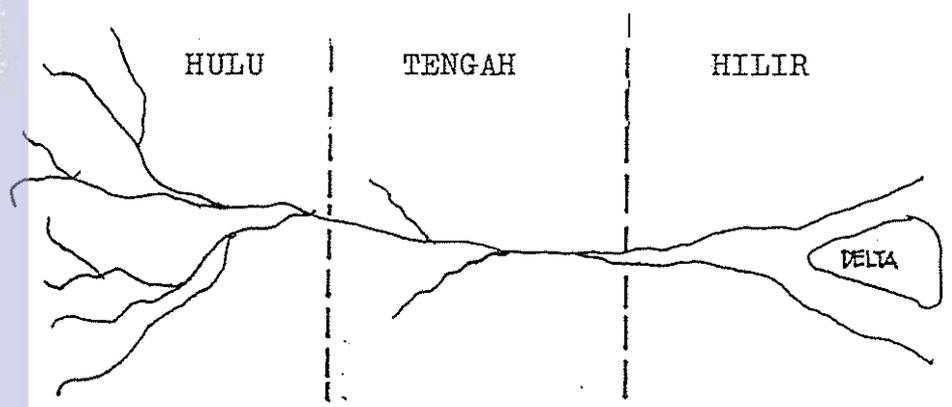
Gambar 4. Bentuk-bentuk daerah pengaliran sungai (Sosrodarsono dan Takeda, 1983)

C. SUNGAI

1. Profil Sungai

Profil sungai dapat ditelaah dengan membagi sungai menjadi tiga bagian yaitu sungai di bagian hulu, tengah dan hilir. Pada bagian hulu keadaan sungainya memiliki lereng yang terjal, arus sungai cepat, terjadi proses erosi vertikal, lembah sungai berbentuk huruf V, material sungai besar dan kasar dan bervegetasi hutan. Dibagian tengah keadaan sungai memiliki lereng yang sedang, arus sungai sedang, terjadi proses erosi vertikal dan horisontal, lembah sungai berubah dari bentuk V ke bentuk U dan bervegetasi belukar. Sedangkan di bagian hilir

keadaan sungainya memiliki lereng landai, arus sungai tenang, terjadi erosi lateral dan proses sidemintasi, lembah sungai berbentuk huruf U, material sungai halus (pasir dan lumpur) dan bervegetasi rawa serta kadang-kadang terbentuk delta. Pada gambar 5 memperlihatkan keadaan sungai dengan penampakan dari atas.



Gambar 5. Tampak atas sungai (Russel, 1967)

Bentuk penampang melintang sungai biasanya tidak tetap ini diakibatkan oleh banyak faktor seperti adanya sidementasi, penggerusan dasar sungai oleh kecepatan aliran serta dipengaruhi oleh bahan dasar pembentuk dasar sungai (Sosrodarsono dan Takeda, 1983).

Pada bagian hulu di daerah daerah pegunungan biasanya dasar sungai sangat digusur sedangkan di bagian hilir terjadi proses pengendapan (sidemen-

Hal yang dimaksudkan dengan...
 1. Dilihat dari segi...
 2. Berdasarkan...
 3. Berdasarkan...
 4. Berdasarkan...
 5. Berdasarkan...

tasi). Umumnya bentuk penampang melintang sungai adalah antara bentuk persegi panjang dan segitiga. Bila luas melintang penampang sungai disebut A, lebar B dan tinggi muka air H maka persamaannya :

$$A = C \cdot B \cdot H \quad /7/$$

dimana C disebut koefisien penampang sungai yang dipengaruhi oleh bentuk penampang melintangnya.

Untuk segitiga $C = 1/2$, persegi panjang $C = 1$.

Pada umumnya sungai-sungai memiliki koefisien berkisar 0,60.

2. Permukaan Air Sungai dan Debit

Perubahan kondisi permukaan air sungai dalam jangka waktu yang panjang akan dapat diketahui dengan mengamati permukaan air sungai dalam jangka waktu yang panjang pula. Debit sungai dapat pula diperoleh dari permukaan air sungai tersebut. Dalam persoalan pengendalian air sungai, permukaan air sungai yang sudah dikorelasikan dengan curah hujan dapat digunakan untuk membantu mengadakan penyelidikan banjir serta pengendaliannya.

Horton dalam Sosrodarsono dan Takeda (1983) memperlihatkan jenis perubahan kenaikan permukaan air. Kenaikan permukaan air sangat dipengaruhi oleh karakteristik hujan dan keadaan fisik daerah

pengalirannya. Klasifikasi kenaikan permukaan air oleh karakteristik hujan tertentu dapat dilihat pada gambar 6.

Hidrograf				
Jenis	0	1	2	3
Intensitas	$< f$	$< f$	$> f$	$> f$
Kekurangan kelembaban tanah	$> P$	$< P$	$> F$	$< F$
Limpasan	Tidak ada	Tidak ada	$Q_s = P_e$	$Q_s = P_e$
Aliran Air tanah	Tidak ada	P-FMD	Tidak ada	F-FMD
Penambahan debit	Tidak	Ada	Ada	Ada

Gambar 6. Klasifikasi kenaikan permukaan air

Kolom-kolom diatas memperlihatkan efek setiap karakteristik curah hujan dan kondisi daerah pengaliran terhadap debit fungsi.

1. Kenaikan permukaan air oleh curah hujan jenis 0. Kenaikan tidak terjadi apabila infiltrasi lebih besar dari intensitas hujan yang jatuh
2. Kenaikan permukaan oleh curah hujan jenis 1. Kenaikan terjadi akibat perbedaan kapasitas infiltrasi dan intensitas hujan kecil, sehingga

terjadi penambahan jumlah air tanah. Penambahan ini akan mengurangi kecepatan penurunan muka air tanah. Sedangkan penambahan air pada penampang sungai lebih banyak diakibatkan oleh hujan yang jatuh langsung ke sungai hingga tampak terjadi penambahan yang kecil.

3. Kenaikan permukaan air oleh curah hujan jenis 2. Kenaikan air pada permukaan air sungai tampak nyata. Ini terjadi karena infiltrasi lebih kecil dari intensitas hujan yang jatuh ke tanah.
4. Kenaikan permukaan air oleh curah hujan jenis 3. Intensitas hujan jauh lebih besar dari kapasitas infiltrasi tanah. Hal ini mengakibatkan kenaikan permukaan air sungai berlangsung dengan cepat.

Debit air pada sungai dapat diukur dengan mengetahui terlebih dahulu komponen-komponen seperti luas penampang sungai dan kecepatan arus air. Cara lain yang dapat digunakan untuk menentukan besarnya debit sungai adalah didasarkan dari curah hujan yang jatuh. Seperti diketahui bahwa besarnya aliran sungai ditentukan oleh besarnya hujan, intensitas hujan, luas daerah hujan, lama waktu hujan dan ciri-ciri daerah aliran itu. Metode ini disebut metode Rasional seperti yang telah diterangkan pada limpasan permukaan.

D. PENELUSURAN BANJIR (HYDRAULIC ROUTING)

1. Pengertian Hydraulic Routing

Hydraulic Routing adalah salah satu cara penelusuran perambatan banjir yang didasarkan pada keseimbangan energi (Linsley dan Kohler, 1986). Pada metode ini selain informasi hidrologi juga dibutuhkan informasi tentang bentuk geometri salurannya. Adapun asumsi yang digunakan pada persamaan ini adalah :

1. Berat jenis air tetap
2. Secara hakiki alirannya berdimensi satu
3. Merupakan aliran mantap dan tak merata
4. Aliran yang terjadi merupakan aliran turbulen
5. Nilai n (koefisien kekasaran) tetap pada selang jarak antara titik pengamatan dan berubah pada titik pengamatan berikutnya.

2. Persamaan - persamaan pada Hydraulic Routing

Persamaan yang digunakan pada hydraulic routing ini adalah persamaan energi dimana air yang mengalir pada suatu penampang tertentu memiliki energi tertentu. Energi tersebut adalah energi akibat tekanan, kecepatan dan kedudukan. Persamaannya adalah :

$$Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g = Z_2 + \alpha_2 V_2^2 / 2g + E_f + E_o \quad /8/$$

dimana :

Z_1, Z_2 = tinggi permukaan air dari suatu datum.

E_f = energi yang hilang karena adanya gesekan.

E_o = energi yang hilang karena perubahan bentuk/
dimensi penampang memanjang sungai.

Satuan untuk Z_1, Z_2, E_f dan E_o dalam meter (m).

$V_1^2/2g$ dan $V_2^2/2g$ adalah head kecepatan.

Untuk energi yang hilang karena pengaruh gesekan
dihitung dengan persamaan :

$$E_f = S_f \cdot L \quad /9/$$

dimana :

L = panjang sungai (m)

S_f = slope energi

Dan nilai S_f diperoleh dengan menggunakan per-
samaan :

$$S_f = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} \quad /10/$$

dimana :

n = faktor kekasaran penampang

V = kecepatan aliran (m^2/dt)

R = jari-jari hydraulic (m)

Energi yang hilang karena perubahan bentuk/dimensi
penampang kearah hilir di pergunkan suatu persamaan :

IV. METODE PENELITIAN

A. LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada tiga stasiun pengamat tinggi permukaan air di Sungai Ciliwung. Ketiga stasiun pengamat itu masing-masing terletak di Katulampa (Bogor), Ratujaaya (Depok) dan Rawajati (Jakarta).

Stasiun pengamat Katulampa merupakan outlet dari DAS Ciliwung Hulu. Letak stasiun ini di desa Katulampa, Kecamatan Ciawi. Stasiun ini terletak antara $6^{\circ} 37' 31''$ LS dan $106^{\circ} 56' 16''$ BT.

Stasiun pengamat Ratujaaya merupakan outlet dari DAS Ciliwung bagian Tengah. Stasiun ini terletak di Desa Ratujaaya, Kecamatan Ratujaaya, Depok. Dan antara $6^{\circ} 26' 34''$ LS dan $106^{\circ} 48' 52''$ BT.

Stasiun Rawajati terletak di Desa Rawajati, Kecamatan Kramat Jati, Jakarta Selatan. Terletak antara $6^{\circ} 3' 9''$ LS dan $106^{\circ} 51' 01''$ BT. Titik pengukuran dari masing-masing stasiun memiliki elevasi 346.0 m dpl, 73 m dpl dan 13.6 m dpl untuk stasiun Katulampa, Ratujaaya dan Rawajati.

Waktu penelitian di mulai pertengahan Oktober sampai pertengahan Desember 1990.

B. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Peralatan yang digunakan selama penelitian adalah peralatan tulis, gambar dan planimeter.

Adapun bahan yang digunakan meliputi data sekunder dan peta-peta serta gambar-gambar dengan perincian sebagai berikut :

1. Data tinggi permukaan air di tiga stasiun pengamat yang diukur pada jam 6.00 pagi, 12.00 siang dan 18.00 malam. Data diambil mulai bulan Januari sampai Agustus 1990.
2. Data curah hujan rata-rata bulanan untuk bulan Januari sampai Agustus dari tahun 1951-1986. DAS Ciliwung Hulu diwakili oleh stasiun pengamat hujan Gunung Mas (76), Panjang (70a), Cidakom (67), Tapos (66), Ciawi (59a) dan Katulampa (56). Untuk bagian tengah diwakili oleh stasiun pengamat hujan di Kebun Raya (46b), Semplak (38b), Bojong Gedeh (37) dan Depok (36). Bagian hilir diwakili oleh Halim PK (33c) dan Ragunan (33a).
3. Peta DAS Ciliwung (skala 1 : 100.000)
4. Peta erodibilitas tanah pada DAS Ciliwung (skala 1 : 200.000)
5. Gambar luas penampang sungai di setiap stasiun pengamatan (Katulampa-Ratujaya-Rawajati).

C. TAHAPAN PEKERJAAN

1. Persiapan Peta

Persiapan peta adalah memindahkan letak stasiun pengamat hujan pada peta utama. Menghitung luas DAS bagian Hulu, Tengah dan Hilir.

2. Menghitung curah hujan rata-rata daerah.

Curah hujan rata-rata daerah dihitung dengan menggunakan metode Poligon Theissen (Persamaan 3)

3. Menghitung rata-rata tinggi permukaan air harian

di tiga stasiun pengamatan untuk bulan Januari sampai Agustus 1990.

4. Membuat suatu persamaan matematik dengan cara

regresi dari curah hujan rata-rata harian dan tinggi muka air sungai rata-rata harian.

5. Membandingkan debit limpasan pada DAS bagian

Hulu, Tengah dan Hilir dengan debit aktual yang terukur pada tiga stasiun pengamatan. Debit limpasan diduga dengan menggunakan metode Rasional (Persamaan 6). Contoh perhitungan ada pada lampiran 13.

6. Menganalisa perbedaan tinggi permukaan air di

tiga stasiun pengamatan. (Persamaan 8, 9, 10, 11).

7. Menghitung besarnya tambahan air sepanjang aliran

sungai. Asumsi yang digunakan debit yang terukur di Katulampa adalah tetap sampai di Ratujaya dan

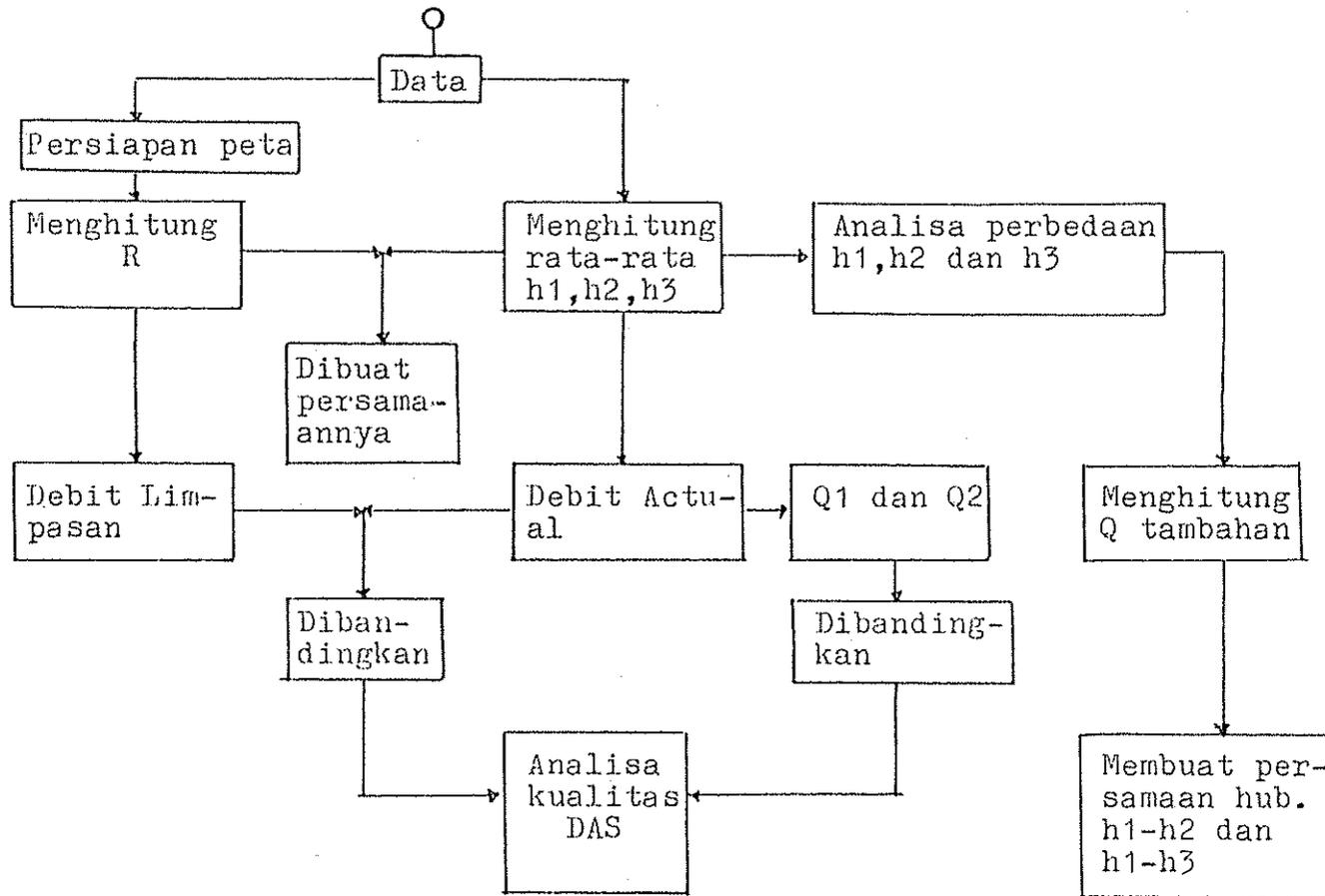


dari Ratujaaya ke Rawajati.

8. Membuat suatu persamaan matematika secara regresi hubungan tinggi permukaan air di stasiun pengamat Katulampa dengan di Ratujaaya dan Rawajati.



Gambar 7. Bagan alir tahapan pekerjaan.



Keterangan :

- R = Curah hujan rata-rata harian daerah.
- h1, h2, h3 = Tinggi permukaan air di tiga stasiun.
- Q1 dan Q2 = Debit mak. pada musim hujan dan debit min pada musim kering.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HUBUNGAN CURAH HUJAN DENGAN TINGGI PERMUKAAN AIR

Dalam penelitian ini data curah hujan yang dipergunakan adalah rata-rata curah hujan bulanan dari beberapa stasiun pengamat hujan di DAS Ciliwung periode th 1951-1986. Data ini merupakan hasil penelitian mahasiswa Agrometereologi, FAMIPA - IPB. Langkah ini diambil karena tidak lengkapnya pengukuran curah hujan di beberapa stasiun pengamat hujan pada DAS Ciliwung saat penelitian dilakukan.

Pembagian luas daerah hujan dibuat diatas peta dengan menggunakan metode Poligon Theissen. Metode ini memberikan bobot pada setiap stasiun pengamat hujan berdasarkan luas daerah hujan yang diwakili. Daerah hujan ditentukan berdasarkan lokasi dan sebaran letak stasiun pengamat hujan. Daerah aliran sungai dibagi menjadi 3 bagian yaitu bagian hulu, tengah dan hilir. Bagian hulu dari DAS Ciliwung memiliki out let di stasiun pengamat Katulampa dan terbagi menjadi enam daerah hujan dengan stasiun pengamat di Ciawi (59a), Tapos (66), Cidakom (67), Panjang (70a), Gunung Mas (76) dan Katulampa (56). Bagian tengah memiliki out let di stasiun pengamat Ratujaya, Depok. Adapun tambahan daerah hujan untuk wilayah ini diwakili oleh

stasiun pengamat hujan di Kebun Raya Bogor (46b), Semplak (38b), Bojong Gedeh (37) dan di Depok (36). Bagian hilir memiliki out let di Rawajati. Tambahan daerah hujan untuk bagian hilir diwakili oleh stasiun pengamat hujan di Ragunan (33a) dan Halim PK (33c).

Luas dan bobot stasiun pengamat hujan untuk setiap daerah hujan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 9. Luas daerah hujan (LDH) dan bobot stasiun pengamat hujan (BSPH) untuk setiap daerah hujan

No. St	HULU		TENGAH		HILIR	
	LDH (km ²)	BSPH	LDH (km ²)	BSPH	LDH (km ²)	BSPH
59a	4.5	0.031	4.5	0.018	4.5	0.015
66	11.5	0.079	11.5	0.047	11.5	0.038
67	40.5	0.281	40.5	0.167	40.5	0.134
70a	37.5	0.260	37.5	0.155	37.5	0.124
76	38.5	0.267	38.5	0.159	38.5	0.127
56	<u>11.75</u>	<u>0.081</u>	12.75	0.053	12.75	0.042
46b			27.3	0.113	27.3	0.090
38b			29.25	0.121	29.25	0.096
37			30.5	0.126	30.5	0.100
36			<u>9.5</u>	<u>0.039</u>	38.0	0.125
33a					18.3	0.060
33c					<u>14.25</u>	<u>0.047</u>
LT	144.25		241.8		302.85	

Catatan : $LT = \text{Luas Total}$.

Luas daerah diukur dengan menggunakan Planimeter. Sedangkan bobot stasiun pengamat hujan (SPH) merupakan perbandingan luas daerah hujan yang diwakili oleh SPH dengan luas total. Ini berarti dengan metode Theissen, curah hujan rata-rata dibuat dengan memperhitungkan pengaruh daerah di tiap titik pengamatan. Secara umum bentuk DAS Ciliwung adalah berbentuk bulu burung yang menyempit ke arah hilir. Dari hasil pengukuran luas total DAS Ciliwung dari hulu dengan hilir sampai di Rawajati adalah 302.85 km^2 .

Hubungan curah hujan dengan tinggi permukaan air di bagian hulu dapat diwakili oleh persamaan $Y = 3.336X + 13.63$. Dimana Y adalah tinggi permukaan air sungai dan X adalah curah hujan rata-rata. Persamaan ini memiliki faktor korelasi yang baik yaitu 0.9530, ini berarti variabel Y (peubah tak bebas) dengan X (peubah bebas) memiliki hubungan yang erat atau perubahan curah hujan yang terjadi memberikan arti bagi perubahan tinggi permukaan air di sungai. Demikian pula untuk bagian tengah dan hilir yang memiliki persamaan $Y = 4.383X + 20$ dan $Y = 12.85X + 113.7$ dengan faktor korelasi 0.9609 dan 0.7801. Untuk mengetahui keterhandalan persamaan yang diperoleh dapat dilihat dari nilai R-Squa-



red untuk bagian hulu, tengah dan hilir masing-masing 0.9082, 0.9233 dan 0.6085.

Tabel 10. Curah hujan rata-rata harian untuk daerah hulu, tengah dan hilir (R1, R2 dan R3) dan tinggi permukaan air rata-rata di Katulampa, Ratujaya dan Rawajati (h1, h2 dan h3)

Bulan	R1 (mm)	h1 (m)	R2 (mm)	h2 (m)	R3 (mm)	h3 (m)
1	18.03	0.82	16.52	1.01	15.39	3.80
2	15.58	0.64	14.15	0.80	13.07	2.75
3	12.53	0.48	12.84	0.68	11.42	2.02
4	11.60	0.47	12.06	0.65	11.33	2.17
5	8.84	0.45	9.24	0.64	8.63	2.10
6	4.99	0.27	5.74	0.50	5.43	1.95
7	5.10	0.33	5.61	0.44	5.12	1.89
8	5.98	0.39	6.49	0.46	6.00	2.24

Efek curah hujan terhadap perubahan tinggi permukaan air sangat di pengaruhi oleh karakteristik curah hujan dan daerah pengaliran. Besarnya curah hujan akan memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan tinggi permukaan air apabila faktor-faktor seperti intersepsi, infiltrasi serta besarnya evapotranspirasi telah terlampaui. Menurut Wollny (1880) di dalam poerwowidodo (1986), adanya intersepsi oleh tajuk daun menyebabkan jumlah air yang sampai ke permukaan tanah berkurang sampai 50 % dari total hujan.

Curah hujan yang jatuh pada DAS Ciliwung berku-

rang dari bagian hulu ke bagian hilir. Faktor-faktor yang menentukan adalah adanya perbedaan tinggi daerah, luas daerah, posisi (latitude) serta jarak dari pantai. Pada bagian hulu curah hujan yang terjadi lebih tinggi daripada bagian tengah dan hilir, hal ini terjadi karena daerah hulu merupakan daerah pegunungan akibatnya adalah adanya rintangan terhadap pergerakan udara sehingga bergerak keatas dan akhirnya terjadi hujan orografik yang pada umumnya adalah lebat. Perbedaan ini juga karena pengaruh pantai. Pengaruh pantai akan mengurangi terjadinya hujan.

Di daerah hulu rata-rata curah hujan harian maksimum terjadi pada bulan Januari sebesar 18.03 mm dan minimum pada bulan Juni sebesar 4.99 mm, namun pada bulan Juli dan agustus curah hujan meningkat lagi. Di bagian tengah rata-rata curah hujan harian maksimum terjadi pada bulan Januari sebesar 16.524 mm dan minimum pada bulan Juli sebesar 5.61 mm. Sedangkan di bagian hilir curah hujan maksimum terjadi pada bulan Januari sebesar 15.395 mm dan minimum terjadi pada bulan Juli sebesar 5.120 mm.

Perubahan rata-rata curah hujan secara nyata mempengaruhi tinggi permukaan air di sungai. Di Daerah hulu rata-rata tinggi permukaan air maksimum terjadi pada bulan Januari sebesar 0.8152 m dan mi-

nimum terjadi pada bulan Juni sebesar 0.2725 m. Di bagian tengah tinggi maksimum adalah 1.0182 m dan minimum 0.443 m masing-masing terjadi pada bulan Januari dan Juli. Sedangkan di bagian hilir tinggi permukaan air maksimum terjadi pada bulan Januari dan minimum terjadi pada bulan Juli masing-masing dengan tinggi permukaan airnya 3.807 mm dan 1.888 m.

Tingginya permukaan air di daerah hilir akibat terakumulasinya jumlah air yang mengalir dari hulu ke daerah hilir. Pada bulan Januari tinggi permukaan air menjadi maksimum di tiga out let pengamatan ini sesuai dengan curah hujan yang cukup tinggi yang terjadi pada bulan ini. Pada musim hujan jumlah hujan yang tinggi akan mengakibatkan tingginya permukaan air ini karena faktor-faktor yang mengurangi terjadinya limpasan air hujan seperti intersepsi, infiltrasi, genangan dan evapotranspirasi sudah terpenuhi. Antara bulan Juni dan Juli di S. Ciliwung tinggi permukaan air di masing-masing stasiun pengamatan minimum. Pada musim kering dimana curah hujan rendah dan proses evapotranspirasi yang berlangsung terus serta kelembaban tanah yang rendah mengakibatkan air hujan yang dapat mencapai permukaan air sungai menjadi rendah pula. Meningkatnya tinggi permukaan air ke arah hilir disamping faktor

meningkatnya daerah tangkapan hujan juga dipengaruhi oleh penggunaan lahan di daerah tersebut..

Secara umum dibandingkan daerah hulu maka di daerah hilir penggunaan lahan untuk daerah pemukiman lebih besar serta hutan yang jarang. Perbedaan ini menjadi salah satu penyebab tingginya permukaan air. (Menurut RLKT Ciujung -Ciliwung luas hutan di daerah hulu sekitar 44,2 persen dan pemukiman 5.55 persen dari luas total).

Soerjono (1987) mengatakan vegetasi hutan dapat memperbaiki kualitas maupun kuantitas air dalam DAS. Akar vegetasi memperbesar kapasitas infiltrasi dan daya absorpsinya terhadap air. Di daerah hulu secara keseluruhan didominasi oleh jenis tanah Latosol. Tanah ini memiliki sifat fisik yang dapat mengurangi terjadinya limpasan yaitu, struktur tanah remah, konsistensi gembur, permeabilitas tinggi dan kemampuan menahan air yang cukup baik. Pada daerah dengan jenis tanah ini kapasitas menyimpan air besar, sehingga air hujan yang jatuh di lahan ini akan banyak diserap dan disimpan oleh tanah.

Di daerah tengah dan hilir terproyeksinya lahan di DAS menjadi daerah pemukiman dan industri mengakibatkan terjadinya pemadatan tanah yang mengurangi kemampuan tanah untuk menyimpan air hu-



jan yang jatuh pada daerah tersebut.

B. PERBANDINGAN DEBIT LIMPASAN DAN DEBIT AKTUAL

Aliran air sungai tergantung dari dua faktor yaitu elemen meteorologi dan elemen daerah pengaliran. Elemen meteorologi meliputi jenis presipitasi, intensitas curah hujan, lamanya hujan, distribusi hujan, arah pergerakan hujan dan kondisi meteorologi lainnya seperti kecepatan angin, lama penguapan dsbnya.

Jenis presipitasi ada dua yaitu hujan dan salju. Hujan dan salju akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap limpasan. Hujan memberikan pengaruh langsung terhadap limpasan permukaan sedangkan salju pengaruhnya tidak langsung. Intensitas curah hujan berhubungan erat dengan kapasitas infiltrasi tanah. Apabila intensitas curah hujan melebihi kapasitas infiltrasi maka kenaikan air limpasan akan sebanding dengan peningkatan curah hujan. Lamanya hujan, distribusi dan arah pergerakan hujan memberikan pengaruh nyata terhadap terjadinya limpasan permukaan. Lamanya hujan dan distribusi yang merata mengakibatkan perubahan kelembaban tanah. Curah hujan yang cukup lama dengan distribusi yang merata meningkatkan kelembaban tanah yang pada akhirnya akan mengurangi



kapasitas infiltrasi dan perkolasi. Arah pergerakan hujan yang bergerak sepanjang aliran sungai akan memberikan kontribusi langsung terhadap limpasan dan aliran air sungai.

Elemen daerah pengaliran meliputi tata guna lahan, luas daerah, lereng dan jenis tanah. Keempat faktor diatas merupakan faktor fisik yang dapat berubah. Penggunaan lahan atau tata guna lahan merupakan faktor yang dapat berubah relatif singkat dibandingkan dengan yang lainnya. Perubahan atau fluktuasi debit limpasan lebih banyak diakibatkan oleh faktor perubahan penggunaan lahan di daerah pengaliran.

Pada DAS Ciliwung debit sungai yang diduga berdasarkan limpasan curah hujan dibagi menjadi 3 daerah pengaliran yaitu Hulu, Tengah (meliputi hulu) dan Hilir (meliputi hulu dan tengah). Nilai C atau faktor pengaliran yang digunakan berdasarkan nilai C yang di kemukakan oleh Dr. Mononobe di dalam Sosrodarsono dan Takeda (1983). Untuk daerah hulu yang merupakan daerah penguangan nilai C atau faktor pengaliran yang di gunakan sebesar 0.8. Perbandingan debit limpasan dan debit aktual berkisar 11.6 sampai 23.1. Sedangkan bagian tengah dan hilir nilai C sebesar 0.7125 dan 0.625 diperoleh rasio berkisar 5.55 sampai 9.35 dan 1.10 sampai 2.33.



Tabel 11. Perbandingan debit limpasan (Q_{lim}) dari curah hujan rata-rata harian (R) dengan debit aktual (Q_{ak}) dari rata-rata tinggi permukaan air (h) untuk daerah hulu

Bulan	R (mm)	Q_{lim} (m^3/dt)	h (m)	Q_{ak} (m^3/dt)	Q_{lim}/Q_{ak}
1	18.03	290.65	0.82	16.09	18.06
2	15.58	251.19	0.64	11.75	21.37
3	12.53	202.11	0.48	8.75	23.09
4	11.60	187.35	0.47	8.73	21.46
5	8.84	142.44	0.45	8.40	16.95
6	4.99	80.52	0.27	5.60	14.38
7	5.10	82.12	0.33	7.10	11.57
8	5.98	96.24	0.39	7.90	12.18

Tabel 12. Perbandingan debit limpasan (Q_{lim}) dari curah hujan rata-rata harian (R) dengan debit aktual (Q_{ak}) dari rata-rata tinggi permukaan air (h) untuk daerah tengah

Bulan	R (mm)	Q_{lim} (m^3/dt)	h (m)	Q_{ak} (m^3/dt)	Q_{lim}/Q_{ak}
1	16.52	152.78	1.01	27.50	5.55
2	14.15	133.15	0.80	16.20	7.32
3	12.84	120.70	0.68	13.59	8.88
4	12.06	113.51	0.65	12.32	9.12
5	9.24	87.17	0.64	12.05	7.23
6	5.74	54.12	0.50	8.46	6.40
7	5.61	52.68	0.44	5.99	8.79
8	6.49	60.83	0.46	6.50	9.35

Tabel 13 . Perbandingan debit limpasan (Q_{lim}) dari curah hujan rata-rata harian (R) dengan debit aktual (Q_{ak}) dari rata-rata tinggi permukaan air (h) untuk daerah hilir

Bulan	R (mm)	Q_{lim} (m^3/dt)	h (m)	Q_{ak} (m^3/dt)	Q_{lim}/Q_{ak}
1	15.39	124.18	3.80	79.40	1.56
2	13.07	105.24	2.75	55.30	1.90
3	11.42	92.09	2.02	39.50	2.33
4	11.33	91.56	2.17	42.70	2.14
5	8.63	69.46	2.10	41.40	1.68
6	5.43	43.67	1.95	38.40	1.14
7	5.12	41.04	1.89	36.80	1.12
8	6.00	48.41	2.24	44.3	1.10

Nilai debit dugaan akan sama dengan debit aktual apabila rasionya bernilai 1 (satu).

Di daerah hulu terjadi rasio debit dugaan dan debit aktual yang cukup besar dibandingkan dengan di daerah tengah dan hilir. (min 17.6 dan maks 23.1). Ini berarti bahwa tidak semua air limpasan yang di tampung oleh penampang sungai terukur di stasiun pengamat Katulampa. Peristiwa ini diakibatkan karena di DAS Ciliwung hulu terdapat beberapa bendungan seperti bendungan Cibalok, Cibanon, Ciratim, Karadenan, Cikeumasan dan Ciseuseupan. Bendungan ini menyalurkan air untuk kebutuhan air di sekitarnya dan yang utama adalah untuk air irigasi. Pencegatan air limpasan oleh bendungan yang ada di anak-anak sungai Ciliwung hulu ini menyebabkan berkurangnya debit air yang mengalir sampai ke stasiun pengamat Katulampa. Disamping itu pertanian yang berkontur pada lereng-lereng pegunungan cenderung akan menghambat dan mengurangi air limpasan yang jatuh ke sungai.

Perbedaan rasio debit dugaan dengan debit aktual pada musim hujan dan musim kering disebabkan oleh sifat sungai Ciliwung yang kontinyu (selalu ada air). Pada musim kering pengaruh aliran air tanah menjadi dominan, sehingga dengan



curah hujan yang relatif rendah perbedaan debit dugaan dengan debit aktual menjadi berkurang dibandingkan dengan musim hujan dimana aliran sungai didominasi oleh curah hujan yang jatuh. Demikian pula yang terjadi di daerah tengah dan hilir, namun rendahnya daya simpan air di daerah tengah terutama daerah hilir mengakibatkan hampir semua air limpasan menjadi aliran sungai, dengan rasio 1.1 .

Dari bentuk DAS Ciliwung yang menyempit ke arah hilir mempercepat kecepatan air mencapai sungai karena kemungkinan adanya tampungan depresi seperti cekungan, selokan dan ledokan relatif kecil.

Daerah aliran sungai pada dasarnya adalah suatu areal yang sangat luas yang sangat ditentukan oleh pembagian topografinya. Karena adanya pembagian topografis ini, maka tiap-tiap daerah akan memiliki suatu DAS yang berbeda satu sama lainnya. Kekhususan yang dimiliki oleh suatu DAS akan mempengaruhi terhadap keadaan hidrologi dari masing-masing DAS tersebut. Adanya perubahan keadaan hidrologi masing-masing DAS merupakan petunjuk bagi kita untuk dapat mengevaluasi suatu DAS, apakah berubah kearah yang lebih baik atau terjadi peristiwa yang sebaliknya yaitu,



dingan debit maksimum pada musim hujan dan debit minimum pada musim kering mendekati ideal, lain halnya DAS di bagian hulu dan Di bagian tengah jauh dari nilai normal, ini memberikan gambaran bahwa makin besar perbandingan debit tersebut berarti makin kecil kemampuan infiltrasi dan perkolasi serta penampungan air hujan di DAS Ciliwung bagian tengah. Dengan menurunnya kemampuan DAS dalam meresapkan air ke dalam tanah berarti air hujan yang jatuh pada daerah pengaliran ini akan lebih banyak menjadi aliran permukaan (limpasan), sehingga pada musim hujan terjadi debit yang besar yang dapat menimbulkan banjir tetapi pada musim kemarau debit menjadi minimum.

Di bagian hilir nilai perbandingan yang mendekati ideal belum menjamin keadaan DAS Ciliwung hilir yang sesungguhnya, ini disebabkan oleh pada waktu musim hujan tidak semua air limpasan menjadi aliran air di sungai karena adanya resevoir antara Depok dan Rawajati disamping adanya air yang merembes (seepage losses) di sepanjang saluran sungai.

Pada musim kemarau tingginya debit air di Rawajati yang berkisar $35,2 \text{ m}^3/\text{dt}$ disebabkan oleh adanya pemakaian air PAM dan air tanah yang kemudian dibuang ke selokan dan akhirnya ke sungai oleh penduduk dan industri serta adanya air yang masuk ke sungai yang tak terukur.

Jadi untuk memprediksi keadaan suatu daerah aliran sungai faktor lain seperti keadaan lereng, kekakuan air sungai dan faktor penggunaan lahan di DAS tersebut harus pula dianalisa untuk memperoleh kesimpulan yang akurat, sehingga pengelolaannya dapat dilakukan secara terpadu.

Pengelolaan DAS dimaksudkan agar terjadi keserasian hubungan antara manusia dan segala aktivitasnya dengan sumberdaya alam, dengan tujuan untuk menjaga keseimbangan dan kelestarian ekosistem DAS, serta kelestarian manfaat sumber daya vegetasi, tanah dan air bagi kesejahteraan manusia.

C. ANALISA PERBEDAAN TINGGI PERMUKAAN AIR

Seperti lazimnya bentuk penampang sungai secara umum, maka Sungai Ciliwung memiliki bentuk penampang melintang yang berangsur-angsur berubah. Perubahan ini terjadi dari bentuk V di sebelah hulu ke bentuk U di bagian hilir. Perbedaan bentuk penampang ini dipengaruhi oleh karakteristik bahan dasar sungai, kecepatan aliran, laju erosi dari penampang dan daerah sekitarnya serta penggunaan lahan di sisi sungai. Pada bagian hulu yang memiliki lereng yang terjal penampang sungai mengalami erosi vertikal sehingga penampang melintangnya menjadi lembah yang berbentuk V sedangkan

pada bagian tengah dan hilir dari Sungai Ciliwung penampang melintangnya menjadi berbentuk U karena di daerah ini terjadi proses pengendapan (sidemen-tasi).

Perbedaan bentuk penampang sungai Ciliwung mempengaruhi tinggi permukaan air. Pada bagian hilir muka air akan cenderung meningkat untuk de-bit yang sama akibat adanya proses pendangkalan.

Sungai Ciliwung memiliki slope (kemiringan) 0.039 atau 3.9% yang diukur dari ujung sungai di bagian hulu sampai outlet di Rawajati. Dari ke-miringan ini maka sungai Ciliwung termasuk memi-likinya kemiringan yang landai. Namun di bagian hu-lu sungai ini memiliki kemiringan 0.10 atau 10 %, dan dikategorikan memiliki kemiringan yang agak miring. Di bagian tengah dan hilir kemiringannya berkisar 0.8% dan 0.38 % yang dikategorikan datar. Pola aliran sungai Ciliwung adalah kelabangan dan meandering (berkelok-kelok). Pola kelabangan ter-dapat di bagian hulu dari sungai ini, dimana ali-ran kelabangan terdiri dari banyak anak sungai yang saling menjalin. Di bagian tengah dan hilir pola aliran sungai Ciliwung berkelok-kelok dengan sedikit anak sungai (meandering). Slope dari a-nak-anak sungai dari pola mengelabang umumnya le-bih besar daripada slope saluran yang tidak me-



(AWLR). Lebar sungai 72.5 meter. Memiliki koefisien kekasaran 0.030 karena dasar sungai terbentuk atau terdiri dari pasir dan sedikit debu (lumpur). Pada sisi-sisi sungai terdiri dari tumbuh-tumbuhan terutama tumbuhan bambu. Pada bagian hilir memiliki kedalaman 6 meter dengan lebar 75 meter. Memiliki koefisien kekasaran yang sama dengan outlet di bagian tengah yaitu 0.030 dengan material pembentuk dasar sungai sama pula.

Perbedaan bentuk penampang di masing-masing stasiun pengamat akan menyebabkan perbedaan laju perubahan energi yang terjadi. Di Katulampa profil penampang sungai mengakibatkan kecepatan aliran berubah-ubah yaitu maksimum terjadi pada ketinggian permukaan air 1.2 meter dan minimum pada ketinggian 0.8 meter. Di Raturajaya kecepatan aliran hampir merata berkisar 2.376 - 2.792 m/dt, minimum pada ketinggian 0.342 dan maksimum pada ketinggian 0.628 m. Di bagian hilir kecepatan aliran berubah-ubah minimum terjadi pada ketinggian 0.351 m dan maksimum terjadi pada ketinggian 0.163 (1.906 m/dt - 2.33 m/dt).

Dengan persamaan energi yang dihasilkan dari hukum kekekalan energi pada aliran fluida di peroleh hasil bahwa peningkatan tinggi permukaan

air di stasiun pengamat Katulampa tidak memberikan pengaruh yang sebanding pada tinggi permukaan air di Ratujuaya. Ini disebabkan oleh perbedaan profil penampang yang mengakibatkan perbedaan kecepatan aliran. Persamaan energi sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran pada masing-masing stasiun pengamatan. Untuk memperoleh nilai Hidraulik di Katulampa sama dengan Hidraulik total di Ratujuaya maka kemungkinan yang terjadi adalah peningkatan tinggi muka air di stasiun Katulampa justru akan mengakibatkan menurunnya tinggi air di stasiun pengamat Ratujuaya walaupun secara umum debit air yang terjadi berkurang sampai ke Ratujuaya. Peristiwa ini akibat nilai $H_1 = H_2$ terpenuhi apabila kecepatan aliran yang terjadi pada stasiun pengamat justru sesuai apabila tinggi muka air menurun. Berkurangnya debit air yang ada di Ratujuaya menerangkan telah terjadinya perubahan energi akibat adanya gesekan antara permukaan air dengan permukaan saluran serta akibat melebarnya penampang sungai Ciliwung ke arah hilir.

Energi yang hilang karena adanya gesekan diduga dari slope energi rata-rata di dua stasiun pengamat $(Sf_1 + Sf_2)/2$ dikalikan dengan jarak dari kedua stasiun pengamat. Slope energi dipengaruhi oleh kecepatan aliran air, faktor ke-



kasaran dan jari-jari hidrolis penampang. Nilai jari-jari hidrolis (R) merupakan rasio luas penampang dengan perimeter basah penampang. Nilai ini menunjukkan karakteristik penampang saluran. Besarnya nilai R akan mempengaruhi laju aliran. Pada nilai R yang maksimum maka aliran akan maksimum pula, untuk itu perimeter basah (P) harus minimum. Dari keadaan diatas maka pada Sungai Ciliwung daerah hilir yang memiliki bentuk penampang U (mendekati setengah lingkaran) mengakibatkan laju aliran yang lebih tinggi daripada penampang sungai di daerah hulu untuk luas, kemiringan dan faktor kekasaran (n) yang sama.

Untuk jarak antara stasiun Katulampa dan stasiun Ratujaya rata-rata energi yang hilang akibat adanya gesekan adalah 273 meter fluida. Dari stasiun Katulampa sampai stasiun Rawajati energi yang hilang karena adanya gesekan sebesar 331.89 meter fluida. Besarnya energi yang hilang karena adanya gesekan diakibatkan oleh jarak (L) tempuh aliran air, bertambahnya jarak dari Katulampa sampai ke Rawajati meningkatkan perubahan energi akibat gesekan ini. Energi yang "hilang" bukan berarti terjadi kehilangan energi tetapi terjadi perubahan bentuk. Pada fluida yang mengalir terdiri dari atau memiliki energi dalam dan energi akibat kece-

patan (energi kinetik) dan kedudukannya (energi potensial). Terjadinya gesekan antara permukaan air dengan permukaan saluran telah merubah energi potensial dan energi kinetik menjadi energi panas. Adanya pengikisan (scouring) pada tepi sungai atau pada tikungan-tikungan di Sungai Ciliwung adalah akibat dari gesekan yang terjadi. Untuk itu adanya penyempitan lebar penampang di Sungai Ciliwung akan meningkatkan frekwensi terjadinya banjir untuk mengkompensasikan perubahan energi yang terjadi.

Pada umumnya penampang melintang sungai akan melebar ke arah hilir, demikian halnya dengan Sungai Ciliwung. Pengaruhnya adalah adanya energi yang hilang akibat perubahan keadaan ini. Hilangnya energi disebabkan oleh mengembangnya air (kecepatan berkurang) untuk mengatasi penambahan lebar penampang sungai. Energi yang hilang oleh keadaan ini dilambangkan dengan E_o . Pada sungai Ciliwung nilai E_o yang terjadi sangat kecil bila dibandingkan dengan total perubahan energi sekitar 0.02 persen. Ini disebabkan oleh ukuran penampang tidak berbeda jauh antara stasiun di Katulampa-Ratujaya dan Rawajati, sehingga kecepatan aliran tidak berbeda ekstrim.

Dengan menggunakan persamaan energi aliran air di Sungai Ciliwung akan berkurang dari daerah hulu sampai ke hilir dengan asumsi tidak terjadi penam-

bahan air sepanjang pengalirannya dari stasiun pengamat Katulampa sampai stasiun pengamat di Rawajati.

Secara aktual air yang mengalir dapat berkurang maupun bertambah. Bertambahnya aliran air disebabkan oleh adanya hujan, aliran air bawah tanah dan adanya air buangan kesungai di sepanjang pengalirannya. Sedangkan berkurangnya aliran air disebabkan oleh pengambilan air oleh masyarakat di sekitar sungai untuk keperluan sehari-hari dan irigasi serta adanya suatu bentuk " perubahan energi " yang mengakibatkan berubahnya aliran air menjadi uap.

Pada bulan-bulan banjir (Des - Mar) air yang bertambah di Ratujaya dan Rawajati bila dibandingkan pada bulan-bulan kering adalah lebih besar. Turunnya hujan menjadi faktor utama yang menambah jumlah air yang mengalir sampai di dua stasiun bagian hilirnya. Rata-rata pertambahan air setiap harinya pada bulan-bulan banjir adalah $19.20 \text{ m}^3/\text{dt}$ untuk jarak antara Katulampa dan Ratujaya. Nilai ini merupakan nilai maksimum yang terjadi pada bulan Januari. Untuk jarak Ratujaya sampai ke Rawajati rata-rata pertambahannya setiap hari adalah $50.45 \text{ m}^3/\text{dt}$. Nilai ini juga merupakan nilai maksimum yang terjadi pada bulan Januari.

Tabel 14 . Rata-rata tambahan debit harian antara stasiun Katulampa dan Ratujuaya serta Ratujuaya dan Rawajati (Qkr dan Qrr).

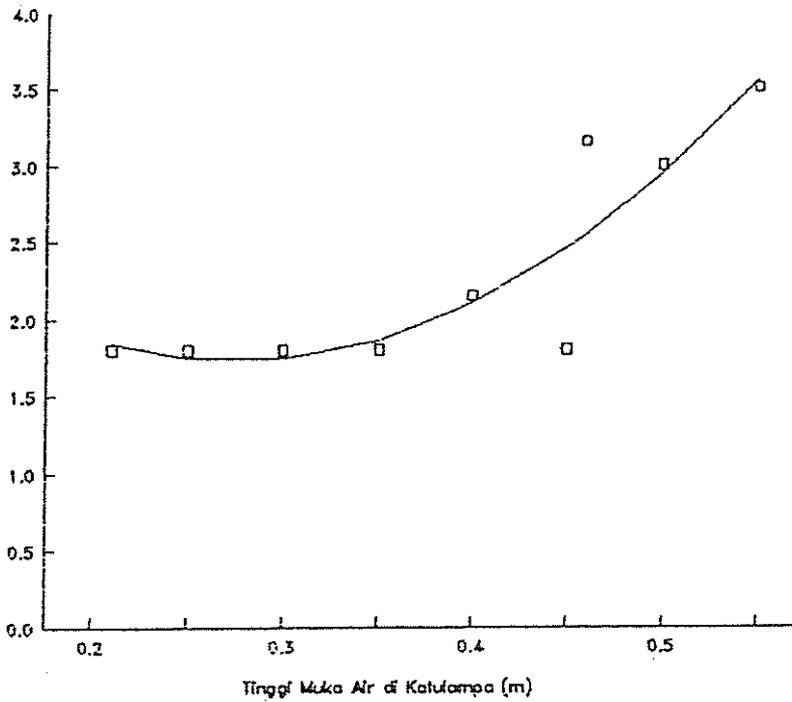
Bulan	Katulampa- Ratujuaya	Ratujuaya-rawajati
	Qkr (m^3/dt)	Qrr (m^3/dt)
Jan	19.20	50.45
Feb	10.24	38.19
Mar	8.84	26.29
Apr	7.64	30.09
Mei	6.67	31.68
Jun	2.44	30.90
Jul	3.22	31.36
Ags	4.78	36.39

Pertambahan air pada jarak Katulampa sampai ke Ratujuaya berkurang sejalan dengan perubahan musim. Pada bulan Juni pertambahan air menjadi minimum, kecilnya pertambahan air ini akibat pengaruh curah hujan yang mendominasi aliran air di Sungai Ciliwung cenderung berkurang digantikan oleh aliran air bawah tanah pada musim kering.

Dibagian Hilir untuk jarak Ratujuaya sampai Rawajati pertambahan airnya lebih besar dibandingkan dengan jarak Katulampa-Ratujuaya ($50.45 - 26.29 m^3/dt$).

Dari situasi ini diketahui bahwa terakumulasinya air di S. Ciliwung lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi DAS dibagian hilir daripada dibagian Hulu.

Perbedaan tinggi permukaan air secara aktual di stasiun Katulampa (Bogor)-Ratujaya (Depok)-Rawajati (Jakarta) dapat digunakan untuk menyelusuri terjadinya luapan air di Sungai Ciliwung. Secara regresi dengan acuan tinggi permukaan air di Katulampa dapat digunakan untuk memprediksi tinggi muka air di Ratujaya (Depok) dan di Rawajati (Jakarta). Untuk hubungan tinggi permukaan air di Katulampa (h_1) dengan tinggi permukaan air di Ratujaya (h_2) diperoleh persamaan untuk bulan-bulan banjir (Des-Mar) $h_2 = 5.01 - 19.54(h_1) + 28.46 (h_1)^2$ untuk tinggi air di Katulampa 0.25 m sampai 0.6 meter. Untuk tinggi muka air yang lebih besar dari 0.6 m di Katulampa digunakan persamaan $h_2 = 1.13 (h_1) + 0.14$. Pada bulan kering diperoleh persamaan $h_2 = 0.59 (h_1) + 0.33$. Keterhandalan persamaan ini diketahui dari R Squared masing-masing 0.92, 0.97 dan 0.80. Untuk hubungan tinggi permukaan air di Katulampa (h_1) dengan tinggi permukaan di Rawajati (h_3) diwakili oleh persamaan $h_3 = 1.04 (h_1) + 3.11$ pada bulan-bulan banjir. Sedangkan pada bulan-bulan kering diwakili oleh suatu persamaan $h_3 = 3.60 - 13.50(h_1) + 24.36(h_1)^2$. Gambar 7, 8 dan 9 memperlihatkan hubungan antara tinggi muka air di Katulampa dengan di Ratujaya dan di Katulampa dan di Rawajati.



Gambar 9. Grafik hubungan tinggi muka air di Katulampa dengan di Rawajati pada bulan-bulan kering (April-Agst).

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Hubungan rata-rata curah hujan harian dengan rata-rata tinggi permukaan air harian di Sungai Ciliwung Hulu, Tengah dan Hilir di wakili oleh persamaan $Y = 3.336 X + 13.63$ dengan nilai $r = 0.953$, $Y = 4.583 X + 20$ dengan nilai $r = 0.960$ dan $Y = 12.85 X + 113.7$ dengan nilai $r = 0.780$.
2. Perbandingan debit limpasan hujan dengan debit aktual pada DAS di Hulu, Tengah dan Hilir masing-masing berkisar : 11.6 - 23.1, 5.55 - 9.35 dan 1.10 - 2.33.
3. Perbandingan debit maksimum pada musim hujan dengan debit minimum pada musim kemarau di Sungai Ciliwung bagian Hulu, Tengah dan Hilir adalah 18 : 1, 38 : 1 dan 3 : 1.
4. Adanya perubahan energi telah mengurangi debit air yang mengalir dari stasiun Katulampa ke Ratujaya sampai Rawajati dengan kehilangan energi karena pengaruh gesekan sebesar 331.39 meter fluida, sedangkan karena perubahan bentuk penampang sungai adalah 0.02 persen dari total energi yang berpindah.
5. Secara aktual terjadi penambahan debit air dari Katulampa (Bogor) sampai Ratujaya (Depok) sebesar

2.44 m³/dt- 19.20 m³/dt setiap hari. Dari Ratujaya (Depok) sampai Rawajati (Jakarta) sebesar 26.29 m³/dt - 50.45 m³/dt setiap hari.

6. Persamaan tinggi permukaan air aktual pada bulan-bulan banjir antara Katulampa dan Ratujaya diwakili oleh persamaan $h_2 = 5.01 - 19.54(h_1) + 28.46(h_1)^2$ untuk $0.25 < h_1 < 0.60$ dan $h_2 = 1.13(h_1) + 0.14$ untuk $h_1 > 0.60$. Untuk Katulampa dan Rawajati diwakili oleh persamaan $h_3 = 1.04(h_1) + 3.11$. Pada musim kemarau tinggi muka air di Katulampa dan tinggi muka air di Ratujaya hubungannya diwakili oleh $h_2 = 0.59(h_1) + 0.33$, sedangkan untuk hubungan tinggi muka air di Katulampa dan di Rawajati diwakili oleh persamaan $h_3 = 3.60 - 13.50(h_1) + 24.36(h_1)^2$.

B. SARAN

1. Pertumbuhan aktivitas manusia yang cepat di DAS Ciliwung hilir harus diimbangi dengan tindakan rehabilitasi dan konservasi lahan untuk memperbaiki dan mempertahankan kualitas, kuantitas dan distribusi sediaan air.
2. Dalam mengantisipasi terjadinya banjir di Sungai Ciliwung, maka diperlukan pengelolaan DAS secara terpadu dari hulu sampai hilir antara instansi terkait di Propinsi Jawa Barat dengan DKI Jakarta.
3. Untuk dapat memprediksi terjadinya banjir secara tepat maka diharapkan memperbanyak stasiun pengamat tinggi muka air di Sungai Ciliwung.
4. Memberikan penyuluhan kepada masyarakat yang ada di sekitar Sungai Ciliwung tentang pentingnya kondisi yang baik dari Sungai Ciliwung.



DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Bina Program Pengairan. 1988. Proyek Perancang Pengembangan Sumber-Sumber Air. Dep. PU, Jakarta.
- Linsley, R.K., M.A. Kohler dan L.H. Paulhus. 1975. Hydrology for Engineers. Second Edition. International Book Company. Kosaido Printing Co., Tokyo.
- Manan, S. 1979. Pengaruh Hutan dan Managemen Daerah Aliran Sungai. Fakultas Kehutanan-IPB, Bogor.
- Mustari, K. 1985. Model dan Simulasi Untuk Perencanaan Penggunaan Lahan di DAS Bila Walanae Propinsi Sulawesi Selatan. Disertasi Fakultas Pasca Sarjana-IPB, Bogor.
- Priyanto, H.A. 1988. Metode dan Teknik Analisa Sumberdaya Air. PPLH-IPB, Bogor.
- Pujiharta, A.G., A. Fauzi. 1981. Beberapa Indikator Fisik Untuk Menentukan Kebijaksanaan Pendahuluan Dalam Mengelola Daerah Aliran Sungai. PPLH-IPB, Bogor.
- Purwowidodo. 1986. Tanah dan Erosi - Sebuah Dokumentasi. Jurusan Managemen Fakultas Kehutanan-IPB, Bogor.
- Ramelan, A.H. 1984. Analisa Hidrograf Satuan dan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Limpasan Air DAS Temon dan DAS Wirako di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknologi Pertanian-IPB, Bogor.
- Russel, R.J. 1967. River and Delta Morfologi. Louisiana State University Press. Baton Rouge. USA.
- Soerjono, R. 1978. Kegiatan dan Masalah Kehutanan dalam Daerah Aliran Sungai. Proceeding. Pertemuan Diskusi Pengelolaan DAS. DITSI, Jakarta.
- Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1983. Hidrologi untuk Pengairan. Pradnya Paramita, Jakarta.

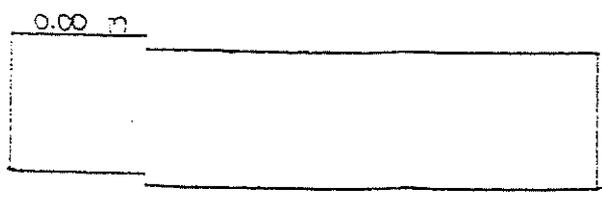
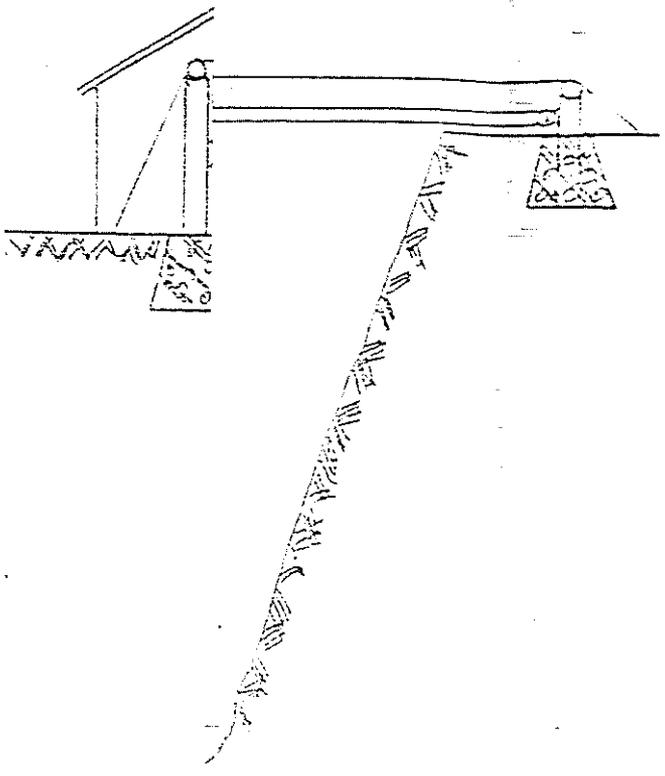
- Sri Harto. 1987. Karakter Hujan Indonesia. Makalah dalam Kursus Singkat Hidraulika untuk Model DAS, PAU Ilmu Teknik UGM. Yogyakarta, 10-22 Agustus, 1987.
- Subarkah, I. 1980. Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air. Penerbit Idea Dharma, Bandung.
- Sub Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Ciujung-Ciliwung. 1986. Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah DAS Ciliwung Hulu. Sub BRLKT Ciujung-Ciliwung, Bogor.
- Susanti, E. 1989. Analisis Parameter Hidrometeorologi di Daerah Aliran Sungai Ciliwung. Skripsi Sarjana, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam-IPB, Bogor.
- Viessman, W., J.W. Knapp, G.L. Lewis dan T.E. Harbaugh. 1977. Introduction to Hydrology. Second Edition. Harper and Row Publisher, New York.
- Wanggai, F. 1975. Kemungkinan Penggunaan Analisa Sistem Dalam Penelitian Hidrologi DAS Citanduy. Skripsi Sarjana, Fakultas Kehutanan-IPB, Bogor.



LAMPIRAN

Halaman Penerbitan/Unsur/Urutan

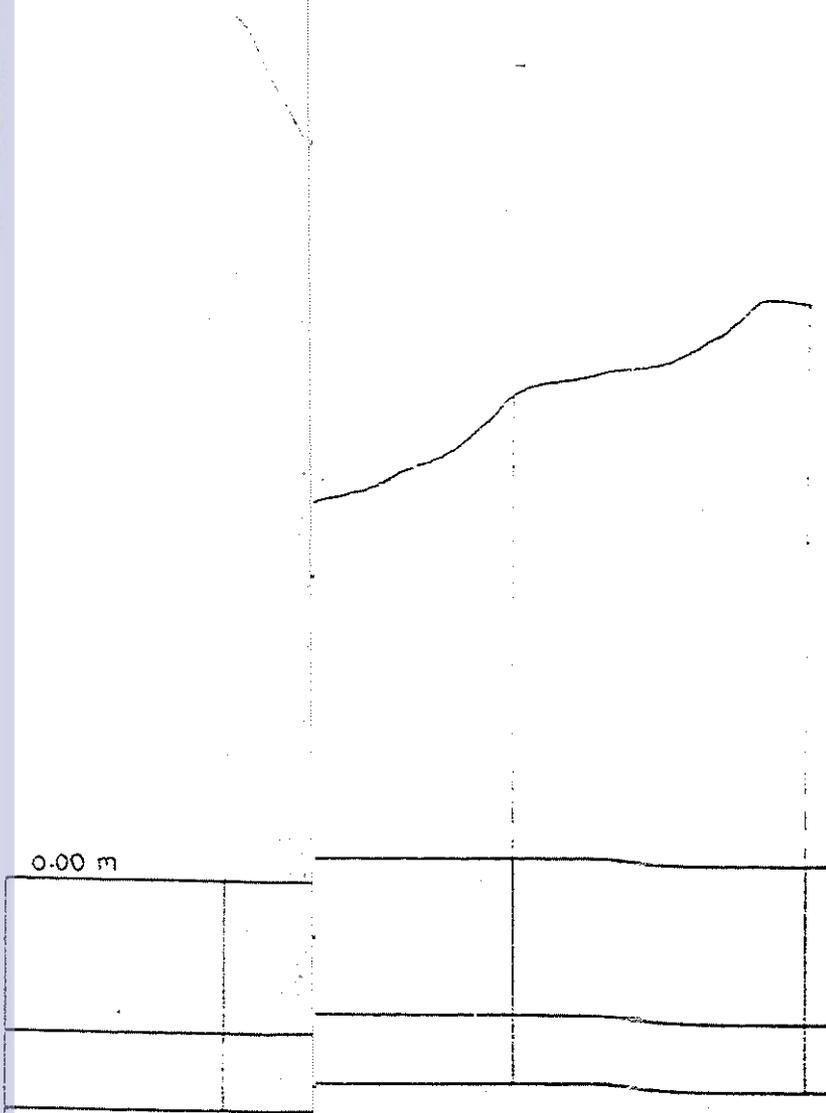
1. Daftar isi/daftar isi sebagai awal buku/nya atau terapan (mencantumkan dan menyertakan nomor)
2. Perencanaan/layar awal/kegiatan pendidikan, penelitian, pelayanan kerja ilmiah, penelitian lapangan, penelitian kerja atau kegiatan lain/kegiatan
3. Menyiapkan teks/serangan/kegiatan yang akan dipublikasikan
4. Melakukan pengumpulan dan menyetorkannya sebagai awal buku/nya atau terapan (tidak diperlukan terapan atau terapan IPB University)



INSTITUT PERTANIAN BOGOR FAETA			
AMPANG MELINDANG S. CILIWUNG ST. KATULAMPA			
1:200	Digambar	Disetujui	No
1:50	IB ADI W	Ir.H.ARIS	10

Halaman ini adalah milik IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau dipublikasikan kembali tanpa izin dari IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi bagian administrasi di alamat email: ipb@ipb.ac.id

Halaman ini adalah milik IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau dipublikasikan kembali.
 1. Dilarang menyalin atau mengutip isi dokumen ini untuk tujuan komersial.
 2. Dilarang menyalin atau mengutip isi dokumen ini untuk tujuan akademik.
 3. Dilarang menyalin atau mengutip isi dokumen ini untuk tujuan penelitian.
 4. Dilarang menyalin atau mengutip isi dokumen ini untuk tujuan lain.
 5. Dilarang menyalin atau mengutip isi dokumen ini untuk tujuan lain.



INSTITUT PERTANIAN BOGOR FATETA			
LAMPANG MELINTANG 3. CILIWUNG ST. RAWASATI			
H:1:300	Digambar	Disetujui	No
V:1:100	IB Adi W	Ir.H.Aris	12

Lampiran 1. Tabel koefisien limpasan (faktor pengaliran) oleh Dr. Mononobe

Kondisi daerah pengaliran dan sungai	Harga dari f
Daerah pegunungan yang curam	0.75 - 0.90
Daerah pegunungan tersier	0.70 - 0.80
Tanah bergelombang dan hutan	0.50 - 0.75
Tanah dataran yang ditanami	0.45 - 0.60
Persawahan yang diairi	0.70 - 0.80
Sungai di daerah pegunungan	0.75 - 0.85*
Sungai kecil di dataran	0.45 - 0.75
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0.50 - 0.75*

Lampiran 2. Data pengukuran tinggi permukaan air(h) dan debit(Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung untuk bulan Januari th 1990

Tgl	St. Katulampa Jam 6.00 pagi		St. Ratujaya Jam 12.00 siang		St. Rawajati Jam 15.00 sore	
	h1 (m)	Q1 (m ³ /dt)	h2 (m)	Q2 (m ³ /dt)	h3 (m)	Q3 (m ³ /dt)
1	0.50	9.10	0.76	16.55	2.00	39.30
2	0.80	13.50	0.80	18.20	2.77	55.70
3	0.50	9.10	0.69	13.46	3.60	74.40
4	0.55	9.80	0.75	16.15	3.40	69.80
5	0.57	10.20	0.84	19.93	3.40	69.80
8	0.80	13.50	0.90	22.66	3.50	72.10
9	0.57	10.20	0.73	15.35	2.50	49.80
10	0.60	10.45	0.87	21.28	2.50	49.80
11	0.90	18.65	1.00	27.57	2.80	56.40
14	0.90	18.65	1.50	58.61	2.72	54.60
15	0.90	18.65	1.13	34.61	3.25	66.40
16	0.90	18.65	0.98	26.55	4.60	99.00
17	0.90	18.65	0.95	25.06	4.30	91.50
18	0.60	10.45	0.87	21.28	3.79	78.90
19	0.60	10.45	0.92	23.61	3.80	79.10
20	0.60	10.45	0.97	26.05	3.70	76.70
21	0.90	18.65	1.01	28.09	3.00	60.80
22	0.60	10.45	1.05	30.19	4.00	84.80
23	0.90	18.65	1.02	28.60	4.35	92.80
24	1.00	24.50	2.00	100.08	5.09	117.00
25	1.05	29.25	1.25	41.75	4.20	89.00
26	0.90	18.65	1.25	41.75	4.00	84.00
27	1.05	29.25	1.40	51.55	4.20	89.00
28	0.95	21.00	1.45	55.03	4.50	96.50
29	1.20	42.00	1.45	55.03	4.40	94.00
30	1.05	29.25	1.87	88.32	3.90	81.50
31	1.05	29.25	1.20	38.70	3.90	81.50

Lampiran 3. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung untuk bulan Februari th 1990

Tgl	St. Katulampa Jam 6.00 pagi		St. Ratujaaya Jam 12.00 siang		St. Rawajati Jam 15.00 sore	
	h1 (m)	Q1 (m ³ /dt)	h2 (m)	Q2 (m ³ /dt)	h3 (m)	Q3 (m ³ /dt)
1	1.05	29.25	1.08	31.81	3.80	79.10
2	0.90	18.65	0.98	26.55	3.80	79.10
3	0.90	18.65	1.11	33.48	4.00	84.00
4	0.90	18.65	1.08	31.81	4.00	84.00
5	0.90	18.65	0.89	22.20	3.60	74.40
6	0.80	13.50	0.89	22.20	3.00	60.80
7	0.80	13.50	0.77	16.96	2.71	54.40
8	0.57	10.20	0.80	18.20	2.08	41.00
9	0.40	8.00	0.69	13.83	2.00	39.30
10	0.57	10.20	0.60	10.66	2.00	39.30
11	0.50	9.10	0.56	9.38	1.80	35.20
12	0.50	9.10	0.56	9.38	1.80	35.20
13	0.40	8.00	0.70	14.20	1.80	35.20
14	0.40	8.00	0.55	9.07	2.00	39.30
15	0.50	9.10	0.57	9.69	2.00	39.30
16	0.55	9.80	0.61	10.99	2.00	39.30
17	0.55	9.80	0.85	20.38	3.00	60.80
18	0.60	10.45	0.85	20.38	2.60	52.00
19	0.50	9.10	0.66	12.73	2.00	39.30
20	0.80	13.50	0.75	16.15	2.00	39.30
21	0.55	9.80	0.69	13.83	2.80	56.40
22	0.60	10.45	0.81	18.31	2.80	56.40
23	0.80	13.50	0.72	14.96	3.00	60.80
24	0.50	9.10	0.70	14.20	3.00	60.80
25	0.80	13.50	0.93	23.61	3.90	81.50
26	0.80	13.50	0.84	19.93	3.00	60.80
27	0.55	9.80	0.81	18.63	2.50	49.80
28	0.55	9.80	0.83	19.49	2.50	49.80

Lampiran 4. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung untuk bulan Maret th 1990

	St. Katulampa Jam 6.00 pagi		St. Ratujaya Jam 12.00 siang		St. Rawajati Jam 15.00 sore	
Tgl	h1 (m)	Q1 (m ³ /dt)	h2 (m)	Q2 (m ³ /dt)	h3 (m)	Q3 (m ³ /dt)
1	0.55	9.80	0.76	16.15	2.80	56.40
2	0.55	9.80	0.88	21.74	2.90	58.60
3	0.80	13.50	0.85	20.38	3.00	60.80
4	0.55	9.80	0.83	19.49	2.85	57.50
5	0.50	9.10	0.80	18.20	2.50	49.80
6	0.55	9.80	0.72	14.96	2.15	42.50
7	0.50	9.10	0.70	14.20	1.80	35.20
8	0.53	9.60	0.66	12.73	1.80	35.20
9	0.53	9.60	0.68	13.46	1.80	35.20
10	0.52	9.40	0.65	13.37	1.80	35.20
11	0.56	9.90	0.63	11.67	1.80	35.20
12	0.55	9.80	0.62	11.32	1.80	35.20
13	0.56	9.90	0.61	10.99	1.80	35.20
14	0.50	9.10	0.63	11.67	1.80	35.20
15	0.40	8.00	0.53	8.46	1.80	35.20
16	0.40	8.00	0.55	9.07	1.80	35.20
17	0.30	6.60	0.52	8.17	1.80	35.20
18	0.35	7.40	0.51	7.86	1.80	35.20
20	0.70	12.85	0.73	15.35	1.80	35.20
21	0.60	10.45	0.74	15.75	1.80	35.20
22	0.57	10.20	0.89	22.20	1.80	35.20
23	0.60	10.45	0.69	13.83	1.80	35.20
24	0.50	9.10	0.63	11.67	1.80	35.20
25	0.40	8.00	0.55	9.07	1.80	35.20
26	0.32	7.00	0.52	8.17	1.80	35.20
27	0.30	6.60	0.51	7.88	1.80	35.20
28	0.29	5.80	0.62	11.32	1.80	35.20
29	0.30	6.60	0.57	9.69	1.80	35.20
30	0.25	5.40	0.49	7.31	1.80	35.20
31	0.25	5.40	0.48	7.04	1.80	35.20

Lampiran 5. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung untuk bulan April th 1990

	St. Katulampa Jam 6.00 pagi		St. Ratujaaya Jam 15.00 sore		St. Rawajati Jam 21.00 malam	
Tgl	h1 (m)	Q1 (m ³ /dt)	h2 (m)	Q2 (m ³ /dt)	h3 (m)	Q3 (m ³ /dt)
1	0.30	6.60	0.47	6.77	2.90	58.60
2	0.35	7.40	0.51	7.88	3.00	60.80
3	0.25	5.40	0.39	4.78	2.85	57.50*
4	0.37	7.60	0.55	9.07	2.50	49.80
5	0.35	7.40	0.57	9.69	2.50	49.80
6	0.40	8.00	0.68	13.46	2.26	44.80
7	0.30	6.60	0.83	19.49	2.20	43.50
8	0.32	7.00	0.83	19.49	2.00	39.30
9	0.55	9.80	0.78	17.37	2.00	39.30
10	0.90	18.65	1.04	29.66	1.90	37.20
11	0.82	14.05	0.75	16.15	1.80	35.20
12	0.90	18.65	0.86	20.83	1.80	35.20
13	0.55	9.80	0.69	13.83	1.80	35.20
14	0.50	9.10	0.67	13.09	1.80	35.20
15	0.55	9.80	0.67	13.09	1.80	35.20
16	0.42	8.20	0.61	10.99	1.80	35.20
17	0.42	8.20	0.63	11.67	1.80	35.20
18	0.42	8.20	0.55	9.07	1.80	35.20
19	0.45	8.50	0.56	9.38	1.80	35.20
20	0.43	8.30	0.53	8.46	2.40	47.70
21	0.45	8.50	0.53	8.46	3.00	60.80*
22	0.41	8.10	0.48	7.04	2.65	53.10*
23	0.40	8.00	0.68	13.46	2.00	39.30
24	0.42	8.20	0.51	7.88	1.80	35.20*
25	0.40	8.00	0.53	8.46	1.80	35.20
26	0.60	10.45	0.52	8.17	1.80	35.20*
27	0.80	13.50	0.60	10.66	1.80	35.20*

Lampiran 6. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung untuk bulan Mei th 1990

	St. Katulampa Jam 6.00 pagi		St. Ratujaaya Jam 15.00 sore		St. Rawajati Jam 21.00 malam	
Tgl	h1 (m)	Q1 (m ³ /dt)	h2 (m)	Q2 (m ³ /dt)	h3 (m)	Q3 (m ³ /dt)
1	0.52	9.20	0.47	6.77	2.00	39.30*
2	0.50	9.10	0.45	6.24	1.80	35.20*
3	0.46	8.10	0.60	10.66	1.80	35.20
4	0.46	8.10	0.53	8.46	3.50	72.10
5	0.55	9.80	0.83	19.49	3.50	72.10
12	0.53	9.60	0.65	12.37	1.80	35.20
14	0.51	9.10	0.63	11.67	1.80	35.20
16	0.55	9.80	0.74	15.75	1.90	37.50
17	0.60	10.45	0.73	15.35	1.95	38.20
18	0.47	8.70	0.67	13.09	1.90	37.50
19	0.45	8.50	0.61	10.99	1.80	35.20
20	0.41	8.10	0.56	9.38	1.80	35.20
21	0.40	8.00	0.51	7.88	1.80	35.20*
22	0.38	7.80	0.52	8.17	1.80	35.20
23	0.36	7.40	0.52	8.17	1.80	35.20
24	0.35	7.40	0.52	8.17	1.80	35.20
25	0.37	7.60	0.67	7.60	1.80	35.20
26	0.35	7.40	0.49	7.31	1.80	35.20*
27	0.40	8.00	0.54	8.76	3.00	60.80
28	0.46	8.60	0.67	13.09	3.35	68.80
30	0.50	9.10	0.59	10.33	2.00	39.20
31	0.40	8.00	0.61	10.99	1.80	35.20

Lampiran 7. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung untuk bulan Juni th 1990.

Tgl	St. Katulampa Jam 6.00 pagi		St. Ratujaaya Jam 15.00 sore		St. Rawajati Jam 21.00 malam	
	h1 (m)	Q1 (m ³ /dt)	h2 (m)	Q2 (m ³ /dt)	h3 (m)	Q3 (m ³ /dt)
1	0.25	5.40	0.50	7.59	1.80	35.20
2	0.25	5.40	0.43	5.74	1.80	35.20
3	0.26	5.50	0.46	6.50	1.80	35.20
4	0.25	5.40	0.49	7.31	1.80	35.20
5	0.27	5.60	0.53	8.46	1.80	35.20
6	0.30	6.60	0.51	7.88	1.80	35.20
7	0.30	6.60	0.52	8.17	1.80	35.20
8	0.22	5.00	0.42	5.49	1.80	35.20
9	0.30	6.60	0.33	3.51	1.80	35.20*
10	0.35	7.40	0.35	3.91	1.80	35.20*
11	0.33	7.10	0.31	3.12	1.80	35.20*
12	0.30	6.60	0.29	2.76	1.80	35.20*
13	0.30	6.60	0.31	3.12	1.80	35.20*
14	0.30	6.60	0.47	6.77	1.80	35.20
15	0.28	5.70	0.43	5.74	1.80	35.20
16	0.28	5.70	0.38	4.56	1.80	35.20*
17	0.25	5.40	0.25	2.09	1.90	37.20*
18	0.23	5.10	0.20	1.38	1.95	38.20*
19	0.23	5.10	0.42	5.49	2.50	49.50
20	0.40	8.00	0.54	8.76	2.15	42.50
21	0.25	5.40	0.44	5.99	2.00	39.30
22	0.40	8.00	0.59	10.33	1.80	35.20
23	0.30	6.60	0.38	4.56	1.80	35.20*
24	0.20	4.70	0.40	5.01	1.80	35.20
25	0.25	5.40	0.46	6.50	1.80	35.20

Lampiran 8. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung untuk bulan Juli th 1990

Tgl	St. Katulampa Jam 6.00 pagi		St. Ratujaya Jam 15.00 sore		St. Rawajati Jam 21.00 malam	
	h1 (m)	Q1 (m ³ /dt)	h2 (m)	Q2 (m ³ /dt)	h3 (m)	Q3 (m ³ /dt)
1	0.40	8.00	0.50	7.59	1.80	35.20*
2	0.20	4.70	0.43	5.74	1.80	35.20
3	0.25	5.40	0.46	6.50	1.80	35.20
4	0.20	4.70	0.49	7.31	1.85	36.20
5	0.35	7.40	0.53	8.46	2.50	49.50
6	0.30	6.60	0.51	7.88	2.00	39.30
7	0.35	7.40	0.52	8.17	2.50	49.80
8	0.25	5.40	0.42	5.49	2.25	44.60
9	0.20	4.70	0.33	3.51	2.00	39.30*
10	0.30	6.60	0.35	3.91	1.90	37.20*
12	0.30	6.60	0.29	2.76	1.80	35.20*
13	0.30	6.60	0.31	3.12	1.80	35.20*
14	0.32	7.00	0.48	7.24	1.80	35.20
15	0.25	5.40	0.43	5.74	1.80	35.20
16	0.30	6.60	0.47	6.77	1.80	35.20
17	0.40	8.00	0.25	2.09	1.80	35.20*
18	0.45	8.50	0.30	2.94	1.80	35.20*
19	0.25	5.40	0.42	5.49	2.00	39.30
20	0.47	8.70	0.33	3.51	2.00	39.30*
21	0.21	4.70	0.54	8.76	1.90	37.20
22	0.30	6.60	0.59	10.33	1.80	35.20
23	0.40	8.00	0.38	4.56	1.80	35.20*
25	0.21	4.80	0.46	6.50	1.80	35.20
26	0.30	6.60	0.63	11.67	1.80	35.20
27	0.30	6.60	0.53	8.46	1.80	35.20
28	0.20	4.70	0.39	4.78	1.80	35.20
29	0.30	6.60	0.35	3.91	1.80	35.20*

Lampiran 9. Data pengukuran tinggi permukaan air (h) dan debit (Q) pada tiga stasiun pengamat di Sungai Ciliwung untuk bulan Agustus th 1990

	St. Katulampa Jam 6.00 pagi		St. Ratujaaya Jam 15.00 sore		St. Rawajati Jam 21.00 malam	
Tgl	h1 (m)	Q1 (m ³ /dt)	h2 (m)	Q2 (m ³ /dt)	h3 (m)	Q3 (m ³ /dt)
3	0.50	9.10	0.80	18.20	3.10	63.00
4	0.29	5.80	0.50	7.59	2.50	49.80
5	0.26	5.50	0.46	6.77	2.25	44.80
6	0.25	5.40	0.43	5.74	3.50	72.10
7	0.80	13.50	0.77	16.96	3.90	79.10
8	0.55	9.80	0.61	10.99	2.70	54.20
9	0.50	9.10	0.63	11.67	3.50	60.80
10	0.47	8.70	0.70	14.20	2.90	58.60
11	0.45	8.50	0.54	8.76	1.80	35.20
12	0.30	6.60	0.55	9.07	1.80	35.20
13	0.75	12.98	0.80	18.20	1.80	35.20
14	0.60	10.45	0.63	11.67	1.80	35.20
15	0.36	7.40	0.61	10.99	1.80	35.20
16	0.45	8.50	0.62	11.32	1.80	35.20
17	0.34	7.40	0.51	7.88	1.80	35.20
18	0.31	6.80	0.48	7.04	1.80	35.20
19	0.24	5.30	0.42	5.49	2.90	58.60
20	0.25	5.40	0.39	4.78	2.25	44.60*
21	0.20	4.70	0.38	4.56	2.00	38.20*
22	0.30	6.60	0.42	5.49	1.95	39.30*
23	0.30	6.60	0.46	6.50	2.00	38.20*
25	0.31	6.80	0.42	5.49	1.80	35.20*
26	0.30	6.60	0.43	5.74	1.80	35.20*
27	0.30	6.60	0.38	4.56	1.80	35.20*
28	0.45	8.50	0.41	5.25	2.00	38.20*
29	0.24	5.30	0.37	4.34	2.00	38.20*
30	0.34	7.40	0.41	5.25	2.00	38.20*
31	0.33	7.10	0.36	4.12	2.00	38.20*

Lampiran 10. Rata-rata curah hujan bulanan di DAS Ciliwung Hulu, Tengah Hilir periode 1951 - 1986 (Susanti, 1989) dalam mm

Stasiun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt
Ciawi (59a)	516.9	413.7	411.1	335.0	309.9	187.4	180.0	208.4
Katulampa (56)	379.0	421.0	273.5	259.0	371.5	210.0	147.0	388.0
Tapos (66)	460.3	399.3	364.4	369.0	279.9	199.5	194.9	235.7
Cidakom (67)	497.4	426.2	349.4	344.0	241.1	128.4	135.1	162.3
Panjang (70a)	587.8	412.5	399.6	342.8	237.7	137.0	157.4	136.6
Gunung Mas (76)	690.2	488.4	466.7	386.4	306.4	148.0	171.8	150.7
Keb. Raya (46b)	499.1	349.9	382.7	446.4	348.9	205.6	216.1	232.7
Semplak (38b)	467.7	345.7	375.7	401.3	324.9	229.3	252.0	240.0
Bojong G (37)	389.1	327.8	347.2	326.2	268.1	204.2	151.2	200.4
Depok(36)	371.6	289.5	302.7	313.2	241.2	145.5	126.0	165.3

Halim Pk. (33c)	347.9	262.8	204.7	159.1	150.1	85.9	55.9	64.3
Ragunan (33a)	300.2	274.4	230.0	198.6	152.4	108.1	75.5	86.5

Lampiran 11. Data tinggi permukaan air di tiga stasiun pengamat (h_1 , h_2 , h_3) yang di regresikan untuk bulan banjir (Jan - Mar 1990)

Tgl dan Bln	St.KT h_1 (m)	St.RT h_2 (m)	St.RW h_3 (m)
29 - 1	1.20	1.45	4.40
27 - 1	1.05	1.40	4.20
26 - 1	0.90	1.25	4.00
25 - 2	0.80	0.93	3.90
18 - 1	0.60	0.87	3.79
1 - 3	0.55	0.76	2.80
6 - 3	0.53	0.72	2.50
7 - 3	0.50	0.70	2.15
14 - 2	0.40	0.55	2.00
18 - 3	0.35	0.51	1.80
30 - 3	0.25	0.49	1.80

Lampiran 12. Data tinggi permukaan air di tiga stasiun pengamat (h_1 , h_2 , h_3) yang di regresikan untuk bulan kering (April - Agst)

Tgl dan Bln	St.KT h_1 (m)	St.RT h_2 (m)	St.RW h_3 (m)
25 - 7	0.21	0.46	1.80
2 - 6	0.25	0.43	1.80
6 - 6	0.30	0.51	1.80
25 - 5	0.35	0.52	1.80
20 - 6	0.40	0.54	2.15
19 - 4	0.45	0.56	1.80
28 - 5	0.46	0.67	3.35
9 - 8	0.50	0.63	3.00
5 - 5	0.55	0.83	3.50
11 - 4	0.82	0.75	1.80
12 - 4	0.90	0.86	1.80

Lampiran 13. Contoh perhitungan debit limpasan dengan metode Rasional

Rumus-rumus :

$$\dot{Q} = 0.278 C.I.A \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$I = R/T_c \text{ mm/jam}$$

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L}{S} \right)^{0.77} \text{ menit}$$

Jarak dari Gunung Mandalawangi - Katulampa
= 26.300 m. Beda tinggi 2.656m. Luas 144,25 km²

Jarak dari G. Mandalawangi - Raturaya
= 61.300 m. Beda tinggi 2.929 m . Luas 241,8 km²

Jarak dari G. Mandalawangi - Rawajati
= 76.600 m. Beda tinggi 2.988 m . Luas 302,85 km²

Bagian Hulu

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{26.300}{0.31778} \right)^{0.77}$$

$$= 119.33/60 = 1,99 \text{ jam}$$

$$C = 0.8 : R = 18.03 : A=144,25 \text{ km}^2$$

$$I = R/T_c = 18,03/1.99 = 9.06 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \cdot 0,8 \cdot 9,06 \cdot 144,25$$

$$= 290,65 \text{ m}^3/\text{dt}.$$

Demikian seterusnya untuk bagian tengah dan hilir dengan nilai Tc tengah 5,09 jam, Tc hilir 6,53 jam C tengah 0,7125 dan C hilir 0,625.

Lampiran 14. Program menentukan tinggi permukaan air di Ratujuaya dan Rawajati dengan persamaan energi

```

PROGRAM PERS_ENERSI;
USES CRT;
TYPE HASIL = RECORD
  H1, H2, V1, V2, A1, A2 : ARRAY [1..50] OF REAL;
  P1, P2, R1, R2 : ARRAY [1..50] OF REAL;
  Q1, Q2, SF1, SF2 : ARRAY [1..50] OF REAL;
  Z1, Z2, EF, ED : ARRAY [1..50] OF REAL;
END;
DATA = REAL;
VAR HO : array[1..50] of DATA;
HASIL_FILE : HASIL;
TIPE_FILE : FILE OF HASIL;
TEMP : REAL;
JAWAB, JWB, PILIHAN : CHAR;
JUM_H1, I, J : INTEGER;
DATA_FILE : FILE OF DATA;
NAMA_FILEDATA, NAMA_FILE : STRING[8];
KELUARAN : TEXT;
FILE_TEXT: STRING[8];
CONST a11 = 1;
      a12 = 1;
      C = 0.5;
      L = 35000;
      n1 = 0.036;
      n2 = 0.030;
      g = 9.8;

Procedure Masukan_Data;
begin
  CLRSCR;
  GOTOXY(5,3);
  WRITE('MASUKAN NAMA PENYIMPANAN DATA : ');
  READLN(NAMA_FILEDATA);
  ASSIGN(DATA_FILE, NAMA_FILEDATA);
  REWRITE(DATA_FILE);
  TEXTCOLOR(15);
  GOTOXY(15,5); WRITELN('SILAHKAN MASUKAN DATA (KISARAN NILAI DATA (0,2---2,4))');
  GOTOXY(15,6); WRITELN('(bila ada kesalahan terlusin aja.....)');
  GOTOXY(15,8); WRITE('BERAPA BANYAK DATA H1 (MAX:=50) = ');
  READ(JUM_H1);
  FOR I:=1 TO JUM_H1 DO
  BEGIN
    GOTOXY(20,7+I);
    WRITE(I, ' ');
    READLN(HO[I]);
    WRITE(DATA_FILE,HO[I]);
  END;
  CLOSE(DATA_FILE);
end;

Procedure Edit_Data;
var jwb : char;
Begin
  clrscr;
  GOTOXY(5,5);
  WRITE('MASUKAN NAMA FILE DATA YANG MAU DIEDIT : ');

```

```

READLN(NAMA_FILEDATA);
ASSIGN(DATA_FILE,NAMA_FILEDATA);
RESET(DATA_FILE);
TEXTCOLOR(17);
GOTOXY(15,25);
WRITE('Apakah ada data yang mau diperbaiki...(Y/T) ');
READLN(JWB);
WHILE upcase(JWB)='Y' DO
BEGIN
  CLRSCR;
  TEXTCOLOR(15);
  GOTOXY(10,5);
  WRITE('DATA NOMOR BEAPA YANG MAU DIPERBAIKI ? ');
  READ(I);
  IF (I>0) AND (I<FILESIZE(DATA_FILE)) THEN
  BEGIN
    SEEK(DATA_FILE, I-1);
    READ(DATA_FILE,H0[I]);
    GOTOXY(15,7);
    WRITE(' I ',H0[I]:2:4,' = '); READLN(TEMP);
    IF TEMP<>H0[I] THEN
    BEGIN
      H0[I] := TEMP;
      SEEK(DATA_FILE,I-1);
      WRITE(DATA_FILE,H0[I]);
    END;
    GOTOXY(5,25);
    WRITE('MASIH ADA LAGI YANG DIPERBAIKI?(Y/T) ');
    READLN(JWB);
  END
  ELSE
  BEGIN
    GOTOXY(10,7);
    WRITELN('DATA NOMOR ',I,' SING ... ADA DHE ');
    GOTOXY(5,25);
    WRITE('APAKAH ANDA MAU MENGULANG LAGI (LEBIH BAIK TAMPILKAN DULU)?(Y/T) ');
    READLN(JWB);
  END;
END;
CLOSE(DATA_FILE);
end;
Procedure Olah_data;
Begin
  CLRSCR;
  WRITELN;
  textcolor(10);
  GOTOXY(5,5);
  WRITE('MASUKAN NAMA FILE DATA ANDA : ');
  READLN(NAMA_FILEDATA);
  ASSIGN(DATA_FILE, NAMA_FILEDATA);
  RESET(DATA_FILE);
  GOTOXY(5,7);
  WRITE('MASUKAN NAMA FILE PENYIMPANAN HASIL : ');
  READLN(NAMA_FILE);
  ASSIGN(TIPE_FILE, NAMA_FILE);

```

```

REWRITE(TIPE_FILE);
I:=0;
CLRSQR;
GOTOXY(3,6);
WHILE NOT EOF(DATA_FILE) DO
BEGIN
clrscr;
textcolor(15);
WITH HASIL_FILE DO
BEGIN
I:=I+1;
READ(DATA_FILE, HO[I]);
GOTOXY(3,6);
WRITELN(I, '. Untuk nilai HO_', I, ' = ', HO[I]:4:3);
if (HO[I]>0.2) and (HO[I]<=2.5) then
begin
IF (0.2<HO[I]) AND (HO[I]<=0.80) THEN Q1[I]:=14.5*HO[I]+1.9
ELSE IF (0.8<HO[I]) AND (HO[I]<=2.5) THEN Q1[I]:=24.8*SQR(HO[I])*HO[I];
IF (0.2<HO[I]) AND (HO[I]<=2.5) THEN A1[I]:=26.8*HO[I]-5.6;
IF (1<HO[I]) AND (HO[I]<=2.5) THEN P1[I]:=7.4*HO[I]+10
ELSE IF (0.2<HO[I]) AND (HO[I]<=1) THEN P1[I]:=-21.8*HO[I]-1.3;
V1[I]:=Q1[I]/A1[I];
R1[I]:=A1[I]/P1[I];
Z1[I]:=346+HO[I];
H1[I]:=Z1[I]+a11*SQR(V1[I])/(2*g);
SF1[I]:=SQR(N1*V1[I])/EXP(4*LN(ABS(R1[I]))/3);
WRITELN;
TEMP:=2; j:=1;
REPEAT
IF (HO[I]<0.3) OR (HO[I]>2.3) THEN
BEGIN
if (temp>3) then temp:=3-0.001*j;
else temp:=0.001*j;
END
ELSE
BEGIN
if (temp>3) then temp:=3-0.001*j;
else temp:= 0.001*j;
END;
IF (TEMP>0) AND (TEMP<=4) THEN Q2[I]:=27.57*EXP(1.86*LN(TEMP));
IF (TEMP>0) AND (TEMP<=0.5) THEN A2[I]:=3.15*TEMP+0.5
ELSE IF (TEMP >0.5) AND (TEMP<=1.5) THEN A2[I]:=16.65*TEMP-6.3
ELSE IF (TEMP>1.5) AND (TEMP<=3) THEN A2[I]:=19.68*TEMP-7;
IF (TEMP>0) AND (TEMP<=1) THEN P2[I]:=16*SQR(TEMP)+0.9
ELSE IF (TEMP>1) AND (TEMP<=3.5) THEN P2[I]:=6.5*TEMP+11.5;
V2[I]:=Q2[I]/A2[I]; R2[I]:=A2[I]/P2[I];
Z2[I]:=73+TEMP;
SF2[I]:=SQR(N2*V2[I])/EXP(4*LN(ABS(R2[I]))/3);
EF[I]:=(SF1[I]+SF2[I])*L/2;
EO[I]:=C*ABS(A11*SQR(V1[I])/(2*g)-a12*SQR(V2[I])/(2*g));
H2[I]:=Z2[I]+a12*SQR(V2[I])/(2*g)+EF[I]+EO[I];
J:=J+1;
UNTIL (ABS(H1[I]-H2[I])<=0.1) OR (ABS(H1[I]-H2[I])<=0.5) OR (J>2000) ;
WRITELN;
GOTOXY(5,8); WRITELN(' NILAI H1', I, ' = ', H1[I]:5:3);

```

```

GOTOXY(35,8);WRITELN('  NILAI H2',I,' = ',H2[I]:5:3);
GOTOXY(5,7); WRITELN('  NILAI P1',I,' = ',P1[I]:5:3);
GOTOXY(35,9);WRITELN('  NILAI P2',I,' = ',P2[I]:5:3);
GOTOXY(5,10); WRITELN('  NILAI Q1',I,' = ',Q1[I]:5:3);
GOTOXY(35,10);WRITELN('  NILAI Q2',I,' = ',Q2[I]:5:3);
GOTOXY(5,11); WRITELN('  NILAI Z1',I,' = ',Z1[I]:5:3);
GOTOXY(35,11);WRITELN('  NILAI Z2',I,' = ',Z2[I]:5:3);
WRITELN('          JUMLAH ITERASI = ',J); WRITELN;
WRITE(TIPE_FILE, HASIL_FILE);
writeln
end
else
begin
textcolor(12);
gotoxy(10,20); writeln('Data ',HO[I]:6:3,' tidak bisa dihitung');
gotoxy(10,21); write('Apakah data ini mau diganti?(y/t) ');
readln(jawab);
h1[i]:=0;h2[i]:=0;p1[i]:=0;p2[i]:=0;z1[i]:=0;z2[i]:=0;
if upcase(jawab)='y' then
gotoxy(10,22); writeln('Lakukan pengeditan data');
end;
END;
CLOSE(DATA_FILE);
CLOSE(TIPE_FILE);
TEXTCOLOR(17);
GOTOXY(10,25);WRITE('Tekan Enter jika ingin melanjutkan');
READ(jwb);
end;
Procedure Tampilkan_Data;
VAR PILIH : CHAR;
Begin
JAWAB:='Y';
REPEAT
CLRSCR;
GOTOXY(10,10);WRITELN('=====');
GOTOXY(22,12);WRITELN('  M E N U  T A M P I L A N');
GOTOXY(21,14);WRITELN('[1].  MENAMPILKAN DATA');
GOTOXY(21,15);WRITELN('[2].  MENAMPILKAN HASIL DLAHAN');
GOTOXY(20,17);WRITELN('=====');
GOTOXY(20,18);WRITE('Masukkan pilihan anda (1/2) : ');
READLN(PILIH);
CASE PILIH OF
'1' : BEGIN
CLRSCR;
GOTOXY(5,5); WRITE('MASUKAN NAMA FILE DATA : ');
READLN(NAMA_FILEDATA);
ASSIGN(DATA_FILE,NAMA_FILEDATA);
RESET(DATA_FILE);
CLRSCR;
WRITELN(' NO.  NILAI HO(1) ');
WRITELN('-----');
FOR I:=1 TO FILESIZE(DATA_FILE) DO
BEGIN
READ(DATA_FILE,HO[I]);

```

```

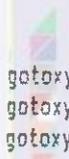
WRITELN(1:4, ' ', H0[1]:9:3);
IF (I=23) OR (EOF(DATA_FILE)) THEN
BEGIN
  TEXTCOLOR(YELLOW);
  GOTOXY(10,25);
  WRITE('Tekan Enter untuk melanjutkan ! ');
  READLN;
END;
END;
CLOSE(DATA_FILE);
END;
2: BEGIN
  CLRSCR;
  SOTOXY(5,5); WRITE('MASUKAN NAMA FILE HASIL OLAHAN DATA : ');
  READLN(NAMA_FILE);
  ASSIGN(TIPE_FILE,NAMA_FILE);
  RESET(TIPE_FILE);
  CLRSCR;
  WRITELN(' NO.   H1(i)   H2(i)   Z1(i)   Z2(i)   A1(i)   A2(i) ');
  WRITELN('=====');
  FOR I:=1 TO FILESIZE(TIPE_FILE) DO
  BEGIN
    READ(TIPE_FILE,HASIL_FILE);
    WITH HASIL_FILE DO
    BEGIN
      WRITE(1:4, ' ', H1[1]:9:3, H2[1]:9:3);
      WRITELN(Z1[1]:9:3, Z2[1]:10:3, A1[1]:10:3, A2[1]:10:3);
    END;
    IF (I=23) OR (EOF(TIPE_FILE)) THEN
    BEGIN
      SOTOXY(15,25);
      WRITE('Tekan Enter untuk melanjutkan ! ');
      READLN;
    END;
  END;
  CLOSE(TIPE_FILE);
END;
END;
CLRSCR;
GOTOXY(10,15);
WRITE('APAKAH ANDA MAU KEMBALI KE MENU UTAMA ?(Y/T) ');
READLN(JAWAB);
UNTIL UPCASE(JAWAB)='Y';
end;
Procedure Cetak_file;
VAR TEKS : STRING[50];
Begin
  CLRSCR;
  TEXTCOLOR(BLUE);
  SOTOXY(5,5);
  WRITE('MASUKAN NAMA FILE HASIL OLAHAN : ');
  READLN(NAMA_FILE);
  ASSIGN(TIPE_FILE,NAMA_FILE);
  RESET(TIPE_FILE);
  SOTOXY(5,7);

```

```

WRITE('MASUKAN NAMA FILE YANG AKAN DIPAKAI MENCETAK : ');
READLN(FILE_TEXT);
ASSIGN(KELUARAN,FILE_TEXT);
REWRITE(KELUARAN);
WRITE(KELUARAN,'=====');
WRITE(KELUARAN,'=====');
WRITELN(KELUARAN,'=====');
WRITE(KELUARAN,'  NO      H1(i)      H2(i)      Z1(i)      Z2(i)');
WRITE(KELUARAN,'      A1(i)      A2(i)      P1(i)      P2(i)      V1(i)      V2(i)');
WRITELN(keluaran,'      EF(i)      EO(i)      SF1(i)      SF2(i)      O1(i)      O2(i)');
WRITE(KELUARAN,'=====');
WRITE(KELUARAN,'=====');
WRITELN(KELUARAN,'=====');
WRITELN(KELUARAN,' ');
FOR I:=1 TO FILESIZE(TIPE_FILE) DO
  BEGIN
    SEEK(TIPE_FILE,I-1);
    READ(TIPE_FILE,HASIL_FILE);
    WITH HASIL_FILE DO
      BEGIN
        WRITE(KELUARAN,I:4,' ',H1[I]:8:3,' ',H2[I]:10:3,' ',
          Z1[I]:10:3,' ',Z2[I]:10:3);
        WRITE(KELUARAN,A1[I]:10:3,A2[I]:10:3);
        WRITE(KELUARAN,P1[I]:10:3,P2[I]:10:3,V1[I]:10:3,V2[I]:10:3,EF[I]:10:3);
        WRITELN(KELUARAN,EO[I]:10:3,SF1[I]:10:3,SF2[I]:10:3,O1[I]:10:3,O2[I]:10:3);
      END;
    END;
  CLOSE(TIPE_FILE);
  CLOSE(KELUARAN);
end;
BEGIN
  CLRSCR;
  TEXTBACKGROUND(5);
  TEXTCOLOR(blue);
  GOTOXY(15,5); WRITELN('=====');
  GOTOXY(15,7); WRITELN('  PROGRAM PROG_ENE.PAS ');
  GOTOXY(15,8); WRITELN('PADA DASARNYA PROGRAM INI HANYA MENCARI ');
  GOTOXY(15,9); WRITELN('NILAI Z2, DENGAN MENGGUNAKAN ITERASI ');
  GOTOXY(15,10);WRITELN('KEKONVERGENAN DENGAN TOLERANSI 0.1 DAN ');
  GOTOXY(15,11);WRITELN('MENGGUNAKAN STEP ITERASI 0.001, SELAIN ');
  GOTOXY(15,12);WRITELN('KRITERIA KEKONVERGENAN ABS(H1-H2)<=0.1 ');
  GOTOXY(15,13);WRITELN('0.2-1-5 DAN BANYAYNYA ITERASI <1000 KALI');
  GOTOXY(15,15);WRITELN('=====');
  TEXTCOLOR(17);
  GOTOXY(5,23); WRITE('          Tekan " ENTER" untuk memulai..... ');
  READLN;
  repeat
  clrscr;
  textcolor(11);
  gotoxy(15,8);writeln('#####');
  gotoxy(17,10);writeln('  M E N U  U T A M A ');
  gotoxy(17,12);writeln('[1].  Masukan Data ');
  gotoxy(17,13);writeln('[2].  Edit Data ');
  gotoxy(17,14);writeln('[3].  Olah Data ');
  gotoxy(17,15);writeln('[4].  Tampilkan Hasil dilayar ');

```



```

gotoxy(17,16);writeln('[5]. Cetak File keluaran ');
gotoxy(17,17);writeln('[E]. Keluar ');
gotoxy(15,19);writeln('#####');
writeln;
write(' Masukan pilihan anda (1/2/3/4/5/E) ? ');
readln(pilihan);
Case pilihan of
'1' : BEGIN
Masukan_Data;
END;
'2' : BEGIN
Edit_Data;
END;
'3' : BEGIN
Olah_Data;
END;
'4' : BEGIN
Tampilkan_Data;
END;
'5' : BEGIN
Cetak_file;
END;
'e','E' : exit;
end;
until upcase(pilihan)='e';
CLOSE(DATA_FILE);
CLOSE(TIPE_FILE);
END.

```

Hal-Cara: ...
 1. ...
 2. ...
 3. ...

Lampiran 15. Keluaran program, perbedaan tinggi permukaan air di Katulampa, Ratujuaya dan Rawajati dengan persamaan energi

NO	V1(i)	V2(i)	Z1(i)	Z2(i)	A1(i)	A2(i)	P1(i)
1.	346.515	346.372	346.400	73.340	5.120	1.577	7.420
2.	346.452	346.782	346.600	73.371	10.480	1.669	11.780
3.	346.747	346.874	346.700	73.371	13.160	1.679	13.960
4.	346.937	347.055	346.800	73.622	15.840	4.156	16.140
5.	346.949	346.877	346.900	73.633	18.520	4.239	18.320
6.	347.070	347.165	347.000	73.370	21.200	1.666	20.500
7.	347.197	347.509	347.100	73.370	23.880	1.666	19.140
8.	347.337	347.562	347.200	73.653	26.560	4.572	19.880

P2(i)	V1(i)	V2(i)	EF(i)	EO(i)	SF1(i)	SF2(i)	Q1(i)	Q2(i)
2.771	1.504	2.374	272.515	0.086	0.005	0.011	7.700	3.747
3.102	1.011	2.613	272.915	0.142	0.002	0.014	10.600	4.360
3.138	0.816	2.637	272.950	0.156	0.001	0.014	12.050	4.426
7.210	0.852	2.782	272.849	0.180	0.001	0.015	13.500	11.695
7.311	0.976	2.739	272.674	0.173	0.001	0.014	18.079	11.777
3.090	1.170	2.605	273.310	0.138	0.002	0.014	24.800	4.332
3.090	1.322	2.605	273.558	0.124	0.002	0.014	33.009	4.738
7.723	1.613	2.729	273.405	0.124	0.002	0.013	42.854	12.478

h3	B3	A3	P3	SF3	Z3	EO	V3	EF3
0.251	5.503	2.651	5.265	0.008	14.001	0.035	1.906	331.98
0.200	2.834	1.360	3.000	0.011	13.860	0.085	2.083	332.57
0.163	2.300	1.078	2.445	0.012	13.823	0.095	2.133	331.56
0.163	2.300	1.078	2.445	0.012	13.823	0.095	2.133	331.70
0.163	2.300	1.078	2.445	0.012	13.823	0.095	2.133	331.44
0.200	2.834	1.360	3.000	0.011	13.860	0.085	2.083	331.25
0.200	2.834	1.360	3.000	0.011	13.860	0.085	2.083	331.54
0.200	2.834	1.360	3.000	0.011	13.860	0.085	2.083	331.76

No	h1 (m)	Q1 (m ³ /dt)	h2 (m)	Q2 (m ³ /dt)	h3 (m)	Q3 (m ³ /dt)
1.	0.4	7.7	0.342	3.747	0.351	5.053
2.	0.6	10.6	0.371	4.360	0.200	2.834
3.	0.7	12.05	0.374	4.426	0.163	2.300
4.	0.8	13.5	0.628	11.605	0.163	2.300
5.	0.9	18.079	0.653	11.770	0.163	2.300
6.	1.0	24.8	0.370	4.338	0.200	2.834
7.	1.1	33.009	0.370	4.338	0.200	2.834
8.	1.2	42.854	0.653	12.479	0.200	2.834

Oriskipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta: IPB dan IPB University

1. Dilarang mengutip, menyalin, atau melakukan karya lain di tempat atau cara lain, tanpa izin IPB dan IPB University.

2. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan IPB dan IPB University.

3. Dilarang memperjualbelikan, menyewakan, atau melakukan karya lain di tempat atau cara lain, tanpa izin IPB dan IPB University.