

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA DEBIT DOMINAN DAERAH**  
**ALIRAN SUNGAI BENGAWAN SOLO HULU**



جامعة الإسلام  
الاندونيسية

Disusun oleh :

**AGUS SUMARWAN**

No. Mhs. : 87310151/SIPIL HIDRO

NIRM : 8750143300137

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**YOGYAKARTA**

**1994**

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISA DEBIT DOMINAN DAERAH**  
**ALIRAN SUNGAI BENGAWAN SOLO HULU**

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka**  
**Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Universitas Islam Indonesia**  
**Yogyakarta**



**Disusun oleh :**

**AGUS SUMARWAN**

**No. Mhs. : 87310151/SIPIL HIDRO**

**NIRM : 8750143300137**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**YOGYAKARTA**

**1994**

## PERSEMBAHAN



Dipersembahkan kepada :

Ayah, Ibu, Adik tercinta yang telah

setia dalam biaya dan do'a

Almamaterku tercinta

.....

## MOTTO



"Allah meninggikan derajat seseorang yang beriman dan orang-orang yang berilmu pengetahuan, sebetulnya orang-orang yang berilmu itu tinggi benar derajatnya, bukan saja di kampung akhirat melainkan juga di atas Dunia".

(Qur'an Surat 58 ayat : 11)

## ANALISA DEBIT DOMINAN DAERAH ALIRAN SU BENGAWAN SOLO HULU

---

### ABSTRAKSI

Secara alami sungai merupakan sarana transportasi aliran air dan transportasi sedimen. Debit air dan sedimen tersebut selalu bervariasi, sehingga akan mempengaruhi bentuk morfologi sungainya. Suatu debit yang dapat mewakili debit-debit yang ada, dinamakan debit dominan. Moch. Memed tahun (1969) memberikan rumusan untuk mendapatkan debit dominan pada suatu aliran sungai.

Dalam studi ini dianalisa debit dominan Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu di stasiun pengamatan Pidekso. Data yang dipergunakan adalah data hujan dan data sedimen dari laboratorium Hidrologi Proyek Bengawan Solo Hulu. Untuk dapat mengetahui kala ulang yang terjadi pada debit dominan, data hujan dianalisa dengan metode analisa frekuensi, sedang analisa banjir rencana dengan metode hidrograf satuan.

Dari hasil studi ini ternyata debit dominan Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu menyamai banjir 2 tahun.

## KATA PENGANTAR

Adalah suatu karunia Tuhan Yang Maha Esa, bahwa penyusun telah selesai melaksanakan Tugas Akhir tanpa halangan atau hambatan yang berarti, maka dengan kerendahan hati penyusun panjatkan puji syukur kehadirat-Nya karena berkat rahmatNyalah laporan Tugas Akhir ini dapat tersusun.

Penyusunan laporan ini berdasarkan data-data yang telah dianalisa dari debit dominan Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu di stasiun pengamatan Pidekso. Data yang dipergunakan adalah data hujan dan data sedimen dari laboratorium Hidrologi Proyek Bengawan Solo Hulu.

Suatu hal yang tak dapat diingkari, bahwa manusia dalam cara berfikirnya ada kekurangan dan kekeliruannya, maka tentulah laporan ini kurang dari sempurna. Untuk itu kritik serta saran penyusun terima demi perbaikan pada saat yang akan datang.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Susastrawan MSc, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil serta selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Faisol AM.MS, selaku Ketua Urusan Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
4. Bapak Ir. Aryo Nugroho, SU, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas ini.

Akhirnya kami berharap semoga dapat bermanfaat bagi pembaca terutama teknisi seprofesi serta mahasiswa yang menekuni dibidang hidro ini.

Yogyakarta, Juli 1994  
Penyusun

Agus Sumarwan



## DAFTAR ISI

|                                 | HALAMAN |
|---------------------------------|---------|
| HALAMAN JUDUL.....              | i       |
| HALAMAN PENGESAHAN.....         | ii      |
| PERSEMBAHAN.....                | iii     |
| MOTTO.....                      | iv      |
| ABSTRAKSI.....                  | v       |
| KATA PENGANTAR.....             | vi      |
| DAFTAR ISI.....                 | viii    |
| DAFTAR TABEL.....               | x       |
| DAFTAR GAMBAR.....              | xi      |
| DAFTAR LAMPIRAN.....            | xii     |
| NOTASI.....                     | xiii    |
| BAB 1 PENDAHULUAN               |         |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1       |
| 1.2 Batasan Masalah.....        | 2       |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat.....     | 3       |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA          |         |
| 2.1 Infiltrasi.....             | 4       |
| 2.2 Analisa Frekuensi.....      | 4       |
| 2.3 Hidrograf Satuan.....       | 5       |
| 2.4 Debit Dominan.....          | 9       |
| BAB 3 DASAR TEORI               |         |
| 3.1 Infiltrasi.....             | 11      |
| 3.2 Analisa Frekuensi.....      | 12      |
| 3.3 Hidrograf Satuan.....       | 15      |
| 3.4 Discharge Rating Curve..... | 20      |
| 3.5 Sediment Rating Curve.....  | 23      |

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 3.6 Persamaan Meyer Peter dan Muller.....   | 24 |
| 3.7 Debit Dominan.....                      | 26 |
| 3.8 Metodologi.....                         | 27 |
| BAB 4 ANALISA                               |    |
| 4.1 Karakteristik Daerah Aliran Sungai..... | 30 |
| 4.2 Hujan.....                              | 31 |
| 4.3 Debit Banjir Rencana.....               | 41 |
| 4.4 Debit Dominan.....                      | 56 |
| BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN                  |    |
| 5.1 Hasil Studi.....                        | 61 |
| 5.2 Pembahasan.....                         | 64 |
| BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN                  |    |
| 6.1 Kesimpulan.....                         | 66 |
| 6.2 Saran-saran.....                        | 66 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                         | 68 |
| LAMPIRAN.....                               | 69 |

## DAFTAR TABEL

| NO TABEL                                                                     | HALAMAN |
|------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 4.1 Perhitungan Parameter Statistik.....                                     | 32      |
| 4.2 Perhitungan Ploting Untuk Extrem Probability<br>Paper.....               | 34      |
| 4.3 Perhitungan Ploting Untuk Log Person III.....                            | 35      |
| 4.4 Pengujian Chi Kwadrat Untuk Metode Gumbel I..                            | 36      |
| 4.5 Pengujian Chi Kwadrat Untuk Metode Log Person<br>III.....                | 38      |
| 4.6 Perhitungan Design Rain Fall Metode Gumbel I.                            | 41      |
| 4.7 Perhitungan Rating Curve Metode Korelasi.....                            | 43      |
| 4.8 Pengujian Chi Kwadrat Metode Korelasi.....                               | 45      |
| 4.9 Perhitungan discharge Rating Curve Metode<br>Logaritmis.....             | 47      |
| 4.10 Pengujian Chi Kwadrat Metode Logaritmis.....                            | 49      |
| 4.11 Unit Hidrograf Tanggal 21 Februari 1980.....                            | 51      |
| 4.12 Perhitungan Infiltrasi Metode Indeks $\phi$ .....                       | 52      |
| 4.13 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman.....                             | 53      |
| 4.14 Perhitungan Hujan Efektif.....                                          | 54      |
| 4.15 Perhitungan Design Flood Metode Hidrograf<br>Satuan.....                | 55      |
| 4.16 Perhitungan Transportasi Sedimen Metode Meyer,<br>Peter dan Muller..... | 57      |
| 4.17 Perhitungan Sedimen Rating Curve.....                                   | 58      |
| 4.18 Perhitungan Hd (Ketinggian Muka Air Pada Saat<br>Debit Dominan).....    | 59      |

## DAFTAR GAMBAR

| GAMBAR                                                                                                       | HALAMAN |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 3.1 Infiltrasi Metode Indek $\phi$ .....                                                                     | 11      |
| 3.2 Hidrograf.....                                                                                           | 16      |
| 3.3 Lengkung S.....                                                                                          | 19      |
| 3.4 Debit Aliran Dasar Ditarik dari Permulaan<br>Hujan sampai Akhir titik Belok di Akhir Hidro-<br>graf..... | 20      |
| 4.1 Hubungan Antara Tinggi Muka Air dan Debit<br>Aliran.....                                                 | 50      |



## DAFTAR LAMPIRAN

| NO LAMPIRAN                                                          | HALAMAN |
|----------------------------------------------------------------------|---------|
| A-1 Data Hujan Harian ( $R_{24}$ ).....                              | 69      |
| A-2 Data Hujan Jam-jaman.....                                        | 69      |
| A-3 Data Pengukuran Debit.....                                       | 70      |
| A-4 Data Pengukuran Sedimen.....                                     | 71      |
| <br>B-1 Tabel Simpangan Baku Tereduksi, $S_n$ .....                  | <br>72  |
| B-2 Rata-rata Tereduksi, $Y_n$ .....                                 | 72      |
| B-3 Hubungan Antara Kala Ulang Dengan Faktor<br>Reduksi, $Y_t$ ..... | <br>72  |
| B-4 Tabel $X^2_{cr}$ .....                                           | 73      |
| <br>C-1 Gambar Plotting Extrem Preobability Paper.....               | <br>74  |
| C-2 Gambar Plotting Log Person III.....                              | 75      |
| C-3 Gambar Hidrograf Banjir 2 Tahunan.....                           | 76      |
| C-4 Gambar Potongan Melintang Sungai.....                            | 77      |
| C-5 Grafik Hubungan Debit Sedimen dan Debit Aliran                   | 78      |
| C-6 Peta Daerah Aliran Sungai Aliran Sungai<br>Pidekso.....          | <br>79  |
| C-7 Peta Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo.....                     | 80      |
| C-8 Peta Pola Aliran Daerah Aliran Sungai Pidekso                    | 81      |

## NOTASI

|          |                                                         |
|----------|---------------------------------------------------------|
| $a$      | : Konstanta                                             |
| $A$      | : Luas penampang sungai                                 |
| $b$      | : Konstanta                                             |
| $B$      | : Lebar sungai                                          |
| $c$      | : Konstanta                                             |
| $C$      | : Koefisien Chezy                                       |
| $C'$     | : Koefisien Chezy pada butiran dengan diameter $d_{90}$ |
| $C_1$    | : Konstanta                                             |
| $C_2$    | : Konstanta                                             |
| $d$      | : Diameter butiran                                      |
| $d_m$    | : Diameter butiran efektif                              |
| $H$      | : Tinggi muka air                                       |
| $H_{cr}$ | : Tinggi muka air mulai terjadi gerakan sedimen         |
| $H_d$    | : Tinggi muka air saat terjadi debit dominan            |
| $H_o$    | : Tinggi muka air saat tidak ada aliran                 |
| $I$      | : Kemiringan garis energi                               |
| $j$      | : Nomor urut kelas                                      |
| $k$      | : Faktor koreksi                                        |
| $k_s$    | : Kekerasan butiran = $d_{65}$                          |
| $N$      | : Jumlah sample                                         |
| $n_j$    | : Observasi frequency                                   |
| $f_j$    | : Teritorial frequency                                  |
| $m$      | : Nomor urut sample                                     |
| $P$      | : Prosentase terjadinya penggerusan                     |
| $P(X)$   | : Probabilitas                                          |

|            |                                                       |
|------------|-------------------------------------------------------|
| $Q$        | : Debit aliran                                        |
| $q$        | : Debit aliran persatuan lebar                        |
| $Q_s$      | : Debit transportasi sedimen                          |
| $q_s$      | : Debit transportasi sedimen persatuan lebar          |
| $q_{cr}$   | : Debit aliran saat mulai terjadinya gerakan sedimen  |
| $Q_d$      | : Debit dominan                                       |
| $Q_t$      | : Debit aliran teoritis                               |
| $r$        | : Koefisien korelasi                                  |
| $R$        | : Radius hidrolik                                     |
| $S_n$      | : Simpangan buku tereduksi                            |
| $T_b$      | : Berat sedimen dalam air tiap satuan lebar dan waktu |
| $t_r$      | : Test signifikansi nilai koefisien korelasi          |
| $U_*$      | : Kecepatan geser                                     |
| $U_b$      | : Kecepatan pada dasar saluran                        |
| $V$        | : Kecepatan aliran sungai                             |
| $V_d$      | : Kecepatan aliran saat debit dominan                 |
| $V_s$      | : Kecepatan aliran sedimen                            |
| $w$        | : Gaya berat butiran                                  |
| $X$        | : Harga satuan seri data                              |
| $X^2$      | : Harga Chi Kwadrat                                   |
| $Y$        | : Konstanta                                           |
| $Y_n$      | : Rata-rata tereduksi                                 |
| $Y_t$      | : Hubungan antara kala ulang dengan faktor reduksi    |
| $\delta_w$ | : Berat jenis air                                     |
| $\delta_s$ | : Berat jenis sedimen                                 |
| $\Delta$   | : $\frac{\delta_s - \delta_w}{\delta_w}$              |

$\mu$  : Ripper factor

$\phi$  : Indeks

$$\beta : \frac{\mu^2 \phi^3 c}{2 \mu^2 c}$$

$\alpha$  :  $1/2 \sqrt{\beta_1}$



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Kekayaan alam yang berhubungan dengan air harus mendapat perhatian secara khusus, karena air merupakan sumber kehidupan makhluk hidup di muka bumi ini. Oleh sebab itu air harus dikelola sedemikian rupa sehingga dapat mendatangkan kemakmuran. Air dalam jumlah yang sedikit akan menjadi masalah, demikian pula jika air sangat banyak akan menimbulkan bencana.

Bencana sungai yang terhampar di dataran Indonesia. Sebagian besar belum dikembangkan. Pengembangannya sungai seyogyanya dilakukan sesuai dengan pengembangan daerah yang bersangkutan. Namun akhir-akhir ini timbul kenyataan bahwa kurangnya koordinasi antar instansi yang terkait didalam pengembangan Daerah aliran sungai sehingga kemungkinan terjadi perencanaan yang kurang sesuai dengan yang lain.

Fungsi sungai secara alamiah adalah untuk mengangkut air dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Aliran tersebut mempunyai daya untuk mengangkut hasil erosi oleh pengaruh jatuhnya air hujan. Besarnya debit aliran dan kandungan sedimen yang terjadi secara terus menerus, maka sungai akan mengalami perubahan, baik bentuk penampang dasar sungai, kekasaran dasar maupun

tebing dan kemiringan dasar saluran. Hal ini dalam rangka mencapai keseimbangan baru.

Dalam suatu perencanaan bangunan pelindung tebing, pemilihan debit design harus dilakukan secara tepat, terutama debit untuk menentukan dalamnya pondasi yang akan dipasang, agar tidak runtuh karena dasar sungai di tikungan luar tergerus. Hal ini sangat mungkin karena kedalaman untuk sungai selalu berubah-ubah sesuai dengan debit yang melaluinya.

### 1.2 Batasan Masalah

Didalam menggunakan debit design bangunan pada tikungan sungai harus dipilih debit yang paling menentukan baik ditinjau dari kestabilan konstruksi maupun nilai ekonomis. Perhitungan debit maksimum dicari dari data curah hujan yang ada, sedangkan untuk debit dominan disamping dihitung dari besarnya banjir rencana dihitung pula besar dari transport sedimen terutama muatan dasar.

Perhitungan banjir rencana dapat dilakukan dengan berbagai cara. Cara yang digunakan disesuaikan dengan keadaan di lapangan dan data yang tersedia. Dalam studi ini akan dipakai cara hidrograf yaitu satuan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana. Sedangkan perhitungan bed load transport digunakan formula Meyer-Peter-Muler. Data hujan diambil dari stasiun pencatat hujan Giriwoyo saja yang mempunyai panjang data yang cukup yaitu 21 tahun.

### 1.3 Tujuan dan Manfaat

Debit yang melalui suatu penampang sungai perlu dikaji karena dengan debit yang bervariasi akan mempengaruhi bentuk morfologi sungai. Aliran sungai terdiri dari air dan sedimen. Dalam penelitian ini dicoba penentuan besar debit dengan memasukkan unsur sedimen dalam analisisnya.

Tujuan :

- 1). Untuk mengetahui kesetaraan pada kala ulang dengan debit dominan.
- 2). Untuk mendefinisikan debit dominan.

Manfaat :

Diharapkan dapat memberikan masukan kepada peneliti di bidang hidrolik.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Infiltrasi

Data hujan dan aliran umumnya tidak tersedia dengan cukup, sehubungan dengan ini, maka untuk menentukan besarnya infiltrasi diperkirakan dengan metode indeks  $\phi$ . Hujan efektif yang diperlukan dalam analisis hidrograf satuan diperoleh dengan cara mengurangi hujan dengan jumlah kehilangan air. Unsur yang paling penting adalah infiltrasi disamping unsur-unsur lain seperti intersepsi, penguapan dan tampungan cekung.

#### 2.2 Analisa Frekwensi

Analisa frekwensi ialah analisa berulangnya suatu peristiwa baik jumlah frekwensi persatuan waktu, maupun periode ulangnya. Kualitas data dan panjang pengamatan sangat menentukan hasil analisa yang dilakukan. SRI HARTO BR (1986) menyimpulkan bahwa perbedaan panjang data yang digunakan untuk analisa memberikan penyimpangan yang cukup berarti terhadap perkiraan hujan dengan kala ulang tertentu. Makin pendek data yang digunakan makin besar penyimpangan yang terjadi. Penyimpangan yang terjadi akibat kerapatan jaringan pengukur hujan. Makin kecil kerapatan stasiun hujan akan terjadi penyimpangan\* yang besar pula.

### 2.3 Hidrograf Satuan

SHERMAN (1932) memperkenalkan teori hidrograf satuan dengan nama asli "*unit-graph*" dari suatu daerah aliran sungai yang didefinisikan sebagai suatu hidrograf yang mengakibatkan limpasan akibat hujan efektif yang merata di daerah aliran sungai dengan kedalaman dan lama hujan tertentu. SHERMAN menggunakan kata satuan sebagai lama waktu dari hujan efektif. Teori tersebut mengatakan bahwa *run off* hanya berupa aliran permukaan dan aliran tanah saja. Hal ini terjadi karena pada masa itu aliran antara, belum dikenal. Akibatnya definisi hidrograf satuan dalam memperkirakan aliran langsung tidak mempertimbangkan aliran antara.

Hambatan yang sering dihadapi dalam menentukan banjir rencana di Indonesia adalah sulitnya memperoleh data-data banjir yang cukup. Akibatnya perhitungan banjir rencana selalu dilakukan dengan perhitungan tidak langsung. Salah satu cara yang dapat dipakai untuk menentukan banjir rencana adalah biograf satuan yang dicetuskan oleh SHERMAN. Ternyata konsepsi hidrograf satuan sangat bermanfaat untuk analisa hidrograf (D.P.M.A, 1979).

Konsepsi hidrograf satuan sangat bermanfaat untuk analisa hidrologi dan sampai saat ini masih dianggap sebagai pendekatan yang efektif dalam memperbaiki hubungan antara *rain full* dengan *run off*, akhir-akhir ini timbul

pendapat-pendapat lain yang menyatakan bahwa prinsip hidrograf satuan mengandung kesalahan. Namun pada kenyataannya teori hidrograf satuan memenuhi kebutuhan sebagai suatu cara yang relatif sederhana dan cukup teliti.

Dari suatu sungai dapat dibuat hidrograf yang ditimbulkan oleh hujan dengan lama waktu hujan efektif tertentu. Dengan mengacu pada hidrograf tersebut maka hidrograf untuk aliran-aliran yang disebabkan oleh hujan lain dengan lama hujan efektif yang sama dapat disusun. Bahkan untuk aliran-aliran yang disebabkan oleh hujan-hujan dengan lama hujan efektif yang berbedapun dapat dibuat hidrograf.

Analisa hidrograf satuan menggambarkan hubungan antara hujan efektif dengan limpasan langsung. Untuk itu aliran dasar (*base flow*) harus dipisahkan dari hidrografnya. Pemisahan aliran dasar dapat dilakukan dengan berbagai cara. Sebagai upaya pendekatan untuk memperoleh hidrograf yang benar. Tetapi pemisahan tersebut tidak memberikan hasil seperti yang diharapkan. Namun demikian tidak terlalu berpengaruh karena kuantitatif nilainya relatif kecil jika dibandingkan dengan limpasan langsung. Upaya pemisahan aliran dasar tersebut merupakan cara rasional yang dapat dimengerti.

Untuk data debit yang terbatas, maka perkiraan besarnya limpasan yang terjadi dapat dihitung berdasarkan hubungan antara curah hujan terhadap limpasan dan dengan cara analisa frekwensi curah hujan. Penaksiran Pola hujan jam-jaman dari hujan hasil analisa frekwensi dianalogkan dengan hujan jam-jaman dari pencatatan hujan otomatis.

Konsepsi hidrograf satuan sangat bermanfaat untuk analisa hidrologi. Jika suatu daerah pengaliran tertentu, mempunyai curah hujan tertentu akan selalu menghasilkan suatu hidrograf yang bentuknya tertentu pula. Teori hidrograf satuan mendasarkan pada hubungan antara hujan efektif dengan limpasan langsung. Hidrograf satuan digunakan untuk menghitung hidrograf yang diakibatkan oleh sembarang hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linier dan tidak berubah terhadap waktu. Prinsip-prinsip hidrograf satuan dapat memberikan hasil yang dapat diterima. Tetapi hal ini harus dianggap sebagai pendekatan dari hubungan sebenarnya antara hujan dengan limpasan. Adanya ketidak tergantungan lebar dasar dengan tinggi hujan, sebenarnya tidak sesuai dengan hukum hidrolika. Lebar dasar yang didapatkan dari analisa hidrograf, juga tergantung dari prosedur yang diterapkan untuk memisahkan limpasan langsung dari aliran dasar. Oleh karenanya lebar dasar bukan merupakan unsur yang sangat karakteristik pada hidrograf satuan. Anggapan yang kedua adalah tidak adanya

pengaruh perubahan musim terhadap karakteristik terhadap permukaan daerah pengaliran.

SRI HARTO BR (1987) dalam disertasinya mengajukan cara pendekatan baru dalam analisa hidrologi berdasarkan teori hidrograf satuan. Hidrograf sintetik Gama I ini dianjurkan untuk digunakan hanya di Pulau Jawa, dengan pembatasan luas daerah aliran sungai tidak lebih dari 3250 km<sup>2</sup>. Dengan menggunakan hidrograf satuan sintetik Gama I, maka hidrograf satuan suatu daerah aliran sungai dapat digambarkan dengan hanya mengukur beberapa faktor yang dapat dilihat pada peta topografi. Frekwensi sumber, faktor lebar, luas daerah aliran sungai, faktor simetri dan jumlah pertemuan sungai. Dalam penelitian pada DAS-DAS yang ada di Pulau Jawa ditemukan 3% mengikuti agihan normal, dan masing-masing 47%, 43% dan 7% sesuai dengan agihan berturut-turut log normal, log Person III dan Gumbel.

Perhitungan debit puncak pertama kali dilakukan dengan menggunakan rumus empiris. Namun rumus empiris tersebut sekarang tidak dapat lagi diterima dalam penerapan teknik dan peramalan sungai yang didasarkan pada hubungan-hubungan elevasi muka air. SHERMAN pada tahun 1932 memperkenalkan hidrograf satuan. Hidrograf satuan ini telah menjadi alat utama bagi ahli hidrologi yang berkecimpung dalam masalah banjir (LINSEY RK, DKK, 1987).

## 2.4 Debit Dominan

Untuk suatu rezim sungai, ada suatu debit tertentu yang sangat berpengaruh terhadap aliran air dan angkutan sedimen khususnya *bed load* transport. Keadaan morfologi dasar rata-rata ini disebabkan pengaliran air, dengan debit dan juga tinggi muka air yang berubah-ubah sepanjang tahun. Apabila dapat mengalirkan satu macam debit yang menggantikan urutan "*sequency*" dari debit-debit sepanjang tahun di sungai itu, maka akan mendapatkan bentuk dari morfologi dasar sungai rata-rata yang sesuai dengan akibat urutan dari debit-debit yang selalu berubah. Debit pengganti ini dinamakan Debit Dominan. (D.P.M.A. 1981).

Secara teoritis dengan hanya menggunakan satu macam debit tidak akan mendapatkan hasil (*river bed behavior*) yang sama dengan bila menggunakan debit menurut rezim sungai. tetapi dalam banyak hal fluktuasi perbedaan perubahan dasar sungai yang disebabkan oleh rezim sungai tidak jauh dari pada yang disebabkan oleh debit dominan tersebut. Pada prinsipnya suatu rezim sungai tidak dapat disamakan menjadi satu macam debit untuk menirukan proses morfologi dengan lengkap.

MEYER-MEYER dan MULLER (1934) menyimpulkan bahwa untuk menghitung transportasi *bed load*, selain berdasarkan pada ukuran butir *bed load*, juga berdasarkan pada parameter sungai antara lain, lebar sungai, gravitasi,

berat jenis material, berat jenis air, dengan butiran yang dipakai dalam perhitungan adalah  $D_{90}$ . Sedangkan menurut ENSTEN (1950) diameter yang digunakan  $D_{35}$ .



### BAB III

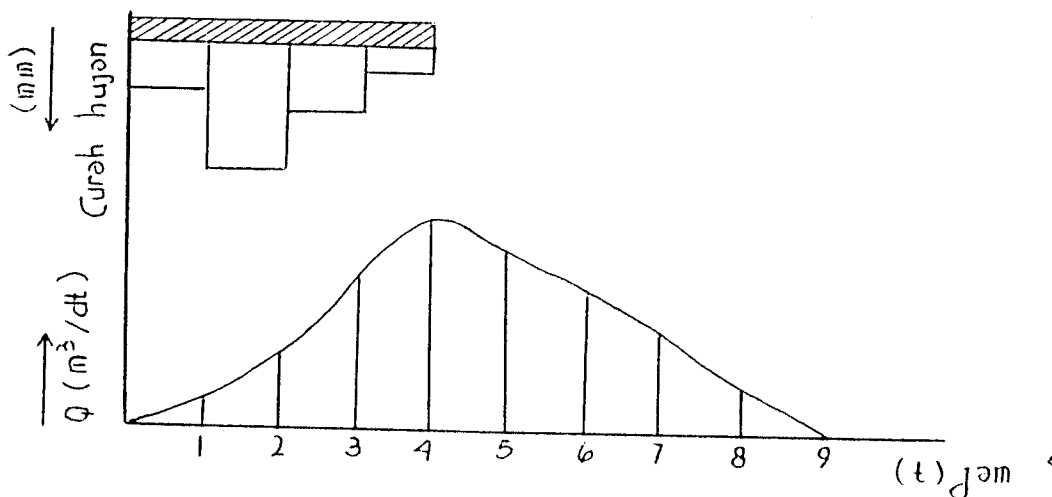
#### DASAR TEORI

Dalam studi ini digunakan teori-teori yang mendasari pemecahan masalah-masalah dalam menentukan besarnya debit rencana dan debit dominan. Teori-teori tersebut meliputi :

#### 3.1 Infiltrasi

Data hujan dan data aliran umumnya tidak tersedia cukup untuk dapat menentukan lengkung infiltrasi. Sehubungan dengan itu, untuk memperkirakan besarnya infiltrasi dari suatu hujan digunakan yang disebut indeks  $\phi$ .

Kalau hidrograf-hidrograf banjir dan hujan-hujan yang menyebabkan banjir itu senantiasa selisih antara jumlah besarnya hujan dan jumlah besarnya aliran dinyatakan dengan indeks  $\phi$ . (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Metode Indek  $\phi$

Indek  $\phi$  ialah hujan rata-rata minimum yang mengakibatkan volume aliran seimbang dengan volume hujan. Kalau massa infiltrasi disebut "*basin recharge*", maka indeks  $\phi$  dihitung dari

$$\phi = \frac{\text{basin recharge}}{\text{lama waktu hujan}} \text{ (mm/satuan waktu)} \quad (3.1)$$

### 3.2 Analisa Frekwensi

Probabilitas secara umum dapat diartikan sebagai suatu ukuran mengenai kemungkinan obyektif terjadinya suatu peristiwa. Jadi probabilitas merupakan perbandingan antara peristiwa yang sebenarnya terhadap jumlah seluruh peristiwa yang mungkin.

$$P(x) = \frac{m}{n + 1} \dots\dots\dots (3.2)$$

dengan

$P(x)$  = probabilitas

$m$  = peristiwa sebenarnya

$n$  = jumlah seluruh peristiwa

Probabilitas diartikan sebagai frekwensi komulatif dari suatu variasi.

Suatu seri data akan mengikuti suatu jenis sebaran teoritis tertentu. Para ahli telah menyusun rumus-rumus sebaran teoritis tersebut. Berbagai sebaran yang banyak digunakan dalam hidrologi antara lain sebaran normal,

sebaran log normal, sebaran log Person III dan sebaran Gumbel I.

### 3.2.1 Sebaran Normal

$$P(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\text{Kurtosis} = 3\sigma^2$$

mempunyai kemungkinan

$$P(x - \sigma) = 15,87\%$$

$$P(x) = 50\%$$

$$P(x + \sigma) = 84,14\%$$

dengan :

$$\sigma^2 = \text{variasi}$$

$$\mu = \text{harga tengah.}$$

### 3.2.2 Sebaran Log Normal

$$P'(x) = \frac{1}{x \sigma_n \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu_n^2)^2}{\sigma_n^2} \right\} \dots\dots (3.4)$$

dengan

$$\mu_n = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{\mu^4}{\mu^2 + \alpha} \right) \dots\dots\dots (3.5)$$

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{\alpha^2 + \mu^2}{\mu^2} \right) \dots\dots\dots (3.6)$$

Sebaran ini mempunyai ciri khusus :

kira-kira 3 n (*skewness* kira-kira sama dengan tiga kali koefisien korelasi).

### 3.2.3 Sebaran Log Pearson Type III

$$P'(x) = P_0'(x) \left[ 1 + \frac{x}{a} \right]^c e^{-c \frac{x}{a}} \dots\dots\dots (3.7)$$

dengan

$$c = \frac{4}{\beta} - 1 \dots\dots\dots (3.8)$$

$$a = \frac{c}{2} \frac{\mu^3 c}{\mu^2 c} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$P_0'(x) = \frac{n}{a_2} \frac{c^{c+1}}{e^c c+1} \dots\dots\dots (3.10)$$

$$\beta_1 = \frac{\mu^2 3c}{2 \mu^2 c} \text{ dan } -a \leq x \leq \dots\dots\dots (3.11)$$

$$= 1/2 \sqrt{\beta_1} \dots\dots\dots (3.12)$$

### 3.2.4 Sebaran Gumbel

$$P'(x) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$y + A(x - B) \dots\dots\dots (3.14)$$

Untuk satu seri data CHOW menyarankan :

$$x = \mu + \sigma k \dots\dots\dots (3.15)$$

dengan  $\mu$  = harga rata-rata populasi

$\sigma$  = standar deviasi

$k$  = faktor frekwensi

Untuk mengetahui data yang sesuai dengan suatu sebaran teoritis tertentu, perlu dilakukan suatu teori pengujian kecocokan. Pengujian bisa dilakukan dengan Chi Kwadrat (*Chi Square*). Pada pengujian Chi Kwadrat berlaku rumus :

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_j - f_j)^2}{f_j}$$

dengan :

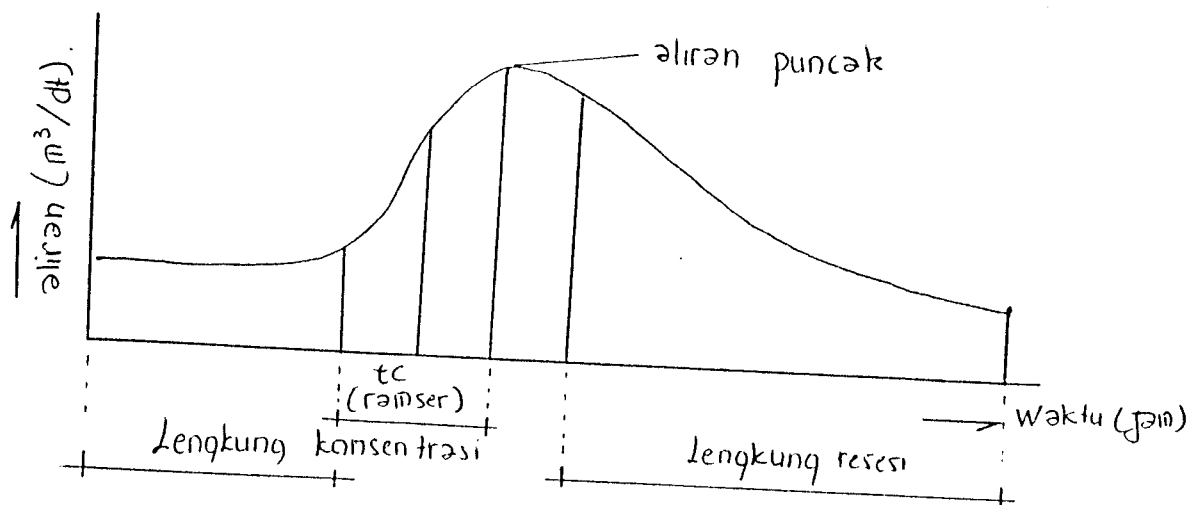
$\chi^2$  = Chi Square

$n_j$  = Observed frekwensi

$f_j$  = Theitical frekwensi

### 3.3 Hidrograf

Hidrograf adalah grafik dengan ordinat berupa harga debit atau tinggi muka air (dari pengamatan sungai) dan waktu pengamatan sebagai absisnya. Bentuk lengkung hidrograf yang terjadi tergantung pada karakteristik hujan yang mengakibatkan aliran. Semakin besar hujan efektif, semakin lama pula waktu tercapainya puncak hidrograf. Hidrograf selalu melukiskan suatu distribusi pengaliran satuan waktu di tempat pengamatan dan menentukan karakteristik daerah pengaliran dengan suatu lengkung tunggal. Gambar hidrograf diperlihatkan pada gambar 3.1.3.



Gambar 3.2 Hidrograf

Komponen hidrograf yaitu :

- 1) Sisi naik (*rising limb*)
- 2) Puncak (*crest*)
- 3) Sisi resesi

### 3.3.1 Hidrograf Satuan

Teori Hidrograf Satuan mula-mula diperkenalkan oleh SHERMAN (1932). Dalam teori tekan bahwa semua hidrograf aliran suatu sungai di daerah tertentu terjadi karena hujan selama waktu tertentu mempunyai basis yang sama. Hidrograf Satuan suatu daerah aliran sungai adalah suatu limpasan langsung yang diakibatkan oleh suatu satuan volume hujan efektif yang terbagi merata dalam waktu dan ruang.

Hidrograf Satuan mendasarkan teorinya pada :

- 1) Hujan efektif terdistribusi sama dalam periode ditentukan.

- 2) Hujan efektif terdistribusi merata pada seluruh daerah aliran.
- 3) Dalam suatu daerah pengaliran hidrograf satuan yang dihasilkan oleh hujan-hujan efektif yang sama durasinya mempunyai lebar dasar yang sama tidak memandang berapa intensitas hujannya.
- 4) Untuk suatu daerah aliran, maka debit akan sebanding dengan hujan netto untuk hujan dengan periode yang sama.
- 5) Berlaku prinsip superposisi.

Hidrograf Satuan tidak dapat dipakai untuk daerah aliran yang luasnya lebih besar dari  $5200 \text{ km}^2$  karena efek "valey storage" dan variasi hujan pada Hidrograf Satuan menjadi terlalu besar.

Hidrograf Satuan untuk lama hujan yang pendek dapat digunakan untuk menyusun Hidrograf Satuan untuk aliran akibat hujan yang berlangsung lama. Jika hidrograf Satuan  $t$ , maka untuk menyusun Hidrograf Satuan untuk hujan yang berlangsung lebih lama yaitu  $T$  dapat disusun dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Hidrograf Satuan  $t$  kita tambah dengan Hidrograf Satuan itu sendiri (super posisi), tetapi titik permulaannya digeser sepanjang  $t$  jam.
- 2) Ordinat-ordinat hidrograf yang didapatkan dibagi 2 sehingga didapatkan hidrograf satuan dengan lama hujan efektif  $2 t$  jam.

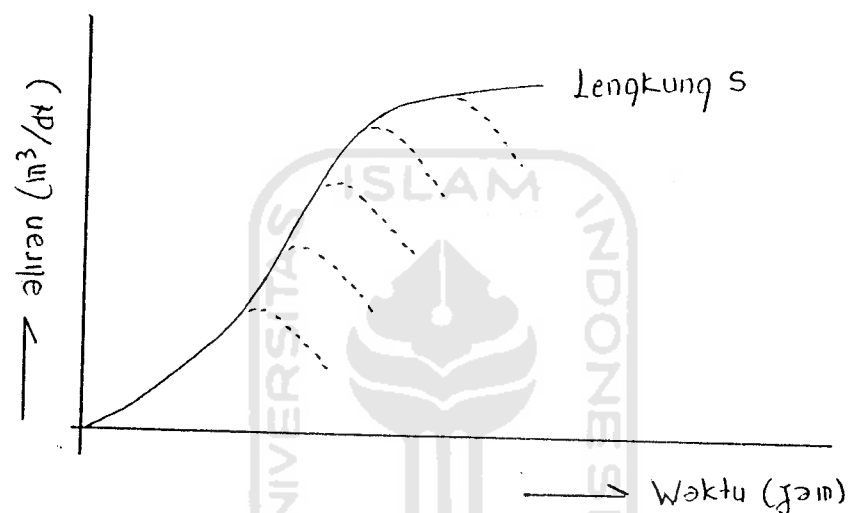
3) Untuk penambahan dilakukan dua kali dengan setiap kali menggeser titik permulaan hidrograf yang ditambahkan sepanjang  $t$  jam dan didapatkan hidrograf aliran sebesar 3 mm untuk hujan efektif 3  $t$  jam. Ordinatat-ordinatat hidrograf tersebut kemudian dibagi tiga sehingga menghasilkan Hidrograf Satuan untuk hujan efektif selama 3  $t$  jam. Demikian seterusnya.

Cara untuk menyusun Hidrograf Satuan lainnya yang lama waktu hujan efektifnya berlainan dapat dilakukan dengan metode lengkung S. Metode ini dikemukakan oleh MORGAN dan HULLINGHORS.

Lengkung S adalah aliran untuk suatu seri Hidrograf Satuan dengan lama waktu hujan efektif tertentu berurutan. Hidrograf S untuk hujan efektif 6 jam dengan titik permulaan bergeser 6 jam. Ordinatat terbesar dari lengkung S akan sama dengan besarnya aliran yang diperlukan untuk menimbulkan aliran sebesar 1 mm dalam waktu 6 jam. Jika ordinatat terbesar sudah tercapai lengkung S akan berlangsung dengan harga tetap tersebut. Banyaknya hidrograf-hidrograf satuan yang dijumlahkan akan sama dengan basis waktu dari Hidrograf Satuan dibagi dengan lama waktu hujan efektif.

Untuk mendapatkan Hidrograf Satuan untuk hujan efektif 2 jam, dua lengkung S itu diuraikan dengan titik-titik permulaannya saling berselisih 2 jam dan hasil-hasil pengurangan dikalikan dengan 3. Demikian juga untuk mendapatkan suatu Hidrograf Satuan untuk hujan efektif 3

jam dengan mengurangkan dua lengkung S yang titik-titik permulaannya saling berselisih 3 jam, kemudian hasil pengurangan dikalikan dengan 3. Demikian juga untuk mendapatkan suatu Hidrograf Satuan untuk hujan efektif 3 jam dengan mengurangkan dua lengkung S yang titik-titik permulaannya saling berselisih 3 jam, kemudian hasil pengurangan dikalikan 2. Gambar lengkung S gambar 3.3

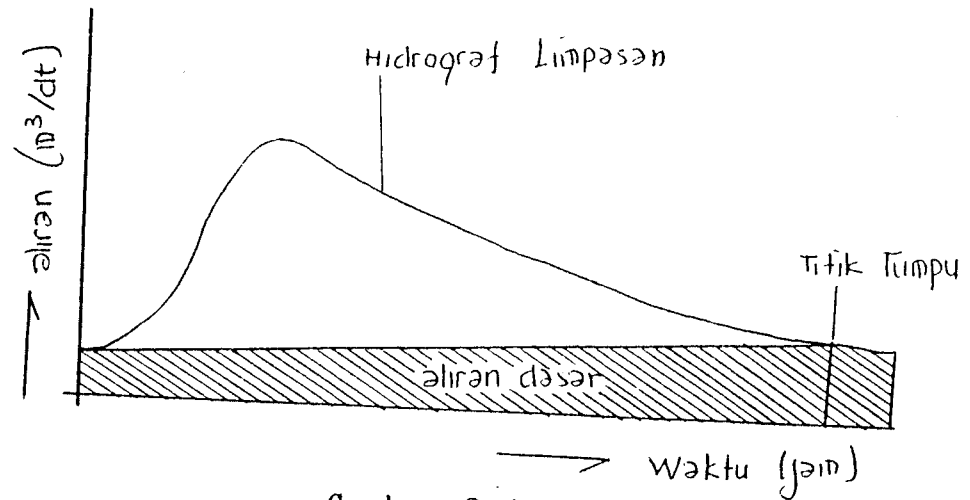


Gambar 3.3 Lengkung S

### 3.3.2 Hujan Efektif

Hujan efektif adalah hujan yang jatuh pada suatu daerah aliran dikurangi dengan kehilangan air. Hidrograf limpasan terdiri dari dua komponen pokok yaitu : debit aliran permukaan dan aliran dasar. Untuk mendapatkan besarnya aliran permukaan adalah sebagai berikut :

Debit aliran dasar merata dari permukaan hujan sampai akhir dari hidrograf. Dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4

Debit Aliran Dasar Ditarik dari Permulaan Hujan sampai Titik Akhir Titik Belok di Akhir Hidrograf

Besarnya hidrograf banjir dihitung dengan mengalikan besarnya hujan efektif dengan kala ulang tertentu dengan Hidrograf Satuan yang didapat selanjutnya ditambah aliran dasar.

### 3.4 Discharge Rating Curve

*Discharge Rating Curve* adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara tinggi muka air dengan debit aliran. Untuk membuat grafik tinggi muka air dengan debit aliran. Untuk membuat grafik hubungan antara tinggi muka air dengan debit, maka dalam penelitian ini digunakan data pengukuran debit menurut tinggi muka air yang berbeda. Ada beberapa cara untuk membuat grafik, adapun cara-caranya tersebut adalah sebagai berikut :

### 3.4.1 Cara Korelasi

Cara korelasi umumnya digunakan untuk tujuan-tujuan khusus dan dalam tingkat hubungan antara variabel-variabelnya dipentingkan yaitu kalau perlu diketahui koefisien korelasinya untuk memastikan adanya ketergantungan antara variabel-variabel sesamanya. Tetapi cara ini juga digunakan kalau penyelesaian dengan cara lain membawa banyak kesulitan.

Persamaan garis regresinya dapat ditulis

$$\log (Q - b) = a_1 \log h + b_1 \text{ dan } \dots \dots \dots (3.17)$$

$$\log h = a_2 \log (Q - b) + b_2 \dots \dots \dots (3.18)$$

### 3.4.2 Cara Logaritmis

Persamaan-persamaan garis yang menunjukkan hubungan antara debit dengan tinggi muka air adalah sebagai berikut :

(150, 1960)

$$Q = C_1 (H - H_0)^{C_2} \dots \dots \dots (3.19)$$

dengan :

$Q$  = debit ( $m^3/dt$ )

$H$  = tinggi muka air sungai (m)

$H_0$  = tinggi muka air sungai pada saat debit nol (m)

$C_1$  dan  $C_2$  = konstanta

Untuk membuat persamaan tersebut diatas, maka sebelumnya ditarik harga logaritma dari nilai  $Q$  dan  $H-H_0$ , adapun untuk menentukan  $H_0$  pertama kali harus dipilih nilai debit  $Q_1$ ,  $Q_2$  dan  $Q_3$  yang sesuai dengan rating curve dimana

ketiga nilai debit tersebut dipilih dan yang sesuai dengan persamaan sebagai berikut

$$Q_2^2 = Q_1 \times Q_3 \dots\dots\dots (3.20)$$

Tinggi muka air yang sesuai dengan debit nol ( $H_0$ ) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$H_0 = \frac{H_1 \times H_3 - H_2^2}{H_1 + H_3 - 2H_2} \dots\dots\dots (3.21)$$

Cara lain untuk menentukan  $H_0$  adalah dengan cara memperpanjang lengkung hingga memotong sumbu H. Sedangkan untuk mencari nilai  $C_1$  dan  $C_2$  digunakan persamaan sebagai berikut :

$$1) \sum (y) - n \log C_1 - C_2 \sum (x) = 0 \dots\dots\dots (3.22)$$

$$2) \sum (xy) - \sum (x) \log C_1 - C_2 \sum (x^2) = 0 \dots\dots\dots (3.23)$$

Dengan  $\sum (y)$  = jumlah log Q

$\sum (x)$  = jumlah log (H -  $H_0$ )

$\sum (x^2)$  = jumlah pangkat dari x

$\sum (xy)$  = jumlah perkalian x dan y

n = jumlah pengamatan

Untuk mengetahui erat tidaknya hubungan antara kedua variabel diatas, dilakukan pengujian dengan cara menghitung koefisien korelasinya dengan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum x y - \sum x \sum y}{\sqrt{(n (\sum x^2) - (\sum x)^2) \cdot (n (\sum y^2) - (\sum y)^2)}} \dots\dots\dots (3.24)$$

Selanjutnya dilakukan test signifikansi terhadap nilai  $r$  tersebut dengan rumus :

$$t_r = \frac{r \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r^2}} \dots\dots\dots (3.25)$$

### 3.5 Sedimen Rating Curve

Sedimen Rating Curve adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara debit aliran dengan transportasi sedimen. Hubungan tersebut dapat digambarkan dengan persamaan sebagai berikut : (F. SCARF, 1971)

$$Q_s = a Q^b \dots\dots\dots (3.26)$$

dengan  $Q_s$  = transportasi sedimen (kg/dt)

$Q$  = debit aliran ( $m^3/dt$ )

$a, b$  = konstanta

Besarnya konstanta  $a$  dan  $b$  dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$b = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots (3.27)$$

$$\log a = \frac{\sum y - b \sum x}{N} \dots\dots\dots (3.28)$$

dengan  $\sum y$  = jumlah  $\log Q_s$

$\sum x$  = jumlah  $\log Q$

$\sum y^2$  = jumlah kwadrat dari  $\log Q_s$

$\sum xy$  = jumlah perkalian  $\log Q_s$  dengan  $\log Q$

$N$  = jumlah data

Koefisien korelasi antara kedua variable tersebut dihitung dengan rumus seperti diatas.

### 3.6 Persamaan Meyer - Peter Dan Muller

Untuk mendapatkan rumusan mengenai besarnya transportasi bed load, Meyer - Peter dan Muller (1934) melakukan serangkaian penelitian untuk sedimen kasar dengan  $\delta_s = 2680 \text{ kg/m}^3$  dari hasil tersebut diperoleh hubungan :

$$\frac{q^{2/3} I}{d} = a + b \frac{T_b^{2/3}}{d} \dots\dots\dots (3.29)$$

dengan :

$q$  = debit air tiap satuan lebar dan waktu ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )

$T_b$  = debit sedimen ( $\text{kg/m dt}$ )

$d$  = diameter butiran (m)

$I$  = kemiringan garis energi

$a, b$  = konstanta

Hasil yang penting bahwa kehilangan tenaga total harus dianggap terdiri dari dua bagian yaitu :

- a. Kehilangan tenaga akibat bentuk dasar (*shape roughness ripple roughness*).
- b. Kehilangan tenaga akibat gesekan dengan butiran didasar dan di dinding saluran (*grain roughness*).

Sehingga rumus Meyer Peter dan Muller menjadi :

$$w \left( \frac{Q_s}{Q} \right) \left( \frac{k}{k_1} \right)^{3/2} h I = 0,047 (s - w).dm$$

$$+ 0,25 \left( \frac{Q_s}{Q} \right)^{1/3} (T_b')^{2/3} \dots\dots\dots (3.30)$$

dengan  $\frac{Q_s}{Q}$  = faktor penampang saluran untuk

$B = \sim$  , harganya = 1

$$\left[ \frac{k}{k'} \right]^{3/2} = \text{ripple factor } (\mu) ; k' = \frac{26}{d_{90}^{1/6}} (m^{1/3}/dt)$$

$k'$  = koefisien kekerasan dasar

$$d_m = \text{diameter efektif} = \frac{\sum P_i d_i}{100} (m)$$

$P_i$  = prosentase berat butiran yang berdiameter  $d_i$

Dapat juga dipakai

$$d_m \approx d_{50} - d_{60}$$

$T_b'$  = berat sedimen dalam air tiap satuan lebar dan tiap satuan waktu (kg/m dt)

Dalam keadaan kritik  $T_b' = 0$  ;  $B = \sim$  ;  $\mu = 1$  sehingga rumus Meyer Peter dan Muller menjadi :

$$\frac{w h I}{(s - w) \cdot d_m} = 0,047 \dots\dots\dots (3.31)$$

Dalam perkembangan lebih lanjut oleh CHIEN (1954) persamaan Meyer Peter dan Muller dapat dituliskan sebagai hubungan  $\phi$  dan sebagai berikut :

$$\phi = \left[ \frac{4}{s - w} - 0,188 \right]^{3/2} \dots\dots\dots (3.32)$$

### 3.7 Debit Dominan

Secara teoritis dengan menggunakan hanya macam *discharge* tidak akan mendapatkan hasil (*river bed behavior*) yang sama dengan bila menggunakan *discharge* menurut rezim sungai. Tetapi dalam banyak hal fluktuasi dari perbedaan perubahan dasar sungai yang disebabkan oleh rezim sungai tidak jauh daripada yang disebabkan oleh dominan *discharge* tersebut. Yang menjadi persoalan sekarang bagaimana harus memilih debit dominan tersebut. Hasil penjabaran dan penjelasan tersebut adalah sebagai berikut :

$$H_d = \frac{\sum Q_s T}{\sum \frac{Q_s T}{H}}$$

dengan :

$H_d$  = tinggi muka air pada keadaan debit dominan

$H$  = tinggi muka air pada sesuatu waktu

$Q_s$  = debit sedimen

$T$  = Satuan waktu

$Q_d$  = debit dominan (*dominant discharge*)

Dengan harga  $H_d$  ini, maka *discharge rating curve* ( $H, Q$ ) akan mendapatkan harga debit dominan (pada keadaan  $H_d$ , debit adalah  $Q_d$ ).

### 3.8 Metodologi

#### 3.8.1 Pengumpulan Data

Data-data dalam studi ini diperoleh dari Balai Penyelidikan dan Pengembangan Wilayah Sungai Bengawan Solo. Data-data yang digunakan meliputi data Hidrologi dan Hidrometri.

##### 1) Data hidrologi meliputi

Data curah hujan harian Stasiun Giriwoyo tahun 1952 sampai dengan tahun 1982, data pengukuran debit sungai Stasiun Pidekso dengan pesawat AWLR (*Automatic Water Level Record*) pada tahun 1980, data hujan jam-jaman pada bulan Januari sampai dengan bulan Maret 1980), peta topografi daerah aliran sungai Pidekso.

##### 2) Data hidrometri meliputi

Data-data dalam penelitian ini diambil pada satu stasiun yaitu stasiun Pidekso. Data tersebut diperoleh dari pengukuran atau pengambilan sampel oleh laboratorium seksi Hidrometri pada bulan Januari sampai dengan Maret 1980. Data yang diambil disesuaikan dengan keperluan analisa, data-data tersebut meliputi :

- 1) Gradasi butiran disajikan pada lampiran A-4
- 2) Hubungan muka air dan debit pada lampiran A-3

Disamping data-data tersebut dikumpulkan pula nilai rata-rata parameter aliran dan parameter butiran sedimen sebagai berikut :

- 1) Kemiringan rata-rata  $I = 0,001$

- 2) Rapat massa sedimen  $\delta_s$  terdapat pada lampiran A-4
- 3) Rapat massa air  $\delta_w = 1000 \text{ kg/m}^3$
- 4) Viskositas air  $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt}$
- 5) Gravitasi bumi  $= 9,8 \text{ m/dt}^2$
- 6) Potongan melintang sungai.

### 3.8.2 Pengolahan Data

#### 1) Pengolahan data hidrologi

- a. Infiltrasi dihitung berdasarkan data pengamatan hujan jam-jaman. Infiltrasi dihitung dengan metode indek  $\phi$ . Hasil perhitungan digunakan untuk menentukan besarnya hujan efektif.
- b. Perhitungan design rain fall menggunakan beberapa jenis sebaran yaitu sebaran normal, log normal, log Person III dan Gumbel. Sebaran-sebaran tersebut sebelum dipilih terlebih dahulu diadakan plotting dan pengujian dengan uji Chi Kwadrat.
- c. Untuk mendapatkan persamaan garis pada kurve (H, Q) dipakai metode korelasi dan logaritmis, darfi keduanya dipilih yang paling menguntungkan.
- d. Hidrograf satuan dihitung berdasarkan data pengamatan hidrograf aliran dan data hujan jam-jaman.

#### 2) Pengolahan data hidrometri

- a. Perhitungan Transportasi sedimen menurut persamaan M.P.M. Dalam perhitungan dengan metode persamaan Meyer Peter dan Muller yang terpenting adalah.

Perhitungan besarnya ripple factor dan  $Q_s$  dihitung dengan persamaan (3.30).

- b. Dari hubungan antara  $Q$  (debit aliran) dan  $Q_s$  (debit sedimen) dapat dibuat sedimen Rating Curve, metode yang digunakan adalah rumus yang dikemukakan oleh F. SCARF (1971).
- c. Dari variasi besarnya debit-debit yang mengalir pada penampang sungai tersebut dapat dihitung besarnya transportasi sedimen.

### 3.8.3 Deskripsi

Setelah diperoleh hasil perhitungan debit banjir rencana dan juga pada perhitungan debit dominan diatas, selanjutnya dilakukan analisa dengan cara membandingkan hasil perhitungan keduanya. Sehingga dapat disimpulkan debit dominan terjadi pada kala ulang yang telah dihitung pada design floodnya.

## BAB IV

### ANALISA

#### 4.1 Karakteristik Daerah Aliran Sungai

Sungai Pidekso merupakan salah satu bagian sungai yang terdapat pada hulu dari Sungai Bengawan Solo. Dari peta topografi sungai ini mengalir dari bagian barat daya dari komplek Gunung Lawu dan bagian utara dari Pegunungan Selatan. Stasiun pengukuran terletak dekat desa Pidekso lebih kurang 1 kilometer dari Kecamatan Giriwoyo, atau 26 km dari kota Wonogiri.

Daerah Aliran Sungai area, yang mempengaruhi aliran sungai pada stasiun pengukuran, seluas  $177 \text{ km}^2$ , mempunyai bentuk hampir segi empat melebar di daerah hulu. Bentuk yang hampir menyerupai segi empat, hal ini menimbulkan hidrograf yang cepat naik dan cepat turun, dan cepat terjadinya konsentrasi tanah. Menurut tingkat percabangan sungai dikategorikan pada kriteria normal.

Berdasarkan peta topografi skala 1:50.000, panjang sungai keseluruhan adalah 150,6 km, luas daerah aliran sungai adalah  $177 \text{ km}^2$ , dan gradian sungai induk adalah 0,00307.

Keadaan tanah mempunyai kepekaan terhadap erosi besar, hal ini menyebabkan muatan *suspended load* dan *bed load Transport* yang besar. Disamping keadaan tanah yang riskan terhadap erosi, penggunaan tanah sebagian besar lahan digunakan untuk pertanian tanah kering, sedikit sekali yang masih merupakan hutan, selebihnya tanah yang



terbuka dan tandus. Dengan demikian keadaan tanah dan penggunaan tanah sangat mudah erosi.

#### 4.2 Hujan

Di daerah aliran sungai Pidekso dan beberapa stasiun pencatat curah hujan yaitu Giriwoyo, Suden, Donorejo, Pidekso 1 dan Pidekso 2. Panjang pencatatan masing-masing 6 tahun, kecuali stasiun Giriwoyo yang mempunyai panjang pencatatan 24 tahun. Selanjutnya untuk analisa design rain fall digunakan data dari stasiun Giriwoyo karena stasiun tersebut mempunyai panjang data yang cukup.

Untuk satu rangkaian data tidak selalu hanya cocok dengan distribusi frekwensi tertentu, tetapi sering dengan sifat-sifat dari beberapa sebaran yang berbeda. Namun demikian, pemilihan harus dilakukan dengan teliti, karena kesalahan yang dibuat, dapat membawa akibat yang merugikan. Untuk menghindari kesalahan-kesalahan perkiraan perlu adanya pengevaluasian dan pengujian yang mendalam. Adapun langkah-langkah perhitungan analisa frekwensi sebagai berikut :

##### 4.2.1 Parameter Statistik

Data yang digunakan dalam menentukan besarnya parameter statistik adalah data hujan harian, yang terbesar pada bulan dan tahun yang bersangkutan. Perhitungan besarnya harga parameter statistik disajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perhitungan Parameter Statistik

| No | R   | $\bar{R}$ | $R - \bar{R}$ | $(R - \bar{R})^2$ | $(R - \bar{R})^3$ |
|----|-----|-----------|---------------|-------------------|-------------------|
| 1  | 57  | 88,792    | - 31,79167    | 1010,71028        | - 32132,16773     |
| 2  | 61  |           | - 27,79167    | 772,37692         | - 21465,64451     |
| 3  | 62  |           | - 26,79167    | 717,79358         | - 19230,88876     |
| 4  | 64  |           | - 24,79167    | 614,62690         | - 15237,62731     |
| 5  | 68  |           | - 20,79167    | 432,29354         | - 8988,10466      |
| 6  | 71  |           | - 17,79167    | 316,54352         | - 5631,83787      |
| 7  | 72  |           | - 16,79167    | 281,96018         | - 4734,58232      |
| 8  | 73  |           | - 15,79167    | 249,37684         | - 3938,07679      |
| 9  | 73  |           | - 15,79167    | 249,37684         | - 3938,07679      |
| 10 | 78  |           | - 10,79167    | 116,46014         | - 1256,79941      |
| 11 | 79  |           | - 9,79167     | 95,87680          | - 938,79400       |
| 12 | 81  |           | - 7,79167     | 60,71012          | - 473,03323       |
| 13 | 81  |           | - 7,79167     | 60,71012          | - 473,03323       |
| 14 | 84  |           | - 4,79167     | 22,96010          | - 110,01723       |
| 15 | 85  |           | - 3,79167     | 14,37676          | - 54,51193        |
| 16 | 90  |           | 1,20833       | 1,46006           | 1,76424           |
| 17 | 91  |           | 2,20833       | 4,87672           | 10,76941          |
| 18 | 95  |           | 6,20833       | 38,54366          | 239,28991         |
| 19 | 97  |           | 8,20833       | 67,37668          | 553,05004         |
| 20 | 100 |           | 11,20833      | 125,62666         | 1408,06508        |
| 21 | 109 |           | 20,20833      | 408,37660         | 8252,60980        |
| 22 | 124 |           | 35,20833      | 1239,62650        | 43645,17894       |
| 23 | 147 |           | 58,20833      | 3388,20968        | 197222,02720      |
| 24 | 189 |           | 100,20833     | 10041,70940       | 1006262,92900     |

$$\bar{R}_{24} = 88,79167$$

$$\sigma_n = 29,10609$$

$$C_v = 0,3278$$

$$C_s = 2,19094$$

Dari parameter statistik diatas dimana  $C_s = 2,19094$  dan  $C_v = 0,3278$ . Tersebut tidak mempunyai sifat, maka sangat beralasan apabila dicoba memakai sebaran log Person III dan sebaran Gumbel I.

#### 4.2.2 Penggambaran dan Pengujian

- 1) Sebelum penggambaran, data diurutkan dari yang besar ke kecil atau sebaliknya, disesuaikan dengan kertas probabilitas yang tersedia. Dalam perhitungan ini, untuk penggambaran pada kertas extrem probability paper data diurutkan dari yang besar ke kecil, namun penggambaran pada kertas log normal data diurutkan dari yang kecil ke besar. Formula yang digunakan adalah formula yang diperkenalkan oleh *Weilbull* dan *Gumbel*, hal ini dipilih karena formula tersebut lebih mendekati kenyataan, baik  $m$  kecil maupun  $m$  besar. Perhitungan untuk kertas extrem probability paper disajikan pada tabel 4.2, gambar terdapat pada lampiran C-1, sedangkan untuk kertas log normal disajikan pada tabel 4.3, gambar terdapat pada lampiran C-2.

Tabel 4.2 Plotting Untuk Extrem Probability Paper

| No | R <sub>24</sub> | $\frac{M}{n + 1}$ | $\frac{M}{n + 1} \times 100$ |
|----|-----------------|-------------------|------------------------------|
| 1  | 189             | 0,0400            | 4                            |
| 2  | 147             | 0,0800            | 8                            |
| 3  | 124             | 0,1200            | 12                           |
| 4  | 109             | 0,1600            | 16                           |
| 5  | 100             | 0,2000            | 20                           |
| 6  | 97              | 0,2400            | 24                           |
| 7  | 95              | 0,2800            | 28                           |
| 8  | 91              | 0,3200            | 32                           |
| 9  | 90              | 0,3600            | 36                           |
| 10 | 85              | 0,4000            | 40                           |
| 11 | 84              | 0,4400            | 44                           |
| 12 | 81              | 0,4800            | 48                           |
| 13 | 81              | 0,5200            | 52                           |
| 14 | 79              | 0,5600            | 56                           |
| 15 | 78              | 0,6000            | 60                           |
| 16 | 73              | 0,6400            | 64                           |
| 17 | 73              | 0,6800            | 68                           |
| 18 | 72              | 0,7200            | 72                           |
| 19 | 71              | 0,7600            | 76                           |
| 20 | 68              | 0,8000            | 80                           |
| 21 | 64              | 0,8400            | 84                           |
| 22 | 62              | 0,8800            | 88                           |
| 23 | 61              | 0,9200            | 92                           |
| 24 | 57              | 0,9600            | 96                           |

Tabel 4.3 Ploting Untuk Log Person Tipe III

| No | $R_{24}$ | $\frac{M}{n + 1}$ | $\frac{M}{n + 1} \times 100$ |
|----|----------|-------------------|------------------------------|
| 1  | 57       | 0,0400            | 4,000                        |
| 2  | 61       | 0,0800            | 8,000                        |
| 3  | 62       | 0,1200            | 12,000                       |
| 4  | 64       | 0,1600            | 16,000                       |
| 5  | 68       | 0,2000            | 20,000                       |
| 6  | 71       | 0,2400            | 24,000                       |
| 7  | 72       | 0,2800            | 28,000                       |
| 8  | 73       | 0,3200            | 32,000                       |
| 9  | 73       | 0,3600            | 36,000                       |
| 10 | 78       | 0,4000            | 40,000                       |
| 11 | 79       | 0,4400            | 44,000                       |
| 12 | 81       | 0,4800            | 48,000                       |
| 13 | 81       | 0,5200            | 52,000                       |
| 14 | 84       | 0,5600            | 56,000                       |
| 15 | 85       | 0,6000            | 60,000                       |
| 16 | 90       | 0,6400            | 64,000                       |
| 17 | 91       | 0,6800            | 68,000                       |
| 18 | 95       | 0,7200            | 72,000                       |
| 19 | 97       | 0,7600            | 76,000                       |
| 20 | 100      | 0,8000            | 80,000                       |
| 21 | 109      | 0,8400            | 84,000                       |
| 22 | 124      | 0,8800            | 88,000                       |
| 23 | 147      | 0,9200            | 92,000                       |
| 24 | 189      | 0,9600            | 96,000                       |

## 2) Pengujian

Pengujian dilakukan untuk dapat mengetahui, data tersebut sesuai dengan sebaran teoritis yang dipilih. Metode yang dipakai untuk pengajuan kecocokan ini adalah metode Chi Kwadrat. Hal ini dipilih karena pengajuan tersebut mudah dan baik hasilnya. Oleh karena ada dua jenis sebaran yang mungkin dipilih sebaran yang mempunyai nilai Chi Kwadrat lebih kecil. Perhitungan uji kecocokan disajikan pada tabel 4.4 untuk Gumbel I dan tabel 4.5 untuk Log Person.

Tabel 4.4 Uji Kuadrat Untuk Gumbel I

| No | n <sub>j</sub> | $\frac{M}{n + 1}$ | f <sub>j</sub> | $\frac{(n_j - f_j)^2}{f_j}$ |
|----|----------------|-------------------|----------------|-----------------------------|
| 1  | 189            | 0,0400            | 179,7          | 0,4813                      |
| 2  | 149            | 0,0800            | 140,1          | 0,3398                      |
| 3  | 124            | 0,1200            | 129,2          | 1,2093                      |
| 4  | 109            | 0,1600            | 121,1          | 1,2090                      |
| 5  | 100            | 0,2000            | 114,9          | 1,9322                      |
| 6  | 97             | 0,2400            | 109,7          | 1,4703                      |
| 7  | 95             | 0,2800            | 103,7          | 0,7299                      |
| 8  | 91             | 0,3200            | 99,5           | 0,7261                      |
| 9  | 90             | 0,3600            | 95,2           | 0,2840                      |
| 10 | 85             | 0,4000            | 92,5           | 0,6081                      |
| 11 | 84             | 0,4400            | 89,2           | 0,3031                      |
| 12 | 81             | 0,4800            | 83,1           | 0,0531                      |

Tabel 4.4 Uji Kuadrat Untuk Gumbel I (Lanjutan)

| No | n <sub>j</sub> | $\frac{M}{n + 1}$ | f <sub>j</sub> | $\frac{n_j - f_j)^2}{f_j}$ |
|----|----------------|-------------------|----------------|----------------------------|
| 13 | 81             | 0,5200            | 81,2           | 0,0005                     |
| 14 | 79             | 0,5600            | 79,0           | 0,0000                     |
| 15 | 78             | 0,6000            | 76,0           | 0,0526                     |
| 16 | 73             | 0,6400            | 73,0           | 0,0000                     |
| 17 | 73             | 0,6800            | 73,0           | 0,1286                     |
| 18 | 72             | 0,7200            | 70,0           | 0,1788                     |
| 19 | 71             | 0,7600            | 68,5           | 0,4795                     |
| 20 | 68             | 0,8000            | 65,4           | 0,5866                     |
| 21 | 64             | 0,8400            | 62,0           | 0,4237                     |
| 22 | 62             | 0,8800            | 59,0           | 0,7863                     |
| 23 | 61             | 0,9200            | 55,4           | 0,0041                     |
| 24 | 57             | 0,9600            | 43,5           | 0,1897                     |
|    |                |                   |                | 17,1708                    |

$$\chi^2 = 17,1708$$

$$n = f - c - i$$

$$= 24 - 2 - 1 = 21$$

angka signifikan = 5%

$$\chi^2_{Cr} = 32,671 \text{ (didapat dari tabel)}$$

$\chi^2 < \chi^2_{Cr} \longrightarrow$  memenuhi syarat.

Tabel 4.5 Uji Chi Kwadrat Untuk Log Person Type III

| No | Probabilitas | n <sub>j</sub> | f <sub>j</sub> | $x = \frac{(n_j - f_j)^2}{f_j}$ |
|----|--------------|----------------|----------------|---------------------------------|
| 1  | 0,04         | 57             | 53,4           | 0,2427                          |
| 2  | 0,08         | 61             | 58,5           | 0,1068                          |
| 3  | 0,12         | 62             | 62,0           | 0,0000                          |
| 4  | 0,16         | 64             | 65,2           | 0,0221                          |
| 5  | 0,20         | 68             | 68,8           | 0,0093                          |
| 6  | 0,24         | 71             | 71,0           | 0,0000                          |
| 7  | 0,28         | 72             | 72,2           | 0,0006                          |
| 8  | 0,32         | 73             | 76,1           | 0,1263                          |
| 9  | 0,36         | 73             | 78,0           | 0,3205                          |
| 10 | 0,40         | 78             | 80,5           | 0,0776                          |
| 11 | 0,44         | 79             | 82,4           | 0,1403                          |
| 12 | 0,48         | 81             | 85,3           | 0,2168                          |
| 13 | 0,52         | 81             | 88,1           | 0,5404                          |
| 14 | 0,56         | 84             | 90,0           | 0,4000                          |
| 15 | 0,60         | 85             | 92,1           | 0,5473                          |
| 16 | 0,64         | 90             | 94,5           | 0,2143                          |
| 17 | 0,68         | 91             | 98,2           | 0,5279                          |
| 18 | 0,72         | 95             | 100,2          | 0,2529                          |
| 19 | 0,76         | 97             | 103,5          | 0,4082                          |
| 20 | 0,80         | 100            | 107,6          | 0,5368                          |
| 21 | 0,84         | 109            | 110,5          | 0,0204                          |
| 22 | 0,88         | 124            | 117,5          | 0,2596                          |
| 23 | 0,92         | 147            | 122,5          | 4,9000                          |
| 24 | 0,96         | 189            | 132,8          | 23,7834                         |
|    |              |                |                | 33,7711                         |

$$x = 33,7711$$

$$n = f - c - i$$

$$= 24 - 2 - 1 = 21$$

angka signifikansi = 5%

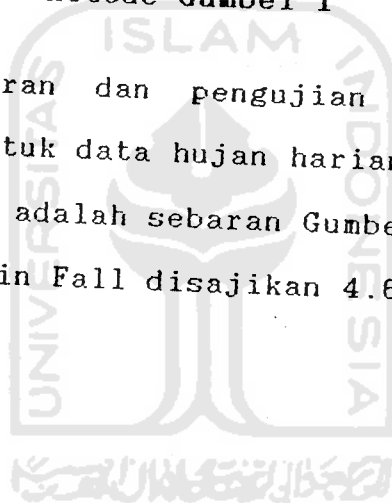
$$\text{Tabel } x - x_{cc} = 32,671$$

$x_{cr} < x \longrightarrow$  Tak dapat dipakai

dari dua pengujian tersebut ternyata yang lulus uji chi kwadrat adalah metode Gumbel.

#### 4.3.2 Design Rain Fall Metode Gumbel I

Dari penggambaran dan pengujian ternyata jenis sebaran yang cocok untuk data hujan harian maksimal daerah aliran sungai Pidekso adalah sebaran Gumbel I. Selanjutnya perhitungan Design rain Fall disajikan 4.6.



Tabel 4.5 Parameter Statistik

| No | $R_{24}$ | $\bar{R}_{24}$ | $R_{24} - \bar{R}_{24}$ | $(R_{24} - \bar{R}_{24})^2$ |
|----|----------|----------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1  | 78       | 88,7917        | -10,7917                | 116,46014                   |
| 2  | 147      | 88,7917        | 58,2083                 | 3388,20968                  |
| 3  | 189      | 88,7917        | 100,2083                | 10041,70940                 |
| 4  | 81       | 88,7917        | -7,7917                 | 60,71012                    |
| 5  | 91       | 88,7917        | 2,2083                  | 4,87672                     |
| 6  | 61       | 88,7917        | -27,7917                | 772,37692                   |
| 7  | 84       | 88,7917        | -4,7917                 | 22,96010                    |
| 8  | 109      | 88,7917        | 20,2083                 | 408,37660                   |
| 9  | 79       | 88,7917        | -9,7917                 | 95,87680                    |
| 10 | 64       | 88,7917        | -24,7917                | 614,62690                   |
| 11 | 62       | 88,7917        | -26,7917                | 717,79358                   |
| 12 | 68       | 88,7917        | -20,7917                | 432,29354                   |
| 13 | 73       | 88,7917        | -15,7917                | 249,37684                   |
| 14 | 72       | 88,7917        | -16,7917                | 281,96018                   |
| 15 | 95       | 88,7917        | 6,2083                  | 38,54336                    |
| 16 | 81       | 88,7917        | -7,7917                 | 60,71012                    |
| 17 | 124      | 88,7917        | 35,2083                 | 1239,62650                  |
| 18 | 100      | 88,7917        | 11,2083                 | 125,62666                   |
| 19 | 90       | 88,7917        | 1,2083                  | 1,45006                     |
| 20 | 97       | 88,7917        | 8,2083                  | 67,37668                    |
| 21 | 77       | 88,7917        | -11,7917                | 139,04348                   |
| 22 | 85       | 88,7917        | -3,7917                 | 14,37676                    |
| 23 | 73       | 88,7917        | -15,7917                | 249,37684                   |
| 24 | 57       | 88,7917        | -31,7917                | 1010,71028                  |
|    | 2131     |                |                         | 20331,71028                 |

$$n = 24$$

$$\sigma_n = 29,10609$$

$$\bar{R}_{24} = 88,79167$$

Tabel 4.6 Design Rain Fall Metode Gumbel I

| Kala ulang | $S_n$ | $Y_n$ | $Y_t$  | $\bar{R}_t = R_{24} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \sigma_n$ |
|------------|-------|-------|--------|-------------------------------------------------------|
| 2          | 1,08  | 0,529 | 0,3665 | 84,41228                                              |
| 5          |       |       | 1,4999 | 114,95751                                             |
| 10         |       |       | 2,2502 | 135,17816                                             |
| 25         |       |       | 3,1985 | 160,73493                                             |
| 50         |       |       | 3,9019 | 179,69163                                             |

Harga berturut-turut  $S_n$ ,  $Y_n$ , dan  $Y_t$  terdapat dalam lampiran B-2.

#### 4.3 Debit Banjir Rencana

Untuk dapat menghitung debit banjir rencana dengan metode Hidrograf satuan diperlukan data-data antara lain :

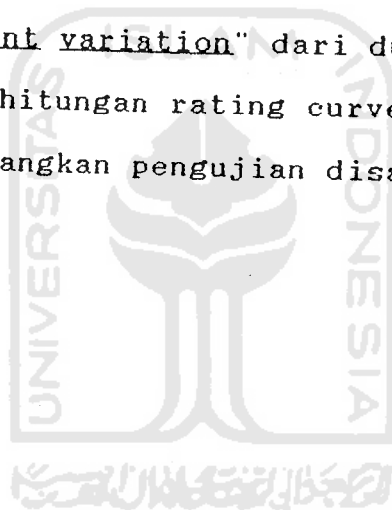
- 1) hidrograf (Hasil pengukuran tinggi muka air waktu banjir)
- 2) hujan jam-jaman
- 3) luas daerah aliran
- 4) hujan rencana (telah diuraikan di atas)
- 5) hubungan antara muka air dan debit.

#### 4.3.1 Discharge Rating Curve

Rating Curve dihitung berdasarkan pengukuran tinggi muka air dan debit pada bulan Januari sampai dengan bulan Maret tahun 1980. Ada berbagai cara untuk mendapatkan persamaan garis rating curve, cara yang digunakan perlu diuji dengan uji kecocokan, hal ini akan mendapatkan persamaan yang baik.

##### 1) Metode Korelasi

Metode ini mempertimbangkan variasi-variasi yang saling berhubungan "joint variation" dari dua pengamatan atau pengukuran. Perhitungan rating curve ditunjukkan pada tabel 4.7, sedangkan pengujian disajikan pada tabel 4.8.



Tabel 4.7 Perhitungan Rating Curve Metode Korelasi

| No | 1    | 2     | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8    | 9      |
|----|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|
| 1  | 0,16 | 0,22  | -0,796 | -0,658 | -0,432 | -1,349 | 0,583  | 0,19 | 1,819  |
| 2  | 0,18 | 0,30  | -0,744 | -0,528 | -0,381 | -1,219 | 0,464  | 0,15 | 1,484  |
| 3  | 0,22 | 0,57  | -0,658 | -0,024 | -0,293 | -0,931 | 0,273  | 0,09 | 0,868  |
| 4  | 0,24 | 0,88  | -0,620 | -0,055 | -0,257 | -0,747 | 0,191  | 0,07 | 0,558  |
| 5  | 0,26 | 0,92  | -0,585 | -0,035 | -0,221 | -0,727 | 0,160  | 0,05 | 0,529  |
| 6  | 0,27 | 1,17  | -0,569 | 0,068  | -0,205 | -0,623 | 0,128  | 0,04 | 0,389  |
| 7  | 0,28 | 1,85  | -0,552 | 0,267  | -0,190 | -0,424 | 0,080  | 0,04 | 0,180  |
| 8  | 0,30 | 3,23  | -0,522 | 0,510  | -0,160 | -0,181 | 0,029  | 0,03 | 0,032  |
| 9  | 0,35 | 3,42  | -0,455 | 0,534  | -0,092 | -0,157 | 0,014  | 0,01 | 0,024  |
| 10 | 0,37 | 4,86  | -0,431 | 0,687  | -0,069 | -0,004 | 0,000  | 0,00 | 0,000  |
| 11 | 0,40 | 5,73  | -0,398 | 0,759  | -0,034 | 0,068  | -0,002 | 0,00 | 0,004  |
| 12 | 0,43 | 6,23  | -0,367 | 0,794  | -0,002 | 0,103  | -0,000 | 0,00 | 0,010  |
| 13 | 0,45 | 6,27  | -0,347 | 0,798  | 0,017  | 0,107  | 0,001  | 0,00 | 0,011  |
| 14 | 0,49 | 7,46  | -0,310 | 0,872  | 0,053  | 0,181  | 0,010  | 0,00 | 0,032  |
| 15 | 0,51 | 9,31  | -0,292 | 0,967  | 0,071  | 0,279  | 0,020  | 0,01 | 0,078  |
| 16 | 0,57 | 11,90 | -0,240 | 1,075  | 0,123  | 0,384  | 0,048  | 0,02 | 0,148  |
| 17 | 0,59 | 12,96 | -0,230 | 1,112  | 0,134  | 0,421  | 0,057  | 0,02 | 0,178  |
| 18 | 0,65 | 13,65 | -0,188 | 1,135  | 0,177  | 0,444  | 0,079  | 0,03 | 0,198  |
| 19 | 0,72 | 17,75 | -0,140 | 0,125  | 0,223  | 0,559  | 0,125  | 0,05 | 0,311  |
| 20 | 0,74 | 19,06 | -0,130 | 1,280  | 0,232  | 0,590  | 0,138  | 0,05 | 0,347  |
| 21 | 0,75 | 18,94 | -0,124 | 1,278  | 0,239  | 0,587  | 0,140  | 0,06 | 0,343  |
| 22 | 0,82 | 27,55 | -0,087 | 0,144  | 0,278  | 0,750  | 0,208  | 0,08 | 0,561  |
| 23 | 0,95 | 37,36 | -0,022 | 1,572  | 0,341  | 0,881  | 0,300  | 0,12 | -0,777 |
| 24 | 1,21 | 50,53 | -0,082 | 1,703  | 0,447  | 1,012  | 0,451  | 0,20 | 0,025  |
|    |      |       | -8,727 | 16,587 |        |        | 0,500  | 1,28 | 9,908  |

$$1 : H$$

$$2 : Q$$

$$3 : X = \text{Log } H$$

$$4 : Y = \text{Log } Q$$

$$5 : X - \bar{X}$$

$$6 : Y - \bar{Y}$$

$$7 : (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})$$

$$8 : (X - \bar{X})^2$$

$$9 : (Y - \bar{Y})^2$$

$$\bar{X} = \frac{-8,73622}{24} = -0,36359$$

$$\bar{Y} = \frac{16,58601}{24} = 0,69108$$

Rumus umum :

$$Q = a H^n + b$$

$$\log (Q - b) = \log a + n \log H$$

harga  $h_n = 0$  maka  $b = 0$

$$Q = a N^n$$

$$r = \frac{3,49909}{\sqrt{1,27738 \times 9,90791}}$$

$$= 0,98357$$

$$\sigma_x = \frac{1,90791}{24}$$

$$= 0,23070$$

$$\sigma_y = \frac{9,90791}{24}$$

$$= 0,64252$$

$$\sigma_y / \sigma_x = 2,78508$$

$$R_{yx} = r \times \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

$$= 0,98357 \cdot 2,78508$$

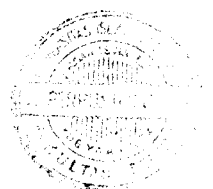
$$= 2,73932$$

$$Y - 0,69108 = 2,73932 (x + 0,36359)$$

$$Y = 2,73932x + 1,68707$$

$$\log Q = 2,73932 \log H + \log 48,64856$$

$$Q = 48,64856 H^{2,73932}$$



Tabel 4.8 Pengujian Chi Kwadrat

| No | H     | Q      | $Q_t = 48,64856H^{2,73932}$ | $(Q - Q_t)^2$ |
|----|-------|--------|-----------------------------|---------------|
| 1  | 0,160 | 0,220  | 0,32129                     | 0,01026       |
| 2  | 0,180 | 0,297  | 0,44363                     | 0,02150       |
| 3  | 0,220 | 0,575  | 0,76870                     | 0,03752       |
| 4  | 0,240 | 0,880  | 0,97560                     | 0,00914       |
| 5  | 0,260 | 0,921  | 1,21477                     | 0,08630       |
| 6  | 0,270 | 1,168  | 1,34708                     | 0,03207       |
| 7  | 0,280 | 1,846  | 1,48819                     | 0,12803       |
| 8  | 0,300 | 3,235  | 1,79779                     | 0,06559       |
| 9  | 0,350 | 3,425  | 2,74237                     | 0,46598       |
| 10 | 0,370 | 4,857  | 3,19328                     | 2,76798       |
| 11 | 0,400 | 5,731  | 3,95353                     | 3,15940       |
| 12 | 0,430 | 6,228  | 4,81973                     | 1,98322       |
| 13 | 0,450 | 6,272  | 5,45894                     | 0,66107       |
| 14 | 0,490 | 7,457  | 6,89315                     | 0,31792       |
| 15 | 0,510 | 9,313  | 7,69150                     | 2,92926       |
| 16 | 0,575 | 11,896 | 10,68374                    | 1,46957       |
| 17 | 0,590 | 12,962 | 11,46464                    | 2,24209       |
| 18 | 0,650 | 13,650 | 14,94789                    | 1,68451       |
| 19 | 0,725 | 17,755 | 20,16003                    | 5,78415       |
| 20 | 0,740 | 19,059 | 21,32327                    | 5,12692       |
| 21 | 0,750 | 18,942 | 22,12192                    | 10,11189      |
| 22 | 0,820 | 27,550 | 28,24740                    | 0,48637       |
| 23 | 0,950 | 37,363 | 42,27152                    | 24,09253      |
| 24 | 1,210 | 50,536 | 82,00600                    | 990,36068     |
|    |       |        | 296,33596                   | 1055,73494    |

$$\chi^2 = \frac{\sum (Q - Q_t)^2}{\sum Q_t}$$

$$\chi^2 = \frac{1005,73494}{296,33596} = 3,56263$$

## 2) Metode Logaritmis

Data debit dan tinggi muka air diplotkan pada kertas milimeter didapatkan harga  $H_0$  (tinggi muka air pada saat debit sama dengan nol) sebesar 0,123 m. Perhitungan rating curve ditunjukkan pada tabel 4.9 pengujian disajikan pada tabel 4.10 sedangkan grafik rating curve sungai disajikan pada gambar 4.1.



Tabel 4.9 Perhitungan Discharge Rating Curve dengan cara Logaritmis

| No | H    | Q     | H-H <sub>0</sub> | Log Q<br>(Y) | Log H-H <sub>0</sub><br>(X) | (X).(y) | X <sup>2</sup> | Y <sup>2</sup> |
|----|------|-------|------------------|--------------|-----------------------------|---------|----------------|----------------|
| 1  | 0,16 | 0,22  | 0,038            | -0,628       | - 1,431                     | 0,941   | 2,050          | 0,432          |
| 2  | 0,18 | 0,30  | 0,058            | -0,528       | - 1,244                     | 0,657   | 1,548          | 0,278          |
| 3  | 0,22 | 0,57  | 0,098            | -0,240       | - 1,013                     | 0,243   | 1,027          | 0,058          |
| 4  | 0,24 | 0,88  | 0,118            | -0,055       | - 0,931                     | 0,051   | 0,868          | 0,003          |
| 5  | 0,26 | 0,92  | 0,138            | -0,035       | - 0,863                     | 0,030   | 0,745          | 0,001          |
| 6  | 0,27 | 1,17  | 0,148            | 0,068        | - 0,832                     | -0,057  | 0,693          | 0,004          |
| 7  | 0,28 | 1,85  | 0,158            | 0,267        | - 0,804                     | -0,214  | 0,647          | 0,070          |
| 8  | 0,30 | 3,23  | 0,178            | 0,510        | - 0,752                     | -0,383  | 0,565          | 0,260          |
| 9  | 0,35 | 3,42  | 0,228            | 0,534        | - 0,644                     | -0,344  | 0,415          | 0,285          |
| 10 | 0,37 | 4,86  | 0,248            | 0,687        | - 0,608                     | -0,469  | 0,369          | 0,471          |
| 11 | 0,40 | 5,73  | 0,278            | 0,759        | - 0,558                     | -0,422  | 0,310          | 0,574          |
| 12 | 0,43 | 6,23  | 0,308            | 0,794        | - 0,512                     | -0,408  | 0,263          | 0,630          |
| 13 | 0,45 | 6,27  | 0,328            | 0,798        | - 0,485                     | -0,388  | 0,236          | 0,635          |
| 14 | 0,49 | 7,46  | 0,368            | 0,072        | - 0,435                     | -0,380  | 0,189          | 0,761          |
| 15 | 0,51 | 9,31  | 0,368            | 0,970        | - 0,412                     | -0,400  | 0,170          | 0,940          |
| 16 | 0,57 | 11,90 | 0,452            | 1,075        | - 0,344                     | -0,370  | 0,119          | 1,157          |
| 17 | 0,59 | 12,96 | 0,468            | 1,112        | - 0,330                     | -0,368  | 0,109          | 1,239          |
| 18 | 0,65 | 13,65 | 0,528            | 1,135        | - 0,279                     | -0,315  | 0,077          | 1,289          |
| 19 | 0,72 | 17,75 | 0,602            | 1,250        | - 0,220                     | -0,275  | 0,049          | 1,560          |
| 20 | 0,74 | 19,06 | 0,618            | 1,280        | - 0,210                     | -0,269  | 0,044          | 1,639          |
| 21 | 0,75 | 18,94 | 0,628            | 1,278        | - 0,202                     | -0,260  | 0,041          | 1,631          |
| 22 | 0,82 | 27,55 | 0,698            | 1,440        | - 0,157                     | -0,225  | 0,025          | 2,073          |
| 23 | 0,95 | 37,36 | 0,828            | 1,572        | - 0,130                     | -0,130  | 0,007          | 2,472          |
| 24 | 1,21 | 50,54 | 0,088            | 1,703        | 0,037                       | -0,061  | 0,001          | 2,902          |
|    |      |       |                  | 16,586       | -13,317                     | -3,640  | 10,568         | 21,370         |

$$\Sigma(y) - n \log C_1 - C_2 \Sigma(x) = 0$$

$$\Sigma(xy) - \Sigma(x) \log C_1 - C_2 \Sigma x^2 = 0$$

$$16,568 - 24 \log C_1 + 13,3175 C_2 = 0$$

$$-3,6391 + 13,3175 \log C_1 - 5681 C_2 = 0$$

$$16,568 - 24 \log C_1 + 13,3175 C_2 = 0$$

$$-6,5582 + 24 \log C_1 - 19,0452 C_2 = 0$$

$$10,0278 - 5,7277 C_2$$

$$C_2 = 1,7508$$

$$C_1 = 45,9802$$

$$Q = 45,9802 (H-0,123)^{1,7508}$$

Untuk mengetahui erat hubungan antara dua variabel.

$$\begin{aligned} r &= \frac{n \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{\sqrt{(n (\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2) (n (\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2)}} \\ &= \frac{24 \cdot (3,6391 - 16,3175 \cdot (-13,3175))}{\sqrt{(24 \cdot 10,5681 - (-13,3175)^2) (24 \cdot 21,3700 - 16,586^2)}} \\ &= 0,9650 \end{aligned}$$

Selanjutnya ditest terhadap nilai r.

$$\begin{aligned} t_r &= \frac{0,9650 \cdot \sqrt{24-2}}{1 - 0,965^2} \\ &= 17,2602 \end{aligned}$$

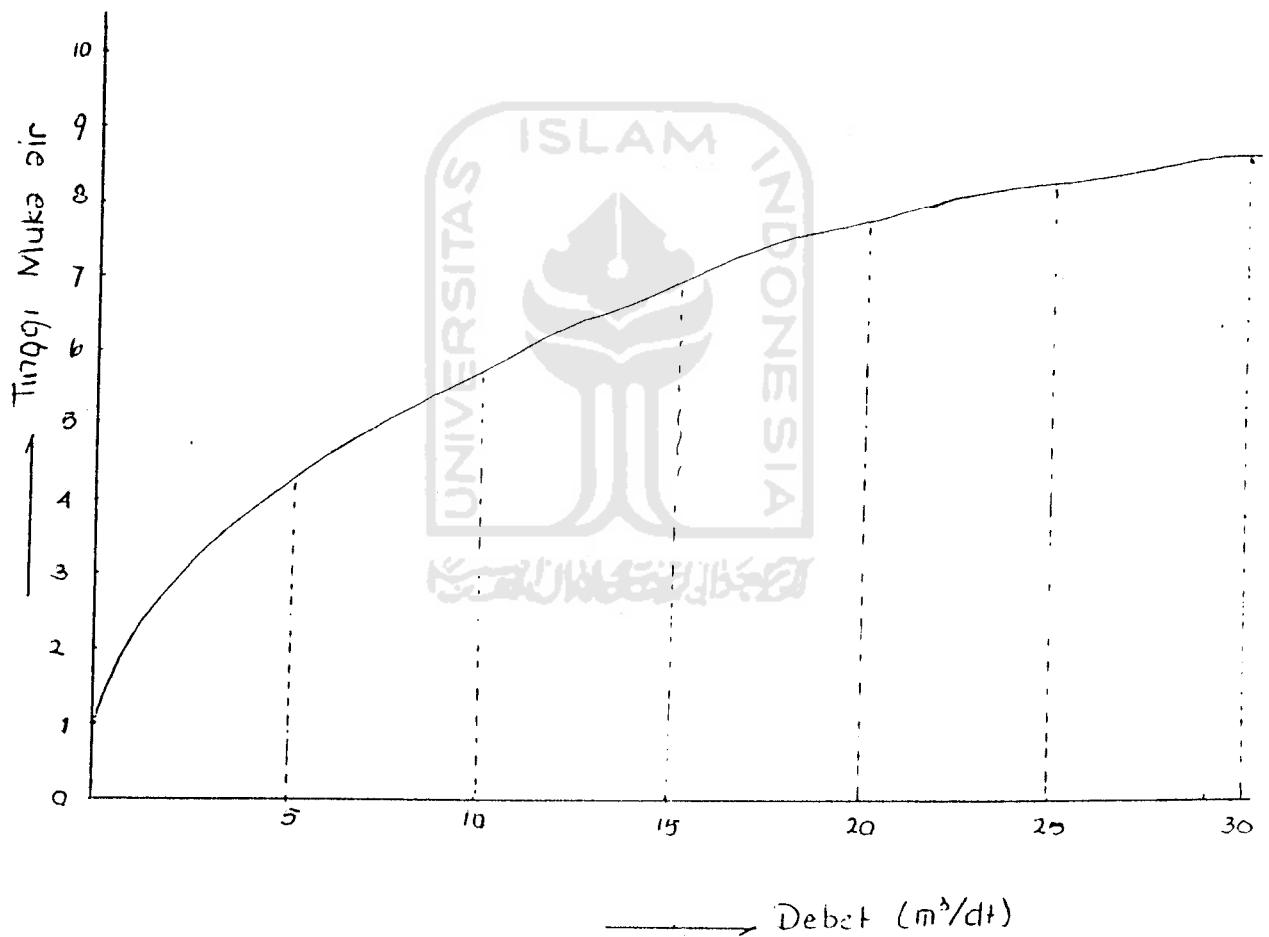
Tabel 4.10 Uji Kecocokan Chi Kwadrat

| No | H     | Q      | Qt $Q=45,9802$<br>$(H-0,123)1,7508$ | $(Q-Q_t)^2$ | $\frac{(Q - Q_t)^2}{Q_t}$ |
|----|-------|--------|-------------------------------------|-------------|---------------------------|
| 1  | 0,160 | 0,220  | 0,1431                              | 0,0059      | 0,0413                    |
| 2  | 0,180 | 0,297  | 0,3050                              | 0,0001      | 0,0002                    |
| 3  | 0,220 | 0,575  | 0,7738                              | 0,0395      | 0,0511                    |
| 4  | 0,240 | 0,880  | 1,0744                              | 0,0378      | 0,0352                    |
| 5  | 0,260 | 0,921  | 1,4163                              | 0,2453      | 0,1732                    |
| 6  | 0,270 | 1,168  | 1,6022                              | 0,1885      | 0,1177                    |
| 7  | 0,280 | 1,846  | 1,7978                              | 0,0023      | 0,0013                    |
| 8  | 0,300 | 3,235  | 2,2178                              | 1,0347      | 0,4665                    |
| 9  | 0,350 | 3,425  | 3,4285                              | 0,0000      | 0,0000                    |
| 10 | 0,370 | 4,857  | 4,4285                              | 0,7785      | 0,1959                    |
| 11 | 0,400 | 5,731  | 5,5859                              | 0,7620      | 0,1568                    |
| 12 | 0,430 | 6,228  | 6,4959                              | 0,1694      | 0,0291                    |
| 13 | 0,450 | 6,272  | 7,9504                              | 0,0501      | 0,0077                    |
| 14 | 0,490 | 7,457  | 8,7244                              | 0,2434      | 0,0306                    |
| 15 | 0,510 | 9,313  | 9,3130                              | 0,3404      | 0,0397                    |
| 16 | 0,575 | 11,896 | 11,4495                             | 0,1994      | 0,0174                    |
| 17 | 0,590 | 12,963 | 12,1230                             | 0,6068      | 0,0501                    |
| 18 | 0,650 | 13,650 | 14,4802                             | 1,7694      | 0,1181                    |
| 19 | 0,725 | 17,755 | 18,4099                             | 1,3338      | 0,7005                    |
| 20 | 0,740 | 19,059 | 19,7425                             | 0,4672      | 0,0237                    |
| 21 | 0,750 | 18,942 | 20,3061                             | 1,8608      | 0,0916                    |
| 22 | 0,820 | 27,550 | 24,4401                             | 9,9162      | 0,4057                    |
| 23 | 0,950 | 37,363 | 32,9716                             | 19,2844     | 0,5849                    |
| 24 | 1,210 | 50,536 | 53,2110                             | 7,1556      | 0,1345                    |
|    |       |        |                                     |             | 2,8428                    |

$$\chi^2 = \sum \frac{(Q - Q_t)^2}{Q_t}$$

$$\chi^2 = 2,8428$$

Perhitungan selanjutnya dipakai discharge rating curve cara logaritmis karena mempunyai derajat kepercayaan 99% juga mempunyai nilai Chi Kwadrat lebih kecil.



Gambar 4.1 Hubungan Antara Tinggi Muka Air dan Debit

#### 4.3.2 Hujan Efektif

Hujan efektif adalah hujan yang jatuh di daerah aliran sungai dikurangi kehilangan air. Kehilangan air yang terbesar berupa infiltrasi. Sedangkan perhitungan infiltrasi dengan metode indeks  $\phi$ . Metode indeks  $\phi$  mengasumsikan bahwa besarnya kehilangan hujan dari jam ke jam adalah sama sehingga kelebihan dari curah hujan akan sama dengan volume dari hidrograf aliran perhitungan infiltrasi dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.11 Hidrograf Tanggal 21 Februari 1980

| Jam | Debit Aliran<br>$\text{m}^3/\text{dt}$ | Base Flow<br>$\text{m}^3/\text{dt}$ | Run Off<br>$\text{m}^3/\text{dt}$ | Ordinat<br>Hidrograf |
|-----|----------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| 0   | 4,2607                                 | 4,2607                              | 0,0000                            | 0,0000               |
| 1   | 43,3566                                | 4,5552                              | 38,8014                           | 2,0928               |
| 2   | 162,5479                               | 4,8581                              | 157,6899                          | 8,5054               |
| 3   | 146,3111                               | 5,1693                              | 141,1419                          | 7,6128               |
| 4   | 84,6426                                | 5,4887                              | 79,1539                           | 4,2694               |
| 5   | 53,2110                                | 5,8164                              | 47,3946                           | 2,5563               |
| 6   | 33,6728                                | 6,1521                              | 27,5206                           | 1,4844               |
| 7   | 27,5918                                | 6,4959                              | 21,0959                           | 1,1379               |
| 8   | 24,7479                                | 6,8477                              | 17,9002                           | 0,9655               |
| 9   | 21,7448                                | 7,2074                              | 14,5374                           | 0,7841               |
| 10  | 19,4632                                | 7,5750                              | 11,8882                           | 0,6412               |
| 11  | 18,0927                                | 7,9504                              | 10,1423                           | 0,5470               |
| 12  | 17,0272                                | 8,3335                              | 8,6937                            | 0,4689               |

Tabel 4.11 Hidrograf Tanggal 21 Februari 1980 (Lanjutan)

| Jam | Debit Aliran<br>m <sup>3</sup> /dt | Base Flow<br>m <sup>3</sup> /dt | Run Off<br>m <sup>3</sup> /dt | Ordinat<br>Hidrograf |
|-----|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 13  | 15,9897                            | 8,7244                          | 7,2653                        | 0,3919               |
| 14  | 14,9802                            | 9,1228                          | 5,8573                        | 0,3159               |
| 15  | 14,2417                            | 9,5290                          | 4,7126                        | 0,2542               |
| 16  | 13,5192                            | 9,9427                          | 3,3765                        | 0,1821               |
| 17  | 13,0466                            | 10,3639                         | 2,6827                        | 0,1447               |
| 18  | 12,5812                            | 10,7926                         | 1,7886                        | 0,0965               |
| 19  | 12,1230                            | 11,2287                         | 0,8943                        | 0,0482               |
| 20  | 12,6722                            | 11,6722                         | 0,0000                        | 0,0000               |

Tabel 4.12 Perhitungan Infiltrasi Metode Indeks  $\phi$ 

| Jam      | Curah<br>Hujan | Keterangan                                                                          |
|----------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | 2,94           | Volume run off = 2169134,28 m <sup>3</sup>                                          |
| 2        | 25,28          | Tabel run off = volume run off/catchment area                                       |
| 3        | 10,28          | = 2169134,27/177 x 10 <sup>6</sup> = 18,54 mm                                       |
| 4        | 4,18           | Trial I (t = 3 jam)                                                                 |
| 5        | 1,83           | 39,46 - 18,54                                                                       |
|          |                | $\phi = \frac{39,46 - 18,54}{3} = 6,973$                                            |
| $\Sigma$ | 44,510         | Kontrol = (25,28 - 6,973) + (10,28 - 6,973) + (4,18 - 6,973) = 21,617 mm > 18,54 mm |
|          |                | Trial II (t = 2 jam)                                                                |
|          |                | 35,56 - 18,54                                                                       |
|          |                | $\phi = \frac{35,56 - 18,54}{2} = 8,51 \text{ mm}$                                  |
|          |                | Kontrol = (25,28 - 8,51) + (10,28 - 8,51) = 18,54 mm Bisa dipakai !                 |

Distribusi hujan jam-jaman untuk hujan rencana mengikuti distribusi hujan tanggal 21 Februari 1980. Sedangkan perhitungan prosentase hujan jam-jaman pada stasiun Pidekso sebagai berikut :

Jam 1        6,605 %  
 Jam 2        56,796 %  
 Jam 3        23,096 %  
 Jam 4        9,391 %  
 Jam 5        4,111 %

Besarnya distribusi hujan dapat dilihat pada tabel 4.13 sedangkan untuk perhitungan besarnya hujan efektif disajikan pada tabel 4.14.

Tabel 4.13 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman

| Periode<br>Ulang | Hujan<br>Rencana | 1       | 2        | 3       | 4       | 5      |
|------------------|------------------|---------|----------|---------|---------|--------|
| Jam              |                  |         |          |         |         |        |
| 2                | 84,413           | 5,5757  | 47,9434  | 19,4960 | 7,9375  | 3,4706 |
| 5                | 114,957          | 7,5932  | 65,2912  | 26,5504 | 10,7958 | 4,7264 |
| 10               | 135,178          | 8,9289  | 76,7760  | 31,2206 | 12,6948 | 5,5578 |
| 25               | 160,178          | 10,5802 | 90,9751  | 36,9946 | 15,0426 | 6,5858 |
| 50               | 179,692          | 11,8691 | 102,0283 | 40,5015 | 16,8751 | 7,3876 |

Tabel 4.14 Perhitungan Hujan Efektif

| Periode Ulang | 2       | 5       | 10      | 25      | 50      |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Jam           |         |         |         |         |         |
| 1             | 0,0000  | 0,0000  | 0,4189  | 2,0702  | 3,3591  |
| 2             | 39,4344 | 56,7812 | 68,2660 | 82,4510 | 93,5483 |
| 3             | 10,9860 | 18,0403 | 22,7106 | 28,4846 | 32,9915 |
| 4             | 0,0000  | 2,7958  | 4,1848  | 6,5326  | 8,3651  |
| 5             | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  |

#### 4.3.3 Banjir Rencana Metode Hidrograf Satuan Pengamatan

Dari pengamatan tinggi muka air dengan pesawat otomatik water level record dipilih salah satu hidrograf yang mempunyai debit puncak tunggal. Ternyata hidrograf tersebut adalah hidrograf yang terjadi pada tanggal 21 Februari 1980. Dari hidrograf tersebut disusun suatu koordinat hidrograf satuan pengamatan. Perhitungan koordinat hidrograf satuan diperlihatkan pada tabel 4.11.

Penggunaan perhitungan dengan metode hidrograf satuan pengamatan, menyesuaikan data yang ada. Perhitungan Design Flood disajikan pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perhitungan Design Flood Metode Hidrograf Satuan

| Jam ke | Ordinat Uni Hdgrf | 2 Tahunan | 5 Tahunan | 10 Tahunan | 25 Tahunan | 50 Tahunan |
|--------|-------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 0      | 0,0000            | 0,0000    | 0,0000    | 0.0000     | 0,0000     | 0,0000     |
| 1      | 2,0928            | 82,5262   | 118,8317  | 0.8767     | 4,3325     | 7,0299     |
| 2      | 8,5054            | 358,3883  | 520,3883  | 146.4306   | 190,1613   | 224,3484   |
| 3      | 7,6128            | 393,6389  | 591,5549  | 631.3474   | 776,6513   | 890,2825   |
| 4      | 4,2694            | 251,9912  | 403,5382  | 723.4045   | 892,4658   | 1024,6182  |
| 5      | 2,5563            | 147,7072  | 243,4549  | 501.0103   | 629,7183   | 730,2882   |
| 6      | 1,4844            | 86,6185   | 142,3388  | 303.9489   | 385,1860   | 448,6595   |
| 7      | 1,1379            | 61,1789   | 98,6094   | 177.7324   | 225,4514   | 262,7355   |
| 8      | 0,9655            | 50,5739   | 79,5004   | 122.4935   | 154,8016   | 180,6481   |
| 9      | 0,7841            | 41,5267   | 65,1214   | 98.2936    | 123,3393   | 142,9129   |
| 10     | 0,6412            | 33,8988   | 53,2528   | 80.4849    | 100,9126   | 116,8770   |
| 11     | 0,5470            | 28,6143   | 44,8189   | 65.1212    | 82,6420    | 95,7657    |
| 12     | 0,4689            | 24,4997   | 38,2854   | 55.3813    | 69,4580    | 80,4592    |
| 13     | 0,3919            | 20,6053   | 32,2410   | 47.2801    | 59,2424    | 68,5913    |
| 14     | 0,3159            | 16,7624   | 26,3181   | 39.8239    | 49,8963    | 57,7681    |
| 15     | 0,2542            | 13,4944   | 21,2284   | 32.5343    | 40,7988    | 47,2576    |
| 16     | 0,1821            | 9,9735    | 15,8089   | 26.2438    | 32,8944    | 38,0920    |
| 17     | 0,1447            | 7,7066    | 12,2121   | 19.5869    | 24,6183    | 28,5502    |
| 18     | 0,0965            | 5,3950    | 8,5989    | 15.1179    | 18,9781    | 21,9948    |
| 19     | 0,0482            | 2,9608    | 4,8823    | 10.6561    | 13,3676    | 15,4865    |
| 20     | 0,0000            | 0,5295    | 1,1393    | 6.0875     | 7,6682     | 8,9031     |
|        |                   | 0,0000    | 0,1349    | 1.4985     | 2,0034     | 2,3974     |
|        |                   |           | 0,0000    | 0.2017     | 0,3149     | 0,4032     |
|        |                   |           |           | 0.0000     | 0,0000     | 0,0000     |

. bpon

#### 4.4 Debit Dominan

Debit dominan (*dominant discharge*) ini dihitung dengan memperhatikan frekwensi debit maupun besar dari angkutan sedimen (*sediment transport*) khusus angkutan sedimen dasar (*bed load*), ataupun urutan perhitungan adalah sebagai berikut :

##### 4.4.1 Transportasi Sedimen Metode M.P.M

Formula dari Meyer, Peter dan Muller, didasarkan atas sejumlah percobaan-percobaan pada flume yang besar dengan menggunakan butir-butir sedimen yang besar, berkisar  $0,40 \text{ mm} < D < 30 \text{ mm}$ .

Karena pada kenyataannya angkutan bed material dari sungai pada bagian tengah dan bawah, berkisar antara  $0,40 \text{ mm}$  sampai  $30 \text{ mm}$ , maka penggunaan formula Meyer, Peter, Muller layak digunakan perhitungan bed load transport dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Perhitungan Transportasi Sediment Metode M.P.M

| No | h    | Q     | A     | R    | K      | $K_1$  | $\mu$ | Tb<br>kg/m dt | Qs<br>kg/dt |
|----|------|-------|-------|------|--------|--------|-------|---------------|-------------|
| 1  | 0,22 | 0,57  | 2,50  | 0,22 | 19,958 | 18,866 | 1,0   | 0,00026       | 0,00291     |
| 2  | 0,24 | 0,88  | 2,86  | 0,24 | 25,195 | 19,032 | 1,0   | 0,00045       | 0,00534     |
| 3  | 0,30 | 3,32  | 5,67  | 0,30 | 40,225 | 19,599 | 1,0   | 0,00065       | 0,01225     |
| 4  | 0,35 | 3,41  | 7,14  | 0,35 | 30,544 | 19,157 | 1,0   | 0,00070       | 0,01425     |
| 5  | 0,40 | 5,73  | 8,92  | 0,40 | 37,391 | 20,485 | 1,0   | 0,00212       | 0,02711     |
| 6  | 0,59 | 12,96 | 11,33 | 0,59 | 35,682 | 21,021 | 1,0   | 0,00270       | 0,07473     |
| 7  | 0,65 | 13,65 | 18,84 | 0,65 | 30,533 | 18,710 | 1,0   | 0,00259       | 0,07496     |
| 8  | 0,74 | 19,06 | 24,88 | 0,74 | 29,610 | 19,235 | 1,0   | 0,00393       | 0,13206     |
| 9  | 0,75 | 18,94 | 28,29 | 0,75 | 25,650 | 20,636 | 1,0   | 0,00407       | 0,15337     |
| 10 | 0,82 | 27,55 | 32,44 | 0,82 | 28,060 | 18,754 | 1,0   | 0,00427       | 0,18448     |
| 11 | 0,95 | 37,36 | 41,05 | 0,95 | 29,785 | 18,347 | 1,0   | 0,00564       | 0,24352     |

#### 4.4.2 Sedimen Rating Curve

Sediment Rating curve adalah hubungan antara debit sediment dengan debit aliran. Data-data yang harus ada dalam membuat sediment rating curve adalah debit pada saat yang bersamaan dengan debit tersebut diambil sample untuk data sediment. Adapun perhitungan sediment rating curve terdapat pada tabel 4.17 sedangkan gambar dapat dilihat pada lampiran B-2.

Tabel 4.17 Perhitungan Sediment Rating Curve

| No | Q<br>m <sup>3</sup> /dt | Qs<br>kg/dt | Log Q<br>x | x <sup>2</sup> | Log Qs<br>y | y <sup>2</sup> | LogQ, LogQs |
|----|-------------------------|-------------|------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| 1  | 0,57                    | 0,003       | -0,240     | 0,058          | -2,536      | 6,431          | 0,609       |
| 2  | 0,88                    | 0,005       | -0,055     | 0,003          | -2,272      | 5,164          | 0,126       |
| 3  | 3,23                    | 0,012       | 0,510      | 0,260          | -1,911      | 3,655          | -0,974      |
| 4  | 5,73                    | 0,027       | 0,759      | 0,574          | -1,567      | 2,455          | -1,188      |
| 5  | 12,96                   | 0,075       | 1,112      | 1,240          | -1,126      | 1,270          | -1,253      |
| 6  | 13,96                   | 0,075       | 1,150      | 1,310          | -1,125      | 1,266          | -1,288      |
| 7  | 19,06                   | 0,130       | 1,280      | 1,640          | -0,505      | 0,255          | -0,647      |
| 8  | 18,94                   | 0,153       | 1,277      | 1,631          | -0,814      | 0,663          | -1,010      |
| 9  | 27,55                   | 0,184       | 1,440      | 2,073          | -0,734      | 0,539          | -1,057      |
| 10 | 37,36                   | 0,243       | 1,572      | 2,472          | -0,613      | 0,376          | -0,964      |
| 11 | 3,42                    | 0,014       | 0,534      | 0,285          | -1,846      | 3,408          | -0,987      |

9,335 11,548 -11,053 26,484 -8,665

$$b = \frac{N \sum xy - \sum x - \sum y}{N \sum x^2 - (\sum y)^2} = \frac{11 - 0,66532 - (9,33464x - 14,05271)}{11 \cdot 11,54759 - 9,33464^2}$$

$$= 0,89884$$

$$\text{Log } a = \frac{\sum y - b x}{n} = \frac{-14,05271 - 0,89884 \cdot 9,33464}{11}$$

$$= -2,94027$$

$$Q_s = 0,00911 Q^{0,898884}$$

#### 4.4.3 Penentuan Besarnya Debit Dominan

Untuk dapat menghitung besarnya debit dominan harus ada frekwensi debit pada penampang sungai tersebut. Frekwensi debit tersebut diambil berdasarkan debit yang terkecil sampai besarnya debit banjir yang pernah terjadi. Perhitungan besarnya debit dominan disajikan pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perhitungan Debit Dominan

| No | H<br>(m) | Q<br>(m/dt) | Qs<br>(kg/dt) | T<br>(dt) | Qs x T<br>(kg) | Qs x T/H<br>(kg/m) |
|----|----------|-------------|---------------|-----------|----------------|--------------------|
| 1  | 0,4      | 4,8581      | 0,0377        | 3600      | 135,7821       | 339,4553           |
| 2  | 0,5      | 8,3335      | 0,0613        | 3600      | 220,5459       | 441,0918           |
| 3  | 0,6      | 12,5812     | 0,0888        | 3600      | 319,3699       | 532,2832           |
| 4  | 0,7      | 17,5565     | 0,1197        | 3600      | 430,8946       | 615,5637           |
| 5  | 0,8      | 23,2255     | 0,1639        | 3600      | 554,1219       | 692,6524           |
| 6  | 0,9      | 29,5561     | 0,1912        | 3600      | 688,2763       | 764,7514           |
| 7  | 1,0      | 36,5405     | 0,2313        | 3600      | 832,7318       | 832,7318           |
| 8  | 1,1      | 44,1447     | 0,2742        | 3600      | 986,9684       | 897,2440           |
| 9  | 1,2      | 52,3569     | 0,3196        | 3600      | 1150,5449      | 958,7874           |
| 10 | 1,3      | 61,1626     | 0,3675        | 3600      | 1323,0803      | 1017,7541          |
| 11 | 1,4      | 70,5488     | 0,4178        | 3600      | 1504,2413      | 1074,4581          |
| 12 | 1,5      | 80,5038     | 0,4705        | 3600      | 1693,7328      | 1129,1552          |
| 13 | 1,6      | 91,0169     | 0,5254        | 3600      | 1891,2908      | 1182,0557          |
| 14 | 1,7      | 102,0786    | 0,5824        | 3600      | 2096,6775      | 1233,3397          |
| 15 | 1,8      | 113,6898    | 0,6416        | 3600      | 2309,6772      | 1283,1540          |
| 16 | 1,9      | 125,8124    | 0,7028        | 3600      | 2530,0928      | 1233,6278          |
| 17 | 2,0      | 138,4689    | 0,7660        | 3600      | 2757,7431      | 1378,8716          |
| 18 | 2,1      | 151,6419    | 0,8312        | 3600      | 2992,4612      | 1424,9815          |
| 19 | 2,2      | 165,3251    | 0,8984        | 3600      | 3234,0923      | 1470,0420          |
| 20 | 2,3      | 179,5120    | 0,9674        | 3600      | 3482,4925      | 1514,1272          |
| 21 | 2,4      | 194,1968    | 1,0382        | 3600      | 3737,5272      | 1557,3030          |
| 22 | 2,5      | 209,3740    | 1,1109        | 3600      | 3999,0707      | 1599,6283          |
| 23 | 2,6      | 225,0388    | 1,1853        | 3600      | 4267,0047      | 1641,1557          |
| 24 | 2,7      | 241,1848    | 1,2614        | 3600      | 4541,2178      | 1681,9325          |
| 25 | 2,8      | 257,8087    | 1,3393        | 3600      | 4821,6051      | 1722,0018          |
| 26 | 2,9      | 274,9055    | 1,4189        | 3600      | 5108,0669      | 1761,4024          |

Tabel 4.18 Perhitungan Debit Dominan (Lanjutan)

| No | H<br>(m) | Q<br>(m/dt) | Qs<br>(kg/dt) | T<br>(dt) | Qs x T<br>(kg) | Qs x T/H<br>(kg/m) |
|----|----------|-------------|---------------|-----------|----------------|--------------------|
| 27 | 3,0      | 293,4710    | 1,5001        | 3600      | 5400,5029      | 1800,1697          |
| 28 | 3,1      | 310,5009    | 1,5930        | 3600      | 5698,8423      | 1838,3362          |
| 29 | 3,2      | 328,9913    | 1,6675        | 3600      | 6002,9811      | 1875,9316          |
| 30 | 3,3      | 347,9306    | 1,7536        | 3600      | 6312,8442      | 1912,9831          |
| 31 | 3,4      | 367,3390    | 1,8412        | 3600      | 6628,3542      | 1949,5159          |
| 32 | 3,5      | 387,1890    | 1,9304        | 3600      | 6949,4370      | 1985,5534          |
| 33 | 3,6      | 407,4854    | 2,0211        | 3600      | 7176,0215      | 2021,1171          |
| 34 | 3,7      | 428,2248    | 2,1133        | 3600      | 7608,0398      | 2056,2270          |
| 35 | 3,8      | 449,4042    | 2,2071        | 3600      | 7945,4264      | 2090,9017          |
| 36 | 3,9      | 471,0205    | 2,3023        | 3600      | 8288,1188      | 2125,1587          |
| 37 | 4,0      | 493,0708    | 2,3989        | 3600      | 8636,0565      | 2159,0141          |
| 38 | 4,1      | 515,5524    | 2,4970        | 3600      | 8989,1815      | 2192,4833          |
| 39 | 4,2      | 538,4624    | 2,5965        | 3600      | 8347,4376      | 2225,5804          |
| 40 | 4,3      | 561,7982    | 2,6974        | 3600      | 9710,7708      | 2258,3188          |
| 41 | 4,4      | 585,5574    | 2,7998        | 3600      | 10079,1291     | 2290,7112          |
| 42 | 4,5      | 609,7373    | 2,9035        | 3600      | 10452,4618     | 2322,7693          |
| 43 | 4,6      | 634,3356    | 3,0085        | 3600      | 10830,7204     | 2354,5044          |
| 44 | 4,7      | 659,3499    | 3,1150        | 3600      | 11213,8574     | 2385,9271          |
| 45 | 4,8      | 684,7779    | 3,2227        | 3600      | 11601,8273     | 2417,0474          |
| 46 | 4,9      | 710,6174    | 3,3318        | 3600      | 11994,5856     | 2447,8746          |
| 47 | 5,0      | 736,8663    | 3,4422        | 3600      | 12392,0894     | 2478,4179          |
| 48 | 5,1      | 763,5224    | 3,5540        | 3600      | 12794,2969     | 2508,6857          |
| 49 | 5,2      | 790,5837    | 3,6670        | 3600      | 13201,1677     | 2538,6861          |
| 50 | 5,3      | 818,0482    | 3,7813        | 3600      | 13612,4268     | 2568,4268          |

300483,4364 86201,5577

$$H_d = \frac{\frac{\sum Q_s T}{H}}{\frac{\sum Q_s T}{H}}$$

$$= \frac{300843,4364}{86201,5577} = 3,49 \text{ m}$$

Harga  $H_d$  disubstitusikan pada persamaan

$$Q_d = 45,9802 (H_d - 0,123)^{1,7508}$$

$$Q_d = 385,1839 \text{ mt}^3/\text{dt}$$



## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Studi

Dari penelitian ini didapat hasil sebagai berikut :

- 1) Data hujan harian maksimum dari tahun 1959 s/d tahun 1982, setelah dihitung pada tabel 4.1 mendapatkan parameter statistik sebagai berikut :

$$N = 24 \text{ buah}$$

$$N_{24} = 88,79167 \text{ mm}$$

$$\sigma_n = 29,10609$$

$$C_v = 0,3278$$

$$C_s = 2,19094$$

- 2) Hasil pengujian chi kwadrat dari dua sebaran, log Person III dan Gumbel tipe I, perhitungan disajikan pada tabel 4.5 dan 4.6.

Gumbel Type I

$$x^2 = 17,1701$$

$$n = 21$$

angka signifikan = 5%

$$x_{cr}^2 = 32,671$$

Log Person III

$$x^2 = 33,7751$$

$$n = 21$$

angka signifikan = 5%

$$x_{cr}^2 = 32,671$$

3) Design rain fall metode Gumbel, perhitungan secara lengkap pada tabel 4.7, adapun hasilnya sebagai berikut :

$$R_2 = 84,41228 \text{ mm}$$

$$R_5 = 144,98751 \text{ mm}$$

$$R_{10} = 135,17816 \text{ mm}$$

$$R_{25} = 160,73493 \text{ mm}$$

$$R_{50} = 179,69163 \text{ mm}$$

4) Discharge rating curve dihitung dengan dua cara, yaitu dengan cara korelasi dan cara logaritmis. Perhitungan secara analitis berturut-turut terdapat pada tabel 4.7 dan tabel 4.9 sedangkan secara grafis terlihat pada gambar 4.1. Persamaan curve yang dihasilkan untuk cara korelasi  $Q = 48,64856 H^{2,78932}$  dan cara logaritmi  $Q = 45,9802 (H - 0,123)^{1,7508}$

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap keduanya, cara korelasi mempunyai harga Chi Kwadrat ( $x^2$ ) = 3,56263, sedangkan cara logaritmis mempunyai harga chi kwadrat ( $x^2$ ) = 2,8428.

5) Besarnya hujan efektif dengan metode indek  $\phi$  dapat dilihat pada tabel 4.14.

6) Hasil perhitungan design flood dengan metode Hidrograf Satuan. Pengamatan disajikan dalam bentuk tabel, dapat dilihat pada tabel 4.15. Dan juga dibuat gambar pada lampiran C-3.

7) Perhitungan transportasi sedimen dengan rumus Meyer, Peter dan Muller, mendapatkan harga-harga yang

disajikan pada tabel 4.16.

- 8) Hasil dari perhitungan sedimen sebagaimana disajikan pada tabel 4.17 secara analitis mendapatkan persamaan curve.  $Q_s = 0,00911 Q^{0,89884}$ . Sedangkan gambar yang menyatakan hubungan antara debit sedimen dan akibat aliran dapat dilihat pada lampiran C-5.
- 9) Besarnya debit dominan dalam perhitungan yang disajikan pada tabel 4.18. Harga debit yang didapat sebesar  $Q_d = 347,94 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

## 5.2 Pembahasan

### 5.2.1 Parameter Statistik

Dari hasil perhitungan, parameter statistik diatas dimana nilai  $C_s = 2,19094$  dan  $C_v = 0,3278$  tersebut, tidak mempunyai ciri khas atau sifat khusus pada salah satu sebaran, maka sangat beralasan apabila memakai cara log Pearson Type III dan cara Gumbel type I.

### 5.2.2 Pengeplotan dan Pengujian

Data-data yang telah diplotkan pada kertas Gumbel type I dan kertas log Pearson type III kelihatan penyimpangan ataupun linieritas yang lebih halus pada kertas Gumbel tipe I dan juga mempunyai penyimpangan lebih kecil. Setelah diuji dengan uji chi kwadrat ternyata benar bahwa metode Gumbel type I mempunyai harga chi kwadrat lebih kecil dari pada chi kwadrat kritisnya.

### 5.2.3 Discharge Rating Curve

Dari gambar 4.1 curve yang dihasilkan sesuai dengan pengukuran di lapangan. Cara logaritmik mempunyai nilai chi kwadrat yang lebih kecil. Koefisien korelasi antara tinggi muka air dengan debit aliran cukup tinggi yaitu  $r = 0,9650$  dengan derajat kepercayaan 89,96%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran diatas cukup baik.

### 5.2.4 Sediment Rating Curve

Perhitungan rating curve berdasarkan data pengukuran lapangan disajikan pada tabel 4.17. Besarnya koefisien korelasi = 0,6238 dengan derajat kepercayaan 99,62%.

### 5.2.5 Debit Banjir dan Debit Dominan

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.18 besarnya debit dominan, mendekati besarnya debit banjir pada periode ulang 2 tahunan.





## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Data hujan suatu daerah mempunyai sebaran tertentu. Sehingga sebelum menetapkan metode yang dipakai perlu pengujian-pengujian terdahulu. Hal ini untuk menghindari kesalahan-kesalahan awal yang dibuat.
2. Secara grafis hubungan antara debit aliran ( $Q$ ) dengan debit transportasi sedimen ( $Q_s$ ) dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :
$$Q_s = 0,00991 Q^{0,89884}$$
Dengan koefisien korelasi  $r = 0,6234$  dan derajat kepercayaan 99,62%, persamaan ini berlaku untuk semua variasi debit.
3. Besar debit dominan pada daerah aliran sungai Bengawan Solo Hulu, stasiun Pidekso sesuai dengan debit rencana pada periode ulang 2 tahun.

#### 6.2 Saran-saran

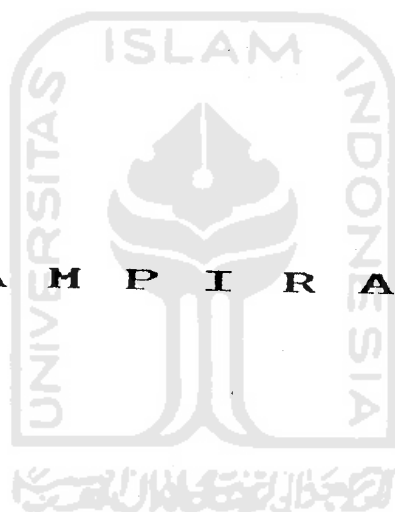
Studi ini dilakukan terhadap daerah aliran sungai Bengawan Solo Hulu, dengan data-data yang sangat terbatas. Untuk pengembangan selanjutnya dikemukakan saran-saran sebagai berikut :

1. Studi ini perlu dilanjutkan dengan didukung data-data yang lebih lengkap karena dalam studi ini hanya ada hujan jam-jaman pada satu stasiun saja.
2. Dengan jumlah data yang lebih panjang bisa dilakukan perhitungan ulang dengan menggunakan metode-metode perhitungan di atas dan dicoba dengan metode yang lain, sehingga mungkin akan mendapat hasil yang lebih akurat.
3. Penentuan besarnya infiltrasi bisa dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan metode indeks  $\phi$ , percobaan *ring infiltrometer* maupun *rain simulator*.
4. Penentuan besarnya transportasi sedimen dipilih dengan suatu metode yang sesuai dengan hasil pengukuran sedimen di lapangan. Saat ini belum ada pengukuran besarnya transportasi sedimen langsung di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- DITJEN PENGAIRAN, (1980), Cara Menghitung Design Flood, Departemen Pekerjaan Umum.
- D.P.M.A, (1981), Tikungan Sungai Dengan Keadaan : Hidrologis, Sediment Transport, Penggerusan, Pengendapan dan Kestabilan Tikungan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- D.P.U. (1979), Studi Hidrologi dan Pengukuran Hidrometri Waduk-waduk Kecil Di Bagian Bengawan Solo, Surakarta.
- ERSIN SEYHAN, (1983), Application of Statistical Methods To Hydrology, Institute of Earth Sciences Free University, Amsterdam.
- F. SCRAFT, (1971), Hidrological Statistic, Procedure No. 25 New Zealand.
- IMAM SUBARKAH, (1980), Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air, Idea Dharma, Surabaya.
- LINSLEY RK, (1989), Hidrologi Untuk Insinyur, Erlangga, Jakarta.
- MAMOK SUPRAPTO R, (1985), Hidrologi, Puslit UNS, Surakarta.
- MOCH. MEMED, (1969), Hidrologi Model Investigation, Direktorat Penyelidikan Masalah Air, Bandung.
- SRI HARTO BR, (1983), Mengenal Dasar Hidrologi Terapan, KMFT - UGM, Yogyakarta.
- SRI HARTO BR, (1987), Hidrograf Satuan Sintetik Gama I, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- SOEMARTO CD, (1987), Hidrologi Teknik, Usaha Nasional, Surabaya.
- SUYANTO, (1988), River Engineering I, Puslit UNS, Surakarta.
- SUNARDI WIJOYONO, (1986), Transportasi Sediment, Puslit, UNS, Surakarta.
- VEN TE CHOW, (1964), Handbook of Applied Hidrology, Mc Graw Hill, New York.
- YOESRON LOEBIS, (1984), Banjir Rencana Untuk Bangunan Air, Direktorat Penyelidikan Masalah Air, Bandung.

L A M P I R A N





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JUR. TEKNIK SIPIL  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

| No. | Nama          | No. Mhs. | N.I.R.M. | Bidang Studi |
|-----|---------------|----------|----------|--------------|
| 1   | AGUS SUMARWAN | 87310151 |          | H I D R O    |
| 2   | -             | -        |          | H I D R O    |

Dosen Pembimbing :

IR. ARYO NUGROHO, SU.

Asisten Dosen Pembimbing :

IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE.

1

2

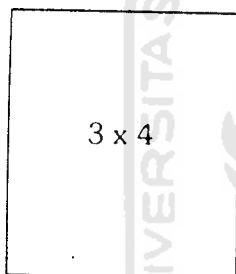
Yogyakarta, 09 Juli 1994

AN. Dekan,

KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL,



3 x 4



(IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE).

Lampiran A - 1.

Data Hujan Harian ( R )

24

| No | Tahun | J  | F  | M   | A   | M  | J  | J  | A  | S  | O  | N  | D  | Max |
|----|-------|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1  | 1959  | 62 | 51 | 63  | 62  | 21 | 22 | 24 | 0  | 21 | 1  | 28 | 78 | 78  |
| 2  | 1960  | 63 | 74 | 53  | 147 | 65 |    | 6  |    |    |    | 45 | 68 | 174 |
| 3  | 1961  | 53 | 51 | 189 | 42  | 46 | 10 |    |    |    | 19 |    | 44 | 189 |
| 4  | 1962  | 57 | 59 | 69  | 49  | 52 | 6  |    | 17 |    | 4  | 21 | 81 | 81  |
| 5  | 1963  | 91 | 38 | 67  | 26  | 11 | 5  |    |    |    |    | 11 | 18 | 91  |
| 6  | 1964  | 32 | 27 | 47  | 61  | 30 | 19 |    | 3  | 28 | 54 | 48 | 31 | 61  |
| 7  | 1965  | 79 | 54 | 51  | 42  | 13 |    | 27 |    |    |    | 44 | 84 | 84  |
| 8  | 1966  | 76 | 97 | 109 | 44  | 12 | 21 |    |    | 4  | 38 | 39 | 74 | 109 |
| 9  | 1967  | 79 | 41 | 76  | 43  | 64 |    |    |    |    |    | 6  | 40 | 79  |
| 10 | 1968  | 58 | 52 | 55  | 49  | 16 | 52 | 54 | 14 | 15 | 29 | 30 | 64 | 64  |
| 11 | 1969  | 42 | 62 | 49  | 39  | 4  | 14 |    |    |    | 20 | 11 | 57 | 62  |
| 12 | 1970  | 42 | 68 | 56  | 39  | 43 | 50 | 7  |    | 54 | 23 | 26 | 42 | 68  |
| 13 | 1971  | 46 | 56 | 63  | 53  | 64 | 16 | 7  |    |    | 30 | 73 | 46 | 73  |
| 14 | 1972  | 50 | 63 | 64  | 43  | 30 |    |    |    |    |    | 16 | 72 | 72  |
| 15 | 1973  | 43 | 95 | 69  | 34  | 82 | 80 | 6  | 43 | 24 | 78 | 79 | 44 | 95  |
| 16 | 1974  | 81 | 56 | 58  | 52  | 42 | 17 | 24 | 54 | 30 | 40 | 40 | 50 | 81  |
| 17 | 1975  | 66 | 56 | 124 | 52  | 31 |    | 4  |    | 44 | 48 | 53 | 26 | 124 |
| 18 | 1976  | 64 | 35 | 100 | 47  |    |    |    |    | 11 | 23 | 49 | 86 | 100 |
| 19 | 1977  | 89 | 90 | 66  | 85  |    | 50 |    |    |    |    | 17 | 42 | 90  |
| 20 | 1978  | 65 | 35 | 97  | 31  | 72 | 85 | 37 | 50 | 25 | 23 | 86 |    | 97  |
| 21 | 1979  | 44 | 70 | 71  | 56  | 54 | 15 |    |    |    | 45 | 10 | 57 | 71  |
| 22 | 1980  | 55 | 85 | 40  | 45  | 50 | 32 |    | 10 | 2  | 23 | 37 | 60 | 85  |
| 23 | 1981  | 73 | 65 | 55  | 32  | 40 | 50 | 25 | 25 | 29 | 26 | 44 | 55 | 73  |
| 24 | 1982  | 49 | 57 | 20  | 20  |    |    | 7  |    |    |    | 15 | 60 | 57  |

Sumber : Lab. Hidrologi Proyek Bengawan Solo

Lampiran A - 2

Data Hujan Jam- Jaman

| No | Tanggal   | Jam     | Curah Hujan ( mm ) |
|----|-----------|---------|--------------------|
| 1  | 21-2-1980 | 11 - 12 | 2.9400             |
| 2  |           | 12 - 13 | 25.2800            |
| 3  |           | 13 - 14 | 10.2800            |
| 4  |           | 14 - 15 | 4.1800             |
| 5  |           | 15 - 16 | 1.8300             |

Lampiran A

3

Data Pengukuran Debit

| No | Tanggal   | Tinggi<br>M A<br>( m ) | Luas<br>Pehampang<br>( m ) | Kecepatan<br>Aliran<br>m/dt | Debit Q<br>m /dt |
|----|-----------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------|
| 1  | 11-1-1990 | 0.400                  | 8.926                      | 0.642                       | 5.730            |
| 2  | 12-1-1990 | 0.575                  | 15.970                     | 0.755                       | 11.896           |
| 3  | 15-1-1990 | 0.370                  | 7.220                      | 0.673                       | 4.859            |
| 4  | 15-1-1990 | 0.300                  | 5.675                      | 0.570                       | 3.235            |
| 5  | 16-1-1990 | 0.280                  | 3.680                      | 0.502                       | 1.847            |
| 6  | 17-1-1990 | 0.260                  | 2.460                      | 0.502                       | 0.921            |
| 7  | 18-1-1990 | 0.220                  | 2.500                      | 0.230                       | 0.575            |
| 8  | 18-1-1990 | 0.725                  | 27.550                     | 0.644                       | 17.742           |
| 9  | 24-1-1990 | 0.430                  | 5.400                      | 0.430                       | 2.322            |
| 10 | 25-1-1990 | 0.820                  | 35.440                     | 0.704                       | 27.550           |
| 11 | 28-1-1990 | 0.240                  | 2.860                      | 0.310                       | 0.887            |
| 12 | 29-1-1990 | 0.750                  | 28.290                     | 0.669                       | 18.926           |
| 13 | 31-1-1990 | 0.650                  | 18.840                     | 0.720                       | 13.565           |
| 14 | 02-2-1990 | 0.450                  | 41.050                     | 0.784                       | 37.367           |
| 15 | 12-2-1990 | 0.490                  | 12.850                     | 0.569                       | 7.457            |
| 16 | 13-2-1990 | 0.430                  | 9.530                      | 0.653                       | 6.223            |
| 17 | 17-2-1990 | 0.270                  | 0.398                      | 0.293                       | 1.168            |
| 18 | 19-2-1990 | 0.470                  | 10.140                     | 0.618                       | 6.267            |
| 19 | 22-2-1990 | 0.590                  | 16.330                     | 0.794                       | 12.966           |
| 20 | 22-2-1990 | 0.510                  | 13.770                     | 0.676                       | 9.813            |
| 21 | 28-2-1990 | 0.740                  | 24.880                     | 0.759                       | 19.059           |
| 22 | 01-3-1990 | 1.111                  | 62.040                     | 0.794                       | 50.536           |
| 23 | 17-3-1990 | 0.350                  | 7.140                      | 0.480                       | 3.427            |
| 24 | 28-3-1990 | 0.160                  | 0.670                      | 0.328                       | 0.220            |

Sumber : Proyek Bengawan Solo Lab. Hidrologi

Lampiran A - 4

3

Data Pengukuran Sedimen

| : TGL Pengam :                               |           |   |      |   |        |   |      |   |      |
|----------------------------------------------|-----------|---|------|---|--------|---|------|---|------|
| : No : bilan : h : Q : 90 : 60 : s : w : l : |           |   |      |   |        |   |      |   |      |
| : Sample : m : m / dt : ( m m ) : ( m m ) :  |           |   |      |   |        |   |      |   |      |
| : 1 :                                        | 18-1-1990 | : | 0.22 | : | 0.575  | : | 6.85 | : | 1.78 |
| : 2 :                                        | 28-1-1990 | : | 0.24 | : | 0.880  | : | 6.50 | : | 1.31 |
| : 3 :                                        | 15-1-1990 | : | 0.30 | : | 3.235  | : | 5.45 | : | 1.42 |
| : 4 :                                        | 17-3-1990 | : | 0.35 | : | 3.425  | : | 6.25 | : | 1.98 |
| : 5 :                                        | 11-1-1990 | : | 0.40 | : | 5.781  | : | 4.18 | : | 1.55 |
| : 6 :                                        | 22-2-1990 | : | 0.59 | : | 12.962 | : | 3.58 | : | 1.48 |
| : 7 :                                        | 31-1-1990 | : | 0.65 | : | 13.650 | : | 7.20 | : | 2.48 |
| : 8 :                                        | 28-2-1990 | : | 0.74 | : | 19.059 | : | 6.10 | : | 1.65 |
| : 9 :                                        | 29-2-1990 | : | 0.75 | : | 18.942 | : | 4.00 | : | 1.49 |
| : 10 :                                       | 25-1-1990 | : | 0.82 | : | 27.550 | : | 7.10 | : | 2.15 |
| : 11 :                                       | 02-2-1990 | : | 0.95 | : | 37.367 | : | 8.10 | : | 2.00 |

Sumber : Proyek Bengawan Solo Lab. Hidrometri



TABEL 6  
SIMPANGAN BAKU TEREDUKSI,  $S_n$

Lampiran B-1

| n.  | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10  | 0.94 | 0.96 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.05 |
| 20  | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.08 | 1.08 | 1.09 | 1.09 | 1.10 | 1.10 | 1.10 |
| 30  | 1.11 | 1.11 | 1.11 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.13 | 1.13 | 1.13 | 1.13 |
| 40  | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 |
| 50  | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 1.17 | 1.17 | 1.17 |
| 60  | 1.17 | 1.17 | 1.17 | 1.17 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.18 |
| 70  | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 1.19 |
| 80  | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 1.20 |
| 90  | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| 100 | 1.20 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

TABEL 7  
RATA-RATA TEREDUKSI,  $Y_n$

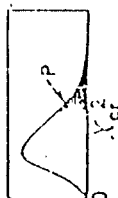
Lampiran B - 2

| 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | n   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| .495 | .499 | .503 | .507 | .510 | .512 | .515 | .518 | .520 | .522 | 10  |
| .523 | .525 | .526 | .528 | .529 | .530 | .532 | .533 | .534 | .535 | 20  |
| .536 | .537 | .538 | .538 | .539 | .540 | .541 | .541 | .542 | .543 | 30  |
| .543 | .544 | .544 | .545 | .545 | .546 | .546 | .547 | .547 | .548 | 40  |
| .548 | .549 | .549 | .549 | .550 | .550 | .550 | .551 | .551 | .551 | 50  |
| .552 | .552 | .552 | .553 | .553 | .553 | .553 | .554 | .554 | .554 | 60  |
| .554 | .555 | .555 | .555 | .555 | .555 | .556 | .556 | .556 | .556 | 70  |
| .556 | .557 | .557 | .557 | .557 | .558 | .558 | .558 | .558 | .558 | 80  |
| .558 | .558 | .558 | .559 | .559 | .559 | .559 | .559 | .559 | .559 | 90  |
| .560 |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 100 |

TABEL 8  
HUBUNGAN ANTARA KALA ULANG  
DENGAN FAKTOR REDUKSI  
( $Y_0$ )

Lampiran B - 3

| KALA ULANG (TAHUN) | FAKTOR REDUKSI ( $Y_0$ ) |
|--------------------|--------------------------|
| 2                  | 0.3665                   |
| 5                  | 1.4999                   |
| 10                 | 2.2502                   |
| 25                 | 3.1935                   |
| 50                 | 3.9019                   |
| 100                | 4.6001                   |



| No. | Value of P |        |        |        |        |        |        |        |        |        | Value of P |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     | 995        | 990    | 985    | 980    | 975    | 970    | 965    | 960    | 955    | 950    | 945        | 940    | 935    | 930    | 925    | 920    | 915    | 910    | 905    | 900    |
| 1   | 0.7322     | 0.7157 | 0.7028 | 0.6920 | 0.6832 | 0.6762 | 0.6707 | 0.6663 | 0.6628 | 0.6600 | 0.6578     | 0.6560 | 0.6544 | 0.6530 | 0.6517 | 0.6505 | 0.6494 | 0.6484 | 0.6474 | 0.6464 |
| 2   | 0.7327     | 0.7162 | 0.7033 | 0.6925 | 0.6837 | 0.6767 | 0.6712 | 0.6668 | 0.6633 | 0.6605 | 0.6587     | 0.6570 | 0.6554 | 0.6540 | 0.6527 | 0.6515 | 0.6504 | 0.6494 | 0.6484 | 0.6474 |
| 3   | 0.7332     | 0.7167 | 0.7038 | 0.6930 | 0.6842 | 0.6772 | 0.6717 | 0.6673 | 0.6638 | 0.6610 | 0.6592     | 0.6575 | 0.6559 | 0.6545 | 0.6532 | 0.6520 | 0.6509 | 0.6499 | 0.6489 | 0.6479 |
| 4   | 0.7337     | 0.7172 | 0.7043 | 0.6935 | 0.6847 | 0.6777 | 0.6722 | 0.6678 | 0.6643 | 0.6615 | 0.6597     | 0.6580 | 0.6564 | 0.6550 | 0.6537 | 0.6525 | 0.6514 | 0.6504 | 0.6494 | 0.6484 |
| 5   | 0.7342     | 0.7177 | 0.7048 | 0.6940 | 0.6852 | 0.6782 | 0.6727 | 0.6683 | 0.6648 | 0.6620 | 0.6602     | 0.6585 | 0.6569 | 0.6555 | 0.6542 | 0.6530 | 0.6519 | 0.6509 | 0.6499 | 0.6489 |
| 6   | 0.7347     | 0.7182 | 0.7053 | 0.6945 | 0.6857 | 0.6787 | 0.6732 | 0.6688 | 0.6653 | 0.6625 | 0.6607     | 0.6590 | 0.6574 | 0.6560 | 0.6547 | 0.6535 | 0.6524 | 0.6514 | 0.6504 | 0.6494 |
| 7   | 0.7352     | 0.7187 | 0.7058 | 0.6950 | 0.6862 | 0.6792 | 0.6737 | 0.6693 | 0.6658 | 0.6630 | 0.6612     | 0.6595 | 0.6579 | 0.6565 | 0.6552 | 0.6540 | 0.6529 | 0.6519 | 0.6509 | 0.6499 |
| 8   | 0.7357     | 0.7192 | 0.7063 | 0.6955 | 0.6867 | 0.6797 | 0.6742 | 0.6698 | 0.6663 | 0.6635 | 0.6617     | 0.6600 | 0.6584 | 0.6570 | 0.6557 | 0.6545 | 0.6534 | 0.6524 | 0.6514 | 0.6504 |
| 9   | 0.7362     | 0.7197 | 0.7068 | 0.6960 | 0.6872 | 0.6802 | 0.6747 | 0.6703 | 0.6668 | 0.6640 | 0.6622     | 0.6605 | 0.6589 | 0.6575 | 0.6562 | 0.6550 | 0.6539 | 0.6529 | 0.6519 | 0.6509 |
| 10  | 0.7367     | 0.7202 | 0.7073 | 0.6965 | 0.6877 | 0.6807 | 0.6752 | 0.6708 | 0.6673 | 0.6645 | 0.6627     | 0.6610 | 0.6594 | 0.6580 | 0.6567 | 0.6555 | 0.6544 | 0.6534 | 0.6524 | 0.6514 |
| 11  | 0.7372     | 0.7207 | 0.7078 | 0.6970 | 0.6882 | 0.6812 | 0.6757 | 0.6713 | 0.6678 | 0.6650 | 0.6632     | 0.6615 | 0.6599 | 0.6585 | 0.6572 | 0.6560 | 0.6549 | 0.6539 | 0.6529 | 0.6519 |
| 12  | 0.7377     | 0.7212 | 0.7083 | 0.6975 | 0.6887 | 0.6817 | 0.6762 | 0.6718 | 0.6683 | 0.6655 | 0.6637     | 0.6620 | 0.6604 | 0.6590 | 0.6577 | 0.6565 | 0.6554 | 0.6544 | 0.6534 | 0.6524 |
| 13  | 0.7382     | 0.7217 | 0.7088 | 0.6980 | 0.6892 | 0.6822 | 0.6767 | 0.6723 | 0.6688 | 0.6660 | 0.6642     | 0.6625 | 0.6609 | 0.6595 | 0.6582 | 0.6570 | 0.6559 | 0.6549 | 0.6539 | 0.6529 |
| 14  | 0.7387     | 0.7222 | 0.7093 | 0.6985 | 0.6897 | 0.6827 | 0.6772 | 0.6728 | 0.6693 | 0.6665 | 0.6647     | 0.6630 | 0.6614 | 0.6600 | 0.6587 | 0.6575 | 0.6564 | 0.6554 | 0.6544 | 0.6534 |
| 15  | 0.7392     | 0.7227 | 0.7098 | 0.6990 | 0.6902 | 0.6832 | 0.6777 | 0.6733 | 0.6698 | 0.6670 | 0.6652     | 0.6635 | 0.6619 | 0.6605 | 0.6592 | 0.6580 | 0.6569 | 0.6559 | 0.6549 | 0.6539 |
| 16  | 0.7397     | 0.7232 | 0.7103 | 0.7005 | 0.6917 | 0.6847 | 0.6792 | 0.6748 | 0.6713 | 0.6685 | 0.6667     | 0.6650 | 0.6634 | 0.6620 | 0.6607 | 0.6595 | 0.6584 | 0.6574 | 0.6564 | 0.6554 |
| 17  | 0.7402     | 0.7237 | 0.7108 | 0.7010 | 0.6922 | 0.6852 | 0.6797 | 0.6753 | 0.6718 | 0.6690 | 0.6672     | 0.6655 | 0.6639 | 0.6625 | 0.6612 | 0.6600 | 0.6589 | 0.6579 | 0.6569 | 0.6559 |
| 18  | 0.7407     | 0.7242 | 0.7113 | 0.7015 | 0.6927 | 0.6857 | 0.6802 | 0.6758 | 0.6723 | 0.6695 | 0.6677     | 0.6660 | 0.6644 | 0.6630 | 0.6617 | 0.6605 | 0.6594 | 0.6584 | 0.6574 | 0.6564 |
| 19  | 0.7412     | 0.7247 | 0.7118 | 0.7020 | 0.6932 | 0.6862 | 0.6807 | 0.6763 | 0.6728 | 0.6700 | 0.6682     | 0.6665 | 0.6649 | 0.6635 | 0.6622 | 0.6610 | 0.6599 | 0.6589 | 0.6579 | 0.6569 |
| 20  | 0.7417     | 0.7252 | 0.7123 | 0.7025 | 0.6937 | 0.6867 | 0.6812 | 0.6768 | 0.6733 | 0.6705 | 0.6687     | 0.6670 | 0.6654 | 0.6640 | 0.6627 | 0.6615 | 0.6604 | 0.6594 | 0.6584 | 0.6574 |
| 21  | 0.7422     | 0.7257 | 0.7128 | 0.7030 | 0.6942 | 0.6872 | 0.6817 | 0.6773 | 0.6738 | 0.6710 | 0.6692     | 0.6675 | 0.6659 | 0.6645 | 0.6632 | 0.6620 | 0.6609 | 0.6599 | 0.6589 | 0.6579 |
| 22  | 0.7427     | 0.7262 | 0.7133 | 0.7035 | 0.6947 | 0.6877 | 0.6822 | 0.6778 | 0.6743 | 0.6715 | 0.6697     | 0.6680 | 0.6664 | 0.6650 | 0.6637 | 0.6625 | 0.6614 | 0.6604 | 0.6594 | 0.6584 |
| 23  | 0.7432     | 0.7267 | 0.7138 | 0.7040 | 0.6952 | 0.6882 | 0.6827 | 0.6783 | 0.6748 | 0.6720 | 0.6702     | 0.6685 | 0.6669 | 0.6655 | 0.6642 | 0.6630 | 0.6619 | 0.6609 | 0.6599 | 0.6589 |
| 24  | 0.7437     | 0.7272 | 0.7143 | 0.7045 | 0.6957 | 0.6887 | 0.6832 | 0.6788 | 0.6753 | 0.6725 | 0.6707     | 0.6690 | 0.6674 | 0.6660 | 0.6647 | 0.6635 | 0.6624 | 0.6614 | 0.6604 | 0.6594 |
| 25  | 0.7442     | 0.7277 | 0.7148 | 0.7050 | 0.6962 | 0.6892 | 0.6837 | 0.6793 | 0.6758 | 0.6730 | 0.6712     | 0.6695 | 0.6679 | 0.6665 | 0.6652 | 0.6640 | 0.6629 | 0.6619 | 0.6609 | 0.6599 |
| 26  | 0.7447     | 0.7282 | 0.7153 | 0.7055 | 0.6967 | 0.6897 | 0.6842 | 0.6798 | 0.6763 | 0.6735 | 0.6717     | 0.6700 | 0.6684 | 0.6670 | 0.6657 | 0.6645 | 0.6634 | 0.6624 | 0.6614 | 0.6604 |
| 27  | 0.7452     | 0.7287 | 0.7158 | 0.7060 | 0.6972 | 0.6902 | 0.6847 | 0.6803 | 0.6768 | 0.6740 | 0.6722     | 0.6705 | 0.6689 | 0.6675 | 0.6662 | 0.6650 | 0.6639 | 0.6629 | 0.6619 | 0.6609 |
| 28  | 0.7457     | 0.7292 | 0.7163 | 0.7065 | 0.6977 | 0.6907 | 0.6852 | 0.6808 | 0.6773 | 0.6745 | 0.6727     | 0.6710 | 0.6694 | 0.6680 | 0.6667 | 0.6655 | 0.6644 | 0.6634 | 0.6624 | 0.6614 |
| 29  | 0.7462     | 0.7297 | 0.7168 | 0.7070 | 0.6982 | 0.6912 | 0.6857 | 0.6813 | 0.6778 | 0.6750 | 0.6732     | 0.6715 | 0.6699 | 0.6685 | 0.6672 | 0.6660 | 0.6649 | 0.6639 | 0.6629 | 0.6619 |
| 30  | 0.7467     | 0.7302 | 0.7173 | 0.7075 | 0.6987 | 0.6917 | 0.6862 | 0.6818 | 0.6783 | 0.6755 | 0.6737     | 0.6720 | 0.6704 | 0.6690 | 0.6677 | 0.6665 | 0.6654 | 0.6644 | 0.6634 | 0.6624 |

For  $n > 30$  use:

$$(Y^2) = \frac{(j_1 + (2n-1)\frac{1}{2})^2}{2}$$

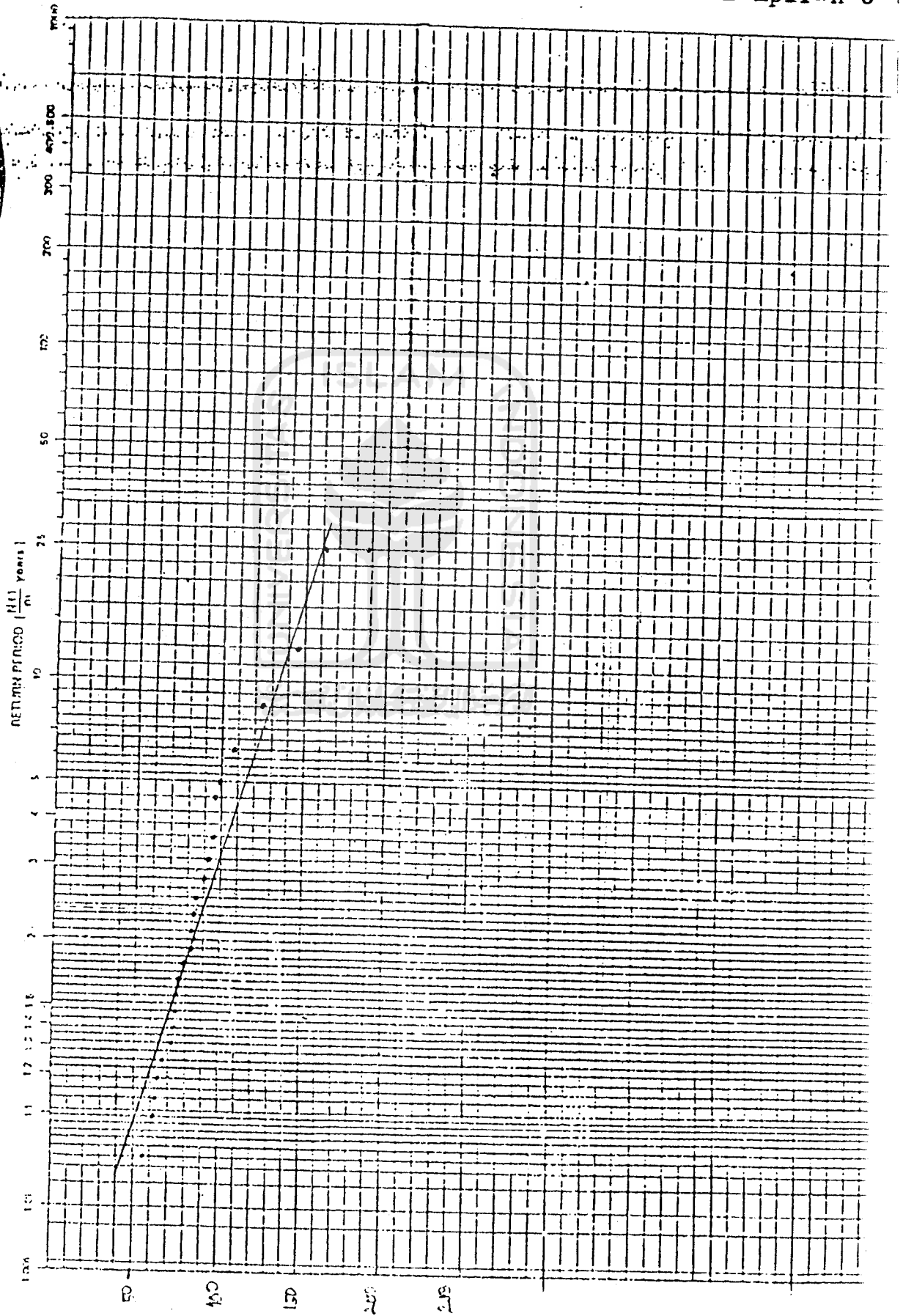
where,

| level (%) | 1     | 2     | 2.5   | 5     |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
|           | 2.325 | 2.055 | 1.960 | 1.615 |

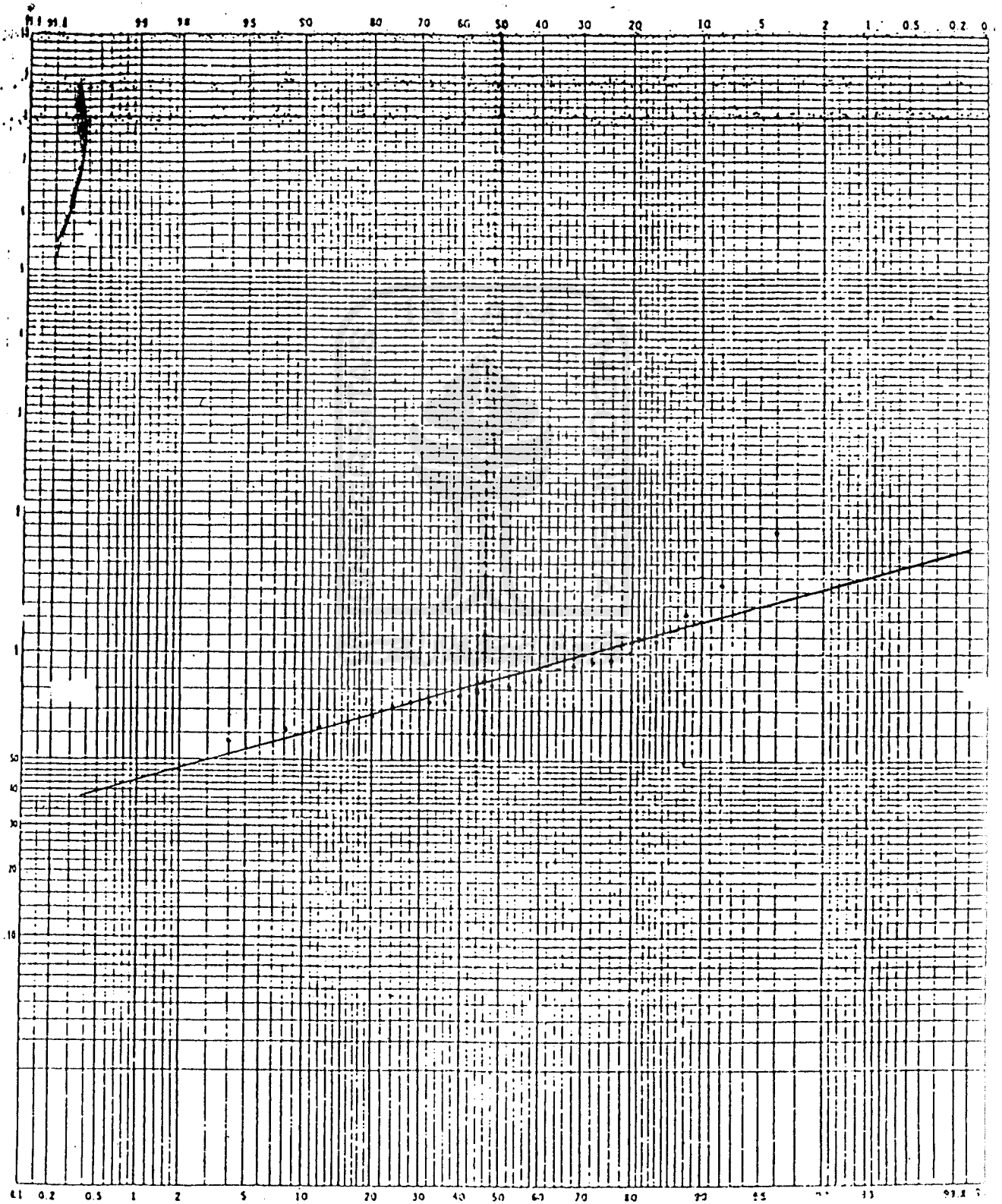
}} values are obtained from Table 7.2

Table 8.4 Critical values of chi-square ( $\chi^2_{\alpha, r}$ )

EXTREME PROBABILITY PAPER



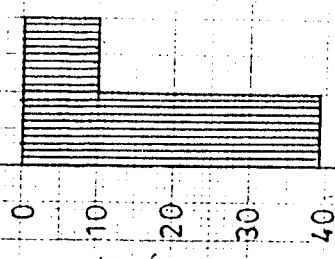
Lampiran C-2



Log Pearson Type III

# LAMPIRAN C-3

HIDROGRAF BANJIR RENCANA  
DENGAN PERIODE ULANG 2 TAHUN



DEBIT (m³/detik)

450

400

350

300

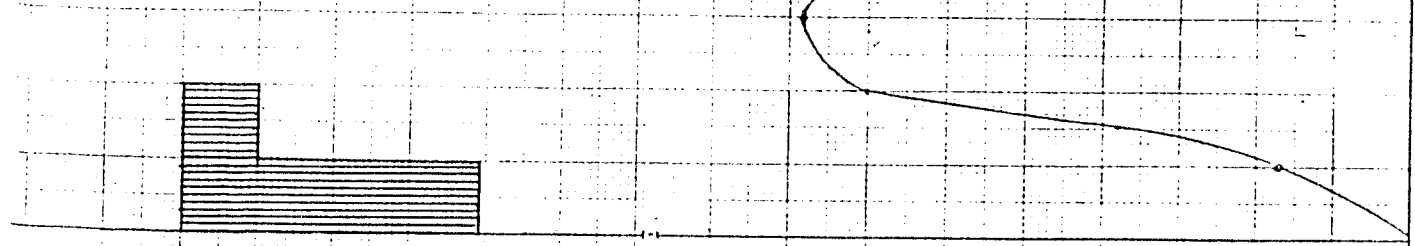
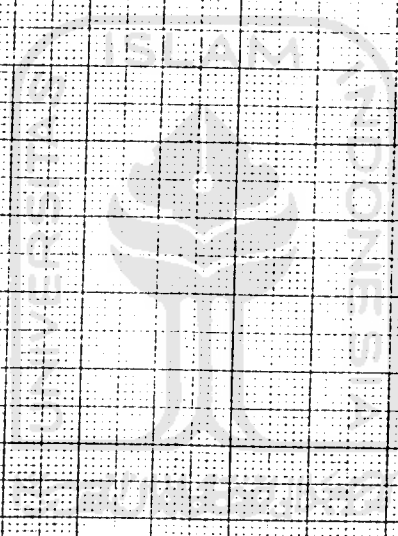
250

200

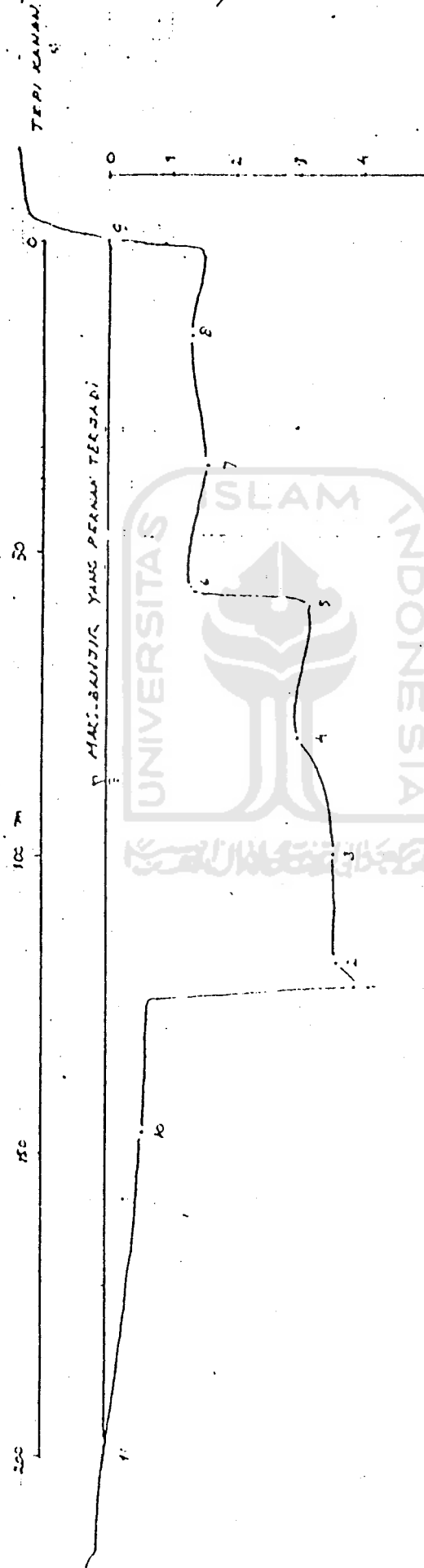
150

100

50



GAMBAR: 3.3. PENAMPANG SUNGAI



SKALA DATAR 1 : 1000

TEGAK 1 : 100

LUAS PENAMPANG (A) = 320 m<sup>2</sup>

$P = 200 \text{ m}$

$n = 0.0327$

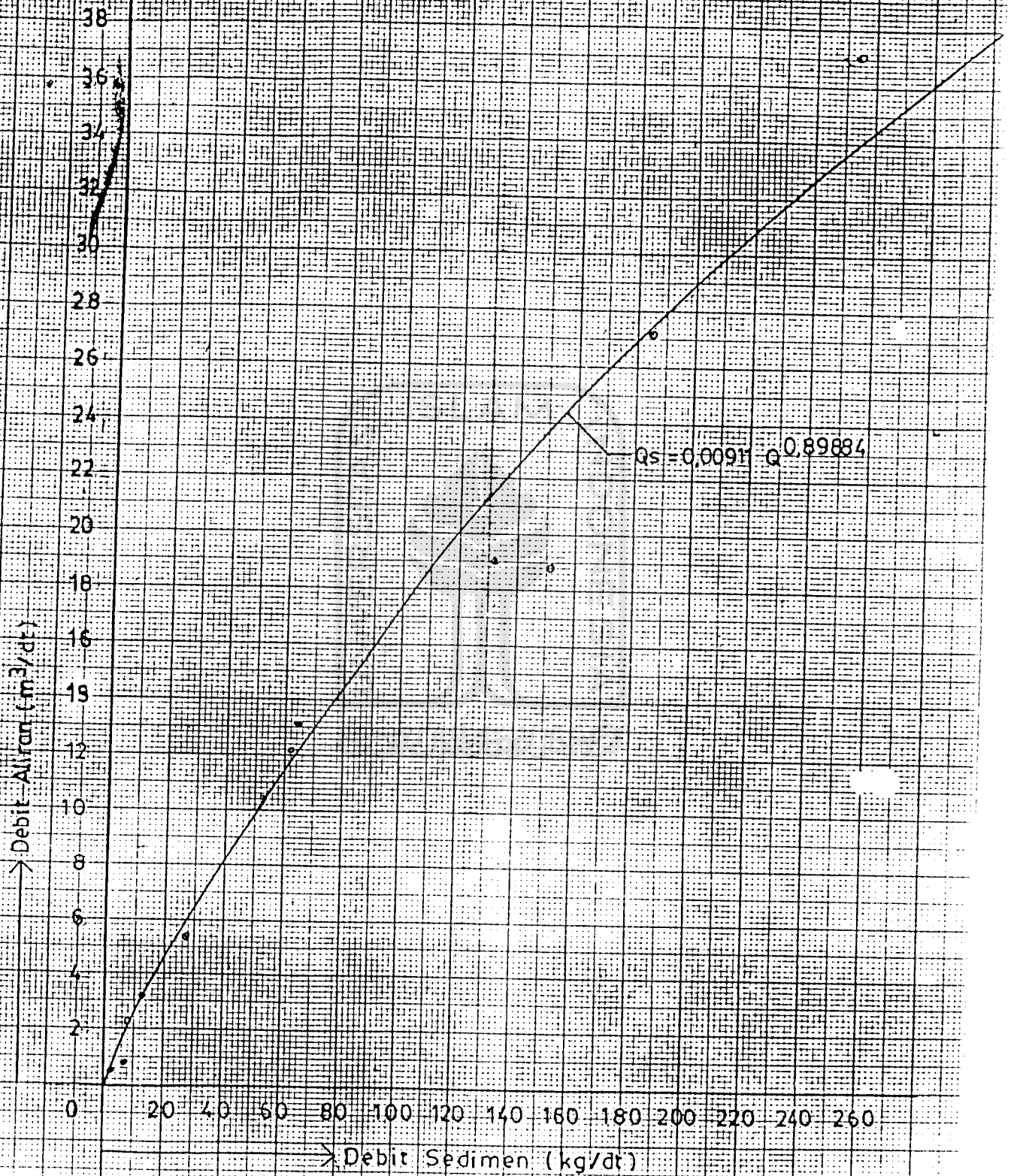
$R = 320/200 = 1.6 \text{ m}$

$S = 0.0047$

$V = \frac{1}{0.0327} \times 1.6^{2/3} \times 0.0047^{1/2} = 2.862 \text{ m/det.}$

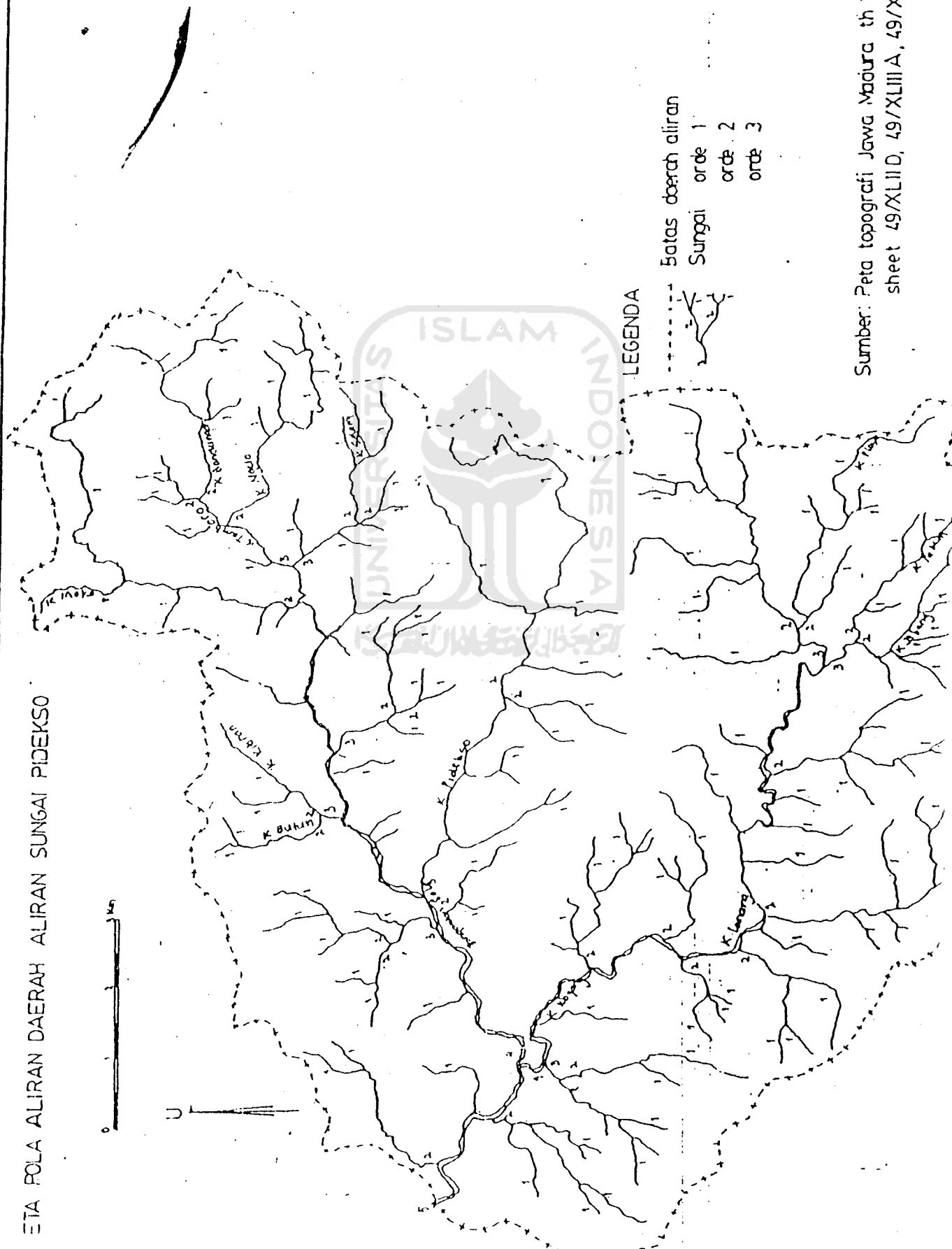
$Q = AV = 916 \text{ m}^3/\text{det.}$

# LAMPIRAN C-5



Grafik Hubungan Antara Debit Aliran dan Debit Sedimen

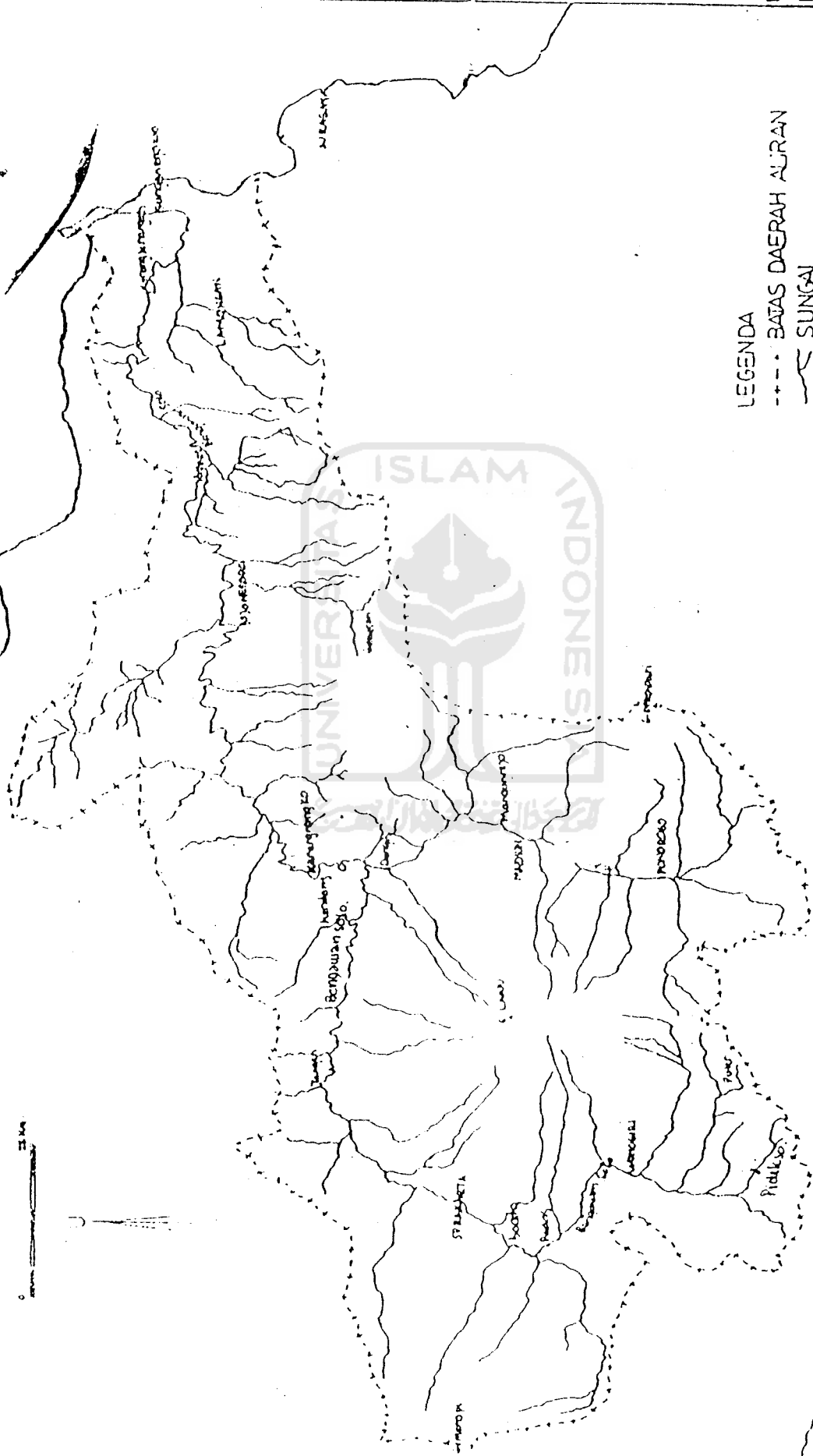
ETA POLA ALIRAN DAERAH ALIRAN SUNGAI PIDEKSO



Sumber: Peta topografi Jawa Madura th 1944  
sheet 49/XLII D, 49/XLIII A, 49/XLIII B

DAERAH ALIRAN SUNGAI BENGAWAN

LAUT JAWA



LEGENDA  
 --- BATAS DAERAH ALIRAN  
 --- SUNGAI

Sumber: Peta Topografi Jawa Madura

DAERAH ALIRAN SUNGAI