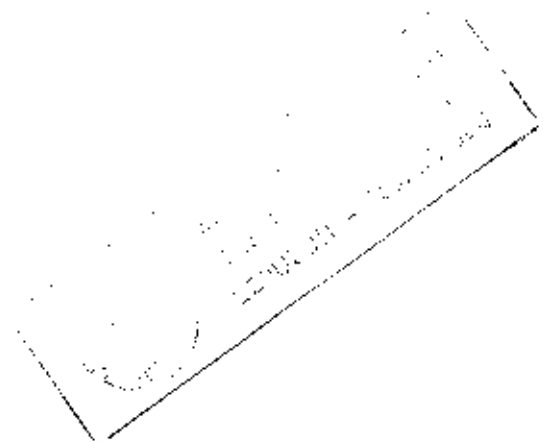


8033/115/H/90 ✓

# TUGAS AKHIR

## STUDI PERENCANAAN TEKNIS PERBAIKAN SALURAN DRAINASE KANAL GUNUNGSARI SURABAYA

075  
627.54  
854  
7-2  
1000



Disusun oleh :

*Windyah Hari Pudji A.*  
3823103007

**BIDANG STUDI HIDROTEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA**

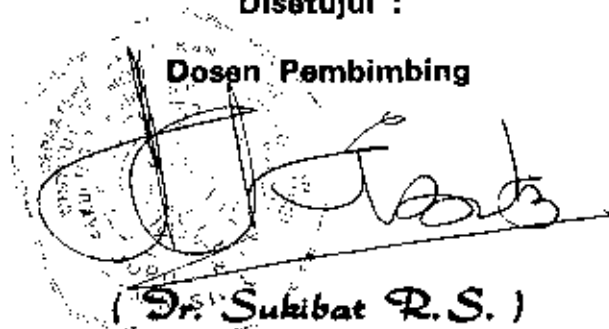
**1990**

# TUGAS AKHIR

## STUDI PERENCANAAN TEKNIS PERBAIKAN SALURAN DRAINASE KANAL GUNUNGSARI SURABAYA

Disetujui :

Dosen Pembimbing



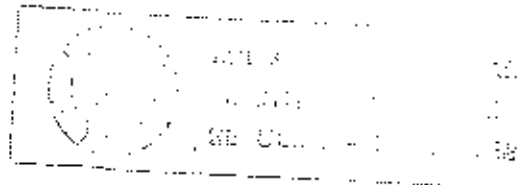
(Dr. Sukibat R.S.)



BIDANG STUDI HIDROTEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

1990

## A B S T R A K



Kali Surabaya merupakan cabang dari Kali Brantas, yang melewati kota Surabaya. Dengan adanya Kali Surabaya ini, maka daerah pematusan kota Surabaya dibagi menjadi 3 wilayah, yaitu wilayah Selatan, Timur dan Barat. Masing-masing wilayah mempunyai sistem dan sub sistem pematusan sendiri-sendiri. Seperti pada wilayah Barat yang mempunyai beberapa sub sistem, salah satunya adalah sub sistem Gunungsari. Kanal Gunungsari ini mempunyai dua fungsi yaitu sebagai saluran pembawa (saluran irigasi) dan saluran pembuang (saluran drainase). Tetapi pada tahun 2000, diperkirakan areal persawahan habis, sehingga Kanal Gunungsari berfungsi sebagai saluran pembuang (saluran drainase) saja.

Permasalahan yang timbul adalah adanya genangan di daerah sekitar Kanal Gunungsari, pada musim hujan. Genangan yang terjadi setinggi 0,50 m sampai 1,00 m seluas 998 hektar, bila terjadi hujan selama satu minggu. Genangan ini sangat mempengaruhi kehidupan kota Surabaya yang berpenduduk 3,5 juta jiwa, baik dari segi sosial, ekonomi maupun budaya.

Untuk membebaskan daerah yang tergenang ini, dilakukan suatu studi perencanaan teknis perbaikan saluran drainase Kanal Gunungsari dengan pembuangannya ke laut melalui Kali Manukan, Kali Branjangan dan Kali Semimi.

Dalam perhitungan-perhitungan analisa hidrologi dan dimensi saluran, digunakan beberapa perumusan yaitu :

- a) Perumusan Haskers, untuk menghitung tinggi hujan jangka pendek (  $t_{hujan} = 0 \rightarrow 1$  jam dan  $t_{hujan} = 1 \rightarrow 24$  jam ).
- b) Metode Rata-rata Aritmatika, untuk menghitung tinggi hujan rata-rata dari beberapa stasiun pencatat hujan.
- c) Metode Gumbel, untuk menghitung tinggi hujan rencana dengan periode ulang tertentu.
- d) Perumusan Talbot, Ishiguro dan Sherman, digunakan untuk menghitung Intensitas hujan yang kemudian dipilih salah satu perumusan yang sesuai dengan kondisi lapangan yaitu perumusan Ishiguro.
- e) Metode Kirpich, untuk menghitung besarnya waktu konsentrasi.
- f) Metode Rasional, digunakan untuk menghitung besarnya debit rencana dan distribusi hujan efektif.
- g) Metode Nakayasu, untuk menghitung volume dan debit banjir.
- h) Perumusan Strickler, untuk menghitung dimensi saluran.

Untuk mencegah berbaliknya air di saluran yang terlalu jauh akibat pasang air laut yang tinggi, sehingga menyebabkan banjir di hulu maka pada hilir Kali Manukan, Kali Branjangan dan Kali Semimi diberi pintu klep otomatis dari baja.

Untuk menjaga efektifitas ( tetap berfungsinya ) suatu saluran, maka perlu diadakan pengerukan terhadap

## KATA PENGANTAR

Perkenankanlah kami bersyukur dalam nama Tuhan Yesus yang telah memberkati kami, mulai dari awal sampai dapat terselesaikannya penulisan buku Tugas Akhir ini.

Maksud dan tujuan penulisan buku Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kurikuler yang berlaku pada Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, khususnya Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Sehingga penulisan buku Tugas Akhir ini merupakan suatu kewajiban bagi mahasiswa yang akan menyelesaikan studinya pada tahap Sarjana ( Strata 1 ).

Judul dari buku Tugas Akhir ini adalah : " STUDI PERENCANAAN TEKNIS PERBAIKAN SALURAN DRAINASE KANAL GUNUNGSARI SURABAYA "

Dengan terselesaikannya buku Tugas Akhir ini, kami menyampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Harwijono D.S., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS.
2. Ibu Ir. Anggrahini, MSc., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS.
3. Bapak Ir. Sukibat R.S., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada kami.
4. Bapak Ir. Susanto, selaku Dosen Wali kami.
5. Segenap Pimpinan dan Karyawan Badan Pelaksana

Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Kali  
Brantas Malang khususnya pada Proyek Brantas Hilir  
Surabaya, yang telah memberikan informasi dan data-  
data yang kami perlukan.

6. Bapak dan Ibu kami, yang telah banyak memberikan  
dorongan dan semangat kepada kami.
7. Semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan  
bantuan, hingga selesainya penulisan buku Tugas  
Akhir ini.

Dengan senang hati kami menerima kritik dan saran  
yang bersifat membangun, demi sempurnanya buku Tugas Akhir  
ini karena kami merasa bahwa buku ini masih jauh dari  
sempurna.

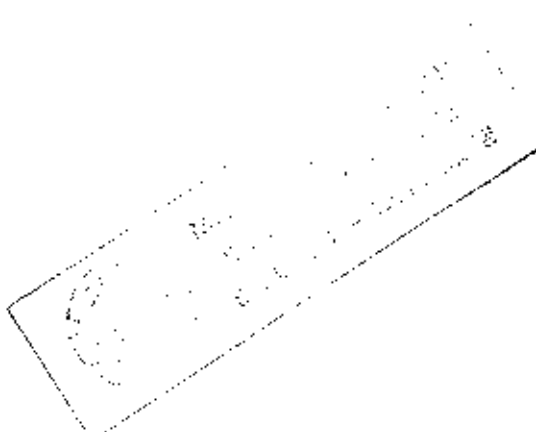
Kiranya buku ini bisa bermanfaat bagi pembaca  
maupun bagi kami sendiri.

Surabaya, Februari 1990

penyusun :

Windyah Hari Pudji Astuti

Nrp. 3823103007



sedimen yang terjadi pada jangka waktu tertentu.

Untuk mengetahui apakah suatu proyek yang direncanakan itu menguntungkan atau tidak untuk dilaksanakan, digunakan metode Discounted Cash Flow yaitu perhitungan dengan cara Benefit Cost Ratio. Perkiraan biaya awal proyek sebesar Rp. 11,4284 milyar.

Biaya operasi dan pemeliharaan Rp. 717 047 375,- / tahun.

Keuntungan dari proyek sebesar Rp. 4 736 435 200,- / tahun

Sehingga BCR = 1,729 > 1, jadi proyek tersebut bisa dilaksanakan dan menguntungkan.

D A F T A R      I S I



ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
 <b>BAB I : PENDAHULUAN.</b>	
1. 1. Latar Belakang .....	I - 1
1. 2. Permasalahan .....	I - 3
1. 3. Ruang Lingkup Pembahasan .....	I - 4
1. 4. Data-data Yang Tersedia .....	I - 6
 <b>BAB II : TINJAUAN KONDISI SISTEM PEMATUSAN KANAL           GUNUNGSARI YANG ADA SEKARANG.</b>	
2. 1. Kondisi Daerah Pengaliran Kanal Gunung- sari .....	II - 1
2. 2. Kondisi Kanal Gunungsari .....	II - 1
 <b>BAB III : ANALISA HIDROLOGI.</b>	
3. 1. Metode Perhitungan Yang Dipakai .....	III - 1
3. 2. Perhitungan Tinggi Hujan Jangka Pendek .....	III - 7
3. 3. Perhitungan Tinggi Hujan Rata-rata ...	III - 7
3. 4. Perhitungan Tinggi Hujan Rencana .....	III - 7
3. 5. Perhitungan Intensitas Hujan .....	III - 7
3. 6. Perhitungan Waktu Konsentrasi .....	III - 8
3. 7. Perhitungan Debit Rencana .....	III - 9
3. 8. Perhitungan Tinggi Hujan Efektif .....	III - 10



3.9.	Perhitungan Volume Banjir .....	III - 1
<b>BAB IV</b>	<b>: STUDI PERENCANAAN TEKNIS PERBAIKAN</b>	
	<b>SALURAN DRAINASE KANAL GUNUNGSARI.</b>	
4.1.	Rencana Sistem Pematuan .....	IV - 1
4.2.	Perhitungan Dimensi Saluran .....	IV - 2
4.3.	Perhitungan Pintu Klep Otomatis .....	IV - 3
4.4.	Perhitungan Dimensi Polder .....	IV - 36
<b>BAB V</b>	<b>: ANALISA SEDIMENTASI.</b>	
5.1.	Perhitungan Jumlah Endapan Pada Musim Kemarau .....	V - 1
5.2.	Perhitungan Jumlah Endapan Pada Musim Hujan .....	V - 2
5.3.	Perhitungan Waktu Untuk Pengendapan ..	V - 2
5.4.	Waktu Pengerukan Sedimen .....	V - 3
<b>BAB VI</b>	<b>: ANALISA EKONOMI.</b>	
6.1.	Umum .....	VI - 1
6.2.	Perhitungan Rencana Anggaran Biaya ...	VI - 1
6.3.	Perhitungan Kerugian Akibat Genangan Air .....	VI - 3
6.4.	Perhitungan Benefit Cost Ratio .....	VI - 7
<b>BAB VII</b>	<b>: KESIMPULAN.</b>	
7.1.	Kesimpulan .....	VII - 1

DAFTAR PUSTAKA.

LAMPIRAN :

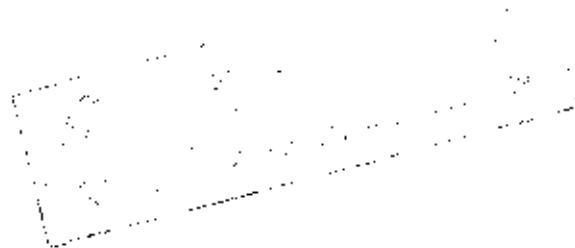
- \*\* Gambar-gambar potongan memanjang saluran.
- \*\* Gambar-gambar potongan melintang saluran.

D A F T A R      T A B E L

TABEL	Hal.
3.a.      Data Hujan Harian Max. ....	III - 13
3.1.1.a. Faktor Hujan Perumusan Haspers .....	III - 14
3.1.1.b. Korelasi antara t dengan 100R/R <sup>24</sup> .....	III - 14
3.1.3.a. Ranking .....	III - 15
3.1.3.b. Harga K .....	III - 15
3.1.6.    Harga Koefisien Pengaliran .....	III - 16
3.2.1.    Tinggi Hujan Pada Stasiun Hujan Semimi .....	III - 17
3.2.3.    Tinggi Hujan Pada Stasiun Hujan Banyu Urip .....	III - 18
3.2.5.    Tinggi Hujan Pada Stasiun Hujan Gunungsari .....	III - 19
3.3.1.    Tinggi Hujan Rata-rata .....	III - 20
3.4.1.    Tinggi Hujan Rencana .....	III - 21
3.4.2.a. Intensitas Hujan Untuk Tinggi Hujan 0 - 1 jam .....	III - 22
3.4.2.b. Intensitas Hujan Untuk Tinggi Hujan 1 - 24 jam .....	III - 22
3.5.1.    Perhitungan Tinggi Intensitas Hujan Dengan Formula Talbot .....	III - 23
3.5.7.    Perhitungan Tinggi Intensitas Hujan Dengan Formula Ishiguro .....	III - 29
3.5.13    Perhitungan Tinggi Intensitas Hujan Dengan Formula Sherman .....	III - 35

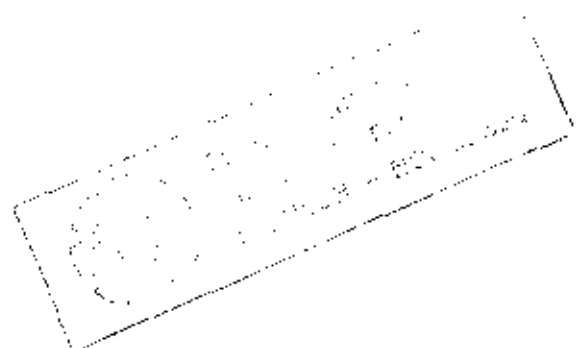
3.5.19.	Hasil Perhitungan Intensitas Hujan Dengan Ketiga Formula Dengan Periode Ulang 2 tahun .....	III - 41
3.5.20.	Hasil Perhitungan Intensitas Hujan Dengan Ketiga Formula Dengan Periode Ulang 5 tahun .....	III - 42
3.5.21.	Hasil Perhitungan Intensitas Hujan Dengan Ketiga Formula Dengan Periode Ulang 20 tahun .....	III - 43
3.6.1.	Perhitungan Waktu Konsentrasi Dan Intensitas Hujan .....	III - 45
3.7.1.	Perhitungan Debit Daerah Pematuan Kanal Gunungsari .....	III - 48
3.7.2.	Perhitungan Debit Rencana .....	III - 49
3.8.1.	Distribusi Hujan .....	III - 50
3.8.2.	Distribusi Hujan Efektif .....	III - 50
3.9.1.	Perumusan Nilai Q Untuk Macam-macam t .	III - 51
3.9.2.	Perhitungan Nilai Q Hidrograf Limpasan Kali Manukan .....	III - 52
3.9.3.	Perhitungan Nilai Q Hidrograf Limpasan Kali Branjangan .....	III - 54
3.9.4.	Perhitungan Nilai Q Hidrograf Limpasan Kali Semimi .....	III - 56
4.2.1.	Tinggi Jagaan Berdasar Besarnya Debit .	IV - 4
4.2.2.	Perhitungan Dimensi Saluran Di Daerah Pematuan Kanal Gunungsari .....	IV - 4

4.3.2.a.	Perhitungan Debit Outflow Pada	
	Kali Manukan .....	IV - 10
4.3.2.b.	Perhitungan Debit Outflow Pada	
	Kali Branjangan .....	IV - 11
4.3.2.c.	Perhitungan Debit Outflow Pada	
	Kali Semimi .....	IV - 12
5.1.1.	Perhitungan Jumlah Endapan Pada	
	Musim Kemarau .....	V - 4
5.2.1.	Perhitungan Jumlah Endapan Pada	
	Musim Hujan .....	V - 5
5.2.2.	Perhitungan Volume Endapan .....	V - 5
5.3.1.	Perhitungan Waktu Pengendapan	
	Musim Kemarau .....	V - 6
5.3.2.	Perhitungan Waktu Pengendapan	
	Musim Hujan .....	V - 6



## D A F T A R   G A M B A R

GAMBAR		Hal.
1.3.1.	Peta Ikhtisar Kodya Surabaya .....	I - 8
3.5.1.	Grafik Intensitas Hujan .....	III - 44
3.6.1.	Rencana Daerah Pematusan .....	III - 46
3.7.1.	Skema Daerah Pematusan .....	III - 47
3.9.1.	Hidrograf Limpasan Kali Manukan .....	III - 53
3.9.2.	Hidrograf Limpasan Kali Branjangan ...	III - 55
3.9.3.	Hidrograf Limpasan Kali Semimi .....	III - 57
4.3.	Sket Pintu Klep Otomatis .....	IV - 6
4.3.2.	Grafik Koefisien Debit .....	IV - 9



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang.

Kali Surabaya adalah cabang dari Kali Brantas, yang melewati kota Surabaya. Air Kali Surabaya ini dimanfaatkan untuk keperluan, antara lain : irigasi, air minum dan pengglontoran. Sehingga di sepanjang Kali Surabaya banyak terdapat bangunan-bangunan air, seperti bendung dan pintu air.

Kota Surabaya sebagai ibukota Propinsi Jawa Timur, sampai saat ini masih mengalami genangan yang cukup besar dan lama pada saat musim hujan. Genangan yang terjadi pada bulan Juni 1978 mencapai luas 1030 hektar dengan tinggi 0,40 m dan berakhir selama 2 minggu. Hal ini memerlukan perencanaan perbaikan saluran-saluran pematusan yang memadai.

Dengan adanya Kali Surabaya ini, maka daerah pematusan kota Surabaya dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah Selatan, meliputi daerah di sebelah selatan Kali Surabaya.
- Wilayah Timur, meliputi daerah di sebelah timur Kali Mas.
- Wilayah Barat, meliputi daerah di sebelah barat Kali Mas.

Masing-masing wilayah mempunyai sistem dan sub sistem pematusan sendiri-sendiri.

Wilayah Selatan terdiri dari :

- Sub sistem Wonorejo.
- Sub sistem Kebonagung.
- Sub sistem Perbatasan.

Wilayah Timur terdiri dari :

- Sub sistem Hedokan.
- Sub sistem Bratang.
- Sub sistem Kalibokor - Keputih.
- Sub sistem Kalidami.
- Sub sistem Kalisari - Kali Kepiting.
- Sub sistem Kenjeran.
- Sub sistem Kenjeran utara - Kedungcowek.
- Sub sistem Pegirian - Tambaksari.

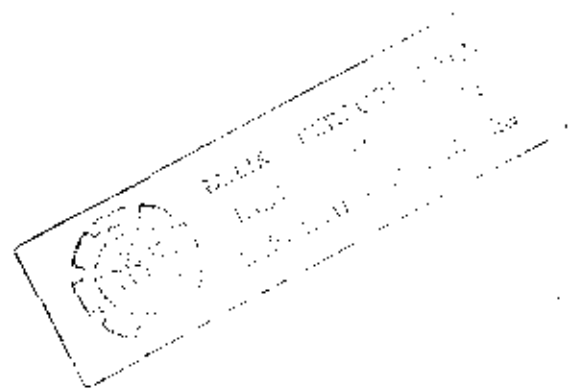
Wilayah Barat terdiri dari :

- Sub sistem bagian tengah kota Kali Mas.
- Sub sistem Greges.
- Sub sistem Gunungsari.
- Sub sistem Kedurus.
- Sub sistem Karangpilang.

Agar dimensi saluran pematusan tidak terlalu besar, maka sub sistem Gunungsari dibagi menjadi beberapa anak sub sistem, yaitu :

- Gunungsari - Kali Anak.
- Gunungsari - Kali Balong / Kali Manukan.
- Gunungsari - Kali Kandangan / Kali Branjangan.
- Gunungsari - Kali Semimi.

Anak sub sistem ini berfungsi sebagai kolektor untuk disalurkan langsung ke laut melalui Kali Semimi, Kali



Branjangan, Kali Manukan, Kali Simo dan Kali Anak.

Kanal Gunung Sari mempunyai fungsi ganda, yaitu :

- sebagai saluran pembawa, untuk mengairi 678 hektar sawah ( pada musim kemarau ).
- sebagai saluran drainase, untuk melayani daerah sekitar kanal tersebut.

#### 1.2. Permasalahan.

Pada mulanya sebagian besar kota Surabaya merupakan daerah irigasi yang subur, sedangkan daerah pantai yang rendah dimanfaatkan sebagai tambak ( ladang ) garam. Sehingga di dalam kota banyak terdapat saluran irigasi. Tetapi sebagian besar saluran irigasi berfungsi juga sebagai saluran pematuan, hal ini karena ketiadaan saluran pematuan yang khusus. Sebagai contoh adalah Kanal Gunung Sari yang bagian hilirnya berdimensi sangat kecil, karena sebagai saluran pembawa. Mengingat Kanal Gunung Sari berfungsi ganda, maka kapasitas saluran yang kecil ini tidak mampu menampung air drainase yang datang dari hulu dan dari daerah pematusannya sendiri. Sehingga air di saluran akan meluber dan menimbulkan genangan di daerah sekitar kanal, yang terdiri dari sawah dan pemukiman.

Genangan-genangan air di kota terjadi karena :

- hujan lokal yang tidak tertampung oleh kapasitas saluran pematuan.
- pengoperasian bangunan-bangunan air yang ada, kurang lancar.
- pada daerah rendah, pematuan yang ada tidak dapat



mengalir secara grafitasi dikarenakan adanya :

- a) Tinggi muka air pasang.
  - b) Pengaruh pembendungan pada saluran utama, untuk keperluan-keperluan pemakaian air.
- adanya pertambahan penduduk kota Surabaya, menuntut pertambahan kebutuhan fasilitas perumahan dan fasilitas penunjang lainnya. Tetapi pesatnya pembangunan perumahan belum disertai pembangunan fasilitas drainase yang memadai, sehingga bila musim hujan akan menimbulkan genangan yang cukup lama pada daerah-daerah tertentu.

Bagi kota Surabaya yang berpenduduk 3,5 juta jiwa ini, genangan yang terjadi sangat mempengaruhi kehidupan kota baik dari segi sosial, ekonomi maupun budaya. Juga mengganggu kebersihan, kesenatan dan kelancaran lalu lintas.

### 1.3. Ruang Lingkup Pembahasan.

Dengan adanya permasalahan diatas, kami mencari jalan keluar dengan mengadakan studi perencanaan teknis perbaikan saluran drainase khususnya saluran drainase Kanal Gunungsari.

Maksud dan tujuan dari studi ini adalah untuk membebaskan daerah di sekitar Kanal Gunungsari terhadap genangan air.

Ruang lingkup pembahasan dalam laporan Tugas Akhir ini meliputi :

1. Studi sistem pematusan Kanal Gunungsari yang ada

sekarang. Pada studi ini akan dibahas mengenai kondisi sistem pematuan Kanal Gunungsari saat sekarang, baik mengenai kondisi daerah pengaliran maupun mengenai Kanalnya sendiri. Studi ini dibahas pada bab II.

#### 2. Studi Hidrologi.

Studi ini diperlukan untuk menentukan debit rencana pada saluran drainase Kanal Gunungsari, dengan terlebih dulu dibahas mengenai perumusan yang dipakai kemudian perhitungan-perhitungannya dengan menggunakan perumusan tersebut. Studi ini dibahas pada bab III.

#### 3. Studi Perencanaan Teknis Perbaikan Saluran Drainase Kanal Gunungsari.

Pada studi ini akan dibahas mengenai rencana sistem pematuan dan perhitungan dimensi saluran. Studi ini dibahas pada bab IV.

#### 4. Studi Sedimentasi.

Studi ini diperlukan untuk menentukan besarnya sedimentasi yang terjadi pada Kanal Gunungsari, baik pada musim kemarau maupun pada musim hujan. Studi ini dibahas pada bab V.

#### 5. Studi Ekonomi.

Pada studi ini akan dibahas mengenai perkiraan biaya konstruksi dan keuntungannya diadakan perbaikan saluran drainase Kanal Gunungsari. Studi ini dibahas pada bab VI.

Adapun batasan-batasan pembahasan adalah sebagai berikut :

1. 'Kanal Gunungsari yang dimaksud disini adalah saluran Gunungsari mulai dari point P-8 ke arah Kali Lamong sampai dengan jarak 2950 meter dari Kali Lamong, yang sering disebut sebagai saluran Tandes. Seperti ditunjukkan pada GB. 1.3.1.
2. Daerah studi meliputi 4 kecamatan yaitu Tandes, Benowo, Karang Pilang dan Lakarsantri untuk Kotamadya Surabaya dan 1 kecamatan untuk Kabupaten Gresik yaitu kecamatan Menganti.
3. Tidak membahas mengenai irigasi terhadap sawah yang masih ada sekarang, karena diperkirakan akan habis pada tahun 2000. Sehingga Kanal Gunungsari berfungsi sebagai saluran drainase saja.

#### 1.4. Data-data yang tersedia.

Berdasarkan pada ruang lingkup pembahasan, maka data-data yang dapat dihimpun adalah :

##### 1. Data Topografi.

Data topografi berupa peta topografi dengan skala 1 : 50.000, yang menunjukkan keadaan daerah pengaliran Kanal Gunungsari.

##### 2. Data Hidrologi.

Data hidrologi berupa data hujan selama 10 tahun, dari tahun 1979 sampai dengan tahun 1988. Data hujan tersebut diperoleh dari 3 stasiun pengamat hujan yaitu stasiun Gunungsari, Banyu urip dan Semimi.

3. Data Genangan.

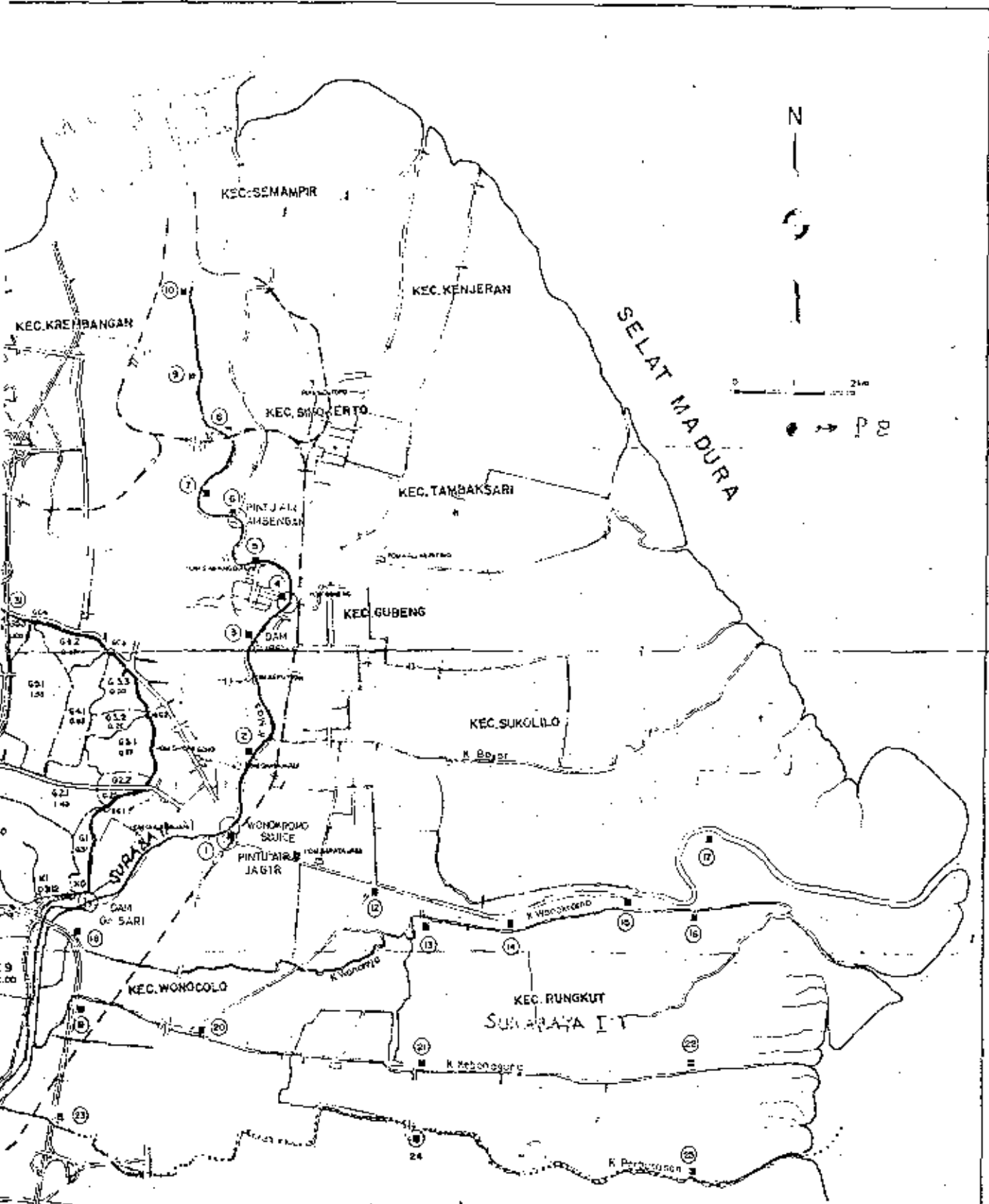
1 Data genangan berupa peta genangan dengan skala 1 : 50.000, yang menunjukkan luas daerah yang tergenang selama musim hujan.

4. Data Pasang Surut Air Laut.

Data ini diperoleh dari stasiun pengukuran pasang surut air laut di pintu air Boezem (Morokrembangan) selama 6 tahun, dari tahun 1982 sampai dengan tahun 1987.

5. Data Kependudukan.

Data ini merupakan jumlah penduduk dalam angka, tahun 1986 yang meliputi Kotamadya Surabaya dan Kabupaten Gresik.



KABUPATEN SIDOARJO

PETA IKHTISAR WILAYAH KODYA SURABAYA

KABUPATEN GRESIK

LAUT JAWA

KEC. BENDOWO

KEC. TANDES

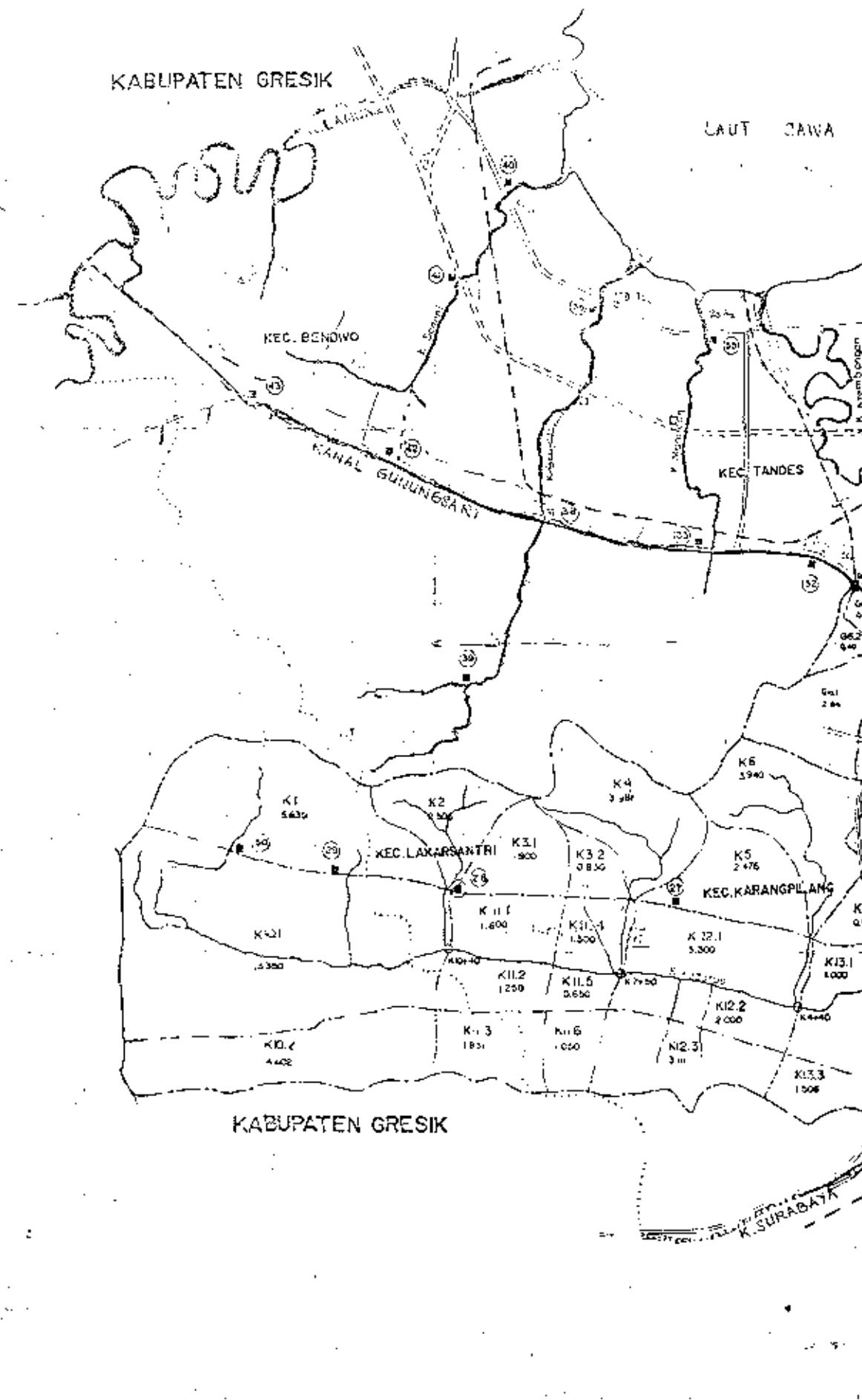
KANAL GURUNGGANTI

KEC. LAKSANTRI

KEC. KARANGPILANG

KABUPATEN GRESIK

K. SURABAYA



## BAB II

### TINJAUAN KONDISI SISTEM PEMATUSAN KANAL GUNUNGSARI YANG ADA SEKARANG.

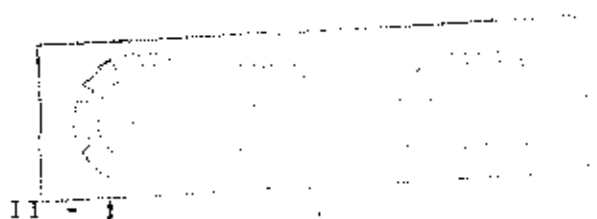
#### 2.1. Kondisi Daerah Pengaliran Kanal Gunungsari.

Daerah pengaliran Kanal Gunungsari sebagian merupakan perbukitan yaitu bukit Gunungsari dan Pakis Gunung, sedangkan bagian yang lain berupa dataran. Kondisi daerah pengaliran yang bergelombang ini berelevasi antara + 4,00 m sampai + 44,00 m. Di dalam daerah pengaliran yang luasnya 64.220 km<sup>2</sup>, terdapat bangunan-bangunan tempat tinggal, industri dan sawah yang masing-masing ada seluas 678 hektar. Lahan yang digunakan untuk pemukiman dan industri semakin luas, sedangkan lahan untuk pertanian semakin sempit dan diperkirakan akan habis. Jumlah penduduk yang menempati daerah studi sekitar 345.450 orang.

Daerah yang tergenang di kiri kanan Kanal Gunungsari seluas 998 hektar, pada tahun 1989. Tinggi genangan antara 0,50 m sampai 1,00 m, bila terjadi hujan selama 1 minggu.

#### 2.2. Kondisi Kanal Gunungsari.

Pada setiap musim hujan, air Kanal Gunungsari selalu meluber ke daerah sekitarnya khususnya daerah pemukiman dan industri. Hal ini membuat masyarakat sekitarnya menjadi resah dan mengalami kerugian akibat genangan air.



Melubernya air Kanal Gunungsari ini antara lain karena :

- Kapasitas saluran yang sudah tidak memadai / tidak mampu menampung air sesuai dengan debit banjir yang terjadi.
- Menyempitnya saluran di beberapa tempat akibat adanya bangunan-bangunan liar yang dibangun oleh penduduk tertentu.
- Adanya beberapa intake irigasi, sehingga air yang dialirkan Kanal semakin ke hilir semakin kecil dan dimensi saluran bagian hilir juga menjadi semakin kecil.
- Kurangnya kesadaran masyarakat dalam hal kebersihan, yang menyebabkan Kanal Gunungsari dipenuhi sampah dan tumbuh-tumbuhan air sehingga terjadi pendangkalan saluran.
- Naiknya dasar Kanal Gunungsari karena terjadinya pendangkalan akibat endapan sedimen yang dibawa dari daerah pematusan.

Pada Kanal Gunungsari terdapat dua buah pintu air yaitu pada perpotongan Kanal dengan Kali Manukan dan perpotongan Kanal dengan Kali Branjangan. Fungsi pintu ini adalah untuk lewatnya air buangan menuju ke laut melalui 2 Kali tersebut. Kedua pintu ini masih dapat dioperasikan dengan baik.



## BAB III

### ANALISA HIDROLOGI

Analisa hidrologi yang dimaksud disini adalah pengolahan data curah hujan, untuk menentukan debit rencana. Debit rencana adalah besarnya debit yang direncanakan akan melwati saluran / kanal Gunungsari.

Dari data hujan ( harian ) yang diperoleh dari tiga stasiun pengamat hujan ( yaitu stasiun hujan Semimi, Banyu urip dan Gunungsari ), dapat ditentukan tinggi hujan harian maksimum seperti pada tabel 3. a.

Kemudian dilakukan perhitungan tinggi hujan jangka pendek dan dirata-rata. Dari hujan rata-rata ini dihitung tinggi hujan rencana dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun dan 20 tahun.

Setelah diperoleh tinggi hujan rencana, maka dapat ditentukan besarnya intensitas hujan dan besarnya debit rencana.

#### 3.1. Metode Perhitungan Yang Dipakai.

3.1.1. Untuk menghitung tinggi hujan jangka pendek dipakai perumusan HASPERS:

$$R = \frac{a \times R}{R + b} \quad \text{---> untuk tinggi hujan 0 - 1 jam.}$$

24  
24

$$\left[ \frac{100 R}{R_{24}} \right]^2 = \frac{11300 \times t}{t + 3,12} \longrightarrow \text{untuk tinggi hujan 1 - 24 jam.}$$

R : tinggi hujan [mm].

$R_{24}$  : tinggi hujan harian [mm].

t : waktu hujan [jam].

a & b : faktor hujan dengan waktu yang variabel seperti pada tabel 3.1.1.a.

Korelasi antara t dengan  $(100 R / R_{24})$  ditunjukkan pada tabel 3.1.1.b.

3.1.2. Untuk menghitung tinggi hujan rata-rata dipakai metode RATA-RATA ARITHMATIKA:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

$\bar{R}$  : tinggi hujan rata-rata [mm].

$R_1, R_2, R_3$  : tinggi hujan dari tiap-tiap stasiun pengamat hujan [mm].

n : banyaknya stasiun pengamat hujan.

3.1.3. Untuk menghitung tinggi hujan rencana dipakai metode GUMBEL:

$$X_T = \bar{X} + K \cdot S_x$$

$X_T$  : tinggi hujan pada periode T tahun [mm].

$\bar{X}$  : tinggi hujan rata-rata [mm].

$S_x$  : standard deviasi.

K : faktor frekwensi hujan, seperti pada tabel 3.1.3.b.

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

$$Y_T = - \left[ 0,834 + 2,303 \text{ Log Log } \frac{T}{T-1} \right]$$

Y & S : merupakan fungsi dari besarnya sampel data,  
n n

seperti pada tabel 3.1.3.a.

3.1.4. Untuk menghitung intensitas hujan dipakai perumusan-perumusan :

a) TALBOT :

$$I = \frac{a}{t + b}$$

I : intensitas hujan [ mm/jam ].

t : waktu hujan [ jam ].

$$a = \frac{(\sum I \cdot t)(\sum I^2) - (\sum I^2 \cdot t)(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)(\sum I)}$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I \cdot t) - N(\sum I^2 \cdot t)}{N(\sum I^2) - (\sum I)(\sum I)}$$

b) ISHIGURO :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}}$$

$$a = \frac{(\sum I \cdot \sqrt{t})(\sum I^2) - (\sum I^2 \cdot \sqrt{t})(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)(\sum I)}$$



$$n = \frac{(\sum I)(\sum I \cdot \sqrt{t}) - N(\sum I^2 \cdot \sqrt{t})}{N(\sum I^2) - (\sum I)(\sum I)}$$

c) SHERMAN :

$$I = \frac{a}{n \cdot t}$$

$$\text{Log } a = \frac{(\sum \text{Log } I)(\sum \text{Log } t)^2 - (\sum \text{Log } t \cdot \text{Log } I)(\sum \text{Log } t)}{N(\sum \text{Log } t)^2 - (\sum \text{Log } t)(\sum \text{Log } t)}$$

$$n = \frac{(\sum \text{Log } I)(\sum \text{Log } t) - N(\sum \text{Log } t \cdot \text{Log } I)}{N(\sum \text{Log } t)^2 - (\sum \text{Log } t)(\sum \text{Log } t)}$$

3.1.5. Untuk menghitung waktu konsentrasi dipakai metode KIRPICH :

$$t_c = 0,00013 \times \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}$$



$t_c$  : waktu Konsentrasi [ jam ].

L : jarak dari titik terjauh di hulu saluran sampai ke stasiun ( tempat ) pengamatan banjir [ feet ].

S : kemiringan rata-rata daerah pematuan (  $S = \Delta H/L$  ).

$\Delta H$  : beda tinggi antara titik / tempat terjauh dengan stasiun pengamatan banjir [ meter ].

3.1.6. Untuk menghitung besarnya debit rencana dipakai metode RASIONAL :

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6}$$

$Q$  : debit rencana [ m<sup>3</sup> / det ].

$C$  : koefisien pengaliran, seperti pada tabel 3.1.6.

$I$  : intensitas hujan [ mm/jam ]

$A$  : luas daerah pematuan [ km<sup>2</sup> ].

3.1.7. Untuk menghitung distribusi hujan efektif dipakai perumusan RASIONAL :

$$\bar{R}_T = R_o \times \left[ \frac{t}{T} \right]^{2/3}$$

$$R_o = R_{24} / t$$

$$R_T = T \cdot \bar{R}_T - (T-1) \cdot \bar{R}_{(T-1)}$$

$$R_e = \alpha \cdot R$$

$\bar{R}_T$  : rata-rata hujan sampai jam ke T [mm].

$R_{24}$  : curah hujan harian [mm].

$t$  : lamanya hujan terpusat [jam].

$T$  : lamanya hujan [jam].

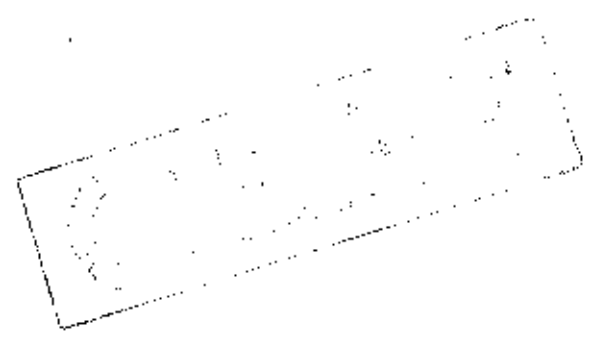
$R_T$  : curah hujan pada jam ke T [mm].

$\bar{R}_{(T-1)}$  : rata-rata curah hujan sampai jam ke (T-1).

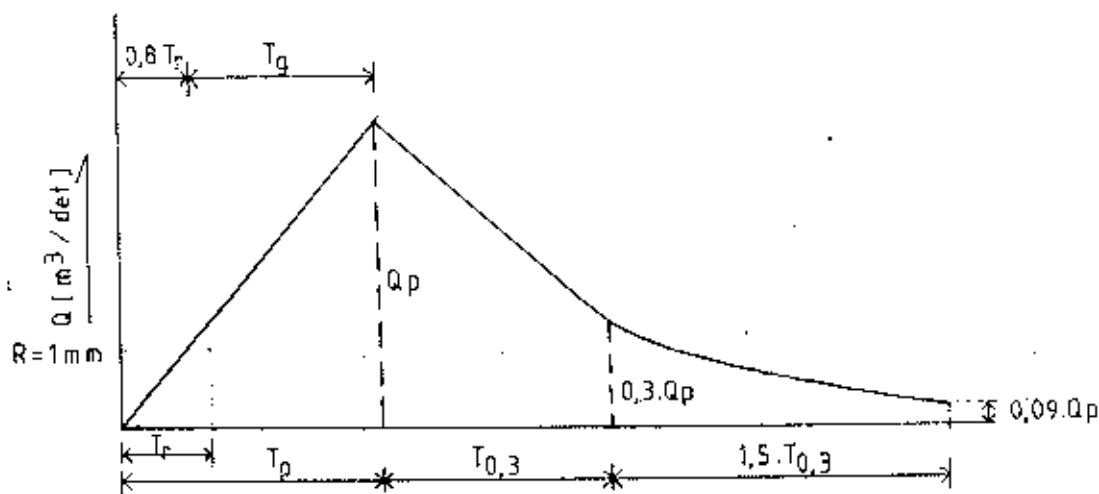
$R_e$  : tinggi hujan efektif [mm].

$R$  : hujan harian maksimum [mm].

$\alpha$  : koefisien pengaliran.



3.1.8. Untuk menghitung volume banjir yang terjadi digunakan metode NAKAYASU :



$$Q_p = \frac{A \cdot x \cdot R}{36 \times (0.3 T_p + T_{0.3})}$$

$$T_p = T_g + 0.8 \cdot T_r$$

$$T_{0.3} = \alpha \cdot T_g$$

$$T_g = 0.4 + 0.058 \cdot L \quad \longrightarrow \text{untuk } L > 15 \text{ km.}$$

$$T_g = 0.21 \cdot L^{0.7} \quad \longrightarrow \text{untuk } L < 15 \text{ km.}$$

A : luas daerah pengaliran [ km<sup>2</sup> ].

R : tinggi hujan efektif [ mm ].

T<sub>p</sub> : waktu dari permulaan banjir sampai debit puncak [ jam ].

T<sub>0.3</sub> : waktu dari debit puncak sampai 0.3 x debit puncak [ jam ].

- $T_g$  : time lag daerah pengaliran [ jam ].
- $T_r$  : satuan waktu hujan [ jam ].
- $\alpha$  : koefisien (= 1,5 s/d 3,5).
- $L$  : panjang maksimum sungai [ km ].

### 3.2. Perhitungan Tinggi Hujan Jangka Pendek.

Karena data hujan yang ada berupa data hujan harian, maka perlu diubah menjadi tinggi hujan dengan waktu hujan yang lebih pendek yaitu  $t < 1$  jam dan  $t < 1$  hari. Perhitungan ini dilakukan untuk masing-masing stasiun dengan memakai perumusan Hasper seperti ditunjukkan di depan tadi, dan hasil perhitungannya pada tabel 3.2.1. s/d tabel 3.2.6.

### 3.3. Perhitungan Tinggi Hujan Rata-rata.

Tinggi hujan rata-rata merupakan hasil rata-rata dari tinggi hujan jangka pendek, hasilnya seperti pada tabel 3.3.1. dan tabel 3.3.2.

### 3.4. Perhitungan Tinggi Hujan Rencana.

Tinggi hujan rencana dapat ditentukan dengan terlebih dulu menghitung standard deviasi dari tinggi hujan rata-rata, kemudian dihitung dengan metode Gumbel. Hasil perhitungan tinggi hujan rencana, pada tabel 3.4.1. dan tabel 3.4.2.

### 3.5. Perhitungan Intensitas Hujan.

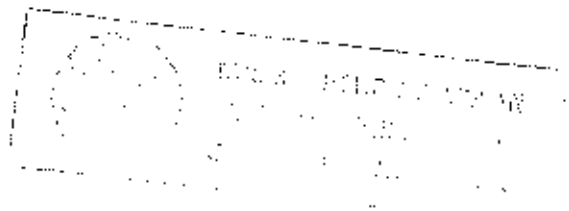
Intensitas hujan ini dihitung menurut perumusan-perumusan Talbot, Ishiguro dan Sherman seperti pada tabel

3.5.1. s/d tabel 3.5.18. Kemudian diadakan perbandingan antara hasil hitungan dengan perumusan yang satu dengan hasil dari perumusan yang lainnya, untuk memperoleh perumusan mana yang memberikan hasil optimum ( yang standard deviasinya mendekati nol ) untuk suatu periode ulang tertentu. Hasil perhitungannya seperti pada tabel 3.5.19. s/d tabel 3.5.21. Dari sini dibuat grafik intensitas hujan seperti ditunjukkan pada Gb 3.5.1.

### 3.6. Perhitungan Waktu Konsentrasi.

Sebelum menghitung waktu konsentrasi, terlebih dulu ditentukan batas-batas daerah pematusan kanal Gunungsari seperti pada Gb. 3.6.1. Yang dapat digunakan sebagai batas daerah pematusan adalah sesuatu yang elevasinya relatif lebih tinggi dari daerah sekitarnya. Seperti misalnya :

- Jalan Rel.
- Jalan Raya.
- Saluran Irigasi.
- Sungai.
- Perbukitan dan gunung-gunung.



Ditentukan pula luas daerah pematusan, panjang saluran pada daerah pematusan dan beda tinggi ( $\Delta H$ ) yang diperoleh dari cross dan long section serta peta situasi dengan skala 1 : 2500.

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari titik terjauh dalam suatu daerah pematusan sampai pada stasiun pengukuran debit. Hasil perhitungan waktu konsentrasi dengan metode Kirpich



ditunjukkan pada tabel 3.6.1. Dari hasil perhitungan ini kemudian diplotkan pada Gb. 3.5.1. sehingga diperoleh intensitas hujan masing-masing daerah aliran sungai. seperti ditunjukkan pada tabel 3.6.1.

### 3.7. Perhitungan Debit Rencana.

Perhitungan debit rencana ini terdiri dari :

- a) Perhitungan debit dari daerah pematuan akibat hujan.
- b) Perhitungan debit air buangan, baik dari rumah tangga maupun buangan dari industri.

3.7.1. Untuk Perhitungan Debit dari Daerah Pematuan. dapat dilihat pada tabel 3.7.1.

#### 3.7.2. Perhitungan Debit Air Buangan :

Dalam perhitungan debit air buangan ini, jumlah penduduk di daerah studi di proyeksikan ke tahun 2000 sehingga perkiraan jumlah penduduk sebesar 394.207 jiwa. Sedangkan banyaknya air buangan dari rumah tangga adalah 70 % dari kebutuhan air bersih ( untuk kota Surabaya. Kebutuhan air bersih = 120 l/o/hr ).

Jadi debit air buangan rumah tangga :

$$Q_{RT} = \frac{A \times 394.207 \times 120 \times 10^{-3} \times 70\%}{64,22 \times 86.400}$$

Air buangan yang berasal dari industri sekitar 275 l/o/hr. Sehingga debit air buangan industri sebesar :

$$Q_{In} = \frac{A_{In} \times 39.421 \times 10^{-3} \times 275 \times 10^{-3}}{64,22 \times 86,400}$$

$A_{RT}$  : luas lahan untuk perumahan [ $km^2$ ].

$A_{In}$  : luas lahan untuk industri [ $km^2$ ].

$$\text{Debit air buangan (total)} = Q_{RT} + Q_{In}$$

Hasil perhitungan debit rencana ditunjukkan pada tabel 3.7.2.

### 3.8. Perhitungan Tinggi Hujan Efektif :

Untuk Kota Surabaya khususnya Daerah Pengaliran Gunung Sari Kanal, dianggap lamanya hujan terpusat adalah 4 jam ( $t = 4$  jam). Dengan perumusan Rasional seperti di depan dapat kita peroleh prosentase distribusi hujan, seperti pada tabel 3.6.1.

Dengan koefisien pengaliran rata-rata  $\alpha = 0.47$ .

Tinggi hujan rencana periode ulang 5 tahun  $R = 119.93$  mm.

Maka tinggi hujan efektif :

$$R_e = 0,47 \times 119,93 = 56,37 \text{ mm.}$$

Hasil perhitungan distribusi tinggi hujan efektif ditunjukkan pada tabel 3.8.2.

### 3.9. Perhitungan Volume Banjir :

<> Pada Kali Manukan.

Panjang saluran  $L = 8,907$  km.

Luas daerah pematasan  $A = 16,68$   $km^2$ .

$$T_g = 0,21 L^{0,7} = 0,97 \text{ jam.}$$

$$T_r = 1 \text{ jam.}$$

$$T_p = 0,97 + 0,8 \times 1 = 1,77 \text{ jam.}$$

$$\alpha = 1,5$$

$$T_{0,3} = 1,5 \times 0,97 = 1,45 \text{ jam.}$$

$$Q_m = \frac{16,66 R_e}{3,6 \times [(0,3 \times 1,77) + 1,45]} = 2,34 \cdot R_e$$

Untuk menghitung besarnya  $Q$  pada  $t$  tertentu, dipakai perumusan-perumusan seperti pada tabel 3.9.1. Sedangkan hasil perhitungannya ditunjukkan pada tabel 3.9.2. Dari hasil ini dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara  $t$  dengan  $Q$  (Gb. 3.9.1.). Dari grafik ini dihitung luasnya, inilah yang disebut volume banjir.

<> Pada Kali Branjangan.

Panjang saluran = 8,400 km.

Luas daerah pematuan = 22,61 km<sup>2</sup>.

$$T_g = 0,21 \times (8,400)^{0,7} = 0,93 \text{ jam.}$$

$$T_r = 1 \text{ jam.}$$

$$T_p = 0,93 + (0,8 \times 1) = 1,73 \text{ jam.}$$

$$T_{0,3} = 1,5 \times 0,93 = 1,4 \text{ jam.}$$

$$Q_m = \frac{22,61 R_e}{3,6 \times \{ (0,3 \times 1,73) + 1,4 \}} = 3,27 \cdot R_e$$

Untuk menghitung besarnya  $Q$  pada  $t$  tertentu, dipakai perumusan-perumusan seperti pada tabel 3.9.1. Sedangkan hasil perhitungannya ditunjukkan pada tabel 3.9.3. Dari hasil ini dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara  $t$  dengan  $Q$  (Gb. 3.9.2.). Dari grafik ini dihitung luasnya, yang merupakan volume banjir.

<> Pada Kali Semimi.

Panjang saluran  $L = 8,176$  km.

Luas daerah pematuan  $A = 24,93$  km<sup>2</sup>.

$T_g = 0,21 \times (8,176)^{0,7} = 0,91$  jam.

$T_r = 1$  jam.

$T_p = 0,91 + (0,8 \times 1) = 1,71$  jam.

$T_{0,3} = 1,5 \times 0,91 = 1,37$  jam.

$$Q_m = \frac{24,93 R_e}{3,6 \times \{ (0,3 \times 1,71) + 1,37 \}} = 3,68 \cdot R_e$$

Untuk menghitung besarnya  $Q$  pada  $t$  tertentu, dipakai perumusan-perumusan seperti pada tabel 3.9.1. Sedangkan hasil perhitungannya ditunjukkan pada tabel 3.9.4. Dari hasil ini dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara  $t$  dengan  $Q$  (Gb. 3.9.3.). Dari grafik ini dihitung luasnya, yang merupakan volume banjir.

TABEL 3. a.  
DATA HUJAN HARIAN MAXIMUM

No.	Tahun	Sta. Hujan Semim	Sta. Hujan Banyu Urip	Sta. Hujan Gurungsari	Tanggal Kejadian
1	1979	90	132	85	27 Desember
2	1980	110	69	81	12 Januari
3	1981	95	71	92	3 Januari
4	1982	51	62	90	5 Februari
5	1983	110	70	98	12 Maret
6	1984	80	152	171	7 Maret
7	1985	115	140	126	28 Februari
8	1986	106	84	109	25 Maret
9	1987	69	104	86	5 Desember
10	1988	73	120	93	8 April

TABEL 3.1.1.a.  
FAKTOR HUJAN PERUMUSAN HASPERS.

No.	waktu Hujan (menit)	a	b
1	1	5,85	21,60
2	5	29,10	116,00
3	10	73,00	254,00
4	15	138,00	424,00
5	20	228,00	636,00
6	25	351,00	909,00
7	30	524,00	1272,00
8	35	774,00	1781,00
9	40	1159,00	2544,00
10	45	1811,00	3816,00
11	50	3131,00	6360,00
12	55	7119,00	13992,00
13	60	39083,00	75048,00

TABEL 3.1.1.b.  
KORELASI ANTARA t DENGAN  $100 \cdot R$   
-----  
 $R_{24}$

No.	t (jam)	$100 \cdot R / (R_{24})$
1	1	52,37
2	2	66,44
3	3	74,43
4	4	79,68
5	5	83,42
6	6	85,22
7	12	94,70
8	18	98,14
9	24	100,00

TABEL 3. 1. 3. a.

Ranking	p	Ln 1/p	Y	Y <sup>2</sup>
1	0.0909	2.3979	-0.8746	0.7649
2	0.1818	1.7047	-0.5334	0.2845
3	0.2727	1.2993	-0.2618	0.0685
4	0.3636	1.0116	-0.0115	0.0001
5	0.4545	0.7885	0.2377	0.0565
6	0.5455	0.6061	0.5007	0.2507
7	0.6364	0.4520	0.7941	0.6306
8	0.7273	0.3185	1.1443	1.3094
9	0.8182	0.2007	1.6061	2.5795
10	0.9091	0.0953	2.3506	5.5254
			4.9521	11.4702

$$p = m / (N+1)$$

m : nomor ranking.

N : banyaknya tahun data ( hujan ).

$$Y = - \ln \ln 1/p$$

$$Y_n = 4,9521/10 = 0,4952$$

$$S_n = \frac{11,4702 - (0,4952 \times 4,9521)}{10} = 0,9018$$

$$Y_t = - (0,834 + 2,303 \log \log \frac{T}{T-1})$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

TABEL 3. 1. 3. b.  
HARGA K

T (tahun)	Yt	K
2	0,3668	-0,1424
5	1,5004	1,1147
20	2,9709	2,7453

TABEL 3.1.6.  
HARGA KOEFISIEN PENGALIRAN.

TYPE DAERAH ALIRAN	KONDISI	HARGA C
Rerumputan	Tanah pasir :	
	- datar 2 %	0,05 - 0,10
	- rata-rata 2 - 7 %	0,10 - 0,15
	- curam 7 %	0,15 - 0,20
	Tanah gumpuk :	
	- datar 2 %	0,13 - 0,17
	- rata-rata 2 - 7 %	0,18 - 0,22
	- curam 7 %	0,25 - 0,35
Business	Daerah Kota lama	0,75 - 0,95
	Daerah Kota pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan	Daerah Single Family.	0,30 - 0,50
	Multi Unit, terpisah-pisah.	0,40 - 0,60
	Multi Unit, tertutup.	0,60 - 0,75
	Sub Urban.	0,25 - 0,40
	Daerah rumah-rumah apartemen.	0,50 - 0,70
Industri	Daerah ringan.	0,50 - 0,80
	Daerah berat	0,60 - 0,90
Pertamanan		0,10 - 0,25
Tempat bermain		0,20 - 0,35
Halaman Kereta api		0,20 - 0,40
Daerah yang tidak dikerjakan		0,10 - 0,30
Jalan	Beraspal	0,70 - 0,95
	Beton	0,80 - 0,95
	Batu	0,70 - 0,85
Untuk berjalan dan naik Kuda		0,75 - 0,85
Atap		0,75 - 0,95



TABEL 3.2.1.  
STASIUN HUJAN SEMENI.  
TINGGI HUJAN 0 - 1 JAM.

Tahun	R (mm)	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1979	90	4.72	12.71	19.31	24.16	28.26	31.62	34.63	37.23	39.60	41.73	43.69	45.50	46.81
1980	110	4.89	14.16	22.30	28.43	33.62	37.89	41.71	45.02	48.04	50.74	53.23	55.53	57.20
1981	95	4.77	13.10	20.09	25.26	29.63	33.21	36.42	39.20	41.72	43.99	46.08	48.01	49.41
1982	51	4.11	8.89	12.34	14.82	16.93	18.65	20.20	21.55	22.76	23.88	24.91	25.86	26.54
1983	110	4.89	14.16	22.30	28.43	33.62	37.89	41.71	45.02	48.04	50.74	53.23	55.53	57.20
1984	80	4.61	11.88	17.68	21.90	25.47	28.39	31.01	33.27	35.34	37.19	38.89	40.47	41.62
1985	115	4.92	14.49	23.00	29.44	34.91	39.42	43.45	46.95	50.13	52.98	56.61	58.03	59.80
1986	106	4.86	13.89	21.73	27.60	32.57	36.66	40.31	43.48	46.36	48.95	51.33	53.53	55.12
1987	69	4.46	10.85	15.77	19.31	22.31	24.76	26.96	28.87	30.61	32.16	33.60	34.93	35.90
1988	73	4.51	11.24	16.48	20.27	23.48	26.09	28.44	30.48	32.33	33.99	35.53	36.95	37.98

TABEL 3.2.2.  
STASIUN HUJAN SEMENI.  
TINGGI HUJAN 1 - 24 JAM.

Tahun	R (mm)	1	2	3	4	5	6	12	18	24
1979	90	47.13	59.80	66.99	71.71	75.08	77.60	85.23	88.33	90.00
1980	110	57.61	73.08	81.87	87.65	91.76	94.84	104.17	107.95	110.00
1981	95	49.75	63.12	70.71	75.70	79.25	81.91	89.97	93.23	95.00
1982	51	26.71	33.88	37.96	40.64	42.54	43.97	48.30	50.06	51.00
1983	110	57.61	73.08	81.87	87.65	91.76	94.84	104.17	107.95	110.00
1984	80	41.90	53.15	59.54	63.74	66.74	68.98	75.76	78.51	80.00
1985	115	60.23	76.41	85.59	91.63	95.93	99.15	108.91	112.86	115.00
1986	106	55.51	70.43	78.90	84.46	88.43	91.39	100.38	104.03	106.00
1987	69	36.14	45.84	51.36	54.98	57.56	59.49	65.34	67.72	69.00
1988	73	38.23	48.50	54.33	58.17	60.90	62.98	69.13	71.64	73.00

TABEL 3.2.3  
STASIUN Hujan BANYU WETEP  
TINJAUAN Hujan 0 - 1 JAM

Tahun	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1979	5.03	15.49	25.24	32.76	39.19	44.51	49.26	53.41	57.14	60.66	63.66	66.53	68.62
1980	4.46	10.85	15.11	19.31	22.31	24.76	26.96	28.81	30.61	32.16	33.60	34.93	35.90
1981	4.49	11.05	16.12	19.79	22.90	25.43	27.70	29.67	31.47	33.08	34.57	35.94	36.94
1982	4.34	10.14	14.48	17.60	20.25	22.41	24.35	26.04	27.57	28.95	30.23	31.41	32.26
1983	4.47	10.95	15.94	19.55	22.61	25.10	27.33	29.21	31.04	32.62	34.09	35.44	36.42
1984	5.12	16.50	27.63	36.42	43.98	50.28	55.93	60.66	65.34	69.37	73.08	76.51	79.00
1985	5.07	15.91	26.22	34.26	41.13	46.84	51.95	56.41	60.45	64.09	67.44	70.53	72.71
1986	4.65	12.22	18.34	22.62	26.60	29.69	32.46	34.86	37.05	39.01	40.81	42.48	43.70
1987	4.64	13.35	21.44	27.16	32.04	36.04	39.60	42.70	45.52	48.05	50.38	52.52	54.09
1988	4.96	14.80	23.66	30.44	36.19	40.92	45.17	48.86	52.21	55.21	57.98	60.64	62.39

TABEL 3.2.4  
STASIUN Hujan BANYU WETEP  
TINJAUAN Hujan 1 - 24 JAM

Tahun	1	2	3	4	5	6	12	18	24
1979	69.13	81.70	98.25	105.18	110.11	113.81	125.00	129.54	132.00
1980	35.14	45.84	51.36	54.98	57.56	59.49	65.34	67.72	69.00
1981	37.18	47.17	52.85	56.57	59.23	61.22	67.24	69.68	71.00
1982	32.47	41.19	46.15	49.40	51.72	53.46	56.71	60.85	62.00
1983	36.66	46.51	52.10	55.78	58.39	60.35	66.29	68.70	70.00
1984	19.60	100.99	113.13	121.11	126.80	131.05	143.94	149.17	152.00
1985	73.32	93.02	104.20	111.55	116.79	120.71	132.58	137.40	140.00
1986	43.99	55.81	62.52	66.93	70.01	72.42	79.55	82.44	84.00
1987	54.46	69.10	77.41	82.87	86.16	89.67	96.49	102.07	104.00
1988	62.84	79.73	89.32	95.62	100.10	103.46	113.64	117.77	120.00



TABEL 3.2.5.  
STASIUN HUJAN GUNUNGSARI,  
TINGGI HUJAN 0 - 1 JAM.

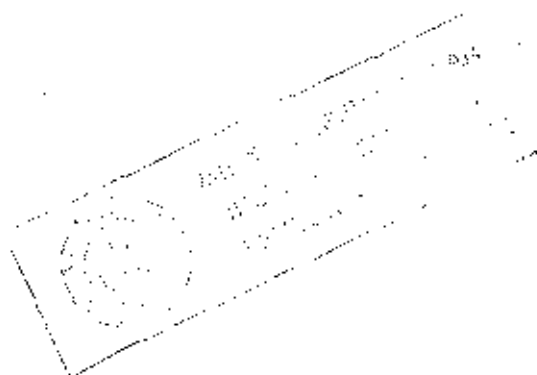
Tahun	R (mm)	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1979	85	4.66	12.31	18.50	23.05	26.88	30.02	32.82	35.26	37.47	39.46	41.29	42.99	44.22
1980	81	4.82	11.96	17.84	22.13	25.76	28.72	31.37	33.67	35.76	37.64	39.37	40.97	42.14
1981	92	4.74	12.87	19.62	24.60	28.81	32.26	35.34	38.02	40.45	42.63	44.65	46.50	47.85
1982	90	4.72	12.71	19.31	24.16	28.26	31.62	34.63	37.23	39.60	41.73	43.69	45.50	46.61
1983	98	4.79	13.33	20.55	25.91	30.44	34.16	37.48	40.37	42.99	45.34	47.51	49.51	50.97
1984	121	5.19	17.34	29.69	39.66	48.31	55.58	62.10	67.80	73.00	77.67	81.98	85.95	88.65
1985	126	4.99	15.15	24.47	31.61	37.70	42.73	47.23	51.14	54.69	57.69	60.62	63.54	65.51
1986	109	4.88	14.10	22.16	28.22	33.36	37.58	41.36	44.64	47.62	50.29	52.76	55.03	56.68
1987	86	4.68	12.39	18.67	23.27	27.16	30.34	33.16	35.65	37.90	39.91	41.77	43.49	44.74
1988	93	4.75	12.96	19.78	24.82	29.09	32.58	35.70	38.41	40.87	43.09	45.12	47.01	48.37

TABEL 3.2.6.  
STASIUN HUJAN GUNUNGSARI,  
TINGGI HUJAN 1 - 24 JAM.

Tahun	R (mm)	1	2	3	4	5	6	12	18	24
1979	85	44.51	56.47	63.27	67.73	70.91	73.29	80.50	83.42	85.00
1980	81	42.42	53.82	60.29	64.54	67.57	69.84	76.11	79.49	81.00
1981	92	48.18	61.12	68.48	73.35	76.75	79.32	87.12	90.29	92.00
1982	90	47.13	59.80	66.99	71.71	75.08	77.60	85.23	88.33	90.00
1983	98	51.32	65.11	72.94	78.09	81.75	84.50	92.81	96.18	98.00
1984	121	89.66	113.61	127.28	136.26	142.65	147.44	161.94	167.62	171.00
1985	126	65.99	83.71	93.76	100.40	105.11	108.64	119.32	123.66	126.00
1986	109	57.08	72.42	81.13	86.85	90.93	93.98	103.22	106.97	109.00
1987	86	45.04	57.14	64.01	68.52	71.74	74.15	81.44	84.40	86.00
1988	93	48.70	61.19	69.22	74.10	77.58	80.18	88.07	91.27	93.00

TABEL 3.3.1.  
TINGGI HAJAN RATA-RATA.

Tahun	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1979	4.80	13.50	21.02	26.66	31.44	35.38	38.90	41.97	44.75	47.25	49.55	51.22	53.22
1980	4.66	12.32	18.64	23.29	27.23	30.46	33.35	35.85	38.14	40.18	42.07	43.86	45.08
1981	4.67	12.34	18.61	23.22	27.11	30.30	33.15	35.63	37.88	39.90	41.77	43.43	44.73
1982	4.39	10.58	15.38	18.86	21.81	24.23	26.39	28.27	29.98	31.52	32.94	34.25	35.20
1983	4.72	12.81	19.60	24.63	28.89	32.38	35.51	38.22	40.69	42.90	44.94	46.83	48.20
1984	4.97	15.24	25.00	32.66	39.25	44.75	49.69	53.98	57.89	61.41	64.65	67.64	69.82
1985	4.99	15.18	24.56	31.77	37.91	43.17	47.54	51.50	55.09	58.32	61.29	64.03	66.03
1986	4.80	13.40	20.74	26.21	30.84	34.64	38.04	40.99	43.68	46.08	48.30	50.35	51.83
1987	4.66	12.33	18.63	23.25	27.17	30.38	33.25	35.74	38.01	40.04	41.92	43.65	44.91
1988	4.74	13.00	19.98	25.18	29.59	33.20	36.44	39.25	41.80	44.10	46.21	48.17	49.58
X	4.74	13.07	20.22	25.57	30.12	33.65	37.23	40.14	42.79	45.17	47.36	49.39	50.86
STD	0.17	1.39	2.87	4.12	5.20	5.78	6.94	7.66	8.31	8.90	9.44	9.94	10.31



TABEL 3.3.2.  
TINGGI HAJAN RATA-RATA.

Tahun	1	2	3	4	5	6	12	18	24
1979	53.59	67.99	76.17	81.54	85.37	88.23	96.91	100.43	102.33
1980	45.39	57.58	64.51	69.06	72.30	74.72	82.07	85.05	86.67
1981	45.04	57.14	64.01	68.52	71.74	74.15	81.44	84.40	86.00
1982	35.44	44.96	50.36	53.92	56.45	58.34	64.08	66.41	67.67
1983	48.53	61.57	68.97	73.84	77.30	79.90	87.76	90.94	92.67
1984	70.35	89.25	99.98	107.04	112.06	115.82	127.21	131.63	134.33
1985	66.51	84.38	94.53	101.19	105.94	109.50	120.27	124.64	127.00
1986	52.20	66.22	74.18	79.41	83.14	85.93	94.38	97.61	99.67
1987	45.21	57.36	64.26	68.79	72.02	74.44	81.76	84.73	86.33
1988	49.93	63.34	70.96	75.96	79.53	82.20	90.28	93.56	95.33
X	51.22	64.98	72.79	77.93	81.58	84.32	92.62	95.98	97.80
STD	10.40	13.19	14.78	15.82	16.55	17.12	18.80	19.48	19.85

X : tinggi hajan rata-rata.

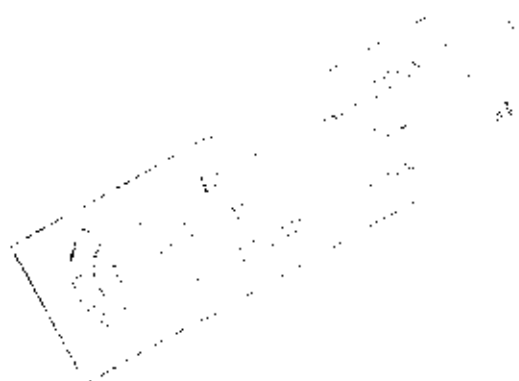
STD : standard deviasi.

FABSL 3.4.1.  
TINGGI BEJAN BENCANA.

Periode ulang	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
X	4.74	13.07	20.22	25.57	30.12	33.65	37.23	40.14	42.79	45.17	47.36	49.39	50.86
STD	0.17	1.39	2.87	4.12	5.20	5.78	6.94	7.66	8.31	8.90	9.44	9.94	10.31
2(th)	4.76	13.27	20.63	26.16	30.86	34.47	38.22	41.23	43.97	46.44	48.70	50.81	52.33
5(th)	4.93	14.62	23.42	30.16	35.92	40.09	44.97	48.68	52.05	55.09	57.88	60.41	62.35
20(th)	5.21	16.89	28.10	36.88	44.40	49.52	56.28	61.17	65.60	69.60	73.28	76.68	79.16

FABSL 3.4.2.  
TINGGI BEJAN BENCANA.

Periode ulang	1	2	3	4	5	6	12	18	24
2 (th)	52.70	66.85	74.90	80.18	83.94	86.76	95.29	98.75	100.63
5 (th)	62.81	79.68	89.27	95.56	100.03	103.41	113.51	117.70	119.93
20 (th)	79.77	101.19	113.37	121.36	127.02	131.32	144.23	149.46	152.29



TABEL 3.4.2.a.  
 INTENSITAS HUJAN dalam (mm/jam).

Periode : ulang :	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2(th)	285.85	159.22	123.77	104.63	92.58	82.74	76.44	70.58	65.96	61.92	58.45	55.47	52.33
5(th)	295.77	175.43	140.52	120.65	107.75	96.22	89.93	83.45	78.08	73.45	69.46	65.97	62.35
20(th)	312.40	202.63	168.59	147.52	133.19	118.84	112.56	104.86	98.41	92.80	87.93	83.65	79.16

TABEL 3.4.2.b.  
 INTENSITAS HUJAN dalam (mm/jam).

Periode : ulang :	1	2	3	4	5	6	12	18	24
2(th)	52.70	33.43	24.97	20.84	16.79	14.46	7.94	5.49	4.19
5(th)	62.81	39.84	29.76	23.89	20.01	17.23	9.46	6.54	5.00
20(th)	79.77	50.59	37.79	30.34	25.40	21.89	12.02	8.30	6.35

$$I = x / t$$

I : intensitas hujan (mm/jam).

x : tinggi hujan rencana (mm).

t : waktu hujan (jam).

TABEL 3.5.1.

Perhitungan tinggi intensitas hujan dengan FORMULA TALBOT.  
 Periode ulang 2 tahun.

No.	t (menit)	1	1t	t <sup>2</sup>	t <sup>2</sup> 1t	f(a)
1	1	285.60	285.60	81567.36	81567.36	244.33
2	5	159.24	796.20	25357.36	126786.89	189.08
3	10	123.78	1237.80	15321.49	153219.88	147.42
4	15	104.64	1569.60	10949.53	164242.94	120.80
5	20	92.58	1851.60	8511.06	171421.13	102.32
6	25	82.73	2068.25	6844.25	171106.32	88.15
7	30	76.44	2293.20	5843.07	175292.21	78.35
8	35	70.68	2473.80	4995.66	174846.18	70.14
9	40	65.96	2638.40	4350.42	174028.86	63.48
10	45	61.92	2786.40	3834.09	172533.89	57.98
11	50	58.44	2922.00	3415.23	170761.68	53.36
12	55	55.43	3046.65	3072.48	168986.67	49.41
13	60	52.33	3139.80	2738.43	164305.23	46.02
		1289.77	27111.30	176860.76	2069096.75	

$$a = \frac{(27111.30 \times 176860.76) - (2069096.75 \times 1289.77)}{(13 \times 176860.76) - (1289.77 \times 1289.77)} = 3344.85$$

$$b = \frac{(1289.77 \times 27111.30) - (13 \times 2069096.75)}{(13 \times 176860.76) - (1289.77 \times 1289.77)} = 12.69$$

TABEL 3.5.2.

Perhitungan tinggi intensitas hujan dengan FORMULA TALBOT.  
 Periode ulang 2 tahun.

No.	t (menit)	I	I <sub>t</sub>	I <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> t	f(a)
1	60	52.70	3162.00	2777.29	166637.40	51.06
2	120	33.43	4011.60	1117.56	134107.79	34.06
3	180	24.97	4494.60	623.50	112230.16	25.55
4	240	20.04	4809.60	401.60	96384.38	20.44
5	300	16.79	5037.00	281.90	84571.23	17.04
6	360	14.46	5205.60	209.09	75272.98	14.61
7	420	11.94	5715.80	141.64	45391.39	11.87
8	480	9.49	5929.20	90.14	32551.31	9.38
9	540	7.19	6033.60	51.56	25280.78	7.09
		180.01	44400.00	5521.69	772427.42	

$$a = \frac{(44400.00 \times 5521.69) - (772427.42 \times 180.01)}{(9 \times 5521.69) - (180.01 \times 180.01)} = 6136.98$$

$$b = \frac{(180.01 \times 44400.00) - (9 \times 772427.42)}{(9 \times 5521.69) - (180.01 \times 180.01)} = 60.18$$





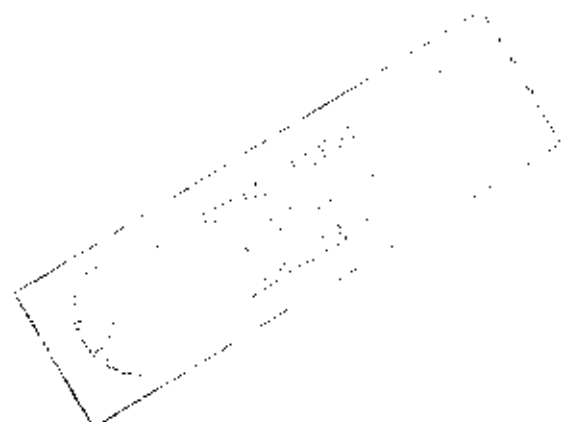
TABEL 3.5.3.

Perhitungan tinggi intensitas bujan dengan FORMULA TALBOT.  
 Periode ulang 5 tahun

No.	t (menit)	l	lt	l <sup>2</sup>	l <sup>2</sup> t	l(a)
1	1	295.80	295.80	87497.64	87497.64	253.56
2	5	175.44	877.20	30779.19	153895.97	204.18
3	10	140.52	1405.20	19745.81	197458.70	164.20
4	15	120.64	1809.60	14554.01	218310.14	137.31
5	20	107.76	2155.20	11612.22	232244.35	117.99
6	25	96.22	2405.50	9258.29	231457.21	103.43
7	30	89.94	2698.20	8089.20	242676.11	92.08
8	35	83.45	2920.75	6963.90	243736.69	82.97
9	40	78.08	3123.20	6096.49	243859.46	75.50
10	45	73.45	3305.25	5394.90	242770.61	69.26
11	50	69.46	3473.00	4824.69	241234.58	63.97
12	55	65.97	3628.35	4352.04	239362.25	59.44
13	60	62.35	3741.00	3887.52	233251.35	55.51
		1459.06	31838.25	213065.97	2807754.96	

$$a = \frac{(31838.25 \times 213065.97) - (2807754.96 \times 1459.06)}{(13 \times 213065.97) - (1459.06 \times 1459.06)} = 4192.47$$

$$b = \frac{(1459.06 \times 31838.25) - (13 \times 2807754.96)}{(13 \times 213065.97) - (1459.06 \times 1459.06)} = 15.53$$



TABEL 3.5.4.

Perhitungan linggi intensitas hujan dengan FORMULA TALBOT.  
 Periode ulang 5 tahun.

No.	t (menit)	1	1 <sup>2</sup>	1 <sup>3</sup>	1 <sup>2</sup> t	1(3)
1	60	62.81	3768.60	3945.10	236705.77	60.85
2	120	39.84	4780.80	1587.23	190467.07	40.59
3	180	29.76	5356.80	885.66	159418.31	30.45
4	240	23.89	5733.60	570.13	136975.70	24.37
5	300	20.01	6009.00	400.40	120120.03	20.31
6	360	17.23	6202.80	296.87	106874.24	17.41
7	420	9.46	6811.20	89.49	64433.95	9.38
8	480	6.54	7063.20	42.11	46193.33	6.42
9	540	5.00	7200.00	25.00	36000.00	4.88
		214.54	52920.00	7843.25	1097188.46	

$$a = \frac{(52920.00 \times 7843.25) - (1097188.46 \times 214.54)}{(9 \times 7843.25) - (214.54 \times 214.54)} = 7315.17$$

$$D = \frac{(214.54 \times 52920.00) - (9 \times 1097188.46)}{(9 \times 7843.25) - (214.54 \times 214.54)} = 60.21$$

TABEL 3.5.6.

Perhitungan tinggi intensitas hujan dengan FORMULA TALEBY.

Periode ulang 20 tahun.

No.	t (menit)	i	it	i <sup>2</sup>	i <sup>2</sup> t	i(a)
1	60	79.77	4786.20	6363.25	381795.17	77.28
2	120	50.59	6070.80	2559.35	307121.77	51.56
3	180	31.79	5802.20	1428.08	257055.14	36.67
4	240	30.34	7281.60	920.52	220923.74	30.94
5	300	25.40	7620.00	645.16	193548.00	25.79
6	360	21.89	7880.40	479.17	172501.96	22.11
7	420	12.02	6654.40	144.48	104025.89	11.91
8	480	8.30	6964.00	68.89	11101.20	8.15
9	540	6.35	9144.00	40.32	58064.40	6.19
		272.45	67203.60	12649.23	1769437.27	

$$a = \frac{(67203.60 \times 12649.23) - (1769437.27 \times 272.45)}{19 \times 12649.23 - (272.45 \times 272.45)} = 9289.39$$

$$b = \frac{(272.45 \times 67203.60) - (9 \times 1769437.27)}{19 \times 12649.23 - (272.45 \times 272.45)} = 60.20$$

TABEL 3.5.7.

Perhitungan tinggi intensitas hujan dengan FORMULA ISHIGURO.

Periode ulang 2 tahun.

No.	t (menit)	t	1	1 x t	t <sup>2</sup>	t <sup>2</sup> (	1(t)
1	1	1.00	265.60	265.60	81567.36	81567.36	289.21
2	5	2.24	159.24	356.07	25351.36	56700.82	161.77
3	10	3.16	123.78	391.43	15321.49	48450.80	121.61
4	15	3.87	104.64	405.27	10949.53	42407.35	102.15
5	20	4.47	92.58	414.03	8571.06	38330.93	90.01
6	25	5.00	82.73	413.65	6844.25	34221.26	81.48
7	30	5.48	76.44	418.68	5843.07	32003.83	75.05
8	35	5.92	70.68	418.15	4995.66	29554.79	69.97
9	40	6.32	66.96	417.17	4350.72	27516.38	65.82
10	45	6.71	61.92	415.37	3834.09	25719.83	62.35
11	50	7.07	58.44	413.23	3415.23	24149.35	59.39
12	55	7.42	55.43	411.08	3012.48	22786.16	56.63
13	60	7.75	52.33	408.35	2738.43	21211.78	54.57
			1289.77	5165.07	176860.76	484620.59	

$$a = \frac{(5165.07 \times 176860.76) - (484620.59 \times 1289.77)}{(13 \times 176860.76) - (1289.77 \times 1289.77)} = 453.76$$

$$b = \frac{(1289.77 \times 5165.07) - (13 \times 484620.59)}{(13 \times 176860.76) - (1289.77 \times 1289.77)} = 0.57$$

TABEL 3.5.8.

Perhitungan tinggi intensitas hujan dengan FORMULA ISHIGURO.

Periode ulang 2 tahun.

No.	t (menit)	t	1/t	1/t <sup>2</sup>	t <sup>2</sup>	t <sup>3</sup>	1/t <sup>3</sup>
1	60	7.75	52.70	408.21	2771.29	21512.80	67.80
2	120	10.95	33.43	366.21	1117.56	12242.31	30.71
3	180	13.42	24.97	335.01	623.50	8365.19	21.63
4	240	15.49	20.04	310.46	401.60	6221.59	17.31
5	300	17.32	16.79	290.61	281.90	4882.72	14.72
6	360	18.97	14.46	274.36	209.09	3967.23	12.97
7	720	26.83	7.94	213.05	63.04	1691.64	8.28
8	1080	32.86	5.49	180.42	30.14	990.50	6.48
9	1440	37.95	4.19	159.00	17.56	666.21	5.46
			180.01	2537.53	5521.69	60540.14	

$$a = \frac{(2537.53 \times 5521.69) - (60540.14 \times 180.01)}{(9 \times 5521.69) - (180.01 \times 180.01)} = 180.07$$

$$b = \frac{(180.01 \times 2537.53) - (9 \times 60540.14)}{(9 \times 5521.69) - (180.01 \times 180.01)} = -5.09$$

TABEL 3.5.9.

Perhitungan tinggi intensitas bujan dengan FORMULA ISHIGURO.

Periode ulang 5 tahun.

No.	t(menit)	t	I	I x t	t <sup>2</sup>	t <sup>2</sup> x t	I(D)
1	1	1.00	295.80	295.80	87497.64	87497.64	296.37
2	5	2.24	175.44	392.30	30119.19	68824.37	179.87
3	10	3.16	140.52	444.36	19715.87	62441.92	138.62
4	15	3.87	120.64	467.24	18584.01	56367.84	117.87
5	20	4.47	107.76	481.92	11612.22	51931.42	104.69
6	25	5.00	96.22	481.10	9258.29	46291.44	95.27
7	30	5.48	89.94	492.62	8089.20	44306.39	88.11
8	35	5.92	83.45	493.70	6963.90	41199.00	82.42
9	40	6.32	78.08	493.82	6096.49	38557.57	77.74
10	45	6.71	73.45	492.72	5394.90	36190.11	73.81
11	50	7.07	69.46	491.16	4824.69	34115.72	70.44
12	55	7.42	65.97	489.25	4352.04	32275.60	67.51
13	60	7.75	62.35	482.96	3887.52	30112.62	64.93
			1459.08	5998.93	213055.97	630111.24	

$$a = \frac{(5998.93 \times 213055.97) - (630111.24 \times 1459.08)}{(13 \times 213055.97) - (5998.93 \times 5998.93)} = 559.80$$

$$b = \frac{(1459.08 \times 5998.93) - (13 \times 630111.24)}{(13 \times 213055.97) - (1459.08 \times 1459.08)} = 0.88$$

TABEL 3.5.10.

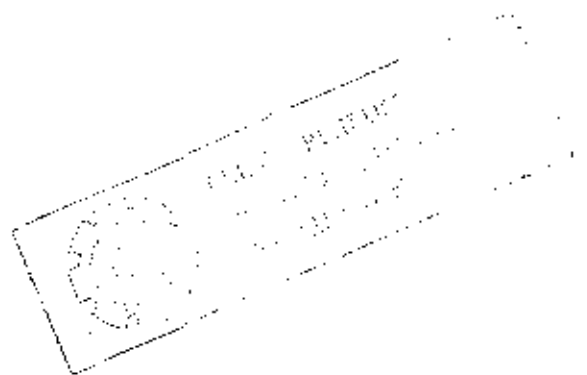
Perhitungan tinggi intensitas hujan dengan FORMULA ISHIGURO.

Periode ulang 5 tahun.

No.	t (menit)	t	l	l x t	t <sup>2</sup>	t <sup>2</sup> x t	f(t)
1	60	7.75	62.81	466.52	3995.10	30558.58	89.81
2	120	10.95	39.84	436.43	1587.23	17387.19	36.60
3	180	13.42	29.76	399.27	885.66	11882.34	25.78
4	240	15.49	23.89	370.10	570.73	8845.74	20.63
5	300	17.32	20.01	346.58	400.40	6935.13	17.55
6	360	18.92	17.23	326.92	296.87	5632.77	15.46
7	420	26.83	9.46	253.84	89.49	2401.31	9.87
8	1080	32.86	6.54	214.93	42.77	1405.62	7.73
9	1440	37.95	5.00	189.74	25.00	948.68	6.53
			214.54	3024.33	7843.25	85993.37	

$$a = \frac{(3024.33 \times 7843.25) - (85993.37 \times 214.54)}{(9 \times 7843.25) - (214.54 \times 214.54)} = 214.62$$

$$b = \frac{(214.54 \times 3024.33) - (9 \times 85993.37)}{(9 \times 7843.25) - (214.54 \times 214.54)} = -5.09$$



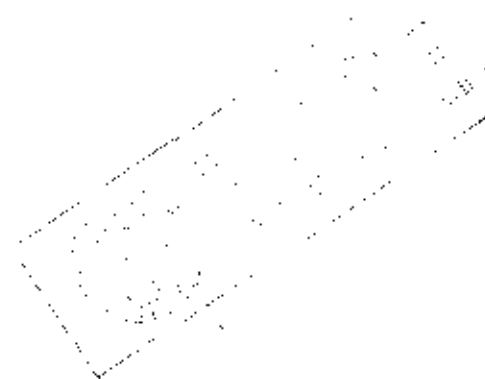
TABEL 3.5.11.

Perhitungan tinggi intensitas bujan dengan FORMULA ISHIGURO.  
 Periode ulang 20 tahun.

No.	t (menit)	t	1	1 x t	1 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup> x t	1(t)
1	1	1.00	312.60	312.60	97718.76	97718.76	316.52
2	5	2.24	202.68	453.21	41019.18	91855.84	208.44
3	10	3.46	168.60	533.16	28425.96	89890.78	166.98
4	15	3.87	147.52	571.34	21762.15	84284.45	143.54
5	20	4.47	133.20	595.69	17742.24	79345.71	128.85
6	25	5.00	118.85	694.25	14125.32	70625.61	118.20
7	30	5.46	112.56	615.52	12669.75	69395.10	109.48
8	35	5.92	104.86	620.36	10995.62	65050.96	103.36
9	40	6.32	98.40	622.34	9682.56	61237.89	97.89
10	45	6.71	92.80	622.52	8611.84	57769.98	93.25
11	50	7.07	87.94	621.83	7733.44	54683.70	89.24
12	55	7.42	83.65	620.37	6997.32	51893.53	85.74
13	60	7.75	79.16	613.17	6266.31	48538.59	82.65
			1742.82	7397.35	283810.46	922291.91	

$$a = \frac{(7397.35 \times 283810.46) - (922291.91 \times 1742.82)}{(13 \times 283810.46) - (1742.82 \times 1742.82)} = 754.55$$

$$b = \frac{(1742.82 \times 7397.35) - (13 \times 922291.91)}{(13 \times 283810.46) - (1742.82 \times 1742.82)} = 1.38$$





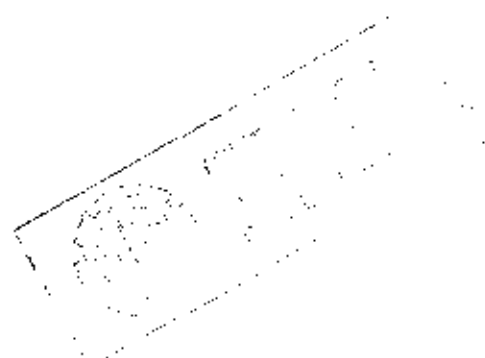
TABEL 3.6.12.

Perhitungan tinggi intensitas hujan dengan FORMULA ISHIGURO.  
 Periode ulang 20 tahun.

No.	t (menit)	t	h	1x t	t <sup>2</sup>	t <sup>2</sup> t	I (D)
1	60	7.75	19.77	611.90	6353.25	49289.55	102.62
2	120	10.95	50.59	554.19	2559.35	28036.25	45.43
3	180	13.92	37.19	507.01	1428.08	19159.16	32.13
4	240	15.49	30.34	410.03	920.52	14260.57	25.20
5	300	17.32	25.40	439.94	645.16	11174.50	22.29
6	360	18.91	21.89	415.33	479.11	9091.65	19.53
7	420	20.83	18.02	322.53	194.46	3876.82	17.54
8	480	22.86	8.30	212.71	68.89	2253.96	9.81
9	540	24.95	6.35	240.91	40.32	1530.13	8.30
			272.45	3840.65	12649.23	136683.18	

$$a = \frac{[3840.65 \times 12649.23] - [136683.18 \times 272.45]}{(9 \times 12649.23) - [272.45 \times 272.45]} = 272.56$$

$$b = \frac{[272.45 \times 3840.65] - [9 \times 136683.18]}{[9 \times 12649.23] - [272.45 \times 272.45]} = -5.09$$



TABEL 3.5.13.

Perhitungan tinggi intensitas bujan dengan FORMULA SHERMAN.  
 Periode ulang 2 tahun.

No.	t(menit)	I	log t	log I	(log t) <sup>2</sup>	(log t)(log I)	I(c)
1	1	285,50	0,0000	2,4558	0,0000	0,0000	306,21
2	5	159,24	0,6990	2,2021	0,4886	1,5392	156,90
3	10	123,78	1,0000	2,0927	1,0000	2,0927	117,64
4	15	104,64	1,1761	2,0197	1,3832	2,3753	99,40
5	20	92,58	1,3010	1,9665	1,6921	2,5505	88,21
6	25	82,73	1,3979	1,9177	1,9542	2,6808	80,40
7	30	76,44	1,4771	1,8833	2,1819	2,7819	74,53
8	35	70,68	1,5441	1,8493	2,3841	2,8554	69,91
9	40	65,96	1,6021	1,8193	2,5666	2,9146	66,14
10	45	61,92	1,6532	1,7916	2,7331	2,9623	62,98
11	50	58,44	1,6990	1,7667	2,8865	3,0016	60,28
12	55	55,43	1,7404	1,7437	3,0289	3,0347	57,94
13	60	52,33	1,7782	1,7188	3,1618	3,0562	56,88
		1289,77	17,0680	25,2273	25,4616	31,8532	

$$\log a = \frac{(25,2273 \times 25,4616) - (31,8532 \times 17,0680)}{(13 \times 25,4616) - (17,0680 \times 17,0680)} = 2,4860$$

$$a = 10^{2,4860} = 306,2065$$

$$D = \frac{(25,4616 \times 17,0680) - (13 \times 31,8532)}{(13 \times 25,4616) - (17,0680 \times 17,0680)} = 0,4155$$



TABEL 3.5.14.

Perhitungan tinggi intensitas hujan dengan FORMULA SHEKAR.

Periode ulang 2 tahun.

No.	t(menit)	i	log t	log i	(log t) <sup>2</sup>	(log t)(log i)	i(c)
1	60	52.70	1.7982	1.7218	3.1618	3.0618	58.35
2	120	33.43	2.0792	1.5241	4.3230	3.1690	33.36
3	180	24.97	2.2553	1.3974	5.0863	3.1516	24.05
4	240	20.04	2.3802	1.3019	5.6654	3.0988	19.07
5	300	16.79	2.4771	1.2251	6.1361	3.0346	15.93
6	360	14.46	2.5583	1.1602	6.5347	2.9657	13.75
7	420	12.94	2.8573	0.8998	8.1643	2.5711	7.86
8	480	11.49	3.0334	0.7396	9.2017	2.2834	5.87
9	540	10.19	3.1584	0.6222	9.9753	1.9652	4.49
		180.01	22.5754	10.5921	58.2486	25.2610	

$$\log a = \frac{(10.5921 \times 58.2486) - (25.2610 \times 22.5754)}{(9 \times 58.2486) - (22.5754 \times 22.5754)} = 3.2007$$

$$a = 10^{3.2007} = 1587.2882$$

$$b = \frac{(10.5921 \times 22.5754) - (9 \times 25.2610)}{(9 \times 58.2486) - (22.5754 \times 22.5754)} = 0.8068$$

TABEL 3.5.15.

Perhitungan tinggi intensitas hujan dengan FORMULA SHERMAN.

Periode ulang 5 tahun.

No.	t(menit)	I	log I	log t	(log t) <sup>2</sup>	(log t)(log I)	I(c)
1	1	295.80	0.0000	2.4710	0.0000	0.0000	319.37
2	5	175.49	0.6990	2.2441	0.4866	1.5686	172.93
3	10	140.52	1.0000	2.1977	1.0000	2.1977	132.78
4	15	120.64	1.1761	2.0815	1.3632	2.4480	113.76
5	20	107.16	1.3010	2.0325	1.6921	2.6443	101.95
6	25	96.22	1.3979	1.9833	1.9542	2.7725	93.63
7	30	89.94	1.4771	1.9540	2.1819	2.8862	87.35
8	35	83.45	1.5441	1.9214	2.3841	2.9668	82.36
9	40	78.08	1.6021	1.8925	2.5666	3.0320	78.28
10	45	73.45	1.6532	1.8660	2.7331	3.0849	74.84
11	50	69.46	1.6990	1.8417	2.8865	3.1291	71.89
12	55	65.97	1.7404	1.8193	3.0289	3.1663	69.33
13	60	62.35	1.7782	1.7948	3.1618	3.1915	67.07
		1459.08	17.0680	26.0499	25.4616	33.0379	

$$\log a = \frac{(26.0499 \times 25.4616) - (33.0379 \times 17.0680)}{(13 \times 25.4616) - (17.0680 \times 17.0680)} = 2.5043$$

$$a = 10^{2.5043} = 319.3721$$

$$b = \frac{(25.4616 \times 17.0680) - (13 \times 33.0379)}{(13 \times 25.4616) - (17.0680 \times 17.0680)} = 0.3812$$

TABEL 3.5.16.

Perthitungan tinggi intensitas bujan dengan FORMULA SHERMAN.  
 Periode utang 5 tahun.

No.	t (menit)	I	log t	log I	(log t) <sup>2</sup>	(log t)(log I)	I(c)
1	60	62.81	1.7782	1.7980	3.1618	3.1972	69.53
2	120	39.84	2.0792	1.6003	4.3230	3.3214	39.15
3	180	29.76	2.2553	1.4736	5.0863	3.3234	28.66
4	240	23.89	2.3882	1.3782	5.6654	3.2804	22.72
5	300	20.01	2.4771	1.3012	6.1361	3.2233	18.98
6	360	17.23	2.5563	1.2363	6.5341	3.1603	15.38
7	420	14.46	2.6573	0.9759	6.1643	2.7884	9.37
8	480	11.54	3.0334	0.8156	9.2017	2.4740	6.15
9	540	8.60	3.1584	0.6990	9.9753	2.2076	5.35
		218.54	22.5754	11.2782	58.2486	26.9821	

$$\log a = \frac{(11.2782 \times 58.2486) - (26.9821 \times 22.5754)}{(9 \times 58.2486) - (22.5754 \times 22.5754)} = 3.2766$$

$$a = 10^{3.2766} = 1890.6012$$

$$D = \frac{(11.2782 \times 22.5754) - (9 \times 26.9821)}{(9 \times 58.2486) - (22.5754 \times 22.5754)} = 0.8067$$

TABEL 3.5.17.

Perhitungan tinggi intensitas hujan dengan FORMULA SHEKAR.

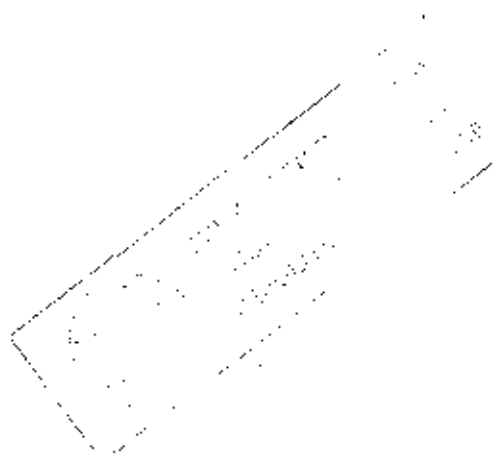
Periode ulang 20 tahun.

No.	t (menit)	I	log t	log I	(log t) <sup>2</sup>	(log t)(log I)	I(Ic)
1	1	312.60	0.0000	2.4950	0.0000	0.0000	342.42
2	5	202.68	0.6990	2.3068	0.4886	1.6129	199.02
3	10	168.60	1.0000	2.2269	1.0000	2.2269	157.54
4	15	141.52	1.1761	2.1689	1.3832	2.5508	137.41
5	20	133.20	1.3010	2.1245	1.6921	2.7640	124.71
6	25	116.88	1.3979	2.0750	1.9542	2.9007	115.67
7	30	112.56	1.4771	2.0514	2.1819	3.0301	108.78
8	35	104.86	1.5441	2.0206	2.3841	3.1200	103.27
9	40	98.40	1.6021	1.9930	2.5666	3.1929	98.72
10	45	92.80	1.6532	1.9675	2.7331	3.2528	94.88
11	50	87.94	1.6990	1.9442	2.8865	3.3031	91.57
12	55	83.65	1.7404	1.9225	3.0289	3.3458	88.67
13	60	79.16	1.7782	1.8985	3.1618	3.3758	86.11
		1742.62	17.0660	21.1991	25.4616	34.6753	

$$\log a = \frac{(27.1947 \times 25.4616) - (34.6753 \times 17.0680)}{(13 \times 25.4616) - (17.0680 \times 17.0680)} = 2.5346$$

$$a = 10^{2.5346} = 342.4170$$

$$b = \frac{(25.4616 \times 17.0680) - (13 \times 34.6753)}{(13 \times 25.4616) - (17.0680 \times 17.0680)} = 0.3372$$



TABEL 3.5.18.

Perhitungan tinggi intensitas bujan dengan FORMULA SHERMAN.  
 Periode ulang 20 tahun.

No.	t(menit)	I	log t	log I	(log t) <sup>2</sup>	(log t)(log I)	I(c)
1	60	79.77	1.7782	1.9018	3.1618	3.3818	88.31
2	120	50.59	2.0792	1.7041	4.3230	3.5431	50.48
3	180	37.79	2.2553	1.5774	5.0863	3.5574	36.40
4	240	30.34	2.3802	1.4820	5.6654	3.5275	26.86
5	300	25.40	2.4771	1.4048	6.1361	3.4799	24.11
6	360	21.89	2.5563	1.3402	6.5347	3.4261	20.81
7	420	18.02	2.8573	1.0799	8.1643	3.0856	11.90
8	480	8.30	3.0334	0.9191	9.2017	2.7860	8.58
9	1440	6.35	3.1584	0.8028	9.9753	2.5355	6.80
		272.45	22.5754	12.2121	58.2486	29.3248	

$$\log a = \frac{(12.2121 \times 58.2486) - (7.6098 \times 22.5754)}{(9 \times 58.2486) - (22.5754 \times 22.5754)} = 3.3804$$

$$a = 10^{3.3804} = 2401.2044$$

$$b = \frac{(12.2121 \times 22.5754) - (9 \times 29.3248)}{(9 \times 58.2486) - (22.5754 \times 22.5754)} = 0.8067$$

TABEL 3.5.19.

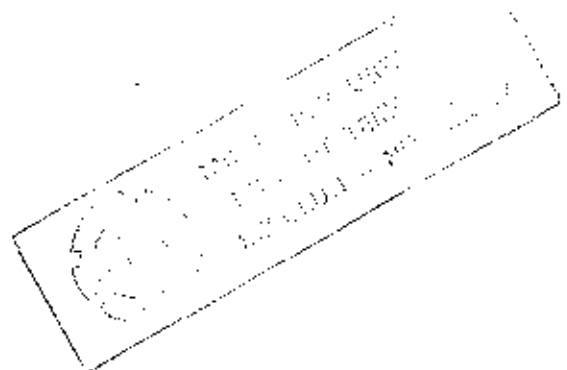
HASIL PERHITUNGAN INTENSITAS HUJAN PERIODE ULANG 2 TAHUN,  
DENGAN PERUMUSAN TALBOT, ISHIGURO DAN SHERMAN.

No.	t	I	Rumus (a) (Formula TALBOT)		Rumus (b) (Formula ISHIGURO)		Rumus (c) (Formula SHERMAN)	
			I(a)	(a)	I(b)	(b)	I(c)	(c)
1	1 menit	285.60	244.33	-41.27	289.21	3.61	306.21	20.61
2	5 menit	159.24	189.08	29.84	161.77	2.53	156.90	-2.34
3	10 menit	123.78	147.42	23.64	121.61	-2.17	111.64	-6.14
4	15 menit	104.64	120.80	16.16	102.15	-2.49	99.40	-5.24
5	20 menit	92.58	102.32	9.74	90.01	-2.57	88.21	-4.37
6	25 menit	82.73	88.75	6.02	81.48	-1.25	80.40	-2.33
7	30 menit	76.44	78.35	1.91	75.05	-1.39	74.53	-1.91
8	35 menit	70.68	70.14	-0.54	69.97	-0.71	69.91	-0.71
9	40 menit	65.96	63.48	-2.48	65.82	-0.14	66.14	0.18
10	45 menit	61.92	57.98	-3.94	62.35	0.43	62.98	1.06
11	50 menit	58.44	53.36	-5.08	59.39	0.95	60.28	1.84
12	55 menit	55.43	49.41	-6.02	56.83	1.40	57.91	2.51
13	60 menit	52.33	46.02	-6.31	54.57	2.24	55.88	3.56
14	1 jam	52.70	51.06	-1.64	67.80	15.10	58.35	5.65
15	2 jam	33.43	34.68	0.63	30.71	-2.72	33.36	-0.07
16	3 jam	24.97	25.50	0.53	21.63	-3.34	24.68	-0.92
17	4 jam	20.04	20.44	0.40	17.31	-2.73	19.07	-0.97
18	5 jam	16.79	17.04	0.25	14.72	-2.07	15.93	-0.86
19	6 jam	14.40	14.61	0.21	12.97	-1.83	13.75	-0.65
20	12 jam	7.94	7.87	-0.07	8.28	0.34	7.86	-0.08
21	18 jam	5.49	5.36	-0.13	6.48	0.99	5.67	0.18
22	24 jam	4.19	4.09	-0.10	5.48	1.29	4.49	0.30
				21.75		5.87		9.23
				0.99		0.27		0.42



TABEL 3.5.20.  
 HASIL PERHITUNGAN INTENSITAS BEBAN PERIODE ULANG 5 TAHUN  
 DENGAN PERUMUSAN YALBOT, ISHIGURO DAN SHERMAN.

No.	t	I	Rumus (a) (Formula YALBOT)		Rumus (b) (Formula ISHIGURO)		Rumus (c) (Formula SHERMAN)	
			I(a)	(a)	I(b)	(b)	I(c)	(c)
1	1 menit	295.80	253.58	-42.22	298.37	2.57	319.37	23.57
2	5 menit	175.44	204.18	28.74	179.87	4.43	172.93	-2.51
3	10 menit	140.52	164.20	23.68	138.62	-1.90	132.78	-7.74
4	15 menit	120.64	137.31	16.67	117.81	-2.77	113.26	-5.88
5	20 menit	107.76	117.99	10.23	104.67	-3.09	101.95	-5.81
6	25 menit	96.22	103.43	7.21	95.27	-0.95	93.63	-2.69
7	30 menit	89.94	92.08	2.14	88.11	-1.83	87.35	-2.59
8	35 menit	83.45	82.97	-0.48	82.42	-1.03	82.36	-1.09
9	40 menit	78.08	75.50	-2.58	77.74	-0.34	78.28	0.20
10	45 menit	73.95	69.26	-4.19	73.81	0.36	74.84	1.39
11	50 menit	69.46	63.97	-5.49	70.44	0.98	71.89	2.43
12	55 menit	65.97	59.44	-6.53	67.51	1.54	69.33	3.36
13	60 menit	62.35	55.51	-6.84	64.93	2.58	67.07	4.72
14	1 jam	62.81	60.85	-1.96	60.81	18.00	69.53	6.72
15	2 jam	39.84	40.59	0.75	36.60	-3.24	39.75	-0.09
16	3 jam	29.76	30.45	0.69	25.78	-3.98	28.66	-1.10
17	4 jam	23.89	24.37	0.48	20.63	-3.26	22.72	-1.17
18	5 jam	20.04	20.31	0.30	17.55	-2.46	18.98	-1.03
19	6 jam	17.23	17.41	0.18	15.46	-1.77	16.38	-0.85
20	12 jam	9.46	9.38	-0.08	9.87	0.41	9.37	-0.09
21	18 jam	6.54	6.42	-0.12	7.23	1.19	6.75	0.21
22	24 jam	5.00	4.88	-0.12	6.53	1.53	5.35	0.35
				20.46		6.97		9.41
				0.93		0.32		0.43



TABEL 3.5.21.  
 HASIL PERHITUNGAN INTENSITAS Hujan PERIODE ULANG 20 TAHUN.  
 BENTANG PERUMUSAN TALBOT, ISHIGURO DAN SHERMAN.

No.	t	I	Rumus (a) [Formula TALBOT]		Rumus (b) [Formula ISHIGURO]		Rumus (c) [Formula SHERMAN]	
			I(a)	(a)	I(b)	(b)	I(c)	(c)
1	1 menit	312.60	270.89	-41.71	316.52	3.92	342.42	29.82
2	5 menit	202.68	228.19	25.51	208.44	6.76	199.02	-3.66
3	10 menit	168.60	190.63	22.03	185.98	-2.62	157.54	-11.06
4	15 menit	147.52	163.69	16.17	183.54	-3.98	137.41	-10.11
5	20 menit	133.20	143.42	10.22	128.85	-4.35	129.71	-8.49
6	25 menit	118.85	127.61	8.76	118.20	-0.65	115.67	-3.18
7	30 menit	112.56	114.95	2.39	109.98	-2.58	108.78	-3.78
8	35 menit	104.86	104.57	-0.29	103.36	-1.50	103.27	-1.59
9	40 menit	98.40	95.91	-2.49	97.89	-0.51	98.72	0.32
10	45 menit	92.60	88.57	-4.23	93.25	0.45	94.88	2.08
11	50 menit	87.94	82.28	-5.66	89.24	1.30	91.57	3.63
12	55 menit	83.65	76.82	-6.83	85.74	2.09	88.67	5.02
13	60 menit	79.16	72.04	-7.12	82.65	3.49	86.11	6.95
14	1 jam	79.77	77.28	-2.49	102.62	22.85	88.31	8.54
15	2 jam	60.59	51.55	0.96	45.48	-4.11	50.48	-0.11
16	3 jam	37.79	38.67	0.88	32.73	-5.06	36.4	-1.39
17	4 jam	30.34	30.94	0.60	28.20	-4.14	28.66	-1.48
18	5 jam	25.40	25.79	0.39	22.29	-3.11	24.11	-1.29
19	6 jam	21.89	22.11	0.22	19.63	-2.26	20.81	-1.08
20	12 jam	12.02	11.91	-0.11	12.54	0.52	11.9	-0.12
21	18 jam	8.30	8.15	-0.15	9.81	1.51	8.58	0.28
22	24 jam	6.35	6.19	-0.16	8.30	1.95	6.8	0.45
				16.89		8.97		9.75
				0.77		0.91		0.44

Dari hasil perhitungan ini, maka yang paling sesuai adalah Perumusan Ishiguro

Untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun dan 20 tahun.

SITAS HUJAN

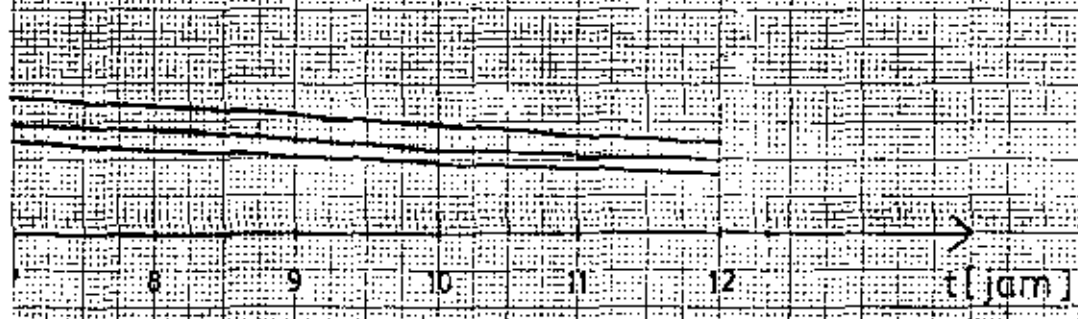
ISHIGURO)

Keterangan

$I_{20}$  Intensitas hujan periode ulang 20 thn

$I_5$  " " " " 5 thn

$I_2$  " " " " 2 thn



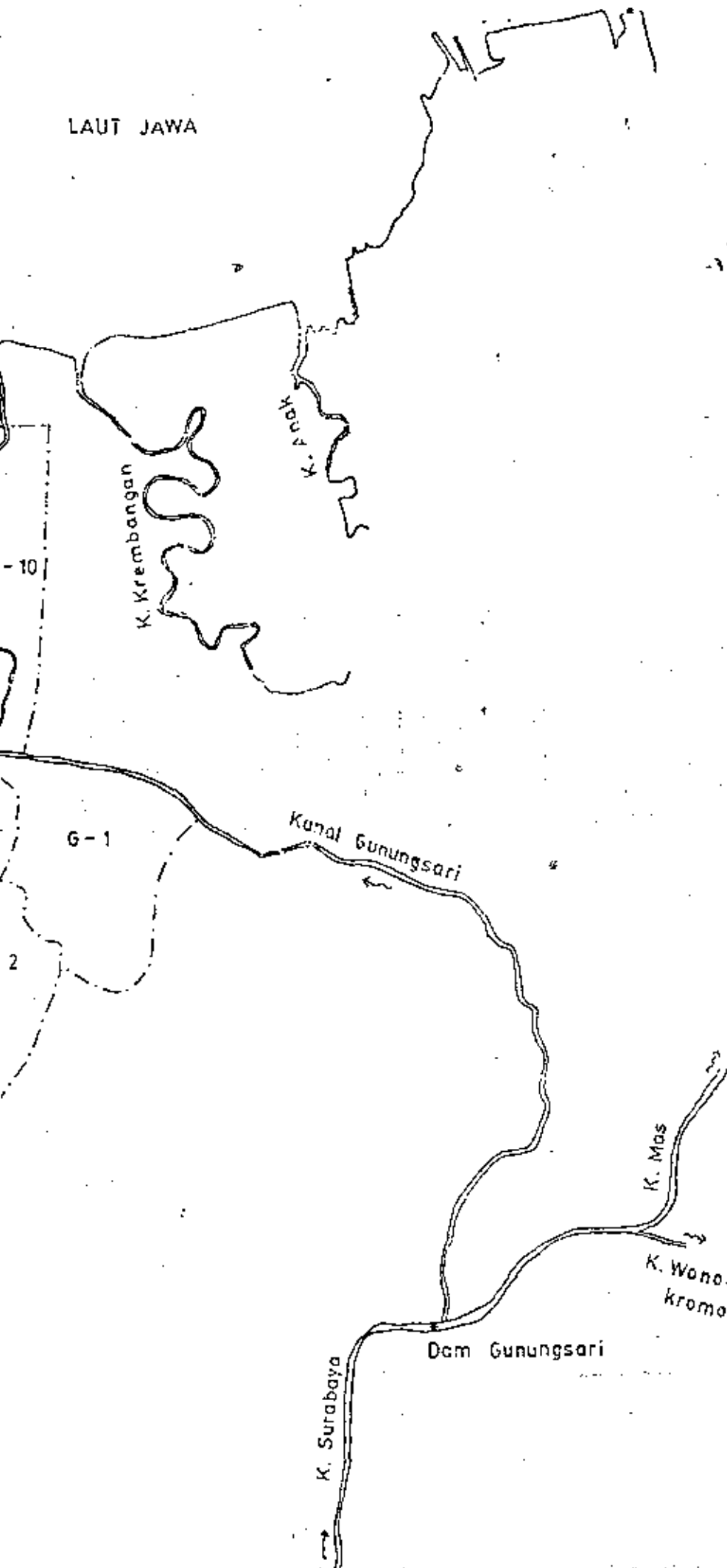
TABEL 3.6.1.  
 PERBENTUKAN WAKTU KONSENTRASI DAN INTENSITAS  
 DARI DAERAH PERBATASAN KANAL GUMUNGSARI.

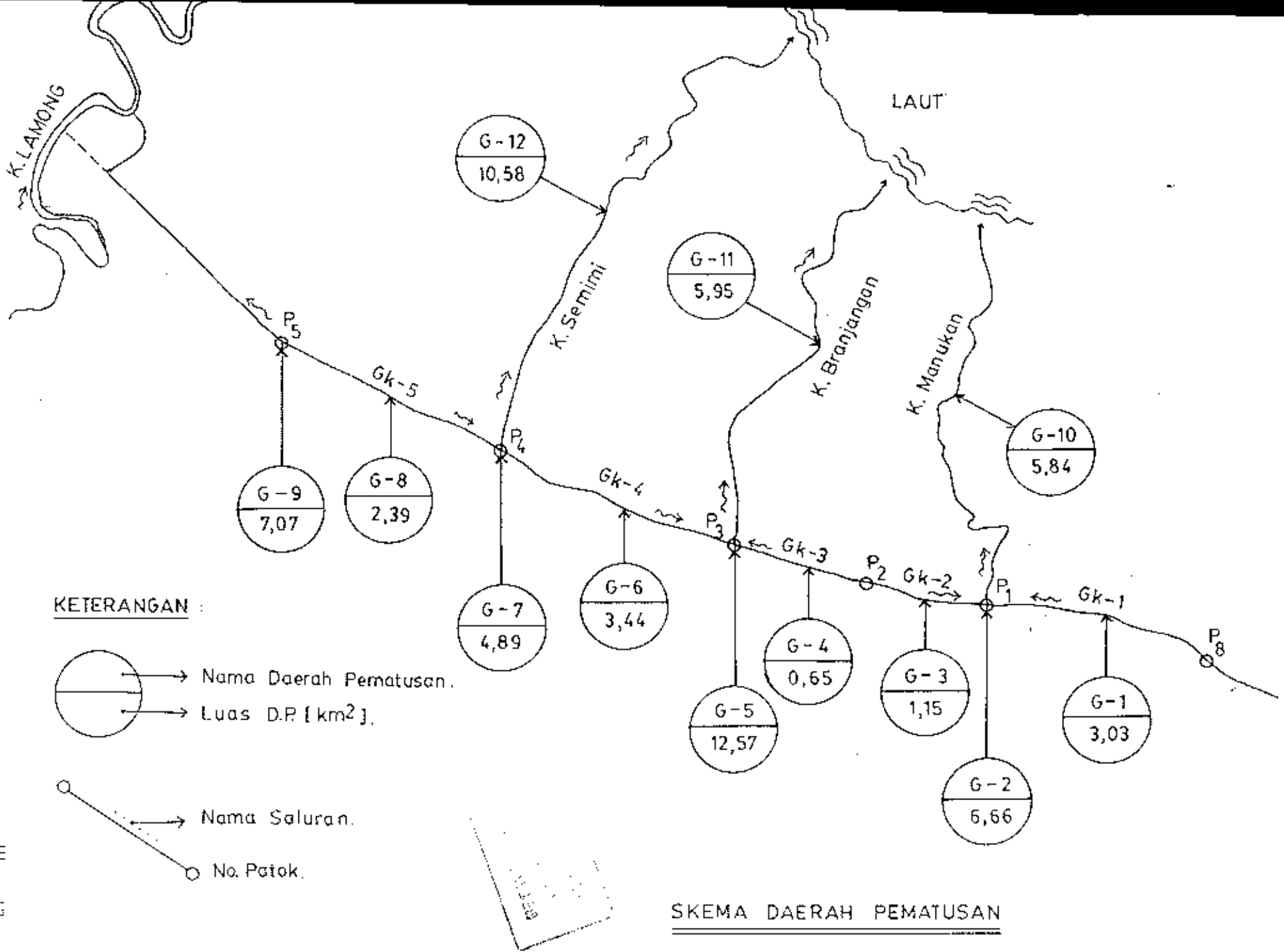
Saluran pada Daerah Pengaliran	Panjang saluran L (meter)	Elevasi (meter)		Beda tinggi H (meter)	tc (jam)	I (mm/jam)
		Bulu	hilir			
G-1	2900.00	1.03	0.45	0.580	3.99	25.00
G-2	4200.00	26.00	0.91	25.090	1.44	48.70
G-3	1415.50	1.20	0.45	0.750	1.58	46.80
G-4	1130.50	1.20	0.50	0.700	1.25	55.00
G-5	6650.00	23.30	1.05	22.246	2.56	31.10
G-6	2450.00	1.65	0.50	1.150	2.53	29.60
G-7	4500.00	29.30	2.16	27.140	1.51	47.00
G-8	2550.00	1.49	0.25	1.150	2.65	21.70
G-9	5250.00	27.20	1.66	25.536	1.85	40.50
G-10	5750.00	0.15	-2.27	2.420	5.08	21.70
G-11	4672.00	0.30	-2.55	2.850	3.76	20.50
G-12	5078.32	0.05	-2.70	2.750	5.16	15.90
GE - 5	7800.00	27.20	0.25	25.950	2.85	26.30
EM	9950.00	26.00	-2.70	28.700	3.69	29.10
KE	11322.00	23.30	-2.55	25.850	4.48	17.50
KS	13878.32	27.20	-2.70	29.900	5.34	15.90

LAUT JAWA

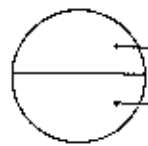
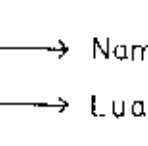


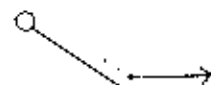

Scale 1:50,000

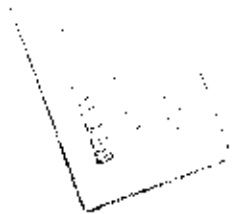




KETERANGAN :

 → Nama Daerah Pematusan.  
 → Luas D.P [km<sup>2</sup>].

 → Nama Saluran.  
 → No. Patok.



SKEMA DAERAH PEMATUSAN

TABEL 3.7.1.

PERHITUNGAN DEBIT DAERAH PEMATUSAN KANAL GUNUNGSARI.

Daerah Pengaliran	c	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /det)
G-1	0.50	25.00	3.03	10.52
G-2	0.45	46.70	6.66	41.44
G-3	0.50	46.80	1.15	7.47
G-4	0.50	55.00	0.65	4.97
G-5	0.46	31.10	12.67	49.95
G-6	0.50	29.60	3.44	14.14
G-7	0.50	47.00	4.89	31.92
G-8	0.50	21.70	2.39	7.20
G-9	0.50	40.50	7.07	39.77
G-10	0.50	21.30	5.84	17.26
G-11	0.50	20.50	5.95	16.94
G-12	0.35	15.90	10.58	16.35
Sal. GK-5	0.50	28.30	9.46	47.10
Sal. KM	0.49	20.10	16.68	76.95
Sal. KB	0.49	17.50	22.61	86.30
Sal. KS	0.46	15.90	24.93	95.50

TABEL J. T. 2  
 PERHITUNGAN DEBIT SEMCANA.

Daerah Pengaliran	$\lambda$ RT (km <sup>2</sup> )	$\lambda$ ln (km <sup>2</sup> )	Q RT	Q ln	Q Air Buangan	Q Daerah Penampungan	Q Total	Saluran	Q Semcama
G-1	3.03	0.00	0.0181	0.0000	0.0181	10.52	10.54	GK-1	10.60
G-2	3.98	0.00	0.0358	0.0000	0.0358	41.44	41.46	GK-2	7.55
G-3	1.15	0.00	0.0069	0.0000	0.0069	7.47	7.48	GK-3	5.05
G-4	0.65	0.00	0.0039	0.0000	0.0039	4.97	4.97	GK-4	14.25
G-5	11.39	0.00	0.0680	0.0000	0.0680	49.95	50.02	GK-5	47.10
G-6	3.14	0.30	0.0187	0.0059	0.0246	14.14	14.15		
G-7	4.89	0.00	0.0292	0.0000	0.0292	31.92	31.95	KM	16.95
G-8	2.39	0.00	0.0143	0.0000	0.0143	7.20	7.21		
G-9	5.78	0.29	0.0405	0.0057	0.0461	39.77	39.82	KR	86.30
G-10	0.87	4.97	0.0052	0.0971	0.1023	17.28	17.38		
G-11	0.50	5.35	0.0036	0.1045	0.1081	15.94	17.05	KS	95.50
G-12	2.92	3.60	0.0174	0.0703	0.0878	16.35	16.44		

GK-1 ----> (G-1)

GK-2 ----> (G-2)

GK-3 ----> (G-3)

GK-4 ----> (G-4)

GK-5 ----> (G-5) + (G-9)

KM ----> (G-1) + (G-2) + (G-3) + (G-10)

KR ----> (G-4) + (G-5) + (G-6) + (G-11)

KS ----> (G-7) + (G-8) + (G-9) + (G-12)



TABEL 3.8.1.  
DISTRIBUSI HUJAN.

Jam ke T	RT	RT	Distribusi hujan
1	0,630 R24	0,630 R24	63,0 %
2	0,396 R24	0,162 R24	16,2 %
3	0,303 R24	0,117 R24	11,7 %
4	0,250 R24	0,091 R24	9,1 %

TABEL 3.8.2.  
DISTRIBUSI HUJAN EFEKTIF  
DAERAH PENGALIRAN KANAL GUNUNGSARI.

Waktu (jam)	Perbandingan	Distribusi hujan efektif (mm)
0 - 1	0.630	35.51
1 - 2	0.162	9.13
2 - 3	0.117	6.60
3 - 4	0.091	5.13

Tabel 3.9.1.

Perumusan nilai Q untuk macam-macam t.

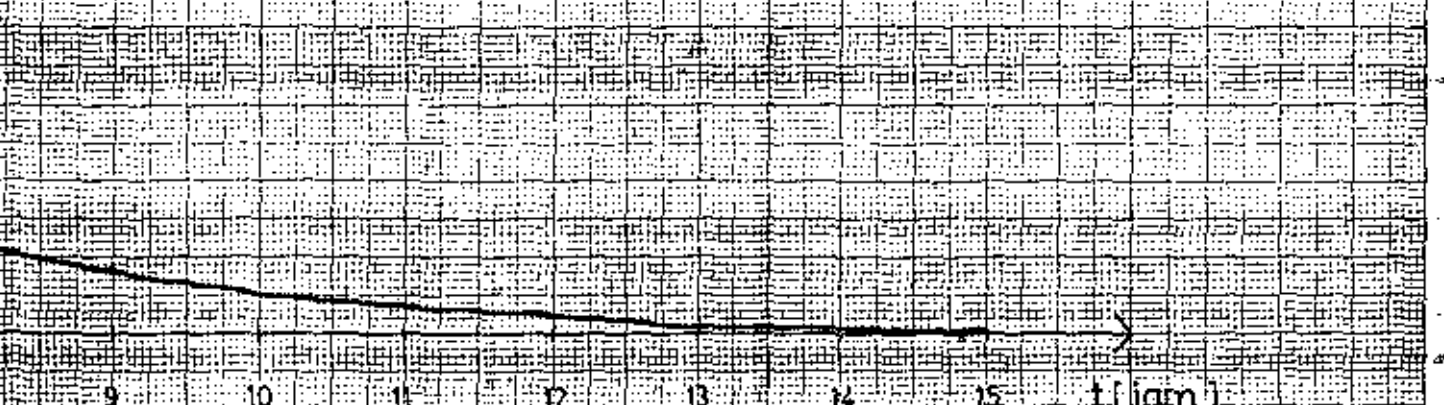
No.	Nilai t	Nilai Q
1	$0 < t < \frac{T}{p}$	$Q = \left[ \frac{t}{T} \right]^{2,4} \times \frac{Q}{n}$
2	$\frac{T}{p} < t < \left( \frac{T}{p} + \frac{T}{0,3} \right)$	$Q = 0,3 \times \frac{Q}{n} \left[ \frac{t - \frac{T}{p}}{\frac{T}{0,3}} \right]$
3	$\left( \frac{T}{p} + \frac{T}{0,3} \right) < t < \left( \frac{T}{p} + 2,5 \frac{T}{0,3} \right)$	$Q = 0,3 \times \frac{Q}{n} \left[ \frac{t - \frac{T}{p} + 0,5 \frac{T}{0,3}}{1,5 \frac{T}{0,3}} \right]$
4	$t > \left( \frac{T}{p} + 2,5 \frac{T}{0,3} \right)$	$Q = 0,3 \times \frac{Q}{n} \left[ \frac{t - \frac{T}{p} + 1,5 \frac{T}{0,3}}{2 \frac{T}{0,3}} \right]$

TABEL 3.9.2.  
 PERHITUNGAN NILAI Q, HIDROGRAF LAMPASAN.  
 KALI MANUKAR.

t (jam)	Q/Re	0 - 1 jam Re = 35.51	1 - 2 jam Re = 9.13	2 - 3 jam Re = 6.60	3 - 4 jam Re = 5.13	Q total
1	0.785	21.107				21.107
2	4.142	68.648	5.427			74.075
3	2.734	29.924	17.650	3.923		51.497
4	1.484	16.187	7.694	12.759	3.049	39.689
5	0.971	9.306	4.162	5.562	9.917	28.947
6	0.646	5.817	2.393	3.009	4.323	15.542
7	0.430	3.841	1.496	1.730	2.339	9.405
8	0.316	2.536	0.988	1.081	1.344	5.949
9	0.233	1.674	0.652	0.714	0.640	3.681
10	0.171	1.105	0.430	0.471	0.555	2.562
11	0.126	0.730	0.284	0.311	0.366	1.692
12	0.093	0.462	0.188	0.205	0.242	1.117
			0.124	0.136	0.160	0.419
				0.090	0.105	0.195
					0.070	0.070

RAF LIMPASAN

MANUKAN



TABEL 3.9.3

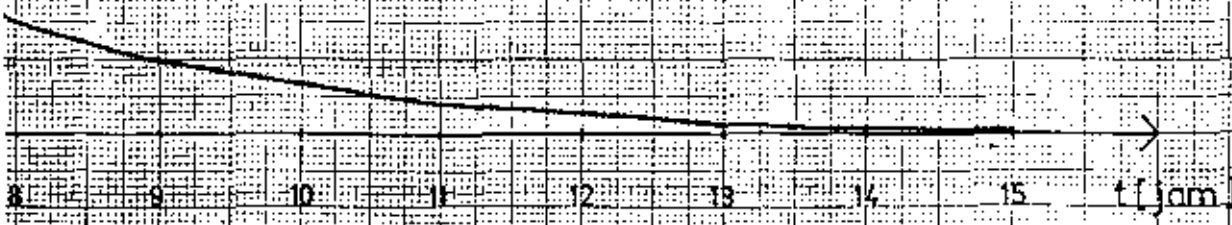
PERHITUNGAN NILAI Q, STRUKTUR LIMPASAN  
KALI BRANJARAN.

t (jam)	Q/Re	0 - 1 jam Re : 35.51	1 - 2 jam Re : 9.13	2 - 3 jam Re : 6.60	3 - 4 jam Re : 5.13	Q total
1	0.785	31.159				31.159
2	4.142	92.057	6.011			100.069
3	2.734	38.956	23.669	5.791		68.416
4	1.484	21.154	10.016	17.110	4.501	52.782
5	0.971	11.924	5.439	7.240	13.299	37.902
6	0.646	7.505	3.668	3.932	5.628	20.130
7	0.430	4.882	1.930	2.216	3.056	12.084
8	0.316	3.176	1.255	1.395	1.723	7.549
9	0.233	2.066	0.817	0.907	1.084	4.874
10	0.171	1.344	0.531	0.590	0.705	3.171
11	0.126	0.874	0.346	0.384	0.459	2.063
12	0.093	0.569	0.225	0.250	0.298	1.342
			0.146	0.162	0.194	0.503
				0.106	0.126	0.232
					0.082	0.082

No. 110  
 Tanggal 11/11/2008

LIMPASAN

WJANGAN



TABEL 3.9.4.

PERHITUNGAN NILAI Q, HIKROGRAP LIMPASAN.

KALI SEMINI.

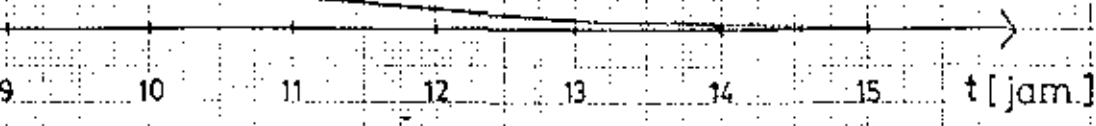
t (jam)	Q/Re	0 - 1 jam Re = 35.51	1 - 2 jam Re = 9.13	2 - 3 jam Re = 6.60	3 - 4 jam Re = 5.13	Q total
1	0.785	36.059				36.059
2	4.142	101.278	9.271			110.549
3	2.734	42.058	26.040	6.702		74.800
4	1.484	22.868	10.814	18.824	5.209	57.715
5	0.971	12.129	5.880	7.817	14.831	41.057
6	0.646	6.042	3.273	4.250	6.076	21.641
7	0.430	5.183	2.068	2.366	3.304	12.920
8	0.316	3.340	1.332	1.495	1.839	8.006
9	0.233	2.152	0.859	0.963	1.162	5.136
10	0.171	1.387	0.553	0.621	0.749	3.310
11	0.126	0.894	0.357	0.400	0.482	2.133
12	0.093	0.576	0.230	0.258	0.311	1.374
			0.148	0.166	0.200	0.515
				0.107	0.129	0.236
					0.083	0.083



Gb. 393

IMPASAN

IMI



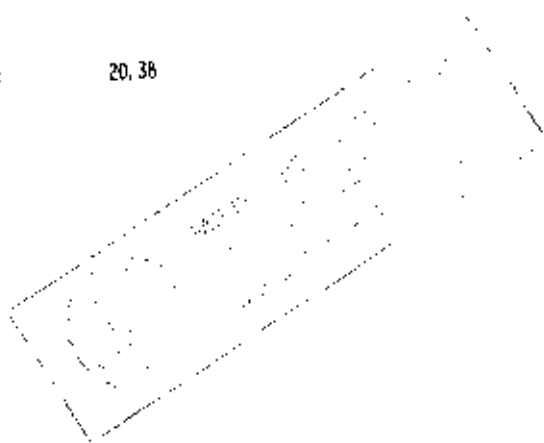


TABEL 3.5.5.  
Perhitungan tinggi intensitas hujan dengan FORMULA TALBOT.  
Periode ulang 20 tahun.

No.	t (menit)	I	I <sub>tt</sub>	I <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> <sub>tt</sub>	I(t)
1	1	312.60	312.60	97718.76	97718.76	270.89
2	5	202.68	1013.40	41079.18	205395.91	228.19
3	10	168.40	1686.00	28425.96	284259.60	190.63
4	15	147.52	2212.80	21762.15	326432.28	163.69
5	20	133.20	2664.00	17742.24	354844.80	143.42
6	25	118.85	2971.25	14125.32	353133.06	127.61
7	30	112.55	3376.80	12669.75	380092.61	114.95
8	35	104.86	3670.10	10995.62	384846.69	104.57
9	40	98.40	3936.00	9682.56	387302.40	95.91
10	45	92.80	4116.00	8611.84	387532.80	88.57
11	50	87.94	4397.00	7733.44	386672.18	82.28
12	55	83.65	4600.75	6997.32	384852.74	76.82
13	60	79.15	4749.60	6266.31	375978.34	72.04
		1742.82	39766.30	283810.46	4309062.14	

$$a = \frac{(39766.30 \times 283810.46) - (4309062.14 \times 1742.82)}{(13 \times 283810.46) - (1742.82 \times 1742.82)} = 5790.66$$

$$b = \frac{(1742.82 \times 39766.30) - (13 \times 4309062.14)}{(13 \times 283810.46) - (1742.82 \times 1742.82)} = 20.38$$



## BAB IV

### STUDI PERENCANAAN TEKNIS PERBAIKAN SALURAN DRAINASE KANAL GUNUNGSARI.

#### 4.1. Rencana Sistem Pematusan.

Perencanaan sistem pematusan Kanal Gunungsari adalah :

- Daerah pematusan Kanal Gunungsari terdiri dari daerah pematusan G-1 sampai dengan G-12, dengan luasnya masing-masing seperti pada tabel 3.7.1.
- Air banjir dari Kanal Gunungsari dibuang ke laut melalui Kali Manukan, Kali Branjangan dan Kali Semimi.
- Saluran drainase yang dipakai untuk melayani masing-masing daerah pematusan adalah sebagai berikut :

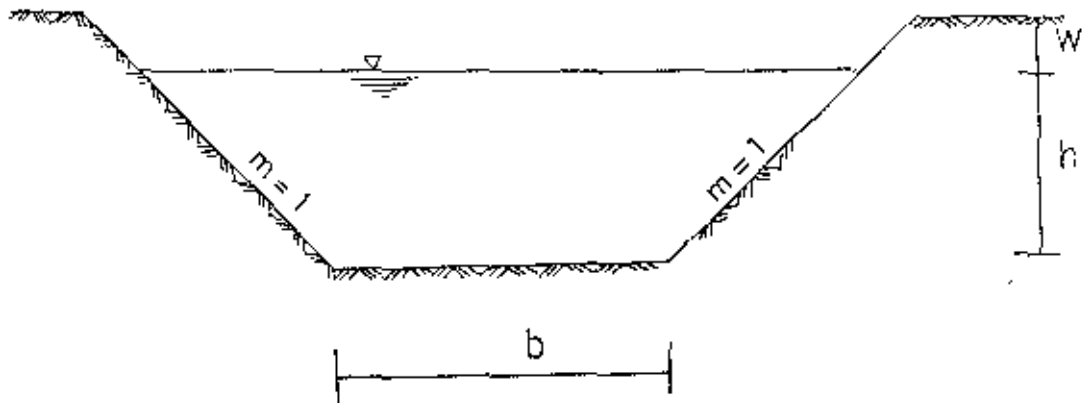
- \* Saluran GK-1 melayani daerah pematusan G-1.
- \* Saluran GK-2 melayani daerah pematusan G-3.
- \* Saluran GK-3 melayani daerah pematusan G-4.
- \* Saluran GK-4 melayani daerah pematusan G-6.
- \* Saluran GK-5 melayani daerah pematusan G-8 dan G-9.
- \* Saluran KM ( Kali Manukan ) melayani daerah pematusan G-1, G-2, G-3 dan G-10.
- \* Saluran KB ( Kali Branjangan ) melayani daerah pematusan G-4, G-5, G-6 dan G-11.
- \* Saluran KS ( Kali Semimi ) melayani daerah pematusan G-7, G-8, G-9 dan G-12.

Panjang masing-masing saluran ditunjukkan pada tabel 5.2.2.

- Air dari daerah pematusan sebelah hilir Kanal Gunungsari, dibuang langsung ke Kali Lamong. Untuk jelasnya dapat dilihat pada Gb. 3.6.1. dan Gb. 3.7.1.
- Di bagian hilir Kali Manukan, Kali Branjangan dan Kali Semimi dipasang pintu klep otomatis untuk menjaga pengaruh pasang surut air laut.

#### 4.2. Perhitungan Dimensi Saluran.

Pada perhitungan dimensi saluran digunakan perumusan Manning.



$$A = ( b + mh ) h$$

$$O = b + 2h \sqrt{m^2 + 1}$$

$$R = A / O$$

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$Q = v \cdot A$

b : lebar dasar saluran [m].

h : tinggi air rencana dalam saluran [m].

m : kemiringan talud ( m = 0,3 sesuai dengan Pola Sistem Drainase Kota Surabaya ).

n : angka kekasaran Manning ( n = 0,035 untuk Kanal Gunungsari ).

A : luas penampang basah saluran [m<sup>2</sup>].

R : jari-jari hidraulis saluran [m].

O : keliling basah saluran [m].

Q : debit rencana [m<sup>3</sup>/det].

v : kecepatan aliran air dalam saluran [m/det].

w : tinggi jagaan dapat dilihat pada tabel 4.2.1.

Hasil perhitungan dimensi masing-masing saluran dapat dilihat pada tabel 4.2.2.

#### 4.3. Perhitungan Pintu Klep Otomatis.

Direncanakan memakai pintu klep yang bekerja secara Full Automatic pada hilir / muara-muara Kali Manukan, Kali Branjangan dan Kali Semimi.

Adapun kriteria pintu klep tersebut antara lain :

- Pintu klep terbuat dari plat dan profil baja, yang didesain seekonomis mungkin dengan tingkat keamanan dan mutu yang cukup tinggi.
- Engsel pintu klep tidak terendam, pada saat air laut pasang.
- Arah gerak engsel pintu pada sumbu horisontal.
- Untuk mengatasi berat pintu digunakan Counter Weight.

TABEL 4.2.1.  
TINGGI JAGAAN BERDASAR BESARNYA DEBIT.

Q [m <sup>3</sup> /det]	W [meter]
< 0,5	0,30
0,5	0,40
0,5 - 1,0	0,50
1,0 - 5,0	0,60
5,0 - 10,0	0,75
10,0 - 20,0	0,85
> 20,0	1,00

TABEL 4.2.2.  
PERHITUNGAN DIMENSI SALURAN DI DAERAH PENYATUAN KANAL GUNONGSARI.

Saluran	GK-1	GK-2	GK-3	GK-4	GK-5	Kali M.	Kali B.	Kali S.
l	0.00020	0.00053	0.00062	0.00047	0.00045	0.00042	0.00061	0.00045
n	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
b (m)	12.50	5.30	5.30	17.50	20.00	35.00	28.50	39.50
h (m)	1.58	1.58	1.20	1.20	2.30	2.25	2.55	2.50
Q (m <sup>3</sup> /det)	10.60	7.55	5.05	14.25	47.10	75.95	86.30	95.50
A (m <sup>2</sup> )	22.25	10.87	7.80	22.44	51.29	83.81	79.18	92.50
v (m/det)	0.48	0.69	0.65	0.64	0.92	0.92	1.09	1.03
w (m)	0.85	0.75	0.75	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00

Dengan adanya Counter Weight maka pintu klep memiliki mekanisme yang Full Automatic, maksudnya dengan perbedaan tekanan hidrostatis yang kecil sudah mampu mengoperasikan pintu klep untuk membuka atau menutup ( pada saat muka air laut pasang lebih tinggi dari muka air di saluran / kali maka pintu klep segera menutup, hal ini untuk mencegah intrusi air asin kedalam air tawar. Bila muka air laut surut lebih rendah dari muka air di saluran / kali maka pintu klep segera membuka, hal ini untuk mengalirkan / membuang air dari saluran / kali ke laut.

Kemiringan pintu direncanakan  $45^{\circ}$  dan lebar pintu 2 meter.

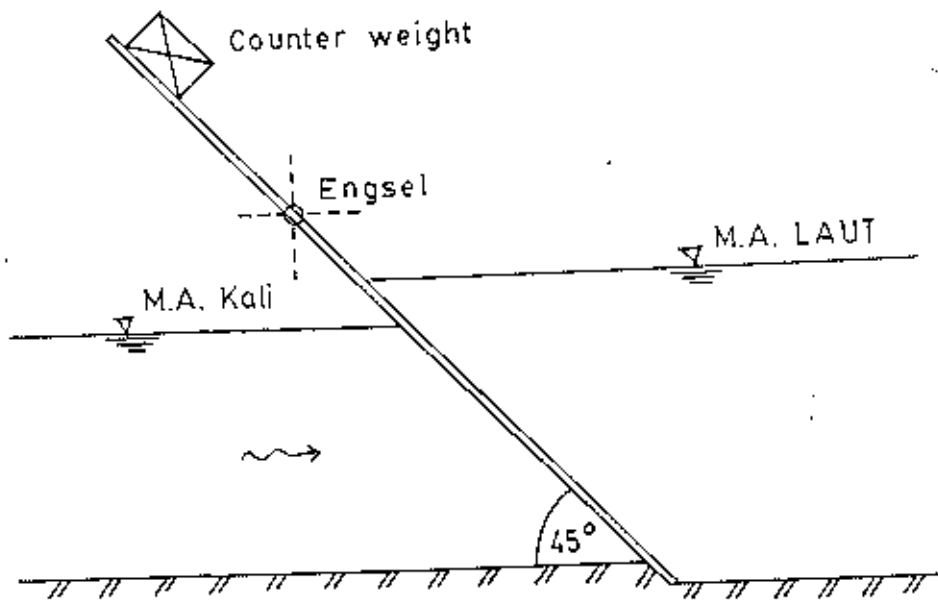
#### 4.3.1. Perhitungan Tinggi Pintu.

Elevasi dasar pintu untuk Kali Manukan adalah -2,70 meter SHVP, hal ini berdasarkan pada elevasi surut terendah yang terjadi yaitu -2,72 m. Sedangkan elevasi pasang tertinggi adalah +0,50 m. Jadi tinggi pintu pada hilir Kali Manukan :  $0,50 - (-2,70) = 3,20$  m.

Elevasi dasar pintu untuk Kali Branjangan adalah -2,55 m. Jadi tinggi pintu pada hilir Kali Branjangan =  $0,50 - (-2,55) = 3,05$  m.

Elevasi dasar pintu untuk Kali Semimi adalah -2,70 meter. Jadi tinggi pintu pada hilir Kali Semimi :  $0,50 - (-2,70) = 3,20$  m.

Yang dimaksud dengan tinggi pintu disini adalah tinggi vertikal.



Gb. 4.3.: Sket pintu klep otomatis.

#### 4.3.2. Perhitungan Volume Outflow.

Jumlah / banyaknya pintu yang dibutuhkan, ditentukan dengan cara membandingkan volume outflow ( vol. yang keluar melalui pintu ) dengan volume banjir yang terjadi dari grafik hidrograf limpasan.

Volume outflow ditentukan dengan melihat perbedaan tinggi muka air di saluran / Kali dengan tinggi muka air laut ( pasang surut air laut ), pada interval waktu tertentu dengan perumusan seperti pada halaman berikutnya.

Perhitungan volume outflow untuk masing-masing saluran ( Kali Manukan, Kali Branjangan dan Kali Semimi ) ditunjukkan pada tabel 4.3.2.a. s/d tabel 4.3.2.c.

Sedangkan volume banjir masing-masing kali dihitung dari luasnya grafik hidrograf limpasan adalah :

$$\textcircled{a} \text{ Volume banjir Kali Manukan} = 873000 \text{ m}^3.$$

$$\textcircled{a} \text{ Volume banjir Kali Branjangan} = 1197000 \text{ m}^3.$$

$$\textcircled{a} \text{ Volume banjir Kali Semimi} = 1323000 \text{ m}^3.$$

Jadi jumlah / banyaknya pintu yang dibutuhkan pada masing-masing kali adalah sebagai berikut :

$$\textcircled{a} \text{ K Manukan} = \frac{873000}{103212} = 8,45 \approx 8 \text{ buah.}$$

$$\textcircled{a} \text{ K Branjangan} = \frac{1197000}{115164} = 10,39 \approx 10 \text{ buah.}$$

$$\textcircled{a} \text{ K Semimi} = \frac{1323000}{110736} = 11,95 \approx 12 \text{ buah.}$$



$$V = Q \times t$$

$$Q = c.b.h.v$$

$$v = \sqrt{2.g.z}$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g.h}}$$

Karena aliran dianggap sebagai aliran kritis, maka

$$Fr = 1.$$

$$1 = \frac{v}{\sqrt{g.h}}$$

$$1 = \frac{\sqrt{2.g.z}}{\sqrt{g.h}}$$

$$h = 2z$$

Keterangan :

V : Volume air yang keluar dari pintu / outflow [ m<sup>3</sup> ].

Q : Debit outflow [ m<sup>3</sup> /det ].

v : Kecepatan outflow [ m/det ].

h : Tinggi bukaan pintu [ m ].

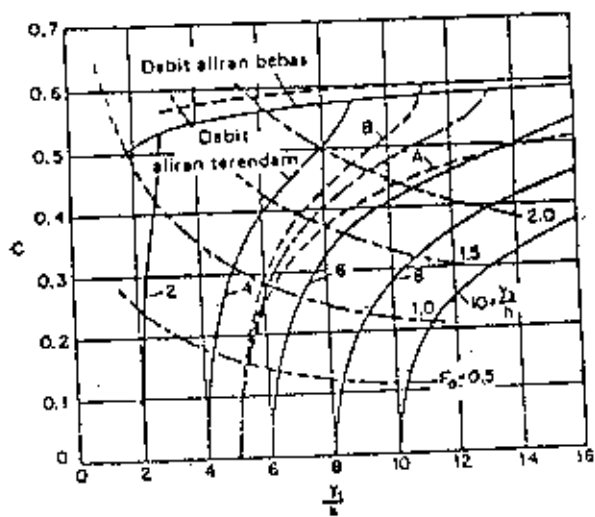
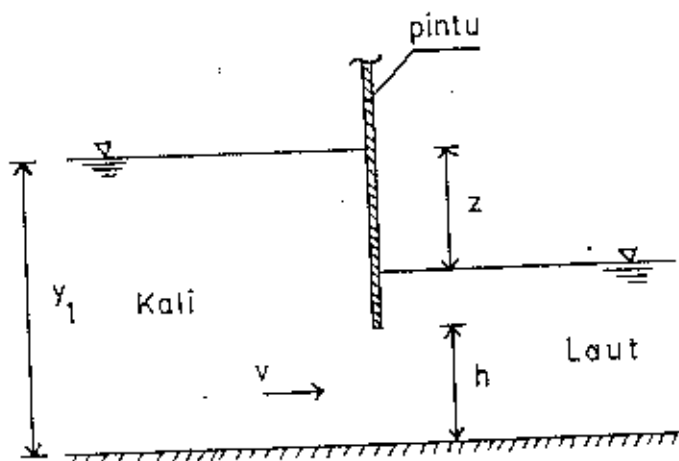
b : Lebar pintu [ m ].

z : Beda tinggi air didepan dan dibelakang pintu [ m ].

g : Gravitasi bumi [ m/det<sup>2</sup> ].

c : Koefisien debit, dapat dilihat pada gb. 4.3.2.

Fr : Bilangan Froude.



Gb. 4.3.2.: Grafik Koefisien Debit.

Tabel 4.3.2.d.

PERHITUNGAN DIBUT (GUYURAN PADA KALJ) MANGKUK.

Jab Zr	H1 (m)	H2 (m)	$\pi$ (m)	$v$ (m/det)	$P_r$	$h$	$\gamma_1/h$	$C$	$Q$ (m <sup>3</sup> /det)
0	0.00	0.50	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	-0.50	0.02	0.63	1.00	0.02	135.00	0.21	0.03
2	-0.20	0.50	0.35	2.85	1.00	0.35	8.61	0.24	0.46
3	-0.40	-1.10	0.70	3.70	1.00	0.70	4.93	0.33	1.71
4	-0.60	-1.65	1.05	4.51	1.00	1.05	2.98	0.40	3.76
5	-0.80	-2.18	1.35	5.20	1.00	1.35	2.25	0.46	6.60
6	-1.00	-2.72	1.72	5.81	1.00	1.72	1.80	0.50	9.99
7	-1.20	-2.15	1.18	4.81	1.00	1.18	2.53	0.39	4.43
8	-1.00	-1.54	0.64	3.54	1.00	0.64	4.34	0.31	1.41
9	-0.80	-1.10	0.30	2.42	1.00	0.30	10.33	0.22	0.37
10	-0.60	-0.56	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	-0.40	0.00	-0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	-0.20	0.50	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
									28.51

$\gamma_1$  : 3.10 meter

$\Delta$  : 2.00 meter

Vol. geyser =  $28.51 \times 3600 = 103.212 \text{ m}^3$

TABLE 4.3.2.b.  
PERHITUNGAN DEBIT OUTFLOW PADA KALI BRANJANGAN.

Jam ke	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>2</sub> (m)	z (m)	v (m/det)	P <sub>r</sub>	h	y <sub>1</sub> /D	C	Q (m <sup>3</sup> /det)
0	0.00	0.50	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	-0.02	0.02	0.63	1.00	0.02	127.50	0.25	0.01
2	-0.20	-0.55	0.35	2.65	1.00	0.35	7.08	0.25	0.50
3	-0.40	-1.10	0.70	3.70	1.00	0.70	3.68	0.27	1.92
4	-0.80	-1.64	1.04	4.51	1.00	1.04	2.45	0.44	4.13
5	-0.80	-2.18	1.38	5.20	1.00	1.38	1.85	0.50	7.18
6	-1.00	-2.72	1.72	5.85	1.00	1.72	1.48	0.55	10.99
7	-1.00	-2.18	1.18	4.81	1.00	1.18	2.16	0.47	5.33
8	-1.00	-1.64	0.64	3.54	1.00	0.64	3.98	0.35	1.59
9	-0.80	-1.10	0.30	2.42	1.00	0.30	8.50	0.24	0.35
10	-0.80	-0.55	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	-0.40	-0.02	-0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	-0.20	0.50	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
									31.99

y<sub>1</sub> : 2.55 meter.

D : 2.00 meter.

Vol. outflow : 31.99 x 3500 = 115 154 m<sup>3</sup>

TABEL 4.3.2.c.

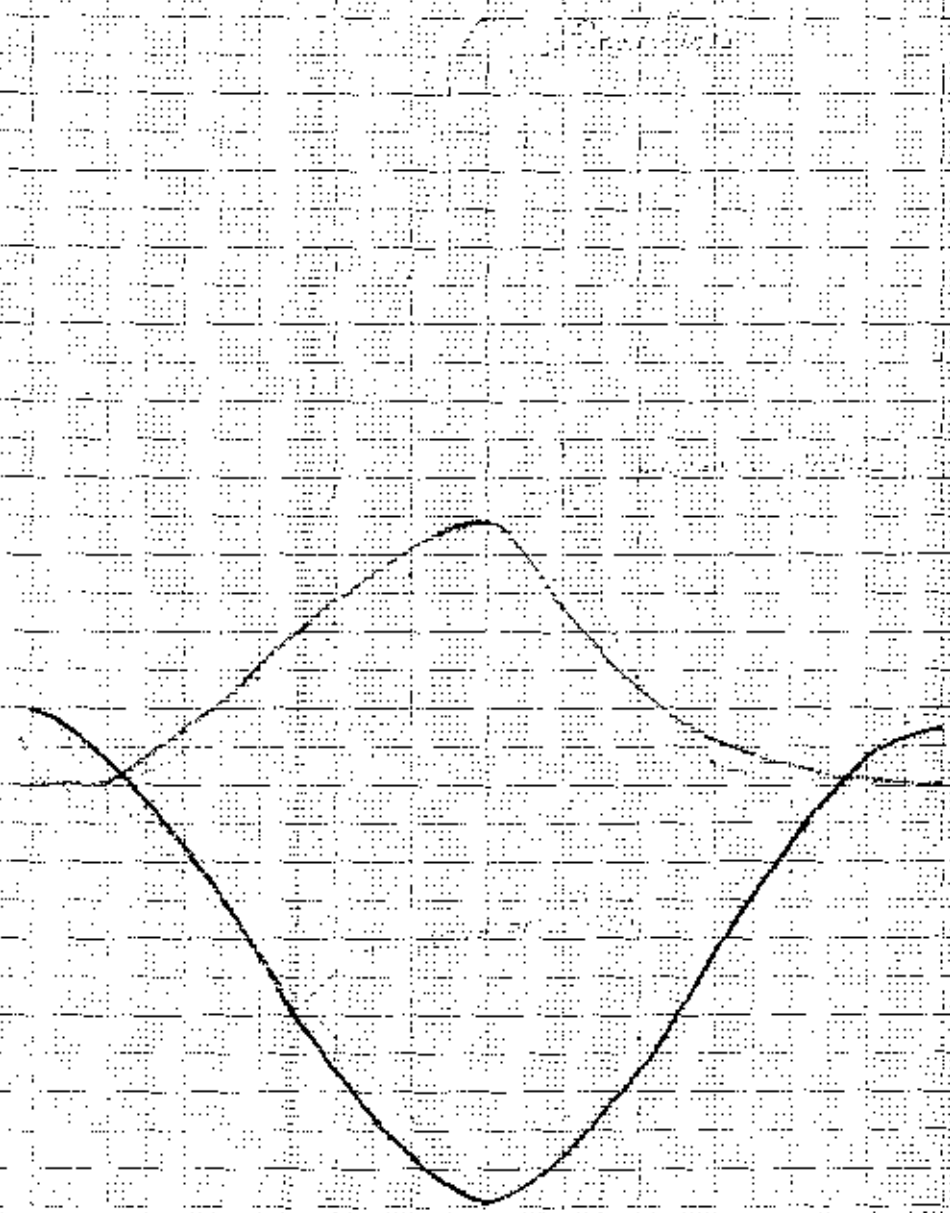
PERHITUNGAN DEBIT OUTFLOW PADA KALI SEMBIL.

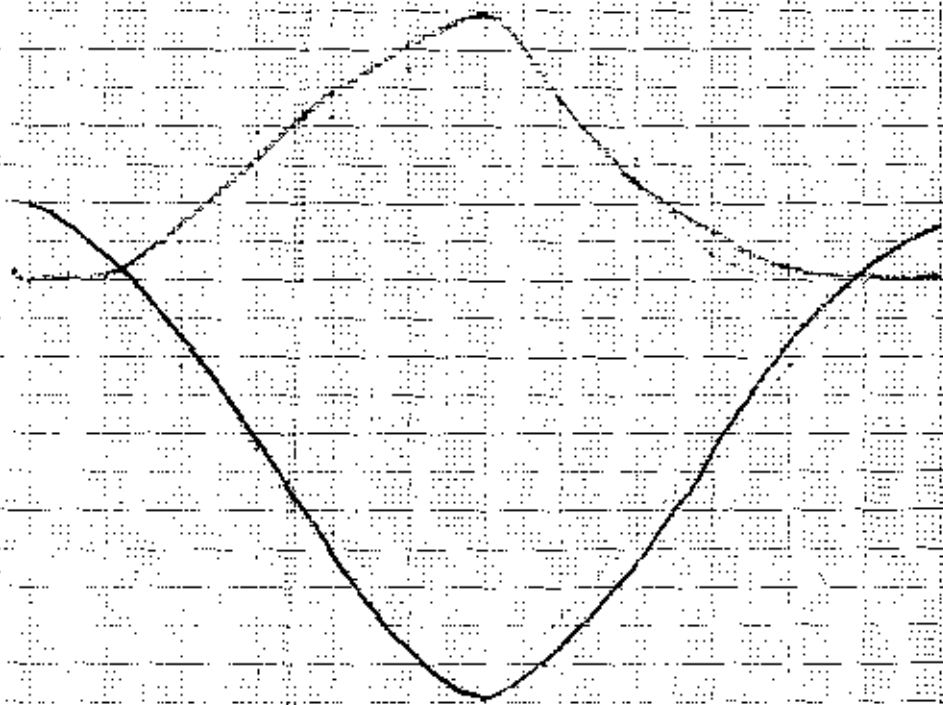
Jam ke	H1 (m)	H2 (m)	z (m)	v (m/det)	Pr	b	y1/b	C	Q (m <sup>3</sup> /det)
0	0.00	0.50	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	-0.02	0.02	0.63	1.00	0.02	135.00	0.21	0.01
2	-0.20	-0.56	0.36	2.66	1.00	0.36	7.50	0.25	0.50
3	-0.40	-1.10	0.70	3.70	1.00	0.70	3.86	0.37	1.92
4	-0.60	-1.64	1.04	4.51	1.00	1.04	2.60	0.39	3.66
5	-0.80	-2.18	1.38	5.20	1.00	1.38	1.96	0.50	7.58
6	-1.00	-2.72	1.72	5.81	1.00	1.72	1.57	0.54	10.75
7	-1.20	-3.26	2.06	6.35	1.00	2.06	1.29	0.43	4.88
8	-1.40	-3.80	2.40	6.81	1.00	2.40	1.00	0.33	1.50
9	-1.60	-4.34	2.74	7.20	1.00	2.74	0.75	0.23	0.33
10	-1.80	-4.88	3.08	7.52	1.00	3.08	0.50	0.00	0.00
11	-2.00	-5.42	3.42	7.77	1.00	3.42	0.25	0.00	0.00
12	-2.20	-5.96	3.76	7.97	1.00	3.76	0.00	0.00	0.00
									30.76

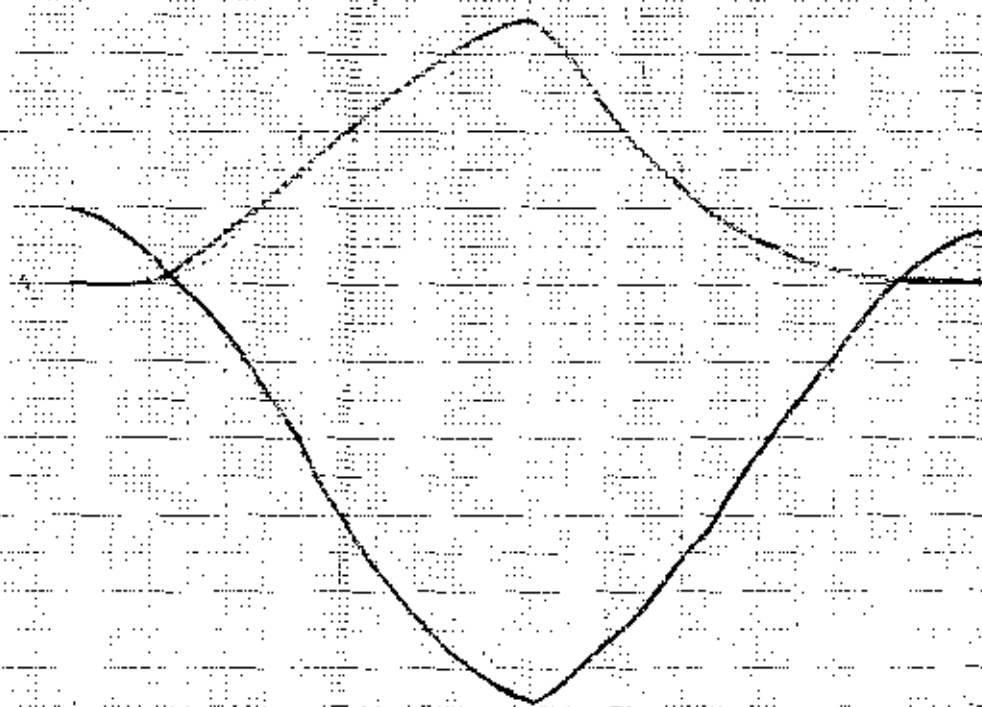
y) : 2.10 meter.

b : 2.00 meter.

Vol. outflow : 30.76 x 3500 = 107.66 m<sup>3</sup>









#### 4.3.3. Perhitungan Dimensi Pintu Klep Otomatis.

A. Pintu pada Kali Manukan.

##### 1) Perhitungan Rangka Pintu.

o> Arah horisontal ( untuk gelagar BB' dan CC' ).

Dipakai baja Fe 360 ( = BJ 37 ) .

$$\bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2,1 \times 10^5$$

$$\gamma_{sw} = 1,025 \text{ ton/m}^3$$

Direncanakan memakai profil WF 175 x 125

$$G = 23,3 \text{ kg/m'}$$

$$I_x = 1530 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 261 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 181 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 41,8 \text{ cm}^3$$

<> Akibat tekanan air laut :

$$q = 0,5 ( \gamma_{sw} \cdot h_1 + \gamma_{sw} \cdot h_2 ) \cdot h$$

$$q = 0,5 ( 1,025 \times 2,265 + 1,025 \times 3,775 ) \times 1,51$$

$$q = 4,674 \text{ ton / m' } = 4674 \text{ kg/m'}$$

<> Akibat berat sendiri :

$$G_1 = G \cos 45^\circ = 16,48 \text{ kg/m'}$$

$$G_2 = G \sin 45^\circ = 16,48 \text{ kg/m'}$$

$$* \quad q_x = q + G_1 = 4674 + 16,48 = 4690,48 \text{ kg/m'}$$

$$M_x = q_x \cdot l^2 / 8$$

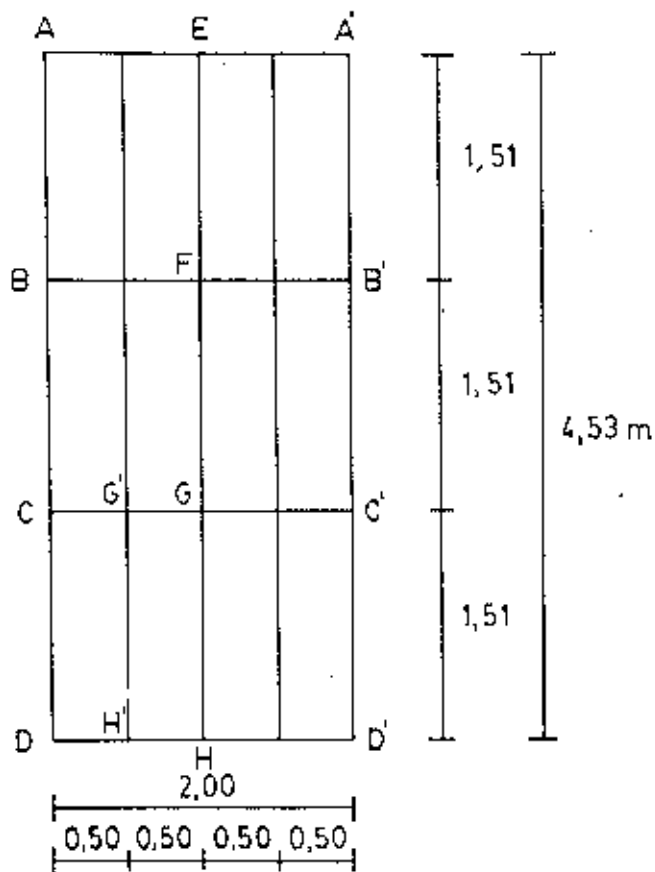
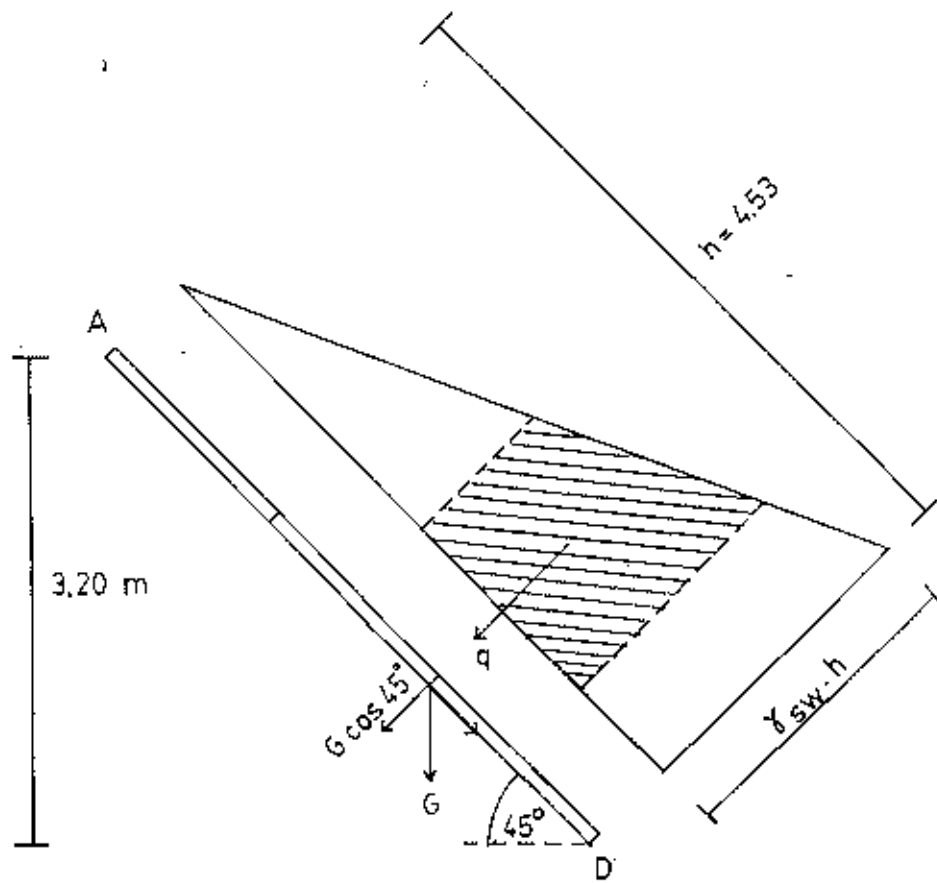
$$M_x = 4690,48 \times 2^2 / 8$$

$$M_x = 2345,24 \text{ kg.m}$$

$$* \quad q_y = G_2 = 16,48 \text{ kg/m'}$$

$$M_y = q_y \cdot l^2 / 8$$

$$M_y = 16,48 \times 2^2 / 8$$



Sket tekanan air pada pintu.

$$M_y = 8,24 \text{ Kg.m}$$

<> Kontrol tegangan :

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$$

$$\sigma = \frac{234524}{138} + \frac{824}{30,1} = 1315,43 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma} \longrightarrow \text{OK}$$

<> Kontrol lendutan :

$$\bar{f} = 1 / 300 = 200 / 300 = 0,667 \text{ cm}$$

$$f_x = \frac{5}{385} \cdot \frac{q_x \cdot l^4}{E \cdot I_x}$$

$$f_x = \frac{5}{385} \cdot \frac{46,9048 \times (200)^4}{2,1 \times 10^6 \times 1530}$$

$$f_x = 0,303 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5}{385} \cdot \frac{q_y \cdot l^4}{E \cdot I_y}$$

$$f_y = \frac{5}{385} \cdot \frac{0,1648 \times (200)^4}{2,1 \times 10^6 \times 261}$$

$$f_y = 0,006 \text{ cm}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

$$f = \sqrt{(0,303)^2 + (0,006)^2}$$

$$f = 0,303 \text{ cm} < \bar{f} \longrightarrow \text{OK}$$

Jadi profil WF 175 x 125 bisa dipakai untuk gelagar BB' dan gelagar CC'.

o> Arah vertikal ( diambil gelagar GH ).

1. Direncanakan memakai profil T 250 x 250

$$G = 32,2 \text{ kg/m'}$$

$$I_x = 445 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 45,3 \text{ cm}^3$$

<> Akibat tekanan air laut :

$$q = 0,5 ( r_{sw} \cdot h_1 + r_{sw} \cdot h_2 ) \cdot b$$

$$q = 0,5 ( 1,025 \times 3,02 + 1,025 \times 4,53 ) \times 0,5$$

$$q = 1,935 \text{ ton/m' } = 1935 \text{ kg/m'}$$

<> Akibat berat sendiri :

$$G_1 = G \cos 45^\circ = 22,77 \text{ kg/m'}$$

$$q_x = q + G_1$$

$$q_x = 1935 + 22,77 = 1957,77 \text{ kg/m'}$$

$$M_x = q_x \cdot l^2 / 8$$

$$M_x = 1957,77 \times (1,51)^2 / 8$$

$$M_x = 557,99 \text{ kg.m}$$

<> Kontrol tegangan :

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x}$$

$$\sigma = \frac{55799}{45,30} = 1231,76 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma} \longrightarrow \text{OK}$$

<> Kontrol lendutan :

$$\bar{f} = 1 / 300 = 151 / 300 = 0,503 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{385} \cdot \frac{q_x \cdot l^4}{E \cdot I_x}$$

$$f = \frac{5}{385} \cdot \frac{19,5777 \times (151)^4}{2,1 \times 10^6 \times 445}$$

$$f = 0,141 \text{ cm} < \bar{f} \longrightarrow \text{OK}$$

Jadi profil T 250 x 250 bisa dipakai untuk gelagar vertikal.

o> Balok tepi :

Direncanakan memakai profil I 20

$$G' = 25,3 \text{ kg/m'}$$

$$I_x = 1910 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 191 \text{ cm}^3$$

<> Akibat tekanan air laut :

$$q = 0,5 ( \gamma_{sw} \cdot h ) \cdot b$$

$$q = 0,5 ( 1,025 \times 4,53 ) \times 0,25$$

$$q = 0,580 \text{ ton/m' } = 580 \text{ kg/m'}$$

<> Akibat berat sendiri :

$$G_1 = G \cos 45^\circ = 17,89 \text{ kg/m'}$$

$$q_x = q + G_1 = 580 + 17,89 = 597,89 \text{ kg/m'}$$

$$M_x = q_x \cdot l^2 / 8$$

$$M_x = 597,89 \times (4,53)^2 / 8 = 1533,65 \text{ Kg.m}$$

<> Kontrol tegangan :

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{153365}{191} = 802,96 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma} \longrightarrow \text{OK}$$

<> Kontrol lendutan :

$$\bar{f} = 1 / 300 = 453 / 300 = 1,51 \text{ cm}$$

$$f_x = \frac{5}{385} \cdot \frac{5,9789 \times (453)^4}{2,1 \times 10^6 \times 1910}$$

$$f_x = 0,82 \text{ cm} < \bar{f} \longrightarrow \text{OK}$$

Jadi profil I 20 bisa dipakai untuk balok tepi.

1) Perhitungan Pelat.

Ditinjau pelat CG'DH'.

$$\bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\gamma = 7250 \text{ kg/m}^3.$$

<> Akibat tekanan air laut :

$$q = 0,5 ( \gamma_{sw} \cdot h_1 + \gamma_{sw} \cdot h_2 ) \cdot h$$

$$q = 0,5 ( 1,025 \times 3,02 + 1,025 \times 4,53 ) \times 1,51$$

$$q = 5,843 \text{ ton/m}^2 = 5843 \text{ kg/m}^2$$

$$l_x = 0,50 \text{ m}$$

$$l_y = 1,51 \text{ m}$$

$$l_y / l_x = 3,02 > 2,5 \longrightarrow X = 83$$

$$M = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$M = 0,001 \times 5843 \times (0,5)^2 \times 83$$

$$M = 121,24 \text{ kg.m}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{b \cdot t^2 / 6} \leq \bar{\sigma}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 M}{b \sigma}}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 12124}{151 \times 1600}} = 0,55 \approx 0,6 \text{ cm.}$$

B. Pintu pada Kali Branjangan.

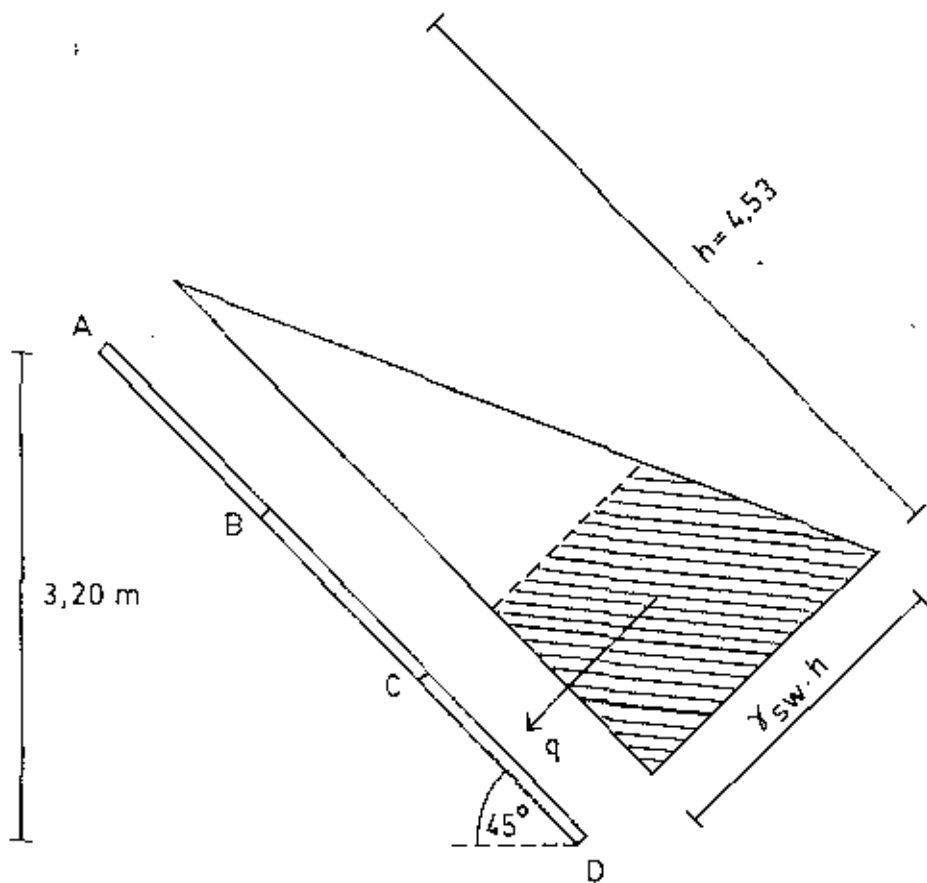
1) Perhitungan Rangka Pintu.

o> Arah horisontal ( untuk gelagar BB' dan CC' ).

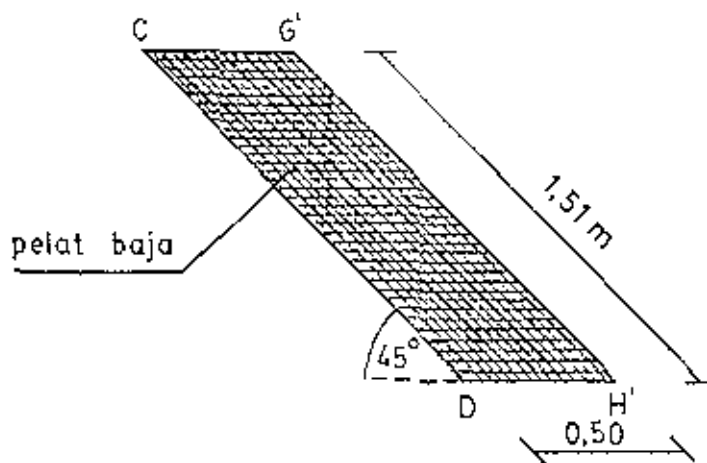
Dipakai baja Fe 360 ( = BJ 37 )

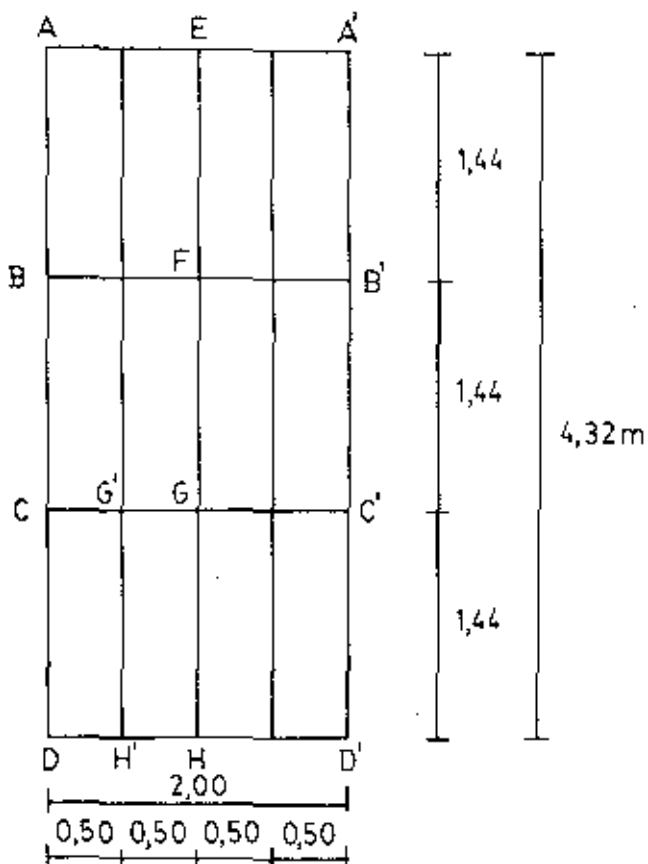
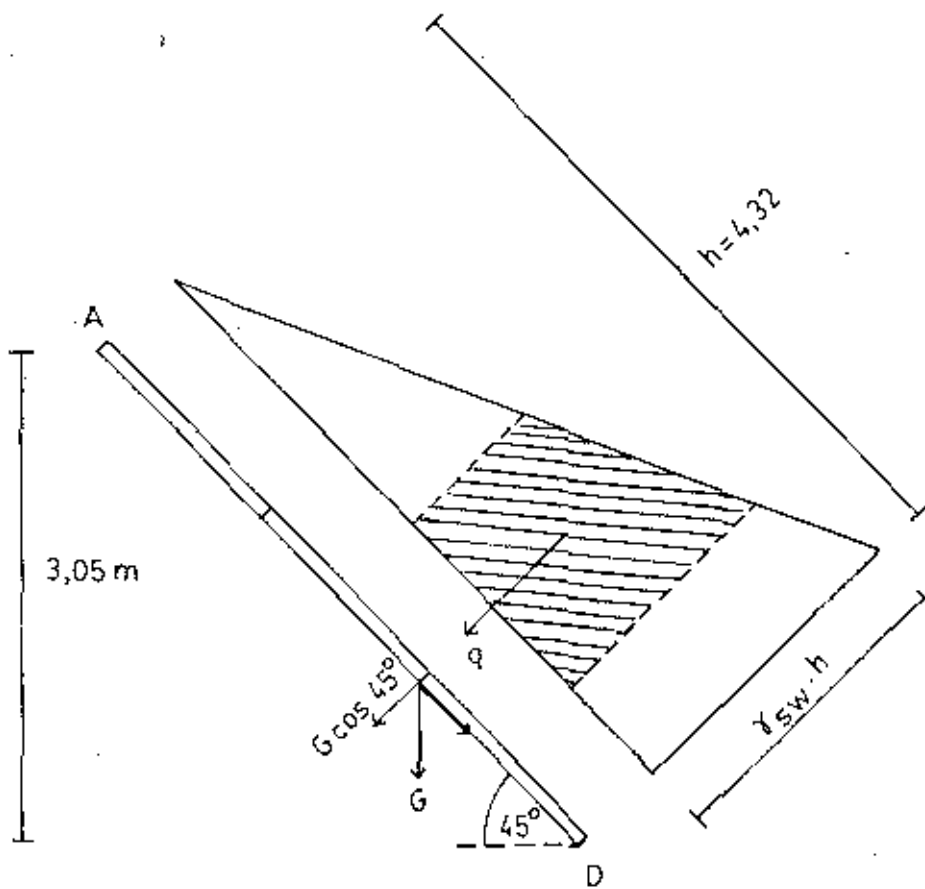
$$\bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/cm}^2.$$

$$E = 2,1 \times 10^6$$



Sket tekanan air pada pintu.





Sket tekanan air pada pintu.



$$\gamma_{sw} = 1,025 \text{ ton/m}^3$$

Direncanakan memakai profil WF 150 x 150

$$G = 31,5 \text{ kg/m'}$$

$$I_x = 1640 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 563 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 219 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 75,1 \text{ cm}^3$$

<> Akibat tekanan air laut :

$$q = 0,5 ( \gamma_{sw} \cdot h_1 + \gamma \cdot h_2 ) \cdot h$$

$$q = 0,5 ( 1,025 \times 2,16 + 1,025 \times 3,60 ) \times 1,44$$

$$q = 4,251 \text{ ton/m' } = 4251 \text{ kg/m'}$$

<> Akibat berat sendiri :

$$G_1 = G \cos 45^\circ = 22,27 \text{ kg/m'}$$

$$G_2 = G \sin 45^\circ = 22,27 \text{ kg/m'}$$

$$* q_x = q + G_1 = 4251 + 22,27 = 4273,27 \text{ kg/m'}$$

$$M_x = q_x \cdot l^2 / 8$$

$$M_x = 4273,27 \times 2^2 / 8$$

$$M_x = 2136,64 \text{ kg.m}$$

$$* q_y = G_2 = 22,27 \text{ kg/m'}$$

$$M_y = 22,27 \times 2^2 / 8$$

$$M_y = 11,135 \text{ kg.m}$$

<> Kontrol tegangan :

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$$

$$\sigma = \frac{213664}{219} + \frac{1113,5}{75,1} = 990,46 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma} \longrightarrow \text{OK}$$

<> Kontrol lendutan :

$$\bar{f} = 1 / 300 = 200 / 300 = 0,667 \text{ cm}$$

$$f_x = \frac{5}{385} \cdot \frac{q_x \cdot l^4}{E \cdot I_x}$$

$$f_x = \frac{5}{385} \times \frac{42,7327 \cdot (200)^4}{2,1 \times 10^6 \times 1640}$$

$$f_x = 0,258 \text{ cm.}$$

$$f_y = \frac{5}{385} \cdot \frac{q_y \cdot l^4}{E \cdot I_y}$$

$$f_y = \frac{5}{385} \times \frac{0,2227 \times (200)^4}{2,1 \times 10^6 \times 563}$$

$$f_y = 0,004 \text{ cm}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

$$f = \sqrt{(0,258)^2 + (0,004)^2}$$

$$f = 0,258 \text{ cm} < \bar{f} \longrightarrow \text{OK}$$

Jadi profil WF 150 x 150 bisa dipakai untuk gelagar BB' dan gelagar CC'.

o> Arah vertikal ( diambil gelagar GH ).

Direncanakan memakai profil T 200 x 200

$$G = 28,1 \text{ kg/m'}$$

$$I_x = 256 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 32,4 \text{ cm}^4$$

<> Akibat tekanan air laut :

$$q = 0,5 ( r_{sw} \cdot h_1 + r_{sw} \cdot h_2 ) \cdot b$$

$$q = 0,5 ( 1,025 \times 2,88 + 1,025 \times 4,32 ) \times 0,5$$

$$q = 1,845 \text{ ton/m}' = 1845 \text{ kg/m}'$$

<> Akibat berat sendiri :

$$G_1 = G \cos 45^\circ = 19,87 \text{ kg/m}'$$

$$q_x = q + G_1$$

$$q_x = 1845 + 19,87 = 1864,87 \text{ kg/m}'$$

$$M_x = q_x \cdot l^2 / 8$$

$$M_x = 1864,87 \times (1,44)^2 / 8$$

$$M_x = 483,37 \text{ kg.m}$$

<> Kontrol tegangan :

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x}$$

$$\sigma = \frac{48337}{32,4} = 1491,9 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma} \longrightarrow \text{OK}$$

<> Kontrol lendutan :

$$\bar{f} = 1 / 300 = 144 / 300 = 0,48 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{385} \cdot \frac{q_x \cdot l^4}{E \cdot I_x}$$

$$f = \frac{5}{385} \times \frac{18,6487 \times (144)^4}{2,1 \times 10^6 \times 256}$$

$$f = 0,194 \text{ cm} < \bar{f} \longrightarrow \text{OK}$$

Jadi profil T 200 x 200 bisa dipakai untuk gelagar vertikal.

o> Balok tepi :

Direncanakan memakai profil [ 18

$$G = 22 \text{ kg/m'}$$

$$I_x = 1350 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 150 \text{ cm}^3$$

<> Akibat tekanan air laut :

$$q = 0,5 (\gamma_{sw} \cdot h) \cdot b$$

$$q = 0,5 ( 1,025 \times 4,32 ) \times 0,25$$

$$q = 0,554 \text{ ton/m' } = 554 \text{ kg/m'}$$

<> Akibat berat sendiri :

$$G_1 = G \cos 45^\circ = 15,56 \text{ kg/m'}$$

$$q_x = q + G_1 = 554 + 15,56 = 569,56 \text{ kg/m'}$$

$$M_x = q_x \cdot l^2 / 8$$

$$M_x = 569,56 \times (4,32)^2 / 8 = 1328,67 \text{ kg.m}$$

<> Kontrol tegangan :

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{132867}{150} = 885,78 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma} \longrightarrow \text{OK}$$

<> Kontrol lendutan :

$$\bar{f} = l / 300 = 432 / 300 = 1,44 \text{ cm}$$

$$f_x = \frac{5}{385} \times \frac{5,6956 \times (144)^4}{2,1 \times 10^6 \times 1350}$$

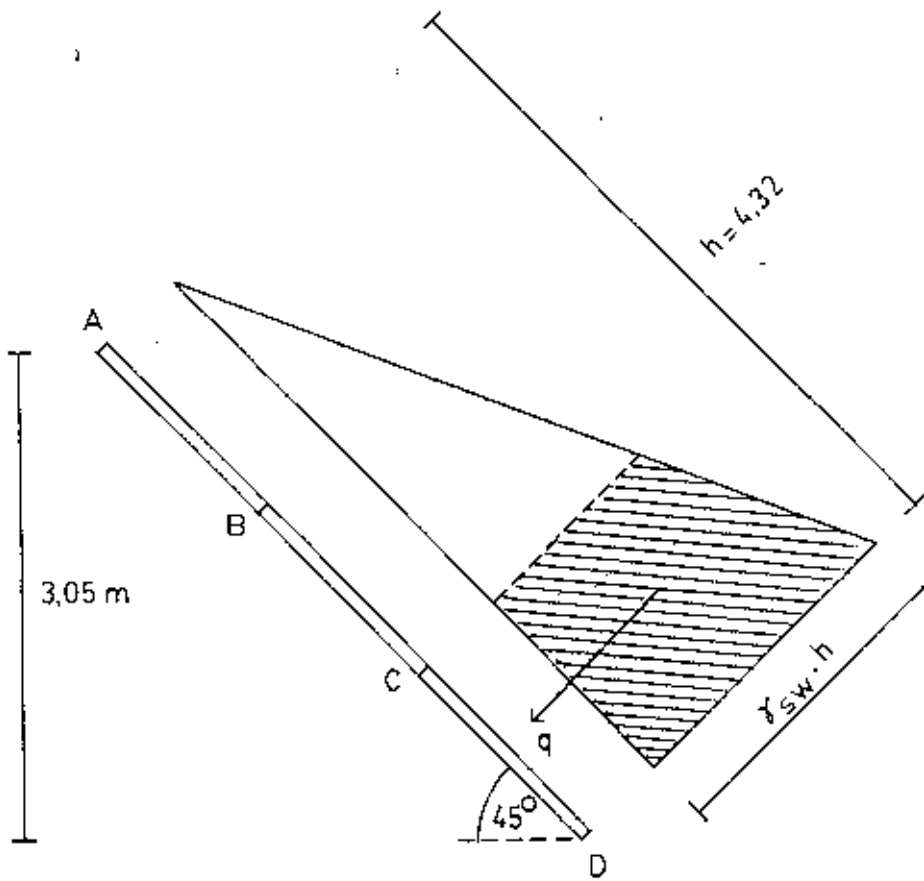
$$f_x = 0,91 \text{ cm} < \bar{f} \longrightarrow \text{OK}$$

Jadi profil [ 18 bisa dipakai untuk balok tepi.

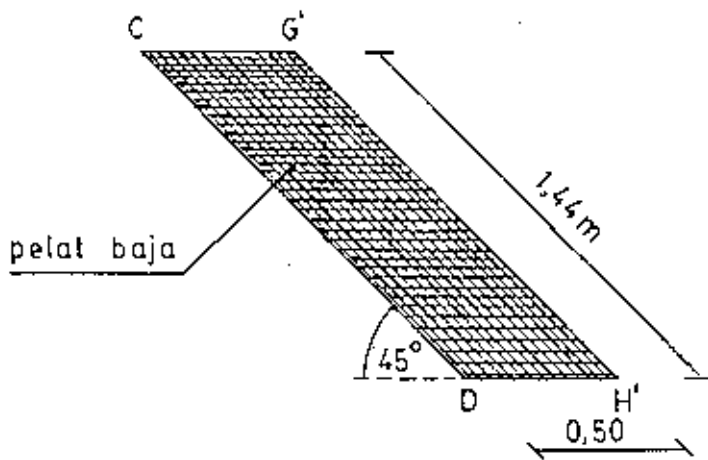
### 3) Pernhitungan Pelat.

Ditinjau pelat CG'DH'.

$$\bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/cm}^2.$$



Sket tekanan air pada pintu.



$$\rho = 7250 \text{ Kg/m}^3.$$

<> Akibat tekanan air laut :

$$q = 0,5 ( \gamma_{sw} \cdot h_1 + \gamma_{sw} \cdot h_2 ) \cdot h$$

$$q = 0,5 ( 1,025 \times 2,88 + 1,025 \times 4,32 ) \times 1,44$$

$$q = 5,3136 \text{ ton/m}^2 = 5313,6 \text{ kg/m}^2$$

$$l_x = 0,50 \text{ m}$$

$$l_y = 1,41 \text{ m}$$

$$l_y / l_x = 2,82 > 2,5 \longrightarrow X = 83$$

$$M = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$M = 0,001 \times 5313,6 \times (0,5)^2 \times 83$$

$$M = 110,26 \text{ kg.m}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{b \cdot t^2 / 6} \leq \bar{\sigma}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 M}{b \sigma}}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 11026}{144 \times 1600}} = 0,54 \approx 0,5 \text{ cm.}$$

### C. Pintu pada Kali Semimi.

Karena ukuran / dimensi pintu pada Kali Semimi sama dengan ukuran / dimensi pintu pada Kali Manukan, maka perhitungannya juga sama.

#### 4.3.4. Perhitungan Mekanisme Pintu.

A. Pintu pada Kali Manukan.

o> Berat pintu :

$$\begin{aligned}WF\ 175 \times 125 &= 2 \times 2,00 \times 23,3 &= 93,20 \\T\ 250 \times 250 &= 3 \times 4,53 \times 32,2 &= 437,60 \\[ \ 20 &= 2 (2,00 + 4,53) \times 25,3 &= 330,42 \\Pelat\ baja &= 2,00 \times 4,53 \times 0,006 \times 7250 &= 394,11 \\&&= 1255,33 \\Sambungan\ dan\ lain-lain &= 10\ \% \times 1255,33 &= 125,53 \\&&= 1380,86\end{aligned}$$

Jadi berat pintu = 1380,86 kg.

Dengan perbedaan tinggi muka air 0,10 meter, direncanakan pintu sudah bisa membuka.

o> Tekanan air Kali pada pintu :

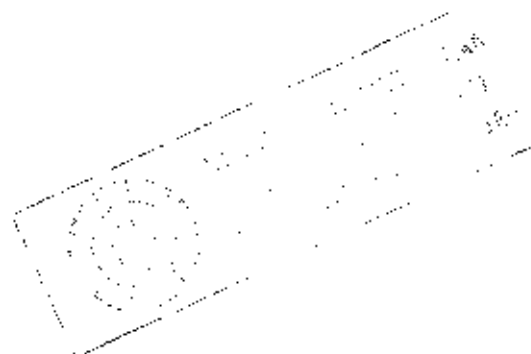
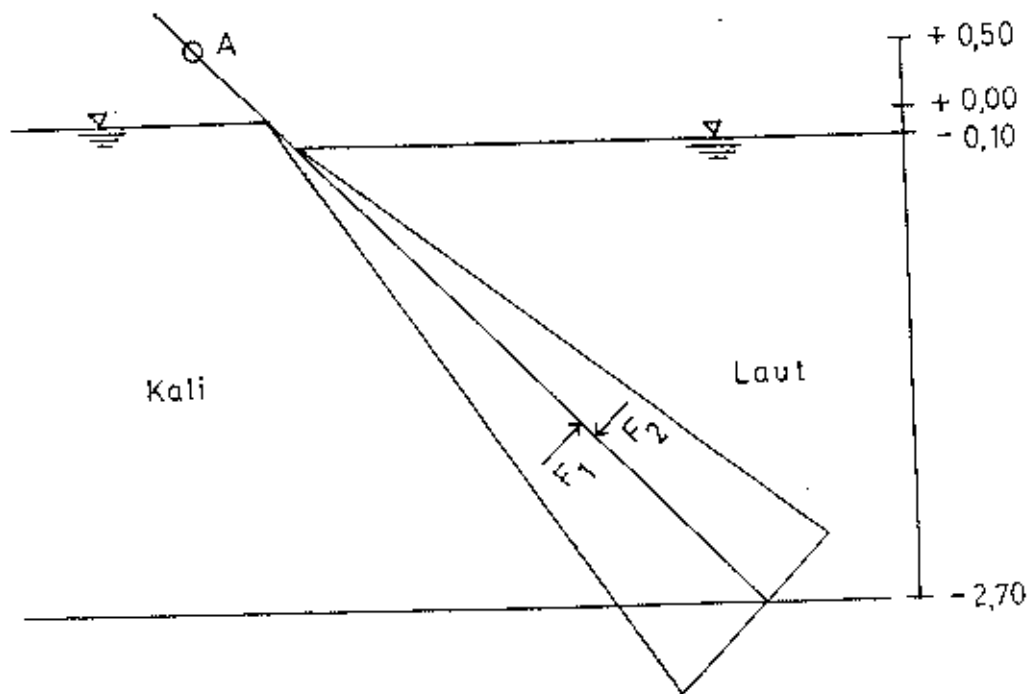
$$\begin{aligned}F_1 &= 0,5 \cdot \gamma_w (2,70 - y)^2 \cdot \operatorname{cosec}^2 45^\circ \cdot b \\F_1 &= 0,5 \times 1,000 (2,70 - y)^2 \times 2 \times 2,00 \\F_1 &= 14,58 - 10,8 y + 2 y^2\end{aligned}$$

o> Tekanan air laut pada pintu :

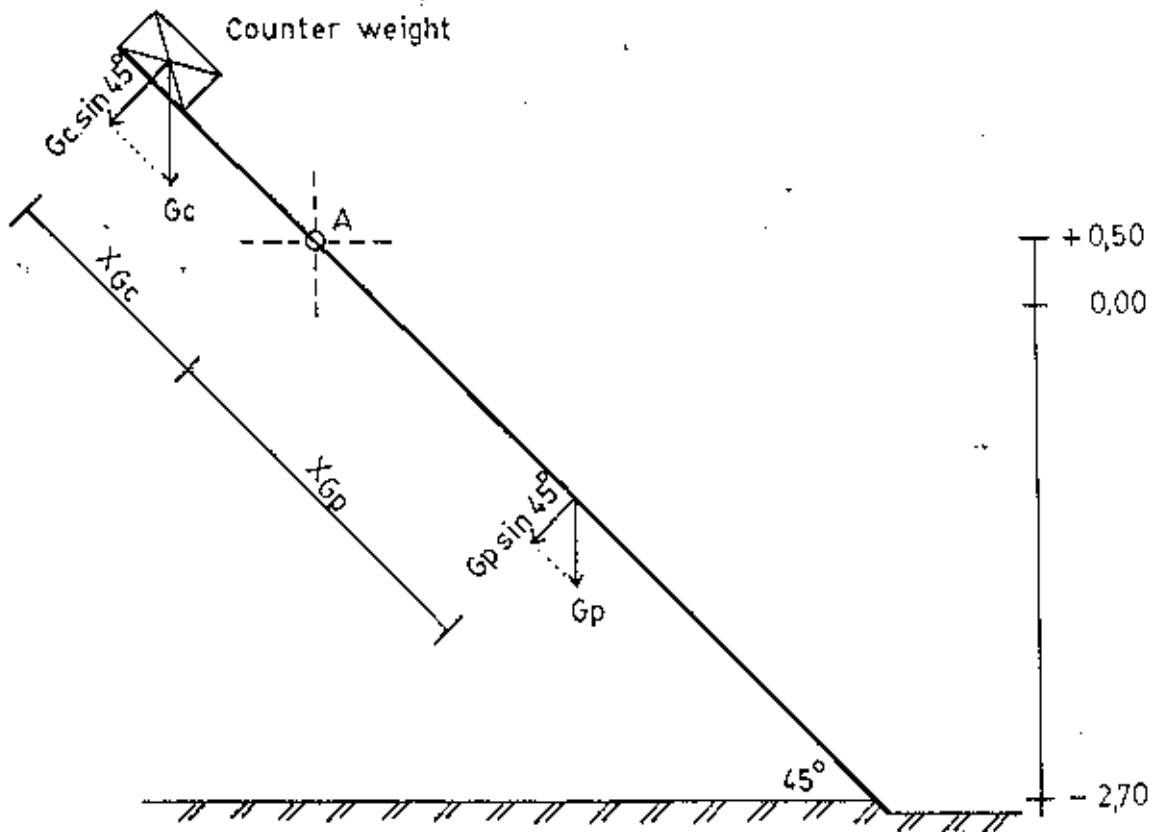
$$\begin{aligned}F_2 &= 0,5 \cdot \gamma_{sw} (2,60 - y)^2 \cdot \operatorname{cosec}^2 45^\circ \cdot b \\F_2 &= 0,5 \times 1,025 (2,60 - y)^2 \times 2 \times 2,00 \\F_2 &= 13,86 - 10,66 y + 2,05 y^2\end{aligned}$$

o> Momen terhadap titik ( engsel ) A :

$$\begin{aligned}M_{F_1} &= F_1 \{ (2,70 - y) \times 2/3 + y + 0,50 \} \operatorname{cosec} 45^\circ \\&= F_1 ( 2,300 + 0,333 y ) \times 1,414 \\&= F_1 ( 3,252 + 0,471 y ) \\&= ( 14,58 - 10,8 y + 2 y^2 ) ( 3,252 + 0,471 y )\end{aligned}$$







Keterangan :

$G_p$  : berat pintu [ kg ].

$G_c$  : berat counter weight [ kg ].

A : engsel pintu.

$X_{Gp}$  : jarak dari titik berat pintu ke engsel [ m ]

$X_{Gc}$  : jarak dari titik berat counter weight ke engsel [ m ].

$$M_{F1} = 47,41 - 35,12 y + 6,50 y^2 + 6,87 y - 5,09 y^2 + 0,942 y^3$$

$$= 47,41 - 28,25 y + 1,41 y^2 + 0,942 y^3$$

$$M_{F2} = F_2 ( ( 2,60 - y ) \times 2/3 + y + 0,60 ) \operatorname{cosec} 45^\circ$$

$$= F_2 ( 3,30 + 0,471 y )$$

$$= ( 13,86 - 10,66 y + 2,05 y^2 ) ( 3,30 + 0,471 y )$$

$$= 45,74 - 35,18 y + 6,77 y^2 + 6,53 y -$$

$$5,02 y^2 + 0,966 y^3$$

$$M_{F2} = 45,74 - 28,65 y + 1,75 y^2 + 0,966 y^3$$

$$M_A = M_{F1} - M_{F2}$$

$$= ( 47,41 - 28,25 y + 1,41 y^2 + 0,942 y^3 ) -$$

$$( 45,74 - 28,65 y + 1,75 y^2 + 0,966 y^3 )$$

$$M_A = 1,67 - 0,40 y - 0,34 y^2 - 0,02 y^3$$

o> Kontrol :

$$y = 0 \text{ meter} \longrightarrow M_A = 1,67 \text{ ton.m}$$

$$y = 2,50 \text{ meter} \longrightarrow M_A = 0,233 \text{ ton.m}$$

o> Untuk melawan gaya berat pintu diberi Counter Weight, supaya pintu tetap membuka pada saat muka air laut  $\pm 2,60$  meter.

$$M_A = X_{Gp} \cdot G_p \sin 45^\circ - X_{Gc} \cdot G_c \sin 45^\circ$$

$$233 = 0,5 \times 4,53 \times 1380,86 \sin 45^\circ - 1,5 G_c \sin 45^\circ$$

$$233 = 2211,58 - 1,5 G_c \sin 45^\circ$$

$$G_c = 1865,42$$

Jadi berat Counter Weight = 1865,4 kg.

B. Pintu pada Kali Branjangan.

o> Berat pintu :

WF 150 x 150	= 2 x 2,00 x 31,5	= 126,00
T 200 x 200	= 3 x 4,32 x 28,1	= 364,18
[ 18	= 2 (2,00 + 4,32) x 22	= 278,08
Pelat baja	= 2,00 x 4,32 x 0,006 x 7250	= 375,84
		1144,10
Sambungan dan lain-lain	= 10 % x 1144,10	= 114,41
		1258,51

Jadi berat pintu = 1258,5 kg.

Dengan perbedaan tinggi muka air 0,10 meter, direncanakan pintu sudah bisa membuka.

o> Tekanan air kali pada pintu :

$$F_1 = 0,5 \cdot \gamma_w (2,70 - y)^2 \cdot \operatorname{cosec}^2 45^\circ \cdot b$$

$$F_1 = 0,5 \times 1,000 (2,70 - y)^2 \times 2 \times 2,00$$

$$F_1 = 14,58 - 10,8 y + 2 y^2$$

o> Tekanan air laut pada pintu :

$$F_2 = 0,5 \cdot \gamma_{sw} (2,60 - y)^2 \cdot \operatorname{cosec}^2 45^\circ \cdot b$$

$$F_2 = 0,5 \times 1,025 (2,60 - y)^2 \times 2 \times 2,00$$

$$F_2 = 13,86 - 10,66 y + 2,05 y^2$$

o> Momen terhadap titik ( engsel ) A :

$$M_{F_1} = F_1 \{ (2,70 - y) \times 2/3 + y + 0,50 \} \operatorname{cosec} 45^\circ$$

$$= F_1 ( 2,30 + 0,333 y ) \times 1,414$$

$$= F_1 ( 3,252 + 0,471 y )$$

$$= ( 14,58 - 10,8 y + 2 y^2 ) ( 3,252 + 0,471 y )$$

$$= 47,41 - 35,12 y + 6,50 y^2 + 6,87 y -$$

$$5,09 y^2 + 0,942 y^3$$

$$M_{F1} = 47,41 - 28,25 y + 1,41 y^2 + 0,942 y^3$$

$$M_{F2} = F_2 \{ (2,60 - y) \times 2/3 + y + 0,60 \} \operatorname{cosec} 45^\circ$$

$$= F_2 (3,30 + 0,471 y)$$

$$= (13,86 - 10,66 y + 2,05 y^2) (3,30 + 0,471 y)$$

$$= 45,74 - 35,18 y + 6,77 y^2 + 6,53 y -$$

$$5,02 y^2 + 0,966 y^3$$

$$M_{F2} = 45,74 - 28,65 y + 1,75 y^2 + 0,966 y^3$$

$$M_A = M_{F1} - M_{F2}$$

$$= (47,41 - 28,25 y + 1,41 y^2 + 0,942 y^3) -$$

$$(45,74 - 28,65 y + 1,75 y^2 + 0,966 y^3)$$

$$M_A = 1,67 - 0,40 y - 0,34 y^2 - 0,02 y^3$$

o> Kontrol :

$$y = 0 \text{ meter} \longrightarrow M_A = 1,67 \text{ ton.m}$$

$$y = 2,60 \text{ meter} \longrightarrow M_A = 0,233 \text{ ton.m}$$

o> Untuk melawan gaya berat pintu diberi Counter Weight, supaya pintu tetap membuka pada saat muka air laut  $\pm$  2,60 meter.

$$M_A = X_{Gp} \cdot G_p \sin 45^\circ - X_{Gc} \cdot G_c \sin 45^\circ$$

$$233 = 0,5 \times 4,32 \times 1258,5 \sin 45^\circ - 1,5 G_c \sin 45^\circ$$

$$233 = 1922,17 - 1,5 G_c \sin 45^\circ$$

$$G_c = 1592,56$$

Jadi berat Counter Weight = 1592,6 kg.

### C. Pintu pada Kali Semimi.

Perhitungan pintu pada Kali Semimi sama dengan perhitungan pintu pada Kali Manukan.

#### 4.4. Perhitungan Dimensi Polder.

Untuk mencegah intrusi air laut, dibuat suatu tanggungan untuk menampung rembesan air laut pada saat pasang melalui tanggul laut yang dinamakan Polder. Pemasangan polder ini di sepanjang tanggul laut. Panjang polder 4850 meter.

##### 4.4.1. Perhitungan Débit Rembesan Melalui Tanggul.

$$E = 0,30$$

$$K = 0,40$$

$$m = 2$$

$$b = 1,50 \text{ m}$$

$$t = 2,00 \text{ m}$$

$$h = 1,65 \text{ m}$$

$$L_0 = (h + t) m + b + (h + t) m$$

$$L_0 = 3,65 \times 2 + 1,50 + 3,65 \times 2 = 16,10 \text{ meter.}$$

$$L_2 = E m h + t m$$

$$L_2 = 0,30 \times 2 \times 1,65 + 2,00 \times 2 = 4,99 \text{ meter.}$$

$$L_3 = (h + t) m - L_2$$

$$L_3 = 3,65 \times 2 - 4,99 = 2,31 \text{ meter.}$$

$$L = L_0 - L_3$$

$$L = 16,10 - 2,31 = 13,79 \text{ meter.}$$

$$h_1 = \frac{L}{m} - \sqrt{\frac{L^2}{m^2} - h_2^2}$$

$$h_1 = 0,20 \text{ meter.}$$

$$L_1 = L - m h_1$$

$$L_1 = 13,79 - 2 \times 0,20 = 13,39 \text{ meter.}$$

$$h_{22} = h_2 - \frac{h_2 - h_{12}}{L_1} L_2$$

$$h_{22} = 1,72$$

$$h_2 = 1,31 \text{ meter.}$$

$$y_2 = h_2 - \frac{h_2 - h_{12}}{L_1} \cdot X$$

$$y_2 = 2,72 - 0,2 \cdot X$$

$$y = \sqrt{2,72 - 0,2 \cdot X} \longrightarrow \text{Persamaan garis rembesan.}$$

$$\frac{q_1}{K} = \frac{h_2 - h_{12}}{2 L_1}$$

$$\frac{q_1}{0,40} = 0,10$$

$$q_1 = 0,04 \text{ m}^3 / \text{hari} / \text{m}'.$$

#### 4.4.2. Perhitungan Debit Rembesan Melalui Tanah Tidak Kedap Air Di Bawah Tanggul.

$$K_1 = 0,60$$

$$T = 1,35 \text{ meter.}$$

$$\frac{L}{T} = \frac{13,79}{1,35} = 10,21 \longrightarrow n = 1,17 \text{ ( dari tabel ).}$$

$$q_2 = K_1 \times \frac{n T}{n L}$$

$$q_2 = 0,6 \times \frac{1,65 \times 1,35}{1,17 \times 13,79} = 0,083 \text{ m}^3 / \text{hari} / \text{m}'.$$

$$q = q_1 + q_2 = 0,04 + 0,083 = 0,123 \text{ m}^3 / \text{hari} / \text{m}'.$$

Dalam 1 hari terjadi pasang selama 2 x 6 jam.

$$\text{Volume polder} = 0,123 \times 12 / 24 = 0,062 \text{ m}^3 / \text{m}'.$$

Kemiringan tebing polder  $m = 2$ .

Luas penampang polder  $A = (b + m h) h$

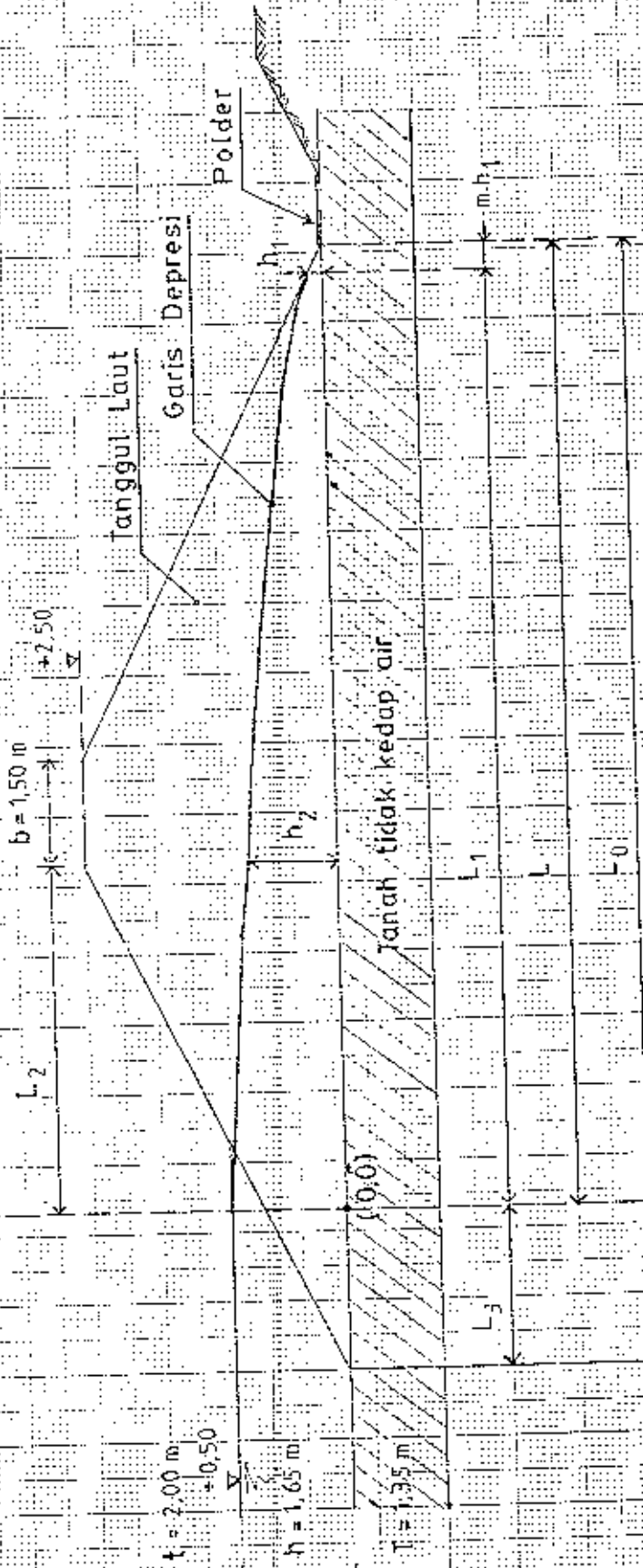
Lebar polder  $b = 1,00$  meter.

$$0,062 = (b + m h) h$$

$$0,062 = (1,00 + 2 h) h$$

$$0,062 = h + 2 h^2$$

$$h = 0,065 \text{ meter (tinggi air dalam polder).}$$



SKET PENAMPANG TANGGUL LAUT & POLDER



## BAB V

### ANALISA SEDIMENTASI

Analisa sedimen (endapan) ini meliputi perhitungan jumlah endapan, waktu untuk pengendapan dan pengerukan sedimen. Sedimen pada Kanal Gunungsari berupa suspended load.

Pedoman untuk menentukan kadar suspended load didapatkan dari hasil penelitian yang tercantum di dalam CDM ( Camp Dresser and Mc Kee ) Report, dimana jumlah angkutan sedimen yang terjadi didasarkan pada jumlah suspended load yang terkandung di dalam air Kotor ( air sungai ).

Kandungan suspended load  $C_{SS}$  yang terdapat di sungai-sungai di Kota Surabaya mencapai 500 mgr/l, tetapi untuk perhitungan selanjutnya diambil 750 mgr/l dari debit yang ada karena disesuaikan dengan kondisi kota metropolitan dan direncanakan untuk kondisi penduduk pada tahun 2000.

#### 5.1. Perhitungan Jumlah Endapan Pada Musim Kemarau.

Jumlah endapan =  $( 1 + 20 \% ) ( Q_{RT} + Q_{In} ) . C_{SS}$

$Q_{RT}$ : debit buangan dari rumah tangga [ $m^3/det$ ].

$Q_{In}$ : debit buangan dari industri [ $m^3/det$ ].

$C_{SS}$ : kandungan suspended load [mgr/l]

20 % : besarnya debit untuk pengenceran.

Perhitungan jumlah endapan pada tabel 5.1.1.

## 5.2. Perhitungan Jumlah Endapan Pada Musim Hujan.

### 5.2.1. Perhitungan Jumlah Endapan.

$$Q_e = 20 \% Q_m$$

$$\text{Jumlah endapan} = Q_e \cdot C_{SS}$$

$Q_e$ : debit efektif [ $m^3/det$ ].

$Q_m$ : debit maksimum pada saluran [ $m^3/det$ ].

Perhitungan jumlah endapan ini dapat dilihat pada tabel

5.2.1.

### 5.2.2. Perhitungan Volume Endapan.

Saluran dianggap tidak efisien lagi pada endapan setinggi 0,50 meter. Perhitungan volume endapan pada tabel

5.2.2.

## 5.3. Perhitungan Waktu Untuk Pengendapan.

### 5.3.1. Perhitungan Waktu Pengendapan Pada Musim Kemarau.

$$Q_s = \frac{\text{Jumlah endapan}}{\text{berat jenis endapan}}$$

$$t_p = \frac{\text{volume endapan}}{Q_s}$$

$Q_s$ : debit sedimen [ $m^3/det$ ].

Berat jenis endapan = 1200 [ $kg/m^3$ ].

$t_p$ : waktu pengendapan [bulan].

Perhitungan untuk waktu pengendapan pada tabel 5.3.1.

### 5.3.2. Perhitungan Waktu Pengendapan Pada Musim Hujan.

Perumusannya sama dengan perhitungan waktu pengendapan pada musim kemarau dan hasil perhitungannya ditunjukkan pada tabel 5.3.2.

#### 5.4. Waktu Pengerukan Sedimen.

Dari hasil perhitungan waktu pengendapan, maka dapat diketahui waktu pelaksanaan pengerukan masing-masing saluran sebagai berikut :

- Pengerukan sedimen pada Kali Manukan dilakukan dalam waktu 2,5 bulan sekali.
- Pengerukan sedimen pada Kali Branjangan dilakukan dalam waktu 3 bulan sekali.
- Pengerukan sedimen pada Kali Semimi dilakukan dalam waktu 3,5 bulan sekali.

Dengan mengingat terjadinya musim kemarau antara bulan April - Oktober dan musim hujan antara bulan Oktober - April, maka pelaksanaan pengerukan sedimen adalah sebagai berikut :

- Kali Manukan, pelaksanaan pengerukan pada awal bulan Oktober, pertengahan Februari dan awal Maret.
- Kali Branjangan, pelaksanaan pengerukan pada awal bulan Oktober, awal Januari dan awal April.
- Kali Semimi, pelaksanaan pengerukan pada awal bulan Oktober dan pertengahan Januari.

TABEL 5. 1. 1.  
 PERHITUNGAN JUMLAH ENDAPAN PADA MUSIM KEMARAU.

Saluran	Kali Manukan	Kali Branjangan	Kali Semimi
Q RT	0.0658	0.0942	0.1014
Q In	0.0971	0.1104	0.0760
Q	0.1629	0.2046	0.1774
20 % Q	0.0326	0.0409	0.0355
Q Total	0.1955	0.2455	0.2129
Css	750	750	750
Jml endapan {gr/det}	146.61	184.14	159.66

TABEL 5.2.1.

## PERHITUNGAN JUMLAH ENDAPAN PADA MUSIM HUJAN.

Salurkan	Kali Manukan	Kali Branjangan	Kali Semimi
Q max	76.95	86.30	95.50
Qe	16.39	17.26	19.10
Css	750	750	750
Jml endapan [gr/det.]	11542.50	12945.00	14325.00

TABEL 5.2.2.

## PERHITUNGAN VOLUME ENDAPAN.

Salurkan	b [m]	h [m]	L [m]	A [m <sup>2</sup> ]	Volume [m <sup>3</sup> ]
GK-1	7.50	0.50	2785	4.00	11140.00
GK-2	7.00	0.50	1447	3.75	5426.25
GK-3	5.00	0.50	1100	2.75	3025.00
GK-4	9.00	0.50	2550	4.75	12112.50
GK-5	22.50	0.50	2578	11.50	29647.00
K Manukan	20.00	0.50	4675	10.25	47918.75
K Branjangan	28.50	0.50	4750	14.50	68875.00
K Semimi	29.00	0.50	5600	14.75	82600.00
Total 1					64485.00
Total 2					84012.50
Total 3					112247.00

$$A = (mb + b)h$$

$$\text{Total 1} = (GK-1) + (GK-2) + K \text{ Manukan}$$

$$\text{Total 2} = (GK-3) + (GK-4) + K \text{ Branjangan}$$

$$\text{Total 3} = (GK-5) + K \text{ Semimi}$$

TABEL 5.3.1.  
 PERHITUNGAN WAKTU PENGENDAPAN MUSIM KEMARAU.

Saluran	Kali Manukan	Kali Branjangan	Kali Semimi
Jml endapan	0.14661	0.18414	0.15966
EJ endapan	1200	1200	1200
G sedimen	0.00012	0.00015	0.00013
Vol endapan	64485.00	84012.50	112247.00
Waktu sed.	203.63	211.22	325.48

TABEL 5.3.2.  
 PERHITUNGAN WAKTU PENGENDAPAN MUSIM HUJAN.

Saluran	Kali Manukan	Kali Branjangan	Kali Semimi
Jml endapan	11.54250	12.94500	14.32500
EJ endapan	1200	1200	1200
G sedimen	0.00962	0.01079	0.01194
Vol endapan	64485.00	84012.50	112247.00
Waktu sed.	2.586	3.005	3.626



## BAB VI

### ANALISA EKONOMI

#### 6.1. Umum.

Analisa ekonomi dilakukan untuk mengetahui besarnya biaya suatu proyek dan bila proyek tersebut dilaksanakan akan menguntungkan atau tidak. Besarnya biaya suatu proyek dapat ditaksir dari volume pekerjaan dengan melihat harga satuan upah dan pekerjaan. Sedangkan untuk mengetahui suatu proyek itu bisa menguntungkan atau tidak, digunakan metode / cara Benefit Cost Ratio ( BCR ). BCR merupakan nilai dari perbandingan antara keuntungan ( benefit ) dengan biaya suatu proyek ( cost ).

#### 6.2. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya.

Perhitungan biaya ini didasarkan pada buku Basic Price ( harga satuan bahan bangunan dan upah kerja ) bulan April - Mei 1989 yang dikeluarkan / diterbitkan oleh Pusat Informasi Teknik Bangunan Surabaya, melalui Proyek Perumahan Rakyat dan Penataan Bangunan Jawa Timur.

Besarnya biaya = volume pekerjaan x harga satuan pekerjaan.

##### 6.2.1. Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan :

###### o> Pekerjaan Tanah :

Galian tanah dan lumpur	=	751 104 m <sup>3</sup> x Rp. 1 500, -
	=	Rp. 1 141 656 850, -
Timbunan tanah padat	=	373 964 m <sup>3</sup> x Rp. 1 500, -
	=	Rp. 560 946 000, -

Urugan pasir = 1 622,8 m<sup>3</sup> x Rp. 7 000,-  
= Rp. 11 359 600,-

Biaya pekerjaan tanah = Rp. 1 713 961 450,-

o> Pekerjaan Pasangan :

Pasangan batu kali = 54 273,95 m<sup>3</sup> x Rp. 45 000  
( 1 : 4 ) = Rp. 2 442 327 750,-

Brabenan = 16 164,75 m<sup>3</sup> x Rp. 1 550,-  
= Rp. 25 055 362,50

Plesteran ( 1 : 3 ) = 21 446,15 m<sup>2</sup> x Rp. 2 250,-  
= Rp. 48 298 837,50

Siaran ( 1 : 2 ) = 227 588,15 m<sup>2</sup> x Rp. 1 750  
= Rp. 398 279 262,50

Biaya pekerjaan  
pasangan = Rp. 2 913 961 213,-

o> Pekerjaan pintu plat = 267,60 m<sup>2</sup> x Rp. 1150000,-  
baja = Rp. 307 740 000,-

Biaya pekerjaan = Rp. 4 935 562 563,-

6.2.2. Rencana Anggaran Biaya Pembebasan Tanah :

Tanah pemukiman dan = 49 277 m<sup>2</sup> x Rp. 100 000,-  
perdagangan = Rp. 4 927 700 000,-

Tanah tambak ikan dan = 263 052 m<sup>2</sup> x Rp. 2 000,-  
ladang garam = Rp. 526 104 000,-

Biaya pembebasan tanah = Rp. 5 453 804 000,-

Biaya total = Rp. 10 389 466 660,-

Biaya administrasi = 10 % x Biaya total

teknik = Rp. 1 038 946 666,-

Biaya proyek = Rp. 11,4284 milyar



6.2.3. Rencana Anggaran Biaya Operasi Dan Pemeliharaan :

Pengerukan lumpur / thn =  $521\ 489\ m^3 \times Rp.\ 1\ 250,-$   
= Rp. 651 861 250,-  
Pemeliharaan bangunan- =  $10\ \% \times Rp.\ 651\ 861\ 250,-$   
bangunan air = Rp. 65 186 125,-  
Biaya operasi dan pe -  
meliharaan per tahun = Rp. 717 047 375,-

6.3. Perhitungan Kerugian Akibat Genangan Air.

Genangan air ini banyak menimbulkan kerugian -  
Kerugian, antara lain yang dapat dihitung berdasarkan  
potensi yang ada pada daerah genangan. Daerah genangan  
seluas 998 ha, terdiri dari 60 % pemukiman dan 40 % sawah  
dan ladang.

Untuk kerugian akibat genangan pada daerah  
pemukiman yaitu seluas 599 ha, dilakukan penaksiran rata -  
rata terhadap bangunan-bangunan ( gedung ) yang tergenang  
beserta perabotnya.

Banyaknya bangunan = 4,6 buah per hektar. Jadi  
untuk daerah pemukiman terdapat  $4,6 \times 60\ \% \times 998 = 2\ 755$   
buah bangunan. Nilai taksir rata-rata per unit bangunan  
dapat dilihat pada tabel 3.6.1. dan macam, banyaknya  
bangunan dan nilai taksir total dapat dilihat pada tabel  
6.3.2.

Jumlah nilai taksir total bangunan dan perabotnya  
sebesar Rp. 23 682 176 000,-

Nilai Kerugian =  $20\ \% \times Rp.\ 23\ 682\ 176\ 000,-$   
= Rp. 4 736 435 200,-

Hal ini belum termasuk Kerugian-Kerugian terhadap :

- tanaman.
- ternak.
- sawah.
- kemacetan lalu lintas
- dan lain-lain.

EL 6. 3. 1.

Nilai TAKSIR RATA-RATA PER UNIT BANGUNAN.

Jenis Bangunan	rata-rata		Total x Rp. 1000/unit
	Nilai taksir Bangunan x Rp. 1000/unit	Perabotan x Rp. 1000/unit	
Perkantoran	4388	2038	6426
Perumahan :			
High class	21395	12548	33943
Middle class	4018	1287	5305
Low class	369	107	476
Farm house	934	268	1202
Sekolah	7602	1233	8835
Pabrik	7168	4826	11994
Pertokoan	955	2145	3101
Rumah sakit	400000	200000	600000

Tabel 6.3.2.

Nilai taksir rata-rata bangunan pada daerah genangan.

Macam bangunan	Jumlah Unit	Nilai taksir $10^3$ Rp/Unit	Nilai taksir $10^3$ Rp/Unit
Perkantoran	30	6.426	192.780
Perumahan:			
- High class	475	33.943	16.122.925
- Middle class	950	5.305	5.039.750
- Farm house	1.103	1.202	1.325.806
Sekolah	37	8.835	326.895
Pabrik	20	11.994	239.880
Pertokoan	140	3.101	434.140
Jumlah total			= 23.682.176

#### 6.4. Perhitungan Benefit Cost Ratio.

Benefit cost ratio merupakan perbandingan antara benefit (keuntungan) dengan cost (biaya). Dari perhitungan terdahulu diperoleh biaya proyek sebesar Rp. 11,4284 milyar. Yang dimaksud keuntungan adalah nilai kerugian akibat genangan air yaitu sebesar Rp. 4738435000,-

Interest rate  $i = 12\%$

Umur bangunan  $n = 10$  tahun.

Interest =  $12\% \times \text{Rp. } 11,4284 \text{ milyar} = \text{Rp. } 1\,371\,408\,000$

$$\text{Depreciation} = 11,4284 \text{ milyar} \times \frac{1}{(1 + i)^n - 1}$$
$$= \text{Rp. } 651\,237\,821,7$$

Biaya operasi dan pemeliharaan = Rp. 717 047 375,- / tahun

Annual cost = Interest + Depreciation + biaya operasi dan

pemeliharaan = Rp. 2 739 693 197,-

$$\text{Benefit cost ratio} = \frac{\text{Annual benefit}}{\text{Annual cost}}$$

$$\text{BCR} = \frac{4\,738\,435\,000}{2\,739\,693\,197} = 1,729 > 1$$

Jadi proyek layak dilaksanakan dan menguntungkan.

## BAB VII

### KESIMPULAN

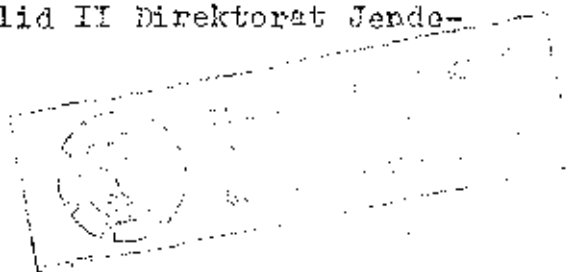
Dari uraian dan perhitungan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kanal Gunungsari merupakan subsistem dari daerah pematusan wilayah Barat Kota Surabaya.
2. Kanal Gunungsari yang mempunyai fungsi sebagai saluran pembawa dan saluran pembuang, berubah menjadi saluran pembuang saja. Hal ini karena areal sawah seluas 678 hektar diperkirakan akan habis pada tahun 2000.
3. Genangan air yang terjadi di kiri kanan Kanal Gunungsari disebabkan karena kapasitas saluran yang tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Mengingat dimensi Kanal Gunungsari makin ke hilir makin sempit.
4. Air genangan ini dibuang ke laut melalui Kali Manukan, Kali Branjangan dan Kali Semimi. Sehingga dilakukan perbaikan-perbaikan saluran pada kali-kali tersebut lengkap dengan pemasangan pintu klep otomatis di bagian hilir masing-masing saluran / kali.
5. Untuk merencanakan dimensi saluran, terlebih dulu dilakukan penghitungan debit ( banjir ) rencana yang akan terjadi, dari pengolahan data hujan yang ada dengan menggunakan beberapa perumusan.

6. Untuk merencanakan pintu klep otomatis diperlukan tinggi pasang surut air laut yang terjadi pada laut di muara saluran tersebut.
7. Dengan menganggap tinggi sedimen = 0,50 m di atas saluran, maka dapat ditentukan jangka waktu pengerukan terhadap sedimen. Jangka waktu pengerukan ditentukan oleh perhitungan waktu pengendapan pada musim hujan.
8. Untuk mencegah intrusi air laut terhadap sumber-sumber air di daratan dilakukan pembuatan Folder.
9. Dari analisa ekonomi pada perhitungan BCR, diperoleh nilai BCR > 1 berarti proyek ini bisa dilaksanakan dan menguntungkan.

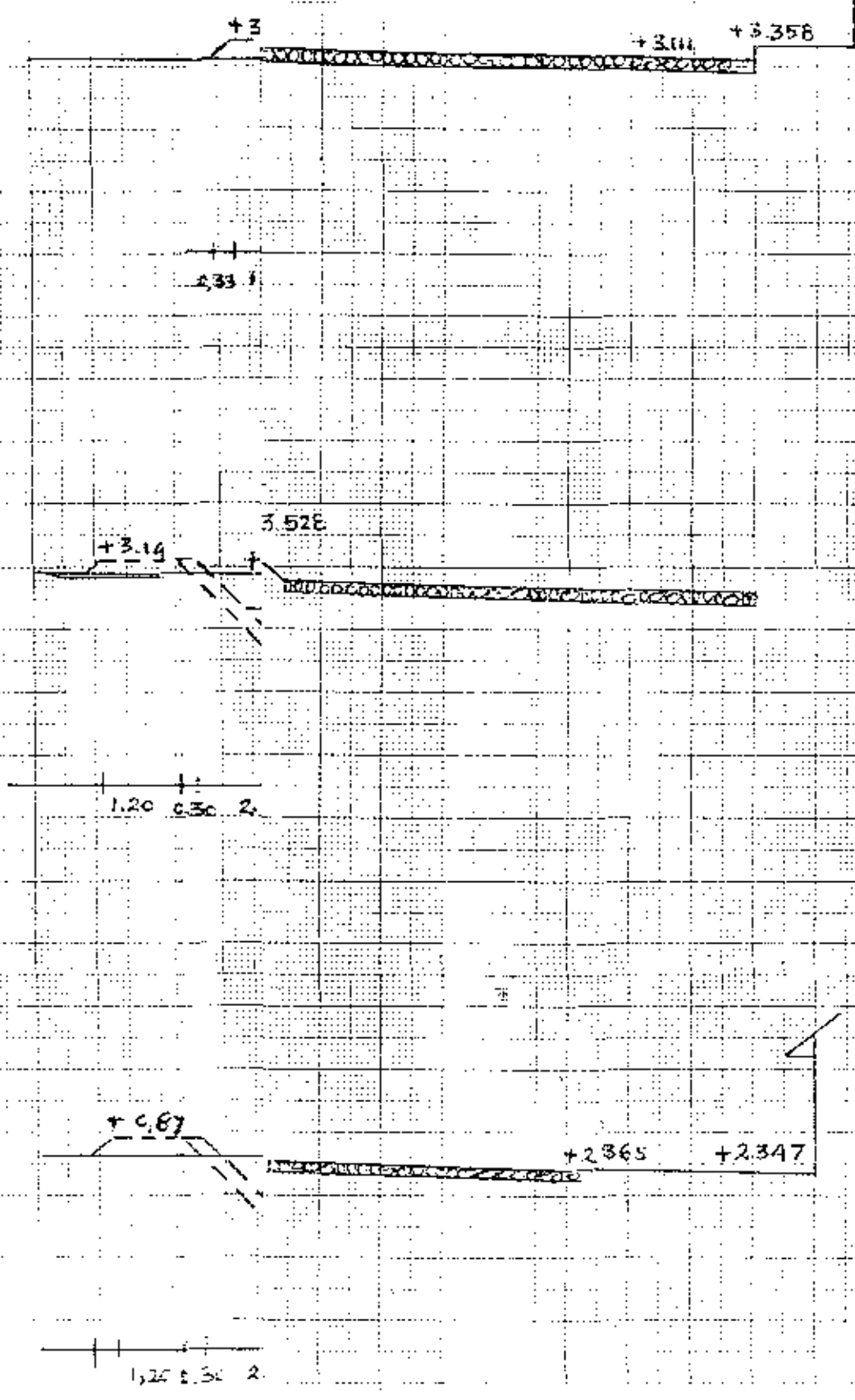
## DAFTAR PUSTAKA

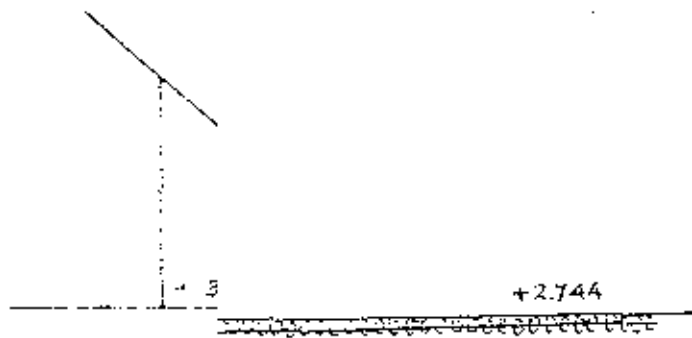
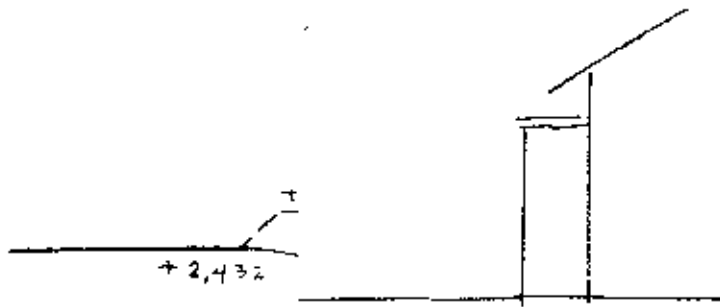
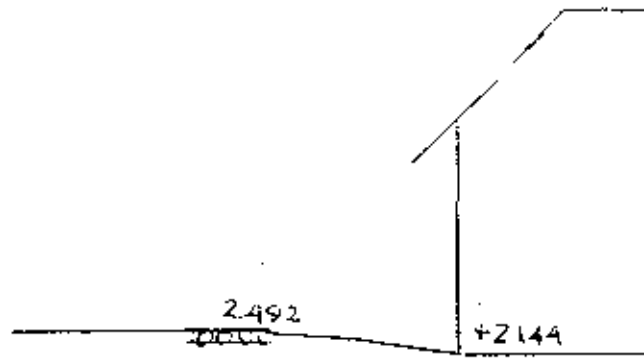
1. Team Penyusun Konsep Penanganan Masalah Banjir Kota Surabaya; POLA SISTEM DRAINASE SURABAYA, Surabaya 1984.
2. Ir.Suyono Sosrodarsono; HIDROLOGI UNTUK PENGAIRAN, Kesanku Takeda Jakarta 1973.
3. Ir.Joesron Loebis, M.Eng; BANJIR RENCANA UNTUK BANGUNAN AIR, Direktorat Jenderal Pengairan DFU 1984.
4. Ir.Imam Subarkah; HIDROLOGI UNTUK PERENCANAAN BANGUNAN AIR, Idea Dharma Bandung 1980.
5. Ir.C.D.Soemarto, B.I.E. Dipl.H. ; HIDROLOGI TEKNIK.
6. Ir.Hendropranoto Susilo, M.Pw. ; PEDOMAN PENYUSUNAN PROGRAM PEMBANGUNAN KOTA TERPADU DI BIDANG KECIPTAKARYAAN, Direktorat Jenderal Cipta Karya DFU Jakarta 1983.
7. Nikken Consultant, Inc; REPORT OF PRESENT CONDITION AND DRAINAGE PLAN FOR WESTERN PART OF SURABAYA ON EXTENSION STUDY FOR SURABAYA RIVER IMPROVEMENT PROJECT (STAGE II), April 1989.
8. Ven Te Chow, OPEN CHANNEL HYDRAULICS, Mc.Graw Hill Kogakusha Ltd. Tokyo.
9. Kinori BZ; MANNUAL OF SURFACE DRAINAGE ENGINEERING, Elsevier Publishing Company Amsterdam - London - New York, 1970.
10. Seminar Pengairan Seri No.6; RAINFALL & RUN OFF RELATION AND DESIGN FLOOD jilid II Direktorat Jenderal Pengairan DFU.





Gk. 1





+2.564

+1.838

+1.432

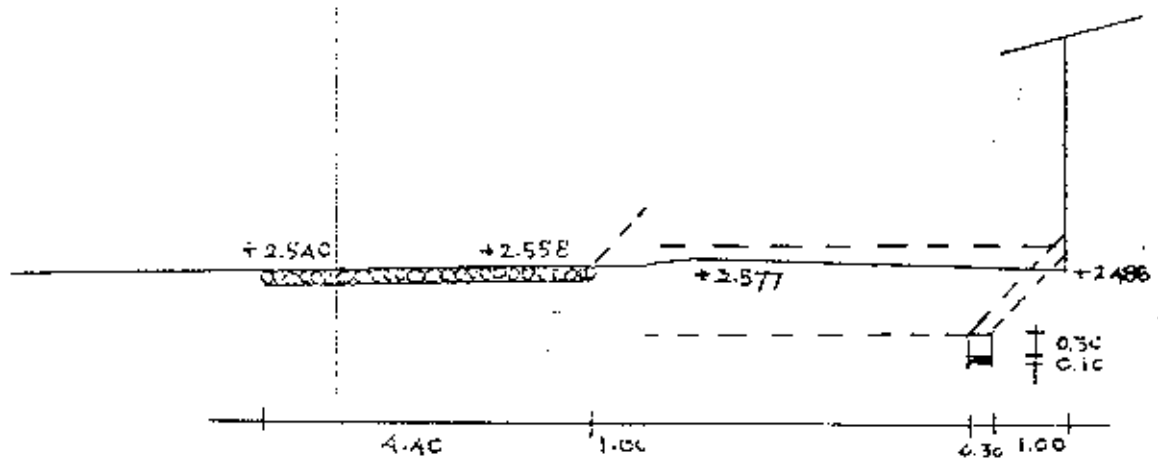
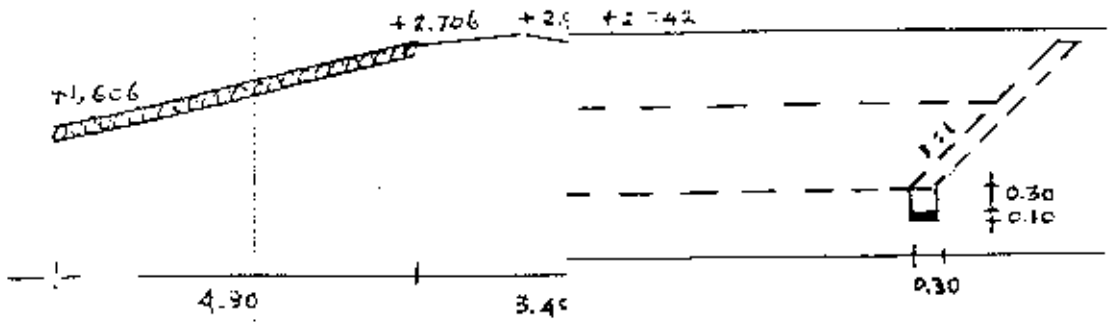
+2.689

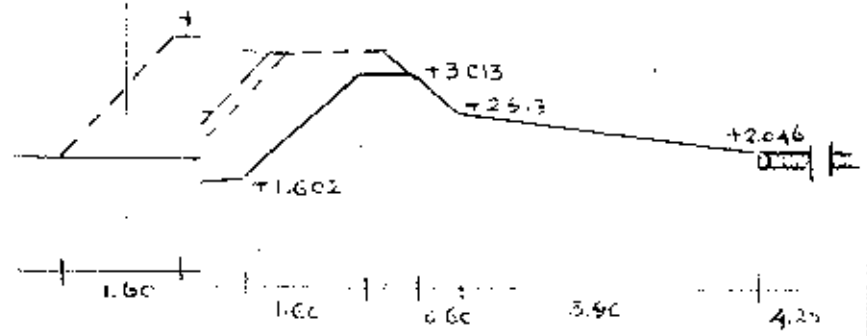
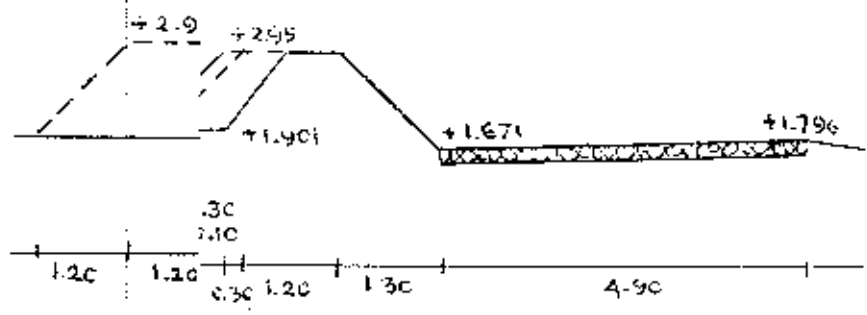
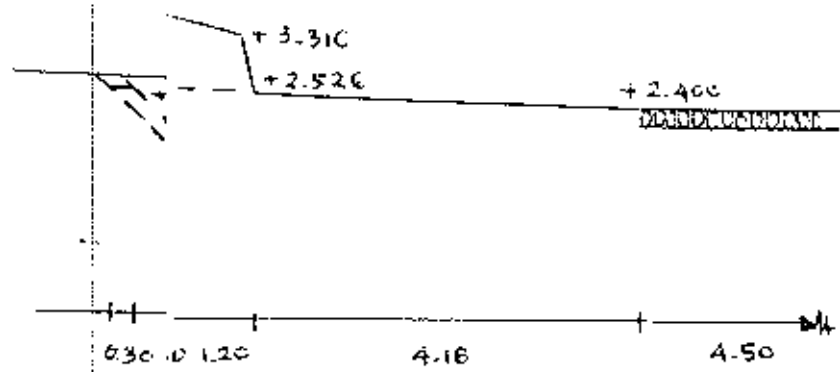
45

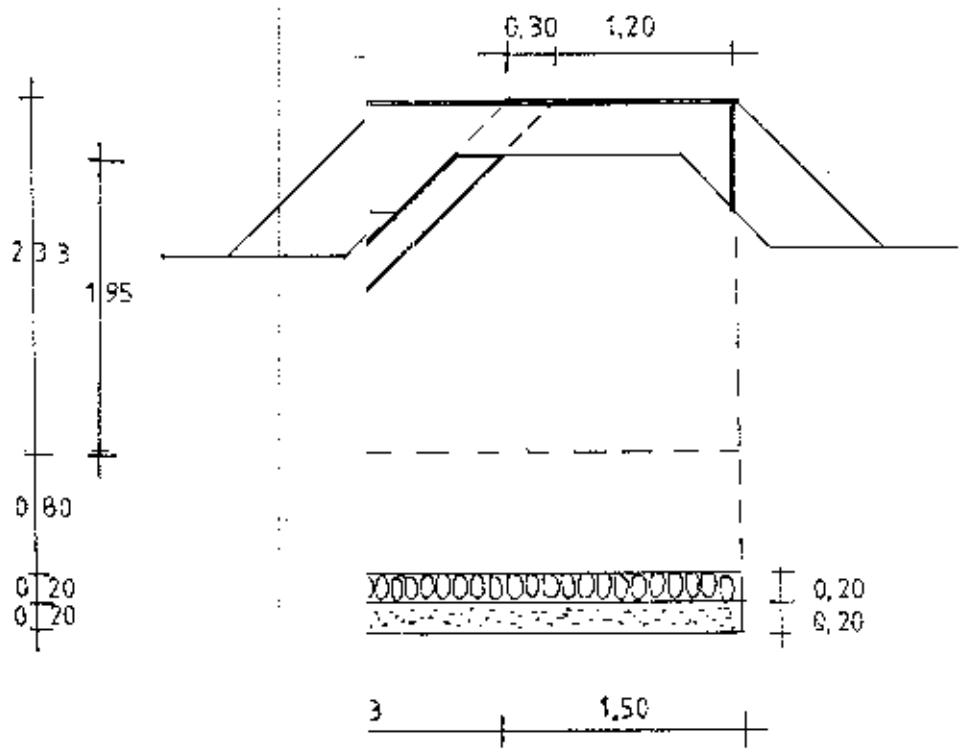
+1.643

03+

G





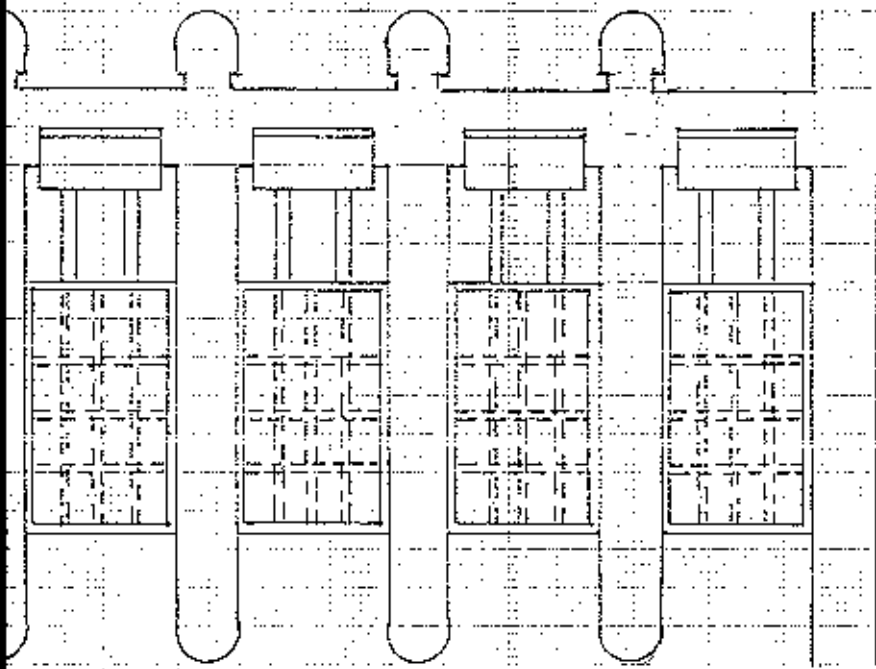


This drawing is a technical drawing of a roof structure. It shows a cross-section with various layers and dimensions. The dimensions are given in meters. The drawing is a technical drawing of a roof structure. It shows a cross-section with various layers and dimensions. The dimensions are given in meters.

0,80 2,00 0,80

2,80

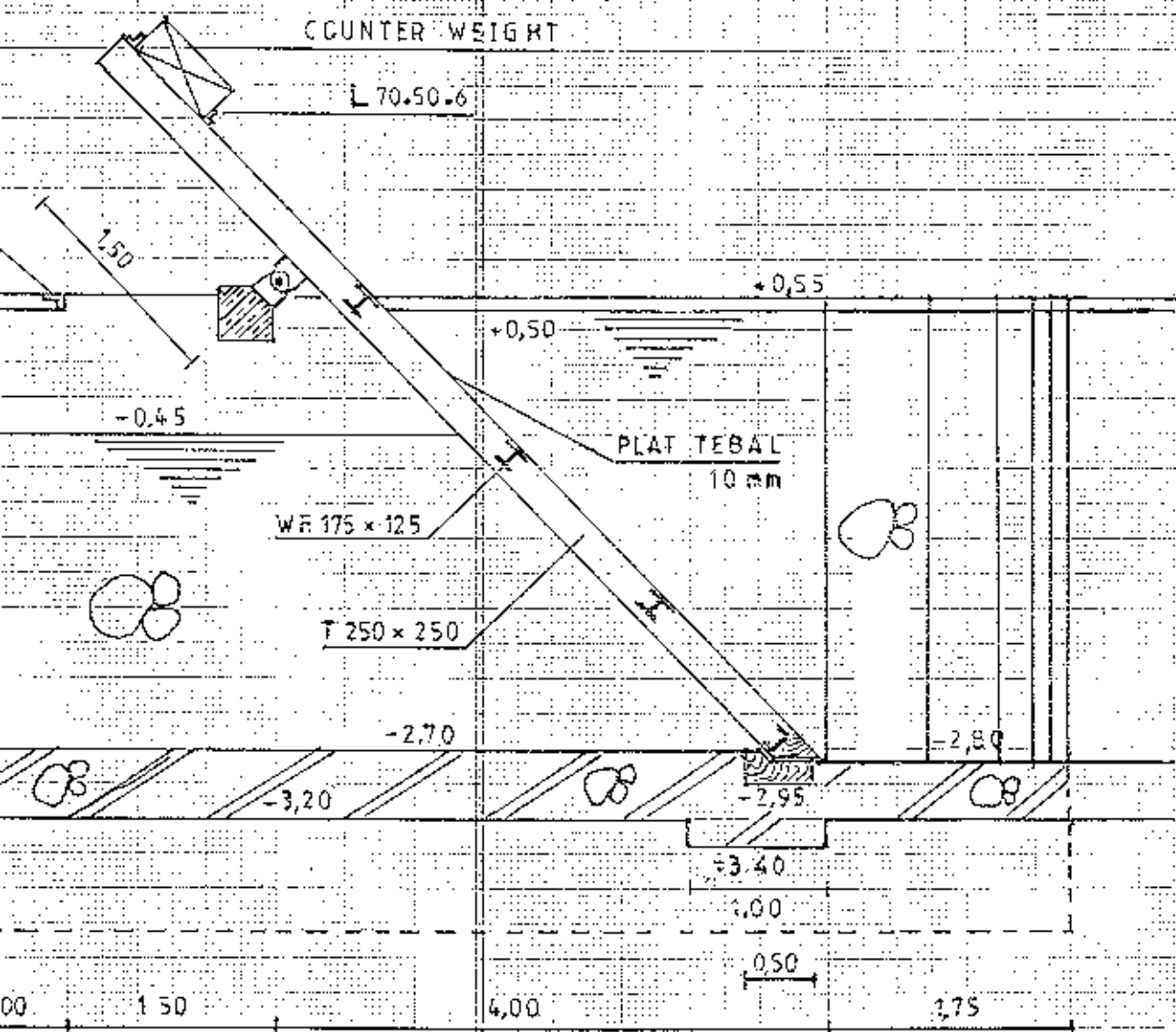
B



2,80

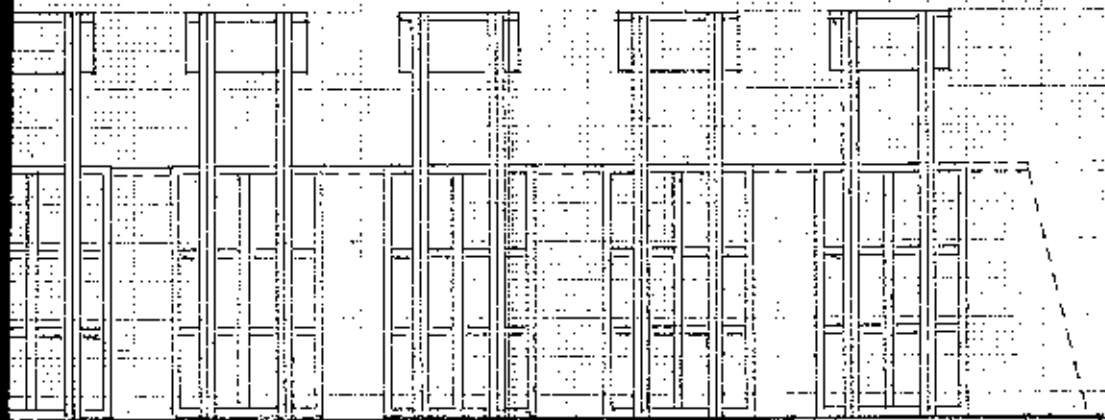
OTOMATIS

100



POT. A-A  
 SKALA = 1:50





2,80

2,00

2,80

1,50

0,80

B-B

A=1:100