

**ANALISIS HIDROGRAF DAN SIFAT FISIK
SUB DAS CIPELES, DAERAH ALIRAN SUNGAI CIMANUK
DIATAS WARUNGPETI
KABUPATEN SUMEDANG - JAWA BARAT**

Oleh
WENNY TARDJA
F 22. 0850



1991
**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR**



ANALISIS HIDROGRAF DAN SIFAT FISIK
SUB DAS CIPELES, DAERAH ALIRAN SUNGAI CIMANUK
DIATAS WARUNGPETI
KABUPATEN SUMEDANG - JAWA BARAT

Oleh

WENNY TARDJA

F.22. 0850

SKRIPSI

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

1991

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR



INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

ANALISIS HIDROGRAF DAN SIFAT FISIK
SUB DAS CIPELES, DAERAH ALIRAN SUNGAI CIMANUK
DIATAS WARUNGPETI
KABUPATEN SUMEDANG - JAWA BARAT

SKRIPSI

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

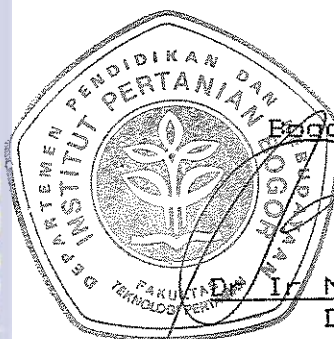
Oleh

WENNY TARDJA

F.22. 0850

Disetujui,

Bogor, 19/9/91



M. Azron Dhalhar, MSAE
Dosen Pembimbing



Wenny Tardja. F 22.0850. Analisis Hidrograf Dan Sifat Fisik Sub DAS Cipeles, Daerah Aliran Sungai Cimanuk Diatas Warungpeti. Kabupaten Sumedang - Jawa Barat. Dibawah bimbingan Dr. Ir. M Azron Dhalhar, MSAE.

RINGKASAN

Pemanfaatan sumber daya yang melebihi daya dukungnya, terutama sumber daya tanah dan air akan menimbulkan dampak negatif. Dengan demikian dilakukan usaha pengelolaan DAS dimaksudkan untuk meningkatkan jumlah air dan mendapatkan debit air dengan fluktuasi yang relatif singkat sepanjang tahun.

Tujuan dari penelitian ini adalah : menghitung dan menganalisa faktor-faktor morfometri DAS untuk mengetahui parameter fisik DAS, analisis hidrograf dari curah hujan tunggal dan tinggi muka air sungai serta analisis hubungan antara sifat fisik DAS dan hidrograf satuan yang terjadi.

Dudhiyono dan Mudiyarso (1980), mengemukakan bahwa DAS merupakan ekosistem yang didalamnya terjadi interaksi antara faktor faktor biotik (vegetasi) dan faktor-faktor fisik (tanah dan iklim).

Untuk menghitung curah hujan rata-rata pada daerah DAS, salah satu metoda yang dapat dipergunakan adalah metoda poligon thiessen. Intensitas curah hujan adalah ketinggian hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi (Loebis, 1987).



Hidrograf tinggi muka air merupakan gambaran dari sifat aliran limpasan terhadap waktu dengan memakai 'rating curve' hidrograf tinggi muka air dapat dirubah menjadi hidrograf debit.

Dari hasil perhitungan didapat bahwa nilai dari morfometri yang berhubungan dengan faktor bentuk seperti koefisien bentuk DAS, lebar rata-rata, nisbah sirkularitas, faktor bentuk DAS dan rasio panjang berturut-turut sebesar 0.150, 12.371 km, 0.345, 2.853 dan 0.668. Adapun yang berhubungan dengan faktor sungai/drainase, seperti rasio bifurkasi adalah sebesar 18.696 dan faktor sumber sebesar 60.700. Disamping itu yang berhubungan dengan topografi (kemiringan), seperti panjang aliran limpasan, faktor topografi, kekasaran DAS, kerapatan sungai, kemiringan rata-rata sungai utama dan kemiringan efektif sungai utama berturut turut sebesar 0.574 km, 381.535 km, 0.634, 0.871 1/km, 0.020 dan 0.027. Dari perhitungan dan analisis dapat dikatakan bahwa sub DAS cipeles itu berbentuk memanjang dengan kemiringan yang landai, bertopografi datar serta peranan dari faktor sungai tingkat satu lebih dominan dibandingkan dengan peranan sungai-sungai dengan tingkat yang lebih tinggi.

Dari hubungan antara curah hujan dengan debit puncak aliran langsung dan debit puncak aliran total serta memperhatikan curah hujan di hulu dan di hilir, maka secara umum dapat dikatakan jika curah hujan di hulu lebih besar daripada di hilir maka debit puncak aliran langsung dan debit puncak aliran total akan kecil karena dalam perjalanannya

air mengalami infiltrasi, evaporasi dan tertahannya air hujan di bagian bagian yang lebih rendah di daerah pengalirannya. Namun dalam penelitian ini dengan bertambah atau semakin tingginya jumlah hujan tidak selalu diikuti semakin tingginya debit puncak aliran langsung dan debit puncak aliran total karena banyak faktor-faktor lain yang mempengaruhi antara lain lamanya hujan, kondisi kelembaban tanah pada permulaan turunya hujan, jenis tanah, tata guna tanah dan sifat fisik DAS.

Secara umum jika komponen curah hujan di hulu lebih besar daripada di hilir maka untuk mencapai waktu puncak hidrograf cenderung lambat karena diperkirakan telah banyak kehilangan air dalam perjalanan. Selain itu kemiringan juga berpengaruh terhadap waktu puncak hidrograf.

Faktor faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan meliputi variasi curah hujan DAS, kondisi penggunaan lahan, morfometri DAS, jenis tanah dan kondisi topografi DAS.

Pendugaan debit puncak limpasan umumnya dilakukan dengan metoda rasional. Parameter yang dipertimbangkan meliputi koefisien limpasan, intensitas curah hujan maksimum dan luas DAS. Koefisien limpasan diperkirakan sebesar 0.36 dan waktu konsentrasi 3.9 jam.

Intensitas curah hujan maksimum untuk periode ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun berturut-turut 8.1 mm/jam, 11.1 mm/jam, 13.5 mm/jam dan 17.2 mm/jam. Sedangkan debit puncak limpasan untuk periode ulang yang sama, berturut-turut $99.0 \text{ m}^3/\text{det}$, $135.7 \text{ m}^3/\text{det}$, $165.1 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $210.3 \text{ m}^3/\text{det}$.



KATA PENGANTAR

Segala puji kepunyaan Allah, hanya karena Rahmat dan Karunia-Nya lah maka skripsi ini dapat terselesaikan.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Judul dari skripsi ini adalah " ANALISIS HIDROGRAF DAN SIFAT FISIK SUB DAS CIBELES, DAERAH ALIRAN SUNGAI CIMANUK DIATAS WARUNGPETI KABUPATEN SUMEDANG - JAWA BARAT". Skripsi ini dibuat dengan tujuan menghitung dan menganalisa faktor-faktor morfometri DAS untuk mengetahui parameter fisik DAS, analisis hidrograf dari curah hujan tunggal dan tinggi muka air sungai dan analisis hubungan antara sifat fisik DAS dan hidrograf satuan yang terjadi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terlaksana tanpa adanya pihak-pihak yang telah sudi membantu didalam penyusunan. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. M Azron Dhalhar, MSAE selaku dosen pembimbing, penulis sampaikan terima kasih banyak atas semua budi baik, bimbingan dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
2. Drs. Soepomo selaku staf dari Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Cimanuk atas segala bantuan dalam pengumpulan data.



3. Ir. Aris Priyanto, MAE selaku kepala laboratorium Teknik Tanah dan Air atas segala bantuan dalam peminjaman alat.
4. Para staf dan karyawan DFMA - Bandung yang turut membantu dalam melengkapi data-data.

Disadari sepenuhnya bahwa tulisan ini masih perlu penyempurnaan, sebab itu kritik dan saran sangat diharapkan.

Bogor, Januari 1991

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN PENELITIAN	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. DAERAH ALIRAN SUNGAI	4
B. MORFOMETRI DAS	5
1. Koefisien Bentuk DAS	6
2. Kerapatan Sungai	7
3. Lebar Rata-Rata DAS	7
4. Panjang Aliran Limpasan	8
5. Nisbah Sirkularitas	8
6. Faktor Topografi	9
7. Kekasaran DAS	9
8. Faktor Bentuk DAS	10
9. Rasio Panjang DAS	10
10. Rasio Bifurkasi	11
11. Faktor sumber	12
12. Kemiringan rata-rata sungai utama ..	13

13. Kemiringan efektif sungai utama ...	13
C. CURAH HUJAN	14
D. HIDROGRAF	16
1. Batasan hidrograf	16
2. Bagian-bagian hidrograf	19
3. Komponen hidrograf	20
4. Pemisahan hidrograf	20
E. LIMPASAN	22
III. KEADAAN UMUM DAERAH PENELITIAN	24
A. LOKASI DAERAH PENELITIAN	24
B. TATA GUNA LAHAN	24
C. JENIS TANAH	25
IV. METODA PENELITIAN	26
A. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN	26
B. BAHAN PENELITIAN	26
C. METODA	27
1. Morfometri DAS	27
2. Curah Hujan	28
3. Hidrograf	30
4. Debit Puncak Limpasan	31
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. ANALISIS FAKTOR-FAKTOR MORFOMETRI DAS ..	33
B. CURAH HUJAN	40
C. ANALISIS HIDROGRAF	47
D. PREDIKSI DEBIT PUNCAK LIMPASAN MAKSIMUM	58



VI. KESIMPULAN DAN SARAN	61
LAMPIRAN	64
DAFTAR PUSTAKA	139

a Hic cipa mite IPB University

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.	Tata guna lahan sub DAS Cipeles	25
Tabel 2.	Koefisien limpasan (C) untuk berbagai kondisi lahan	32
Tabel 3.	Nilai koefisien Thiessen dari empat stasiun hujan	41
Tabel 4.	Curah hujan harian maksimum wilayah tahunan DAS Cipeles	41
Tabel 5.	Besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang Tr berdasarkan metoda Log Pearson Tipe III	43
Tabel 6.	Besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang Tr berdasarkan metoda Nilai Ekstrim Gumbel	43
Tabel 7.	Besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang berdasarkan metoda Log Pearson Tipe III dan Nilai Ekstrim Gumbel	44
Tabel 8.	Koefisien Thiessen daerah hulu dan daerah hilir	45
Tabel 9.	Curah hujan rata-rata DAS dan komponen curah hujan rata-rata daerah hulu dan daerah hilir serta perbandingan Hu dan Hi	46
Tabel 10.	Hubungan antara jumlah hujan dan debit puncak	49
Tabel 11.	CH DAS, perbandingan komponen curah hujan Hu dan Hi serta waktu mencapai puncak hidrograf	54
Tabel 12.	Perhitungan nilai koefisien limpasan (C) dengan metoda partial	58
Tabel 14.	Pendugaan debit puncak limpasan DAS Cipeles untuk periode ulang tertentu ...	59

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran	1.	Nilai morfometri DAS	65
Lampiran	2.	Data curah hujan dari empat stasiun hujan	66
Lampiran	3.	Bentuk 'Rating Curve' untuk tahun 1981-1983 di Proyek Pengembangan Sungai Cimanuk	67
Lampiran	4a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 14 Januari 1982	69
Lampiran	4b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 14 Januari 1982	70
Lampiran	5a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 18 Januari 1982	71
Lampiran	5b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 18 Januari 1982	72
Lampiran	6a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 22 - 23 Januari 1982	73
Lampiran	6b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 22 - 23 Januari 1982	74
Lampiran	7a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 20 Februari 1982	75

Lampiran	7b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 20 Februari 1982	76
Lampiran	8a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 21 - 22 Februari 1982	77
Lampiran	8b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 21 - 22 Februari 1982	78
Lampiran	9a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 11 Maret 1982	79
Lampiran	9b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 11 Maret 1982	80
Lampiran	10a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 17 - 18 Maret 1982	81
Lampiran	10b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 17 - 18 Maret 1982	82
Lampiran	11a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 26 - 27 Maret 1982	83
Lampiran	11b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 26 - 27 Maret 1982	84
Lampiran	12a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 2 - 3 April 1982	85
Lampiran	12b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 2 - 3 April 1982	86

Lampiran 13a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 16 - 17 April 1982	87
Lampiran 13b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 16 - 17 April 1982	88
Lampiran 14a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 20 - 21 April 1982	89
Lampiran 14b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 20 - 21 April 1982	90
Lampiran 15a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 6 - 7 Mei 1982	91
Lampiran 15b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 6 - 7 Mei 1982	92
Lampiran 16a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 6 - 7 Juni 1982	93
Lampiran 16b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 6 - 7 Juni 1982	94
Lampiran 17a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 8 - 9 Juni 1982	95
Lampiran 17b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 8 - 9 Juni 1982	96
Lampiran 18a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 2 - 10 Desember 1982	97

Lampiran 18b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 7 - 10 Desember 1982	98
Lampiran 19a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 4 - 5 Januari 1983	99
Lampiran 19b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 4 - 5 Januari 1983	100
Lampiran 20a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 22 - 23 Januari 1983	101
Lampiran 20b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 22 - 23 Januari 1983	102
Lampiran 21a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 25 - 26 Januari 1983	103
Lampiran 21b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 25 - 26 Januari 1983	104
Lampiran 22a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 2 Februari 1983	105
Lampiran 22b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 2 Februari 1983	106
Lampiran 23a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 12 - 13 Februari 1983	107
Lampiran 23b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 12 - 13 Februari 1983	108

Lampiran 24a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 20 Maret 1983	109
Lampiran 24b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 20 Maret 1983	110
Lampiran 25a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 1 - 2 April 1983	111
Lampiran 25b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 1 - 2 April 1983	112
Lampiran 26a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 25 April 1983	113
Lampiran 26b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 25 April 1983	114
Lampiran 27a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 26 April 1983	115
Lampiran 27b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 26 April 1983	116
Lampiran 28a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 11 Mei 1983	117
Lampiran 28b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 11 Mei 1983	118
Lampiran 29a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 24 - 25 Mei 1983	119

Lampiran 29b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 24 - 25 Mei 1983	120
Lampiran 30a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 7 Juni 1983	121
Lampiran 30b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 9 Juni 1983	122
Lampiran 31a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 9 - 10 Oktober 1983	123
Lampiran 31b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 9 - 10 Oktober 1983	124
Lampiran 32a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 11 Nofember 1983	125
Lampiran 32b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 11 Nofember 1983	126
Lampiran 33a.	Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 2 Desember 1983	127
Lampiran 33b.	Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 2 Desember 1983	128
Lampiran 34.	Peta lokasi sub DAS Cipeles	129
Lampiran 35.	Peta DAS Cipeles	130
Lampiran 36.	Peta tata guna lahan	131
Lampiran 37.	Peta jenis tanah	132
Lampiran 38.	Pembagian DAS Cipeles dalam empat poligon Theissen	133

Lampiran	37.	Pembagian daerah hulu dan hilir ...	134
Lampiran	40.	Tabel untuk menentukan nilai K dengan distribusi Log Pearson Tipe III	135
Lampiran	41.	Tabel untuk perhitungan curah hujan maksimum menurut metoda Log Pearson Tipe III	136
Lampiran	42.	Tabel untuk perhitungan curah hujan maksimum menurut metoda Nilai Ekstrim Gumbel	137
Lampiran	43.	Perhitungan intensitas curah hujan dan debit puncak limpasan DAS Cipeles	138

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Bertambahnya jumlah penduduk, bertambah banyaknya industri yang memerlukan air serta lahan pertanian yang semakin diintensifkan menyebabkan kebutuhan akan air juga semakin meningkat. Pemanfaatan sumberdaya yang melebihi daya dukungnya, terutama sumberdaya tanah dan air akan menimbulkan dampak negatif (kritisnya kondisi hidrologi).

Hujan-hujan deras dengan waktu kejadian yang singkat juga mencirikan wilayah DAS ini dengan akibat banjir yang sering merusak areal pertanaman dan pemukiman penduduk. Begitu pula fluktuasi debit air sungai yang terlalu besar akan menimbulkan dampak negatif, baik bagi pembangunan di bidang pertanian maupun di luar bidang pertanian. Di bidang pertanian akan mengurangi lahan yang dapat diairi pada musim kemarau dan pada musim hujan banyak lahan yang rusak maupun tidak bisa dipanen akibat bencana banjir. Di luar bidang pertanian akan mengakibatkan terhambatnya pembangunan di sektor industri, PLTA, maupun di sektor lain yang membutuhkan air dalam jumlah yang besar.

Menurut Zen (1980), jika Indonesia tidak mampu melindungi daerah aliran sungainya, terutama di pulau

Jawa, maka dalam beberapa dasawarsa mendatang lapisan tanah subur untuk pertanian akan terkikis habis dan dengan demikian produksi pangan akan menurun. Akibat ini adalah petani-petani menjadi miskin dan terutama kaum mudanya akan meninggalkan desa untuk membanjiri kota-kota besar.

Semua usaha yang dilakukan dalam rangka pengelolaan daerah aliran sungai dimaksudkan untuk meningkatkan jumlah air dan mendapatkan debit air dengan fluktuasi yang relatif kecil sepanjang tahun. Di bidang pertanian hal ini akan menambah produksi pertanian dan di luar bidang pertanian keadaan tersebut akan menunjang pengandaan air dan tenaga listrik dalam jumlah yang relatif tetap sepanjang tahun.

Dengan demikian untuk dapat melakukan usaha-usaha pengelolaan DAS, diperlukan pengetahuan tentang DAS. Pengukuran-pengukuran serta analisis sifat-sifat DAS yang dilakukan dalam kegiatan penelitian ini diperlukan untuk mempelajari sifat-sifat DAS tersebut.

B. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menghitung dan menganalisa faktor-faktor morfometri DAS untuk mengetahui parameter fisik DAS.

2. Analisis hidrograf dari curah hujan tunggal dan tinggi muka air sungai.
3. Analisis hubungan antara sifat fisik DAS dan hidrograf satuan yang terjadi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. DAERAH ALIRAN SUNGAI

Berbagai pengertian tentang DAS telah dikemukakan oleh berbagai penulis. Didalam "Dictionary of Scientific and Tecnical Term" (Lapedes (ed), 1974), DAS (Watershed) diartikan suatu kawasan yang mengalirkan air kesatu sungai utama. Pengaliran ini dapat merupakan aliran permukaan, air bumi atau pengaliran air oleh gaya gravitasi atau pompa.

Budhiyono dan Mudiyarso (1980) mengemukakan bahwa DAS merupakan ekosistim yang di dalamnya terjadi interaksi antara faktor-faktor biotik (vegetasi) dan faktor-faktor fisik (tanah dan iklim). Interaksi ini dinyatakan dalam bentuk keseimbangan "input" dan "output" air serta hasil sedimen yang dikeluarkan; hal ini akan mencirikan keadaan hidrologi ekosistem tersebut.

Dari pengertian-pengertian diatas dapat diambil gambaran bahwa setiap aktifitas dibagian hulu suatu DAS dapat memberikan pengaruh dibagian hilirnya. Dengan demikian, sebuah sistem sungai dan anak-anak sungainya dapat dianggap sebagai satu kesatuan sistem.

B. MORFOMETRI DAS

Kondisi fisik daerah akan merupakan parameter yang selalu tetap untuk jangka waktu yang lama, karena pada dasarnya semua proses alam akan menuju kearah kesetimbangan. Cuaca adalah sebagai peubah yang mempengaruhi kondisi fisik daerah tersebut, yang dalam jangka waktu pendek selalu berubah-ubah akan tetapi dalam jangka waktu yang lama adalah tetap.

Kesetimbangan terjadi diatur oleh alam itu sendiri sehingga jika ada kejadian yang menyebabkan adanya perubahan kesetimbangan, maka akan terjadi kesetimbangan baru. Kondisi yang demikian ditunjukkan oleh kondisi morfologi daerah (Darmadi, 1990).

Kondisi morfologi DAS akan mencerminkan sifat fisik DAS. Sifat fisik DAS yang banyak disebut-sebut mempunyai peranan dalam proses pembentukan hidrograf oleh peneliti terdahulu, diantaranya parameter fisik DAS yang berhubungan dengan faktor bentuk, faktor sungai/drainase dan faktor topografi/kemiringan. Adapun parameter fisik DAS yang berhubungan dengan faktor bentuk adalah koefisien bentuk DAS (F), lebar rata-rata DAS (w), nisbah sirkularitas (R_c), faktor bentuk DAS (SF) dan rasio panjang (R_e), yang berhubungan dengan faktor sungai/drainase adalah rasio bifurkasi (R_b) dan faktor sumber (SR), sedang yang berhubungan dengan faktor topografi/kemiringan adalah panjang aliran

limpasan (L_g), kerapatan sungai (D), faktor topografi (T), kekasaran DAS (R_u), kemiringan rata-rata sungai utama (S_m) dan kemiringan efektif sungai utama (S_e).

Definisi masing-masing sifat morfometri DAS adalah sebagai berikut :

1. Koefisien Bentuk DAS

Untuk melihat corak atau bentuk daerah aliran sungai, digunakan koefisien bentuk DAS yang merupakan perbandingan antara luas daerah aliran dengan panjang sungainya, ditulis dalam bentuk persamaan (Sosrodarsono dan Takeda, 1978) :

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

dimana, F = koefisien bentuk DAS
 A = luas DAS (km^2)
 L = panjang sungai (km)

Semakin besar nilai F maka semakin lebar daerah alirannya. Nilai F yang kecil menunjukkan daerah aliran sungai bentuk memanjang dan sempit. Daerah aliran yang sempit dan memanjang akan menimbulkan limpasan dengan waktu konsentrasi yang lebih lambat dibandingkan dengan daerah aliran sungai yang melebar pada luasan yang sama (Sosrodarsono dan Takeda, 1978).

2. Kerapatan Sungai

Kerapatan sungai adalah suatu indeks yang menunjukkan banyaknya sungai persatuan luas di dalam daerah aliran sungai, dapat dituliskan sebagai berikut (Sosrodarsono dan Takeda, 1978) :

$$D = \frac{L + L1}{A} \quad (2)$$

dimana, D = kerapatan sungai (1/km)
 L = panjang sungai utama (km)
 L1 = panjang anak sungai-anak sungai (km)
 A = luas DAS (km²)

Nilai D ini berkisar antara 0.3 sampai 0.5 dan dianggap sebagai indeks yang menunjukkan keadaan topografi dan geologi dalam daerah pengaliran. Kerapatan sungai akan kecil di daerah geologi yang permeabel, pegunungan dan di lereng-lereng terjal, tetapi untuk daerah yang banyak curah hujannya nilai D ini cukup besar (Sosrodarsono dan Takeda, 1978).

3. Lebar Rata-rata DAS

Lebar rata-rata DAS merupakan hasil bagi luas DAS dengan panjang DAS yang dinyatakan dalam bentuk persamaan (Cordery, 1968) :

$$ww = A Ld^{-1} \quad (3)$$

dimana, w_w = lebar rata-rata DAS (km)
 A = luas DAS (km²)
 L_d = panjang DAS (km)

4. Panjang Aliran Limpasan

Panjang aliran limpasan (L_g) dinyatakan dalam bentuk persamaan (Strahler, 1964) :

$$L_g = (2D)^{-1} \quad (4)$$

dimana, L_g = panjang aliran limpasan (km)
 D = kerapatan sungai (1/km)

Semakin kecil nilai kerapatan sungai suatu DAS, maka panjang aliran limpasannya semakin besar. Hal ini karena aliran permukaan yang terjadi akan melalui permukaan tanah yang panjang sebelum sampai di sungai, akibatnya aliran limpasan menjadi besar (Abdul Halim, 1989).

5. Nisbah Sirkularitas

Nisbah sirkularitas (circularity ratio, R_c) dinyatakan dalam bentuk persamaan (Strahler, 1964) :

$$R_c = A A_c^{-1} \quad (5)$$

dimana, R_c = nisbah sirkularitas (tanpa dimensi)
 A = luas DAS (km²)
 A_c = luas lingkaran yang mempunyai keliling sama dengan keliling DAS (km²)

Nilai R_c berkisar antara 0.6 sampai 0.7. Nilai

Rc kecil menunjukkan DAS berbentuk memanjang sedangkan Rc besar menunjukkan DAS berbentuk melebar.

6. Faktor Topografi

Faktor topografi dinyatakan dalam bentuk persamaan (Seyhan, 1977) :

$$T = L \cdot S_o^{-0,5} \quad (6)$$

dimana, T = faktor topografi (km)
 L = panjang sungai utama (km)
 S_o = kemiringan sungai utama

DAS dengan faktor topografi kecil, mencerminkan suatu DAS dengan kemiringan sungai yang terjal. Sebaliknya, DAS dengan faktor topografi besar menunjukkan bahwa DAS tersebut mempunyai kemiringan sungai yang landai.

7. Kekasaran DAS

Kekasaran DAS berhubungan dengan beda elevasi tempat tertinggi dan terendah dan kerapatan sungai yang dinyatakan dalam bentuk persamaan (Seyhan, 1977) :

$$R_u = H \cdot D \quad (7)$$

dimana, R_u = kekasaran DAS
 H = beda elevasi (m)
 D = kerapatan sungai (1/m)

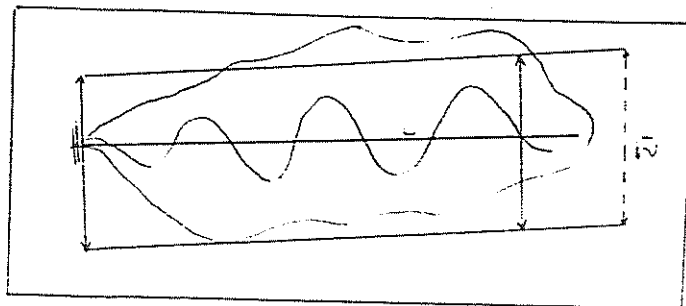


Daerah yang mempunyai gunung-gunung yang tinggi dan terjal secara relatif akan mempunyai nilai kekasaran DAS yang besar.

8. Faktor bentuk DAS

Faktor bentuk DAS (SF) didefinisikan sebagai rasio antara panjang maksimal DAS dengan lebar rerata DAS, seperti ditunjukkan persamaan 8 dan gambar 1 (Ogrosky, 1964).

$$SF = \frac{\text{Panjang maksimal DAS, (L)}}{\text{Lebar rerata DAS (ww)}} \quad (8)$$



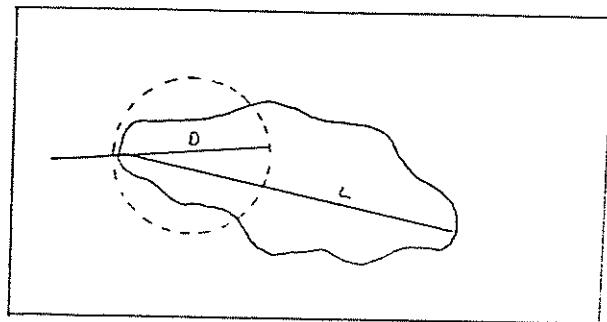
Gambar 1. Penetapan faktor bentuk DAS

Dengan demikian faktor bentuk DAS berbanding terbalik dengan koefisien bentuk DAS, dimana DAS akan berbentuk memanjang dan sempit jika nilai faktor bentuk semakin besar.

9. Rasio panjang DAS

Rasio panjang (Re) adalah rasio antara

diameter suatu lingkaran yang mempunyai luas sama dengan luas DAS, dengan panjang maksimal DAS. Mempunyai nilai berkisar antara 0.6 sampai 1.0, ditunjukkan pada persamaan 9 dan gambar 2 (Strahler, 1964).



Gambar 2. Penetapan rasio panjang

$$Re = \frac{\text{Diameter lingkaran seluas DAS, (D)}}{\text{Panjang maksimal DAS, (L)}} \quad (9)$$

10. Rasio bifurkasi (Nisbah percabangan)

Rasio bifurkasi dinyatakan dengan persamaan (Strahler, 1964) :

$$Rb = N_u (N_{u+1})^{-1} \quad (10)$$

dimana, Rb = nisbah percabangan (tanpa dimensi)
 N_u = jumlah cabang sungai orde u
 N_{u+1} = jumlah cabang sungai orde $u+1$

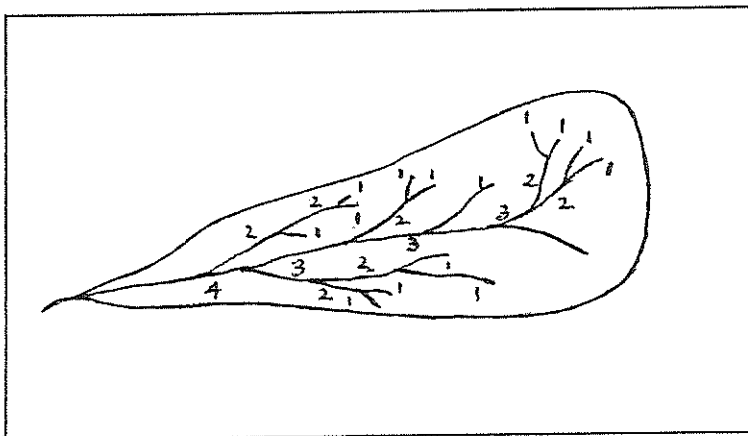
Nisbah percabangan yang kecil akan menyebabkan aliran permukaan bergerak secara cepat, sehingga

waktu tenggang (lag time) menjadi singkat dan debit puncak hidrograf menjadi bertambah besar, sebaliknya apabila nilai nisbah percabangan besar akan menyebabkan aliran permukaan bergerak lambat, sehingga waktu tenggang dan debit puncak hidrograf menjadi lebih kecil (Chorley, 1969).

11. Faktor sumber

Faktor sumber (SR) dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah panjang sungai orde pertama dan jumlah panjang sungai total, seperti ditunjukkan pada persamaan 11 dan gambar 3 (Strahler, 1964).

$$SR = \frac{\text{panjang sungai orde 1}}{\text{panjang sungai total}} \quad (11)$$



Gambar 3. Penetapan orde sungai menurut Strahler (1964)

12. Kemiringan rata-rata sungai utama

Kemiringan rata-rata adalah perbandingan antara selisih tinggi dari dua titik, yaitu antara ketinggian titik tertinggi pengukur debit pada sungai utama, dengan panjang sungai utama yang terletak diantara kedua titik tersebut.

Persamaan rumus hitungan kemiringan rata-rata, ditunjukkan pada persamaan 12 (Ogrosky, 1964).

$$S_m = \frac{E_{1.A} - E_{1.B}}{L_c} \quad (12)$$

dimana, S_m = kemiringan rata-rata, dalam km/km
 $E_{1.A}$ = elevasi (ketinggian) titik tertinggi pada sungai utama, dalam m
 $E_{1.B}$ = elevasi (ketinggian) titik pengukur debit, dalam m
 L_c = panjang sungai utama, dalam km

13. Kemiringan efektif sungai utama

Kemiringan efektif sungai utama merupakan cara penentuan nilai kemiringan sungai utama dengan mempertimbangkan bobot kemiringan kepada tiap-tiap penggal utama (Strahler, 1964).

$$S_e = \left[\frac{L_c}{\sum (L_i / S_i^{0.5})} \right]^2 \quad (13)$$

dimana, S_e = kemiringan efektif, dalam km/km
 $L_c = \sum L_i$ = panjang sungai utama, dalam km
 L_i = panjang penggal sungai utama ke-i,

dalam km
 S_i = kemiringan penggal sungai utama ke-i,
 dalam km
 n = jumlah penggal sungai utama

C. CURAH HUJAN

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1978), ditinjau dari jangka waktu, distribusi curah hujan berbeda-beda, yaitu curah hujan tahunan, curah hujan bulanan, curah hujan harian dan curah hujan perjam

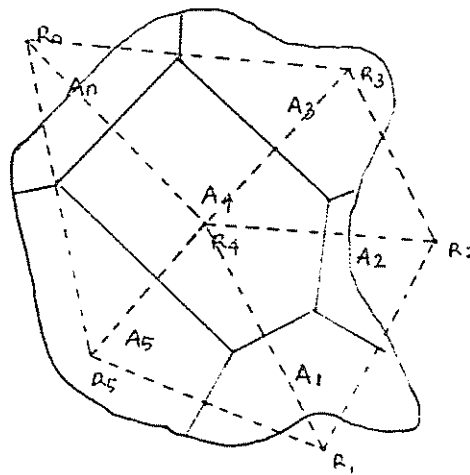
Faktor-faktor yang menentukan besarnya curah hujan rata-rata disuatu tempat antara lain, garis lintang, posisi dan luas daerah, jarak dari pantai atau sumber sebab lain, efek geografis dan ketinggian (Subarkah, 1980)

Untuk menghitung curah hujan rata-rata pada daerah aliran sungai, salah satu metoda yang dapat dipergunakan adalah metoda poligon Thiessen. Cara ini diperoleh dengan membuat poligon yang terjadi karena membuat garis berat dari garis penghubung dua stasiun hujan. Di dalam setiap poligon terdapat sebuah stasiun hujan yang mewakili daerah poligon tersebut. Curah hujan rata-rata dihitung dengan cara berikut (Loebis, 1987 dan Sosrodarsono dan Takeda, 1978) :

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A} \quad (14)$$

$$= W_1R_1 + W_2R_2 + \dots + W_nR_n$$

dimana, R = hujan rata - rata DAS
 $R_1 \dots R_n$ = curah hujan di stasiun 1 sampai stasiun n (mm)
 $A_1 \dots A_n$ = Luas daerah yang mewakili tiap stasiun hujan (km²)
 A = $\sum A_n$ = luas DAS (km²)
 $W_1 \dots W_n$ = $A_1/A \dots A_n/A$



Gambar 4. Pembagian DAS dalam beberapa poligon

Metoda poligon Thiessen akan memberikan hasil yang konsisten dan tidak memerlukan keseragaman penyebaran stasiun hujan.

Intensitas curah hujan adalah ketinggian hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi (Loebis, 1987). Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda disebabkan oleh lamanya hujan turun atau frekuensi terjadinya. Untuk curah hujan harian, perhitungan besarnya intensitas curah hujan

dapat dipergunakan rumus Mononobe (Sosrodarsono dan Takeda, 1978) sebagai berikut :

$$I = \left[\frac{R_{24}}{24} \cdot \frac{24}{T_c} \right]^{2/3} \quad (15)$$

dimana, I = intensitas curah hujan (mm/jam)
 R_{24} = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)
 T_c = waktu konsentrasi (jam)

D. HIDROGRAF

1. Batasan Hidrograf

Hidrograf tinggi muka air merupakan gambaran dari sifat aliran limpasan terhadap waktu. Dengan memakai "rating curve" hidrograf tinggi muka air dapat dirubah ke bentuk debit (Viessman et al.1977). Untuk selanjutnya hidrograf debit disebut hidrograf.

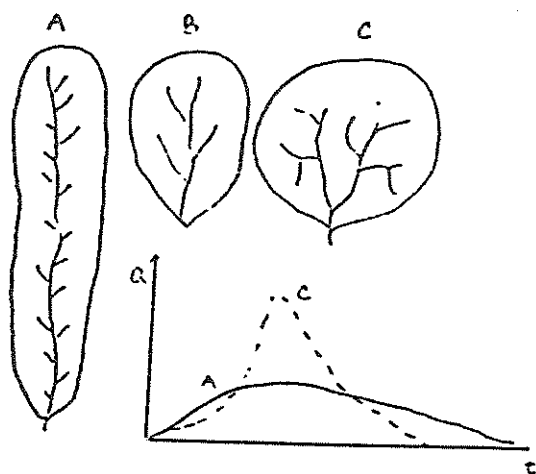
Bentuk dan ukuran hidrograf aliran dipengaruhi oleh faktor fisiografi dan meteorologi. Teori hidrograf mengatakan bahwa suatu DAS yang mendapatkan masukan curah hujan tertentu akan menghasilkan suatu hidrograf aliran yang bentuk dan ukurannya tertentu pula. Jadi dengan kata lain suatu masukan curah hujan tertentu selalu menghasilkan suatu respon hidrograf aliran tertentu pula (Suyono, 1986).

Chorley (1969) menggambarkan secara hipotesis

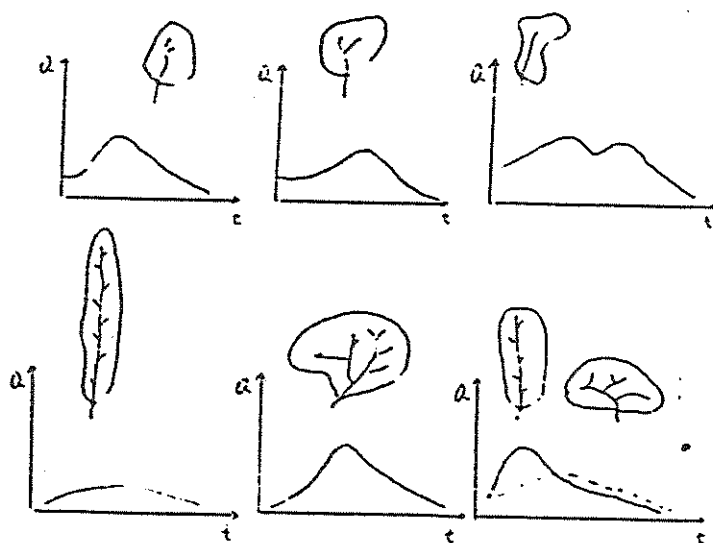
Kerapatan sungai yang tinggi akan menyebabkan aliran permukaan bergerak secara cepat, sehingga waktu tenggang (lag time) menjadi singkat dan debit puncak hidrograf menjadi bertambah besar.

Seyhan (1975) menggambarkan secara hipotesis pengaruh bentuk DAS terhadap bentuk hidrograf (gambar 6). Walaupun luas DAS dan curah hujannya sama tetapi karena ada perbedaan bentuk DAS, maka hidrograf yang dihasilkan berbeda dalam bentuk dan ukurannya.

Variasi hidrograf aliran dari suatu DAS disebabkan karena adanya variasi curah hujan dan kondisi saat curah hujan terjadi. Variasi curah hujan meliputi variasi intensitas dan distribusi menurut ruang dan waktu. Curah hujan dengan intensitas tinggi terpusat di daerah hilir akan menghasilkan hidrograf dengan puncak dan lengkung konsentrasi yang tajam, sedangkan curah hujan terpusat di hulu akan menghasilkan hidrograf dengan puncak rendah dan lengkung konsentrasi lambat. Keadaan tersebut disebabkan adanya perbedaan perjalanan aliran (Suyono, 1986).



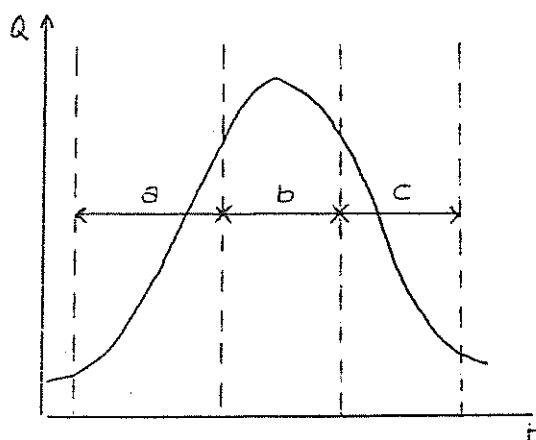
Gambar 5. Pengaruh nisbah percabangan terhadap debit puncak (Chorley. 1969).



Gambar 6. Pengaruh bentuk daerah aliran sungai terhadap bentuk hidrograf (Seyhan. 1975).

2. Bagian bagian Hidrograf

Suatu hidrograf terdiri dari tiga bagian, seperti tertera pada gambar 7, yaitu (Subarkah, 1980) :



- Lengkung konsentrasi
- Puncak hidrograf
- Lengkung resesi

Gambar 7. Bagian-bagiab hidrograf (Subarkah,1980)

Tiap bagian mempunyai karakteristik sendiri-sendiri. Faktor-faktor yang menentukan ordinat puncak hidrograf dan lama tercapainya puncak hidrograf dari aliran langsung ialah faktor metereologi dan karakteristik daerah aliran.

Lengkung konsentrasi merupakan suatu fungsi dari "Time Area Histogram", hubungan antara lama-luas area hujannya. Resesi terjadi setelah semua pengaliran yang masuk ke dalam sungai berhenti dan

hidrograf aliran sungai terjadi dari air yang tertampung di dalam palung dan dari aliran air tanah. Sehubungan dengan ini resesi tidak tergantung pada variasi dari waktu hujan. Bagian bawah dari garis resesi ialah resesi air tanah atau lengkung deplesi yang menunjukkan pengurangan laju air tanah.

3. Komponen Hidrograf.

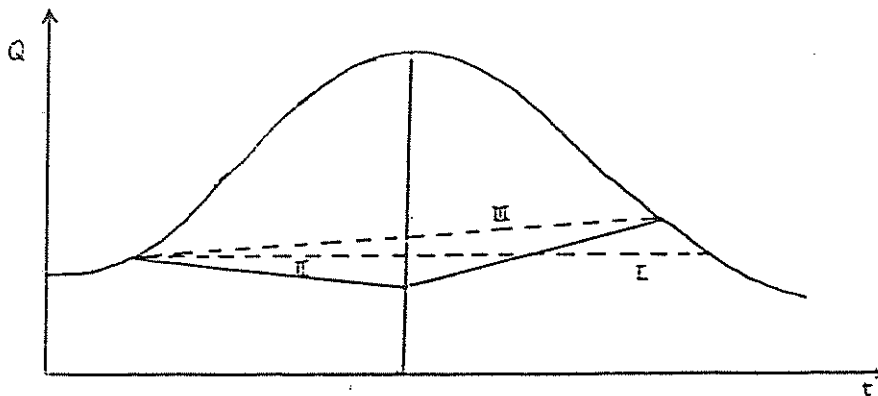
Komponen dari hidrograf yang merupakan sumber pengaliran di dalam sungai adalah (Viessman et al., 1972) :

- a. Aliran permukaan langsung (direct surface runoff)
- b. Aliran bawah permukaan/aliran antara (interflow)
- c. Air tanah atau aliran dasar (ground water or base flow)
- d. Hujan yang jatuh di atas sungai

4. Pemisahan Hidrograf

Subarkah (1980), menerangkan bahwa untuk menentukan besarnya aliran langsung yang disebabkan oleh hujan, pemisahan komponen hidrograf aliran menjadi aliran langsung dan aliran dasar perlu dilakukan. Pemisahan hidrograf dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu metoda garis lurus, metoda "fixed base length" dan metoda "variable slope".

(Gambar 8).



Gambar 8. Metoda pemisahan aliran langsung dan aliran dasar pada hidrograf

Pemisahan dengan metoda garis lurus (I) merupakan cara pemisahan hidrograf yang paling sederhana, yaitu menghubungkan titik di mana limpasan permukaan mulai terjadi dengan titik pemisah aliran dasar kurva resesi.

Pemisahan dengan metoda "fixed base length", (Gambar II) didasarkan atas pemikiran bahwa limpasan permukaan akan berakhir sesudah waktu tertentu dihitung dari puncak hidrograf. Pemisahannya dilakukan dengan menggunakan garis resesi dari hidrograf dan dihubungkan lagi dengan suatu titik pada kurva resesi.

Pemisahan hidrograf dengan metode "Variable slope" (Gambar III) dilakukan dengan menarik garis dari titik pertemuan kurva konsentrasi ke suatu titik pada kurva resesi.

E. LIMPASAN

Menurut Schwab et al. (1981), limpasan didefinisikan sebagai bagian dari curah hujan yang membuat aliran ke saluran-saluran, sungai, danau atau laut sebagai permukaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan dibagi dua, yaitu faktor curah hujan dan faktor daerah pengaliran. Faktor curah hujan meliputi intensitas curah hujan, lamanya curah hujan, distribusi curah hujan dalam daerah pengaliran, arah pergerakan curah hujan terdahulu dan kelembaban tanah. Sedangkan faktor daerah pengaliran meliputi kondisi penggunaan lahan, daerah pengaliran, kondisi topografi dan jenis tanah (Sosrodarsono dan Takeda, 1978).

Untuk memperkirakan besarnya limpasan maksimum yang terjadi, biasanya digunakan metoda rasional. Metoda rasional dinyatakan dalam bentuk (Schwab et al., 1981) :

$$Q = 0,28 C I A \quad (16)$$

dimana, Q = debit puncak limpasan (m^3/det)

C = koefisien limpasan

I = intensitas curah hujan rata-rata sesuai dengan waktu konsentrasi (mm/jam)

A = luas DAS (m)

Untuk mendapatkan waktu konsentrasi, Kirpich (1940) di dalam Schwab et al. (1981), menerangkan hubungan antara waktu konsentrasi dengan panjang limpasan dan

Untuk mendapatkan waktu konsentrasi, Kirpich (1940) di dalam Schwab et al. (1981), menerangkan hubungan antara waktu konsentrasi dengan panjang limpasan dan beda elevasi yang dinyatakan dalam bentuk

$$T_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385} \quad (17)$$

dimana, T_c = waktu konsentrasi (menit)

L = jarak terpanjang aliran permukaan (m)

S = beda elevasi dari tempat terjauh sampai outlet dibagi L

III. KEADAAN UMUM DAERAH PENELITIAN

A. LOKASI DAERAH PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan satuan daerah aliran sungai sebagai satuan daerah penelitian yaitu sub DAS Cipeles di atas Warungpeti. Secara administrasi, daerahnya terletak dikabupaten Sumedang Propinsi Jawa Barat. Bila ditinjau secara astronomis, daerah penelitian terletak antara $107^{\circ}45'$ Bujur Timur sampai $108^{\circ}5'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}47'$ Lintang Selatan sampai $6^{\circ}59'$ Lintang Selatan.

Stasiun pengukur debit terletak 20 km dari kota Sumedang kearah kota Kadipaten, di desa Warungpeti. Adapun luas sub DAS Cipeles kurang lebih 436.7 km^2 .

B. TATA GUNA LAHAN

Persentasi dari setiap bentuk penggunaan lahan yang ada di daerah aliran anak sungai Cipeles diatas Warungpeti, diukur dengan planimeter berdasar peta tata guna lahan sub DAS Cipeles (lampiran 36) dengan skala 1:100 000. Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran persentase luas penggunaan lahan sub Das Cipeles di atas Warungpeti.

Tabel 1. Tata guna lahan sub DAS Cipeles

Penggunaan lahan	luas (km ²)	% luas
Hutan asli	33.6	7.69
Hutan jati	129.1	29.56
Tanah gembala	47.5	10.88
Pertanian	130.8	29.95
Tanah terbuka	95.7	21.91

C. JENIS TANAH

Limpasan di suatu daerah dipengaruhi oleh sifat-sifat hujan, jenis tanah dan penggunaan lahan. Sifat tanah yang berpengaruh terhadap limpasan adalah sifat fisik tanah seperti tekstur, struktur dan kelembaban tanah. Sifat fisik tersebut berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi. Oleh karena sifat fisik menentukan besar kecilnya limpasan maka penyebaran jenis tanah perlu dipelajari.

Pada sub DAS Cipeles terdapat empat jenis tanah, yaitu tanah liat, tanah pasir kasar, tanah pasir sedang dan tanah pasir halus yang tersaji pada peta jenis tanah (lampiran 37)

A. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di sub DAS Cipeles, kabupaten Sumedang propinsi Jawa Barat. Penelitian dilakukan mulai bulan Juli 1990 sampai dengan oktober 1990

B. BAHAN PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Peta topografi skala 1 : 50 000
2. Peta tata guna lahan skala 1 : 100 000
3. Peta daerah pengaliran cipeles skala
1 : 100 000
4. Peta jenis tanah daerah pengaliran cipeles skala
1 : 100 000
5. Data curah hujan harian dari tahun 1979 sampai
1988
6. Data tinggi muka air sungai cipeles perjam dari
pengukuran Automatic Water Level Recorder (AWLR)
untuk tahun 1982 dan 1983

C. METODA

1. Morfometri DAS

Untuk melihat nilai-nilai parameter fisik DAS di sub DAS Cipeles yang berhubungan dengan faktor bentuk dapat digunakan persamaan 1, 3, 5, 8 dan 9. Keadaan sungai atau drainase daerah pengaliran dapat dihitung melalui persamaan 10 dan 11. Sedang yang berhubungan dengan faktor topografi atau kemiringan dapat dihitung melalui persamaan 2, 4, 6, 7, 12 dan 13. Dari persamaan-persamaan tersebut, maka dapat diketahui nilai koefisien bentuk DAS, kerapatan sungai, lebar rata-rata DAS, panjang aliran limpasan, nisbah sirkularitas, faktor topografi, kekasaran DAS, faktor bentuk DAS, rasio panjang DAS, rasio bifurkasi, faktor sumber, kemiringan rata-rata sungai utama dan nilai kemiringan efektif sungai utama.

Panjang sungai, meliputi panjang sungai utama dan panjang anak sungai-anak sungai serta panjang DAS diukur dengan curvimeter dari peta DAS Cipeles dengan skala 1 : 100 000. Sedangkan luas DAS keseluruhan dan luas sub DAS diukur dengan menggunakan planimeter dari peta DAS Cipeles dengan skala 1 : 100 000.

Beda elevasi dan gradien sungai dihitung berdasarkan peta topografi dengan skala 1 : 50 000.

2. Curah Hujan

Curah hujan harian rata-rata sub DAS dihitung dari 4 stasiun hujan dengan menggunakan metoda poligon Thiessen seperti pada persamaan 14. Sub DAS dibagi kedalam empat (4) poligon. Luas tiap poligon dihitung dengan menggunakan planimeter.

Penentuan curah hujan maksimum rata-rata wilayah adalah sebagai berikut (Loebis, 1987) :

- (1) Menentukan salah satu pos hujan saat terjadi curah hujan harian maksimum
- (2) Mencari besarnya curah hujan pada tanggal yang sama untuk stasiun yang lain
- (3) Dengan metoda Thiessen rata-rata curah hujan tersebut dihitung
- (4) Menentukan curah hujan maksimum harian (seperti nomor 1) untuk stasiun yang lain pada tahun yang sama
- (5) Mengulangi langkah no. 2 dan no. 3 untuk setiap tahun
- (6) Dari rata-rata curah hujan yang diperoleh dipilih salah satu yang tertinggi pada setiap tahun
- (7) Data curah hujan yang terpilih setiap tahun tersebut merupakan curah hujan maksimum pada DAS

tersebut

Untuk menentukan curah hujan maksimum pada periode ulang tertentu digunakan metoda Log Pearson Tipe III (Schulz, 1976) :

$$\text{Log } X_{Tr} = \overline{\text{Log } X} + K_{Tr} (S \text{Log } X) \quad (18)$$

dimana, $\text{Log } X_{Tr}$ = besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang Tr (mm)

Tr = periode tahun berulang (tahun)

$\overline{\text{Log } X}$ = curah hujan maksimum harian rata-rata selama tahun pengamatan (mm)

K_{Tr} = faktor frekuensi

$S \text{Log } X$ = standar deviasi

Besarnya curah hujan maksimum harian rata-rata selama tahun pengamatan dan standar deviasi, ditentukan sebagai berikut :

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{N} \quad (19)$$

$$S \text{Log } X = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{N-1}} \quad (20)$$

dimana, $\text{Log } X_i$ = besar curah hujan harian maksimum rata-rata wilayah tahunan (mm)

N = jumlah tahun pengamatan

$\overline{\text{Log } X}$ = curah hujan maksimum harian rata-rata selama tahun pengamatan (mm)

Faktor frekuensi diperoleh dari tabel (lampiran 40) yang tergantung pada nilai koefisien skew ($g \text{Log } X$) dan peluang.

$$g \text{Log } X = \frac{N \sum (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(N-1)(N-2)(S \text{Log } X)^3} \quad (21)$$

dimana $\log X_i$ = Besar curah hujan harian maksimum rata-rata wilayah tahunan (mm)

$\overline{\log X}$ = curah hujan maksimum harian rata-rata selama tahun pengamatan (mm)

SLog X = standar deviasi

N = jumlah tahun pengamatan

Sebagai pembandingan dari metoda Log Pearson Tipe III digunakan Metoda Nilai Ekstrim Gumbel. Dengan metoda Nilai Ekstrim Gumbel besarnya curah hujan untuk periode tertentu ditentukan secara grafis, dengan menggunakan grafik dari Distribusi Nilai Ekstrim Gumbel.

Daerah Aliran Sungai dibagi menjadi dua bagian, yaitu Daerah Aliran Sungai bagian hulu dan Daerah Aliran Sungai bagian hilir. Setelah perbandingan curah hujan antara keduanya didapat maka dianalisis hubungan perbandingan tersebut dengan waktu untuk mencapai puncak hidrograf, yang diperoleh dari hidrograf yang terjadi pada satu kejadian hujan.

3. Hidrograf

Dalam menganalisa hidragraf DAS, hujannya dipilih yang tunggal (isolated) dengan jumlah hujan dan intensitas yang kira-kira merata di seluruh DAS.

Untuk menentukan besarnya aliran langsung yang disebabkan oleh hujan, dilakukan pemisahan komponen hidrograf aliran menjadi aliran langsung dan

aliran dasar. Pemisahan hidrograf aliran dilakukan dengan metoda garis lurus pada hidrograf dengan interval waktu satu jam.

Tinggi muka air sungai diubah menjadi debit dengan menggunakan "rating-curve". Bentuk "rating curve" dari data tinggi muka air sungai dan debit diperoleh dari Proyek Pengembangan Sungai Cimanuk di Cirebon.

Hubungan curah hujan dengan debit puncak aliran langsung dan debit puncak aliran total disajikan dalam grafik.

Setelah aliran langsung didapat maka dihitung volume aliran langsung dan tebal aliran langsung. Tebal aliran langsung adalah volume aliran langsung dibagi luas Daerah Aliran Sungai, dibuat dalam satuan mm. Dari data ini ditentukan hidrograf satuannya.

4. DEBIT PUNCAK LIMPASAN

Untuk menentukan debit puncak limpasan digunakan metoda rasional seperti pada persamaan 16. Parameter yang dipertimbangkan meliputi intensitas curah hujan, luas DAS dan koefisien limpasan.

Intensitas curah hujan maksimum selama waktu konsentrasi ditentukan dengan menggunakan persamaan 15 sedangkan waktu konsentrasi dihitung berdasarkan persamaan 17.

Besarnya koefisien limpasan (C) diperkirakan dari tabel 2 dan dihitung secara partial berdasarkan persentase tata guna lahan (lampiran 36).

Tabel 2. Koefisien limpasan (C) untuk berbagai kondisi lahan

Topografi dan vegetasi	Lereng (%)	Tekstur tanah		
		lempung berpasir	lempung liat berdebu	liat padat
Tanah hutan	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.25	0.35	0.50
	10 - 30	0.30	0.50	0.60
Padang rumput	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.16	0.36	0.55
	10 - 30	0.22	0.42	0.60
Tanah pertanian	0 - 5	0.30	0.50	0.60
	5 - 10	0.40	0.60	0.70
	10 - 30	0.52	0.72	0.82

Sumber : Schwab et al. (1957)

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. ANALISIS FAKTOR-FAKTOR MORFOMETRI DAS

1. Koefisien Bentuk (F)

Bentuk suatu DAS dapat dilihat dari nilai F atau koefisien bentuk dari DAS tersebut. Daerah Aliran Sungai akan melebar apabila nilai F semakin besar dan sebaliknya semakin menyempit dengan nilai F semakin kecil pada suatu daerah aliran (Sosrodarsono dan Takeda, 1978).

Sub DAS Cipeles mempunyai koefisien bentuk, $F = 0.150$, dengan demikian bentuk sub DAS Cipeles cenderung memanjang. DAS dengan bentuk lebih membulat atau melebar akan mempunyai koefisien bentuk yang lebih besar dibandingkan dengan DAS yang memanjang untuk luasan yang sama.

2. Kerapatan Sungai (D)

Kerapatan sungai yang merupakan ratio total panjang sungai dengan luas sub DAS merupakan indeks yang menunjukkan keadaan topografi dan geologi daerah pengaliran. Kerapatan sungai akan kecil di daerah pegunungan dan di lereng-lereng, tetapi pada daerah yang banyak curah hujannya nilai D akan besar.

Nilai kerapatan sungai untuk sub DAS Cipeles, $D = 0.871 \text{ km}^{-1}$ berarti sub DAS Cipeles mempunyai kerapatan sungai yang besar, dengan demikian wilayah sub DAS Cipeles relatif datar. Hal ini juga terlihat pada hasil pengukuran/perhitungan kemiringan lahan.

Pada daerah topografi datar atau dengan kata lain kemiringan daerahnya kecil, air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan lebih sulit mencapai sungai utama dibandingkan dengan daerah yang lereng-lerengnya sangat terjal. Hal tersebut sering menyebabkan air hujan membuat alur-alur kecil yang lama kelamaan menjadi anak anak sungai, sehingga pada daerah dengan topografi datar cenderung akan mempunyai banyak anak-anak sungai dan mempunyai nilai kerapatan tinggi.

3. Lebar rata-rata DAS (ww)

Lebar rata-rata DAS (ww) merupakan hasil bagi antara luas DAS dengan panjang DAS. Lebar rata-rata sub DAS Cipeles adalah 12.371 km. Lebar rata-rata DAS akan lebih kecil jika panjang DAS lebih besar pada luasan yang sama.

4. Panjang Aliran Limpasan (Lg)

Panjang aliran limpasan (Lg) berbanding terbalik dengan dua kali kerapatan sungainya. Oleh sebab itu,

kerapatan sungai yang kecil akan membuat aliran limpasan yang panjang. Panjang aliran limpasan untuk sub DAS Cipeles adalah 0.574 km

5. Nisbah Sirkularitas (R_c)

Nisbah sirkularitas (R_c) merupakan perbandingan antara luas Daerah Aliran Sungai dengan luas lingkaran yang mempunyai keliling sama dengan keliling Daerah Aliran Sungai.

Nilai R_c yang semakin besar mencerminkan suatu daerah pengaliran yang berbentuk melebar cenderung membulat. Sedangkan nilai R_c yang semakin kecil, menunjukkan suatu daerah pengaliran yang memanjang bentuknya. Sub DAS Cipeles mempunyai nilai R_c 0.395 sehingga daerah pengaliran tersebut cenderung memanjang.

6. Faktor Topografi (T)

Faktor topografi merupakan perbandingan antara panjang sungai utama dengan akar kemiringan sungainya. Seperti halnya kerapatan sungainya, faktor topografi dapat menunjukkan keadaan topografi suatu daerah pengaliran.

Daerah pengaliran dengan faktor topografi kecil mencerminkan suatu DAS dengan kemiringan yang terjal, sebaliknya DAS yang mempunyai faktor topografi yang

besar mencerminkan daerah tersebut memiliki kemiringan sungai yang landai. Sub DAS Cipeles memiliki kemiringan sungai yang landai dengan nilai faktor topografi sebesar 381.838.

7. Kekasaran DAS (Ru)

Kekasaran DAS merupakan hasil perkalian antara beda elevasi tempat tertinggi dan terendah dengan kerapatan sungainya. Nilai kekasaran DAS sub DAS Cipeles adalah 0.634. Ini berarti pada daerah tersebut mempunyai topografi yang datar.

Nilai kekasaran DAS cenderung besar pada daerah aliran sungai yang mempunyai gunung-gunung yang tinggi dan terjal.

8. Faktor Bentuk (SF)

Faktor bentuk merupakan perbandingan antara panjang maksimal DAS dengan lebar rata-rata DAS. Nilai faktor bentuk akan kecil jika daerah pengaliran cenderung lebar dan membulat, sebaliknya jika nilai faktor bentuk besar maka daerah pengaliran cenderung memanjang. Bentuk Sub DAS Cipeles berbentuk pipih memanjang, yang ditunjukkan dengan nilai SF sebesar 2.853.

Faktor bentuk DAS sama halnya dengan koefisien bentuk DAS yaitu termasuk kedalam parameter fisik DAS

yang berhubungan dengan faktor bentuk, tetapi hubungan keduanya adalah berbanding terbalik. Bentuk DAS akan memanjang jika nilai koefisien bentuk DAS semakin kecil namun sebaliknya jika nilai faktor bentuk DAS semakin besar.

9. Rasio Panjang DAS (R_e)

Seperti halnya faktor bentuk, rasio panjang DAS juga digunakan untuk menyatakan bentuk DAS, yang merupakan rasio antara diameter suatu lingkaran yang mempunyai luas sama dengan luas DAS dengan panjang maksimal DAS.

Daerah pengaliran akan berbentuk memanjang jika nilai rasio panjang DAS kecil, sebaliknya jika nilai rasio panjang DAS besar maka daerah tersebut cenderung memendek. Nilai rasio panjang DAS untuk sub DAS Cipeles adalah 0.668 sehingga bentuk sub DAS tersebut cenderung memanjang.

10. Rasio Bifurkasi (R_b)

Rasio bifurkasi (percabangan) adalah rasio antara jumlah sungai tingkat ke- u , terhadap jumlah sungai tingkat ke- $u+1$. Nilai rasio bifurkasi untuk sub DAS Cipeles adalah 18.696. Dengan demikian peranan faktor dari sungai tingkat satu lebih dominan dibandingkan peranan sungai-sungai dengan tingkat

yang lebih tinggi.

11. Faktor Sumber (SR)

Faktor sumber merupakan perbandingan antara jumlah panjang sungai orde pertama dan jumlah panjang sungai total.

Lain halnya dengan rasio bifurkasi yang menggambarkan jumlah cabang sungai tingkat satu dari suatu DAS, faktor sumber menggambarkan total panjang sungai tingkat satu dari DAS.

Nilai faktor sumber untuk sub DAS Cipeles sebesar 60.700, hal ini berarti bahwa peranan dari jumlah panjang sungai tingkat satu sangat dominan, dibandingkan dengan peranan sungai-sungai dengan tingkat lebih tinggi.

12. Kemiringan Rata-Rata Sungai Utama (Sm)

Kemiringan rata-rata sungai utama adalah perbandingan antara selisih tinggi dari dua titik, yaitu antara ketinggian titik tertinggi dan ketinggian titik pengukur debit pada sungai utama, dengan panjang sungai utama yang terletak diantara kedua titik tersebut.

Kemiringan rata-rata sungai utama akan kecil jika selisih antara ketinggian titik tertinggi dan ketinggian titik pengukur debit pada sungai utama

kecil dibanding dengan selisih yang besar pada panjang sungai utama yang sama. Kemiringan rata-rata sungai utama untuk sub DAS Cipeles adalah 0.020 dengan kata lain sub DAS Cipeles mempunyai kemiringan yang landai. Hal ini juga dapat dilihat dari hasil perhitungan kerapatan sungai.

13. Kemiringan Efektif Sungai Utama

Kemiringan efektif sungai utama sama halnya dengan kemiringan rata-rata sungai utama. Adapun keduanya untuk menyatakan besarnya kemiringan sungai utama. Namun Kemiringan efektif sungai utama merupakan cara penentuan nilai kemiringan sungai utama dengan mempertimbangkan bobot kemiringan kepada tiap-tiap penggal sungai utama. Nilai kemiringan efektif sungai utama untuk sub DAS Cipeles adalah 0.027. Dengan demikian melihat nilai S_e dan S_m yang relatif kecil maka kemiringan sungai utama cenderung landai.

B. CURAH HUJAN

Analisis curah hujan harian rata-rata DAS pada penelitian ini diperoleh dari empat stasiun hujan untuk tahun 1979 sampai 1988. Adapun tanggal-tanggal yang terpilih antara tahun 1982 dan 1983, dalam analisa ini adalah tanggal-tanggal dimana hujan tunggal terjadi,

yaitu apabila sebelum dan sesudah saat itu tidak ada kejadian hujan.

Metoda yang dipilih untuk menghitung curah hujan rata-rata adalah metoda poligon Thiessen karena metoda poligon Thiessen akan memberikan hasil yang konsisten dan tidak memerlukan keseragaman penyebaran stasiun hujan. Dengan metoda itu setiap stasiun hujan mempunyai nilai pembobot berupa koefisien Thiessen. Nilai koefisien Thiessen untuk sub DAS Cipeles disajikan pada tabel 3. Berdasarkan persamaan 14 dan koefisien Thiessen pada tabel 3 maka besarnya curah hujan rata-rata Sub DAS dapat ditentukan. Curah hujan maksimum rata-rata Sub DAS DAS cipeles untuk tahun 1979 sampai tahun 1988 disajikan pada tabel 4, sedang besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang T_r berdasarkan metoda Log Pearson Tipe III (persamaan 18, 19, 20 dan 21) disajikan pada tabel 5.

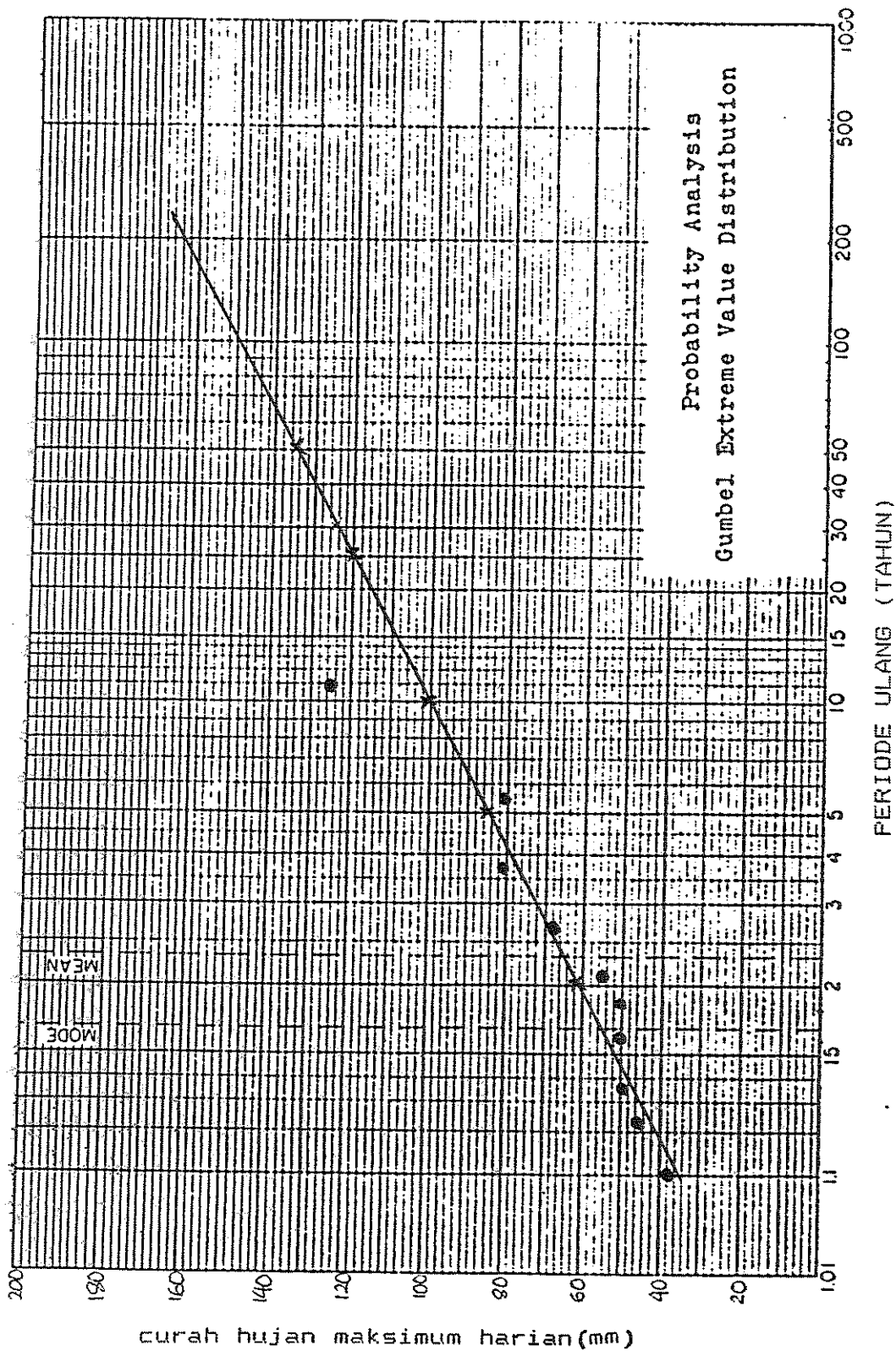
Metoda Nilai Ekstrim Gumbel yang dipakai sebagai pembanding, mempunyai besar curah hujan untuk periode tahun berulang T_r , didapat dari gambar 9 disajikan pada tabel 6, sehingga besar curah hujan untuk periode tahun berulang T_r dari kedua metoda tersebut disajikan pada tabel 7.

Tabel 3. Nilai koefisien Thiessen dari empat stasiun hujan

Nama stasiun hujan	koefisien hujan
Sukatali	0.456
Cijambu	0.421
Parakan kondang	0.022
Darmaraja	0.101

Tabel 4. Curah hujan harian maksimum wilayah tahunan sub DAS Cipeles

Tanggal kejadian	Hujan harian maksimum rata-rata sub DAS (mm)
3 Oktober 1979	124.9
15 Januari 1980	39.5
24 Januari 1981	51.5
24 April 1982	80.6
8 April 1983	67.7
23 Maret 1984	50.0
29 Maret 1985	81.1
7 Maret 1986	54.2
16 Februari 1987	50.8
21 Oktober 1988	46.2



Gambar 9. Prediksi debit puncak untuk beberapa periode ulang

Tabel 5. Desarnya curah hujan untuk periode tahun berulang T_r berdasarkan metoda Log Pearson tipe III

$$\begin{aligned}\log X &= 1.70544 \\ S\log X &= 0.14939 \\ g\log X &= 0.9889 = 1.0\end{aligned}$$

T_r (thn)	P_{Tr} (%)	K_{Tr}	$K_{Tr} \times S\log X$	$\log X_{Tr}$ ($\log X + K_{Tr} \cdot S\log X$)	X_{Tr}
2	50	-0.164	-0.024	1.761	57.677
5	20	0.758	0.113	1.898	79.068
10	10	1.340	0.200	1.985	96.605
25	4	2.043	0.304	2.089	122.744

Tabel 6. Desarnya curah hujan untuk periode tahun berulang T_r berdasarkan metoda Nilai Ekstrim Gumbel

T_r	X_{Tr}
2	61
5	84.5
10	100
25	120

Tabel 7. Besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang berdasarkan metoda Log Pearson Tipe III dan Nilai Ekstrim Gumbel

Tr	XTr Log Pearson Tipe III	XTr Nilai Ekstrim Gumbel
2	57.7	61
5	79.1	84.5
10	96.6	100
25	122.7	120

Di daerah aliran sungai, waktu untuk mencapai debit puncak aliran langsung dipengaruhi oleh curah hujan dibagian hulu atau dibagian hilir. Untuk lebih mengetahui keadaan tersebut, maka dilakukan pembagian curah hujan rata-rata DAS terhadap peta poligon menjadi dua bagian, yaitu komponen curah hujan dibagian hulu (Hu) dan bagian hilir (Hi). Koefisien Thiessen untuk daerah hulu (Hu) dan daerah hilir (Hi) disajikan pada tabel 8

Tabel 8. Koefisien Thiessen daerah hulu (Hu) dan daerah hilir (Hi)

Koef Thiessen hulu (Hu)	koef Thiessen hilir (Hi)
0.421 x CH Cijambu	0.408 x CH Sukatali
0.048 x CH sukatali	0.076 x CH Darmaraja
0.025 x CH Darmaraja	0.022 x CH Parakan kondang

Curah hujan masing-masing stasiun disajikan pada lampiran 2. Peta jaringan stasiun hujan dan pembagian daerah hulu (Hu) dan daerah hilir (Hi) dapat dilihat pada lampiran 38 dan lampiran 39 sedang besarnya komponen curah hujan rata-rata dibagian hulu (Hu) dan bagian hilir (Hi) serta curah hujan rata-rata Daerah Aliran Sungai (CH DAS) disajikan pada tabel 9.

Tabel 7. Curah hujan rata-rata DAS dan komponen curah hujan rata-rata daerah hulu (Hu) dan daerah hilir (Hi) serta perbandingan antara Hu dan Hi

Tanggal	CH DAS	Hu	Hi	Hu/Hi
14 Januari 1982	2.0	1.2	0.8	1.5
18 Januari 1982	26.7	14.8	11.8	1.3
22-23 Januari 1982	4.4	3.2	1.1	2.9
20 Februari 1982	0.2	0.0	0.2	0.0
21-22 Februari 1982	3.1	0.8	2.3	0.3
11 Maret 1982	47.4	16.0	31.4	0.5
17-18 Maret 1982	11.6	6.4	5.2	1.2
26-27 Maret 1982	4.3	1.2	3.1	0.4
2-3 April 1982	12.7	10.7	2.0	5.4
16-17 April 1982	12.3	6.2	6.1	1.0
20-21 April 1982	5.4	4.5	0.9	5.0
6-7 Mei 1982	5.0	1.5	3.5	0.4
6-7 Juni 1982	21.1	10.3	10.8	1.0
8-9 Juni 1982	2.5	0.2	2.3	0.1
7-10 Desember 1982	34.5	16.3	18.2	0.9
4-5 Januari 1983	4.8	1.7	3.1	0.5
22-23 Januari 1983	11.4	7.6	3.8	2.0
25-26 Januari 1983	1.3	1.3	0.0	-
2 Februari 1983	3.7	0.7	3.0	0.2
12-13 Februari 1983	1.1	0.1	1.0	0.1
20 Maret 1983	34.4	3.6	30.8	0.1
1-2 April 1983	33.2	15.4	17.8	0.9
25 April 1983	1.2	1.2	0.0	-
26 April 1983	2.4	2.4	0.0	-
11 Mei 1983	6.7	6.5	0.2	32.5
24-25 Mei 198	13.8	11.4	2.5	4.6
7 Juni 1983	7.0	0.8	6.2	0.1
7-10 Oktober 983	1.9	1.8	0.1	18.0
11 Nofember 183	9.6	2.4	7.2	0.3
2 Desember 193	15.9	6.2	7.6	0.6

C. ANALISIS HIDROGRAF

Hujan yang dipilih dalam menganalisa hidrograf sub Daerah Aliran Sungai Cipeles adalah hujan tunggal yang besar curah hujan rata-rata Daerah Aliran Sungainya dihitung dengan menggunakan metoda Thiessen.

Data debit aliran (Q) yang dipakai diturunkan dari data tinggi muka airnya dengan memakai 'rating curve' yang didapat dari Proyek Pengembangan Sungai Cimanuk di Cirebon. Pengukuran tinggi muka air sungai dilakukan dengan alat pencatat otomatis (AWLR). Alat ini menghasilkan rekaman tinggi muka air (h) secara kontinyu. Adapun persamaan hubungan antara debit (Q) dengan tinggi muka air (h) adalah :

$$Q = 51.26 h^{1.73}$$

dimana, Q = debit aliran (m^3/d)
 h = tinggi muka air (m)

Untuk mengetahui pengaruh jumlah curah hujan terhadap jumlah aliran langsung, debit puncak aliran total dan debit puncak aliran langsung, dilakukan pemisahan aliran total menjadi aliran dasar dan aliran langsung.

Pemisahan hidrograf aliran total menjadi aliran dasar dan aliran langsung serta perhitungan hidrograf satuan 1 mm disajikan pada lampiran 4a sampai dengan lampiran 33a, sedang grafik hidrograf satuan yang

terbentuk tersaji dalam lampiran 4b sampai dengan lampiran 33b. Hubungan antara jumlah hujan dengan debit puncak aliran total dan debit puncak aliran langsung diberikan dalam tabel 10.

Hubungan antara curah hujan (mm) dengan debit puncak aliran langsung (m^3/d) dan debit puncak aliran total (m^3/d), disajikan pada gambar 10 dan 11.

Pada dasarnya, jika besar curah hujan di daerah hulu lebih besar dari daerah hilir maka debit puncak aliran langsung dan debit puncak aliran total akan lebih kecil dibanding dengan apabila curah hujan dimana di daerah hilir yang lebih besar dari pada di daerah hulu. Namun dari kedua hubungan yang ada yaitu hubungan antara curah hujan DAS dan debit puncak aliran langsung (gambar 10) serta hubungan antara curah hujan DAS dengan debit puncak aliran total (gambar 11), dapat dilihat bahwa curah hujan dimana di daerah hulu lebih besar dari daerah hilir cenderung menghasilkan debit puncak aliran total dan debit puncak aliran langsung yang lebih besar, walaupun tidak pada semua kejadian.

Hal ini dapat saja terjadi, diantaranya karena kondisi kelembaban tanah pada permulaan turunnya hujan. Pada peta tata guna lahan/land use (lampiran 36) terlihat di daerah hulu mempunyai daerah pertanian yang lebih luas dibanding di daerah hilirnya. Pada saat daerah pertanian itu ditanami padi maka irigasi berjalan terus sehingga

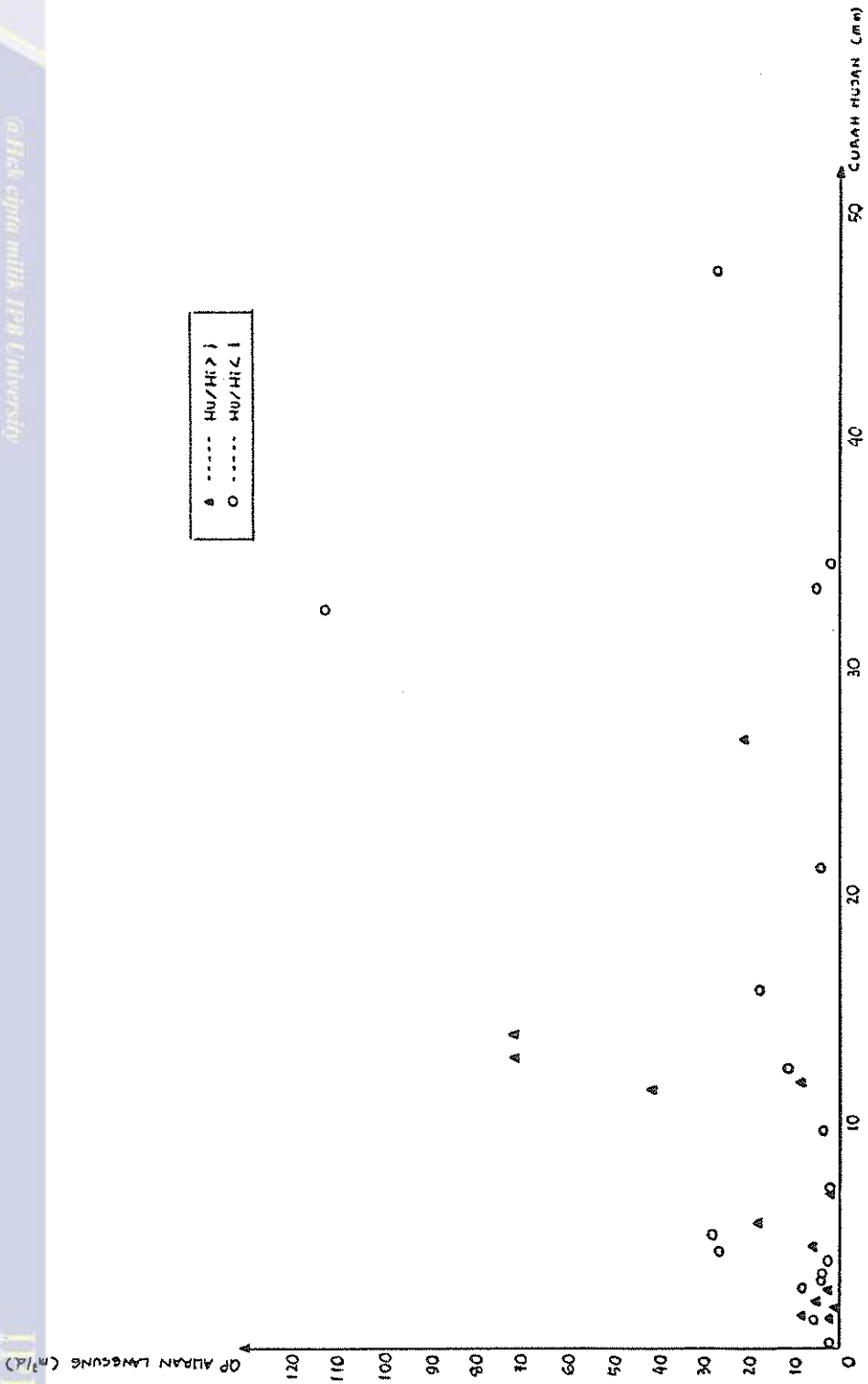
Tabel 10. Hubungan antara jumlah hujan dan debit puncak

Tanggal	Hujan		Debit puncak	
	mm	Hu/Hi	Total (m ³ /d)	Aliran langsung (m ³ /d)
14/01/82	2.0	^	31.165	5.525
18/01/82	26.7	^	70.274	20.771
22-23/01/82	4.4	^	29.741	6.054
20/02/82	0.2	o	13.378	2.873
21-22/02/82	3.1	o	12.879	3.266
11/03/82	47.4	o	70.274	27.552
17-18/03/82	11.6	^	47.470	8.770
26-27/03/82	4.3	o	53.051	26.745
23/04/82	12.7	^	102.194	71.744
16-17/04/82	12.3	o	37.915	11.609
20-21/01/82	5.4	^	46.060	17.020
6-7/05/82	5.0	o	54.863	27.204
6-7/06/82	21.1	o	22.421	4.767
8-9/06/82	2.5	o	24.331	7.238
9-10/12/82	34.5	o	133.648	113.672
4-5/01/83	4.8	o	26.306	4.507
22-23/01/83	11.4	^	72.313	41.863
25-26/01/83	1.3	^	26.306	8.652
2/02/83	3.7	o	14.400	2.970
12-13/02/83	1.1	o	16.539	6.034
20/03/83	34.4	o	18.801	1.708
1-2/04/83	33.2	o	33.353	5.007
25/04/83	1.2	^	18.224	1.685
26/04/83	2.4	^	18.224	2.770
11/05/83	6.7	^	24.331	1.281
24-25/05/83	13.8	^	123.197	72.817
9/06/83	7.0	o	14.400	2.012
9-10/10/83	1.9	^	1.708	0.753
11/11/83	9.6	o	10.054	0.875
2/12/83	15.9	o	29.040	17.135

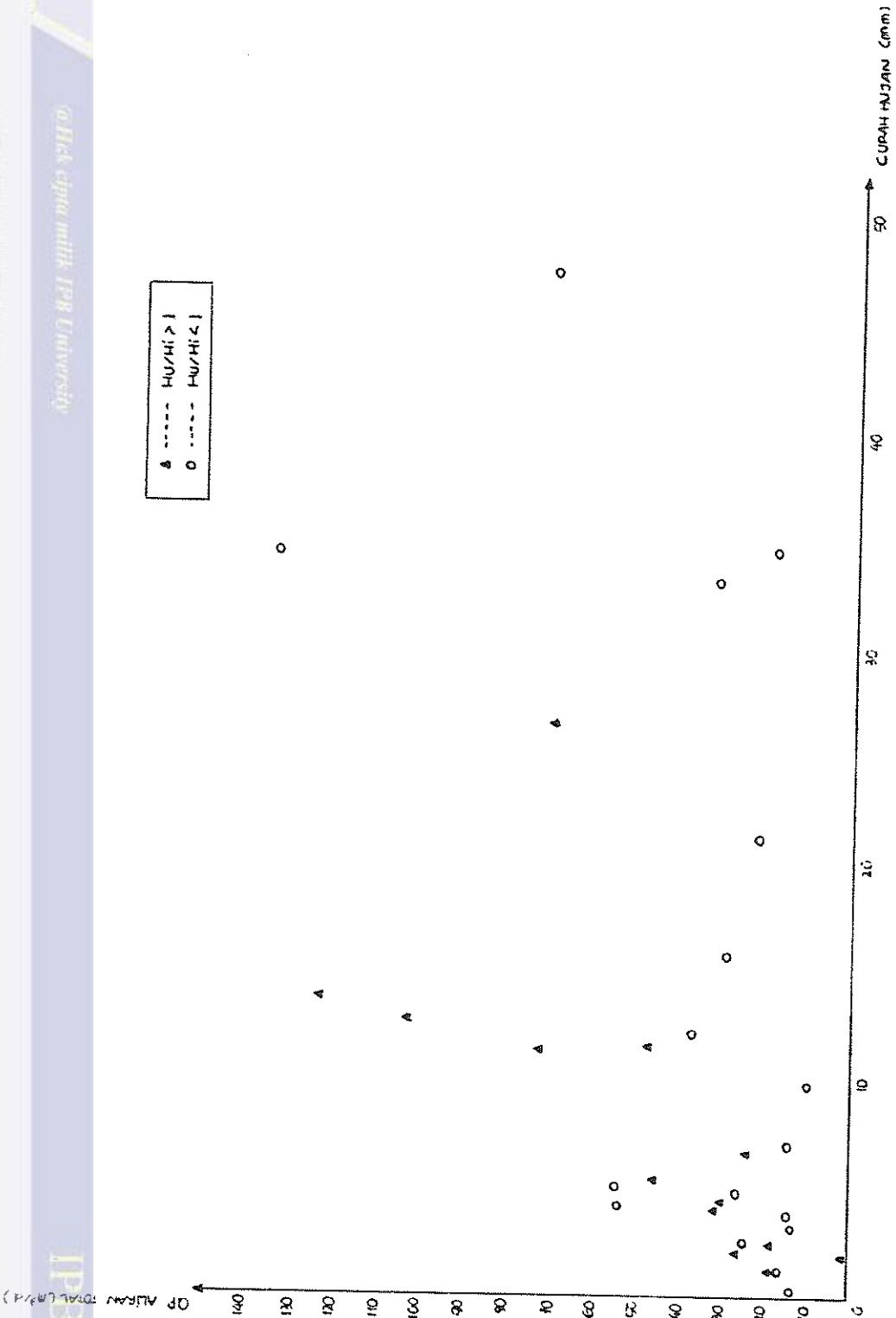
Keterangan :

^ ---- jika $Hu/Hi > 1$: hujan di hulu > hujan di hiliro ---- jika $Hu/Hi < 1$: hujan di hilir > hujan di hulu

Gambar 10. Hubungan antara curah hujan dengan debit puncak aliran langsung



Gambar 11. Hubungan antara curah hujan dengan debit puncak total



© Hak cipta milik IPB University

jika hujan turun pada daerah tersebut maka tidak ada air yang terinfiltrasi sehingga debit puncak akan menjadi besar. Disamping itu faktor lain yang berperan adalah besarnya curah hujan yang jatuh di daerah hulu atau di daerah hilir yang tidak merata. Sifat fisik DAS seperti kemiringan lahan dimana pada kemiringan yang tajam kecepatan air akan semakin besar sehingga air yang hilang selama perjalanan lebih sedikit dibanding pada kemiringan yang landai, jumlah sungai orde pertama, pada daerah hilir yang mempunyai sungai orde pertama lebih banyak maka debit puncak aliran langsung dan debit puncak aliran total akan lebih kecil walaupun curah hujan yang jatuh lebih besar di daerah hilir dari pada di daerah hulu. Hal ini disebabkan karena tertahan di aliran sungai diatas pengukur debit. Lain halnya jika total panjang sungai orde pertama yang lebih besar maka lebih hujan yang ada di atas permukaan lahan DAS dialirkan oleh sungai-sungai orde pertama ke sungai utama, sehingga debit puncak aliran langsung dan debit puncak aliran total lebih besar.

Hidrograf satuan dengan tipe hujan efektif dipercepat (advanced), waktu untuk mencapai puncak hidrograf lebih cepat seperti hujan tanggal 6-7 mei 1982. Sedang bila tipe hujan efektif diperlambat (delayed), waktu untuk mencapai puncak hidrograf juga lebih lama seperti hujan tanggal 17-18 maret 1982.

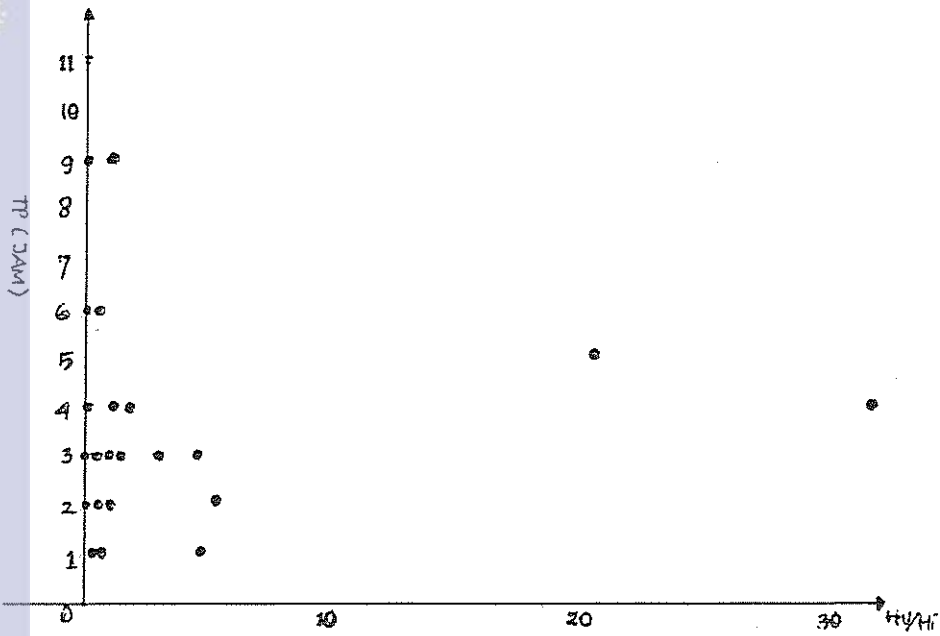


Pengaruh komponen curah hujan rata-rata dibagian hulu (H_u) dan bagian hilir (H_i) terhadap waktu untuk mencapai puncak hidrograf (t_p), dijelaskan pada tabel 11 dan gambar 12

Dari tabel 11 dan gambar 12 secara umum dapat diperhatikan bahwa jika komponen curah hujan di hulu lebih besar daripada di hilir maka cenderung akan menghasilkan hidrograf aliran yang mempunyai kurva konsentrasi yang lambat dengan puncak hidrograf relatif rendah dibandingkan dengan unit hidrografnya. Kurva konsentrasi yang lambat ditandai dengan lamanya waktu untuk mencapai puncak hidrograf yang lambat pula. Hal ini disebabkan karena hujan yang jatuh dibagian hulu memerlukan waktu yang lebih lama untuk sampai ke outlet dan diperkirakan telah banyak kehilangan air dalam perjalanannya. Kehilangan air yang terjadi selama perjalanan air menuju outlet dapat berupa karena adanya infiltrasi, evaporasi dan tertahannya air hujan di bagian-bagian yang lebih rendah di daerah pengalirannya. Selain itu kemiringan sungai utama juga akan menentukan terhadap waktu perjalanan yang diperlukan untuk mencapai debit puncak hidrograf.

Tabel 12. CH DAS, Perbandingan komponen curah hujan
Hu dan Hi serta waktu mencapai puncak
hidrograf (tp)

Tanggal	CH DAS (mm)	Hu/Hi	tp
14 Januari 1982	2.0	1.4	3
18 Januari 1982	26.7	1.3	4
22-23 Januari 1982	4.4	2.9	3
20 Februari 1982	0.2	0.0	3
21-22 Februari 1982	3.1	0.4	1
11 Maret 1982	47.4	0.5	3
17-18 Maret 1982	11.6	1.2	9
26-27 Maret 1982	4.3	0.4	2
2-3 April 1982	12.7	5.4	2
16-17 April 1982	12.3	1.0	2
20-21 April 1982	5.4	4.8	1
6-7 Mei 1982	5.0	0.4	1
6-7 Juni 1982	21.1	1.0	2
8-9 Juni 1982	2.5	0.1	6
7-10 Desember 1982	34.5	0.9	2
4-5 Januari 1983	4.8	0.5	6
22-23 Januari 1983	11.4	2.0	4
25-26 Januari 1983	1.3	-	2
2 Februari 1983	3.7	0.2	2
12-13 Februari 1983	1.1	0.1	2
20 Maret 1983	34.4	0.1	4
1-2 April 1983	33.2	0.9	3
25 April 1983	1.2	-	6
26 April 1983	2.4	-	9
11 Mei 1983	6.7	31.7	4
24-25 Mei 1983	13.8	4.6	3
7 Juni 1983	7.0	0.1	11
9-10 Oktober 1983	1.9	20.6	5
11 November 1983	9.6	0.3	2
2 Desember 1983	15.9	0.7	1



Gambar 12. Hubungan antara H_u/H_i dengan waktu puncak hidrograf

Bentuk hidrograf satuan dapat ditandai oleh tiga sifat dasarnya, yaitu waktu puncak (time to peak), debit puncak (peak discharge) dan waktu dasar (base time).

Dan bentuk hidrograf satuan yang terjadi dapat dipengaruhi oleh sifat fisik DAS tersebut antara lain yang mencerminkan kepanjangan Daerah Aliran Sungai yaitu koefisien bentuk Daerah Aliran Sungai (F), faktor bentuk Daerah Aliran Sungai (SF), nisbah sirkularitas (R_c) dan rasio panjang (R_e), Daerah Aliran Sungai makin panjang berarti waktu untuk mencapai debit puncak hidrograf atau waktu hidrograf dan waktu dasar dari hidrograf satuan akan makin panjang.

Kemiringan lahan Daerah Aliran Sungai yang dicerminkan oleh kemiringan rata-rata sungai utama (S_m) kemiringan efektif sungai utama (S_e). Makin kecil nilai S_m dan S_e maka kemiringan lahan Daerah Aliran Sungai semakin landai. Ini berarti bahwa waktu untuk mencapai puncak hidrograf dan waktu dasar hidrograf satuan akan semakin lama dicapai.

Rasio bifurkasi (R_b) dan faktor sumber (SR) menggambarkan jumlah dan total panjang sungai tingkat satu dalam suatu DAS. Jika jumlah sungai tingkat satunya makin banyak maka waktu untuk mencapai puncak hidrograf dan waktu dasar hidrograf satuan semakin lama karena tertahan di aliran sungai di atas pengukur debit tetapi jika total panjang sungai tingkat satu makin besar maka



lebih hujan yang ada di atas permukaan lahan DAS dialirkan oleh sungai-sungai tingkat satu ke sungai utama, sehingga debit puncak dari hidrograf satuan DAS lebih cepat dicapai atau dengan kata lain makin cepat air lebih hujan mencapai sungai-sungai tingkat satu, berarti makin cepat waktu puncak dicapai, sehingga berdasar dari konsep hidrograf satuan bahwa luasan dibawah kurva hidrograf satuan, selalu sama dengan satu satuan tebal lebih hujan.

Dari hasil penelitian juga didapat bahwa apabila waktu puncak lebih cepat dicapai berarti debit puncak hidrograf satuan cenderung lebih besar, dan apabila waktu puncak lebih lambat dicapai maka akan berarti bahwa besarnya debit puncak akan cenderung lebih kecil.

Kecepatan perjalanan air lebih hujan yang ada di sungai-sungai sangat ditentukan oleh kemiringan rata-rata sungai, makin cepat air lebih hujan dialirkan keluar berarti makin pendek waktu dasar hidrograf satuan. Jika memperhatikan kembali konsep hidrograf satuan bahwa luasan di bawah kurva hidrograf satuan, harus sama dengan satu tebal lebih hujan, maka mudah dipahami bahwa besarnya waktu dasar hidrograf satuan sangat dipengaruhi oleh waktu puncak dan waktu pengurasan air lebih hujan setelah debit puncak dicapai.

D. PREDIKSI DEBIT PUNCAK LIMPASAN MAKSIMUM

Debit puncak limpasan diprediksi dengan menggunakan metoda rasional, dengan anggapan bahwa curah hujan merata di seluruh daerah aliran sungai. Parameter yang dipertimbangkan dalam memprediksi besarnya debit puncak limpasan, meliputi koefisien limpasan, intensitas curah hujan maksimum dan luas daerah aliran sungai.

Perkiraan besarnya koefisien limpasan berdasarkan tataguna lahan lalu dihubungkan dengan tabel 2 disajikan pada tabel 12. Sehingga dalam penelitian ini diperoleh perkiraan besarnya koefisien limpasan adalah 0.36.

Data curah hujan yang ada pada penelitian ini, hanya data curah hujan harian sehingga untuk menduga intensitas curah hujan maksimum dipergunakan rumus Mononobe pada persamaan 15

Hasil perhitungan debit puncak limpasan untuk periode ulang 2, 5, 10, dan 25 tahunan disajikan pada tabel 13

Tabel 12 Perhitungan nilai koefisien limpasan (C) dengan metoda partial

Tataguna lahan	C	% luas lahan	C partial
Tanah hutan	0.30	37.25	0.11
Padang rumput	0.30	32.79	0.10
Tanah pertanian	0.50	29.95	0.15



Tabel 13. Prediksi debit puncak limpasan Sub DAS Cipeles untuk periode ulang tertentu

Periode ulang (tahun)	Hujan harian (mm)	Intensitas hujan (mm/jam)	Debit puncak limpasan (m ³ /det)
2	57.7	8.1	99
5	79.1	11.1	135.7
10	96.6	13.5	165.1
25	122.7	17.2	210.3



A. KESIMPULAN

1. Morfometri DAS

Nilai-nilai parameter fisik DAS di sub DAS Cipeles yang berhubungan dengan faktor bentuk adalah nilai koefisien bentuk DAS sebesar 0.150, nilai nisbah sirkularitas sebesar 0.395, nilai faktor bentuk DAS sebesar 2.853 dan rasio panjang DAS sebesar 0.668. Sedang yang berhubungan dengan sungai atau drainase adalah rasio bifurkasi yang mempunyai nilai sebesar 18.696, nilai faktor sumber sebesar 60.7. Sedang yang berhubungan dengan faktor topografi atau kemiringan adalah kerapatan sungai yang mempunyai nilai 0.971 km^{-1} , faktor topografi yang mempunyai nilai 381.838 km, kekasaran DAS yang mempunyai nilai sebesar 0.634, kemiringan rata-rata sungai utama yang mempunyai nilai 0.02 dan kemiringan efektif sungai utama yang mempunyai nilai sebesar 0.03.

Dari nilai-nilai parameter fisik DAS dapat disimpulkan bahwa bentuk daripada sub DAS Cipeles cenderung memanjang dengan kemiringan yang landai, bertopografi datar serta peranan faktor dari sungai tingkat satu lebih dominan dibandingkan peranan



sungai sungai dengan tingkat yang lebih tinggi.

2. Analisis hidrograf

Pemisahan hidrograf aliran dilakukan dengan menggunakan metoda garis lurus. Dari pemisahan hidrograf aliran dapat diketahui pengaruh curah hujan terhadap debit puncak aliran langsung dan debit puncak total.

Dengan bertambah atau semakin tingginya jumlah hujan tidak selalu diikuti semakin tingginya debit puncak total dan debit puncak aliran langsung karena banyak faktor-faktor lain yang mempengaruhi antara lain lamanya hujan, kondisi kelembaban tanah pada permulaan turunnya hujan, jenis tanah, tata guna tanah, sifat fisik DAS. Sifat fisik DAS yang dimaksud seperti koefisien bentuk DAS, kerapatan sungai, lebar rata-rata DAS, panjang aliran limpasan, nisbah sirkularitas, faktor topografi, kekasaran DAS, faktor bentuk DAS, rasio panjang DAS, rasio bifurkasi, faktor sumber, kemiringan rata-rata sungai utama dan kemiringan efektif sungai utama.

Secara umum jika komponen curah hujan di Hulu lebih besar dari pada di Hilir maka untuk mencapai waktu puncak hidrograf cenderung lambat karena diperkirakan telah banyak kehilangan air dalam



perjalanan. Kehilangan air dapat berupa infiltrasi, evaporasi dan tertahannya air hujan dibagian-bagian yang lebih rendah di daerah pengalirannya. selain itu kemiringan juga berpengaruh terhadap waktu puncak hidrograf.

Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan meliputi variasi curah hujan DAS, kondisi penggunaan lahan, morfometri DAS, jenis tanah dan kondisi topografi daerah aliran sungai.

Pendugaan debit puncak limpasan dilakukan dengan menggunakan metoda rasional. Parameter yang dipertimbangkan meliputi koefisien limpasan, intensitas curah hujan maksimum dan luas DAS. Koefisien limpasan diperkirakan sebesar 0.36 dan waktu konsentrasi 3.9 jam.

Intensitas curah hujan maksimum untuk periode ulang 2, 5, 10 dan 25 tahunan berturut-turut 8.1 mm/jam, 11.1 mm/jam, 13.5 mm/jam dan 17.2 mm/jam. Sedangkan debit puncak limpasan untuk periode ulang yang sama, berturut-turut $99.0 \text{ m}^3/\text{det}$, $135.7 \text{ m}^3/\text{det}$, $165.1 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $210.3 \text{ m}^3/\text{det}$.

B. SARAN

Melihat hasil dari hubungan antara curah hujan dengan debit puncak total dan debit puncak aliran langsung yang tidak memuaskan sebaiknya dibuatkan suatu

langsung yang tidak memuaskan sebaiknya dibuatkan suatu model matematika dengan memperhatikan siklus hidrologi. Sehingga dengan model matematika itu, sekaligus dapat diketahui berapa besar debit dimasa mendatang. Dengan demikian peluang-peluang banjir dapat diperhatikan.





Lampiran 1. Nilai morfometri DAS

Koefisien bentuk (F)	0.150
Kerapatan sungai (D)	0.871 km ⁻¹
Lebar rata-rata DAS (ww)	12.371 km
Panjang aliran limpasan (Lg)	0.574 km
Nisbah sirkularitas (Rc)	0.395
Faktor topografi (T)	381.838 km
Kekasaran DAS (Ru)	0.634
Faktor bentuk DAS (SF)	2.853
Rasio panjang DAS (Re)	0.668
Rasio bifurkasi (Rb)	18.696
Faktor sumber (SR)	60.700
Kemiringan rata-rata sungai utama (Sm)	0,020
Kemiringan efektif sungai utama (Se)	0.027



Lampiran 2. Data curah hujan harian dari empat stasiun hujan

Tanggal	Curah hujan harian (mm) dari stasiun hujan			
	Sukatali	Cijambu	Parakan kondang	Darmaraja
14/01/82	0.9	2.4	4.0	4.8
18/01/82	20.7	30.5	17.9	39.4
22-23/01/82	0.3	6.9	0.0	13.1
20/02/82	0.5	0.0	0.6	0.0
21-22/02/82	0.4	0.3	0.0	27.7
11/03/82	63.3	27.5	59.9	55.6
17-18/03/82	10.9	13.5	4.0	8.8
26-27/03/82	6.4	2.0	16.2	2.0
2-3/04/82	0.7	24.5	28.0	14.0
16-17/04/82	1.8	10.5	1.0	69.7
20-21/04/82	1.3	10.5	18.0	0.0
6-7/05/82	8.5	2.5	3.0	0.0
6-7/06/82	25.6	21.5	15.0	0.0
8-9/06/82	5.2	0.0	6.0	0.0
9-10/12/82	42.5	33.9	40.0	0.0
4-5/01/83	6.2	2.9	7.2	5.9
22-23/01/83	3.8	15.8	1.9	29.3
25-26/01/83	0.0	3.0	1.8	0.0
2/02/83	7.4	0.8	1.0	0.0
12-13/02/83	2.0	0.0	8.7	0.0
20/03/83	75.5	0.0	0.0	0.0

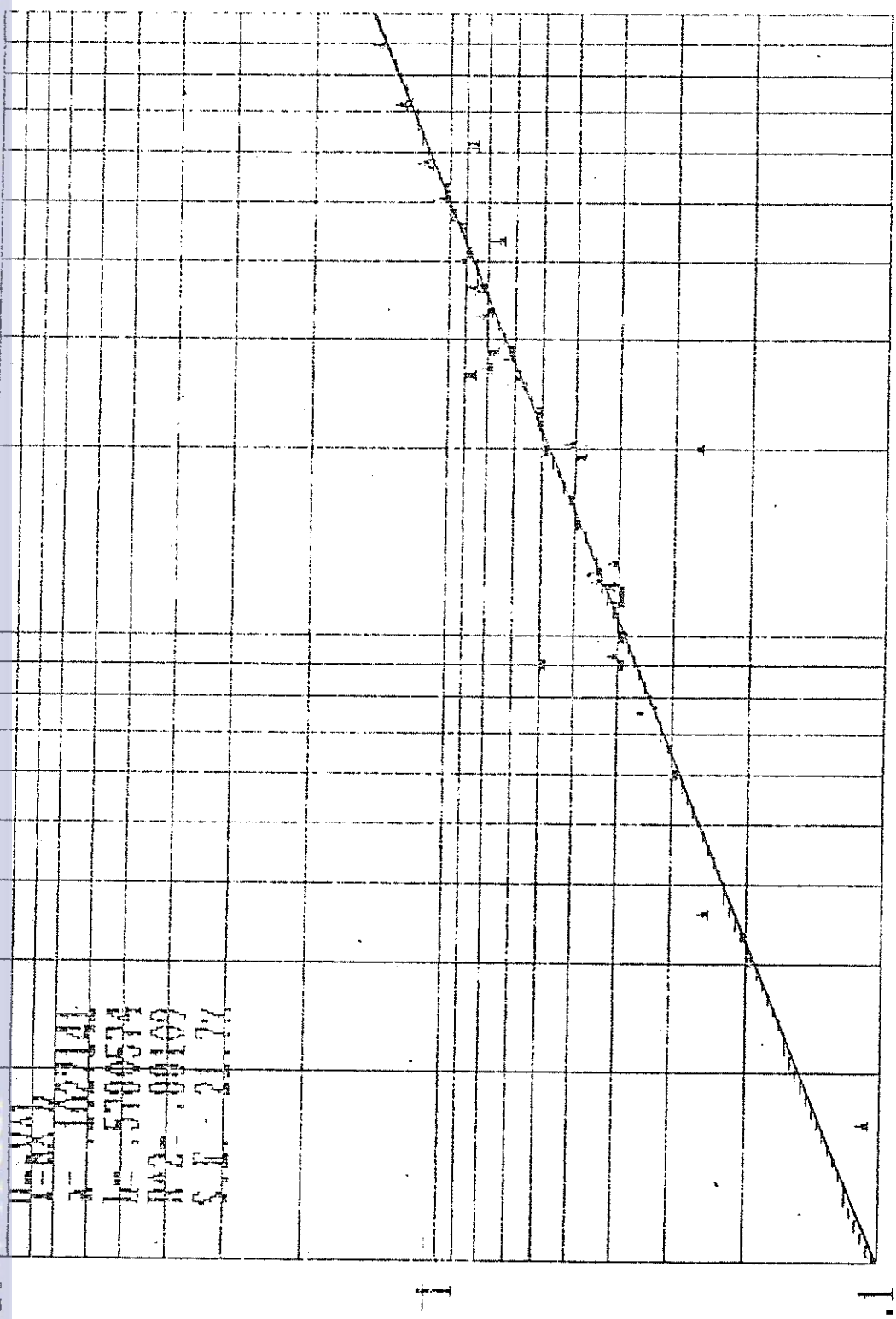
Lanjutan ...

Tanggal	Curah hujan harian(mm) dari stasiun hujan			
	Sukatali	Cijambu	Parakan kondang	Darmaraja
1-2/04/83	31.9	30.1	57.1	46.4
25/04/83	0.0	2.9	0.0	0.0
26/04/83	0.0	5.8	0.0	0.0
11/05/83	0.5	15.3	0.0	0.0
24-25/05/83	5.9	26.3	2.0	0.0
9/06/83	13.0	0.0	14.0	7.1
9-10/10/83	0.0	4.2	3.9	0.0
11/11/83	16.8	3.8	11.5	1.7
2/12/83	14.9	11.6	70.8	26.0



Lampiran 3. Bentuk 'Rating Curve' untuk tahun 1981 - 1983 di Proyek Pengembangan Sungai Cimanuk

REKAM-REKAM DATA



Banyaknya aliran (m³/dt)



Lampiran 4a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 14 Januari 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
10	25.640	25.640	0.000	0.000
11	26.979	25.640	1.339	4.748
12	30.450	25.640	4.810	17.057
13	31.165	25.640	5.525	19.592
14	31.165	25.640	5.525	19.592
15	30.450	25.640	4.810	17.057
16	29.040	25.640	3.400	12.057
17	28.346	25.640	2.706	9.596
18	27.659	25.640	2.019	7.160
19	26.979	25.640	1.339	4.748
20	26.979	25.640	1.339	4.748
21	26.979	25.640	1.339	4.748
22	25.640	25.640	0.000	0.000
23	25.640	25.640	0.000	0.000
Jumlah			34.151	

Total aliran langsung : $34.151 \times 60 \times 60 = 122943.6 \text{ m}^3$

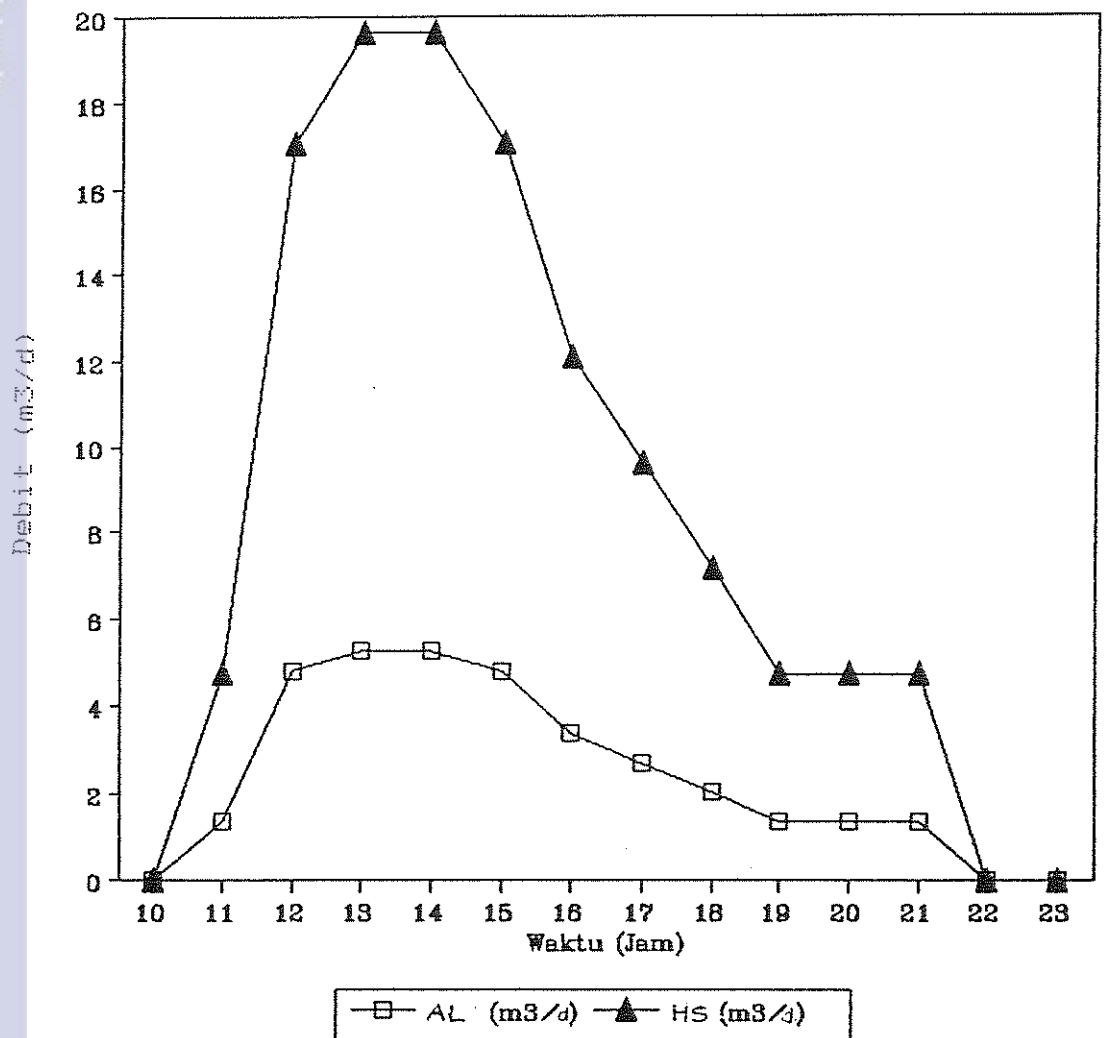
Tebal aliran langsung : 0.282 mm

Total hujan : $2.0 \times 436.7 \times 1000 = 873400 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.141 = 14.1 \%$



Lampiran 4b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 14 Januari 1982





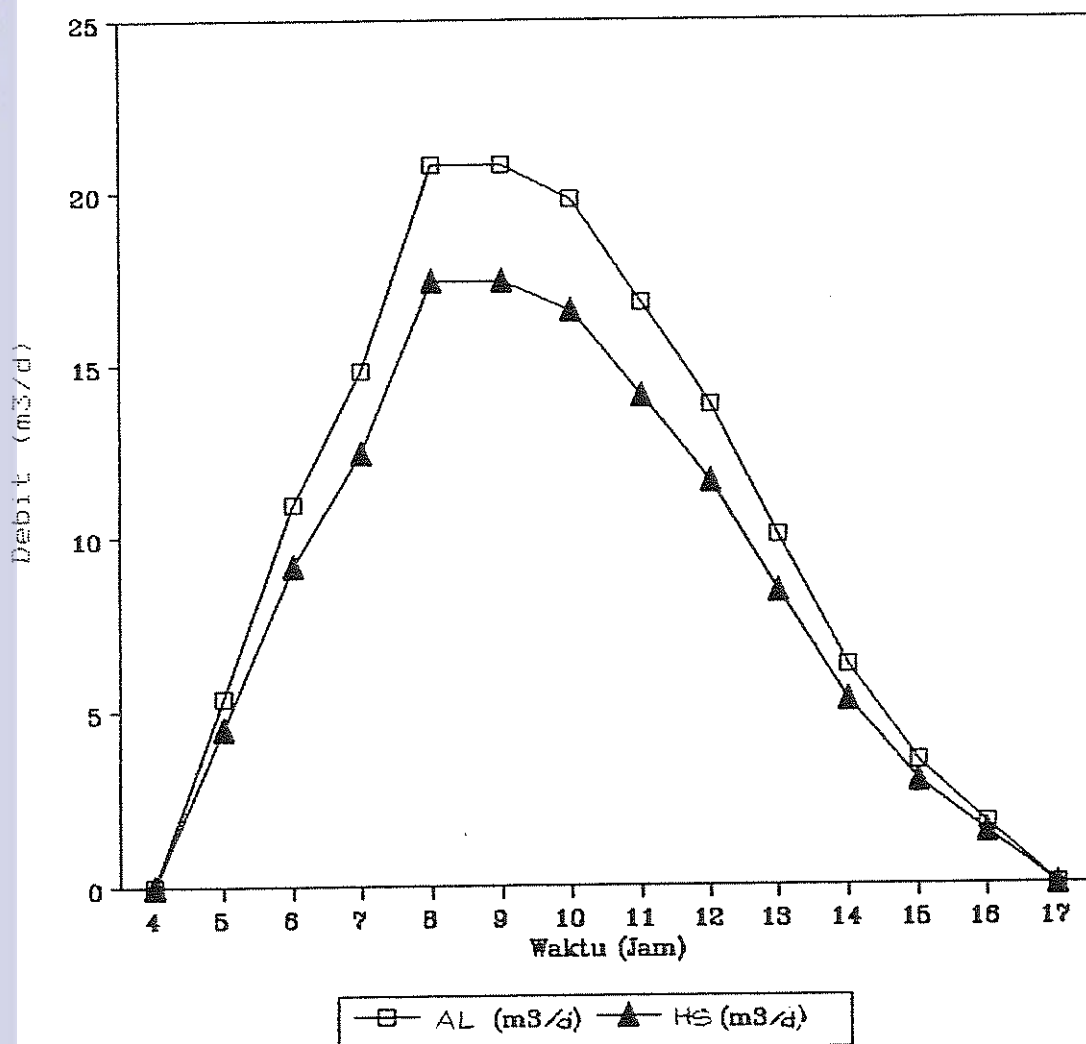
Lampiran 5a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 18 Januari 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
4	49.503	49.503	0.000	0.000
5	54.863	49.503	5.360	4.497
6	60.454	49.503	10.951	9.187
7	64.307	49.503	14.804	12.419
8	70.274	49.503	20.771	17.425
9	70.274	49.503	20.771	17.425
10	69.264	49.503	19.761	16.578
11	66.271	49.503	16.768	14.067
12	63.334	49.503	13.831	11.603
13	59.506	49.503	10.003	8.392
14	55.779	49.503	6.276	5.265
15	53.051	49.503	3.548	2.977
16	51.264	49.503	1.761	1.477
17	49.503	49.503	0.000	0.000
Jumlah			144.605	

Total aliran langsung : $144.605 \times 60 \times 60 = 520578.0 \text{ m}^3$
 Tebal aliran langsung : 1.192 mm
 Total hujan : $26.7 \times 436.7 \times 1000 = 11659890 \text{ m}^3$
 Total aliran langsung per total hujan : $0.044 = 4.4 \%$



Lampiran 5b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 18 Januari 1982





Lampiran 6a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 22 - 23 Januari 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
19	23.687	23.687	0.000	0.000
20	24.331	23.687	0.644	1.480
21	26.979	23.687	3.292	7.568
22	29.741	23.687	6.054	13.917
23	29.040	23.687	5.353	12.305
24	27.659	23.687	3.972	9.131
1	27.659	23.687	3.972	9.131
2	26.306	23.687	2.619	6.021
3	26.306	23.687	2.619	6.021
4	26.306	23.687	2.619	6.021
5	26.306	23.687	2.619	6.021
6	26.306	23.687	2.619	6.021
7	26.306	23.687	2.619	6.021
8	26.306	23.687	2.619	6.021
9	26.306	23.687	2.619	6.021
10	26.306	23.687	2.619	6.021
11	26.306	23.687	2.619	6.021
12	24.982	23.687	1.295	2.977
13	24.982	23.687	1.295	2.977
14	24.331	23.687	0.644	1.480
15	23.687	23.687	0.000	0.000
Jumlah :			52.711	

Total aliran langsung : $52.711 \times 60 \times 60 = 189759.6 \text{ m}^3$

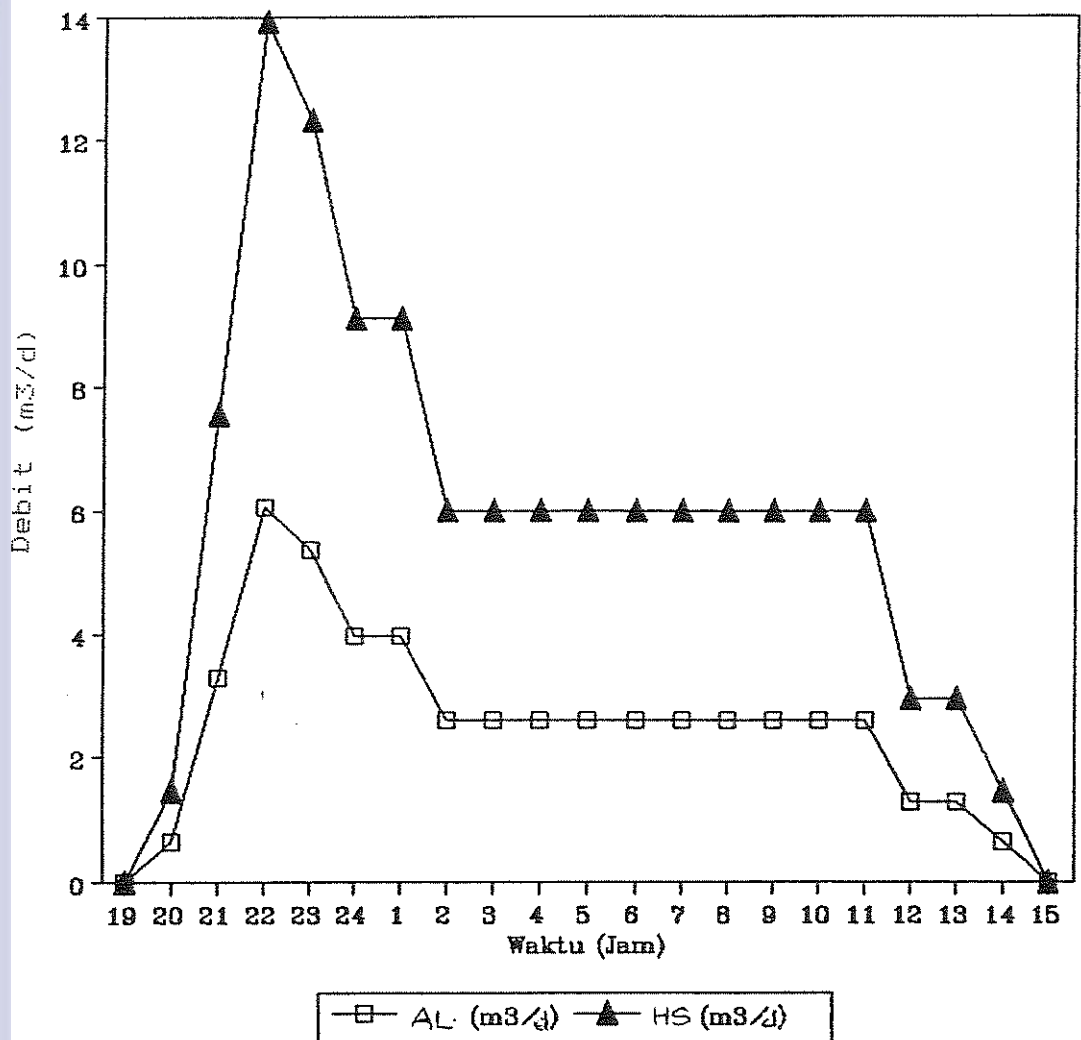
Tebal aliran langsung : 0.435 mm

Total hujan : $4.4 \times 436.7 \times 1000 = 1921480 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.099 = 9.9 \%$



Lampiran 6b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 22 - 23 Januari 1982





Lampiran 7a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 20 Februari 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
14	10.505	10.505	0.000	0.000
15	11.430	10.505	0.925	13.214
16	13.378	10.505	2.873	41.043
17	12.388	10.505	1.883	26.900
18	11.905	10.505	1.400	20.000
19	11.430	10.505	0.925	13.214
20	10.963	10.505	0.458	6.543
21	10.505	10.505	0.000	0.000
22	10.505	10.505	0.000	0.000
Jumlah :			8.464	

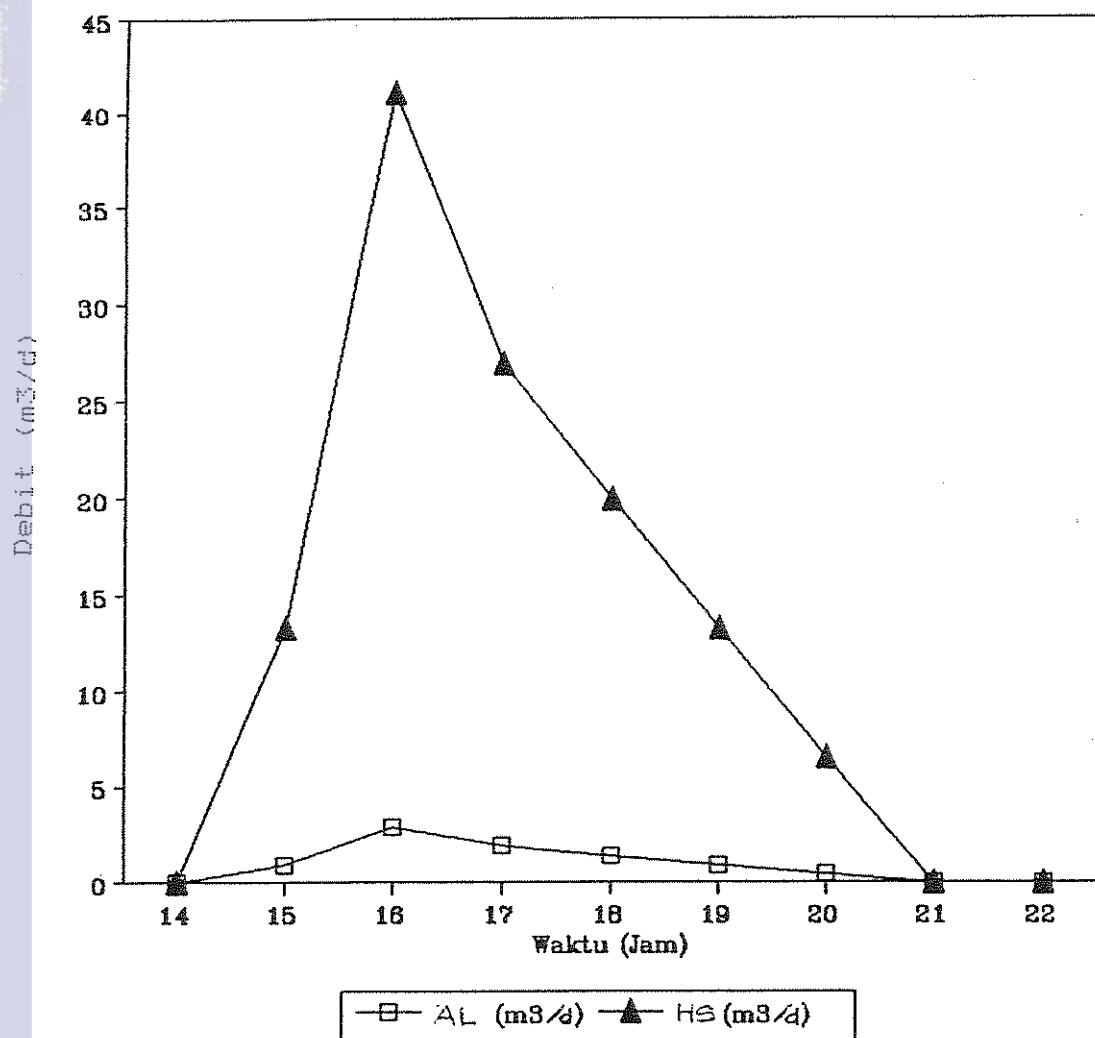
Total aliran langsung : $8.464 \times 60 \times 60 = 30470.0 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.070 mm

Total hujan : $0.2 \times 436.7 \times 1000 = 87340 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.349 = 34.9 \%$

Lampiran 7b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 20 Februari 1982





Lampiran 8a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 21 -22 Februari 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
16	9.613	9.613	0.000	0.000
17	9.613	9.613	0.000	0.000
18	12.879	9.613	3.266	46.657
19	11.905	9.613	2.292	32.743
20	10.505	9.613	0.892	12.743
21	10.054	9.613	0.441	6.300
22	10.054	9.613	0.441	6.300
23	10.054	9.613	0.441	6.300
24	10.054	9.613	0.441	6.300
1	9.613	9.613	0.000	0.000
2	9.613	9.613	0.000	0.000
Jumlah :			8.214	

Total aliran langsung : $8.214 \times 60 \times 60 = 29570.4 \text{ m}^3$

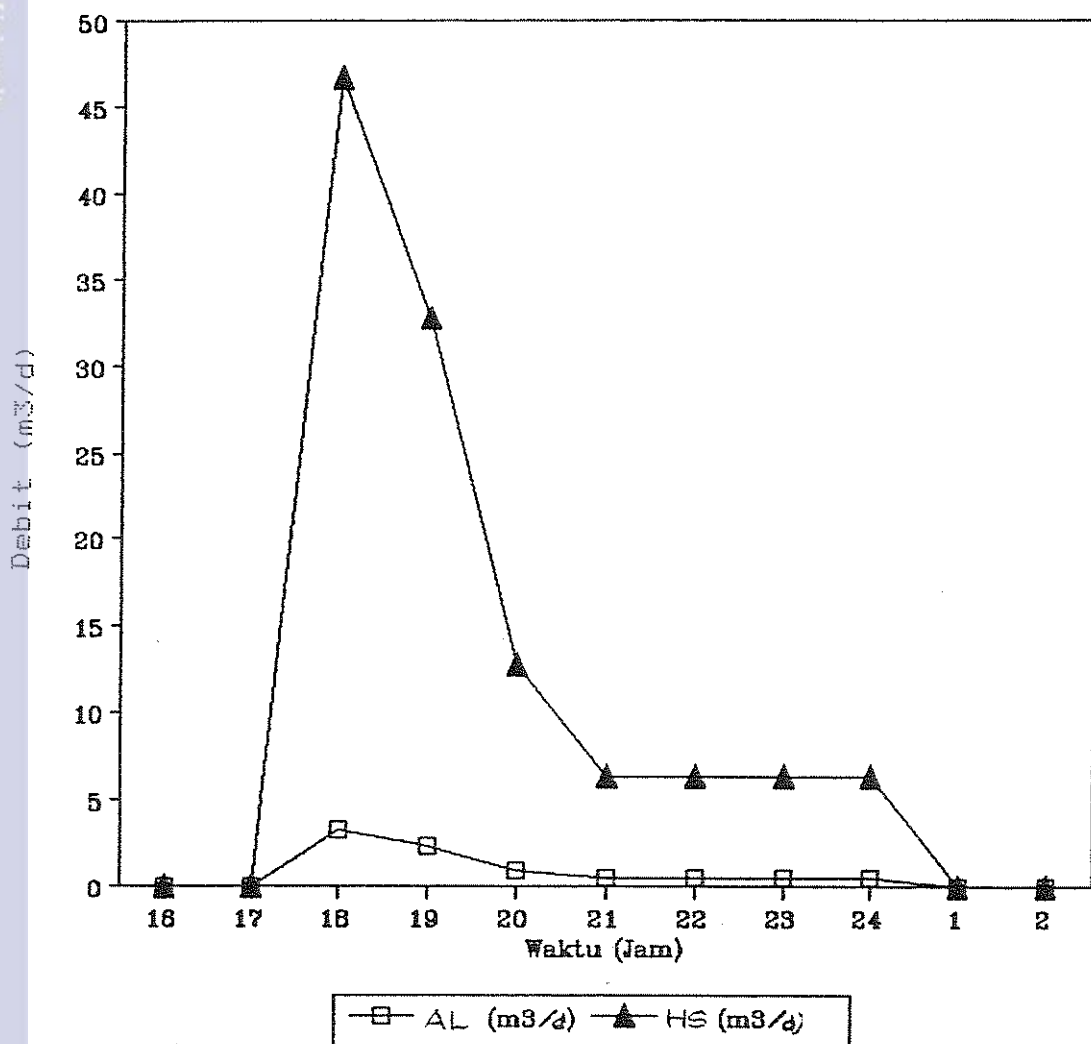
Tebal aliran langsung : 0.070 mm

Total hujan : $3.1 \times 436.7 \times 1000 = 1353770 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.022 = 2.2 \%$



Lampiran 8b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 21 -22 Februari 1982



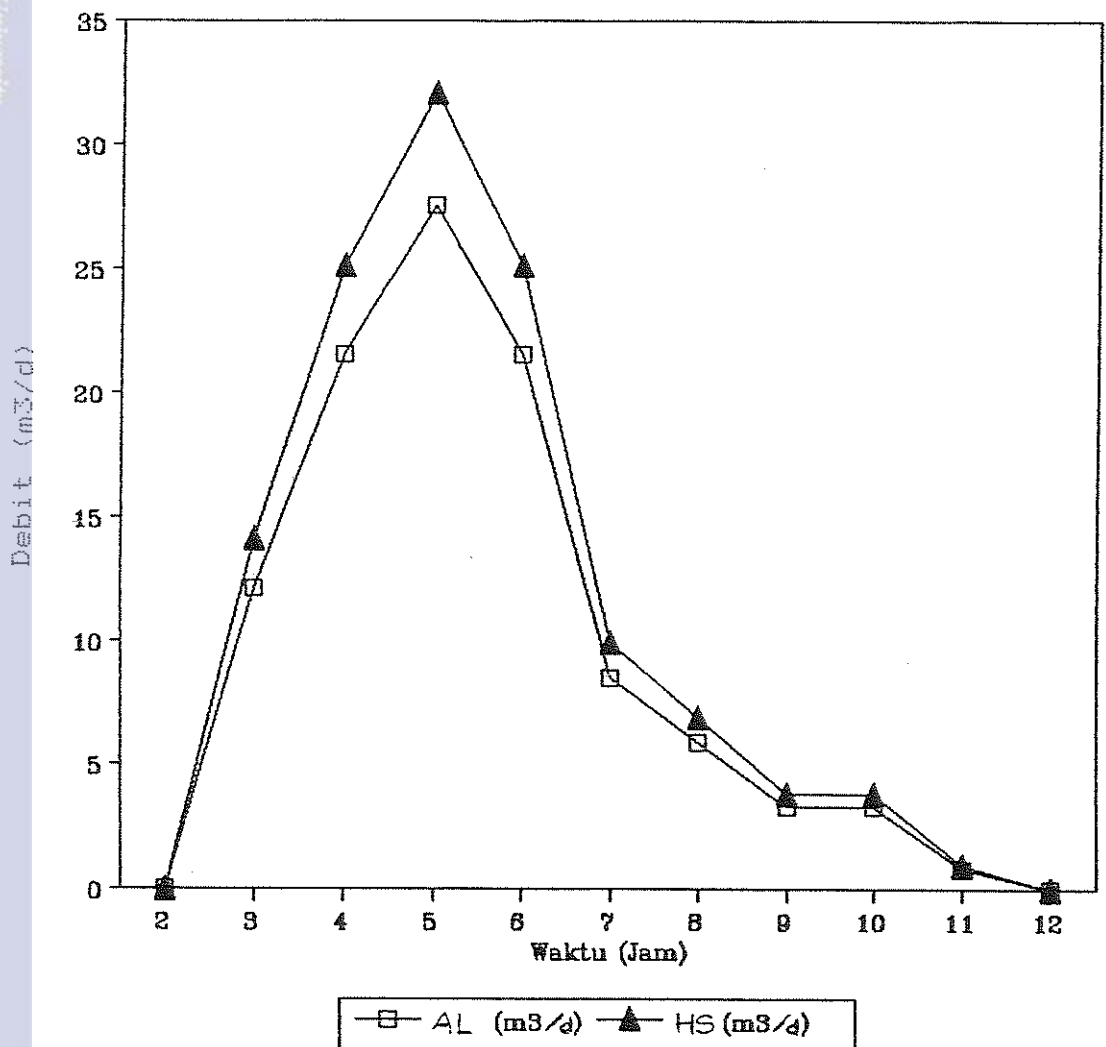


Lampiran 9a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 11 Maret 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
2	42.722	42.722	0.000	0.000
3	54.863	42.722	12.141	14.117
4	64.307	42.722	21.585	25.099
5	70.274	42.722	27.552	32.037
6	64.307	42.722	21.585	25.099
7	51.264	42.722	8.542	9.933
8	48.633	42.722	5.911	6.873
9	46.060	42.722	3.338	3.881
10	46.060	42.722	3.338	3.881
11	43.547	42.722	0.825	0.959
12	42.722	42.722	0.000	0.000
Jumlah :			104.817	

Total aliran langsung : $104.817 \times 60 \times 60 = 377341.2 \text{ m}^3$
 Tebal aliran langsung : 0.860 mm
 Total hujan : $47.4 \times 436.7 \times 1000 = 20698580 \text{ m}^3$
 Total aliran langsung per total hujan : $0.018 = 1.8 \%$

Lampiran 75. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 11 Maret 1982





Lampiran 10a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 17 -18 Maret 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
18	38.700	38.700	0.000	0.000
19	39.491	38.700	0.791	1.099
20	41.904	38.700	3.204	4.450
21	41.904	38.700	3.204	4.450
22	41.904	38.700	3.204	4.450
23	41.904	38.700	3.204	4.450
24	41.904	38.700	3.204	4.450
1	41.904	38.700	3.204	4.450
2	42.722	38.700	4.022	5.586
3	47.470	38.700	8.770	12.181
4	47.470	38.700	8.770	12.181
5	47.470	38.700	8.770	12.181
6	45.216	38.700	6.516	9.050
7	45.216	38.700	6.516	9.050
8	45.216	38.700	6.516	9.050
9	44.378	38.700	5.678	7.886
10	43.547	38.700	4.847	6.732
11	42.722	38.700	4.022	5.586
12	41.093	38.700	2.393	3.324
13	38.700	38.700	0.000	0.000
Jumlah :			86.835	

Total aliran langsung : $86.835 \times 60 \times 60 = 312606.0 \text{ m}^3$

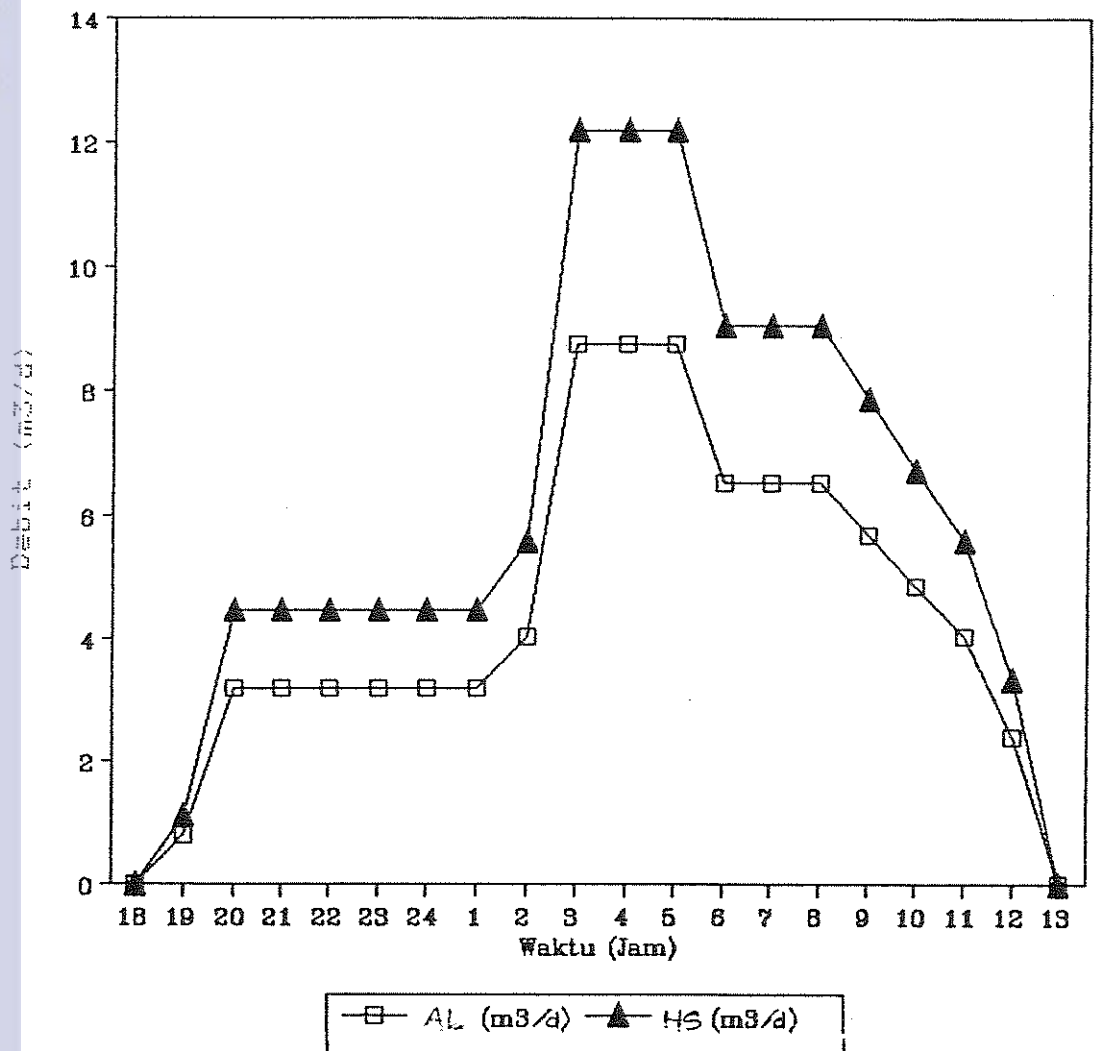
Tebal aliran langsung : 0.720 mm

Total hujan : $11.6 \times 436.7 \times 1000 = 5065720 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.062 = 6.2 \%$



Lampiran 10b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 17 - 18 Maret 1982

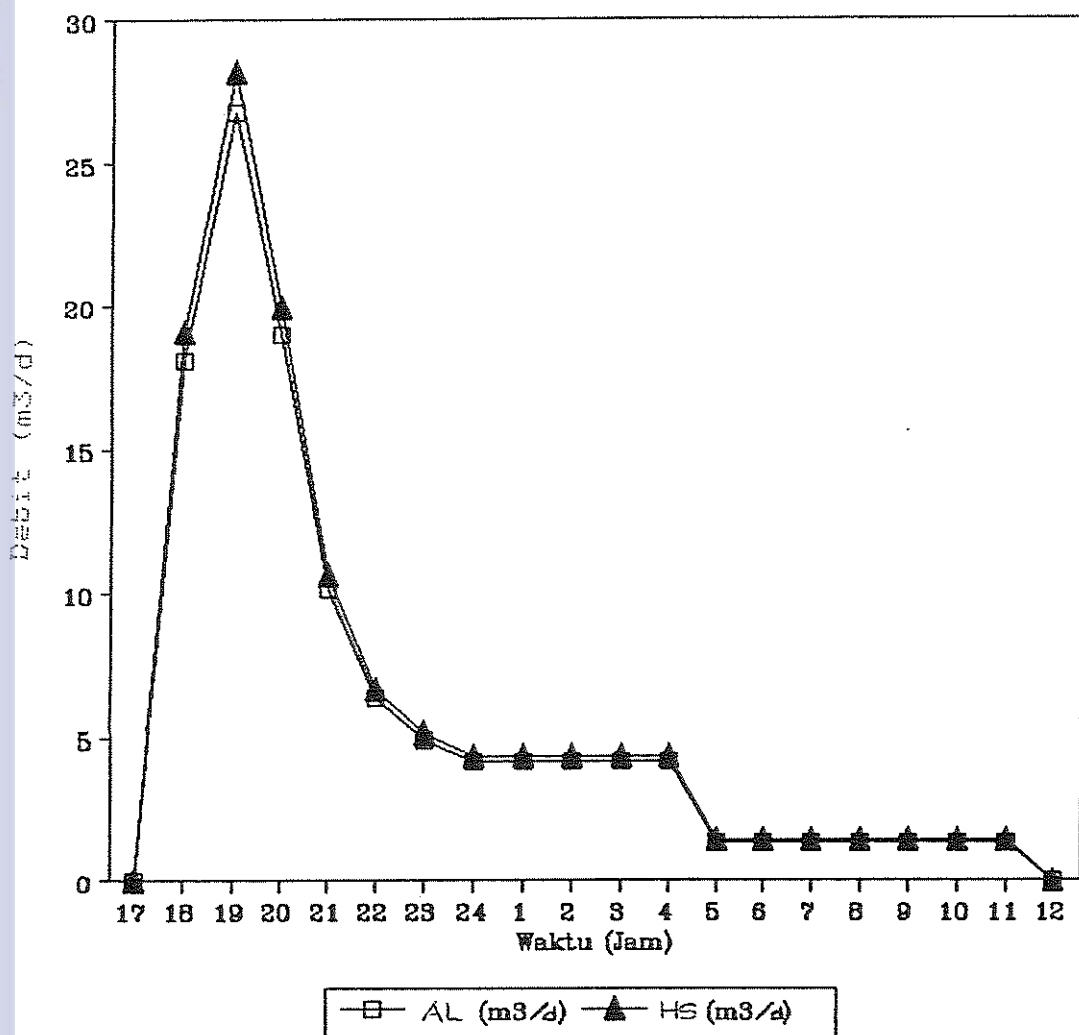


Lampiran 11a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 26 -27 Maret 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
17	26.306	26.306	0.000	0.000
18	44.378	26.306	18.072	19.023
19	53.051	26.306	26.745	28.153
20	45.216	26.306	18.910	19.905
21	36.367	26.306	10.061	10.591
22	32.617	26.306	6.311	6.643
23	31.165	26.306	4.859	5.115
24	30.450	26.306	4.144	4.362
1	30.450	26.306	4.144	4.362
2	30.450	26.306	4.144	4.362
3	30.450	26.306	4.144	4.362
4	30.450	26.306	4.144	4.362
5	27.659	26.306	1.353	1.424
6	27.659	26.306	1.353	1.424
7	27.659	26.306	1.353	1.424
8	27.659	26.306	1.353	1.424
9	27.659	26.306	1.353	1.424
10	27.659	26.306	1.353	1.424
11	27.659	26.306	1.353	1.424
12	26.306	26.306	0.000	0.000
Jumlah :			115.149	

Total aliran langsung : $115.149 \times 60 \times 60 = 414536.4 \text{ m}^3$
 Tebal aliran langsung : 0.950 mm
 Total hujan : $4.3 \times 436.7 \times 1000 = 1877810 \text{ m}^3$
 Total aliran langsung per total hujan : $0.221 = 22.1 \%$

Lampiran 11b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 26 - 27 Maret 1982



Lampiran 12a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 2 - 3 April 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
19	30.450	30.450	0.000	0.000
20	63.334	30.450	32.884	8.912
21	102.194	30.450	71.744	19.443
22	91.752	30.450	61.302	16.613
23	78.575	30.450	48.125	13.042
24	71.290	30.450	40.840	11.068
1	60.454	30.450	30.004	8.131
2	54.863	30.450	24.413	6.616
3	51.264	30.450	20.814	5.641
4	48.633	30.450	18.183	4.928
5	46.060	30.450	15.610	4.230
6	43.547	30.450	13.097	3.549
7	43.547	30.450	13.097	3.549
8	43.547	30.450	13.097	3.549
9	41.093	30.450	10.643	2.884
10	38.670	30.450	8.220	2.228
11	38.670	30.450	8.220	2.228
12	34.846	30.450	4.396	1.191
13	34.846	30.450	4.396	1.191
14	32.617	30.450	2.167	0.587
15	32.617	30.450	2.167	0.587
16	32.617	30.450	2.167	0.587
17	32.617	30.450	2.167	0.587
18	30.450	30.450	0.000	0.000
Jumlah :			447.753	

Total aliran langsung : $447.753 \times 60 \times 60 = 1611910.8 \text{ m}^3$

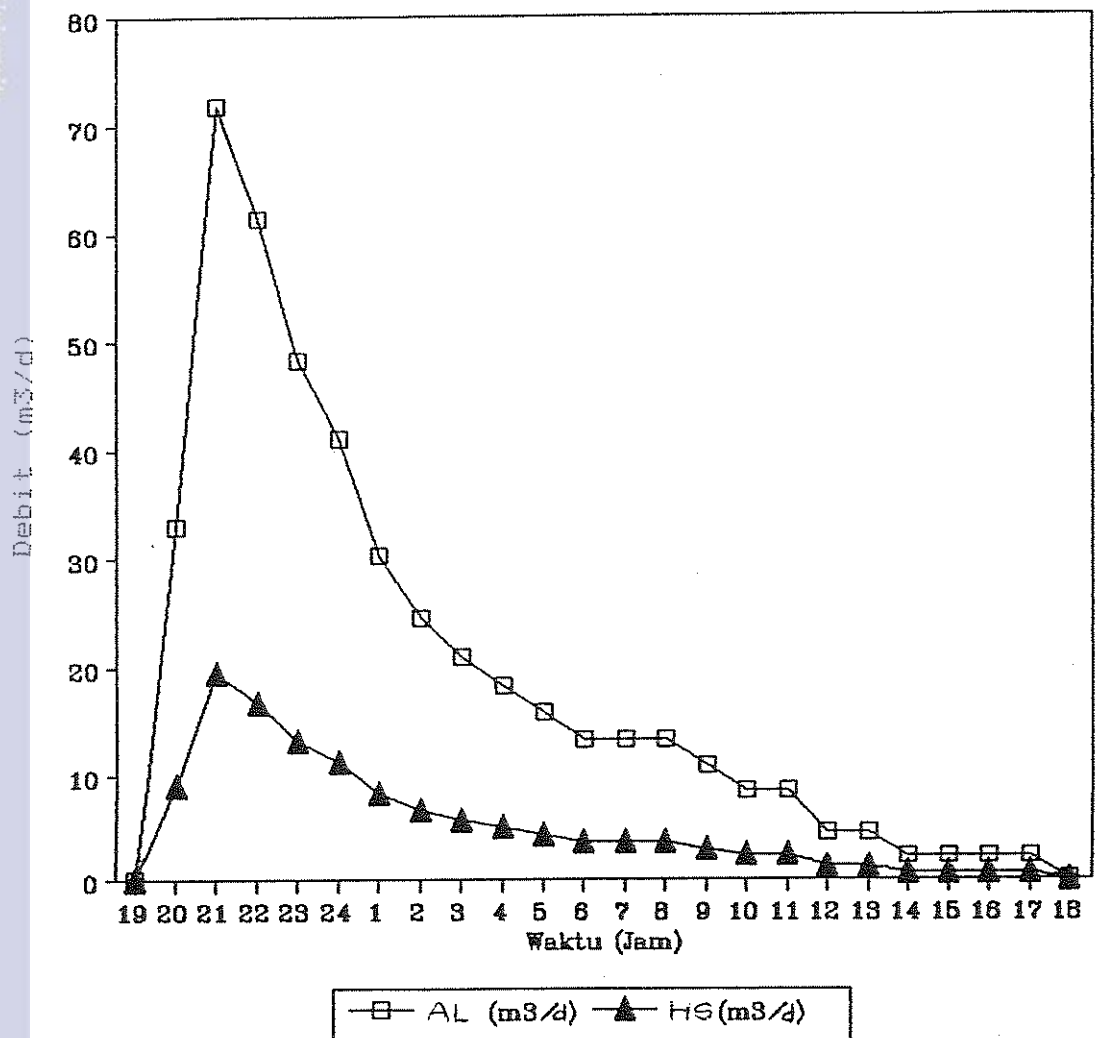
Tebal aliran langsung : 3.690 mm

Total hujan : $12.7 \times 436.7 \times 1000 = 5546090 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.291 = 29.1 \%$



Lampiran 12b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 2 - 3 April 1982



Lampiran 13a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 16 - 17 April 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
22	26.306	26.306	0.000	0.000
23	37.138	26.306	10.832	13.210
24	37.915	26.306	11.609	14.157
1	36.367	26.306	10.061	12.270
2	36.367	26.306	10.061	12.270
3	33.353	26.306	7.047	8.594
4	33.353	26.306	7.047	8.594
5	33.353	26.306	7.047	8.594
6	30.450	26.306	4.144	5.054
7	30.450	26.306	4.144	5.054
8	30.450	26.306	4.144	5.054
9	30.450	26.306	4.144	5.054
10	30.450	26.306	4.144	5.054
11	30.450	26.306	4.144	5.054
12	29.741	26.306	3.435	4.189
13	29.741	26.306	3.435	4.189
14	29.741	26.306	3.435	4.189
15	26.306	26.306	0.000	0.000
Jumlah :			98.873	

Total aliran langsung : $98.973 \times 60 \times 60 = 355942.8 \text{ m}^3$

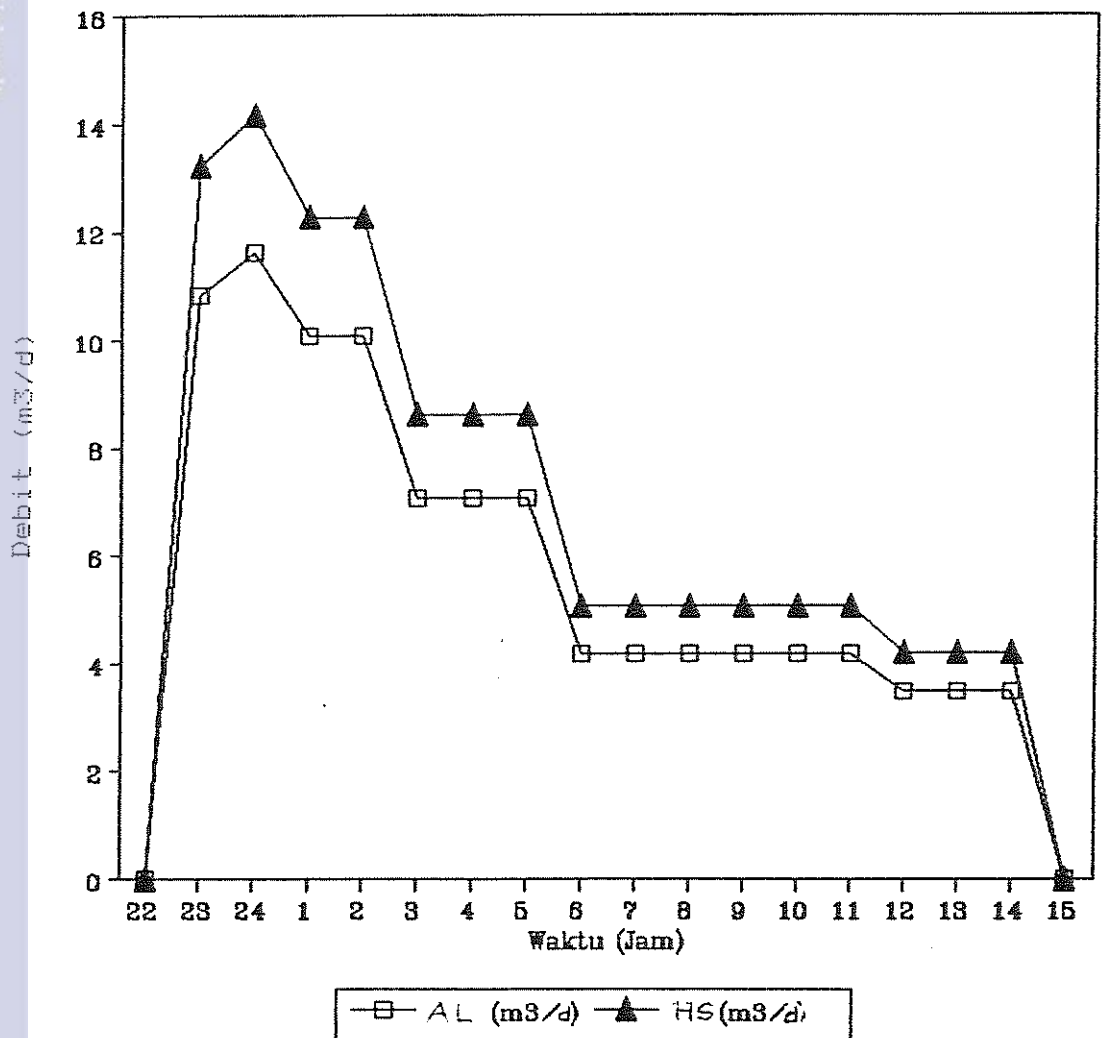
Tebal aliran langsung : 0.820 mm

Total hujan : $12.3 \times 436.7 \times 1000 = 5371410 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.066 = 6.6 \%$



Lampiran 135. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 16 - 17 April 1982



Lampiran 14a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 20 - 21 April 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
22	29.040	29.040	0.000	0.000
23	46.060	29.040	17.020	29.860
24	43.547	29.040	14.507	25.451
1	41.093	29.040	12.053	21.146
2	37.138	29.040	8.098	14.207
3	35.603	29.040	6.563	11.514
4	32.617	29.040	3.577	6.275
5	32.617	29.040	3.577	6.275
6	30.450	29.040	1.410	2.474
7	30.450	29.040	1.410	2.474
8	30.450	29.040	1.410	2.474
9	29.040	29.040	0.000	0.000
Jumlah :			69.625	

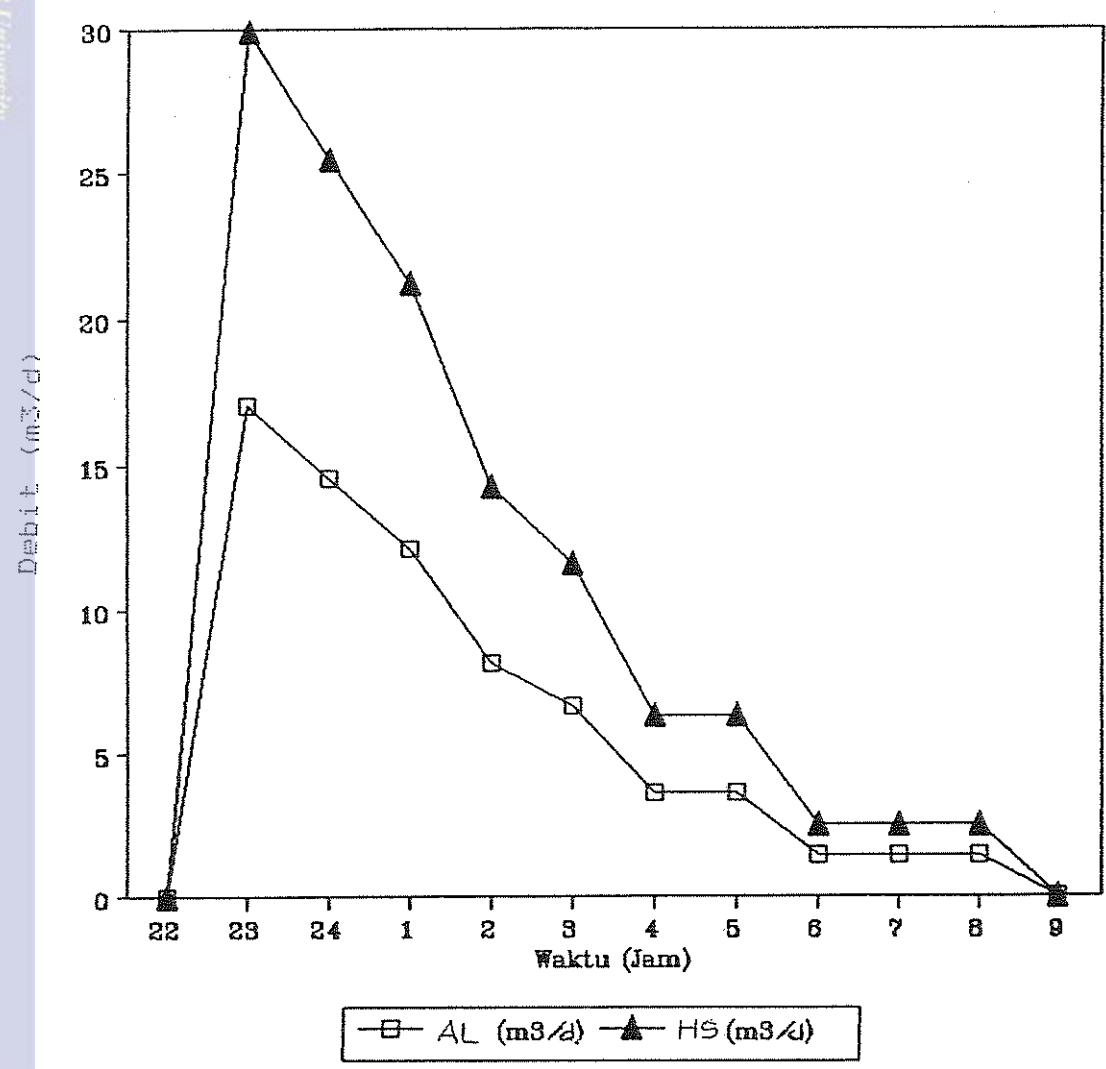
Total aliran langsung : $69.625 \times 60 \times 60 = 250650.0 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.570 mm

Total hujan : $5.4 \times 436.7 \times 1000 = 2358180 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.106 = 10.6 \%$

Lampiran 14b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 20 - 21 April 1982

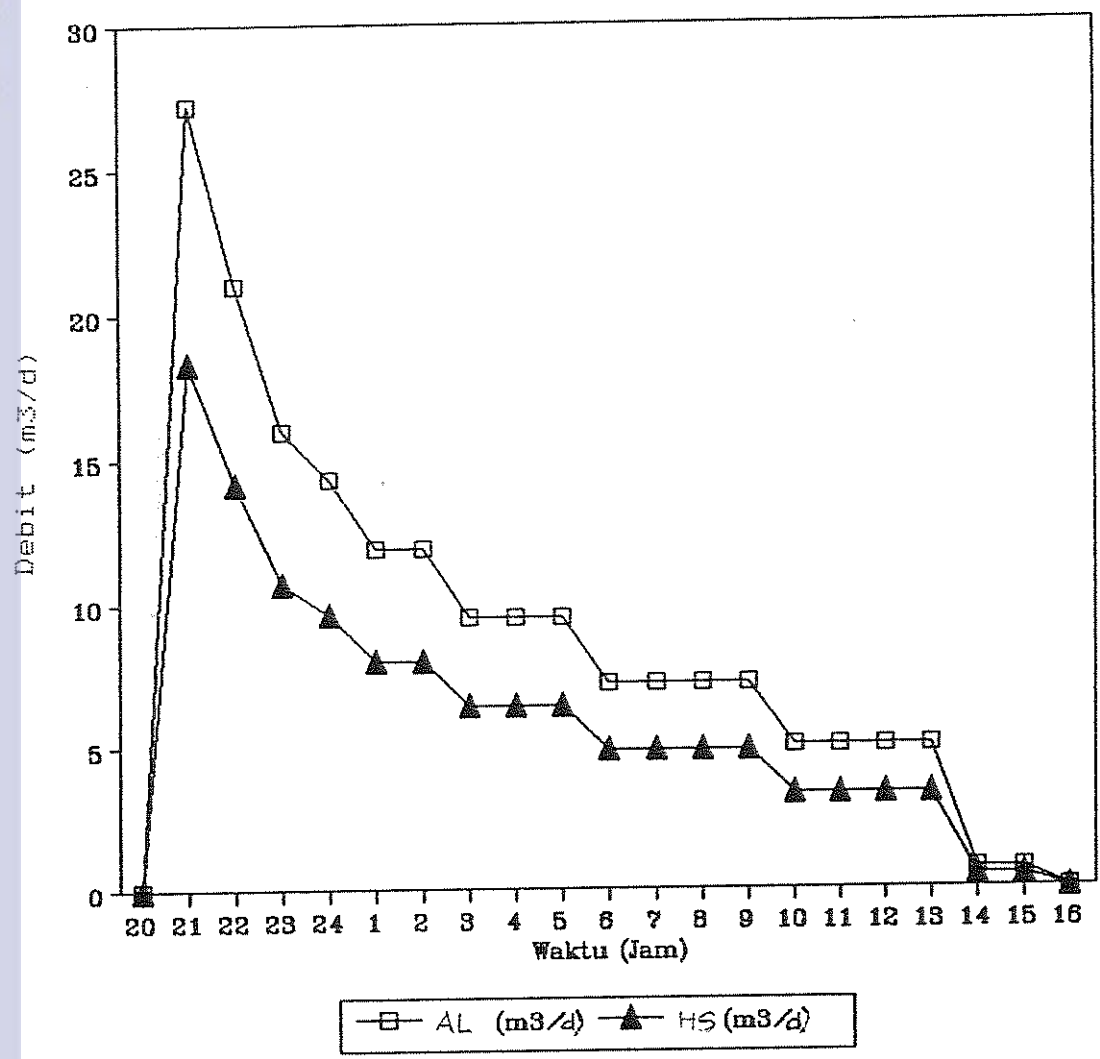


Lampiran 15a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 6 - 7 Mei 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
20	27.659	27.659	0.000	0.000
21	54.863	27.659	27.204	18.258
22	48.633	27.659	20.974	14.077
23	43.547	27.659	15.888	10.663
24	41.904	27.659	14.245	9.560
1	39.491	27.659	11.832	7.941
2	39.491	27.659	11.832	7.941
3	37.138	27.659	9.479	6.362
4	37.138	27.659	9.479	6.362
5	37.138	27.659	9.479	6.362
6	34.846	27.659	7.187	4.823
7	34.846	27.659	7.187	4.823
8	34.846	27.659	7.187	4.823
9	34.846	27.659	7.187	4.823
10	32.617	27.659	4.958	3.328
11	32.617	27.659	4.958	3.328
12	32.617	27.659	4.958	3.328
13	32.617	27.659	4.958	3.328
14	28.346	27.659	0.687	0.461
15	28.346	27.659	0.687	0.461
16	27.659	27.659	0.000	0.000
Jumlah :			180.366	

Total aliran langsung : $180.366 \times 60 \times 60 = 649317.6 \text{ m}^3$
 Tebal aliran langsung : 1.490 mm
 Total hujan : $5.0 \times 436.7 \times 1000 = 2183500 \text{ m}^3$
 Total aliran langsung per total hujan : $0.297 = 29.7 \%$

Lampiran 15b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 6 - 7 Mei 1982



Lampiran 16a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 6 - 7 Juni 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
23	17.654	17.654	0.000	0.000
24	19.385	17.654	1.731	6.411
1	22.421	17.654	4.767	17.656
2	22.421	17.654	4.767	17.656
3	22.421	17.654	4.767	17.656
4	21.799	17.654	4.145	15.352
5	21.184	17.654	3.530	13.074
6	20.577	17.654	2.923	10.826
7	19.976	17.654	2.322	8.600
8	19.385	17.654	1.731	6.411
9	18.801	17.654	1.147	4.248
10	18.801	17.654	1.147	4.248
11	17.654	17.654	0.000	0.000
Jumlah :			32.977	

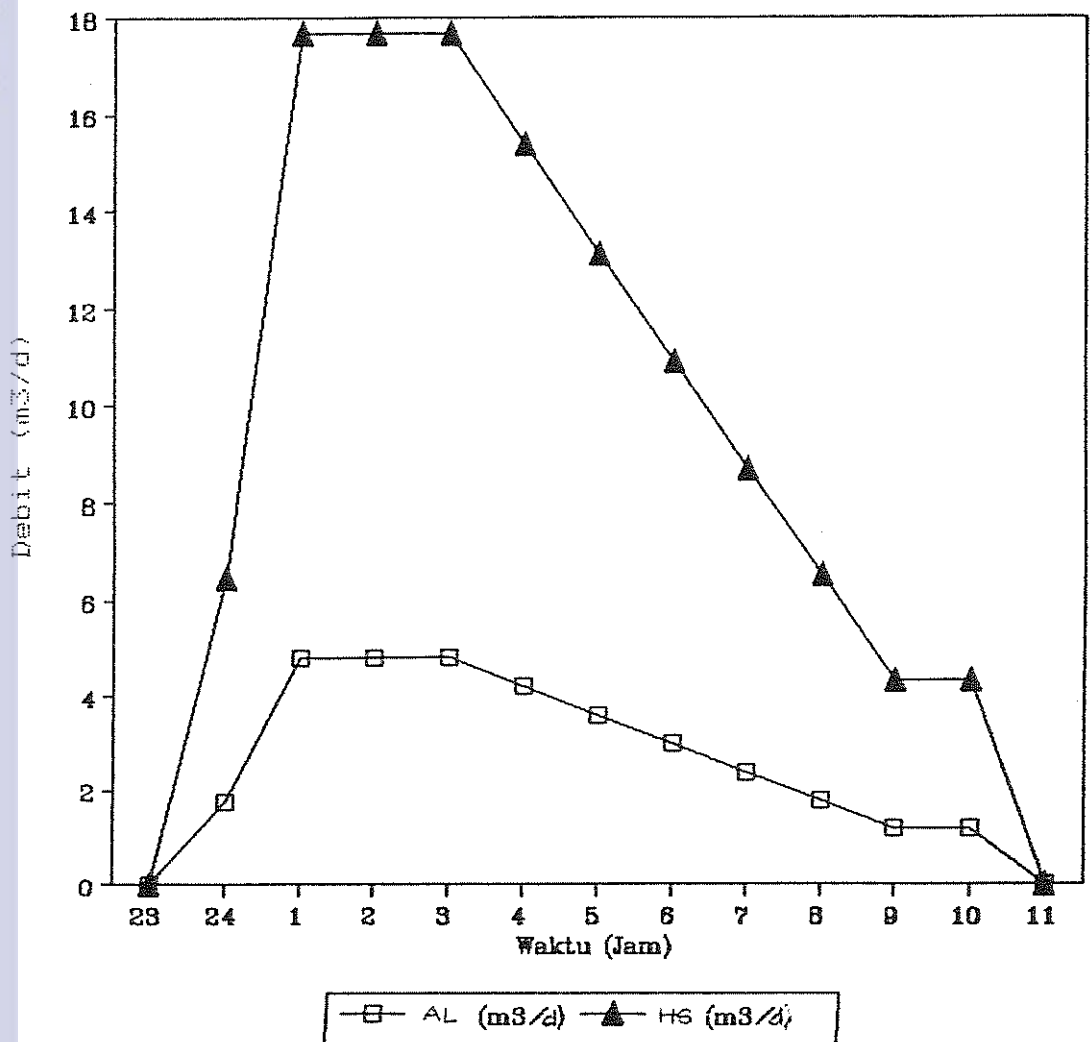
Total aliran langsung : $32.977 \times 60 \times 60 = 118717.2 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.270 mm

Total hujan : $21.1 \times 436.7 \times 1000 = 9214370 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.013 = 1.3 \%$

Lampiran 16b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 6 - 7 Juni 1982



Lampiran 17a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 8 - 9 Juni 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
22	17.093	17.093	0.000	0.000
23	22.421	17.093	5.328	9.186
24	22.421	17.093	5.328	9.186
1	22.421	17.093	5.328	9.186
2	22.421	17.093	5.328	9.186
3	22.421	17.093	5.328	9.186
4	24.331	17.093	7.238	12.479
5	24.331	17.093	7.238	12.479
6	24.331	17.093	7.238	12.479
7	23.687	17.093	6.594	11.369
8	22.421	17.093	5.328	9.186
9	21.184	17.093	4.091	7.053
10	20.577	17.093	3.484	6.007
11	18.801	17.093	1.708	2.945
12	17.654	17.093	0.561	0.967
13	17.654	17.093	0.561	0.967
14	17.093	17.093	0.000	0.000
Jumlah :			70.681	

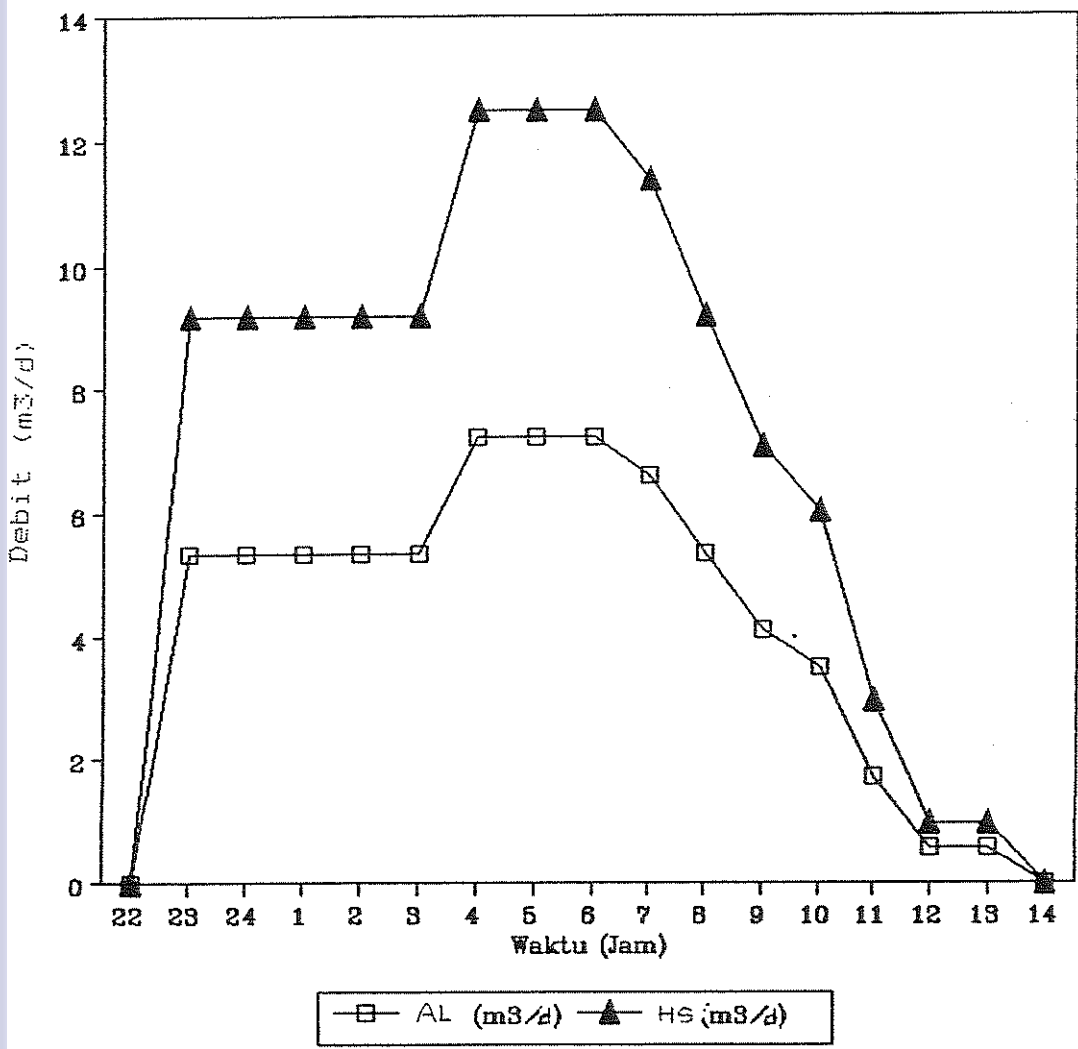
Total aliran langsung : $70.681 \times 60 \times 60 = 254451.6 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.580 mm

Total hujan : $2.5 \times 436.7 \times 1000 = 1091750 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.233 = 23.3 \%$

Lampiran 17b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 8 - 9 Juni 1982



Lampiran 18a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 9 - 10 Desember 1982

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
16	19.976	19.976	0.000	0.000
17	32.617	19.976	12.641	2.474
18	133.648	19.976	113.672	22.245
19	125.776	19.976	105.800	20.705
20	99.832	19.976	79.856	15.627
21	85.056	19.976	65.080	12.736
22	75.417	19.976	55.441	10.850
23	65.286	19.976	45.310	8.867
24	59.506	19.976	39.530	7.736
1	48.633	19.976	28.657	5.608
2	41.093	19.976	21.117	4.132
3	36.367	19.976	16.391	3.208
4	31.887	19.976	11.911	2.331
5	29.741	19.976	9.765	1.911
6	27.059	19.976	7.083	1.504
7	24.982	19.976	5.006	0.980
8	22.421	19.976	2.445	0.478
9	19.976	19.976	0.000	0.000
Jumlah :			620.305	

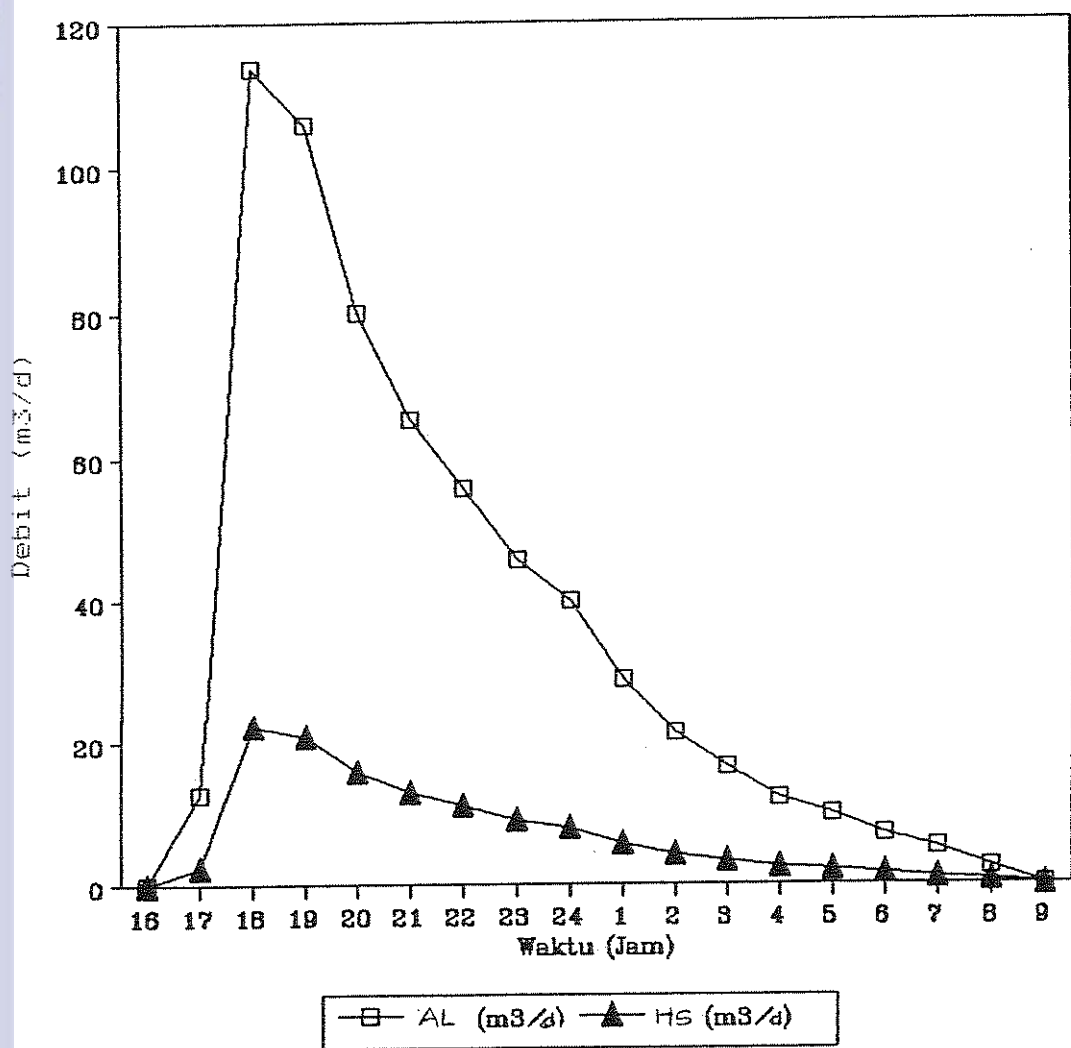
Total aliran langsung : $620.305 \times 60 \times 60 = 2233098.0 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 5.110 mm

Total hujan : $34.5 \times 436.7 \times 1000 = 15066150 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.148 = 14.8 \%$

Lampiran 18b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 9 - 10 Desember 1982

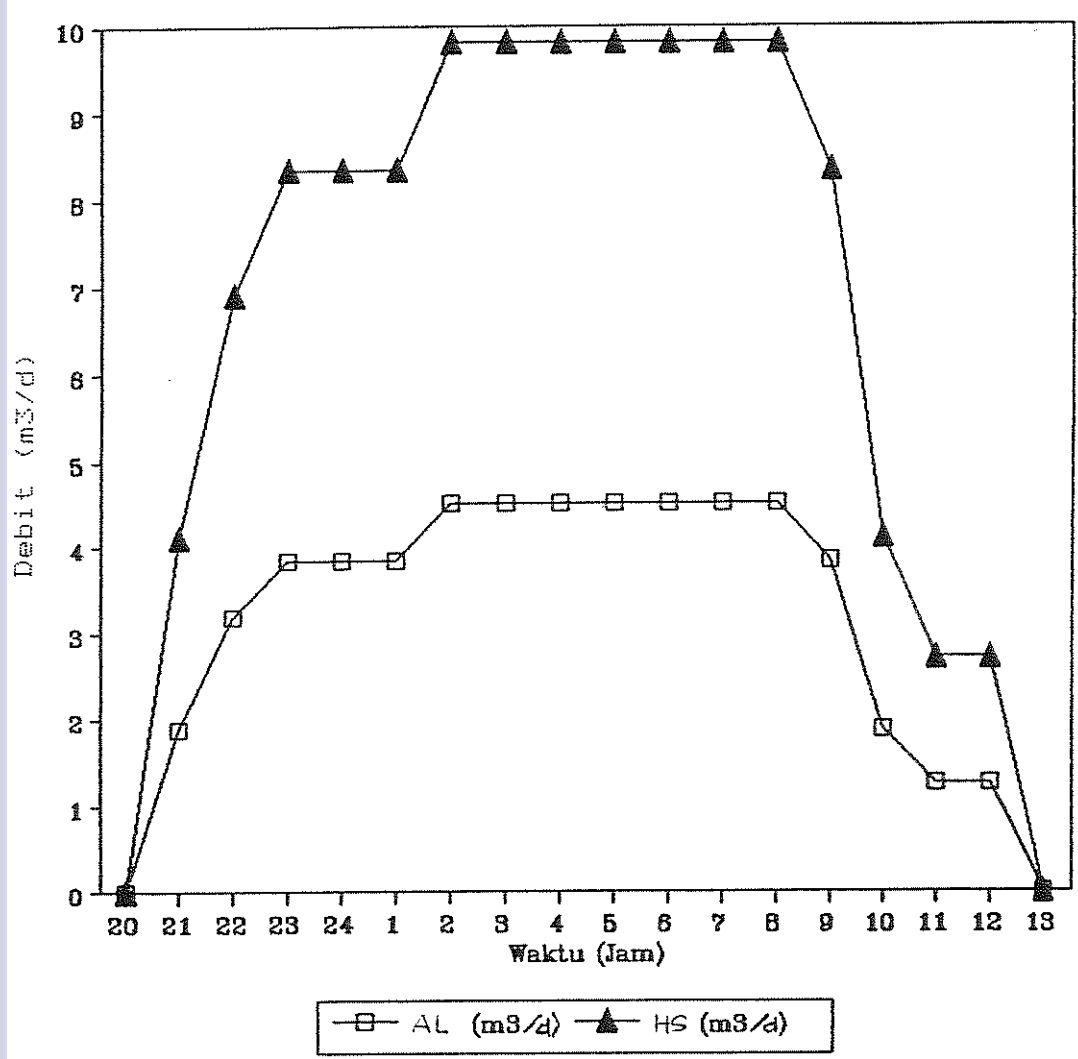


Lampiran 19a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 4 - 5 Januari 1983

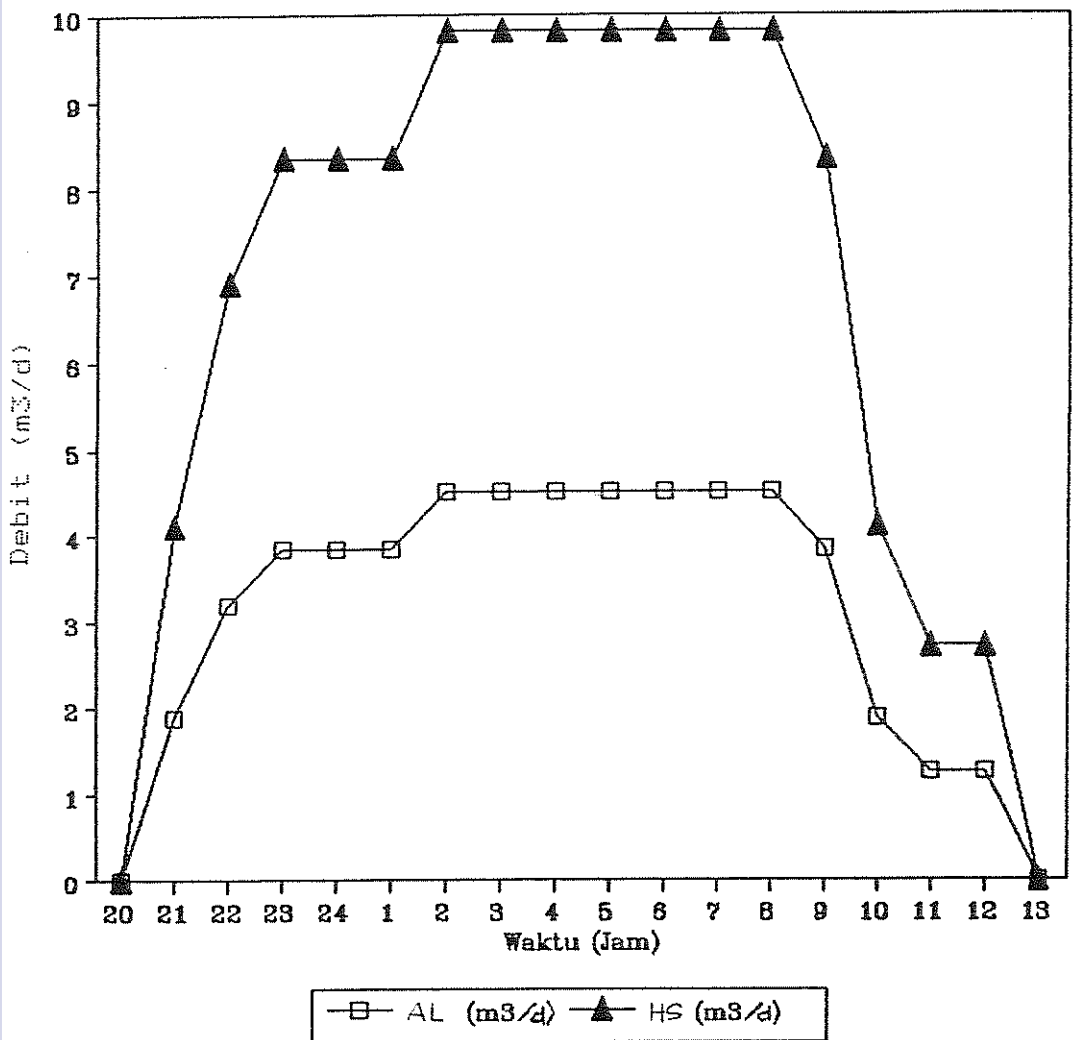
Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
20	21.799	21.799	0.000	0.000
21	23.687	21.799	1.888	4.104
22	24.982	21.799	3.183	6.920
23	25.640	21.799	3.841	8.350
24	25.640	21.799	3.841	8.350
1	25.640	21.799	3.841	8.350
2	26.306	21.799	4.507	9.798
3	26.306	21.799	4.507	9.798
4	26.306	21.799	4.507	9.798
5	26.306	21.799	4.507	9.798
6	26.306	21.799	4.507	9.798
7	26.306	21.799	4.507	9.798
8	26.306	21.799	4.507	9.798
9	25.640	21.799	3.841	8.350
10	23.687	21.799	1.888	4.104
11	23.050	21.799	1.251	2.720
12	23.050	21.799	1.251	2.720
13	21.799	21.799	0.000	0.000
Jumlah :			56.374	

Total aliran langsung : $56.374 \times 60 \times 60 = 202946.4 \text{ m}^3$
 Tebal aliran langsung : 0.460 mm
 Total hujan : $4.8 \times 436.7 \times 1000 = 2008820 \text{ m}^3$
 Total aliran langsung per total hujan : $0.101 = 10.1 \%$

Lampiran 19b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 4 - 5 Januari 1983



Lampiran 19b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 4 - 5 Januari 1983



Lampiran 20a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 22 - 23 Januari 1983

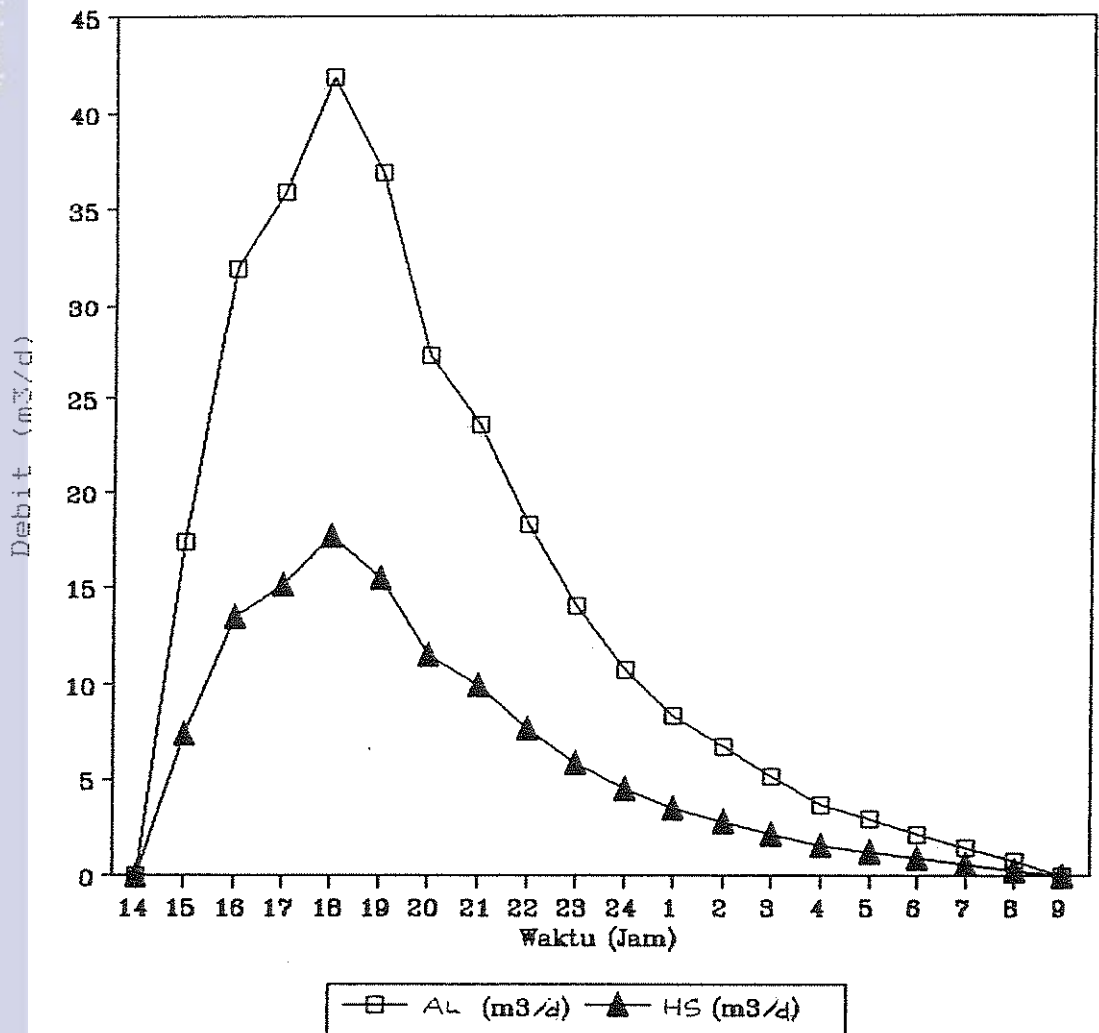
Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
14	30.450	30.450	0.000	0.000
15	47.769	30.450	17.319	7.277
16	62.368	30.450	31.918	13.411
17	66.271	30.450	35.821	15.051
18	72.313	30.450	41.863	17.589
19	67.263	30.450	36.813	15.468
20	57.630	30.450	27.180	11.420
21	53.954	30.450	23.504	9.876
22	48.633	30.450	18.183	7.640
23	44.378	30.450	13.928	5.852
24	41.093	30.450	10.643	4.472
1	38.670	30.450	8.220	3.454
2	37.138	30.450	6.688	2.810
3	35.603	30.450	5.153	2.165
4	34.096	30.450	3.646	1.532
5	33.353	30.450	2.903	1.220
6	32.617	30.450	2.167	0.911
7	31.887	30.450	1.437	0.604
8	31.165	30.450	0.715	0.300
9	30.450	30.450	0.000	0.000
Jumlah :			288.101	

Total aliran langsung : $288.101 \times 60 \times 60 = 1037163.6 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 2.380 mm

Total hujan : $11.4 \times 436.7 \times 1000 = 4978380 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.208 = 20.8 \%$



Lampiran 21a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 25 - 26 Januari 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
16	17.654	17.654	0.000	0.000
17	25.640	17.654	7.986	12.478
18	26.306	17.654	8.652	13.519
19	26.306	17.654	8.652	13.519
20	24.982	17.654	7.328	11.450
21	24.982	17.654	7.328	11.450
22	23.687	17.654	6.033	9.427
23	23.050	17.654	5.396	8.431
24	22.421	17.654	4.767	7.448
1	21.799	17.654	4.145	6.477
2	21.184	17.654	3.530	5.516
3	20.577	17.654	2.923	4.567
4	20.577	17.654	2.923	4.567
5	19.976	17.654	2.322	3.628
6	19.976	17.654	2.322	3.628
7	19.385	17.654	1.731	2.705
8	19.385	17.654	1.731	2.705
9	19.385	17.654	1.731	2.705
10	18.801	17.654	1.147	1.792
11	18.801	17.654	1.147	1.792
12	18.224	17.654	0.570	0.891
13	18.224	17.654	0.570	0.891
14	17.654	17.654	0.000	0.000
Jumlah :			77.337	

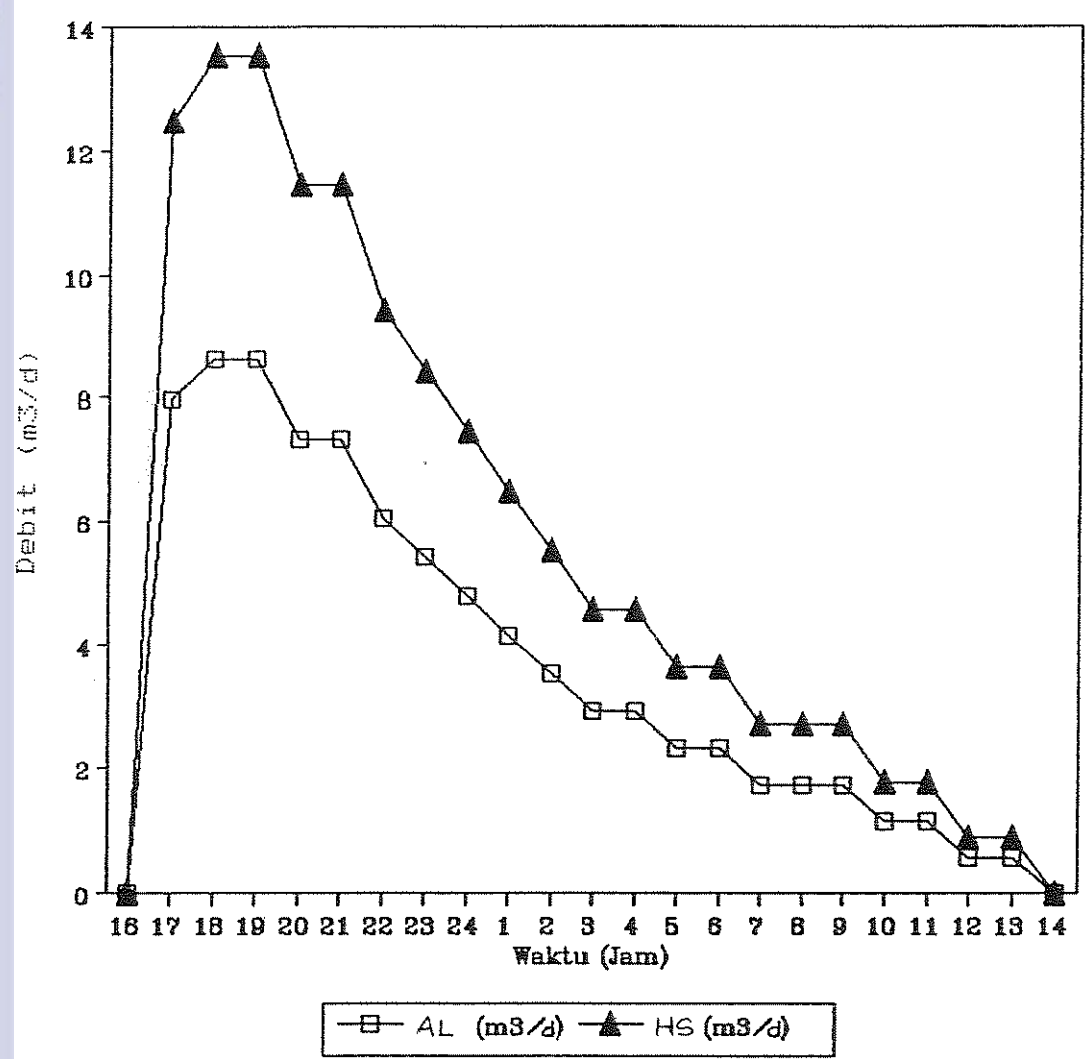
Total aliran langsung : $77.337 \times 60 \times 60 = 278413.2 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.640 mm

Total hujan : $1.3 \times 436.7 \times 1000 = 567710 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.490 = 49.0 \%$

Lampiran 21b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 25 - 26 Januari 1983



Lampiran 22a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 2 Februari 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
2	11.430	11.430	0.000	0.000
3	13.378	11.430	1.948	9.276
4	14.400	11.430	2.970	14.143
5	14.400	11.430	2.970	14.143
6	14.400	11.430	2.970	14.143
7	14.400	11.430	2.970	14.143
8	14.400	11.430	2.970	14.143
9	14.400	11.430	2.970	14.143
10	13.885	11.430	2.455	11.690
11	13.378	11.430	1.948	9.276
12	12.879	11.430	1.449	6.900
13	12.388	11.430	0.958	4.562
14	12.388	11.430	0.958	4.562
15	11.905	11.430	0.475	2.262
16	11.430	11.430	0.000	0.000
17	11.430	11.430	0.000	0.000
Jumlah :			25.556	

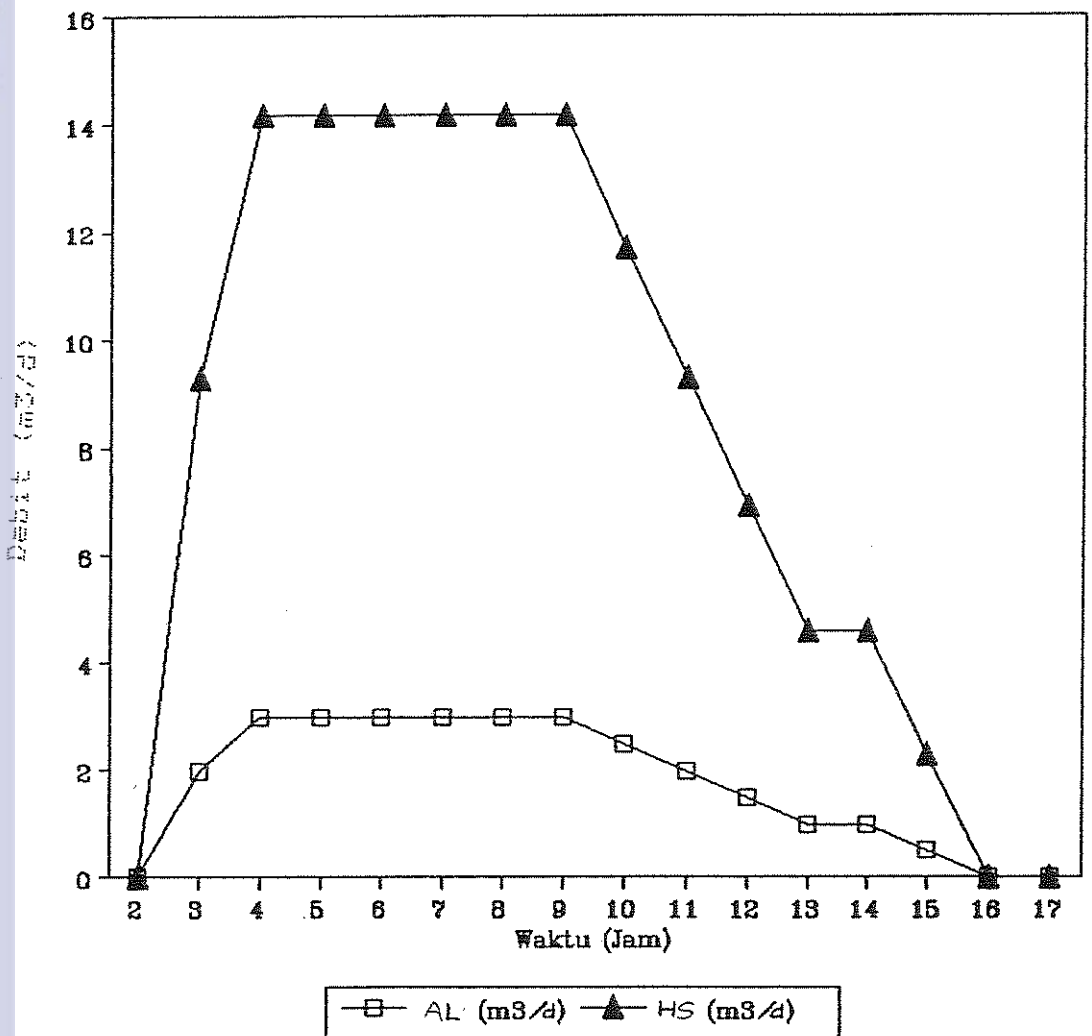
Total aliran langsung : $25.556 \times 60 \times 60 = 92001.6 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.210 mm

Total hujan : $3.7 \times 436.7 \times 1000 = 1615790 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.057 = 5.7 \%$

Lampiran 22b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 2 Februari 1983



Lampiran 23a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 12 - 13 Pebruari 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
23	10.505	10.505	0.000	0.000
24	11.905	10.505	1.400	4.375
1	16.539	10.505	6.034	18.856
2	15.454	10.505	4.949	15.466
3	14.400	10.505	3.895	12.172
4	13.885	10.505	3.380	10.563
5	13.378	10.505	2.873	8.978
6	13.378	10.505	2.873	8.978
7	13.378	10.505	2.873	8.978
8	13.378	10.505	2.873	8.978
9	12.879	10.505	2.374	7.419
10	12.388	10.505	1.883	5.884
11	11.905	10.505	1.400	4.375
12	11.905	10.505	1.400	4.375
13	10.963	10.505	0.458	1.431
14	10.505	10.505	0.000	0.000
Jumlah :			38.665	

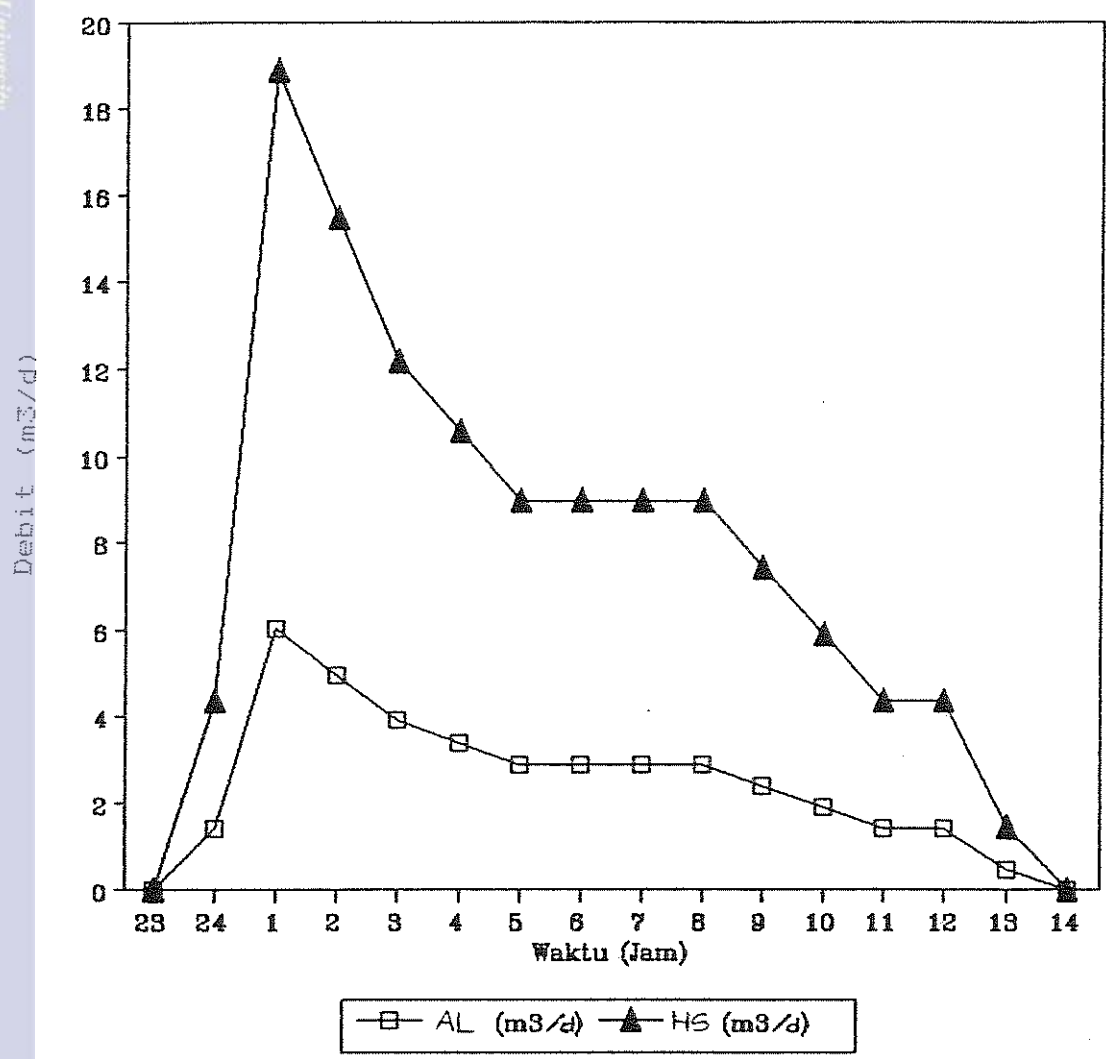
Total aliran langsung : $38.665 \times 60 \times 60 = 139194.0 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.320 mm

Total hujan : $1.1 \times 436.7 \times 1000 = 480370 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.290 = 29.0 \%$

Lampiran 23b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 12 - 13 Februari 1983



Lampiran 24a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 20 Maret 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
2	17.093	17.093	0.000	0.000
3	17.093	17.093	0.000	0.000
4	17.654	17.093	0.561	6.233
5	17.654	17.093	0.561	6.233
6	17.654	17.093	0.561	6.233
7	18.801	17.093	1.708	18.978
8	18.801	17.093	1.708	18.978
9	18.801	17.093	1.708	18.978
10	18.224	17.093	1.131	12.567
11	18.224	17.093	1.131	12.567
12	18.224	17.093	1.131	12.567
13	17.654	17.093	0.561	6.233
14	17.654	17.093	0.561	6.233
15	17.093	17.093	0.000	0.000
Jumlah :			11.322	

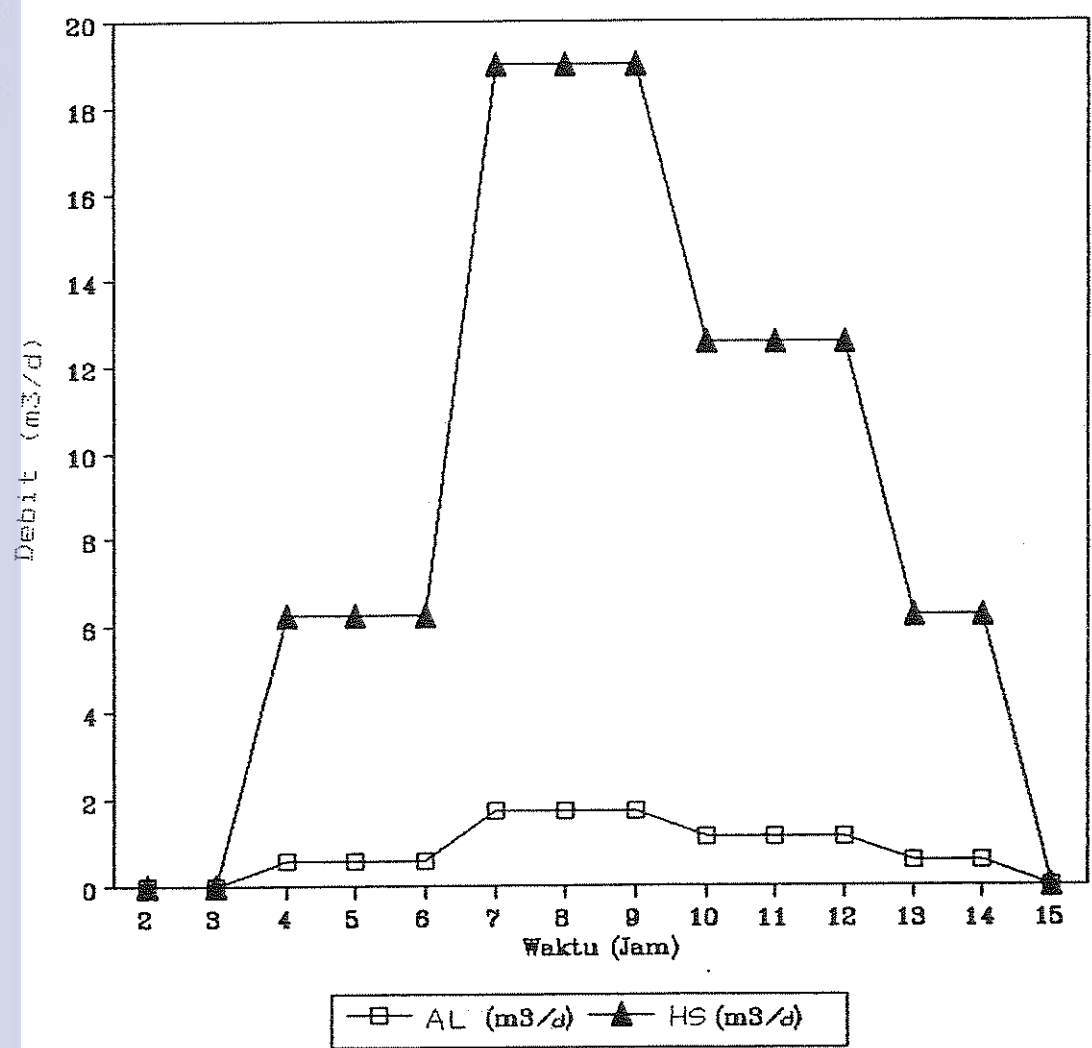
Total aliran langsung : $11.322 \times 60 \times 60 = 40759.2 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.090 mm

Total hujan : $34.4 \times 436.7 \times 1000 = 15022480 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.003 = 0.3 \%$

Lampiran 24b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 20 Maret 1983



Lampiran 25a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 1 - 2 April 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
20	28.346	28.346	0.000	0.000
21	28.346	28.346	0.000	0.000
22	30.450	28.346	2.104	6.787
23	32.617	28.346	4.271	13.777
24	33.353	28.346	5.007	16.152
1	33.353	28.346	5.007	16.152
2	32.617	28.346	4.271	13.777
3	31.887	28.346	3.541	11.423
4	31.165	28.346	2.819	9.094
5	31.165	28.346	2.819	9.094
6	30.450	28.346	2.104	6.787
7	30.450	28.346	2.104	6.787
8	29.741	28.346	1.395	4.500
9	29.741	28.346	1.395	4.500
10	29.040	28.346	0.694	2.239
11	28.346	28.346	0.000	0.000
Jumlah :			37.531	

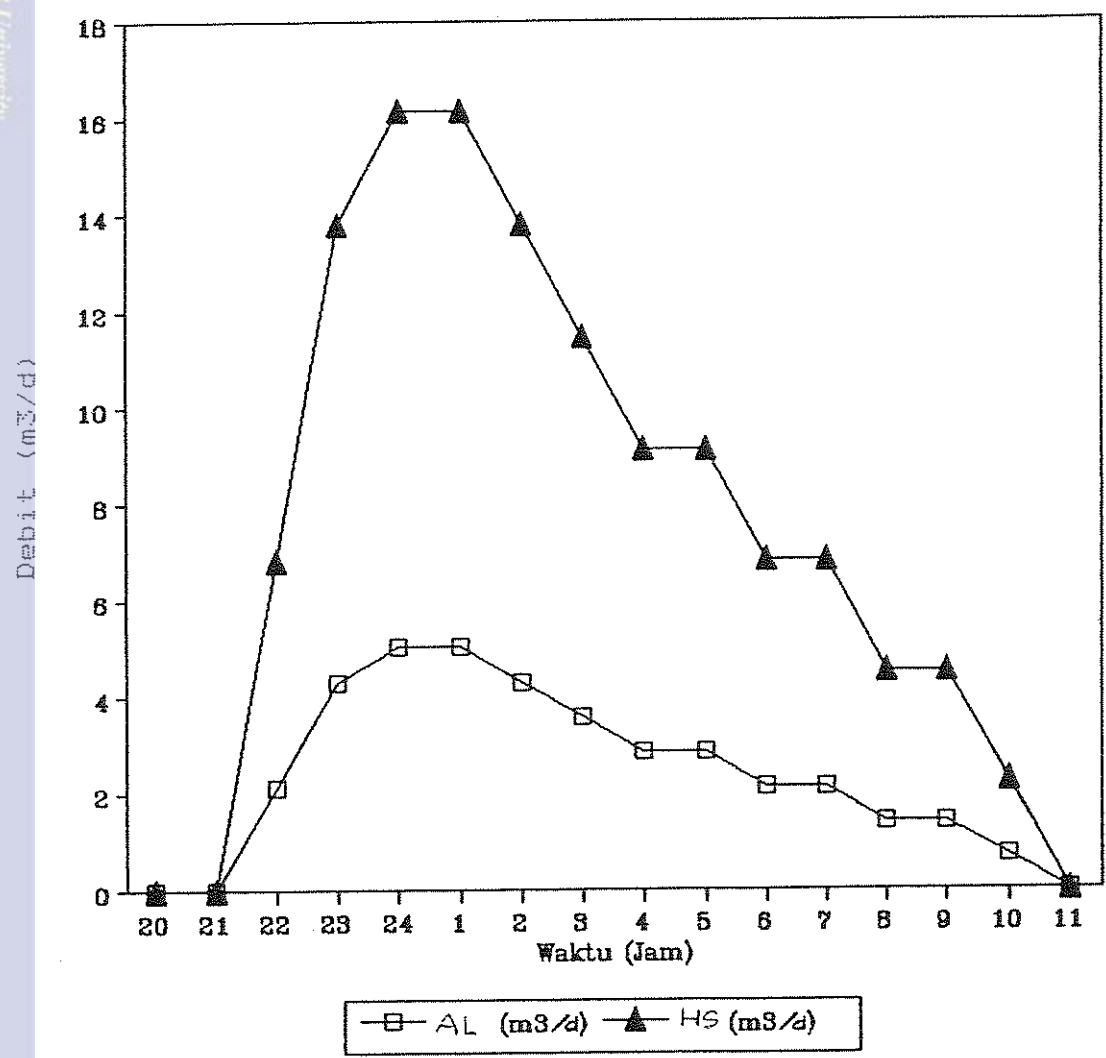
Total aliran langsung : $37.531 \times 60 \times 60 = 135111.6 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.310 mm

Total hujan : $33.2 \times 436.7 \times 1000 = 14498440 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.009 = 0.9 \%$

Lampiran 25b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 1 - 2 April 1983



Lampiran 26a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 25 April 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
1	16.539	16.539	0.000	0.000
2	16.539	16.539	0.000	0.000
3	17.093	16.539	0.554	4.262
4	17.093	16.539	0.554	4.262
5	17.654	16.539	1.115	8.577
6	17.654	16.539	1.115	8.577
7	17.654	16.539	1.115	8.577
8	18.224	16.539	1.685	12.962
9	18.224	16.539	1.685	12.962
10	18.224	16.539	1.685	12.962
11	18.224	16.539	1.685	12.962
12	18.224	16.539	1.685	12.962
13	17.654	16.539	1.115	8.577
14	17.654	16.539	1.115	8.577
15	17.093	16.539	0.554	4.262
16	16.539	16.539	0.000	0.000
17	16.539	16.539	0.000	0.000
Jumlah :			15.662	

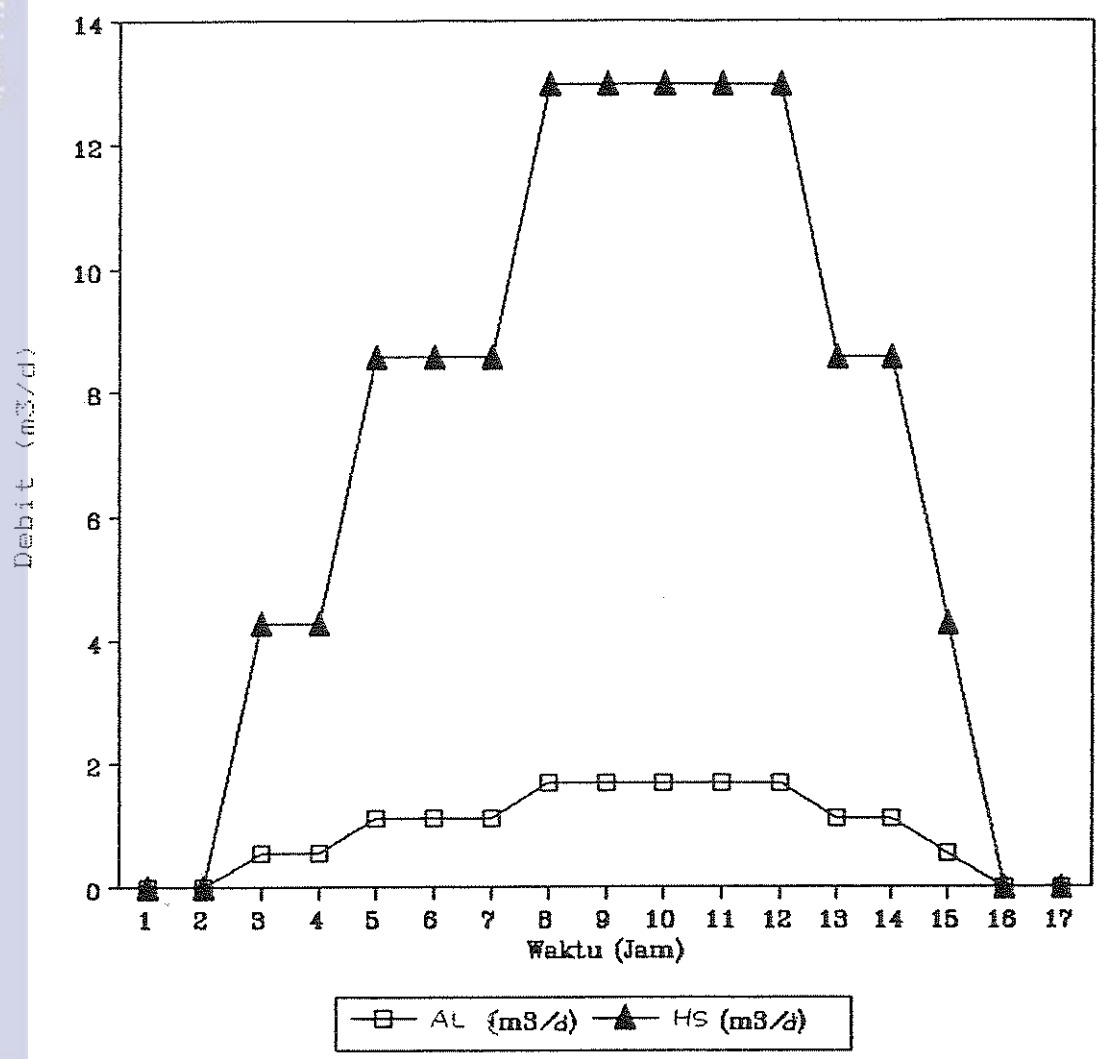
Total aliran langsung : $15.662 \times 60 \times 60 = 56383.2 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.130 mm

Total hujan : $1.2 \times 436.7 \times 1000 = 524040 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : 0.108 = 10.8 %

Lampiran 26b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 25 April 1983



Lampiran 27a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung
hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal
26 April 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
2	15.454	15.454	0.000	0.000
3	15.454	15.454	0.000	0.000
4	15.992	15.454	0.538	2.989
5	16.539	15.454	1.085	6.028
6	16.539	15.454	1.085	6.028
7	17.093	15.454	1.639	9.106
8	17.093	15.454	1.639	9.106
9	17.093	15.454	1.639	9.106
10	17.093	15.454	1.639	9.106
11	17.654	15.454	2.200	12.222
12	18.224	15.454	2.770	15.389
13	17.654	15.454	2.200	12.222
14	17.093	15.454	1.639	9.106
15	17.093	15.454	1.639	9.106
16	17.093	15.454	1.639	9.106
17	15.992	15.454	0.538	2.989
18	15.454	15.454	0.000	0.000
Jumlah :			21.889	

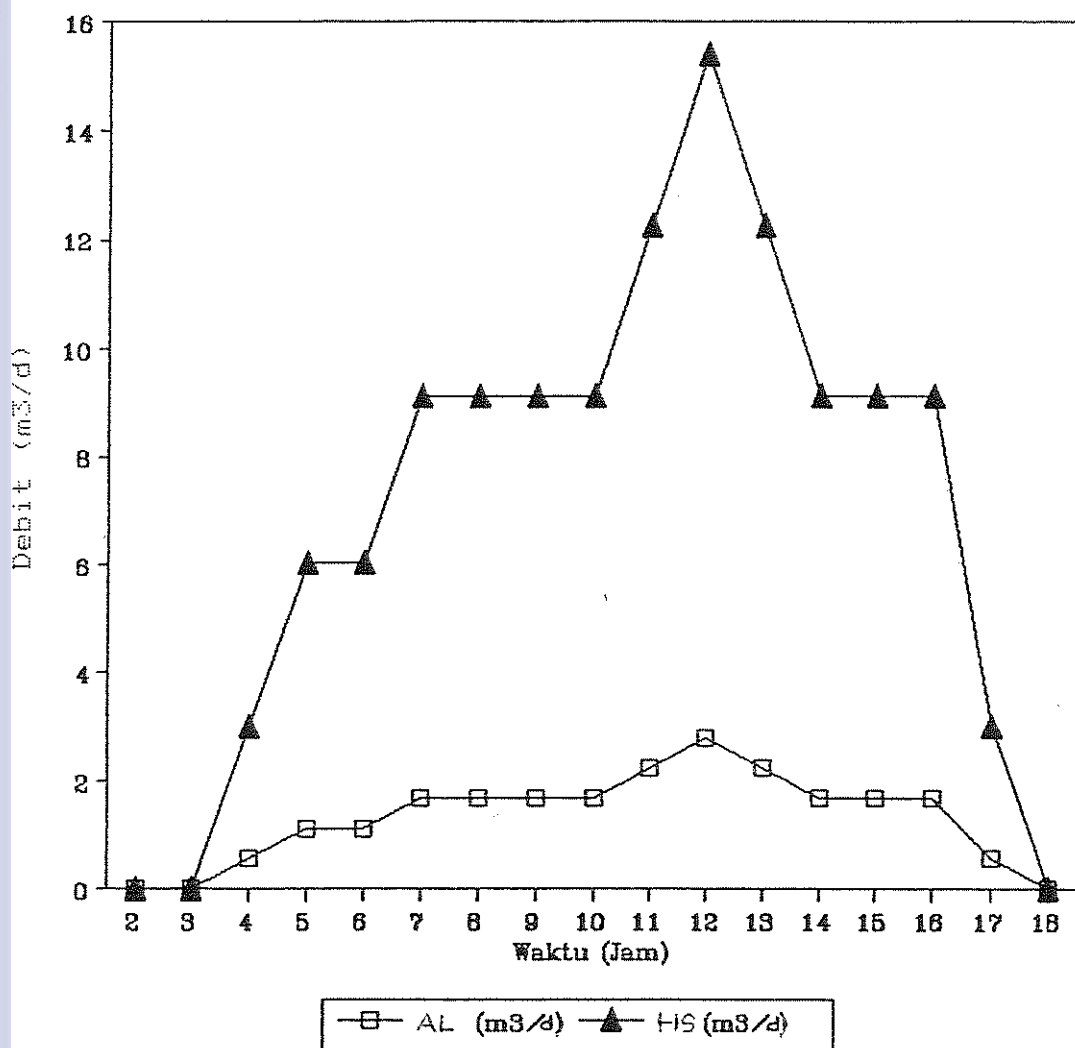
Total aliran langsung : $21.889 \times 60 \times 60 = 78800.4 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.180 mm

Total hujan : $2.4 \times 436.7 \times 1000 = 1048080 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.075 = 7.5 \%$

Lampiran 27b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 26 April 1983



Lampiran 28a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 11 Mei 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
1	23.050	23.050	0.000	0.000
2	23.687	23.050	0.637	5.791
3	23.687	23.050	0.637	5.791
4	23.687	23.050	0.637	5.791
5	24.331	23.050	1.281	11.645
6	24.331	23.050	1.281	11.645
7	24.331	23.050	1.281	11.645
8	24.331	23.050	1.281	11.645
9	24.331	23.050	1.281	11.645
10	24.331	23.050	1.281	11.645
11	24.331	23.050	1.281	11.645
12	24.331	23.050	1.281	11.645
13	23.687	23.050	0.637	5.791
14	23.687	23.050	0.637	5.791
15	23.050	23.050	0.000	0.000
Jumlah :			13.433	

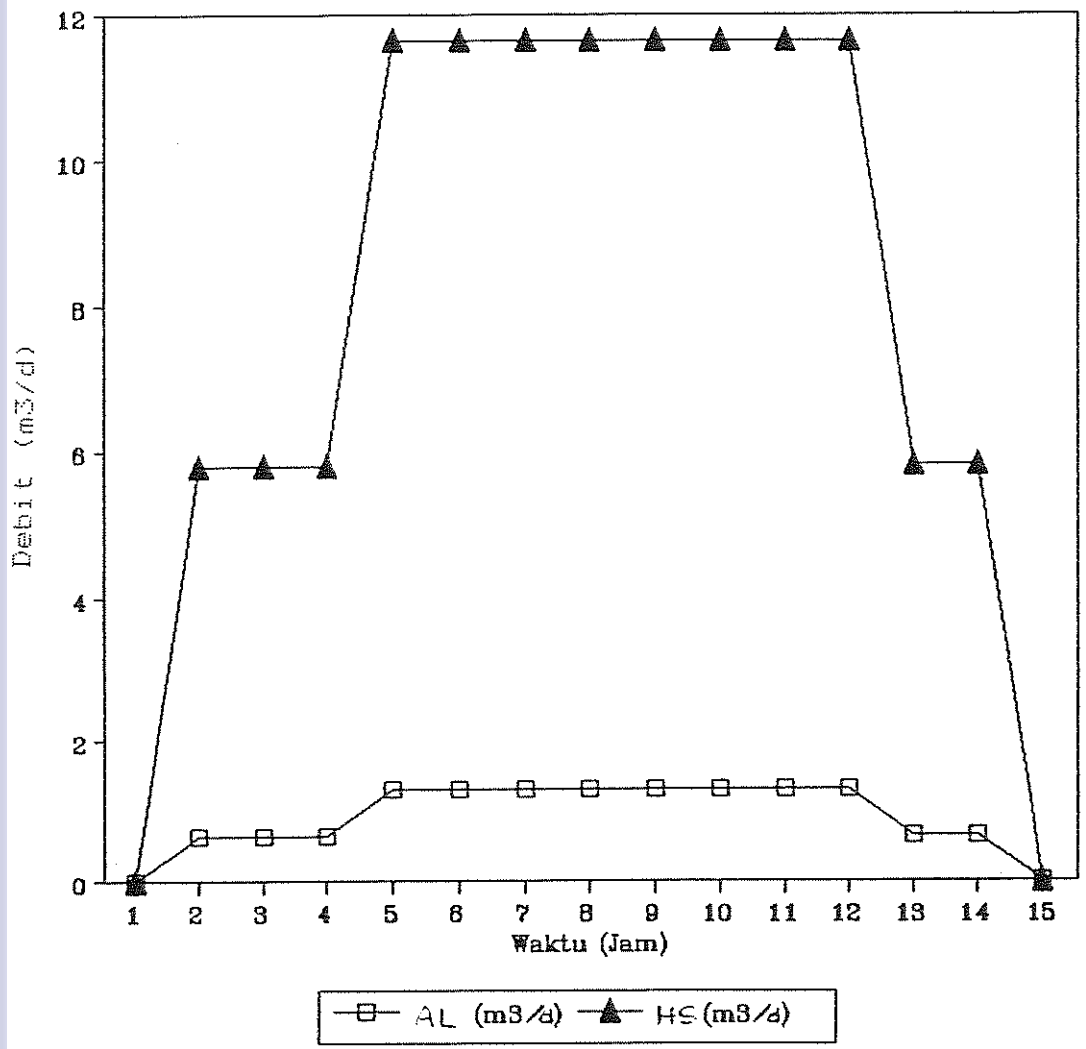
Total aliran langsung : $13.433 \times 60 \times 60 = 48358.8 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.110 mm

Total hujan : $6.7 \times 436.7 \times 1000 = 2925890 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.017 = 1.7 \%$

Lampiran 20b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 11 Mei 1983



Lampiran 29a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung
hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal
24 - 25 Mei 1983

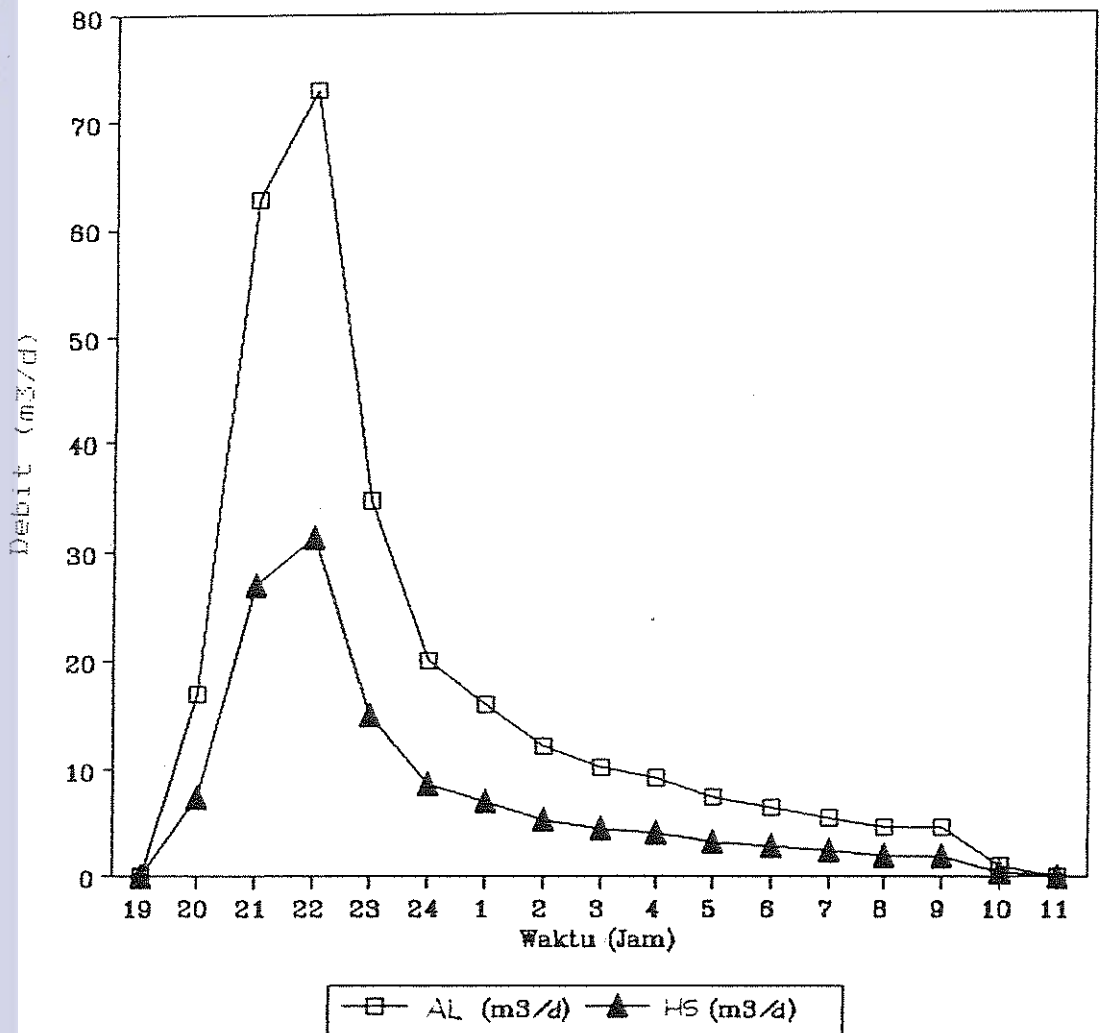
Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
19	50.380	50.380	0.000	0.000
20	67.263	50.380	16.883	7.246
21	113.107	50.380	62.727	26.921
22	123.197	50.380	72.817	31.252
23	85.056	50.380	34.676	14.882
24	70.274	50.380	19.894	8.538
1	66.271	50.380	15.891	6.820
2	62.368	50.380	11.988	5.145
3	60.454	50.380	10.074	4.324
4	59.506	50.380	9.126	3.917
5	57.630	50.380	7.250	3.112
6	56.701	50.380	6.321	2.713
7	55.779	50.380	5.399	2.317
8	54.863	50.380	4.483	1.924
9	54.863	50.380	4.483	1.924
10	51.264	50.380	0.884	0.379
11	50.380	50.380	0.000	0.000
Jumlah :			282.896	

Total aliran langsung : $282.896 \times 60 \times 60 = 1018425.6 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 2.330 mm

Total hujan : $13.8 \times 436.7 \times 1000 = 6026460 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.169 = 16.9 \%$



Lampiran 30a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 9 Juni 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
3	12.388	12.388	0.000	0.000
4	12.879	12.388	0.491	3.507
5	12.879	12.388	0.491	3.507
6	12.879	12.388	0.491	3.507
7	12.879	12.388	0.491	3.507
8	13.378	12.388	0.990	7.071
9	13.378	12.388	0.990	7.071
10	13.378	12.388	0.990	7.071
11	13.378	12.388	0.990	7.071
12	13.885	12.388	1.497	10.693
13	13.885	12.388	1.497	10.693
14	14.400	12.388	2.012	14.371
15	13.885	12.388	1.497	10.693
16	13.885	12.388	1.497	10.693
17	13.378	12.388	0.990	7.071
18	13.378	12.388	0.990	7.071
19	12.879	12.388	0.491	3.507
20	12.879	12.388	0.491	3.507
21	12.879	12.388	0.491	3.507
22	12.388	12.388	0.000	0.000
Jumlah :			16.837	

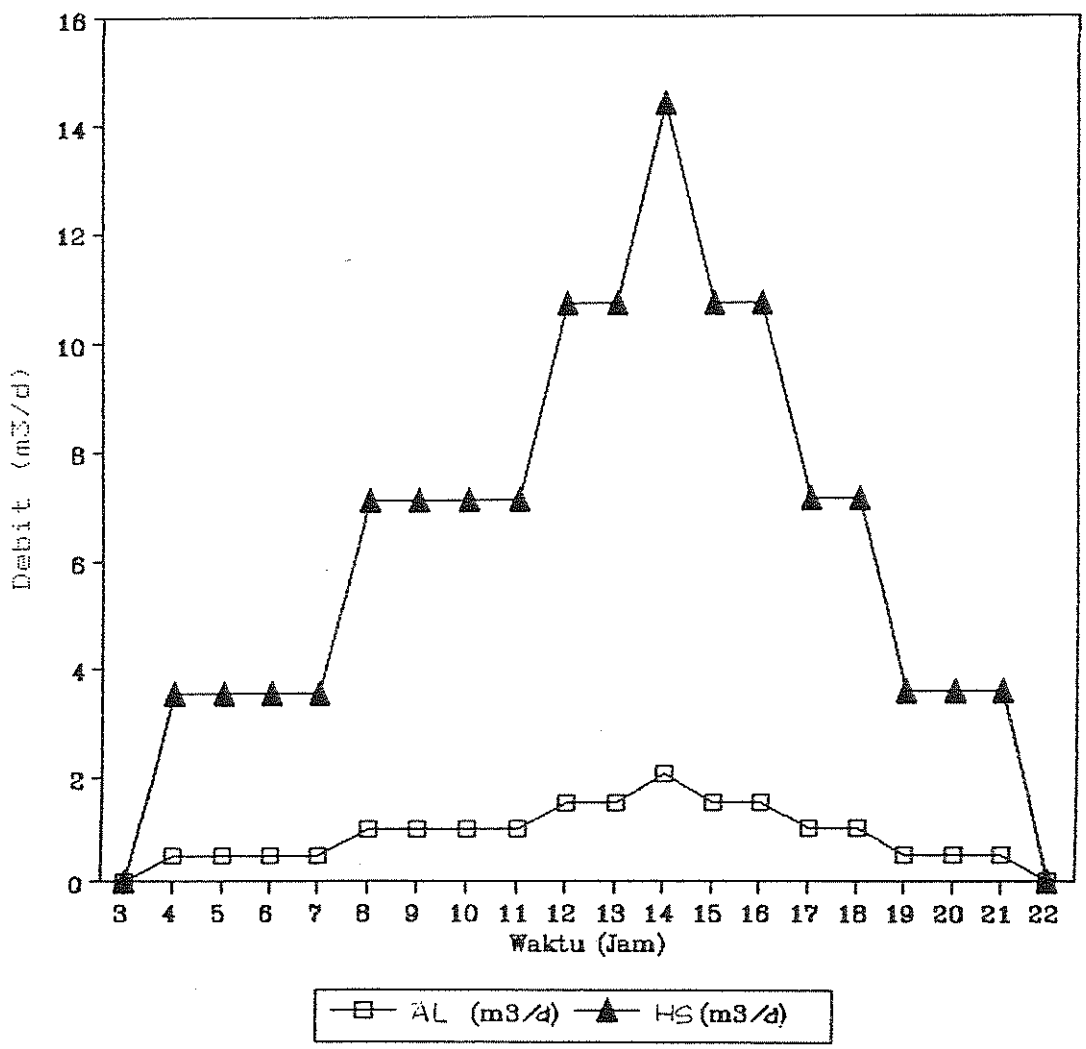
Total aliran langsung : $16.837 \times 60 \times 60 = 60613.2 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.140 mm

Total hujan : $7.0 \times 436.7 \times 1000 = 3056900 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.020 = 2.0 \%$

Lampiran 30b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 9 Juni 1983



Lampiran 31a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 9 - 10 Oktober 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
18	0.955	0.955	0.000	0.000
19	1.123	0.955	0.168	1.680
20	1.309	0.955	0.354	3.540
21	1.309	0.955	0.354	3.540
22	1.503	0.955	0.548	5.480
23	1.708	0.955	0.753	7.530
24	1.708	0.955	0.753	7.530
1	1.708	0.955	0.753	7.530
2	1.708	0.955	0.753	7.530
3	1.708	0.955	0.753	7.530
4	1.708	0.955	0.753	7.530
5	1.708	0.955	0.753	7.530
6	1.708	0.955	0.753	7.530
7	1.708	0.955	0.753	7.530
8	1.708	0.955	0.753	7.530
9	1.708	0.955	0.753	7.530
10	1.708	0.955	0.753	7.530
11	1.708	0.955	0.753	7.530
12	1.309	0.955	0.354	3.540
13	1.123	0.955	0.168	1.680
14	1.123	0.955	0.168	1.680
15	0.955	0.955	0.000	0.000
Jumlah :			11.903	

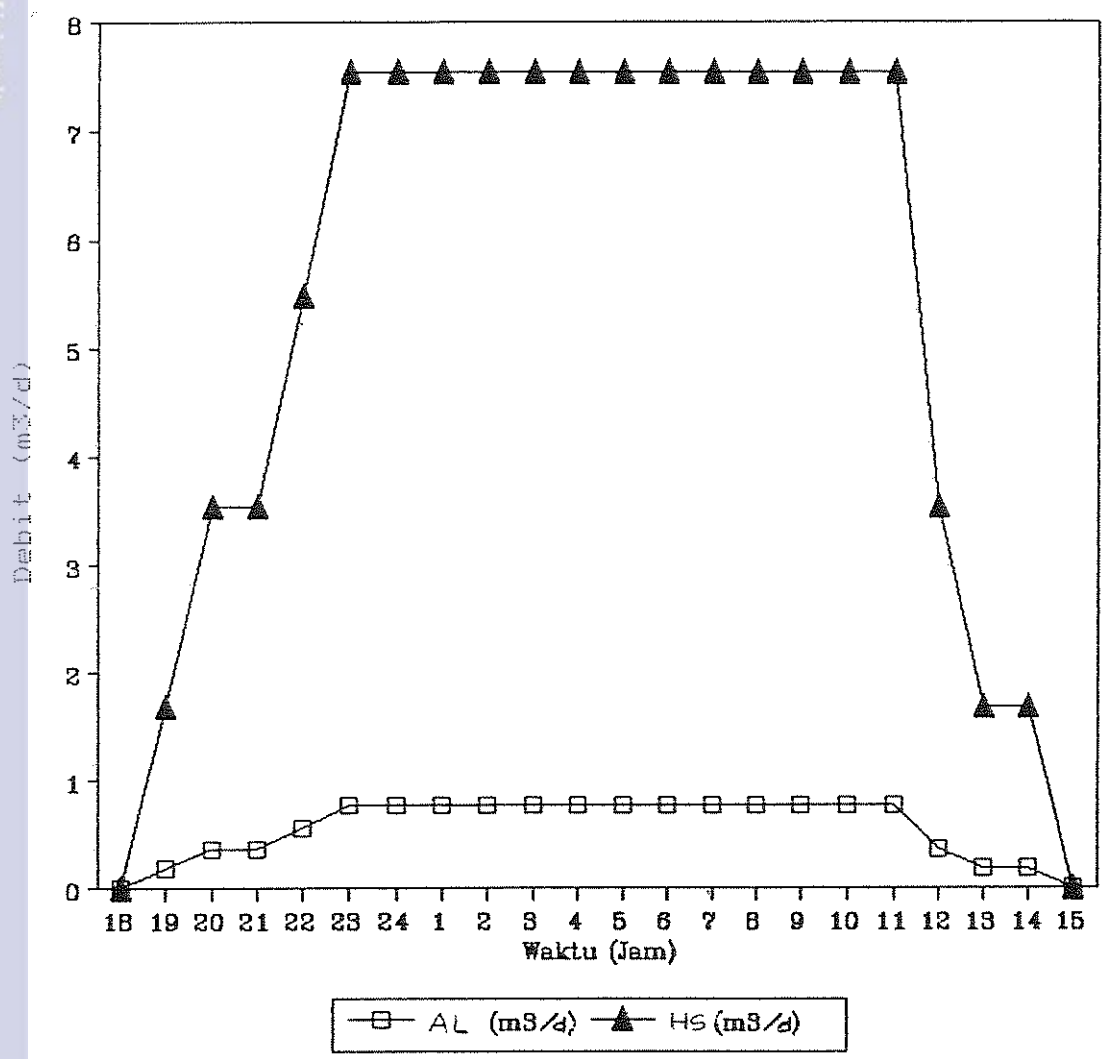
Total aliran langsung : $11.903 \times 60 \times 60 = 42850.8 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.100 mm

Total hujan : $1.9 \times 436.7 \times 1000 = 829730 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.052 = 5.2 \%$

Lampiran 31b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 7 - 10 Oktober 1983



Lampiran 32a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 11 November 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
1	9.179	9.179	0.000	0.000
2	9.613	9.179	0.434	6.200
3	10.054	9.179	0.875	12.500
4	10.054	9.179	0.875	12.500
5	10.054	9.179	0.875	12.500
6	10.054	9.179	0.875	12.500
7	10.054	9.179	0.875	12.500
8	10.054	9.179	0.875	12.500
9	10.054	9.179	0.875	12.500
10	10.054	9.179	0.875	12.500
11	9.613	9.179	0.434	6.200
12	9.613	9.179	0.434	6.200
13	9.179	9.179	0.000	0.000
14	9.179	9.179	0.000	0.000
Jumlah :			8.302	

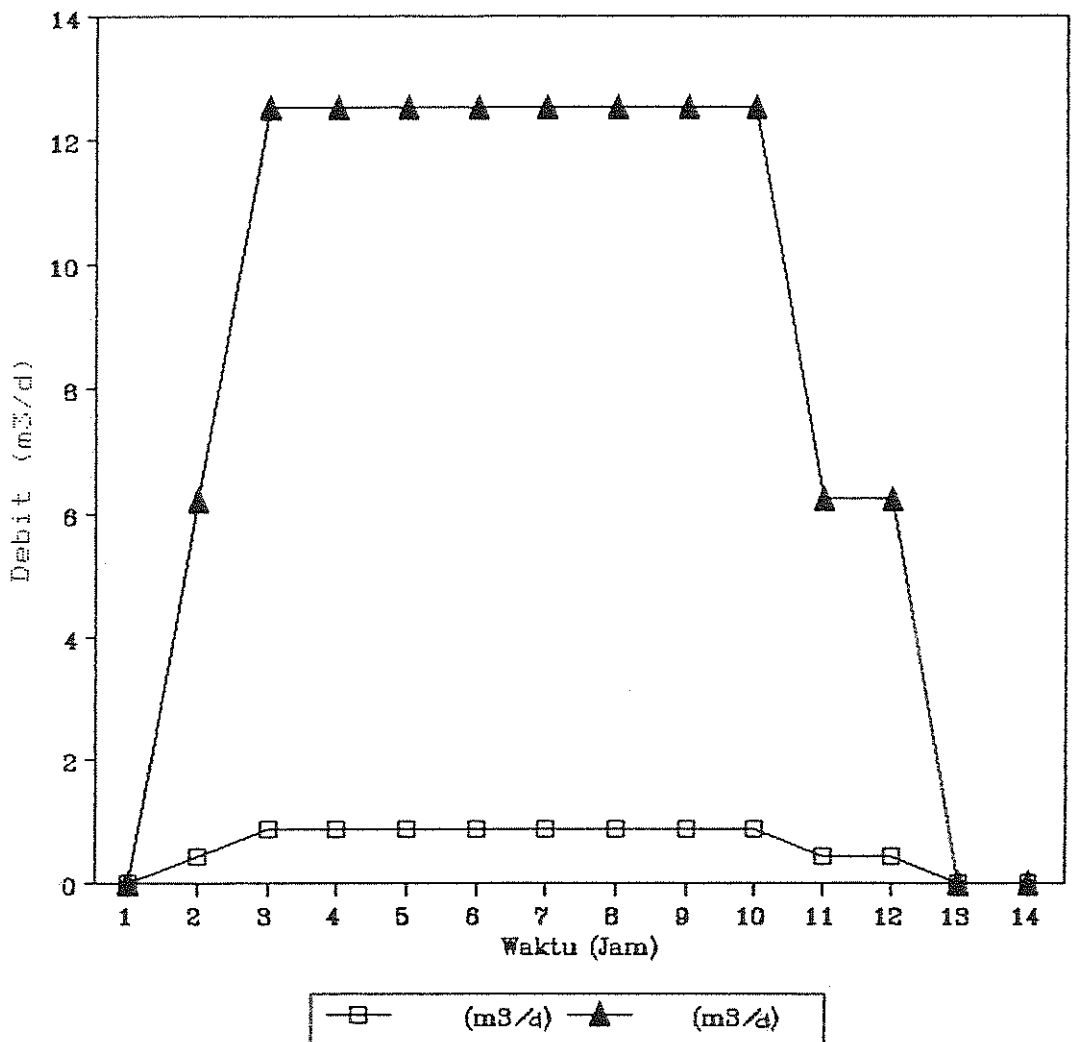
Total aliran langsung : $8.302 \times 60 \times 60 = 29887.2 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.070 mm

Total hujan : $9.6 \times 436.7 \times 1000 = 4192320 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.007 = 0.7 \%$

Lampiran 32b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 11 Nofember 1983



Lampiran 33a. Pemisahan aliran dasar dan aliran langsung - hidrograf aliran serta hidrograf satuan tanggal 2 Desember 1983

Jam	Debit (m ³ /d)	Aliran Dasar (m ³ /d)	Aliran Langsung (m ³ /d)	Hidrograf Satuan (m ³ /d)
8	11.905	11.905	0.000	0.000
9	11.905	11.905	0.000	0.000
10	29.040	11.905	17.135	47.597
11	19.978	11.905	8.073	22.425
12	17.654	11.905	5.749	15.969
13	16.539	11.905	4.634	12.872
14	15.454	11.905	3.549	9.858
15	14.400	11.905	2.495	6.931
16	13.378	11.905	1.473	4.092
17	11.905	11.905	0.000	0.000
18	11.905	11.905	0.000	0.000
Jumlah :			43.108	

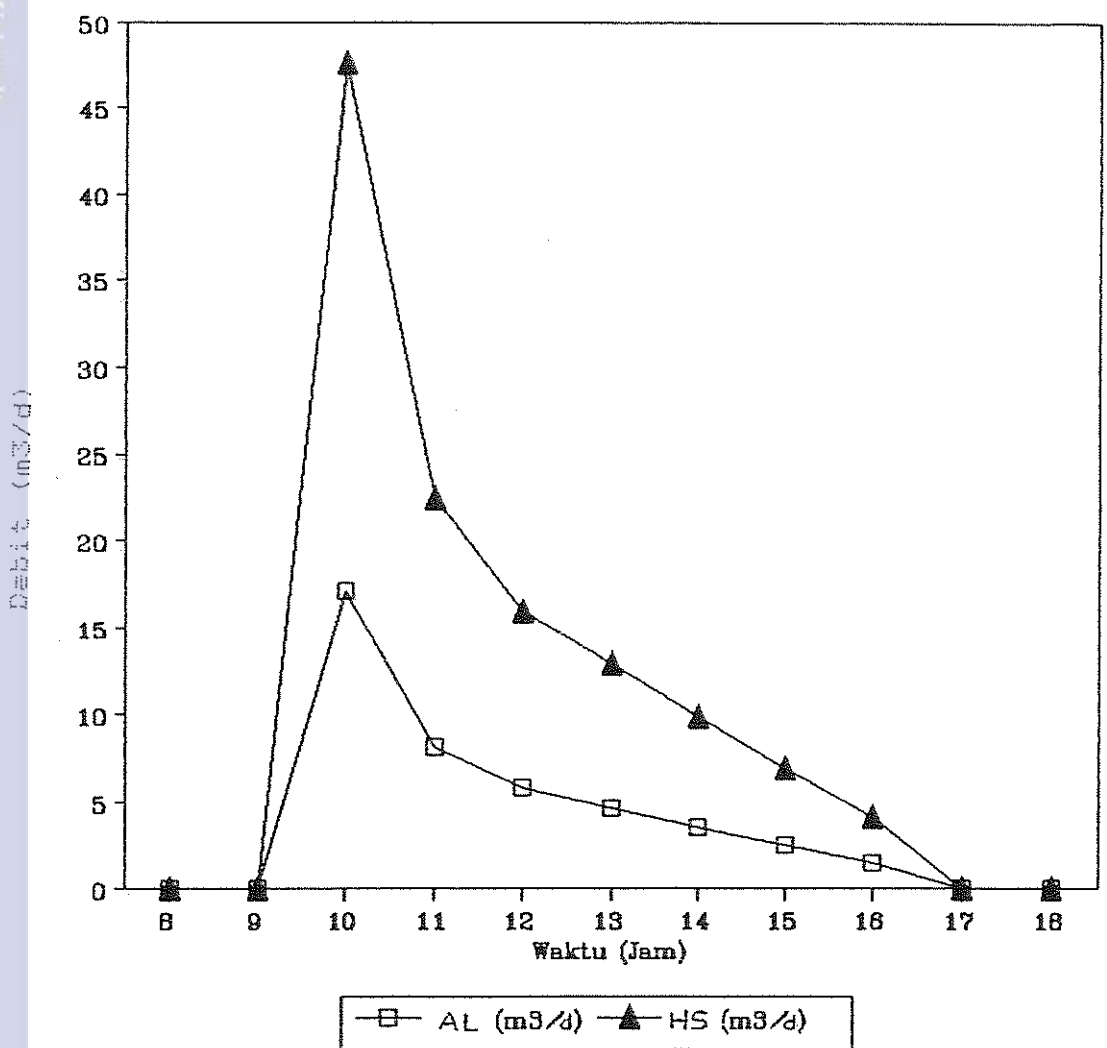
Total aliran langsung : $43.108 \times 60 \times 60 = 155188.8 \text{ m}^3$

Tebal aliran langsung : 0.360 mm

Total hujan : $15.9 \times 436.7 \times 1000 = 6943530 \text{ m}^3$

Total aliran langsung per total hujan : $0.017 = 1.7 \%$

Lampiran 33b. Gambar aliran langsung (AL) dan hidrograf satuan (HS) tanggal 2 Desember 1983

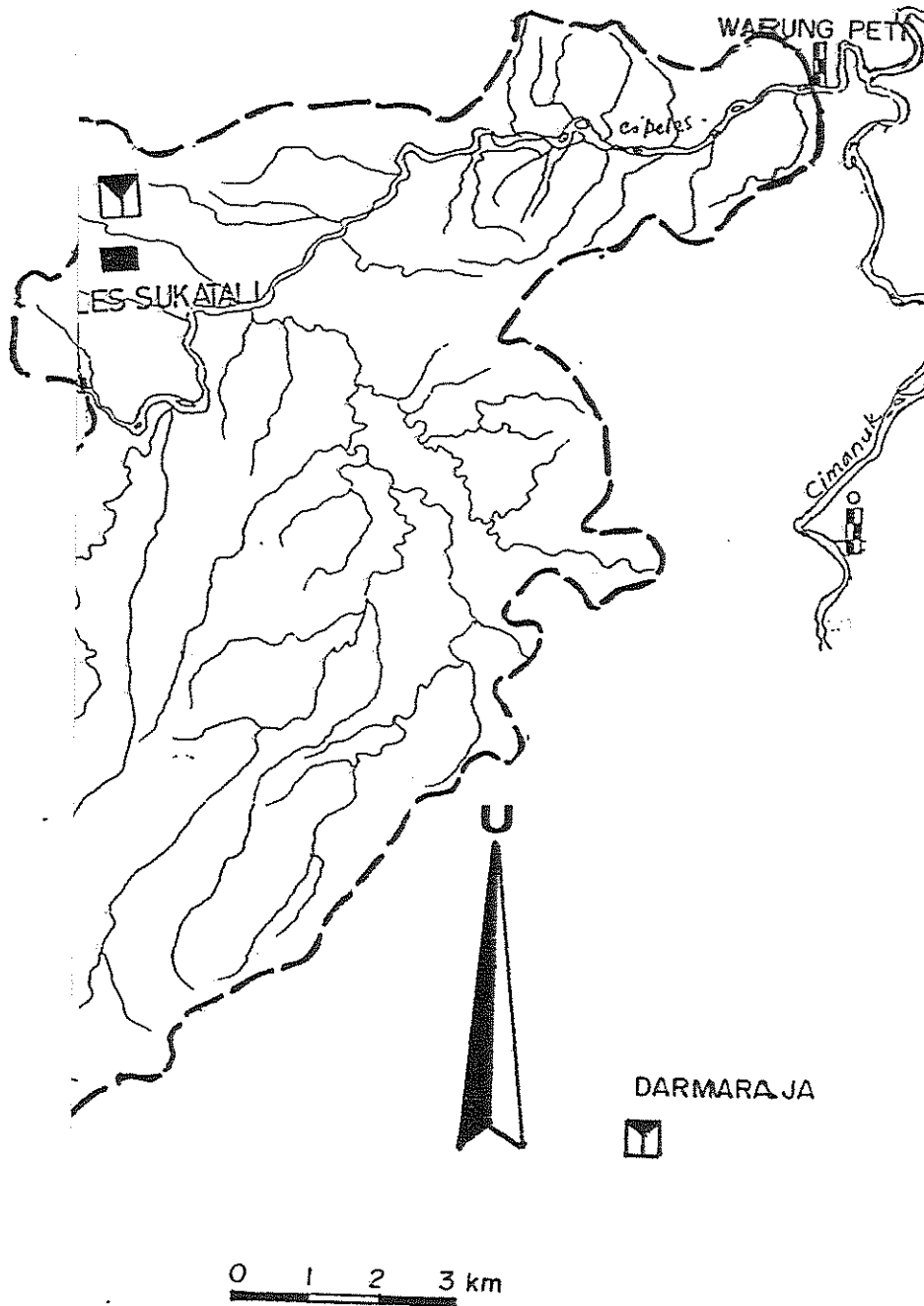




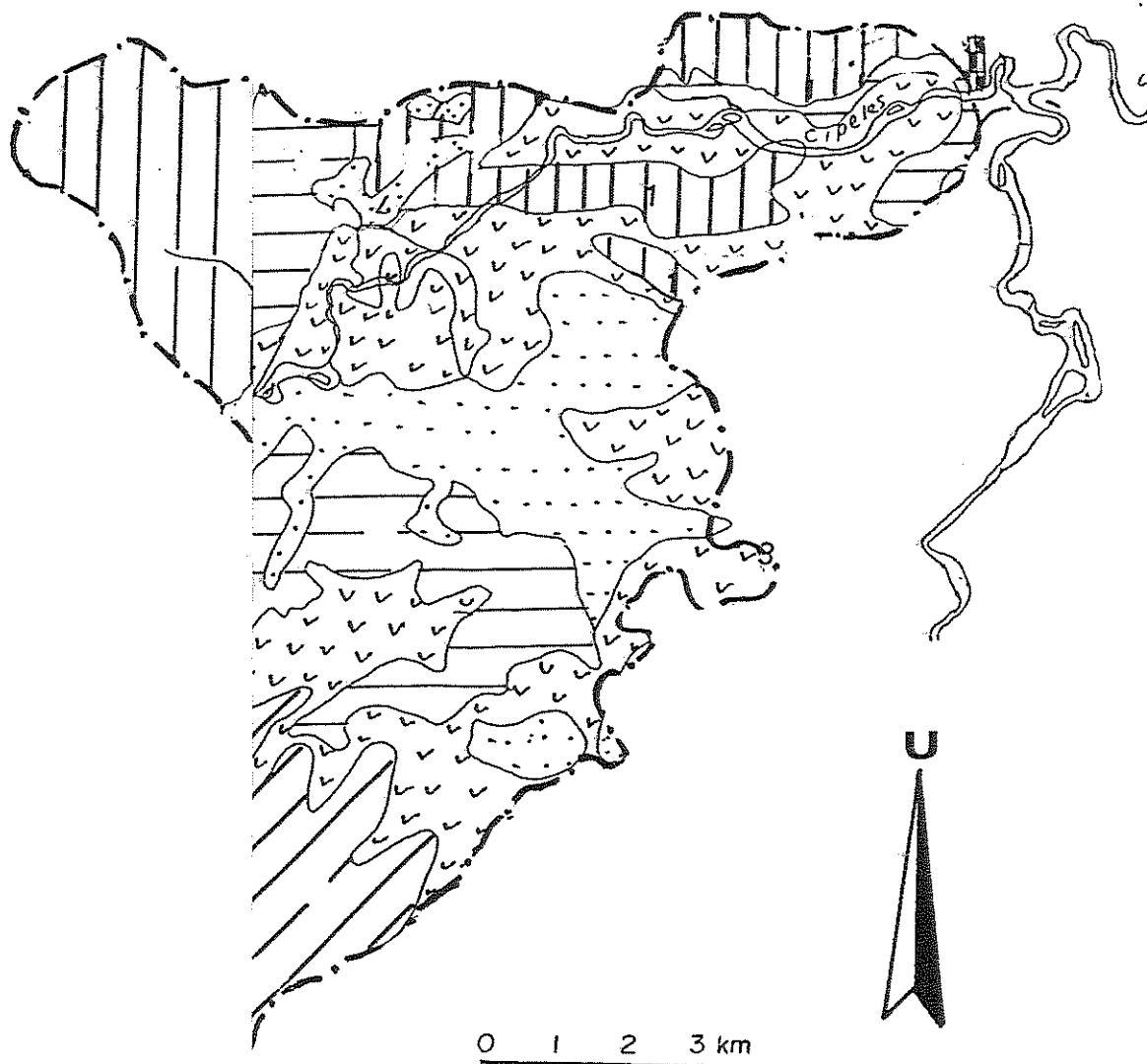
LEGEND :

- | |
|------------------|
| RAINFALL STATION |
| WATER LEVEL |
| CLIMATE STATION |

HYDROLOGICAL MAP

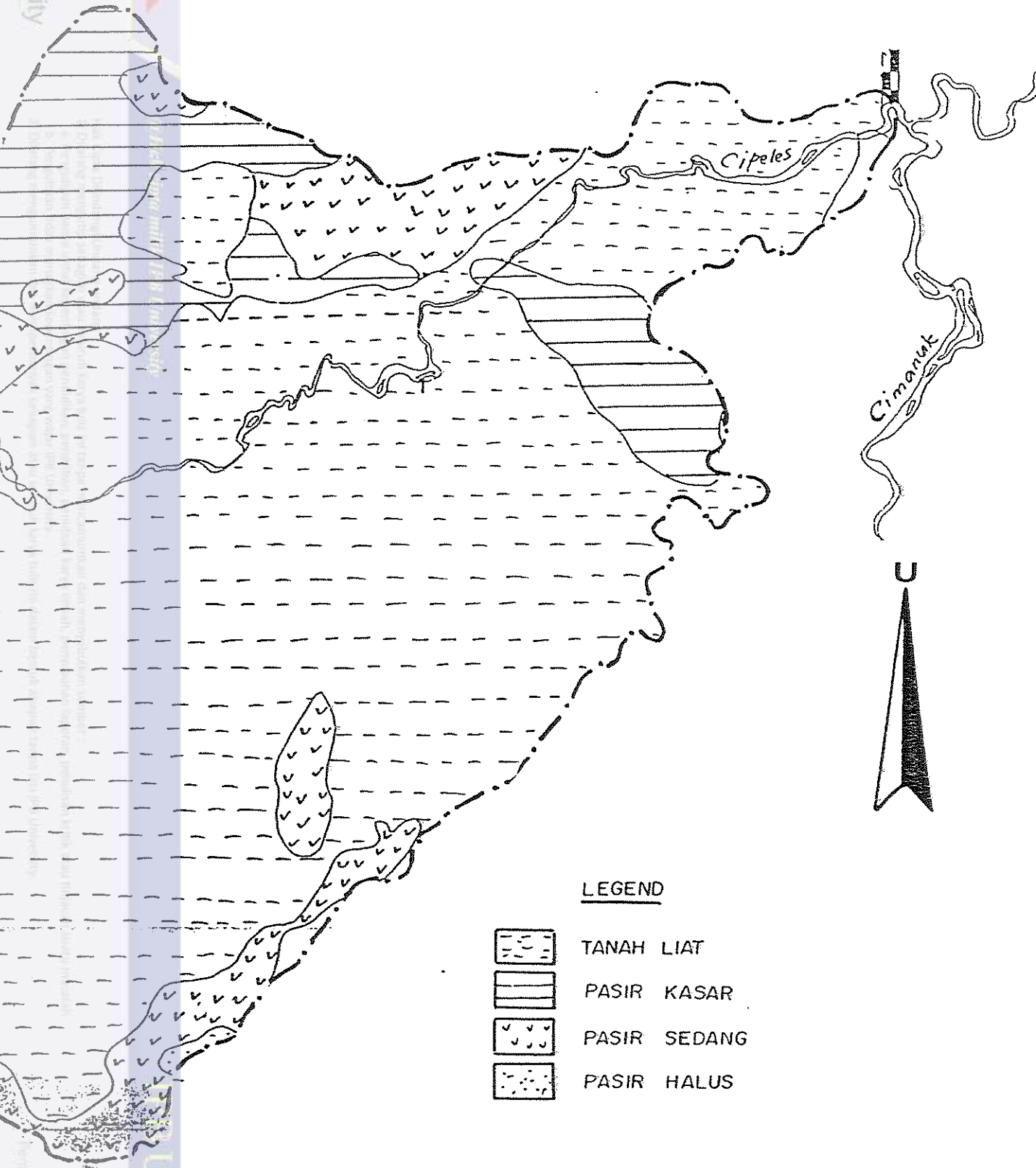


ETA DAS CIPELES WR. PETI

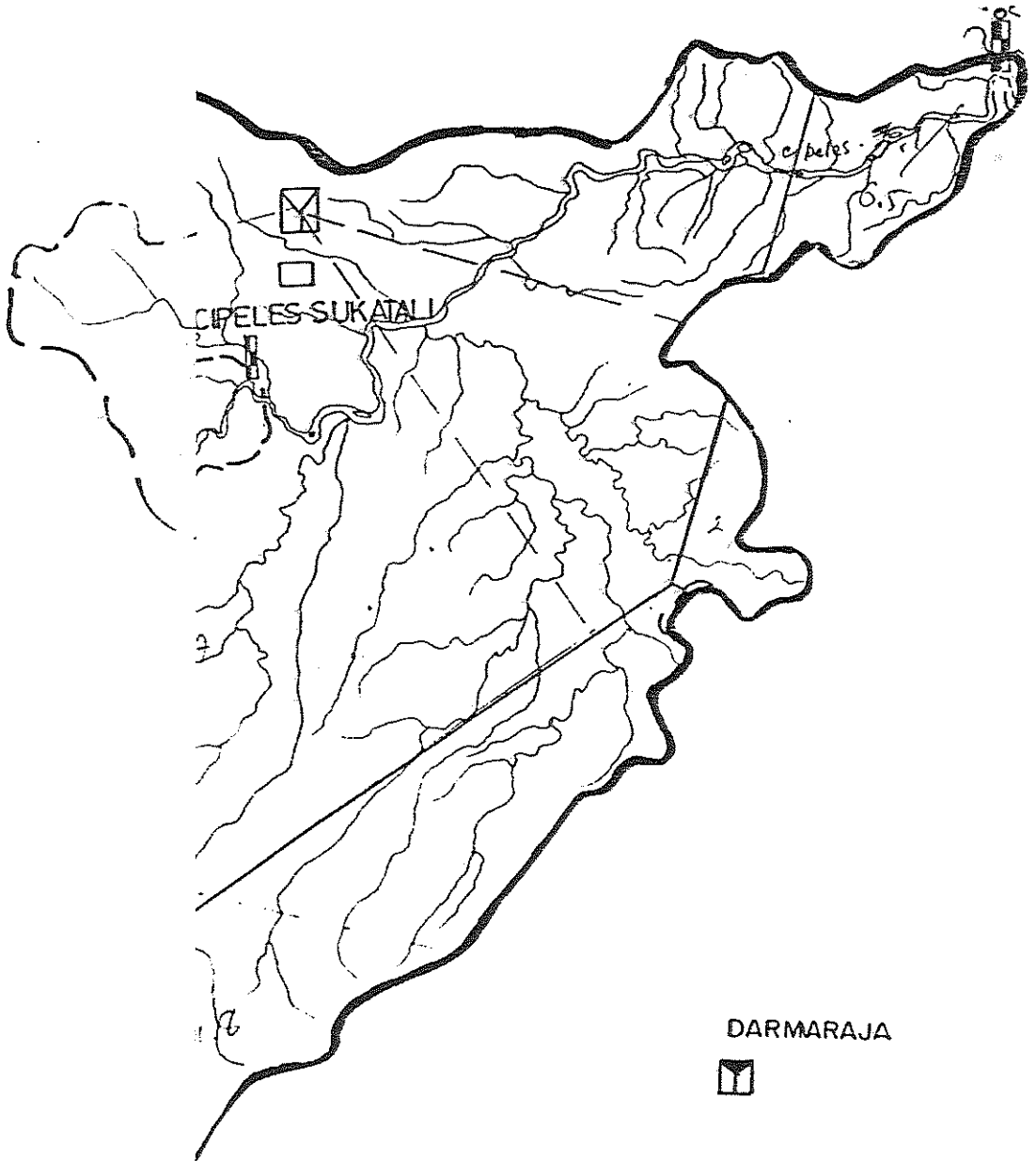


LEGEND

- | | |
|---|---------------|
|  | HUTAN ASLI |
|  | HUTAN JATI |
|  | TANAH GEMBALA |
|  | PERTANIAN |
|  | TANAH TERBUKA |

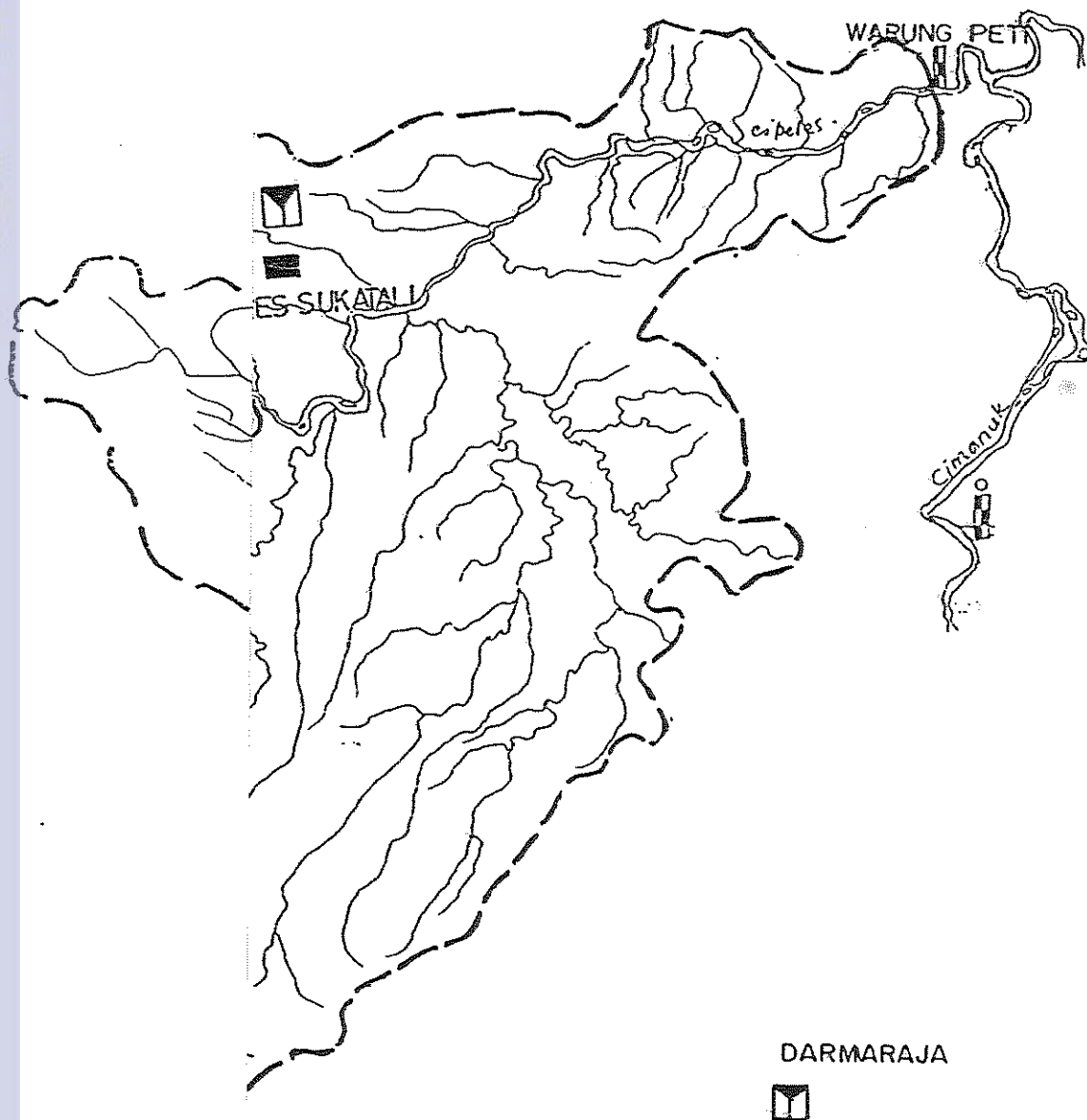


PETA JENIS TANAH





© Hak cipta milik IPB University



Lampiran 40. Tabel untuk menentukan nilai K dengan distribusi Log Pearson tipe III

Coefficient of Skew (g)	Recurrence Interval in Years							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Percent Chance of Occurrence							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-.1	0.017	0.836	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	.910
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	.802
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	.668

Lampiran 41. Tabel untuk perhitungan curah hujan maksimum menurut metoda Log Pearson Tipe III

X	LogX1	LogX - LogX1	$(\text{LogX1} - \text{LogX})^2$	$(\text{LogX1} - \text{LogX})^3$
124.9	2.09656	0.31112	0.09680	0.03014
39.5	1.59660	-0.18884	0.03566	-0.00678
51.5	1.71181	-0.07363	0.00542	-0.00040
80.6	1.90634	0.12090	0.01462	0.00177
67.7	1.83059	0.04515	0.00204	0.00009
50.0	1.69897	-0.08647	0.00748	-0.00065
81.1	1.90902	0.12358	0.01527	0.00189
54.2	1.73400	-0.05144	0.00265	-0.00014
50.8	1.70586	-0.07958	0.00633	-0.00050
46.2	1.66464	-0.12080	0.01459	-0.00176

Lampiran 42. Tabel untuk perhitungan curah hujan maksimum menurut metoda Nilai Ekstrim Gumbel

X	X1	m	$Tr = (N+1)/m$
124.9	124.9	1	11.00
39.5	81.1	2	5.50
51.5	80.6	3	3.67
80.6	67.7	4	2.75
67.7	54.2	5	2.20
50.0	51.5	6	1.83
81.1	50.8	7	1.57
54.2	50.0	8	1.38
50.8	46.2	9	1.22
46.2	39.5	10	1.10

Lampiran 43. Perhitungan intensitas curah hujan dan debit puncak limpasan DAS Cipeles

Dari tabel 5 diperoleh besarnya curah hujan maksimum dalam 24 jam (R_{24}) untuk periode tahun berulang tertentu.

$$T_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385} = 234.9 \text{ menit atau } 3,9 \text{ jam}$$

dimana L = jarak terpanjang aliran permukaan = 35300 m
 S = beda elevasi dari tempat terjauh sampai outlet dibagi $L = (1105/35300)m$

Besar intensitas curah hujan untuk periode ulang 2 tahunan :

$$\begin{aligned} I &= \left[\frac{R_{24}}{24} \frac{24}{T_c} \right]^{2/3} \\ &= \left[\frac{57.7}{24} \frac{24}{3.9} \right]^{2/3} \\ &= 8.1 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 0.28 C I A \\ &= (0.28 \times 0.36 \times 8.1 \times 1000 \times 436.7) / 3600 \\ &= 99.0 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk periode ulang 5, 10 dan 25 tahunan intensitas curah hujan dan debit puncak limpasan juga dapat ditentukan, hasilnya disajikan pada tabel 13

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Halim. 1989. Pengaruh Karakteristik Hidrologi Terhadap Limpasan Permukaan DAS Ciliwung Hulu. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Budhiyono, B. E. dan Mudiyarso. 1980. Pendekatan kuantitatif dalam pengelolaan daerah pengaliran waduk. Makalah pada Lokakarya Pengembangan dan Pelestarian Wilayah Waduk Wonogiri, 16-19 Juni 1980, Surakarta.
- Chorley, R. J. 1969. Introduction to Physical Hydrology First Published. Methuen and Co. Ltd., London.
- Chow, Ven-Te. 1964. Geology Di dalam Handbook of Applied Hidrology. Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Cordery, I. 1968. Synthetic unitgraphs for small catchments in Eastern New South Wales. in Civil Engineering Transaction. Vol. CR. 10 No. 1. The Institution of Engineering, Australia.
- Darmadi. 1990. Analisa Hidrograf Berdasarkan Sifat Fisik DAS. Disertasi. Fakultas Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- DPMA. 1983. Analisa Hidrograf. Direktorat Penyelidikan Masalah Air. Direktorat jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum.
- Lapedes, D.N. (Ed). 1974. Dictionary of Scientific and Technical Term. Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Loebis, Joesron. 1987. Banjir Rencana Untuk Bangunan air. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Ogrosky. H. O. 1964. Hidrology of Agricultural Lands didalam Handbook of Applied Hidrology. Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Schulz, E. F. 1976. Problems In Applied Hydrology Water Resources Publications. Fort Collins Colorado USA.
- Schwab, G.D., R.K. Frevert, T.W. Edminster and K.K. Bernes. 1981. Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Seyhan. 1977. Fundamentals of Hidrology Geografisch Institut der Rijksuniversiteit Utrecht Universiteit Centeren. De Uithof Nederland.

Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1978. Hidrologi Untuk Pengairan. Pustaka Paramita, Jakarta.

Strahler, A.N. 1964. Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Cannels Networks. Di dalam Hand Book of Applied Hidrology. Mc Graw Hill Book. New York.

Subarkah, Imam. 1980. Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan air. Penerbit Idea Dharma, Bandung.

Suyono. 1986. Analisa Hidrograf Aliran Sungai Cimanuk di atas Lauwigoong Kabupaten Garut, Jawa Barat. Thesis. Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Viessman, W., J.W. Knapp, G.L. Lewis and T.E. Harbaugh. 1972. Introduction to Hydrology. Harper and Row Publishers, New York.

Zen, M.T. 1980. Menuju Kelestarian Lingkungan Hidup. PT Gramedia, Jakarta.