

PERPUSTAKAAN FTSP UH	
HADIAH/BEI	
TGL. TERIMA :	13 Februari 2007
NO. JUDUL :	002204
NO. INV. :	520002204001
NO. INDUK :	

**TUGAS AKHIR**  
**PERENCANAAN ULANG (REDESAIN)**  
**BENDUNG BORO DI KALI BOGOWONTO**  
**KABUPATEN PURWOREJO**  
**JAWA TENGAH**



*Disusun Oleh*



**Nama : Zulfendi**  
**No. Mhs : 01 511 273**

**Nama : Hendra Amalin Ritonga**  
**No. Mhs : 01 511 306**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**JOGJAKARTA**  
**2007**

MILIK PERPUSTAKAAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN UH YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ULANG (REDESAIN)  
BENDUNG BORO DI KALI BOGOWONTO  
KABUPATEN PURWOREJO  
JAWA TENGAH

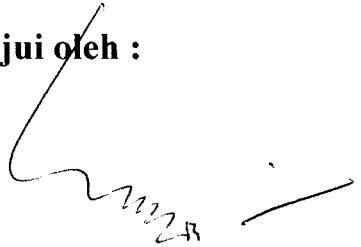
*Disusun oleh :*

Nama : Zukfendi  
No. Mhs : 01 511 273

Nama : Hendra Amalia Ritonga  
No. Mhs : 01 511 306

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Harbi Hadi, MT  
Dosen pembimbing I

  
Tanggal : 10 - 1 - 07 .

Ir. Hj. Endang Tantrawati, MT  
Dosen pembimbing II

  
Tanggal : 10 - 1 - 2007

# MOTO

## SEGUMPAL HARAPAN

Saat aku lahir dari rahim ibuku tak pernah terpikirkan oleh ku akan sampai toga diatas kepalaku, menjelang detik-detik itu.....justru aku merasa sedih karena sudah terlalu banyak hal yang telah diberikan oleh ayah dan ibuku kepadaku, tapi.....apa yang aku lakukan belum ada sedikit pun yang dapat aku persembahkan untuk mereka berdua, Ayah...Ibu...aku yakin kau kirimkan aku ke Jogja untuk meraih sebuah CITA-CITA, kau taruhkan SEGUMPAL HARAPAN padaku. Ayah...Ibu...sekali lagi maafkan anakmu ternyata SEGUMPAL HARAPAN yang kau titipkan kepadaku tiada seindah kenyataan.

*Jika Hendak mengenal orang berbangsa lihat kepada budi dan bahasa, jika hendak mengenal orang berilmu bertanya dan belajar tiadalah*

*jemu*

(SASTRA LISAN GURINDAM DUABELAS RAJA ALI HAJI PASAL KE V)

Cinta adalah sebuah kata yang selalu mengoda jiwa...

Jika Cinta sudah ada diantra kita, jangan harap sebuah keadilan dan akal sehat menyapa diri kita...

Perempuan datang atas nama Cinta...

Sahabatku pergi atas nama Cinta...

Ayah...Ibu...selalu mendoakan aku juga atas nama Cinta...

Setiap insan terluka juga atas nama Cinta...

Tapi...aku yakin suatu saat nanti mereka pasti akan selalau mempertanyakanNYA... bukan untuk siapa-siapa....tapi untuk diri mereka sendiri...

# HALAMAN PERSEMBAHAN



Karya ini khusus ku persembahkan kepada mereka yang begitu ku cintai :

- \* Allah SWT sang kreator handal yang menganugrahkanku cinta dan kebesaran hati.
- \* Mamaku yang paling kusayang, terimakasih untuk semuanya dan semoga kau tentram disana...amin
- \* Ayah & ibu ku yang selalu sabar mengiringi langkah ku untuk mendapatkan apa yang aku inginkan yang aku harapkan dan tak pernah berhenti mendo'akanku, tiada kata selain rasa syukur dan bangga. Terimakasih Tuhan, telah menjadikan mereka orangtua ku.
- \* Uni eka dan bang Uzir terimakasih atas perhatian dan kasih sayang yang kalian berikan kepadaku selama ini sehingga aku bisa mencapai apa yang aku inginkan.
- \* Adik ku Rahmat tetap semangat dan jangan cepat menyerah, semoga kau menjadi anak yang berguna bagi keluarga.

- ✳ Pak angah, mak uwo, uni adek, atuk dan nenek, serta semua saudara-sauraku terimakasih atas semua perhatian dan bimbimngannya.
- ✳ Patnerku RITONGA kau adalah teman, sahabat yang paling ngertiin aku terimakasih untuk semuanya.
- ✳ Bapak dan ibu budi, dan mbak yani tempat aku mengadu dikala aku sedih mau pun senang terimakasih untuk semuanya.
- ✳ Anak kost LOKAJAYA mas Anto, Opan, Kamal (semoga sukses dengan pembentukan tubuhnya), Abdul, Eko karok, Arjun, Untung, Alim, Lolom, Jaka, Aris, Johan, dan keluarga mas Ari, terimakasih atas kebersamaannya baik suka maupun duka dan Untuk INA semoga nantinya menjadi anak yang sholeha dan pinter....Amin
- ✳ Untuk seseorang yang kucintai, kau anugrah terindah yang pernah ku miliki.
- ✳ Untuk teman2 ku di kampus Nova, Mawar, terutama kelas D terimakasih untuk semuanya
- ✳ Untuk teman-teman ASPURA, ASPURI dan RIPALA terimakasih untuk suka dan dukanya.
- ✳ Dan untuk diriku sendiri serta almamaterku

## Motto Hidup

Jika kau ingin selamat, selalulah ikuti ajaran nabi Muhammad SAW

Jadilah kamu orang-orang yang selalu menegakkan kebenaran karena Allah, menjadi saksi dengan adil. Janganlah sekali-kali kebencianmu terhadap sesuatu kaum, mendorong kamu untuk berlaku tidak adil. Berlaku adillah, karena adil itu lebih dekat kepada takwa. Dan bertakwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan. (*Al-Maa'idah; 8*)

Janganlah kamu menjadi seperti orang-orang yang keluar dari kampungnya dengan rasa angkuh dan dengan maksud riya' kepada manusia serta menghalangi orang dari jalan Allah. Dan ilmu Allah meliputi apa yang mereka kerjakan. (*Al-Anfaal; 47*)

Janganlah selalu menjadi puas dengan apa yang didapat dengan cara yang tidak baik. Puaslah dengan apa yang didapat dengan cara yang diridhoi Allah

SWT.

# HALAMAN PERSEMBAHAN



Karya ini khusus ku persembahkan kepada mereka yang begitu ku cintai :

- ☛ Allah SWT sang kreator handal yang menganugrahkanku cinta dan kebesaran hati.
- ☛ Ayah & Mama ku yang selalu sabar mengiringi langkahku untuk mendapatkan apa yang aku inginkan dan aku harapkan dan tak pernah berhenti mendo'akanku, tiada kata selain rasa syukur dan bangga. Terimakasih Tuhan, telah menjadikan mereka orang tua ku.
- ☛ Adek-adek ku terimakasih atas perhatian dan kasih sayang yang kalian berikan kepada ku selama ini sehingga aku bisa mencapai apa yang aku inginkan.
- ☛ Uwak PAI dan keluarga terimakasih untuk semuanya.
- ☛ Om Jerein dan keluarga terimakasih untuk nasehat dan perhatiannya.
- ☛ Patnerku BOM-BOOM kau adalah teman, sahabat yang paling ngertiin aku sangat makasih ya untuk semuanya.

- \* Anak kost LOKAJAYA mas Anto, Opan, Kamal (semoga sukses dengan pembentukan tubuhnya), Abdul, Eko p, Arjun, Untung, Alim, Lolom, Jaka, Aris, Johan, dan keluarga mas Ari, terimakasih atas kebersamaannya baik suka maupun duka dan Untuk INA semoga nantinya menjadi anak yang sholeha dan pinter....Amin
- \* Untuk CHF yang telah mengucurkan dana sampai tercapai wisuda ku...
- \* Untuk XX girl friend terimakasih telah menghancurkan hidup ku.
- \* Untuk Indri Estu dan temen2 di kost sani Desa terimakasih untuk perhatian dan Motivasinya.
- \* Untuk teman2 ku di kampus, terutama kelas D terimakasih untuk semuanya
- \* Dan untuk diriku sendiri serta almamaterku



## KATA PENGANTAR



*Assalamu' alaikum Wr.Wb*

Syukur Alhamdulillah senantiasa kami panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta hidayah-Nya. sehingga kami dapat menyelesaikan proposal Tugas akhir ini tanpa hambatan yang berarti.

Tugas akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. DR. Ir. Luthfi Hasan, MS., selaku Rektor Universitas Islam Indonesia,
2. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
3. Ir. H. Munadhir, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
4. Ir. H. Harbi Hadi, MT, selaku dosen pembimbing I.
5. Ir. Hj. Endang Tantrawati, MT, selaku dosen pembimbing II.

6. Spesial untuk Bapak, Ibu, serta Keluarga besar kami yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan tidak lupa selalu memberikan doa restu kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
7. Teman-teman Seperjuangan satu **ALMAMATER** dan seprofesi (yang tidak dapat disebutkan satu persatu).
8. Semua pihak maupun instansi yang terkait yang telah banyak memberikan bantuan pada saat penelitian berjalan sampai terselesainya proposal tugas akhir ini.

Dalam penyusunan Laporan ini disadari masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca akan sangat membantu demi perbaikan dikemudian hari. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan bagi siapa saja yang membutuhkan.

***Wabillahittaufiq wal hidayah***

***Wassalaamu'alaikum Wr.Wb***

Yogyakarta, 2007

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>INTISARI</b> .....	xiii

### **BAB I. PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Perencanaan .....	2
1.5 Manfaat .....	4

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Tinjauan Umum .....	5
2.2 Redesain Bandung Legal Dengan : Lokasi Pada Dasar Sungai (2003) .....	5
2.3 Redesain Bandung Legal dengan Lokasi Pada kopur .....	6
2.4 Redesain Bandung Boro Dengan Lokasi Pada Koper.....	7

### **BAB III. LANDASAN TEORI**

3.1 Umum .....	8
3.2 Analisa Curah Hujan Pada Daerah Aliran sungai.....	10
3.3 Analisa Frekuensi .....	12
3.4 Analisa Debit Banjir Rencana.....	16
3.5 Pemilihan Lokasi Bendung dan Bangunan Bendung.....	22
3.6 Bendung .....	28
3.7 Tata Letak Bendung dan Pelengkapanya .....	26
3.8 Perencanaan Tubuh Bendung.....	36
3.9 Bangunan Intake (pengambilan) .....	50
3.10 Perencanaan Saluran Penangkap Pasir.....	54
3.11 Demensi Bangunan Primer .....	56
3.12 Alat Ukur.....	57
3.13 Stabilitas bendung. ....	58

### **BAB IV. METODE PERANCANGAN**

4.1. Flow Chart Tahapan perencanaan .....	62
---	----

### **BAB V ANALISIS HIDROOGI**

5.1. Umum .....	65
5.2. Analisa Curah hujan Pada Daerah Aliran Sungai .....	66
5.2.1 Cara Rata-rata Aljabar .....	67
5.2.2 Cara ARF ( <i>Areal reduction factor</i> ) .....	69
5.3 Analisis Hujan Rencana .....	71
5.3.1 Metode Log Pearson III .....	73

5.3.2 Metode Haspers .....	77
5.4 Analisis Debit Banjir Rencana (Design Flood) .....	78
5.4.1 Metode Hasper .....	79
5.4.2 Metode Manual Banjir Rencana Jawa – Sumatera .....	81
5.4.3 Metode Rational Jepang .....	82

## **BAB VI PERENCANAAN TEKNIS BENDUNG**

6.1. Umum .....	86
6.2. Tinggi Muka Air Sebelum Ada Bendung .....	87
6.3. Perencanaan Tubuh Bendung .....	91
6.3.1 Lebar efektif mercu bendung .....	91
6.3.2 Jari mercu bendung .....	92
6.3.3 Tinggi muka air setelah ada bendung.....	93
6.3.4 Perencanaan kolam olah.....	96
6.3.5 Perencanaan teknis lantai muka .....	99
6.3.6 Perencanaan teknis Rip-rap.....	107
6.3.7 Perencanaan teknis efek ”Back water” .....	108
6.4 Perencanaan Teknis Bangunan Intake.....	110
6.4.1 Perencanaan teknis bangunan pengambilan.....	110
6.4.2 Perencanaan teknis dimensi ambang pengambilan .....	113
6.5 Pencanaan Teknis Perencanaan Bangunan Pembilas Utama....	114
6.6 Perencanaan Teknis Perencanaan Saluran Penangkap Pasir.....	121
6.7 Perencanaan Teknis Bangunan Pembuang.....	125

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Sketsa letak bendung pada sungai dan bendung pada kopur .....	30
Gambar 3.1 Sketsa bangunan utama .....	32
Gambar 3.3 Skema komponen bendung tetap.....	35
Gambar 3.4 Bentuk-bentuk mercu bendung .....	36
Gambar 3.5 Tipe-tipe bendung .....	37
Gambar 3.6 Lebar efektif mercu bendung .....	40
Gambar 3.7 Lebar efektif mercu bendung .....	40
Gambar 3.8 Jari-jari mercu .....	42
Gambar 3.9 Penentuan muka air sungai setelah ada bendung .....	43
Gambar 3.10 Parameter loncat air.....	45
Gambar 3.11 Kolam olak loncat air dengan variasi tipe USBR III .....	46
Gambar 3.12 Kolam olak loncat air dengan variasi tipe USBR IV .....	56
Gambar 3.13 Perencanaan Lantai muka.....	48
Gambar 3.14 Efek back water.....	50
Gambar 3.15 Sketsa potongan badan bendung pada dasar sungai ambang pengambilan.....	52
Gambar 3.16 Sketsa potongan bangunan pembilas utama.....	53
Gambar 3.18 sketsa kontrol terhadap patah tarik.....	60
Gambar 4.1 Flow Chart Tahapan perencanaan .....	64
Gambar 6.1 Sket penampang basa sungai.....	87
Gambar 6.2 Grafik hubungan antara debit dan tinggi mukan air.....	89

Gambar 6.4 jari-jari bendung .....	93
Gambar 6.5 Tinggi muka air setelah ada bendung.....	95
Gambar 6.6 Lengkung debit setelah ada bendung .....	95
Gambar 6.7 Sketsa kolam olak.....	98
Gambar 6.8 Sketsa Rencana lantai muka .....	105
Gambar 6.9 Sketsa denah bendung .....	106
Gambar 6.9 Sketsa rip-rap.....	108
Gambar 6.10 Pengaruh penggenengan akibat debit banjir.....	109
Gambar 6.11 Potongan melintang saluran primer.....	112
Gambar 6.12 Skesa ambang pengambilan .....	113
Gambar 6.13 Potongan memanjang bangunan pengambilan.....	114
Gambar 6.14 Potongan melintang bangunan pembilas.....	115
Gambar 6.15 Sketsa tekanan air pada pintu.....	116
Gambar 6.16 Tampak atas pintu pembilas utama .....	118
Gambar 6.17 Tampak samping pintu pembilas utama.....	121
Gambar 6.18 Penampang kantong lumpur.....	123
Gambar 6.19 Potongan memanjang kantong lumpur.....	127
Gambar 6.20 Potongan memanjang akhir saluran pembuangan pada sungai.....	129
Gambar 6.21 Potongan memanjang bangunan pengambilan saluran primer.....	131
Gambar 6.22 Potongan melintang Tanggul sebelah kanan dan kiri.....	132
Gambar 6.23 Gaya tekanan Up-lift pada pondasi bendung .....	135
Gambar 6.24 Diagram gaya berat dan tekanan air.....	138
Gambar 6.25 Berat sendiri tubuh bendung .....	140

Gambar 6.27 Diagram tekanan tanah untuk beban tetap .....	149
Gambar 6.28 Diagram tekanan tanah untuk beban sementara .....	149
Gambar 6.29 Gaya dan diagram tekanan tembok penahan tanah .....	151
Gambar 6.30 Titik berat beban yang bekerja .....	157



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perbedaan bendung tetap pada dasar dan pada kopur .....	30
Tabel 5.1 Hasil perhitungan rata-rata aljabar .....	67
Tabel 5.2 Perhitungan hujan maksimum tahunan dengan APBAR.....	69
Tabel 5.3 Rekapitulasi hujan harian maksimum tahunan .....	70
Tabel 5.4 Perhitungan rujan rata-rata .....	71
Tabel 5.5 Pemilihan sebaran .....	73
Tabel 5.6 Perhitungan curah hujan dengan menggunakan metode Log Pearson..	73
Tabel 5.7 Ploting data Log pearson III .....	76
Tabel 5.8 Uji Chi-Kuadrat.....	76
Tabel 5.9 rekapitulasi hujan rencana .....	78
Tabel 5.10 Debit rencana maksimum cara haspers .....	81
Tabel 5.11 Debit rencana maksimum cara Jawa-Sumatra .....	83
Tabel 5.12 Debit banjir rencana maksimum cara Rational Jepeng .....	84
Tabel 5.13 Rekapitulasi debit rencana .....	85
Tabel 6.1 Perhitungan tinggi muka air pada bagian hulu bendung .....	89
Tabel 6.2 Hubungan (h) dan (Q) setelah ada bendung .....	94
Tabel 6.3 perhitungan hidrolis Gradien setelah ada lantai muka.....	102
Tabel 6.4 hasil hitungan Curve kedalaman air "back water" .....	109
Tabel 6.5 Gaya tekan Up-lift.....	134
Tabel 6.6 Perhitungan tinggi tekanan Up-lift pressure pada tertentu .....	136

Tabel 6.7 Perhitungan momen dan gaya Up-pressure keadaan normal di tinjau titik G.....	139
Tabel 6.8 Perhitungan berat konstruksi dan momen vertikal.....	140
Tabel 6.9 Perhitungan gaya dan momen akibat gempa .....	142
Tabel 6.10 Rencana pembebanan dalam keadaan normal .....	143
Tabel 6.11 Perhitungan momen dan gaya Up-pressure dalam keadaan normal .	144
Tabel 6.12 Perhitungan berat konstruksi bending dan momen vertikal .....	145
Tabel 6.13 perhitungan gaya dan momen akibat gempa.....	146
Tabel 6.14 Rencana pembebanan dalam keadaan air normal .....	147
Tabel 6.15 Gaya vertikal dan momen total .....	151
Tabel 6.16 Gaya horizontal dan momen .....	153
Tabel 6.17 gaya horizontal dan momen.....	153
Tabel 6.18 Gaya-gay dan momen yang terjadi.....	155
Tabel 7.1 Stasiun pencatan data hujan.....	159
Tabel 7.2 Sekapitulasi debit rencana .....	161
Tabel 7.3 Perbandingan redesain baru dengan redesaian lama .....	162

## **INTISARI**

*Redesain bendung pada hakekatnya adalah merencanakan ulang sebuah bendung sehingga dapat membandingkan desain lama dengan desain yang baru. Redesain bendung diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang desain bendung.*

*Redesain ini dilakukan pada bendung Boro di kali Bogowonto Kabupaten Purworejo Provinsi Jawa Tengah. Lokasi redesain bendung pada as sungai, sedangkan desain yang lama berada pada kopur. Desain bendung meliputi analisis hidrologi, analisis tubuh bendung, dan analisis stabilitas bendung.*

*Setelah dilakukan desain ulang didapat hasil sebagai berikut : dari analisis hidrologi debit rencana kala ulang  $Q_{50}$  tahun adalah  $701,395 \text{ m}^3/\text{dt}$  sedangkan desain yg lama  $483,24 \text{ m}^3/\text{dt}$ , untuk tubuh bendung didapat elevasi mercu  $+38,15\text{m}$  menggunakan jari-jari mercu tipe setengah lingkaran, kolam olak menggunakan tipe Vlugter panjang lantai muka  $90 \text{ m}$ . Sedangkan desain lama memakai elevasi mercu  $+37,5$  menggunakan jari – jari mercu tipe ogee kolam olak menggunakan tipe loncat air dan tidak memakai lantai muka.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I. 1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan daerah yang beriklim tropis dan memiliki curah hujan yang tinggi, sehingga sangat cocok untuk bercocok tanam. Dengan kondisi alam yang demikian maka sektor pertanian menjadi sangat penting, yang akan memberikan dampak yang positif untuk pembangunan bangsa Indonesia. Tingkat kebutuhan masyarakat akan kebutuhan pangan juga semakin tinggi sehingga diperlukan suatu produksi pertanian yang semakin baik.

Diharapkan dengan adanya bendung Boro di kali Bogowonto Kabupaten Purworejo Provinsi Jawa Tengah dapat meningkatkan hasil pertanian dengan lahan seluas 4027 Ha.

Penulis mengambil Tugas Akhir tentang perencanaan ulang (redesain) bendung Boro untuk membandingkan desain bendung pada kopur atau sudetan dengan bendung pada dasar sungai dengan desain yang baru sebagai aplikasi penerapan ilmu ketekniksipilan khususnya dalam bidang ilmu keairan yang di dapat dalam bangku kuliah. Desain baru di mulai dari analisis hidrologi yaitu penentuan debit rencana Q50 tahun dengan membandingkan metode Melchior dengan metode Haspher kemudian dari desain nantinya dapat terlihat perbedaan – perbedaan bendung yang didesain pada lokasi kopur atau sudetan dengan bendung yang didesain pada dasar sungai, dan pada desain debit kala

ulang Q50 tahun juga dapat dilihat mana yang lebih efektif, meskipun analisis tersebut juga harus melihat kesesuaian daerah dan data yang ada.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang diatas dapat diambil rumusan masalah yaitu mendesain bendung boro dengan metode dan model yang berbeda dengan desain lama.

## **I.3 Tujuan**

Membandingkan desain yang lama mulai dari analisis hidrologi sampai model badan bendung dengan desain dan model desain yang berbeda.

## **I.4 Batasan desain**

Sebagai batasan desain agar penyusunan Tugas Akhir ini terarah, dan tidak terlalu meluas, adalah sebagai berikut:

1. Periode kala ulang untuk desain ini adalah 50 tahun, dengan analisis debit banjir rencana menggunakan tiga metode, yaitu: metode Haspers metode FSR Jawa – Sumatra, dan Metode Rational Jepang
2. Analisis frekuensi hujan rencana dengan menggunakan Metode Haspers dengan jenis sebaran Log Pearson III.
3. Dalam desain ini besarnya debit andalan minimum yang digunakan adalah  $8,35 \text{ m}^3/\text{det}$ , dan kemiringan dasar sungai rerata;  $I_s = 0,00329$ , Q pengambilan sebesar  $6,8136 \text{ m}^3/\text{dt}$
4. Elevasi sawah tertinggi  $\pm 36,05 \text{ m}$ , elevasi dasar sungai pada bendung  $\pm 35,91 \text{ m}$ .

5. Desain bendung hanya meliputi desain bangunan utama bendung, bangunan pembilas bangunan pengambilan, kantong Lumpur, saluran pembilas pasir, untuk bangunan pelengkap lainnya seperti saluran primer bangunan sadap, bangunan bagi dan sebagainya tidak didesain.
6. Bendungan didesain sebagai bendung pasangan batu dengan mercu bulat.
7. Desain kolam olak didesain menggunakan tipe Vlugter.
8. Desain lantai muka menggunakan metode Bligh dan metode Lane
9. Perhitungan stabilitas bendung meliputi gaya akibat tekanan air keatas (up-lift) dengan kontrol tarik, gaya berat bendung dan gaya akibat gempa pada desain pembebanan ditinjau dengan kontrol stabilitas guling, geser, eksentrisitas, control terhadap tegangan ijin tanah.
10. Perhitungan stabilitas tembok penahan tanah meliputi tekanan tanah aktif dan pasif dan gaya gempa yang ditinjau dengan kontrol stabilitas guling, eksentrisitas, tegangan tanah, gaya geser.

## **I. 5 Manfaat**

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan pemahaman dan kontribusi bagi perencana dalam mendesain bendung, yaitu sebagai perbandingan dalam desain.
2. Memberikan pemahaman dan kontribusi bagi pihak-pihak lain khususnya mahasiswa teknik sipil mengenai desain bangunan keairan khususnya bendung, dengan mempertimbangkan besarnya debit banjir rencana untuk kala ulang T tahun serta pemilihan lokasi bendung.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Tinjauan pustaka merupakan kerangka teoritik yang dijadikan sebagai landasan dalam konsep desain dari berbagai tinjauan desain bendung lain dan berbagai sumber untuk menghindari duplikasi dari desain sebelumnya. Dengan demikian desain yang dilakukan memiliki landasan teori yang kuat dan diharapkan memberi hasil yang optimal.

#### **2.2 Windri dan Aprizon (2003) Redesain Bendung Tegal Dengan :Lokasi Pada Daerah Dasar Sungai.**

Desain ini dilakukan oleh Windri dan Aprizon pada bendung Tegal di kali opak yang berokasi di dusun Tegal, kecamatan Imogiri, kabupaten Bantul, DIY. Bendung diencanakan pada dasar sungai dengan luas DAS 162,2 km<sup>2</sup>, panjang sungai adalah 65 km dan kemiringan dasar adalah 0,0025.

Analisis hidrolik mencari debit hujan rencana menggunakan metode Haspers, FSR Jawa Sumatera dan Rasional Jepang, kemudian dihasilkan debit kala ulang 100 tahun ( $Q_{100}$ ) sebesar 703,493 m<sup>3</sup>/det. Debit rencana yang dipakai untuk mengalir sawah sebesar 0,815 m<sup>3</sup>/det untuk mengalir sawah sebelah kanan sungai dengan luas 144,4 Ha dan 0.275 m<sup>3</sup>/det untuk mengalir daerah sebelah kiri sungai dengan luas 469,93 Ha.

Desain bendung Tegal ini dengan menggunakan tipe kolam olak Vlugter dan mercu bentuk bulat. Dari hasil hitungan perencanaan bendung Tegal ini



maka didesain lebar bendung adalah 119 m lebar efektif mercu adalah 113,5 m, tinggi mercu adalah 6,68 m, dengan jari – jari terkecil adalah 1m dan jari-jari terbesar adalah 2 m, panjang kolam olak adalah 9,4 m, panjang lantai muka adalah 45,87 m, desain pintu pembilas sebanyak 2 buah lebar masing – masing adalah 1,5 m lebar pilar utama 1,5 m dan lebar pilar air adalah 1 m. untuk pintu pengambilan didesain dengan dua pintu yaitu disebelah kanan dan sebelah kiri, untuk pintu sebelah kiri dengan menggunakan gorong – gorong.

### **2.3 Nidiya Amburika dan Abdullah Ghofur, (2005) Redesain Bendung Tegal dengan Lokasi pada Kopur.**

Desain ini dilakukan oleh Nudiya Amburika dan Abdullah Ghofur pada bendung Tegal dikali Opak yang berlokasi di dusun Tegal, kecamatan Imogiri, kabupaten Bantul, DIY. Bendung didesain pada daerah dasar sungai dengan luas DAS adalah 160,2 km<sup>2</sup>, Panjang sungai adalah 65 km dan kemiringan dasar sungai rata-rata adalah 0,00329

Analisis hidrologi untuk mencari debit hujan rencana menggunakan metode *Haspers*, FRS Jawa-Sumatra dan Rational Jepang kemudian dihasilkan debit kala ulang 100 tahun ( $Q_{100}$ ) sebesar 869,33 m<sup>3</sup>/det. Debit rencana yang dipakai untuk mengalir sawah sebesar 0.85 m<sup>3</sup>/det untuk mengalir daerah sebelah kanan sungai dengan luas 144,4 Ha dan 0,275 m<sup>3</sup>/det untuk mengalir daerah sebelah kiri sungai dengan luas 469,93 Ha.

Desain bendung Tegal ini dengan menggunakan tipe kolam olak Vlugter dan mercu bentuk bulat. Dari hasil hitungan desain bendung tegal ini maka didesain lebar bendung adalah 110 m lebar sudetan baru adalah 100 m, tinggi

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Umum**

Dalam suatu desain bendung, maka perlu diketahui gambaran keadaan debit sungai yang akan di kembangkan terutama pada desain lokasi bendung. Karena hal tersebut erat kaitannya dengan penetapan suatu debit banjir rencana pada suatu periode ulang tertentu sebagai dasar desain bendung. Untuk keperluan tersebut perlu tersedia data pengamatan yang cukup dengan periode yang memadai. Dalam analisa debit sungai sudah tentu data tersebut akan sangat akurat bilamana digunakan data pengamatan debit sungai tetapi sering kali data tersebut tidak tersedia sehingga analisa debit dilakukan didasarkan pada data pengamatan curah hujan.

Desain debit banjir rencana dapat dilakukan dengan bermacam metode, tergantung dari ketersediaan data di lapangan. Debit banjir dipertimbangkan dari segi Hidroekonomis dan keamanan bendung, karena itu hendaknya debit tidak perlu diambil terlalu besar ataupun terlalu kecil. Debit maksimum sungai biasanya terjadi pada hujan yang berlangsung lama dan sangat dipengaruhi oleh bentuk dari daerah pengaliran, kemiringan permukaan tanah, kemiringan dasar sungai. Hubungan antara ketersediaan data dengan metode yang dipakai serta parameter desainnya dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini:

Tabel .3.1 Metode Banjir Rencana

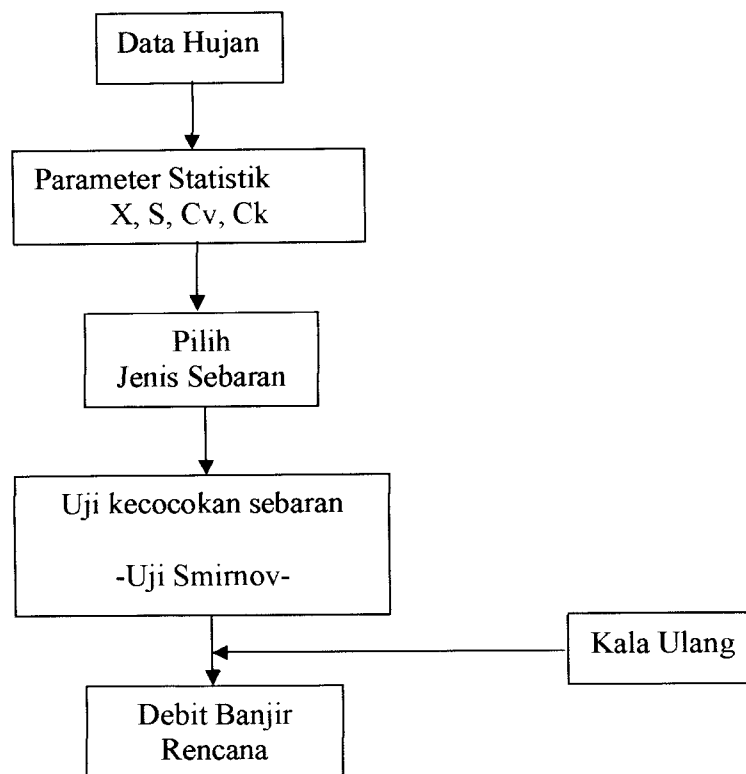
Catatan Banjir	Metode	Parameter Perencanaan
1. a. Data cukup 20 th atau lebih > 20 th	Analisa Frekuensi dengan distribusi frekuensi ekstrim	Debit puncak dengan kemungkinan tak terpenuhi
1 b. Data terbatas (kurang dari 20 th)	Analisa Frekuensi dengan metode debit di atas ambang ( <i>“Peak over threshold method”</i> )	Seperti 1. a, dengan ketepatan kurang dari itu
2. Data tidak ada	Hubungan empiris antara curah hujan – limpasan air hujan gunakan metode der Weduyen untuk daerah aliran < 100 km <sup>2</sup> metode Melchior, Hasper Rational untuk daerah aliran > 100 km <sup>2</sup>	Seperti 1. a, dengan ketepatan kurang dari itu
3. Data tidak ada	Metode kapasitas saluran. Hitung banjir puncak dari tinggi air maksimum, potongan melintang dan kemiringan sungai yang	Debit puncak mungkin tidak terpenuhi.

	sudah diketahui. Metode tidak tepat hanya untuk mencek 1.b dan 2 atau untuk memaksudkan data histories banjir dalam 1.a	
--	---	--

Sumber : Standar perencanaan Irigasi, 1986, halaman 79

### 3.2 Analisis Curah Hujan Pada Daerah Aliran Sungai

Bagan alir Perhitungan Analisis Curah Hujan Rencana



Gambar 3.1 Bagan alir Perhitungan Analisis Curah Hujan Rencana

Data curah hujan yang diperoleh pada stasiun penangkap hujan hanya mendapat data curah hujan disuatu titik tertentu (*point Rainfal*) dan daerah sekitar yang tidak begitu luas untuk dapat mewakili daerah yang luas maka data hujan tersebut harus dirubah menjadi hujan area rerata atau hujan kawasan. Untuk menentukan besar hujan kawasan atau hujan rerata pada daerah aliran sungai pada desain bendung Boro ini dipakai beberapa pendekatan di bawah ini:

**a). Cara Rata-Rata Aljabar**

Cara rata-rata Aljabar digunakan pada DAS yang homogen, jumlah stasiun hujan cukup banyak dan lokasi tersebar merata. Pada prinsipnya untuk mendapatkan curah hujan rata-rata dengan cara menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran curah hujan yang berada dalam DAS selama periode tertentu yang di bagi dengan banyaknya stasiun pengukuran.

Rumus:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

Keterangan:

$\bar{R}$  = Tinggi Hujan rerata (mm)

n = Jumlah Stasiun

$R_i$  = Tinggi Hujan titik di stasiun (mm)

**b.) ARF (Areal Reduction Faktor)**

Untuk mendapatkan rata – rata tahunan dari hujan maximum di daerah aliran, dapat di hitung dari rata – rata tahunan curah hujan maksimum pada

stasiun pengukuran yang mewakili daerah aliran dikalikan dengan factor reduksi areal (ARF).

$$R = R_i \times \text{ARF}$$

ARF = Areal reduction factor

### 3.3 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah suatu peramalan suatu kejadian yang mungkin terjadi dalam kala ulang tertentu, sehingga alat utamanya teori kemungkinan (analisis statistic), karena merupakan teori kemungkinan maka akan memiliki suatu resiko tertentu, semakin besar kala ulangnya maka semakin kecil risikonya, semakin besar pula nilai ekstrimnya. Dan tujuan dari Analisis Frekuensi adalah menentukan nilai ekstrim yang mungkin dapat terjadi dalam frekuensi tertentu jika data banjir tidak ada maka digunakan data curah hujan untuk menentukan besarnya debit rencana dan debit rencana tersebut digunakan untuk mendapat debit banjir rencana.

#### 1. Pemilihan Sebaran

Pada perencanaan bendung Boro dipakai analisa frekuensi dengan metode Log pearson III dan metode Hasfer.

Hal – hal yang perlu diketahui terlebih dahulu sebelum menentukan jenis sebaran yang digunakan yaitu:

$$\text{Mean} \quad : \bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i \quad (3.1)$$

$$\text{Deviasi Standar} : S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

$$\text{Koef. Variasi} : Cv = \frac{1}{\bar{X}} \quad (3.3)$$

$$\text{Koef. Asimetri} : \frac{n(X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (3.4)$$

Tabel 3.3 Pemilihan sebaran

Sebaran	Syarat
Normal	Cs = 0
Gumbel	Cs = 1,14, Ck = 5
Log Normal 2 Parameter	$\frac{Cs}{Cv} = 3$
Log pearson III	Cs < 0

Keterangan: Syarat diambil dari "Menganai Dasar Hidrologi Terapan" Ir. Sri Harto. 1983

#### a. Metode Log Person III

Distribusi ini banyak digunakan dalam analisa hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir). Bentuk distribusi ini merupakan hasil dari transformasi dari distribusi person III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik.

Rumus umum:

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + k(S\overline{\text{Log}X}) \quad (3.1)$$

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \log X}{n} \quad (3.2)$$

$$\overline{(SLogX)} = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad (3.3)$$

$$C_s = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times \overline{(SLogX)}^3} \quad (3.4)$$

Keterangan:

$\overline{\log X}$  = Nilai rata-rata

$\overline{(SLogX)}$  = deviasi standart

$C_s$  = koefisien kemencengan

$n$  = jumlah data

$k$  = karakteristik dari distribusi log pearson 3 ( lampiran 3)

#### b. Metode Haspers

Rumus:  $R_i = R + S.U$

Keterangan:

$R_i$  = Hujan rencana dengan kala ulang tertentu (mm)

$R$  = Hujan rata –rata diambil (mm)

$S$  = Standart deviasi

$U$  = Variabel standart untuk kala ulang tertentu

## 2. Uji Kecocokan Sebaran

Setelah ditentukan jenis sebaran yang dipakai maka diuji kecocokan (the goodness of fit test) distribusi frekuensi dari sample data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili



distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

- a) Uji Chi Kuadrat (Chi-Square)
- b) Uji Smirnov-Kolmogrov

#### A. Uji Chi Kuadrat (Chi-Square)

Uji Chi Kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistic sample data yang dianalisis, pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $X^2_{cr}$ .

$$X^2_{cr} = \sum_{p=1}^p \frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$$

Keterangan:

$X^2_{cr}$  = Parameter chi-kuadrat terhitung

P = Jumlah sub – kelompok

Of = Jumlah nilai pengamatan pada sub – kelompok ke-i

Ef = Jumlah nilai teoritis pada sub - kelompok ke-1

Parameter  $X^2_{cr}$  merupakan variable acak. Peluang untuk mencapai nilai  $X^2_{cr}$  sama atau lebih besar dari pada nilai chi – kuadrat yang sebenarnya ( $X^2$ ) dapat dilihat pada lampiran 1 untuk suatu derajat nyata tertentu yang sering diambil 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dapat di hitung dengan

$$DK = K - (P+1)$$

Keterangan:

DK= Drajat kebebasan

$P =$  Banyaknya keterikatan  $= 2$  (untuk distribusi normal)

Uji ini memenuhi bila  $X^2 < X^2$ .

### **B Uji Smirnov-Kormonov**

Uji kecocokan Smirnov-Kormonov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Uji ini dilakukan dengan sederhana, yaitu dengan membandingkan (*probability*) untuk setiap uji ini memenuhi bila  $\alpha$  maksimum terbaca  $< \alpha$  kritik. Drajat kebebasan  $\alpha$  kritik dapat dilihat pada lampiran 2.

### **3.4 Analisis Debit Banjir Rencana**

Debit banjir rencana merupakan besaran debit yang digunakan untuk pertimbangan dalam desain bangunan hidrolis dan juga untuk mengetahui besarnya banjir yang harus diperhitungkan. Dalam penepatan debit banjir hendaknya ditetapkan tidak terlalu kecil, agar jangan terjadi bahaya banjir yang dapat merusak bangunan atau daerah sekitarnya. Untuk itu besarnya debit banjir rencana ditetapkan dengan kala ulang tertentu.

Analisis ini dipakai untuk debit banjir rencana dengan kala ulang tertentu yaitu dengan kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Pemilihan kala ulang harus dengan pertimbangan pertimbangan hidro ekonomis, yaitu:

- Besarnya kerugian yang akan terjadi bila bangunan rusak
- Umur ekonomis bangunan
- Biaya pembangunan

Metode-metode yang dapat digunakan dalam penentuan debit banjir rencana pada redesain bendung Boro ini adalah:

Keterangan:

$Q_t$  = Debit banjir untuk periode T ( $m^3/det$ )

MAF = Debit puncak tahunan rata-rata ( $m^3/det$ )

GF = Nilai faktor pembesar untuk kala ulang T (lampiran 5)

AREA = Luas daerah aliran sungai ( $km^2$ )

PBAR = Hujan terpusat maksimum rata-rata tahunan (mm)

APBAR = Hujan maksimum rata-rata tahunan yang mewakili daerah aliran (APBAR = PBAR x AFR)

ARF = Faktor reduksi luas

$$= 1,152 - 0,1233 \text{ AREA}$$

SIMS = Kemiringan aliran sungai

LAKE = Indeks danau (untuk perancangan bendung LAKE = 0)

### 3.4.3 Metode Rational Jepang

$$Q_{\max} = \frac{1}{3,6} \times Rm \times f \times A \quad (3.5)$$

$$Rm = Ro \times \left( \frac{1}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3.6)$$

$$Ro = \frac{R_{24}}{t} \quad (3.7)$$

$$W = 72 \times (i)^{0,6} \quad (3.8)$$

$$T = \frac{L}{W} = \frac{65}{7,872} = 8,275 \quad (3.9)$$

Keterangan:

$R_m$  = Intensitas hujan jam – jaman maksimum selama banjir  
(mm/jam)

$f$  = Koefisien run of atau pengaliran = 0,75

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

$R_o$  = Hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

$W$  = Kecepatan perambatan banjir (km/jam)

$L$  = Panjang sungai (km)

$I$  = Kemiringan sungai

#### 3.4.4 Penentuan Tinggi Muka Air Sungai

Untuk penentuan tinggi muka air sungai di hulu dan di hilir bendung maka digunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$Q = A \times V \quad (3.10)$$

Keterangan:

$Q$  = Debit sungai ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$A$  = Luas tampang basah ( $\text{m}^2$ )

$V$  = Kecepatan Aliran (m/det)

Dianggap bahwa besarnya kecepatan aliran sungai dapat dicari pendekatan dngan menggunakan rumus “De-Chezy”

$$V = C\sqrt{RI} \quad (3.11)$$

sedangkan untuk menghitung koefisien Chezy, digunakan rumus Basin

$$C = \frac{87}{1 + \frac{Jb}{\sqrt{R}}} \quad (3.12)$$

Keterangan:

C = Koefisien Chezy ( $m^{1/2}/det$ )

R = Jari-jari Hidraulis (m)

P = Keliling basah tampang sungai (m)

Jb = Kekasaran dinding Basin = 0,85

I = Kemiringan rata-rata dasar sungai

Dalam analisa hidrologi, atau khususnya hidrograf aliran ada 2 (dua) data dasar yang diperlukan yaitu : debit dan tinggi muka air, untuk mencatat tinggi muka air, dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu

1). Dengan papan duga (staff gauge)

Papan duga merupakan batang papan yang diberi skala ukuran (dalam cm)

dipasang pada lokasi yang telah dipilih

- a. Pemasangan papan duga agar dikaitkan dengan titik ketinggian yang telah ada.
- b. Harus dipasang pada penyangga yang kokoh, misalnya pangkat jembatan yang tidak berubah/ bergerak.
- c. Diusahakan agar tidak langsung pada arah arus, karena dapat menimbulkan pembacaan kemungkinan rusak akibat benturan/ gesekan akibat sampah/ sedimen yang terbawa arus.

- d. Papan duga agar dapat mencakup tinggi muka air minimal sampai muka air maksimal yang mungkin terjadi.

Pemasangan papan duga dapat dilakukan dengan cara vertikal, miring atau bertingkat tergantung pada keadaan stasiun pengukuran, pada sungai yang sangat sensitif, kalau interval pembacaan terlalu panjang maka akan banyak informasi yang hilang, misalnya pada saat puncak banjir atau debit-debit yang rendah.

## 2). Dengan alat ukur otomatis (Automatic water level recorder)

Dipergunakan meskipun biayanya lebih tinggi, akan tetapi ketelitian pengukuran cukup tinggi. Akibat perubahan tinggi muka air, diteruskan oleh pelampung langsung pada sungai, karena sangat tidak teratur.

Akibat pengaruh gelombang akibat sampah atau kotoran sering kali pencatatan menjadi tidak baik maka pengapung dipasang di dalam sumur (*stilling well*) yang dihubungkan dengan sungai melalui pipa, dengan cara ini maka pengaruh gelombang air dapat dihindarkan.

### **3.5 Pemilihan Lokasi Bendung dan Pangunan Bendung**

Pemilihan lokasi bendung hendaknya saling menguntungkan dari beberapa segi, baik itu perencanaan, pengamanan, pelaksanaan, pengoperasian, dampak pembangunan, dan sebagainya, sehingga diperlukan persyaratan yang dominan dengan mempertimbangkan beberapa aspek (Moch. Memad, 2002) yaitu:

- a. Aspek topografi,
- b. Aspek hidrolis dan morfologi,
- c. Aspek geologi,

- d. Aspek mekanika tanah,
- e. Aspek biaya pelaksanaan,
- f. Aspek hidrologi

Untuk lebih jelasnya akan dibahas masing-masing aspek pada sub-bab dibawah ini:

### **3.5.1 Aspek topografi**

Keadaan topografi dari rencana daerah irigasi yang akan dialiri adalah semua rencana daerah irigasi dengan melihat elevasi tanah tertinggi sengg dapat menentukan mercu bendung,

Kondisi topografi harus mempertimbangkan hal-hal antara lain.

- a. Bendung jangan terlalu tinggi, bila dibangun di palung sungai tidak boleh lebih dari 7 meter, agar tidak menyulitkan pelaksanaan.
- b. Trase saluran induk ditempatkan di tempat yang paling baik yaitu:
  - 1. penggalian tidak terlalu dalam maksimal 8 meter, dan saluran tidak terlalu panjang,
  - 2. tanggul tidak terlalu tinggi.
- c. Penempatan *intake* yang tepat dilihat dari segi hidrolik dan angkutan sedimen.

Menurut Kreteria Perencanaan 02 tahun 1986 data topografi yang diperlukan sebagai berikut:

- a. Peta dasar lebih disukai dengan skala 1 :50.000, dan garis-garis tinggi (kontur) harus di berikan setiap 25 m.

- b. Pada situasi sungai di mana bangunan utama dibuat dengan skala 1:2000, jarak 1 km ke hulu dan 1 km ke hilir dari bangunan utama, dan melebar 250 m dari masing-masing tepi sungai. Peta itu juga tercakup batas-batas penting seperti batas-batas desa, sawah dan saluran prasarananya.
- c. Gambar potongan memanjang sungai dengan potongan melintang setiap 50 m, skala vertikalnya 1 : 200. skala untuk potongan melintang 1 : 200 horizontal dan 1 : 200 vertikal, letak pencatat muka air otomatis (AWLR) dan papan duga harus ditunjukkan.
- d. Pengukuran detail terhadap setuasi Bandung yang sebenarnya harus dipersiapkan, yang menghasilkan peta berskala 1 : 200 atau 1 : 500. peta memperlihatkan bagian-bagian lokasi bangunan utama secara lengkap.

### 3.5.2 Aspek hidrolis dan morfologi

Dalam aspek hidrolis ini adala faktor yang harus dipertimbangkan yaitu meliputi:

- a. Pola aliaran sungai: kecepatan, arah debit banjir hendaknya sedang dan kecil .
- b. Kedalaman dan lebar muka air debit banjir hendaknya sedang dan kecil.
- c. Tinggi muka air sesuai dengan debit rencana.
- d. Potensi dan distribuis angkutan redimen juga harus diperhatikan.

Data-data sungai fisik yang di perlukan dari sungai adalah:

- a. Kandungan dan ukuran sedimen
- b. Tipe dan ukuran sedimen besar,



- a
- c. Distribusi ukuran batir,
- d. Banyaknya sedimen dalam waktu tertentu,
- e. Pembagian sedimen secara vertikal dalam sedimen.

Selain data-data ini, data historis potongan memanjang sungai dan gejala terjadinya degradasi dan aggradasi sungai juga harus dikumpulkan.

Apabila ternyata sungai terdiri dari batu, maka dapat dikatakan bahwa sungai itu stabil.

### 3.5.3 Aspek Geologi

3. Peta geologi permukaan harus meliputi geologi permukaan pada suatu daerah. Skala peta yang harus dipakai adalah (Kriteria Perencanaan 02, 1986):

- a. Peta daerah dengan skala 1:100000 atau 1:50000,
- a. Peta semi detail dengan skala 1:25000 atau 1:5000,
- c. Peta detail dengan skala 1:2000 atau 1:100.

b. Peta-peta tersebut harus menunjukkan geologi daerah yang bersangkutan, daerah pengambilan bahan bangunan, detail-detail geologis yang harus diketahui berdasarkan pengamatan dari sumuran dan paretan uji, perubahan-perubahan yang terjadi dalam formasi tanah mau pun tebal dan derajat pelapukan tanah penutup (*overburden*) harus diperkirakan. Dalam banyak hal pemberian mungkin diperlukan untuk secara tepat mengetahui lapisan dari tipe batuan (Kriteria Perencanaan 02, 1986).

Penyelidikan geologi dilakukan ditempat sekitar bendung. Adapun hal-hal yang diperlukan dari penyelidikan geologi ini antara lain adalah (Soenomo, 1972):

### 3.6 Bendung

Yang dimaksud dengan bendung adalah suatu bangunan yang siletakan melintang pada suatu aliran sungai yang menggalrdari tempat yang letaknya lebih tinggidari dasar aliran sungai tersebut (Soenarno, 1972).

Dapat kita ketahui berbagai macam bendung berdasarkan pengklasifikasinya diantaranya adalah:

#### 1. Bendung berdasarkan fungsinya;

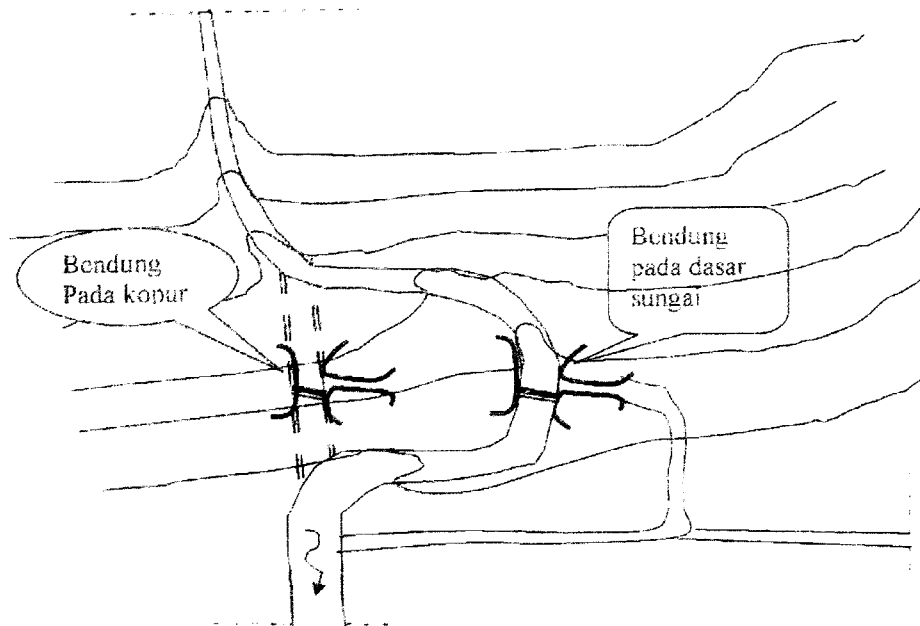
- a. Bendung penyadap; digunakan sebagai penyadap aliran sungai untuk keperluan seperti irigasi.
- b. Bendung pembagi banjir; dibangun dipercabangan sungai untuk mengatur muka air sungai.
- c. Bendung penahan pasang; dibangun dibagian sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut.

#### 2. Bendung berdasarkan sifatnya;

- a. Bendung permanen,
- b. Bendung semi permanen,
- c. Bendung darurat.

#### 3. Bendung berdasarkan tipe strukturnya;

- a. **Bendung Gerak**, dibangun dengan maksut agar muka muka air sungai dapat diatur dengan cara merubah-rubah tinggi rendahnya pengempangan. Bendung ini biasanya terdiri dari pintu sorong (*lifting gate*) atau pintu busur (*radial gate*) (soenarno, 1972).



Gambar 3.1 Sketsa letak bendung pada sungai dan bendung pada kopur.

Tabel 3.1 Perbedaan bendung tetap pada dasar dan pada kopur

Bendung Pada dasar sungai	Bendung Pada kopur
1. Mercu bendung lebih tinggi terhadap lantai muka.	1. Mercu bendung lebih rendah terhadap lantai muka.
2. Elevasi lantai muka tidak terlalu tinggi terhadap lantai belakang (kolam olak).	2. Elevasi lantai muka lebih tinggi terhadap lantai belakang (kolam olak)
3. Dalam pelaksanaan memerlukan <i>cofferdam</i> /tanggul sementara untuk melindungi pekerjaan dari banjir.	3. Dalam pelaksanaan harus membuat sudetan sungai dan membuat tanggul penutup sungai.
4. Dalam Pelaksanaan dapat terganggu adanya banjir	4. Dapat dikerjakan terus menerus sepanjang tahun.

Sumber . Harbi Hadi 2000

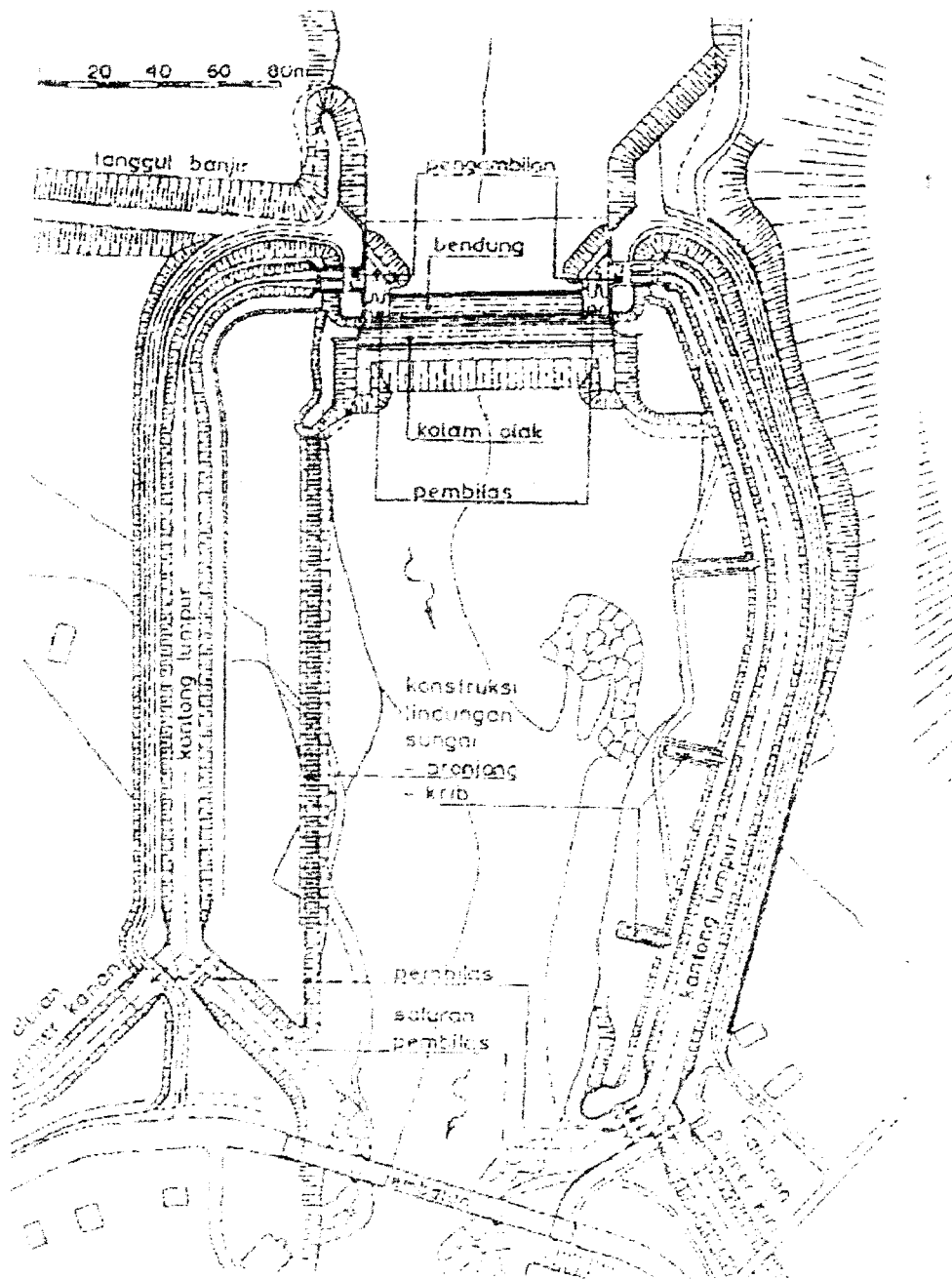
### 3.7 Tata Letak Bendung dan Pelengkapya

#### 3.7.1 Tata Letak Bendung

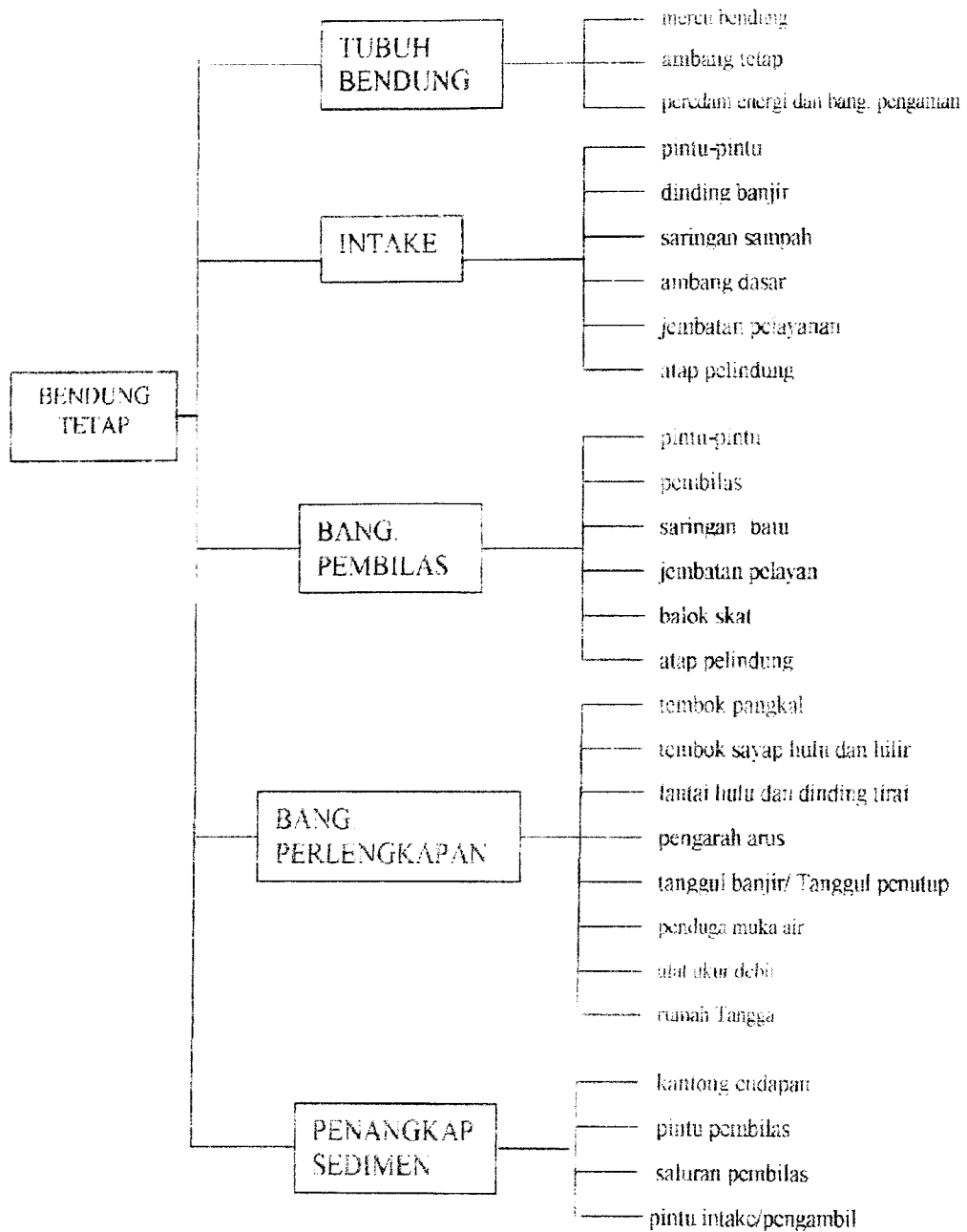
Berdasarkan tata letak bendung terdiri dari:

- a. **Tubuh bendung** : yaitu terdiri dari ambang tetap dan mercu bendung dengan bangunan peredam energinya.
- b. **Bangunn intake/pengambilan** : yaitu terdiri dari lantai/ambang dasar, pintu dinding banjir, pilar penempatan pintu,saringan sampah, jembatan pelayanan, rumah pintu dan perlengkapan lainnya.
- c. **Bangunan pembilas** : dengan *undersluice* atau tanpa *undersluice*, pilar penempatan pintu, pintu bilas, jembatan pelayan, rumah pintu, saringan bau, dan perlengkapan lainnya.
- d. **Bangunan perlengkapan** : yaitu tembok pangkal,sayap bendung, lantai udik dan dinding tirai, pengaruh arus tanggul banjir dan tanggul penutup atau tanpa tanggul, penemngkap sedimen atau tanpa penangkap sedimen, tangga, penduga muka air, dan sebagainya.
- e. **Tanggul banjir** : Tanggul dipakai untu melindungidaerah irigasi dari banjir yang disebabkan oleh sungai, pembuang yang besar atau laut.

Gambar sketsa bangunan utama diilustrasikan pada gambar 3.2:



Gambar 3.2 Sketsa bangunann utama  
(sumber : Kreteria Perencanaan 02, 1986)



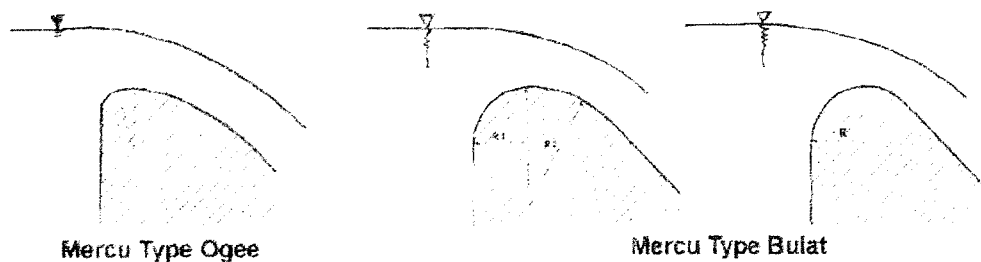
Gambar 3.3 Skema komponen bendung tetap

(Sumber: Moch. Memed, 2002)

### 3.8 Perencanaan Tubuh Bendung

#### 3.8.1 Perencanaan Bentuk Mercu Bendung

Di Indonesia pada umumnya digunakan dua tipe mercu untuk bendung pelimpah yaitu tipe *ogee* dan tipe bulat, contoh gambar bentuk mercu bendung dapat dilihat pada gambar 3.4

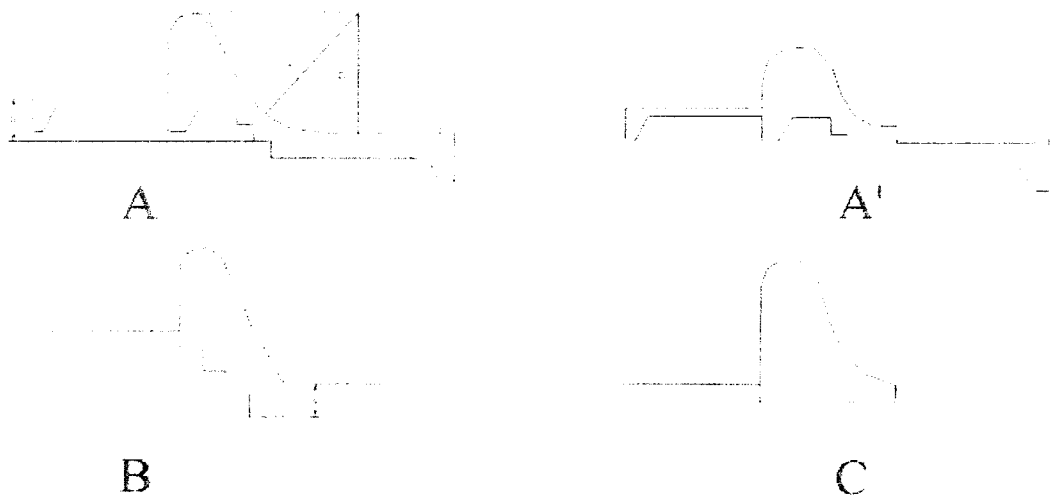


Gambar 3.4 Bentuk-bentuk mercu

Perbedaan dari masing-masing jenis mercu tersebut adalah sebagai berikut:

- a. **Mercu bulat:** bendung dengan mercu bulat memiliki harga koefisien debit yang jauh lebih tinggi (44%) dibandingkan dengan koefisien bendung ambang lebar, keuntungan bendung ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir, harga koefisien debit menjadi lebih tinggi karena lengkung *streamline* dan tekanan negatif pada mercu.
- b. **Mercu *ogee*:** mercu *ogee* berbentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasi, mercu tidak akan memberikan tekanan sub atmosfer pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana, untuk debit yang lebih rendah, air akan memberikan tekanan ke bawah pada mercu.

Beberapa tipe bendung yang dikenal antara lain seperti Gambar 3.5



Gambar 3.5 Tipe-tipe bendung  
(Sumber: Soenarno, 1972)+

Pemakaian bendung menurut buku soenarno 1972:

- a. **Tipe A (tipe *vlugter*):** tipe ini dipakai pada tanah dasar alluvial dengan sungai yang tidak banyak membawa batu-batu yang besar. Tipe ini adalah tipe yang paling banyak digunakan di Indonesia dan ternyata dari beberapa konstruksi yang telah dibangun menunjukan hasil yang baik.
- b. **Tipe A' (tipe *schoklitach*):** tipe ini adalah sama sifatnya dengan tipe *vlugter*, dan dipakai apabila pada tipe *vlugter* harga R atau D terlalu besar, sehingga untuk penggalian untuk lantai ruang olakan beserta koperanya terlalu dalam. Apabila R kira-kira sekitar 8 m atau lebih, atau apabila  $\Delta h$  sekitar 4,5 m atau lebih, dipakai tipe *schoklitach* ini.



- e. Kehilangan tekanan akibat kemiringan saluran sekunder
- f. Kehilangan tekanan akibat bangunan ukur
- g. Kehilangan tekanan akibat bangunan gorong-gorong, siphon, dan lain-lain
- h. Kehilangan tekanan untuk eksploitasi
- i. keamanan

### 3.8.3 Lebar Efektif Mercu Bendung.

$$B = S - \sum b - \sum t \quad (3.13)$$

$$Be = B - 2(n \cdot Kp + Ka)H_1$$

Keterangan:

B = Lebar mercu bendung (m)

S = Lebar sungai (m)

$\sum b$  = Lebar total pintu pembilas (m)

$\sum t$  = Lebar total pilar (m)

Be = Lebar efektif mercu (m)

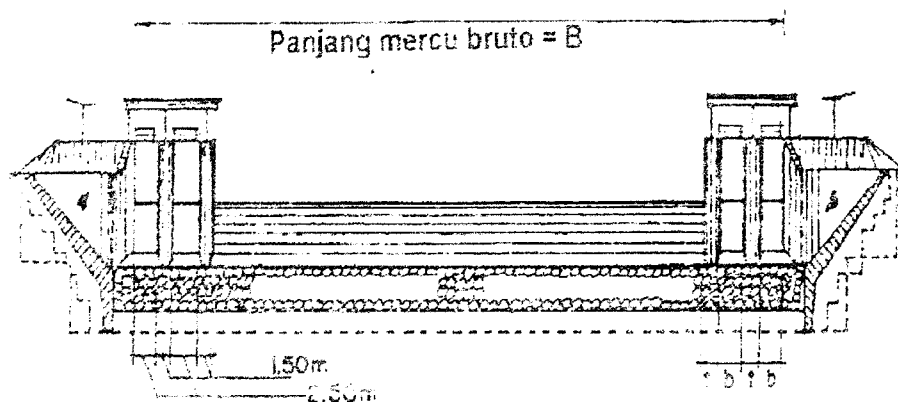
N = Jumlah pilar

Kp = Koefisien kontraksi pilar.

Ka = Koefisien kontraksi pangkal bendung.

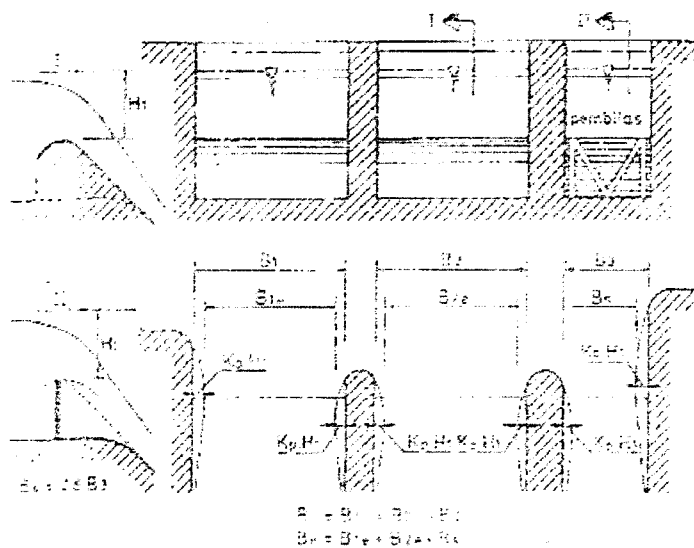
H<sub>1</sub> = Tinggi energi (m)

Contoh gambar yang menunjukkan lebar bendung dan lebar efektif bendung terdapat pada gambar 3.6 dan Gambar 3.7 di bawah ini:



Gambar 3.6 LK lebar efektif mercu bendung

(Sumber: Kriteria Perencanaan 02, 1986)



Gambar 3.7 Lebar efektif mercu bendung

(sumber: Kriteria Perencanaan 02, 1986)



Gambar 3.8 Jari-jari mercu

### 3.8.5 Tinggi Muka Air Sebelum Ada Bendung

Yang dimaksud disini adalah muka air minimum disungai. Ini akan sama dengan tingginya air banjir dihilir bendung setelah adanya bendung, karena profil selalu disitu tidak pernah berubah.

Rumus yang dipakai:

- rumus (3.1),(3..2),(3..3), serta rumus

$$A = (b + m \cdot h)h \quad (3.17)$$

$$P = B + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (3.18)$$

Keterangan:

A = Luas tampang basah sungai ( $m^2$ )

P = Keliling basah sungai (m)

### 3.8.6 Tinggi Muka Sungai Setelah Ada Bendung.

Rumus yang dipakai adalah:

- rumus (3..14),(3.15) dan (3.16) yaitu (Harbi Hadi, 2000) (3.19)

$$Q = m \cdot b \cdot d^{2/3} \cdot g^{1/2}$$

$$\text{Jika } 2,0 < \frac{z}{hc} < 15 \quad t = 3 hc + 0,1 z$$

$$a = 0,28hc \sqrt{\frac{hc}{z}} \quad (3.21)$$

Keterangan:

$hc$  = Kedalaman air kritis (m)

$q$  = Debit pelebaran saluran ( $m^3/dt$  m)

$Q$  = Debit banjir rencana ( $m^3/dt$ )

$be$  = Lebar efektif mercu bandung (m)

Untuk menentukan tinggi muka air di belakang bendung (kolam Olak) diadakan analisa secara pendekatan dengan rumus-rumus hidrolika yang biasa di pakai antara lain:

$$V_1 = \sqrt{2g \cdot 0,5 \cdot H + p} \quad (3.22)$$

$$Y_1 = \frac{q}{V_1} \quad (3.23)$$

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot Y_1}} \quad (3.23)$$

$$Y_2 = Y_1 \times 0,5 \times \sqrt{1 + 8Fr^2 - 1}$$

$$LW = 6 (Y_2 - Y_1)$$

$$LB = LW - a (\sin 45^\circ \times R) \times 2$$

Keterangan:

$V_1$  = Kecepatan awal loncatan ( $m/dt$ )

$Y_1$  = Tinggi tenaga potensial (m)

### 3.8.8 Perencanaan Lantai Muka

Untuk merencanakan panjang lantai muka, dipakai teori Bligh dan cara Lane.

#### 1. Teori Bligh

Berpendapat bahwa besarnya perbedaan tekanan dijalur pengaliran adalah sebanding dengan panjang jalan air (creep line).

$$CR \leq \frac{L}{\Delta H} \quad (3.24)$$

Keterangan:

CR = Creep ratio untuk Bligh (lampiran 12)

L = Panjang garis aliran minimum (m)

H = Selisih tinggi muka air pada kondisi normal (m)

$$L_m = L - L' \quad (3.21)$$

Keterangan:

L<sub>m</sub> = Panjang lantai muka yang dibutuhkan (m)

L = Panjang garis aliran minimum (m)

L' = Panjang garis aliran yang terjadi ditubuh bendung (m)

#### 2. Teori Lane

Memberikan koreksi terhadap koreksi Bligh dengan menyatakan bahwa energi yang dibutuhkan oleh air untuk melewati jalan yang vertikal lebih besar dari yang horizontal, dengan perbandingan 3:1, jadi dianggap bahwa  $L_v = 3 L_H$  untuk suatu panjang yang sama sehingga rumus menurut Bligh berubah menjadi.

Dengan syarat yang dikehendaki oleh Lane adalah:

$$L = LV + \frac{1}{3}L_H \geq C_L \times \Delta H \quad (3.25)$$

Keterangan:

CL = Angka rembesan Lane

$\sum L_V$  = Jumlah panjang vertikal (m)

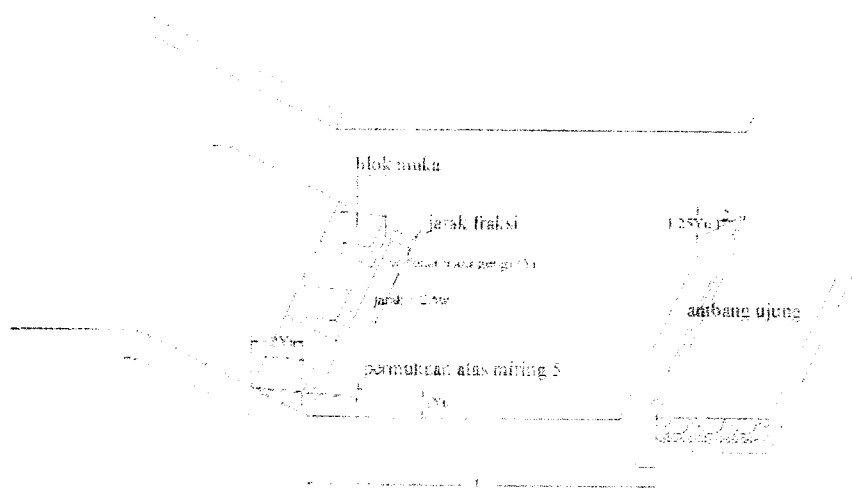
$\sum L_H$  = Jumlah panjang horizontal (m)

$\Delta H$  = Beda tinggi muka air (m)

Jika  $C_L \leq CL$  yang diijinkan maka dibutuhkan lantai muka, rumus yang dipakai

$$3.21 L_m = L - L'$$

$L_m$  antara *bligh* dan *lane* diambil yang terbesar sebagai nilai  $L_m$  unyuk perencanaan koperan. Contoh Gambar lantai muka seperti gambar 3.13 di bawah ini:



Gambar 3.132 Perencanaa lantai muka

### 3.8.9 Efek “Back water”

Karena adanya pembendungan maka tentunya akan terjadi pengaruh pengenaan akibat air banjir (*Back Water*) di hulu bendung. Untuk mengetahui pengenaan akibat air banjir akan di coba dihitung dengan dua cara yaitu (Harbi hadi, 2000);

#### 1. Cara pendekatan

Rumus Empiris yang di gunakan adalah:

$$L = 2h/i \quad (3.26)$$

Keterangan:

L = Panjang pengaruh pembendungan (m)

h = Tinggi muka air banjir hulu bendung sebelum ada bendung (m)

i = Kemiringan dasar sungai di hulu bendung

#### 2. Cara integrasi grafis

Rumus yang digunakan adalah:

$$s = \frac{\left| 1 - \frac{aQ^2 B}{gA^3} \right|}{\left| 1 - \frac{n^2 Q^2 P^{1/3}}{A^{10/3}} \right|} \times h \quad (3.27)$$

$$S = F(h).H \quad (3.28)$$

Keterangan:

S = Jarak antara dua penampang yang di tinjau (m)

h = Selisih dalam air antara 2 tampang yang ditinjau (m)

- $a$  = Koefisien korolis (l)  
 $Q$  = Debit rencana (m<sup>3</sup>/dt)  
 $n$  = koefisien maning  
 $P$  = Keliling basah (m)  
 $I$  = Kemiringan dasar sungai/saluran  
 $B$  = Lebar permukaan air (m)

Dibawah ini terdapat contoh gambar efek back water yaitu pada gambar 3.14



Gambar 3.15 Efek *back water*

### 3.9 Bangunan Intake (pengambilan)

#### 3.9.1 Perencanaan Bangunan Pengambilan

Bangunan pengambilan adalah sebuah bangunan berupa pintu air yang berfungsi mengatur banyaknya air yang masuk ke saluran dan mencegah masuk benda-benda padat ke saluran.

$$Q = \mu \times B \times a \sqrt{2 \times g \times z} \quad (3.29)$$

Keterangan:

$Q$  = Debit rencana pengambilan = 120 % .  $Q_p$  (m<sup>3</sup>xdet)

$\mu$  = Koefisien debit = 0,8



- b = Lebar bersih bukaan (m)  
 a = Tinggi bersih bukaan (m)  
 z = Kehilangan tinggi energi (m)

### 3.9.2 Ambang Pengambilan

Ambang pengambilan dibuat lebih lebar dari lebar pintu pengambilan untuk memudahkan aliran air masuk kesaluran dengan kecepatan yang lebih kecil. Dengan lebih kecilnya kecepatan aliran, diharapkan sedimen yang terangkat akan lebih banyak diendapkan pada saluran pembilas utama, yang berarti mengurangi sedimen yang terangkut kesaluran.

$$Q_n = \mu \times B \times a \sqrt{2 \times g \times z} \quad (3.30)$$

Keterangan:

- $Q_n$  = Debit rencana pengambilan = 120 % .  $Q_p$  ( $m^3 \times det$ )  
 $\mu$  = Koefisien debit = 0,8  
 b = Lebar bersih bukaan (m)  
 a = Tinggi bersih bukaan (m)  
 z = Kehilangan tinggi energi (m) = 0,05 (m)

Contoh gambar pintu pengambilan seperti pada gambar 3.16 dibawah ini:

3.10

Jika debit minimum sungai < debit pengambilan, maka dilaksanakan pembilasan tidak penuh, dengan  $Q$  pembilasan =  $\frac{1}{2}$   $Q$  pengambilan

maka

Lebar pintu pembilas yang dibutuhkan adalah:

nengen

$$Q_b = v \cdot b_b \cdot h_b \quad (3.31)$$

Lan

Keterangan:

a.

$b_b$  = Lebar pintu pembilas

$h_b$  = Kedalaman air dari atas endapan sedimen ke pangkal bendung (m)

b.

$Q_b$  = Debit pembilas (  $m^3/det$  )

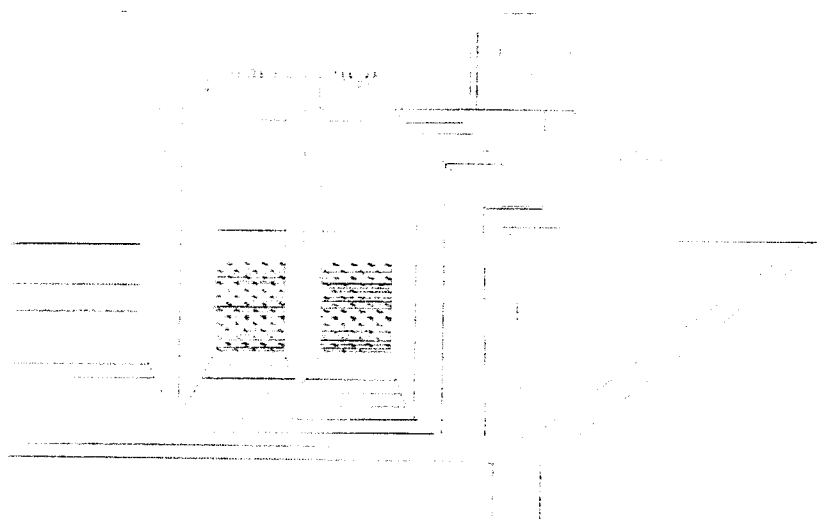
:

$v$  = Kecepatan aliran minimum dipintu pembilasan ( m/det )

l

Contoh gambar pintu pembilas seperti terdapat pada gambar 3.16 di bawah ini:

l



c. l

c

l

Gambar 3.16 Sketsa potongan bangunan pembilas utama

- d. Menentukan kemiringan energi dikantong lumpur selama eksploitasi normal. Untuk ini di gunakan rumus Strickler :

$$V_n = K_s \cdot R_n^{2/3} \cdot I_n^{1/2} \quad (3.33)$$

$$Q_n = V_n \cdot A_n \quad (3.34)$$

Keterangan:

$V_n$  = Kecepatan rata-rata selama eksploitasi normal = 0,4 m/det

$K_s$  = Koefesien kekasaran = 35 ( $m^{1/2}/dt$ )

$R_n$  = Jari-jari hidroulic (m)

$I_n$  = Kemiringan energi selama eksploitasi normal

$Q_n$  = Kebutuhan air rencana ( $m^3/dt$ )

$A_n$  = Luas basah eksploitasi normal ( $m^2$ )

- e. Menentukan kemiringan energi selama pembilasan dengan kantong dalam keadaan kosong dengan rumus Strickler:

$$V_s = K_s \cdot R_s^{2/3} \cdot I_s^{1/2} \quad (3.35)$$

$$Q_s = V_s \cdot A_s \quad (3.36)$$

Keterangan:

$V_s$  = Kecepatan rata-rata selama pembilasan (m/dt)

$K_s$  = Koefesien kekasaran = 35 ( $m^{1/2}/dt$ )

$R_s$  = Jari-jari hidroulic (m)

$I_s$  = Kemiringan energi selama pembilasan

$Q_s$  = Debit untuk pembilas = 1,2 x  $Q_n$ , ( $m^3/dt$ )

$A_s$  = Luas basah selama pembilasan ( $m^2$ )

- f. Panjang kantong lumpur dicari dengan rumus:

$h_1$  : Kedalaman air hulu terhadap ambang bangunan ukur (m)

$C_d$  :  $0,93 + 0,10 H_1/L$  atau  $0,1 < H_1 < L < 1,0$

$H_1$  : Adalah tinggi energi hulu (m)

$L$  : Adalah panjang mercu (m)

### 3.13 Stabilitas bendung.

Stabilitas bendung dapat di cek pada selama debit sungai rendah yakni dengan melihat muka air hulu (elevasi mercu), dan muka air hilir (elevasi ambang kolam olak ). Gaya- gaya yang bekerja pada bendung adalah.

1). Tekanan air : Aktif =  $W_a$



Gaya pada momen Horizontal  
 $\sum h(kn)$  dan  $\sum Mh(Kn - m)$

Pasif =  $W_p$

2). Beban sendiri bendung =  $G$

3). Gaya Up Lift =  $W_u$



Gaya dan Momen Vertikal  
 $\sum v(Kn)$  dan  $\sum Mv(Kn - m)$

#### 1. Gaya "Up-Lift Pressure"

Adalah tahanan yang bekerja didasarkan bidang kontak bendung disebabkan adanya aliran air tanah. Besarnya tahanan dipengaruhi oleh beda tinggi air dan elevasi bidang kontak yang di tinjau serta panjang garis aliran.

$$U_x = H_x - \frac{l_x}{\sum L} \Delta H \quad (3.38)$$

Keterangan:

$U_x$  = Tekanan yang terjadi pada titik yang ditinjau ( $T/m^2$ )

$H_x$  = Tinggi air dari mercu bendung ke titik yang ditinjau (m)

$L_x$  = Panjang creep line sampai ketitik x (m)

$\sum L$  = Jumlah panjang creep line (m)

$\Delta H$  = Beda tekanan (m)

## **2. Kontrol terhadap patah tarik**

Guna menghindari terjadinya patah tarik pada bagian hilir bendung dimana tebal kolam olak di hitung dengan rumus

$$dx \geq S \frac{U_x - W_x \times \gamma_w}{\gamma_b t} \quad (3.39)$$

Keterangan:

$dx$  = Tebal lantai kolam pada nilai X (m)

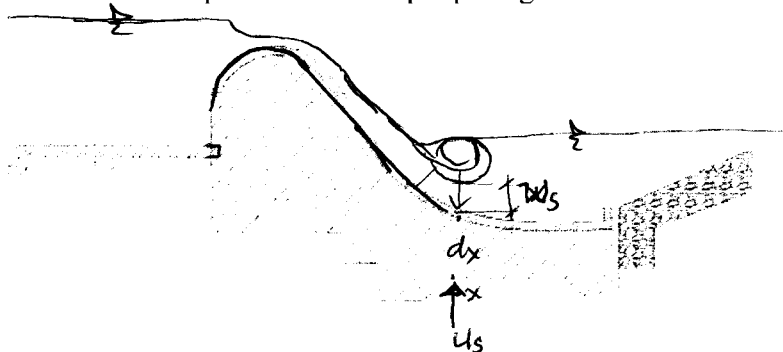
$U_s$  = Gaya angkat akibat air pada titik X ( $T/m^2$ )

$W_s$  = Kedalaman air pada titik X (m)

$\gamma_b t$  = Berat jenis bahan ( $t/m^3$ )

$S$  = Faktor keamanan

Gambar ilustrasi kontrol patah tarik terdapat pada gambar 3.18 di bawah ini:



Gambar 3.18 Sketsa kontrol terhadap patah tarik

### 3.13.1 Syarat – syarat Stabilitas

#### 1. Tidak mengalami penggulingan

Dengan adanya gaya horizontal total ( $\sum h$ ) akan menyebabkan tendensi terjadi penggulingan pada titik A dengan momen ini akan di tahan oleh momen pelawan sebagai akibat gaya vertikal yaitu  $M_{AV}$  jadi agar momen  $M_{AV}$  ditambah angka keamanan haruslah lebih besar dibandingkan dengan  $M_{Ah}$ .

$$SF = \frac{\sum M_{Av}}{\sum M_{Ah}} \geq 1,5 \quad (3.40)$$

Keterangan:

$M_{AV}$  = Momen vertikal total terhadap titik A (KN-m)

$M_{Ah}$  = Momen horizontal total terhadap titik A (KN-m)

SF = Angka keamanan terhadap penggulingan = 1,5

#### 2. Tidak mengalami penggeseran (sliding)

Untuk kontrol terhadap bahaya geser rumus yang digunakan adalah:

$$n = \frac{\sum (V - U).f}{\sum (H)} \geq 1,5 \quad (3.41)$$

Keterangan:

$\sum (H)$  = Gaya horizontal total (KN)

$\sum (V - U)$  = Gaya vertikal total (KN)

f = Koefisien gesekan

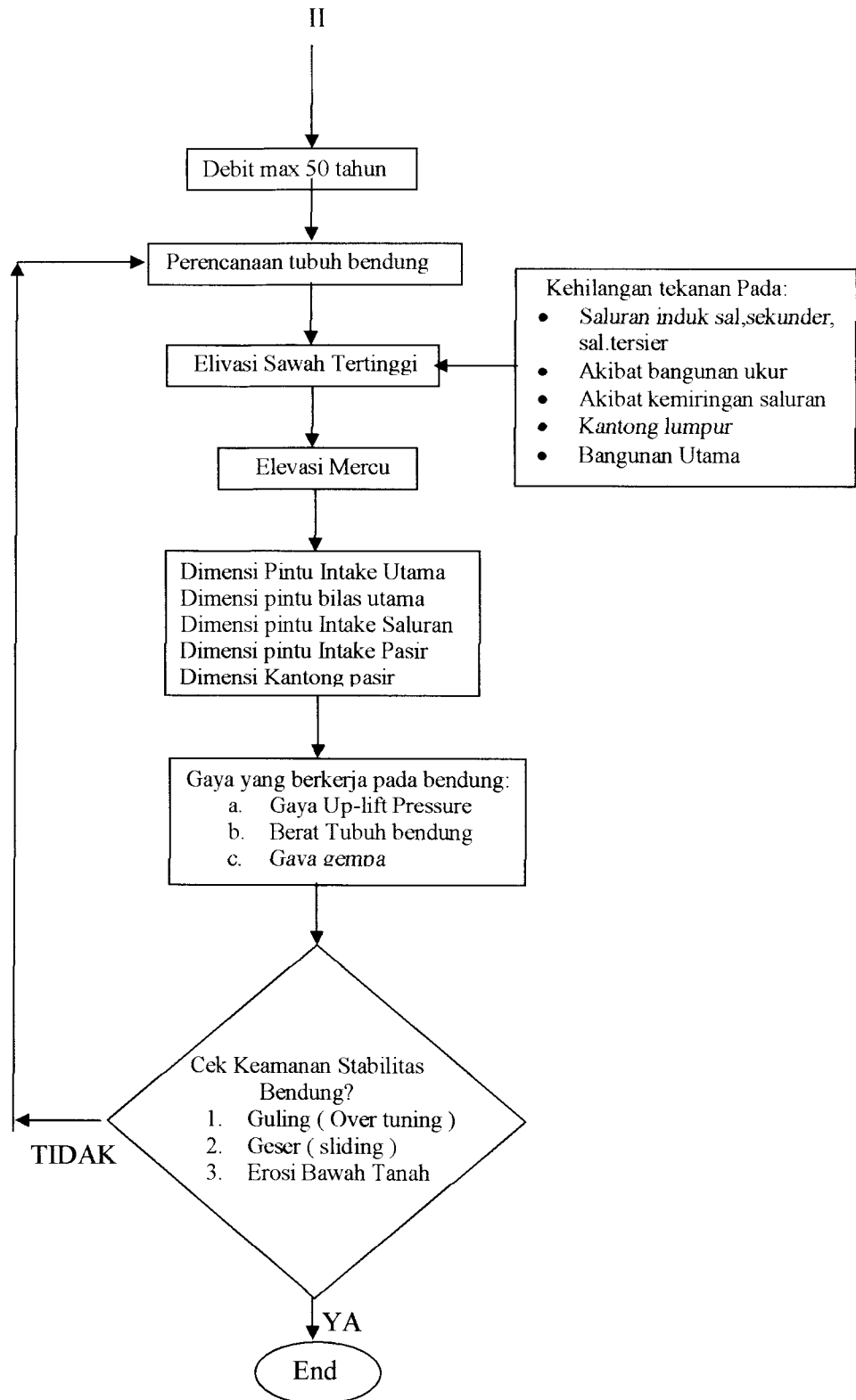
n = Angka keamanan = 1,5

## **BAB IV**

### **METODE DESAIN**

Metode desain merupakan tata cara pelaksanaan desain dalam rangka mencari solusi dari suatu permasalahan yang akan dilaksanakan secara bertahap yaitu : analisis, pembahasan dan penarikan kesimpulan.

Desain bendung Boro ini dilakukan melalui beberapa tahapan/proses, dengan ini penulis membuat bagan alir (*flow chart*). Dari *Flow Chart* ini dapat dilihat tahapan dari setiap kegiatan perancangan bendung Boro, ini dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Flow Chart Tahapan Desain



## **BAB V**

### **ANALISIS HIDROLOGI**

#### **5.1 Umum**

Analisis hidrologi dalam lingkup desain bendung Boro dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang debit sungai Bogowonto yang dimaksudkan pada suatu keadaan tingkat tertentu mampu memberikan pengairan ke sawah – sawah disekitar sungai tersebut. Untuk itu analisis hidrologi juga harus didapatkan informasi banjir rencana dengan kala ulang tertentu untuk keperluan penunjang desain bendung dan pasilitas bangunan pelengkap lainnya.

Untuk pencapaian sasaran utama analisis hidrologi seperti yang diuraikan di atas maka sistematika kegiatan analisis hidrologi maka disusun urutan kegiatan, yaitu mulai penyusunan rencana aktifitas, penyeleksian stasiun stasiun hujan yang dipakai, pengumpulan data dasar termasuk referensi – referensi dan pemilihan metode yang sesuai untuk menghasilkan informasi yang diperlukan.

Data hujan yang di peroleh pada stasiun pengamatan harus diteliti sehingga kekurangan – kekurangannya dapat dipenuhi, selanjutnya dapat dipakai untuk membuat analisis curah hujan. Perlu di ketahui bahwa curah hujan maksimum pada stasiun pengamatan mempengaruhi besarnya banjir tidak sama. Oleh karena itu harus dibuat analisis curah hujan guna mendapat hujan rata – rata maksimum.

Dalam desain suatu bendung, yang harus di perhatikan adalah menentukan besarnya debit rencana. Debit rencana ini sudah tentu tidak diambil kecil sehingga air banjir di tempat bangunan sering meluap kalau di dalam saluran pembuangannya terjadi banjir yang lebih besar dari pada banjir rencana sehingga dapat merusak bangunan atau daerah – daerah di sekitar bangunan. Sebaliknya banjir rencana juga tidak boleh diambil terlalu besar sehingga menyebabkan ukuran bangunan menjadi tidak ekonomis.

Di sungai Bogowonto tempat dibangun bendung Boro data/catatan banjir tidak ada sehingga untuk mendisain debit banjir rencana di gunakan data hujan selama 14 tahun dari tahun 1972 sampai tahun 1985.

## **5.2 Analisa Curah hujan Pada Daerah Aliran Sungai**

Debit banjir yang direncanakan untuk desain bendung yaitu dengan periode 5, 10, 25, 50, 100 tahun. Untuk itu dalam perhitungannya didasarkan pada data curah hujan yang mewakili daerah pengaliran. Data curah hujan diambil dari 4 (empat) stasiun pengamatan yaitu : stasiun Kedung Loteng, Kedung pucung, Ngasinan, Kepil.

Data – data tersebut adalah :

- Data curah hujan maksimum bulanan, dan
- Data curah huajan maksimum tahunan.

Salah satu pendekatan dengan mengambil hujan rata – rata di daerah untuk suatu periode tertentu. Untuk mengetahui besarnya hujan rata – rata Daerah Aliran Sungai (DAS) Bendung Boro, dapat digunakan beberapa cara sebagai bahan perbandingan yakni dengan rata- rata aljabar dan ARF.

### 5.2.1 Cara Rata – rata Aljabar

Cara rata – rata aljabar merupakan suatu cara yang paling sederhana untuk menentukan besarnya tinggi hujan rata – rata.

Pada prinsipnya hujan rata – rata ini dapat dilakukan dengan menjumlahkan curah hujan pada masing – masing stasiun hujan yang dipilih selama masa periode tertentu dan membaginya dengan jumlah stasiunnya.

Rumus:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

Tabel 5.1 Hasil perhitungan rata-rata aljabar

Tgl - Bln	Th	Stasiun				R (mm)	R (DAS)
		BD3. Kedung Loteng	BD.8 Kedung Pucung	BD9. Ngasinan	BD 10 Kepil		
18-3	72	101	13	10	0	31	43.75
19-2		0	98	16	17	32.75	
26-12		21	31	108	15	43.75	
24-12		0	0	21	116	34.25	
21-3	73	108	0	12	0	30	79.75
31-1		90	72	13	19	48.5	
21-1		11	9	118	69	51.75	
3-2		65	38	107	109	79.75	
24-11	74	130	168	120	11	107.25	107.25
24-11		130	168	120	11	107.25	
9-4		37	0	186	51	68.5	
21-2		5	3	35	132	43.75	
12-9	75	120	101	0	39	65	98.25
28-10		50	127	0	18	48.75	
28-4		8	12	280	93	98.25	

29-9		25	39	1	37	25.5	
24-11	76	85	12	0	5	25.5	
5-12		20	99	10	15	36	
25-11		5	0	175	9	47.25	
18-11		85	44	10	147	71.5	71.5
11-4	77	75	4	32	34	36.25	
12-2		38	75	0	3	29	
23-11		50	74	93	52	67.25	
9-5		0	0	0	105	26.25	67.25
31-12	78	146	43	5	25	54.75	
24-3		25	82	28	0	33.75	
12-12		0	62	129	0	47.75	
31-8		25	57	90	10	45.5	54.75
23-5	79	86	12	46	81	56.25	
24-5		85	96	52	32	66.25	
3-2		18	6	76	88	47	
8-2		7	2	62	118	47.25	66.25
5-3	80	91	0	0	0	22.75	
28-11		18	116	5	14	38.25	70.25
25-3		90	17	96	78	70.25	
3-12		15	6	43	106	42.5	
28-2	81	65	50	40	20	43.75	
6-3		27	81	41	42	47.75	
8-12		0	26	97	78	50.25	
21-4		0	2	0	100	25.5	50.25
26-2	82	38	18	17	26	24.75	
24-1		0	118	56	14	47	
22-3		0	0	67	5	18	
4-2		0	21	30	87	34.5	47
25-11	83	71	180	20	9	70	207
26-11		16	700	29	83	207	
24-11		6	40	56	8	27.5	

30-41		18	285	34	104	110.25	
15-11	84	76	113	61	162	103	
15-1		15	400	10	17	110.5	
12-11		37	51	140	43	67.75	
15-11		76	133	61	162	108	110.5
1-3	85	100	33	28	25	46.5	
5-2		50	118	0	15	45.75	
27-2		11	14	92	10	31.75	
2-9		0	5	0	96	25.25	46.5

Maximum rerata = 1120,3

$$R = \frac{1120,3}{14} = 80,0178 \text{ mm}$$

### 5.2.2 Cara ARF (Areal reduction factor)

Untuk mendapatkan rata-rata tahunan dari hujan maximum didaerah di daerah aliran dapat di hitung dari rata – rata tahunan curah hujan maksimum pada stasiun pengukuran yang mewakili daerah aliran (*Point Rainfall*) dikalikan dengan faktor reduksi areal (ARF).

$$R = R_i \times \text{ARF}$$

ARF = Areal reduction factor

AREA = Luas DPS Sungai Bogowonto → 321,04 km<sup>2</sup>

Tabel 5.2 Perhitungan hujan maksimum tahunan dengan APBAR

No	Tahun	Stasiun Kedung Pucung	ARF	R DAS (mm/hr)
1	1972	29.9244	0.8429	25.2245

10	1981	50.25	28.2444
11	1982	47	27.8891
12	1983	207	214.0532
13	1984	110.5	123.8133
14	1985	46.5	30.1984
Total		1120.25	723.6951

Untuk keperluan analisis frekuensi curah hujan rencana perencanaan Bendung Boro dipakai hujan harian maksimum tahunan dari rata – rata aljabar

### 5.3 Analisis Hujan Rencana

Analisis frekuensi hujan adalah kejadian yang di harapkan terjadi rata – rata sekali pada setiap pada setiap N tahun.

Pada perencanaan Bendung Boro ini frekuensi hujan rencana akan di pakai metode Hasper dan salah satu dari metode Normal, Gumbel, Log Normal dan Log Pearson III. Untuk menentukan salah satu dari metode di atas terlebih dahulu dipilih persaratan sebenarnya. Dengan menggunakan hasil perhitungan cara Rata – rata Aljabar sebagai dasar perhitungan dikaenakan hasilnya lebih besar.

Tabel 5.4 Perhitungan Hujan Rata – rata.

m	Xi	(100 m%)/(n+i)	(Xi - x)	(Xi - X)2	(Xi - X)3	(Xi - X)4
1	43.75	6.6667	-36.2679	1315.3606	-47705.3656	1730173.4302
2	46.5	6.2500	-33.5179	1123.4496	-37655.6770	1267130.0406
3	47	5.8824	-33.0179	1090.1817	-35995.5110	1188496.1835
4	50.25	5.5556	-29.7019	882.1219	-26318.1658	785222.6027

Tabel 5.5 Pemilihan sebaran

Sebaran	Syarat	Hasil hitungan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	$C_s = 2,2271$	Tidak dicoba
Gumbel	$C_s = 0$ $C_k = 5,4002$	$C_s = 2,2271$ $C_k = 9,1773$	Tidak dicoba Tidak dicoba
Lod Normal (2 parameter)	$\frac{C_s}{C_v} = 3$	$\frac{C_s}{C_v} = 4,1736$	Tidak dicoba
Log Pearson III	$C_s < 0$	$C_s = 0,5336$	Tidak dicoba

Keterangan :

Sebaran yang terbaik adalah yang memberikan penyimpangan maksimum titik yang diplot terhadap garis teoritis sekecil mungkin. Sebaran Log Pearso bias di pakai bila ketiga jenis sebaran yang lain tidak dimungkinkan, maka disini diambil sebaran Log Pearson III.

Ploting data diatas kertas probability "Log Normal" (R sebagai ordinat dengan skala  $\text{Log} \frac{m}{n-1}$  sebagai absis.

### 5.3.1 Metode Log Pearson III

Tabel 5.6 Perhitungan curah hujan dengan menggunakan metode Log Pearson

No	X	Log X	$(\log x - \overline{\log x})$	$(\log x - \overline{\log x})^2$	$(\log x - \overline{\log x})^3$
1	43.75	1.640778057	-0.21999857	0.048399371	-0.010647792
2	46.5	1.667452953	-0.193523671	0.037451412	-0.007247735
3	47	1.672097858	0.188878769	0.035675189	-0.006738286
4	50.25	1.701136066	-0.159840561	0.025549885	-0.004082767
5	54.75	1.738384124	-0.122592503	0.015028922	-0.001842433

6	66.25	1.821185883	-0.039790744	0.001583303	-6.30008E-05
7	67.25	1.827692289	-0.033284338	0.001107847	-3.6874E-05
8	70.25	1.846646329	-0.014330298	0.000205357	-2.94283E-06
9	71.5	1.854306042	-0.006670585	4.44967E-05	-2.96819E-07
10	79.75	1.901730692	0.040754065	0.001660894	6.76882E-05
11	98.25	1.992332559	0.131355932	0.017254381	0.002266465
12	110.5	2.043362278	0.182385651	0.033264526	0.006066972
13	107.25	2.030397301	0.169420674	0.028703365	0.004862943
14	207	2.315970345	0.454993718	0.207019284	0.094192474
<b>TTL</b>	<b>1120.25</b>	<b>26.05367277</b>		<b>0.452947353</b>	<b>0.076793415</b>

- Nilai Rata – rata variat log X

$$\begin{aligned}\overline{\text{Log}X} &= \frac{\sum \log x}{n} \\ &= \frac{26,0536}{14} = 1,8609\end{aligned}$$

- Deviasi standar dari variant Log X

$$\begin{aligned}(S\text{Log}X) &= \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,45294}{14-1}} = 0,1867\end{aligned}$$

- Koefisien kemencengan dari variat Log X

$$\begin{aligned}C_s &= \frac{n \sum (\text{Log}X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2) \times S \log X^3} \\ &= \frac{14 \times 0,76793}{(14-1)(14-2) \times (1,8669)^3} = 1,05967\end{aligned}$$



$$R_{25} = 80,0179 + 42,6991 \times 2,1 = 169.686 \text{ mm}$$

$$R_{50} = 80,0179 + 42,6991 \times 2,75 = 197.4404 \text{ mm}$$

$$R_{100} = 80,0179 + 42,6991 \times 3,43 = 226.4758 \text{ mm}$$

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hujan Rencana

Periode Ulang T	Log Pearson III	Hasper
5	99.5786	107.345324
10	129.1521	133.818766
25	128.2841	169.68601
50	137.4643	197.440425
100	146.9996	226.475813

#### 5.4 Analisis Debit Banjir Rencana (Design Flood)

Debit banjir rencana adalah debit terbesar atau debit banjir dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu.

Redesain akan sedikit lebih mudah apabila data debit banjir suatu sungai tersebut ada, dikarenakan data pada desain ini tidak ada data debit sungai maka dalam menentukan besarnya suatu debit sungai digunakan metode hubungan empiris antara curah hujan dan aliran air sungai. Besarnya aliran didalam sungai ditentukan terutama oleh besarnya hujan, intensitas hujan, luas daerah hujan dan luas daerah aliran air sungai maka dari itu untuk menganalisis suatu debit banjir rencana digunakan hubungan antara curah hujan dengan limpasan air hujan.

Dalam Analisis desain bendung Boro di sungai Bogowonto, desain debit banjir yng berdasarkan pada curah hujan maksimum tahunan menggunakan

beberapa metode, dalam desain ini mencoba menganalisis debit banjir dengan tiga metode

Yaitu :

1. Metode Haspers
2. Metode FSR jawa – sumatera
3. Metode Rational Jepang

#### 5.4.1 Metode Haspers

Hitungan debit banjir rencana metode Hasper

$$A = 321,04 \text{ km}^2$$

$$L = 45,36 \text{ km}$$

Skema perhitungan

1. Menghitung koefisien aliran

$$C = \frac{1 + 0,012 \cdot A^{0,7}}{1 + 0,075 \cdot A^{0,7}} \quad (3.7.2)$$

$$= \frac{1 + 0,012 \times 321,04^{0,7}}{1 + 0,075 \times 321,04^{0,7}} = 0.319623$$

2. Waktu konsentrasi

$$t = 0,1 \times L^{0,8} \times I^{-0,3}$$

$$(3.7.3)$$

$$= 0,1 \times 45,34^{0,8} \times 0,082^{-0,3}$$

$$= 6.167519 \text{ jam}$$

## 3. Koefisien reduksi

$$1/\beta = 1 + \frac{1 + (3,7 \times 10^{-4} \times t)}{(t^2 + 15)} \times \frac{A^3}{12}$$

(3.7.4)

$$1/\beta = 1 + \frac{1 + (3,7 \times 10^{-4} \times 6,167519)}{(6,167519^2 + 15)} \times \frac{321,04^3}{12}$$

$$1/\beta = 1,119437$$

$$\beta = 0,893306$$

## 4. Menghitung Intensitas hujan (Rt), dalam mm

Untuk  $2 \text{ jam} \leq 6,167519 \leq 19 \text{ jam}$ , maka untuk  $t = 5$  tahun

$$R_{24} = 107,3453 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_t &= \frac{t \times R^{24} \text{ maks}}{t + 1} \\ &= \frac{6,167519 \times 107,3554}{6,167514 + 1} \\ &= 92,36869 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

## 5. Menghitung hujan maksimum

$$\begin{aligned} q &= \frac{Rt}{3,6 \cdot t} \\ &= \frac{92,36869}{3,6 \times 6,167519} \\ &= 4,160177 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2 \end{aligned}$$

6. Debit banjir maksimum untuk kala ulang T tahun dihitung dengan rumus :

$$Q = C \times q \times A \times \beta$$

(3.7.1)

$$Q_5 = C \times q \times A \times \beta$$

$$= 0.319623 \times 4.160177 \times 321,04 \times 0.893306$$

$$= 381.3378637 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tabel 5.11 Debit rencana maksimum cara haspers

Periode ulang T	R24 (mm)	Rt (mm/jam)	q(m <sup>3</sup> /dt/km <sup>2</sup> )	Q(m <sup>3</sup> /dt)
5	107.345324	92.3686874	4.160176681	381.3378637
10	133.818766	115.1485999	5.186157059	475.3831881
25	169.68601	146.0117072	6.57619499	602.799434
50	197.440425	169.8938735	7.651819579	701.3953386
100	226.475813	194.8782937	8.777088381	804.5418234

#### 5.4.2 Metode Manual Banjir Rencana Jawa - Sumatera

Untuk mendapatkan debit banjir dengan kala ulang tertentu maka dapat dikelompokkan menjadi 2 tahap perhitungan yaitu:

- a. Perhitungan debit puncak banjir tahunan rata – rata

(Mean Annual flood = MAF)

- b. Penggunaan faktor pembesar (Growth Factor = GF) terhadap nilai MAF, untuk menghitung debit banjir sesuai dengan period ulang yang diinginkan. GF dapat dilihat pada lampiran

Parameter yang digunakan

- 1) AREA = Luas Daerah Aliran Sungai ( $\text{km}^2$ )
- 2) PBAR = Hujan terpusar maksimum rata – rata tahunan dalam 1 hari
- 3) APBAR = Hujan maksimum rata –rata tahunan yang mewakili daerah aliran  

$$\text{APBAR} = \text{PBAR} \times \text{AFR}$$
- 4) AFR = Faktor Reduksi Luas = 0,8429 (hal..)
- 5) SIMS = Indeks Kemiringan (m/km)
- 6) LAKE = Indeks Danau (0 – 0,25 )

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{AREA} &= 321,04 \text{ km}^2 \\ \text{PBAR} &= R_5 = 107.345324 \text{ mm} \\ \text{SIMS} &= 0,0282 \\ \text{LAKE} &= 0 \text{ (untuk bendung)} \\ V &= 1,02 - 0,0275 \text{ Log AREA} \\ &= 1,02 - 0,0275 \text{ Log } 321,04 \\ &= 0,95107 \\ \text{APBAR} &= 107.345324 \times 0,8429 \\ &= 90.48137 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MAF} &= (8 \times 10^6) \times (\text{AREA})^V \times (\text{APBAR})^{2,445} \times (\text{SIMS})^{0,117} \times (1 + \text{LAKE})^{-0,85} \\ &= (8 \times 10^6) \times (321,04)^{0,95107} \times (90.48137)^{2,445} \times (0,0282)^{0,117} \times (1 + 0)^{-0,85} \\ &= 77.52995 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

GF (faktor pembesar dalam periode ulang T ) dilihat pada lampiran,  
maka debit banjir rencana untuk kala ulang 5 tahun sebesar :

$$\begin{aligned} Q_5 &= GF_5 \times MAF_5 \\ &= 1.267896 \times 77.52995 \\ &= 98.29991383 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Tabel 5.12 Debit Rencana maksimum cara Jawa - Sumatera

T	GF	R24 (mm)	MAF(m3/dt)	APBAR	Q(m3/dt)
5	1.267896	107.345324	77.52996	90.4813736	98.29992339
10	1.535792	133.818766	132.90426	112.7958379	204.1133021
25	1.894224	169.68601	237.51408	143.0283378	449.9018618
50	2.291584	197.440425	343.99015	166.4225342	788.2823126
100	2.70776	220.710613	481.09131	170.6704628	1303.524234

### 5.1.3 Metode Rational Jepang

$$Q_{\text{maks}} = \frac{1}{3,6} \times R_m \times f \times A \quad (3.9)$$

Keterangan ::

R<sub>m</sub> = Intensitas hujan jam – jaman maksimum selama banjir

C = 0,75 (lampiran)

A = Luas DAS = 321,04 km<sup>2</sup>

$$R_m = R_o \times \left( \frac{t}{T} \right)^{2/3}$$

$$R_o = \frac{R_{24}}{t}$$

## BAB VI

### DESAIN TEKNIS BENDUNG

#### 6.1 Umum

Bendung Boro akan didesain sebagai bendung tetap yang membentang di kali Bogowonto, kabupaten Purworejo, Jawa Tengah, bendung ini dibangun dengan maksud untuk memperoleh tinggi muka air minimal yang tetap, sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air pada daerah irigasi di daerah kabupaten Purworejo.

Data yang tersedia pada bendung Boro ini sebagai berikut:

- Lebar sungai 80,5 disekitar rencana bendung
- Elevasi dasar sungai rata – rata +8,26
- Luas total areal sawah yang akan diairi sebesar 4027 Ha dengan debit pengambilan 5,678 m<sup>3</sup>/det
- Debit banjir desain Q50 sebesar 701.3953 m<sup>3</sup>/dt yang diperoleh dari analisis debit banjir dengan metode Haspers
- Elevasi mercu bendung dengan memperhatikan faktor ketinggian elevasi sawah tertinggi yang akan diairi, perhitungannya sebagai berikut :

- Elevasi sawah tertinggi	= +36,05
- Tinggi Air disawah	= 0,10 m'
- Kehilangan tekanan dari saluran tersier ke sawah	= 0,10 m'
- Kehilangan tekanan dari saluran primer ke sekunder	= 0,10 m'

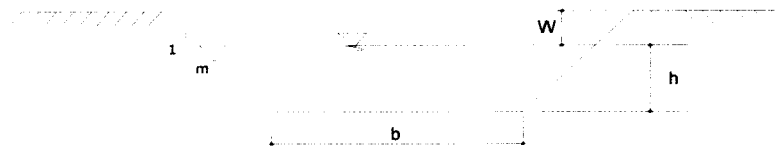
- Kehilangan tekanan dari saluran skunder ke tersier	= 0,20 m'
- Kehilangan tekanan akibat kemiringan saluran primer	= 0,15 m'
- Kehilangan tekanan akibat kemiringan saluran sekunder	= 0,25 m'
- Kehilangan tekanan akibat kemiringan saluran tersier	= 0,15 m'
- Kehilangan tenaga akibat bangunan ukur	= 0,40 m'
- Kehilangan tekanan untuk eksploitasi	= 0,10 m'
- Kehilangan bangunan lain seperti kantong lumpur	= 0,25 m'
- Kehilangan tekanan dari saluran induk ke intake	= 0,15 m'
- kehilangan energi pada pintu pengambilan	= 0.1 m'
- Kehilangan tekanan dari mercu bendung ke hulu intake	= 0,05 m'
	<hr/>
Elevasi Mercu Bendung	= +38,15 m'

## 6.2 Tinggi Muka Air Sebelum Ada Bendung

Ini dimaksudkan untuk mengetahui kedalaman sungai pada keadaan debit tertentu (debit rencana). Untuk memudahkan perhitungan dibuat beberapa anggapan mengenai keadaan sungai sebagai berikut.

- Penampang dianggap berbentuk trapesium dengan kemiringan talud 1:1
- Lebar dasar sungai rata-rata 80,5 m
- Kemiringan rata – rata dasar sungai (I) = 0,00329





Gambar 6.1 Sket Penampang Basah Sungai

Rumus

$$Q = AV$$

$$V = C\sqrt{RI}$$

$$C = \frac{87}{1 + \frac{Jb}{\sqrt{R}}}$$

Persamaan kecepatan aliran

$$V = \frac{87}{1 + \frac{0,85}{\sqrt{R}}} \sqrt{R \times 0,00329} = \frac{87 \times \sqrt{R}}{0,85 + \sqrt{R}} \times \sqrt{R \times 0,00329}$$

$$V = \frac{4,990 \times R}{0,85 \times \sqrt{R}}$$

$$A = (b + m \cdot h)h = (80,5 + 1h)h = 80,5 h + h^2$$

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

$$= 80,5 + 2h \sqrt{1 + 1^2}$$

$$= 80,5 + 2,83h$$

$$= \frac{164,3098}{86,1368} = 1.9075$$

$$V = \frac{87}{1 + \frac{0,85}{\sqrt{R}}} \sqrt{R \times 0,00329} = \frac{87 \times \sqrt{R}}{0,85 + \sqrt{R}} \times \sqrt{R \times 0,00329}$$

$$V = \frac{4,990 \times 1.9075}{0,85 \times \sqrt{1.9075}} = 4.2662$$

$$Q = AV$$

$$Q = 164.3098 \times 4.2662$$

$$= 700.9901 \text{ m}^3/\text{dt} \approx Q_{50} = 701.3953 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Elevasi dasar sungai} = + 28,26$$

$$\text{Tinggi air banjir} = \underline{\underline{2,0}}$$

$$\text{Elevasi di hilir bendung} = + 30,26$$

### 6.3 Desain Tubuh Bendung

#### 6.3.1 Lebar Efektif Mercu Bendung

$$\text{- Qpengambilan} = 5,678 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Karena debit minimum tidak diketahui maka pembilas dirancang prmbilas periodik.

$$\text{- Qpembilas di ambil} = \text{Qpengambilan} = 5,678 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{- Dirancang bukaan pintu pembilasan } 1,5 \text{ m'}$$

$$Q = A \times V \rightarrow \text{Kecepatan pembilas diambil} = 1,5 \text{ m/dt}$$

$$Q = bp \times 1,5 \times 1,5$$

$$5,678 = bp \times 1,5 \times 1,5$$

$$bp = 2,5235$$

- Didesain lebar pintu = 1,5 m, dan lebar pilar 1,0 m

$$\text{- Banyak pintu } \frac{2,5235}{1,5} = 1,6824 \sim 2 \text{ pintu dengan 1 pilar}$$

Jadi lebar saluran pembilas =  $2 \times 1,5 + 1,0 \text{ m} = 4,0 \text{ m}$

- Pilar bendung (pilar utama) direncanakan 1 buah = 1,5 m

- Lebar sungai = 80,5 m

- Pintu pembilas didesain 2 buah dengan lebar @ 1,5 = 3 m

- Pilar pintu air pembilas didesain = 1 m

- Maka lebar efektif bendung adalah :

$$\begin{aligned} Be &= 80,5 - \sum b - \sum t \\ &= 80,5 - 4 - 1,5 = 75,0 \text{ m} \end{aligned}$$

### 6.3.2 Jari – Jari Mercu Bendung

Digunakan rumus "Bunschu"

$$Q = m \cdot b \cdot d^{3/2} \cdot g^{1/2}$$

Keterangan:

$$Q = Q \text{ desain} = 701.3953 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$m = 1,33$$

$$b = 75 \text{ m}$$

$$d = 2/3 H$$

$$H = h + k$$

Maka :

$$701.3953 = 1,33 \times 75 \times d^{3/2} \times 9,81^{1/2}$$

$$d = \frac{701.3953}{1,33 \times 75 \times 9,8^{1/2}} = 2,2449 \text{ m} \rightarrow d = 2/3 H$$

$$H = 3/2 \times 2,2449 = 3,3674 \text{ m}$$

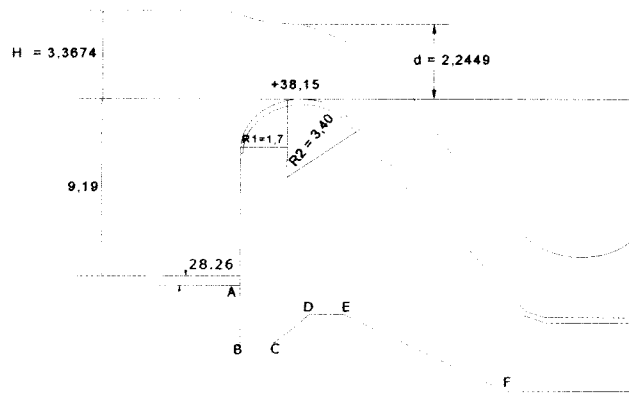
Untuk mencari R1 dipakai metode "Krengten" sebagai rumus pendekatan

bila :  $\frac{H_1}{R_1} = 3,8$  dan  $R_1 < 1\text{m}$ , maka:  $R_1 = 0,5 H$  dan  $R_2 = 2 H$

$$R_1 = \frac{3,3674}{3,8} = 0,8861 < 1 \text{ m}$$

Maka dipakai  $R_1 = 0,5 \times 3,3674 = 1,6837$  dibulatkan 1,7 m

$$R_2 = 1,7 \times 2 = 3,4 \text{ m}$$



**Gambar 6.4** Jari – jari bendung

### 6.3.3 Tinggi Muka Air Setelah Ada Bendung

Dipakai rumus

"Verwoerd" :  $k = \frac{4}{27} m^2 h^3 \left\{ \frac{1}{(h+p)} \right\}^2$

"Krengten" :  $m = 1,49 - 0,0118 \left\{ 5 - \frac{h}{R} \right\}^2$

$$Q = m \cdot b \cdot d^{3/2} \cdot g^{1/2}$$

Keterangan:

P = Elevasi mercu bendung – Elevasi dasar sungai

$$= +38,15 - + 28,26$$

$$= 9,89 \text{ m}$$

b = 80,5 m

d = 2,2449 m

H = h + k

H = 3,3674 m

Tabel hubungan antara tinggi muka air setelah ada bendung dengan debit air banjir seperti tabel dibawah ini

h	m	(1/h/p) <sup>2</sup>	k	H	d	Q
0.25	1.05118	0.01122163	0.000029	0.250029	0.166667	18.03352
0.5	1.062219	0.01065007	0.000223	0.500223	0.333333	51.54214
1	1.083875	0.00963056	0.001676	1.001676	0.666667	148.7554
1.5	1.104969	0.00875074	0.005342	1.505342	1	278.5995
2	1.1255	0.00798619	0.01199	2.011990	1.333333	436.902
2.5	1.145469	0.00731764	0.022226	2.522226	1.666667	621.4222
2.698	1.153221	0.00707591	0.02738	2.725380	1.798667	701.4051
3	1.164875	0.00672965	0.036527	3.036527	2	830.7201
3.5	1.183719	0.00620979	0.055268	3.555268	2.333333	1063.761

Dari tabel di atas didapat data – data sebagai berikut :

$$h = 2,698$$

$$m = 1,153$$

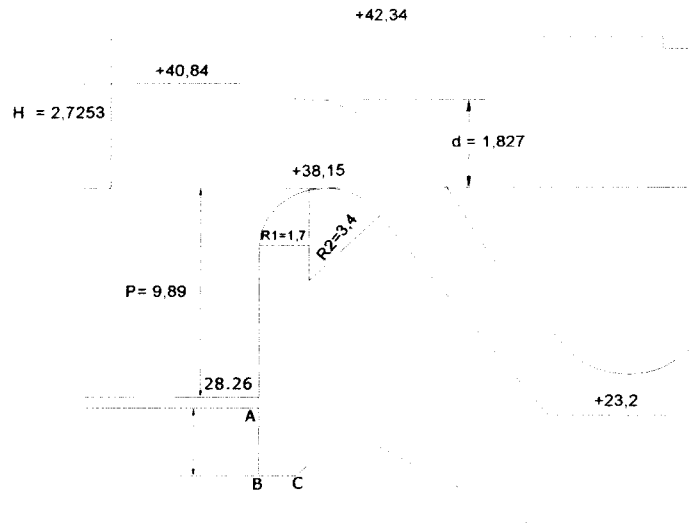
$$k = 0,0273$$

$$H = 2.7253$$

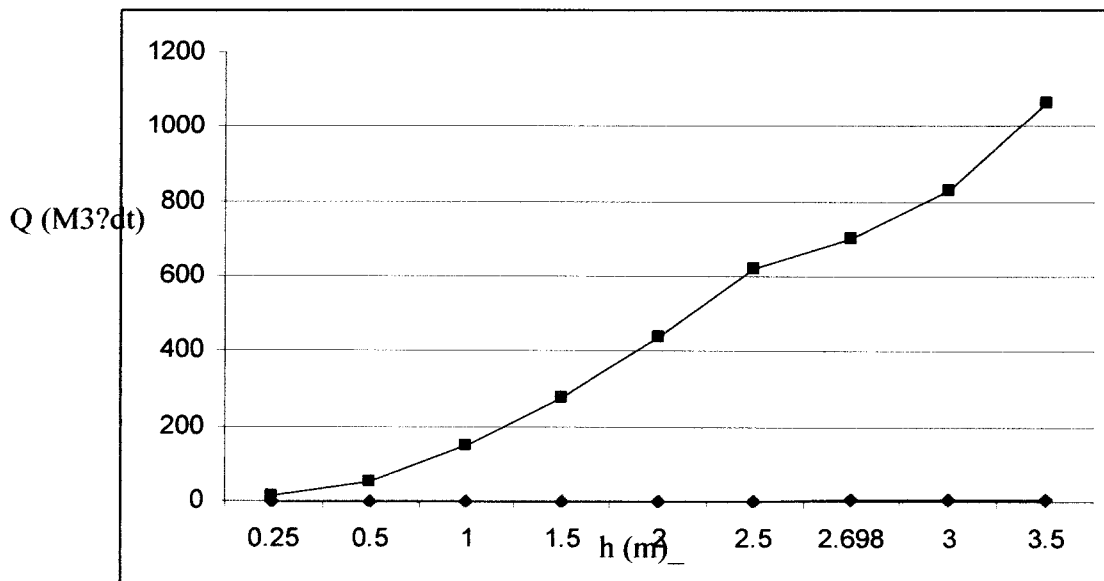
$$d = 1,827$$

$$Q = 701,4051 \text{ m}^3/\text{dt} \approx Q_{\text{Rencana}} (50) = 701.4 \text{ m}^3/\text{dt} \dots\dots\text{OK}$$

Gambar tinggi muka air setelah ada bendung seperti pada gambar 6.5. Dan gambar hubungan antara tinggi muka air setelah ada bendung dengan debit debit air banjir seperti gambar 6.5 dibawah ini;



**Gambar 6.5** Tinggi muka air setelah ada bendung



**Gambar 6.6** Lengkung debit setelah ada Bandung

### 6.3.4 Perencanaan kolam olak

Jenis kolam olak dalam desain bendung Boro ini dengan menggunakan tipe kolam olak Vlugter.

Berdasarkan rumus Vlugter

$$q = \frac{Q}{be}$$

$$q = \frac{701.3953}{75} = 9,351 m^3 / dt.m$$

$$H_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{9.35^2}{9.81}} = 2,05$$

Dari data sebelumnya maka dapat ditentukan:

- a. Elevasi air dihilir bendung = + 30.25  
(data tinggi muka air sungai sebelum ada bendung)
- b. Kehilangan energi di hilir bendung = + 0.1
- c. Elevasi tinggi energi di hilir bendung = + 30.35
- d. Elevasi tinggi energi Tinggi bendung  
di hulu bendung = +40,84
- e. Jarak antara tinggi energi muka air di atas mercu dengan elevasi muka air di hilir,

$$\Delta H = 40,84 - 30.35 = 10,49$$

$$\frac{\Delta H}{h_c} = \frac{10,49}{2,05} = 5,117$$

Kolam olak menurut Vlugter:

$$\text{Bila : } 2,0 \leq \frac{\Delta H}{h_c} \leq 15,0$$

Tinggi air hilir dari dasar ambang kolam

$$t = 3h_c + 0,1\Delta H = 3(2,05) + 0,1(10,49) = 7,1 \text{ m}$$

Maka elevasi kolam olak adalah

$$\text{Elevasi dihilir bendung} - t = 30,35 - 7,1 = +23,2$$

Tinggi ambang ujung kolam

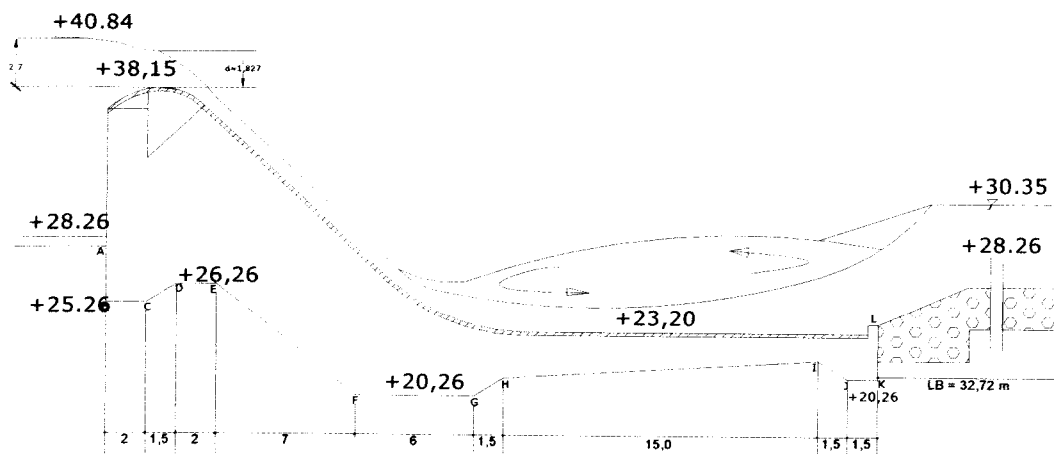
$$a = 0,28 h_c \cdot \sqrt{\frac{h_c}{\Delta H}} = 0,28 \cdot 2,05 \cdot \sqrt{\frac{2,05}{10,49}} = 0,25 \text{ m} \sim 0,3$$

$$\text{Lebar ambang ujung} = 2 \times a = 2 \times 0,3 = 0,6 \text{ m}$$

Panjang kolam olak ( L )

$$L = D = R = \text{Elevasi mercu bendung} - \text{Elevasi kolam olak}$$

$$L = D = R = 38,15 - 23,2 = 14,95 \text{ m} \sim 15 \text{ m}$$



Gambar 6.7 Sketsa Kolam Olak



3.5

Kontrol elevasi dasar kolam olak

Kecepatan awal loncatan

$$V1 = \sqrt{2g \times \left(\frac{1}{2} H_1 + Z\right)}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 9,81 \times \left(\left(\frac{1}{2} \times 2,725\right) + 9,89\right)}$$

$$= 14,85 \text{ m/dt}$$

$$Y1 = \frac{q}{V1}$$

$$q = 9,351 \text{ m}^3 / \text{dt.m}$$

$$Y1 = \frac{9,351}{14,85} = 0,63 \text{ m}$$

$$Fr = \frac{V1}{\sqrt{g \times Y1}} = \frac{14,85}{\sqrt{9,81 \times 0,63}} = 5,9$$

$$LW = 6 (Y2 - Y1)$$

$$Y2 = t = \text{tinggi air diatas ambang} = 7,1 \text{ m}$$

$$LW = 6 (7,1 - 0,63) = 38,82 \text{ m}$$

$$LB = LW - a - (\sin 45 \times R) \times 2$$

$$a = 0,3$$

$$LB = 38,82 - 0,3 - (\sin 45 \times 4) \times 2 = 32,86 \text{ m}$$

$$L = CB \times \Delta H = 9 \times 15 = 135 \text{ m}$$

Panjang garis aliran yang terjadi dibawah tubuh bendung dihitung berdasarkan gambar 6.8 (yaitu gambar hasil rancangan dimensi bendung) adalah sebagai berikut:

$$L' = AB + BC + CD + DE + EF + FG + GH + HI + IJ + JK + KL$$

$$\begin{aligned} L' &= 3 + 2 + \sqrt{1.5^2 + 1^2} + 2 + \sqrt{6^2 + 7^2} + 6 + \sqrt{1.5^2 + 1^2} + 15 + \sqrt{1.5^2 + 1^2} + 1.5 + 3 \\ &= 3 + 2 + 1,8 + 2 + 9,22 + 6 + 1,8 + 15 + 1,8 + 1,5 + 3 \end{aligned}$$

$$L' = 47,12 \text{ m}'$$

Control CB:

$$CB = \frac{47,12}{15} = 3,1413 < 9 \text{ (harga creep ratio minimum yang diijinkan)}$$

Apabila harga CB hasil hitungan lebih kecil dari CB yang diijinkan, maka dibutuhkan lantai muka.

Panjang lantai muka yang dibutuhkan adalah:

$$L_m = L - L'$$

$$L_m = 135 - 47,12 = 87,88 \text{ m}'$$

b. Cara lane

$$L = L_v + \frac{1}{3} L_H \geq C_L \cdot \Delta H$$

Dari gambar 6.8 dapat di hitung panjang aliran yang beraa dibawah tubuh bendung yaitu:

$$\Sigma L_v = AB + CD + EF + GH + IJ + KL$$

$$\Sigma L_v = 3 + \sqrt{1.5^2 + 1^2} + \sqrt{6^2 + 7^2} + \sqrt{1.5^2 + 1^2} + \sqrt{1.5^2 + 1^2} + 3$$

$$= 3 + 1,8 + 9,22 + 1,8 + 1,8 + 3$$

$$= 20,62 \text{ m}$$

$$\Sigma L_H = BC + CD + DE + EF + FG + GH + HI + IJ + JK$$

$$\Sigma L_H = 2 + 1.5 + 2 + 7 + 6 + 1.5 + 15 + 1.5 + 1.5$$

$$= 38 \text{ m}$$

Panjang garis yang tersedia:

$$L' = L_v + \frac{1}{3} L_H = 20,62 + \frac{1}{3} \times 38 = 33,287 \text{ m}'$$

Kontrol harga CL :

$$Cl = \frac{33,287}{15} = 2,219 < 6 \text{ (harga creep ratio minimum yang diijinkan)}$$

Apabila harga CB hasil hitungan lebih kecil dari CB yang diijinkan, maka dibutuhkan lantai muka.

Panjang garis minimum yang diperoleh:

$$CL = 6$$

$$L = CL \cdot \Delta H = 6 \times 15 = 90 \text{ m}$$

Panjang lantai muka yang diperlukan:

$$L_m = L - L'$$

$$= 90 - 33,287$$

$$= 56,713 \text{ m}$$

$L_m$  (bligh) >  $L_m$  (lane), maka panjang lantai muka diambil yang terbesar yaitu  $87,88 \text{ m} \approx 90 \text{ m}$  dengan koperan 15 buah @ 1 m (gambar 6.9)

c. Tinjauan terhadap "hidroulic gradient" setelah ada lantai muka

Pada saat air terbendung maka terjadi perbedaan tinggi air didepan dan belakang bendung yang menimbulkan perbedaan tekanan. Perbedaan tekanan ini mengakibatkan adanya aliran dibawah bendung. Untuk mengatasi aliran tersebut maka dibuat lantai muka dengan hasil perhitungan panjang lantai muka adalah 90 m (gambar 6.9), dari hasil tersebut maka di kontrol hidroulic gradient dengan cara lane dimana perhitungannya disajikan dalam tabel 6.3 sebagai berikut:

**Tabel 6.3** Perhitungan Hidroulic Gradient Setelah Ada Lantai Muka

Bagian	Panjang tiap bagian		Perbedaan tinggi $\Delta H = L/CL$
	Lv	Lh	
A0-A1	1.5	0	0.25
A1-A2	0	1	0.166666667
A2-A3	1	0	0.166666667
A3-A4	0	5	0.833333333
A4-A5	1	0	0.166666667
A5-A6	0	1	0.166666667
A6-A7	1	0	0.166666667
A7-A8	0	5	0.833333333
A8-A9	1	0	0.166666667
A9-A10	0	1	0.166666667
A10-A11	1	0	0.166666667
A11-A12	0	5	0.833333333
A12-A13	1	0	0.166666667
A13-A14	0	1	0.166666667
A14-A15	1	0	0.166666667
A15-A16	0	5	0.833333333
A16-A17	1	0	0.166666667
A17-A18	0	1	0.166666667
A18-A19	1	0	0.166666667
A19-A20	0	5	0.833333333
A20-A21	1	0	0.166666667
A21-A22	0	1	0.166666667
A22-A23	1	0	0.166666667
A23-A24	0	4	0.666666667

A24-A25	1	0	0.16666667
A25-A26	0	1	0.16666667
A26-A27	1	0	0.16666667
A27-A28	0	4	0.66666667
A28-A29	1	0	0.16666667
A29-A30	0	1	0.16666667
A30-A31	1	0	0.16666667
A31-A32	0	4	0.66666667
A32-A33	1	0	0.16666667
A33-A34	0	1	0.16666667
A34-A35	1	0	0.16666667
A35-A36	0	4	0.66666667
A36-A37	1	0	0.16666667
A37-A38	0	1	0.16666667
A38-A39	1	0	0.16666667
A39-A40	0	4	0.66666667
A40-A41	1	0	0.16666667
A41-A42	0	1	0.16666667
A42-A43	1	0	0.16666667
A43-A44	0	4	0.66666667
A44-A45	1	0	0.16666667
A45-A46	0	1	0.16666667
A46-A47	1	0	0.16666667
A47-A48	0	4	0.66666667
A48-A49	1	0	0.16666667
A49-A50	0	1	0.16666667
A50-A51	1	0	0.16666667
A51-A52	0	4	0.66666667
A52-A53	1	0	0.16666667
A53-A54	0	1	0.16666667
A54-A55	1	0	0.16666667
A55-A56	0	4	0.66666667
A56-A57	1	0	0.16666667
A57-A58	0	1	0.16666667
A58-A59	1	0	0.16666667
A59-A	0	4	0.66666667
A-B	3	0	0.5
B-C	0	2	0.33333333
C-D	1	1.5	0.41666667
D-E	0	2	0.33333333
E-F	6	7	2.16666667
F-G	0	6	1
G-H	1	1.5	0.41666667
H-I	0	15,82	5.16666667
I-J	1	1.5	0.41666667
J-K	0	1.5	0.25
K-L	3	0	0.5
TOTAL	45.5	134	29.38666667

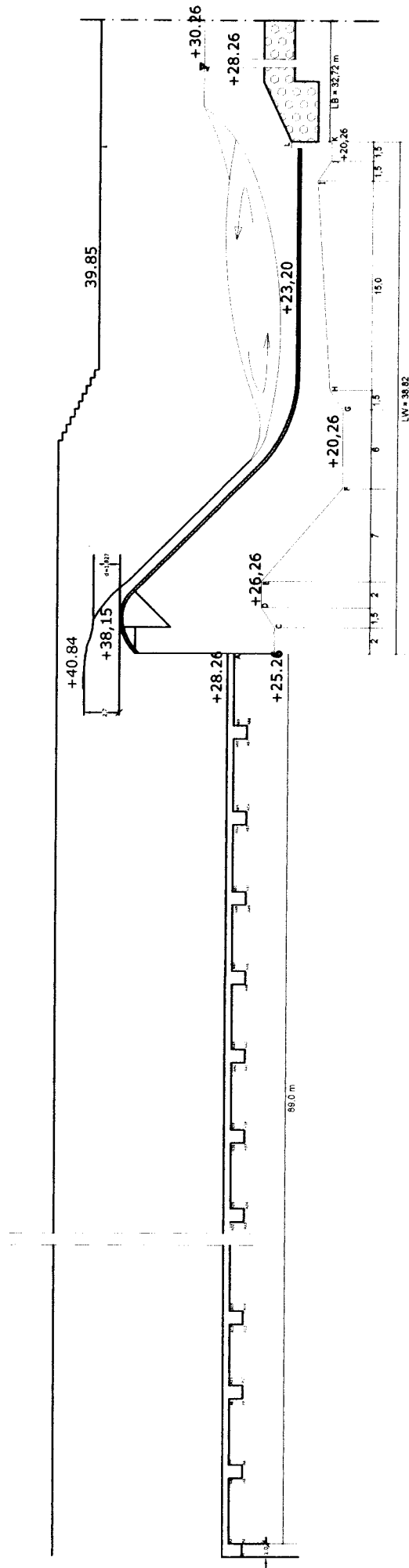
Dari hasil hitungan tabel diatas didapatkanli `

$$\Sigma L' = L_v + \frac{1}{3}L_H$$

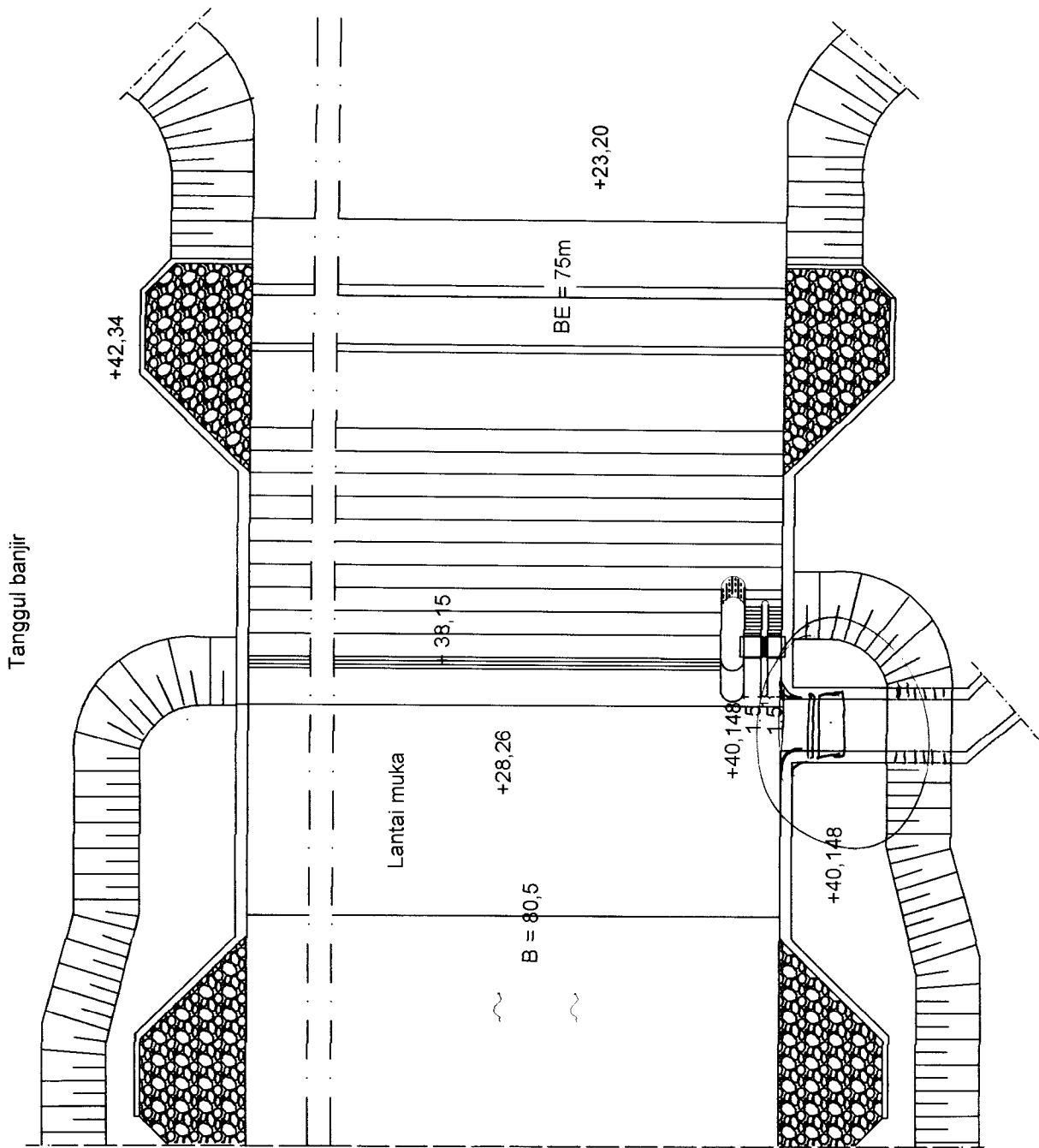
$$\Sigma L' = 45,5 + \frac{1}{3}134 = 90,1667 \text{ m}$$

$$CL = \frac{\Sigma L}{\Delta H} = \frac{90,1667}{15} = 6,011$$

➤ harga CB minimum yang diijinkan = 6 .....OK!



Gambar 6.8 Rencana Lanatai Muka



Gambar 6.23 Sketsa denah bendung



### 6.3.6 Perencanaan Teknis Perencanaan Rip-rap

Rip-rap yaitu susunan bongkahan batu alam yang berfungsi sebagai lapisan perisai untuk mengurangi kedalaman pengerusan setempat dan untuk melindungi tanah dasar dihilir peredam energi bendung.

Perhitungan rumus "USBR" adalah sebagai berikut

Kecepatan dasar hilir:

$$Q = B \times h \times V$$

$$701.3953 = 75 \times 2,7253 \times v$$

$$V = 3,43 \text{ m/dt}$$

Jadi diameter batu rip-rap adalah:

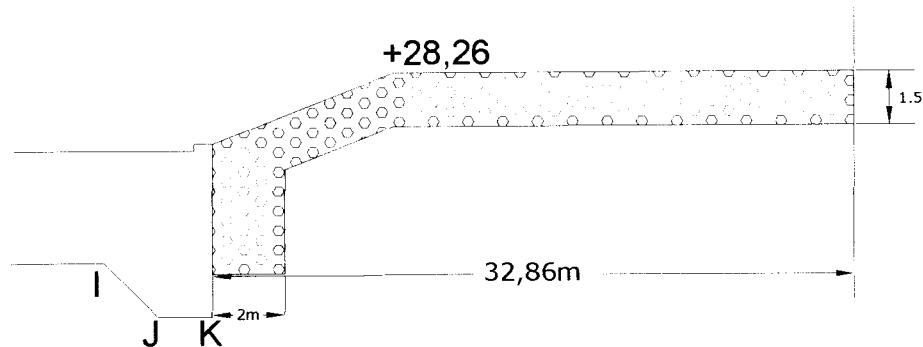
$$D = 0,79 \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= 0,79 \cdot \frac{3,43^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$= 0,47 \text{ m}$$

Panjang guruan yang terjadi (LB) adalah 32,86 m' (dari perhitungan sub 6.3.4). didesain kedalaman rip-rap 2 m untuk bagian hilir ambang akhir dan 1,5 m untuk bagian di dasar sungai hilir. Gambar sketsa rencana rip-rap adalah seperti gambar 6.10 berikut ini:





**Gambar 6.9** Rip-rap

### 6.3.6 perencanaan teknis Efek "Back Water"

Akibat adanya pembendungan air akan terjadi pengenaan air banjir (back water) dibagian hulu bendung. Untuk menentukan panjangnya back water akibat debit banjir rencana dilakukan dengan cara pendekatan sbagai berikut:

Rumus Empiris:

$$L = 2h/i$$

$$L = \frac{2 \times 1,9918}{0,00329} = 1210,82 \text{ m}$$

Dimana:

L = panjang pengaruh pembendungan (m)

h = tinggi m.a. banjir sebelum adanya bendung

(tinggi bendung + tinggi muka air banjir setelah ada bendung) – a

a = tinggi air banjir sebelum ada bendung, a = 1,9918 m

## 6.4 Desain Teknis Bangunan Intake

Bangunan intake adalah suatu bangunan pada bendung yang berfungsi sebagai penyadap aliran sungai, mengatur pemasukan air dan sedimen serta menghindarkan sedimen dasar sungai masuk ke intake. Terletak di bagian sisi bendung dan merupakan satu kesatuan dengan bangunan pembilas. Pada bendung Boro ini, intake direncanakan di satu sisi bendung.

Debit rencana pengambilan (Q) adalah sebagai berikut:

$$Q_{\text{pengambilan}} = 1,2 \times 5,678 = 6,8136 \text{ m}^3/\text{dt}$$

### 6.4.1 Desain Teknis Bangunan Pengambilan

Elevasi ambang pengambilan ditentukan berdasarkan elevasi mercu bendung, rencanakan tinggi ambang dari dasar sungai  $(9,89-2) = 7,89$  m, maka elevasi ambang pengambilan direncanakan:

$$+ 28,26 + 7,89 = + 36,15$$

Elevasi ambang pengambilan diambil 0,25 m diatas kantong pasir dalam keadaan penuh guna mencegah terjadinya pengendapan sedimen di dasar intake

$$+ 36,15 - 0,25 = + 35,9$$

Elevasi kantong pasir dalam keadaan penuh (rencana) = + 35,9

a. Propil saluran primer :

1. luas sawah + 4027 Ha
2. Q pengambilan = 5,678 m<sup>3</sup>/dt.
3. Q pengambilan yang diperhitungkan = 1,2 x 5,678 = 6,8136 m<sup>3</sup>/dt.

Q pengambilan = 6,8136 m<sup>3</sup>/dt, penampang saluran primer dirancang sebagai berikut:

$$m = 1,5$$

$$b/h = 3,1 \text{ ---- } b = 3,1 h$$

$$k = 42,5 \text{ m}^{1/3}/\text{dt}$$

$$V = 0,55 \text{ m/dt}$$

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

$$= (3,1h + 1,5h)h = 4,6h^2$$

$$Q = A \cdot V$$

$$6,8136 = 4,6 h^2 \cdot 0,55$$

$$h = 1,64 \text{ m} \approx 1,65 \text{ m}$$

$$b = 3,1 \cdot (1,65) = 5,1 \text{ m}$$

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

$$= 5,1 + 2 \cdot 1,65 \sqrt{1 + 1,5^2}$$

$$= 11,049 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{4,6 \cdot h^2}{11,049} = \frac{4,6 \cdot 1,65^2}{11,049} = 1,1334 \text{ m}$$

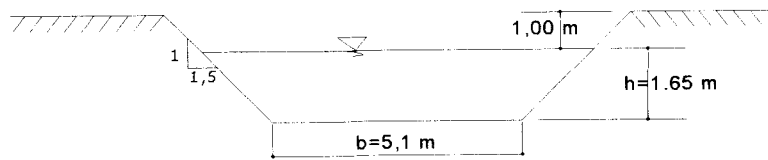
Berdasarkan standarisasi saluran ( Kreteria Perencanaan 03, hal 15)

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$0,55 = 42,5 \cdot 1,1334^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$I = 1,0774 \times 10^{-4}$$

Dari hasil hitungan, maka didapat Gambar 6.12 sebagai potongan melintang saluran.



**Gambar 6.11** Potongan Melintang Saluran Primer

b. Pintu Air Pengambilan:

1. Kehilangan energi pada pintu pengambilan,  $n = 0,05$  ;  $z = 0,05$  m
2. Kecepatan aliran pada ambang :

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot z} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,05} = 1 \text{ m/dt}$$

$b_i$  = lebar bersih bukaan (m)

$\mu$  = koefisien debit = 0,8

mencari nilai  $a = +38,15 - +36,15 - z = 1,95$  (tinggi bukaan pintu)

$$Q_n = \mu \cdot b_i \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z}$$

$$6,8136 = 0,8 \cdot b_i \cdot 1,95 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,05}$$

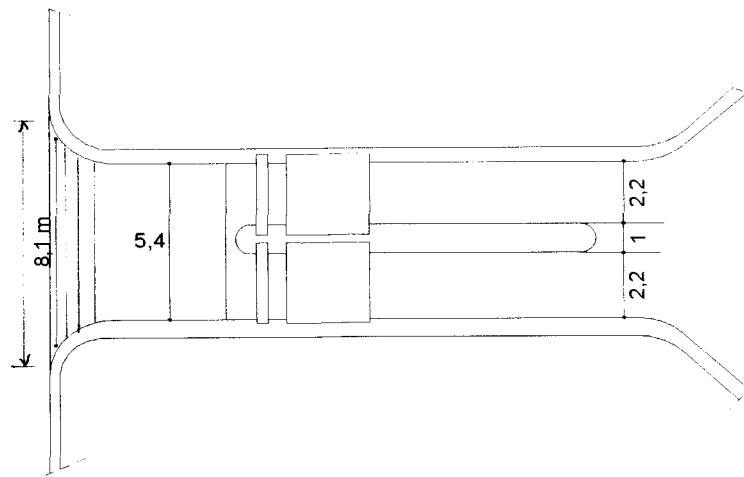
$$b = 4,4 \text{ m}$$

$$\frac{4,4}{2} = 2,2 \text{ meter}$$

Lebar pintu = 2,2 m, diambil 2 pintu = 4,4 m dan 1 pilar @ = 1,0 m

Lebar pilar dirancang 1 m'  $\rightarrow$  1 pilar = 1,0 m'

Jadi lebar saluran pengambilan =  $2 \times 2,2 \text{ m} + 1 \text{ m} = 5,4 \text{ m}'$

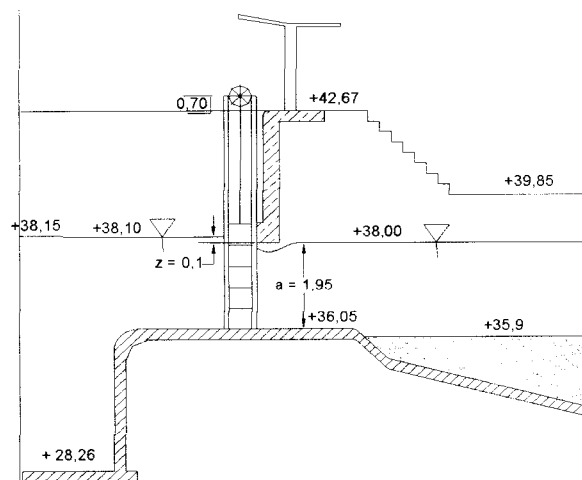


**Gambar 6.12** Ambang pengambilan

#### 6.4.2 Perencanaan Teknis Dimensi Lebar Ambang

Lebar ambang pengambilan (B) dibuat  $1,5 \times 5,4 = 8,1 \text{ m}^2$

Gambar sketsa potongan memanjang bangunan dapat dilihat pada gambar 6.13



**Gambar 6.13** Potongan Memanjang Bangunan Pengambilan

### 6.5 Pencanaan Teknis Perencanaan Bangunan Pembilas Utama

Pada saat banjir pintu pembilas ini di tutup dan banjir akan lewat diatasnya, maka tinggi pintu pembilas harus setinggi mercu bendung. Sistim pembilasan:

1. Direncanakan sebagai pembilas yang tidak kontinyu atau periodik.

$$\begin{aligned} Q \text{ pembilasan (debit andalan sungai)} &= Q \text{ pengambilan} \\ &= 5,678 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

2. Elevasi dasar bangunan pengambilan = +36,95
3. Elevasi rata-rata sungai = +28,86
4. Lebar pintu pembilas (B) direncanakan 1,5 m
5. Kecepatan aliran minimum di pintu pembilas dirancang 1,5 m/dt (diasumsikan sudah bisa membilas pasir-pasir yang akan masuk didepan pintu pembilas). Ketentuan kriteria perencanaan 02, 1986 adalah 1 – 1,5 m (sesuai dimensi sedimen yang berupa pasir-pasir / krikil)

$$Q \text{ pengambilan} = 5,678 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q \text{ eksploitasi} = 1,2 \times (5,678) = 6,8136 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q = b_p \cdot H \cdot V$$

$$6,8136 = b_p \cdot H \cdot 1,5, \text{ direncanakan bukaan pintu} = 1,5 \text{ m}$$

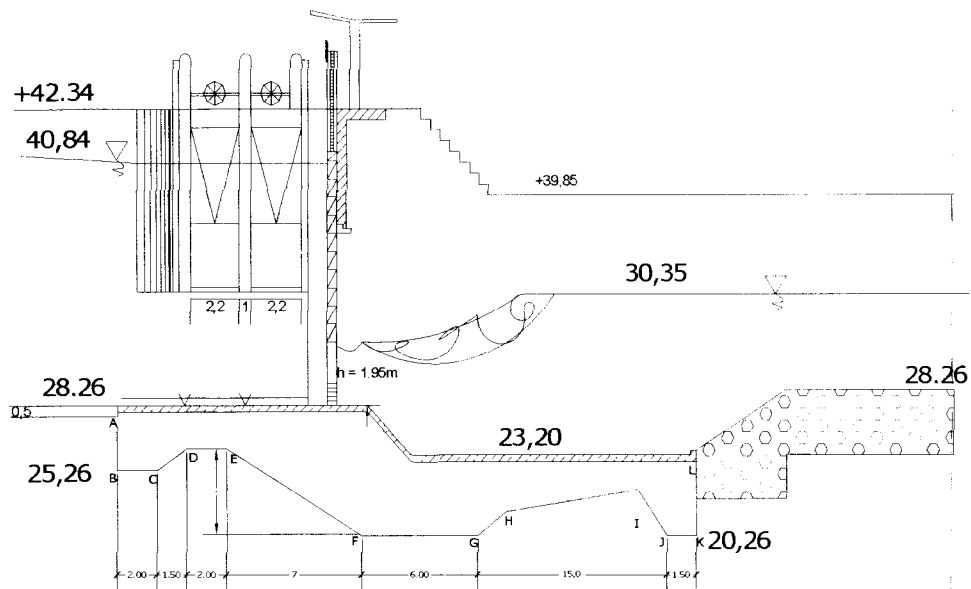
$$6,8136 = b_p \cdot 1,5 \cdot 1,5$$

$$B_p = 3,02$$

Sehingga dapat kita rencanakan 2 buah pintu dengan lebar = 1,5 m'

dan 1 pilar = 1,0 m'

Jadi lebar saluran pembilas adalah: = (2 x 1,5) + (1 X 1) = 4,0 m'



**Gambar 6.14** Potongan Memanjang Bangunan Pembilas

#### Ukuran Pintu Pembilas Utama

Lebar pintu = 1,5 m

Tinggi pintu = 10 m

Tinggi satu blok diambil = 0,2 m

Muka air banjir = + 40,84

Gaya tekanan air dihitung dengan rumus:

$$P_1 = \gamma_w \cdot h$$

Gaya tekanan lumpur dihitung dengan rumus:

$$P_2 = \frac{1}{2} \gamma_s \cdot h^2 \left( \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right)$$

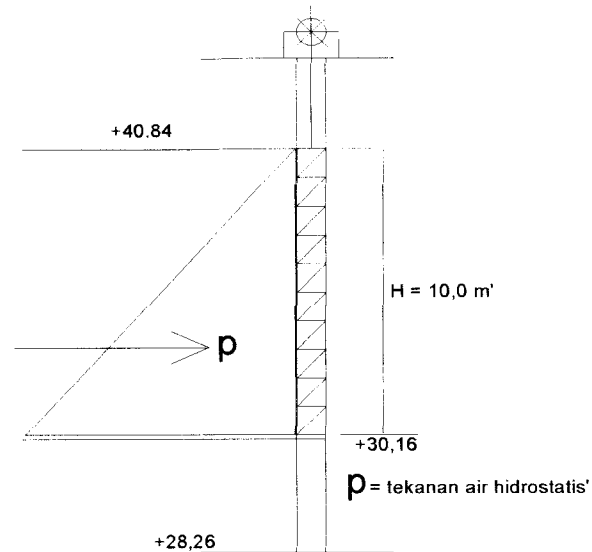


Dimana :

$\gamma_s$  = berat jenis lumpur = 1,6 t/m<sup>3</sup>

$\phi$  = sudut geser lumpur = 30°

$h$  = tinggi lumpur = 1,00 m



**Gambar 6.15** Sketsa Tekanan Air Pada Pintu

1. Tekanan air dan lumpur :

a. Dibagian b :

$$\begin{aligned}
 P_l &= \gamma_w \cdot h + \frac{1}{2} \gamma_s \cdot h^2 \left( \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right) \\
 &= 1 \times (11,888 - 0,2) + \frac{1}{2} \times 1,6 \times (1 - 0,2)^2 \times 0,33 \\
 &= 11,8569 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

b. Dibagian a :

$$P_l = \gamma_w \cdot h + \frac{1}{2} \gamma_s \cdot h^2 \left( \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right)$$

Jumlah tekanaa pada pintu :

$$1,5 \times 10,888 \times 11388 = 185988,816 \text{ kg} = 185,989 \text{ ton}$$

$$B_j \text{ kayu} = 0,9 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Berat sendiri kayu} = 0,2 \times 1,7 \times 1 \times 0,9 = 0,46359 \text{ ton}$$

$$\text{Berat sendiri besi} = 0,7 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tarik} &= 98,12 \times 0,4 \times (0,46359 + 0,7) \\ &= 40,41 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Untuk satu stang} = \frac{40,41}{2} = 20,20$$

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tekan} &= \text{tekanan pada pintu} \times \text{koef. geser (berat pintu + besi)} \\ &= 98,12 \times 0,4 - (0,46359 + 0,7) \\ &= 38,41 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Untuk satu stang} = \frac{38,41}{2} = 19,205 \text{ ton}$$

Perhitungan pada tarik :

$$P1 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times 6$$

$$20200 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times 6$$

$$d = 65,49 \text{ mm}$$

Perhitungan pada tekan:

$$\text{Angka keamanan} = 5$$

$$E = 2 \times 10^6 \quad : I = \frac{1}{6} \pi \cdot d^4$$

$$5 \times P = \frac{\pi^2 \cdot EI}{L^2} \rightarrow 5 \times 19205 = \frac{\pi^2 \cdot (2 \times 10^6) \cdot \frac{1}{64} \pi \cdot d^4}{L^2}$$

$$5 \times 19205 = \frac{\pi^2 \cdot (2 \times 10^6) \cdot \frac{1}{64} \pi \cdot d^4}{1411,5^2}$$

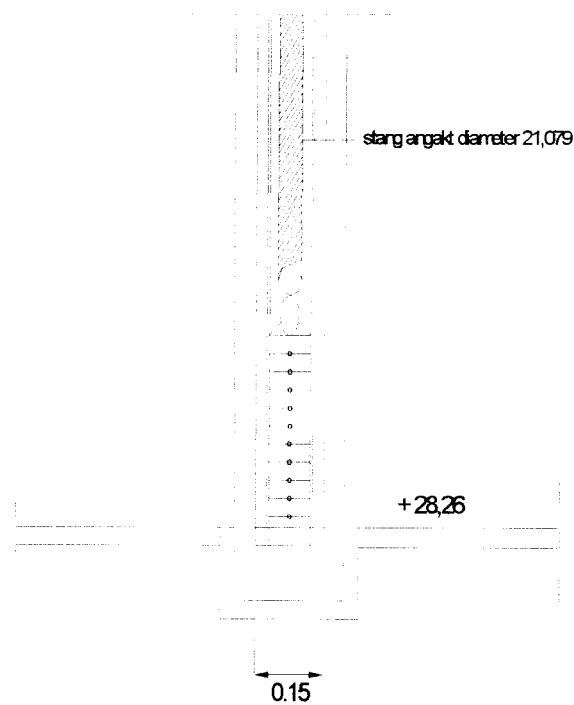
$$d^4 = \frac{5 \times 19205 \times 1411,5^2 \times 64}{\pi^3 \times 2 \times 10^6}$$

$$d^4 = 197445,14$$

$$d = 21,079 \text{ cm}$$

(L: jarak antara elevasi bangunan pembilas dengan elevasi tanggul)

Jadi ukuran stang pintu dengan diameter (d) = 17,156 cm.



**Gambar 6.17** Tampak Potongan Pintu Pembilas Utama

## 6.6 Desain Teknis Saluran Penangkap Pasir

### A. Pada Saat Eksploitasi Normal

#### 1. Volume Kantong Lumpur

$$Q_r = 1,2 Q_{\text{pengambilan}} = 1,2 \times 5,678 = 6,8136 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Untuk jarak waktu pembilasan kantong pasir, tergantung pada eksploitasi jaringan irigasi, banyaknya sedimen di sungai, luas tampung serta tersedianya debit air sungai yang di butuhkan untuk pembilasan. Untuk tujuan perencanaan, biasanya diambil jarak waktu tujuh sampai empat belas hari. Untuk itu diambil waktu (T) selama tujuh hari untuk waktu pembilasan kantong pasir.

$$\begin{aligned} V &= 0,0005 \cdot Q_n \cdot T \\ &= 0,0005 \cdot 6,8136 \cdot (3600 \cdot 24 \cdot 7) = 2060,43 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### 2. Penentuan In (pada keadaan normal)

Dari  $Q = 6.8136 \text{ m}^3/\text{dt}$  maka didapat data sebagai berikut:

$$m = 2, n = b/h = 1,5 \rightarrow b = 5,4 \text{ m}$$

$$V_n = 0.6 \text{ m/dt}$$

$$Q_n = A_n \cdot V_n$$

$$A_n = \frac{Q_n}{V_n} = \frac{6,8136}{0,6} = 11,356 \text{ m}^2$$

$$A_n = (b + mh) \cdot h$$

$$11,356 = (5,4h + 2h) \cdot h$$

$$\begin{aligned} h &= (11,356/6,4)^{1/2} \\ &= 1,23 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$= 5,4 + (2 \cdot 1,23 \sqrt{1 + 2^2}) = 10,90 \text{ m}$$

$$R_n = \frac{A_n}{P_n} = \frac{11,356}{10,91} = 1,04 \text{ m}$$

$$V_n = K_s \cdot R_n^{2/3} \cdot I_n^{1/2}$$

$$I_n = \frac{V_n^2}{\left(R_n^{2/3} \cdot K_s\right)^2} = \frac{0,6^2}{\left(1,04^{2/3} \cdot 45\right)^2} = 1,6872 \times 10^{-4}$$

### B. Pada saat kantong dalam keadaan kosong

Penentuan  $I_s$  (kemiringan energi selama pembilasan, pintu pembilas pada bangunan penguras ditutup penuh, sedangkan pintu pengambilan dibuka).

$$Q_s = Q_r = 6.8136 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$V_s = 1,5 \text{ m}/\text{dt} \text{ (diambil)}$$

$$K_s = 45 \text{ m}^{1/2} / \text{dt}$$

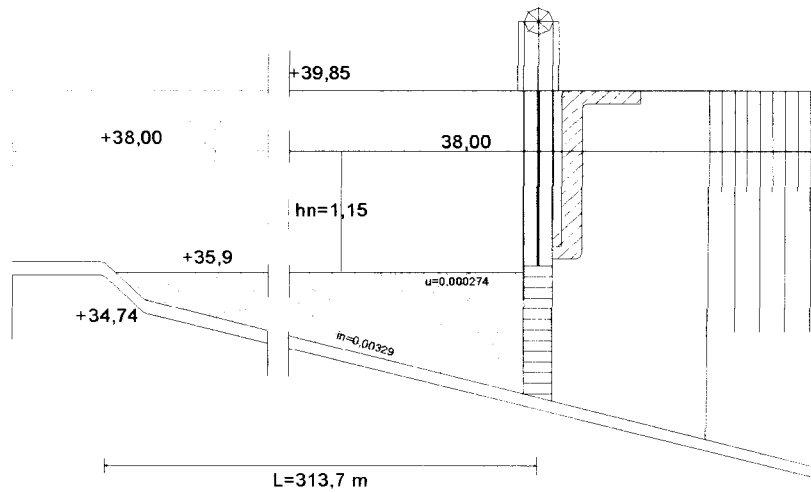
$$A_s = \frac{Q_s}{V_s} = \frac{6,8136}{1,5} = 4,5424 \text{ m}^2$$

$$H_s = \frac{A_s}{b} = \frac{4,5424}{5,4} = 0,8411 \text{ m}$$

t

n

n



**Gambar 6.19** Potongan Memanjang Kantong Lumpur

### 6.7 Desain Teknis Bangunan Pembuang Pasir

Bangunan pembilas direncanakan menggunakan sistim pembilasan tidak kontinyu.

$$B \times h_s = b_{nf} \times h_f$$

Dibuat bukaan satu pintu, dengan lebar pintu ( $b_{nf}$ ) = 1 m

$$b = 3,915 \text{ m}$$

$$h_s = 2,610 \text{ m}$$

$$B \times h = b \times h$$

$$3,915 \times 2,610 = 1 \times h_f \rightarrow h_f = 10,22 \text{ m}$$

$$\text{Jadi kedalaman tambahan adalah : } h_f - h_s = 10,22 - 2,610 = 7,61 \text{ m}$$

## 6.10 Desain Teknis Stabilitas Bendung

Stabilitas bendung selama debit rendah

1. Elevasi air hulu/elevasi mercu bendung = 38,15
2. Elevasi ambang kolam olak = + 23,22

Gaya- gaya yang bekerja pada bendung adalah :

- a. Gaya "up-lift pressure "
- b. Gaya berat tubuh bendung
- c. Gaya gempa
- d. Gaya tekan lumpur
- e. Gaya tekan hidrostatik

### 6.10.2 Desain Teknis Gaya "up-lift Pressure"

"Up-lift Pressure" adalah tahanan yang bekerja didasarkan bidang kontak bendung disebabkan adanya aliran air tanah. Besarnya tahanan dipengaruhi oleh beda tinggi air dan elevasi bidang kontak yang ditinjau serta panjang garis aliran air tanah.

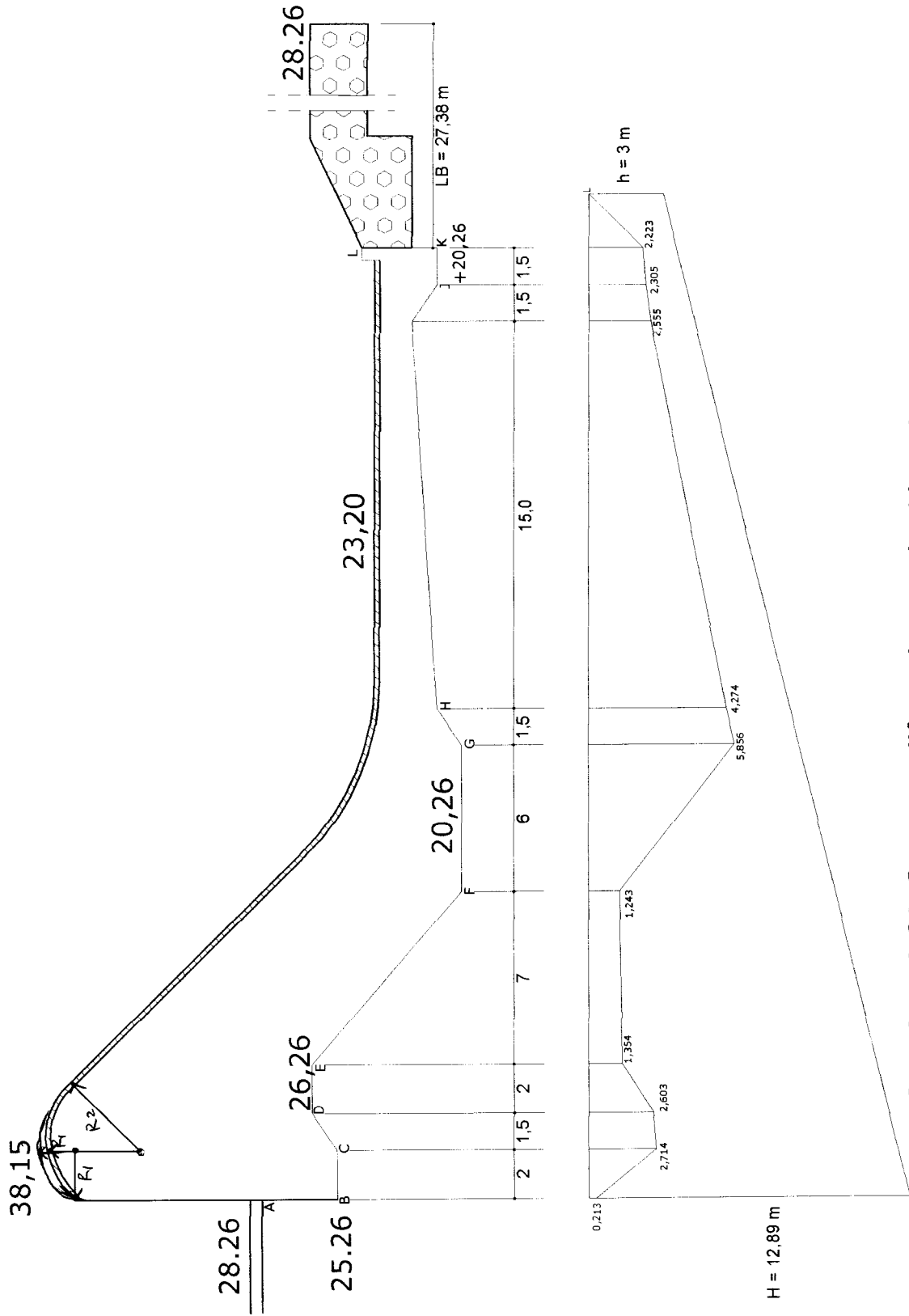
$$U_x = H_x - \frac{L_x}{\sum L} \Delta H$$

Dimana:

$\sum L$  = jumlah total *creep line* (m)

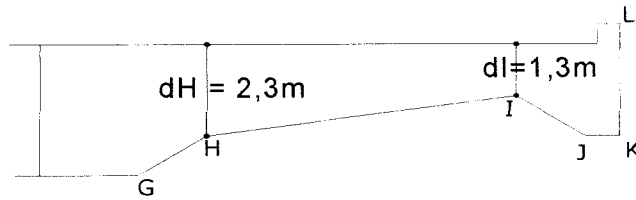
$\Delta H$  = 38,15 - + 23,2 = 14,95 m ~ 15 m

$$\sum L = 45,5 + \frac{1}{3} 134 = 90,167 \text{ m}$$



Gambar 6.23 Gaya up-lift pada pondasi bendung





**Tabel 6.6** Perhitungan tinggi tekanan up-lift pressure pada titik tertentu

Titik point	Lx	$(Lx/\sum L) \times \Delta H$	Hx	Ux
	4	$5 = (4/\sum L) \times \Delta H$	6	7=6-5
A	58.16666667	9.67648918	9.89	0.21351082
		0		
B	61.16666667	10.1755631	12.89	2.71443688
		0		
C	61.83333333	10.2864684	12.89	2.60353156
		0		
D	63.33333333	10.5360054	11.89	1.35399459
		0		
E	64	10.6469107	11.89	1.24308927
		0		
F	72.33333333	12.0332272	17.89	5.85677277
		0		
G	74.33333333	12.3659432	17.89	5.52405681
		0		
H	75.83333333	12.6154802	16.89	4.27451984
		0		
I	86.16666667	14.3345126	16.89	2.55548737
		0		
J	87.66666667	14.5840496	16.89	2.3059504
		0		
K	88.16666667	14.6672286	17.69	3.02277141
		0		
L	91.16666667	15.1063025	14.8	-0.3663025
TOTAL				

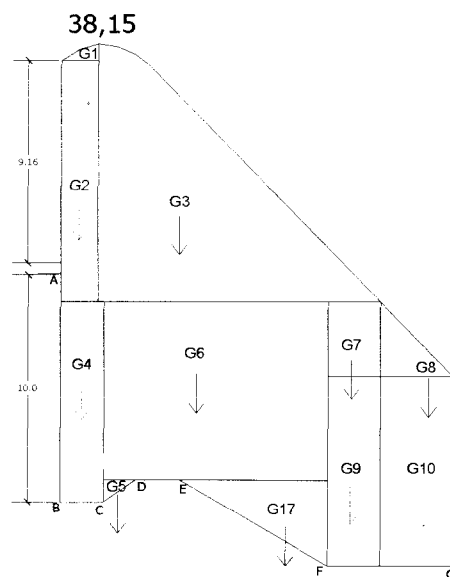
Sketsa gambar-gambar dapat dilihat pada gambar 6.24

Tabel 6.8 perhitungan berat konstruksi bendung dan momen vertikal

Gaya	Berat Konstruksi (G)(Ton)	Jarak terhadap G(m)	Momen Tm
G1	$0,5 \times 3,14 \times 1,7^2 \times 2,2 =$ 9.9820	17.5	174.685
G2	71.1348	17.5	1244.859
G3	134.514	14.5	1950.453
G4	4.4	17	74.8
G5	1.65	15	24.75
G6	39.6	9	356.4
G7	9.24	8.5	78.54
G8	10.89	6	65.34
G9	48.578	3	145.734
<b>Total</b>	<b>260.5388</b>		<b>4115.561</b>

Keterangan :

Nilai mencari nilai berat konstruksi, menggunakan perhitungan program komputer excel.



Gambar 6.25 Berat sendiri tubuh bendung

### 6.10.3 Akibat Gempa

Untuk menghitung gaya akibat gempa, maka dipakai rumus:

$K = k \times G$  (Soewarno, Ir, 1972, Perhitungan Bendung Tetap, Direktorat Jendral Pengairan).

Dimana :  $K$  = gaya akibat gempa, diambil arah horizontal (  $\rightarrow$  )

$k$  = koefisien gempa

$G$  = berat tubuh bendung

Dari lampiran didapat :

- Tanah dasar termasuk alluvium,
- $n = 0,8$  ;  $m = 1,05$
- Zone ( $z$ ) = 1
- Periode ulang 50 thn ( $ac$ ) = 126,836 (interpolasi)

$$Ad = n \times (ac \times z)^m = 0,8 \times (126,836 \times 1)^{1,05} = 129,27 \text{ cm/dt}^2$$

$$k = ad/g = \frac{129,27}{9,8 \times 10^2} = 0.13$$

Tabel 6.9 Perhitungan gaya dan momen akibat gempa

Gaya	G	K	K ton)	Lengan G(m) V	Momen (Tm)
G1	$0,5 \times 3,14 \times 2^2 \times 2,2 =$ 9.9820	0.1	0.9982	14.7	14.67354
G2	71.1348	0.1	7.11348	10.75	76.46991
G3	143.297	0.1	14.3297	10.75	154.044275
G4	4.4	0.1	0.44	6	2.64
G5	1.65	0.1	3.3	6	19.8
G6	39.6	0.1	3.96	4.2	16.632
G7	112.2	0.1	11.22	4.8	53.856
G8	10.89	0.1	1.089	4.5	4.9005
G9	48.84	0.1	4.884	1.82	8.88888
<b>TOTAL</b>	<b>372.2818</b>	<b>Σ G</b>	<b>42.45038</b>	<b>Σ MG</b>	<b>343.016225</b>

Keterangan:

Nilai mencari gaya (G) menggunakan perhitungan program komputer excel

#### 6.10.4 Rencana Pembebanan

Tabel 6.10 Rencana pembebanan dalam keadaan normal

No	Jenis Beban	Gaya		Momen	
		H	V	Mah	MaV
1	Berat sendiri	-	260.5388	-	4,115.561
2	Tekanan <i>up lift pressure</i>	180.0725	41.4443	2114.3594	-
3	Tekanan lumpur	180.0725		2114.3594	
4	Beban genpa	42.45038	-	343.01623	-
5	Beban sementara	222.5228	219.0945	2457.3756	4115.561

Stabilitas bendung dalam keadaan normal, ditinjau terhadap:

#### 1. Penggulinagan

Stabilitas terhadap guling di cek samapai titik K

$$\text{Beban tetap : SF} = \frac{\sum MA_v}{\sum MA_h} \geq 1,5$$

$$= \frac{4115,561}{2114,3594} = 1,94 \geq 1,5 \dots\dots\dots\text{aman}$$

$$\text{Beban sementara : SF} = \frac{\sum MA_v}{\sum MA_h} \geq 1,5$$

$$= \frac{4115,561}{2457,3756} = 1,67 \geq 1,5 \dots\dots\dots\text{aman}$$

## 2. Penggeseran

Stabilitas terhadap geser di cek sampai titik K dengan keseluruhan gaya yang bekerja pada bendung.

Tabel 6.11 Perhitungan momen dan gaya *up-lift pressure* dalam keadaan normal.

Gaya	Luas x tekanan	Gaya		lengan G (m)	Momen ( Tm )
		V	H		
W1	$0.5 \times (0,213 + 2,714) \times 2 = 2,927$	2.927		37.82	110.69914
W2	15.7155	3.98775		36	143.559
W3	4.143	4.143		34	140.862
W4	9.0895	9.0895		36.82	334.67539
W5	21.297	21.297		32	681.504
W6	7.5975	7.5975		29	220.3275
W7	95.606	95.606		25	2390.15
W8	3.645	3.645		22.5	82.0125
W9	3.396	3.396		21	71.316
W10	147.5925		147.5925	8.5	1254.53625
W11	2.6585		2.6585	3.5	9.30475
W12	5.065		5.065	-0.5	-2.5325
W13	2.43		2.43	0.5	1.215
W14	2.4708645		2.4708645	0.65	1.606061925
	jumlah	151.68875	160.2168645		5439.235092

Keterangan :

Nilai mencari luas x tekanan menggunakan perhitungan program komputer excel.

Tabel 6.12 Perhitungan berat konstruksi bendung dan momen vertikal

Gaya	Berat Konstruksi (G)(Ton)	Jarak terhadap K(m)	Momen Tm
G1	$0,5 \times 3,14 \times 1,7^2 \times 2,2 =$ 9.9820	37.82	377.51924
G2	71.1348	36	2560.8528
G3	134.514	34	4573.476
G4	4.4	36.85	162.14
G5	1.65	32	52.8
G6	39.6	29	1148.4
G7	9.24	25	231
G8	10.89	22.5	245.025
G9	48.84	21	1025.64
G10	1.65	19.5	32.175
G11	39.6	16.5	653.4
G12	99	10.5	1039.5
G13	1.65	2.1	3.465
G14	3.3	0.75	2.475
Total	475.4508		12107.86804

Keterangan :

Nilai mencari gaya dan momen (G1) menggunakan perhitungan program komputer excel

Tabel 6.13 Perhitungan gaya dan momen dan akibat gempa

Gaya	G	K	K ton)	Lengan K(m) V	Momen (Tm)
G1	$0,5 \times 3,14 \times 2^2 \times 2,2 =$ 9.9820	0.1	0.9982	14.7	14.67354
G2	71.1348	0.1	7.11348	10.75	76.46991
G3	143.297	0.1	14.3297	10.75	154.044275
G4	4.4	0.1	0.44	6	2.64
G5	1.65	0.1	3.3	6	19.8
G6	39.6	0.1	3.96	4.2	16.632
G7	9.24	0.1	0.924	4.8	4.4352
G8	10.89	0.1	1.089	4.5	4.9005
G9	48.84	0.1	4.884	1.82	8.88888

G10	1.65	0.1	0.165	-0.5	-0.0825
G11	33	0.1	3.3	0.5	1.65
G12	88	0.1	8.8	1.75	15.4
G13	1.65	0.1	0.165	0.75	0.12375
G14	3.3	0.1	0.33	0.5	0.165
<b>TOTAL</b>	<b>269.3218</b>	<b>Σ G</b>	<b>49.79838</b>	<b>Σ MG</b>	<b>319.740555</b>

Keterangan :

Nilai mencari gaya dan momen (G1) menggunakan perhitungan program komputer excel.

Tabel 6.14 Rencana pembebanan dalam keadaan air normal

No	Jenis Beban	Gaya		Momen	
		H	V	Mah	MaV
1	Berat sendiri	-	475.4508	-	12,107.868
2	Tekanan <i>up lift pressure</i>	160.2169	151.6888	5439.2351	-
3	Tekanan lumpur	160.2169		5439.2351	
4	Beban genpa	49.79838	-	319.74056	-
5	Beban sementara	210.0152	323.7621	5758.9756	12107.868

f = koefisien geser = 0,75 (KP-02, tabel 6.4, hal 121)

$$\text{Beban tetap : SF} = \frac{\sum V \cdot f}{\sum H} \geq 1,5$$

$$= \frac{323.7621 \times 0,75}{160,2169}$$

$$= 1.515 \geq 1,5 \dots\dots\dots \text{aman}$$

### 3. Kontrol terhadap kern/aksentrisitas

Beban tetap :

Didapat kan jumlah  $\sum LH = 35$

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{B}{2} - \frac{M}{V} < \frac{1}{6} B = \frac{1}{6} \times 35 = 5.8 \text{ m} \\
 &= \frac{35}{2} - \frac{(12107,868 - 5439,2351)}{323,7621} \\
 &= -3,097 < 5,4 \dots\dots\dots \text{aman}
 \end{aligned}$$

Beban sementara :

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{B}{2} - \frac{M}{V} < \frac{1}{6} B \\
 &= \frac{35}{2} - \frac{(12107,868 - 5758,9756)}{323,7621} \\
 &= -2,109 < 5,833 \dots\dots\dots \text{aman}
 \end{aligned}$$

#### 4. Kontrol terhadap tekanan tanah yang timbul

Berdasarkan Lampiran, tekanan tanah yang diijinkan sebesar  $\bar{\sigma} = 30 \text{ T/m}^2$ .

Beban tetap:

$$\sigma = \frac{V}{A} x \left( 1 \pm \frac{6xe}{B} \right)$$

$$\sigma = \frac{323,7621}{35} x \left( 1 - \frac{6x(-3,097)}{35} \right)$$

$$\sigma \text{ maks} = 14,153 \text{ T/m}^2 < \bar{\sigma} = 30 \dots\dots\dots \text{aman}$$

$$\sigma = \frac{323,7621}{35} x \left( 1 + \frac{6x(-3,097)}{35} \right)$$

$$\sigma \text{ min} = 4,339 \text{ T/m}^2 > 0 \dots\dots\dots \text{aman}$$



Beban Sementara :

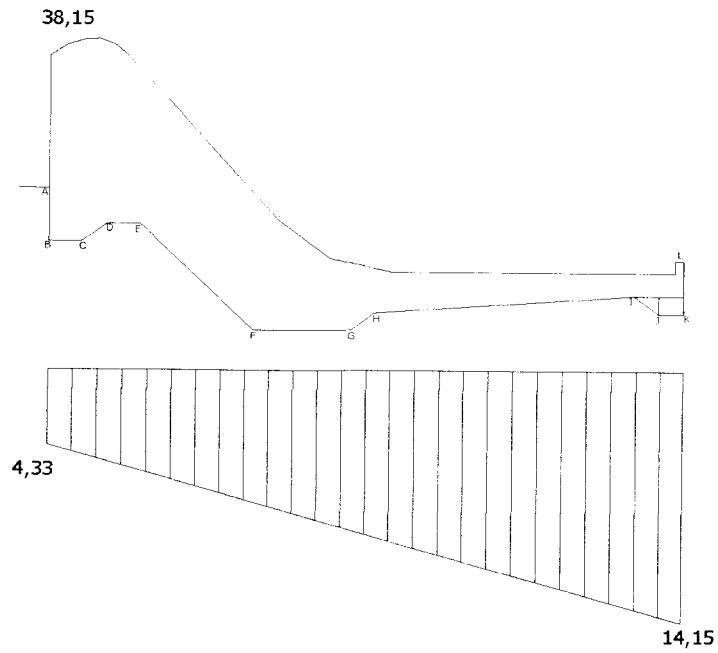
$$\sigma = \frac{V}{A} x \left( 1 \pm \frac{6xe}{B} \right)$$

$$\sigma = \frac{232.7621}{35} x \left( 1 - \frac{6x(-2,109)}{35} \right)$$

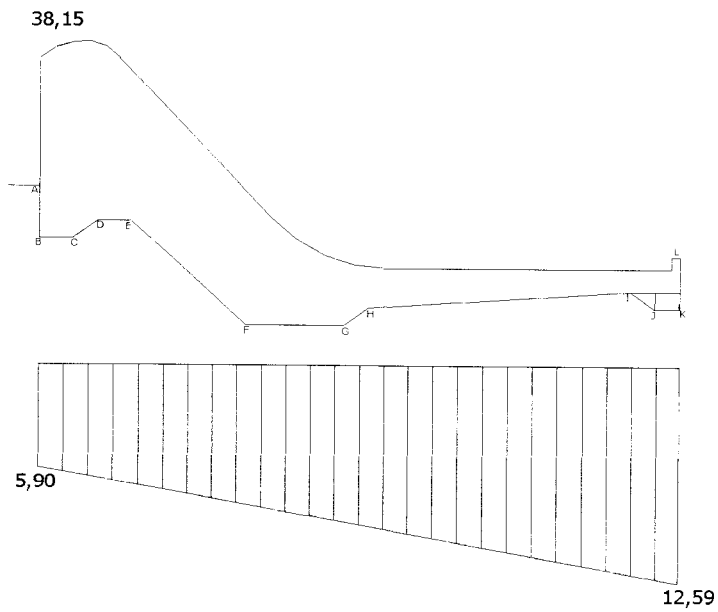
$$\sigma \text{ maks} = 12,595 \text{ T/m}^2 < \bar{\sigma} = 30 \text{ .....aman}$$

$$\sigma = \frac{232.7621}{35} x \left( 1 + \frac{6x(-2,109)}{35} \right)$$

$$\sigma \text{ min} = 5,906 \text{ T/m}^2 > 0 \text{ .....aman}$$



**Gambar 6.27** Diagram tekanan tanah untuk beban tetap



**Gambar 6.28** Diagram tekanan tanah untuk beban sementara

## 5. Kontrol tegangan ijin tanah

$$C = 0,5 \text{ kg/cm}^2 = 5 \text{ t/m}^2 \gamma = \text{t/m}^3$$

(Data tanah, dari lampiran)

$$\Phi = 33^\circ \rightarrow N_\gamma = 30 \quad ; B = \text{Lebar pondasi} = 35 \text{ m}$$

$$N_c = 38 \quad ; D_f = \text{Kedalaman pondasi} = 7,5 \text{ m}$$

$$N_q = 20$$

$$Q_{ult} = C.N_c + \gamma D_f.N_q + 0,5.B.\gamma .N_\gamma$$

$$= 5 \times 45 + 1,66 \times 7,5 \times 30 + 0,5 \times 35 + 1,66 \times 29 = 664,14 \text{ T/m}^2$$

$$\sigma_{\text{tanah}} = \frac{q_{ult}}{3} = \frac{664,14}{3} = 221,38 > 30 \text{ T/m}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

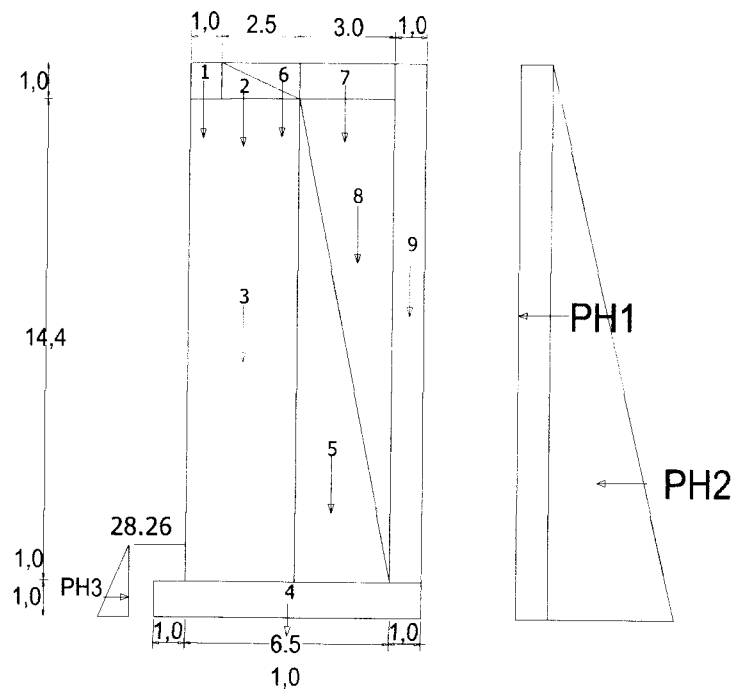
**6.11 Stabilitas Tembok Penahan Tanah**

Data tanah yang diperlukan untuk mengontrol stabilitas tembok penahan tanah diambil berdasarkan lampiran adalah sebagai berikut:

1. Berat volume pasangan batu ( $\gamma_{bt}$ ) = 2,2 t/m<sup>3</sup>
2. Berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ) = 1,660 t/m<sup>3</sup>
3. Derajat kekenyangan air = 56,41 %
4. Sudut geser dalam butir tanah ( $\phi$ ) = 33<sup>0</sup>
5. Sudut antara dinding dan tekanan tanah ( $\phi'$ ) = 27<sup>0</sup>

Analisis gaya-gaya yangn bekerja adalah sebagai berikut:

- a. Akibat tekanan tanah aktif dan pasif



Gambar 6.34 Gaya dan diagram tekanan tembok penahan tanah

Tabel 6.15 Gaya vertikal dan momen total

Bagian	Gaya Vertikal (W) Ton	Lengan Terhadap titik A(m)	Momen Tm
1	$1 \times 1 \times 2.2 = 2.2$	1.5	3.3
2	$0.5 \times 2.5 \times 1 \times 2.2 = 2.75$	2.83	7.7825
3	$3.5 \times 13.4 \times 2.2 = 110.88$	2.5	277.2
4	$1 \times 8.5 \times 2.2 = 18.7$	4.25	79.475
5	$0.5 \times 14.4 \times 3 \times 2.2 = 47.52$	5.5	261.36
6	$0.5 \times 2.5 \times 1 \times 1.66 = 2.075$	3.67	7.61525
7	$3 \times 1 \times 1.66 = 4.98$	6	29.88
8	$0.5 \times 14.4 \times 3 \times 1.66 = 35.856$	6.5	233.064
9	$1 \times 15.4 \times 1.66 = 25.564$	7	178.948
total	$\Sigma W = 250.525$		1078.62475

Keterangan:

Nilai mencari gaya (G) menggunakan perhitungan program komputer excel.

Titik berat semua beban vertikal terhadap titik A

$$eI = \frac{\sum M}{\sum W} = \frac{1078,624}{250,525} = 4,305 \text{ (tanpa beban gempa)}$$

perhitungan koefisien tanah :

$$\alpha = \text{arc tg } \frac{4,305}{2}$$

$$= 65,08^{\circ}$$

Koefisien tanah aktif ( $K_a$ )

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \Phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \Phi') \left[ 1 + \frac{\sin(\phi + \Phi') \sin(\Phi - \delta)}{\sin(\alpha + \Phi') \sin(\alpha + \delta)} \right]^2}$$

Koefisien tanah pasif ( $K_p$ )

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \Phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha + \Phi') \left[ 1 - \frac{\sin(\phi + \Phi') \sin(\Phi + \delta)}{\sin(\alpha + \Phi') \sin(\alpha + \delta)} \right]^2}$$

Dimana :

$K_a$  = Koefisien tekanan tanah aktif

$K_p$  = Koefisien tekanan tanah pasif

$\alpha$  = Sudut dinding bagian bawah

$\Phi$  = Sudut gesek dalam antar butir tanah

$\Phi$  = Sudut gesek antara dan dinding

$\delta$  = Kemiringan tanah

$$K_a = \frac{\sin^2(65,08 + 33)}{\sin^2 65,08 \sin(65,08 - 27) \left[ 1 + \frac{\sin(33 + 27) \sin(33 - 0)}{\sin(65,08 - 27) \sin(65,08 + 0)} \right]^2}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{W1.X1xW2.X2}{KgempaY1 + PHy} > 1,5 \\
 &= \frac{182.05x3.60 + 68.678x6.94}{26.57x7.71 + 103.538x5.3810} > 1,5 \\
 &= 1.94 > 1,5 \dots\dots\dots\text{aman}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{MomenTanahTotal}{MomenGempa + MomenPHtotal} > 1,5 \\
 &= \frac{747,242}{(36.577x3,734) + 136,578} > 1,5 \\
 &= 2,73 > 1,5 \dots\dots\dots\text{aman}
 \end{aligned}$$

b. Tinjauan terhadap eksentrisitas (e)

Koordinat gaya-gaya terhadap titik A:

$$x = \frac{\sum Mv}{\sum v} = \frac{747,242}{250,528} = 2,982$$

$$y = \frac{\sum MH}{\sum H} = \frac{1862,583}{312,672} = 5,95$$

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{\sum H.y - \sum V(x - 1/2B)}{\sum Mv} \leq \frac{B}{6} \\
 &= \frac{(312.672x5,837 - 250,528x(4,512 - 0,5x8,5))}{250,528}
 \end{aligned}$$

$$= 1,24 < \frac{8,5}{6} = 1,417 \dots\dots\dots\text{aman}$$

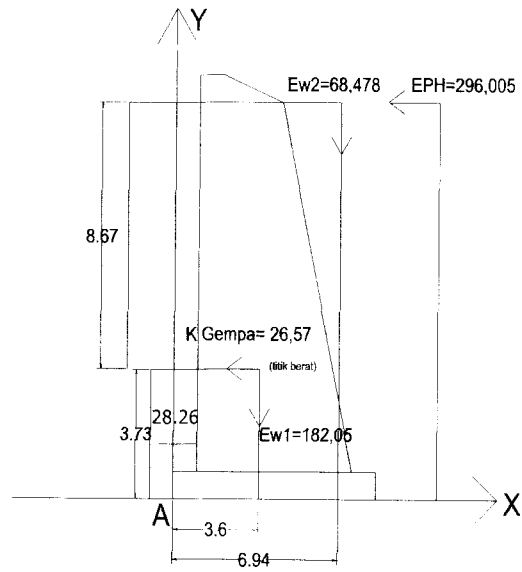
c. Tinjauan terhadap tahanan tanah

$$\begin{aligned}
 T_{\max} &= \frac{\sum v}{F} + \frac{\sum Mt}{I} < 1,5 \text{ T ijin} \\
 &= \frac{250,528}{0,5 \times 8,5 \times 8,27} + \frac{747,242}{\frac{1}{12} \times 6,5 \times (8,27)^3} \\
 &= 7,13 + 3,69 \\
 &= 10,82 \text{ T/m}^2 \leq 1,5 \cdot 24,6369 \text{ T/m}^2 \dots\dots\dots \text{aman}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{\min} &= \frac{\sum v}{F} - \frac{\sum Mt}{I} < 0 \dots\dots\dots \text{aman} \\
 &= \frac{250,528}{0,5 \times 8,5 \times 8,27} - \frac{1130,62}{\frac{1}{12} \times 6,5 \times 8,27^3} \\
 &= 3,44 \text{ T/m}^2 > 0 \dots\dots\dots \text{aman}
 \end{aligned}$$

d. Tinjauan terhadap gaya geser

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\sum V}{\sum H} = \frac{250,528}{130,308} \\
 &= 1,922 \text{ T/m}^2 > 1,5 \dots\dots\dots \text{aman}
 \end{aligned}$$



**Gambar 6.35** Titik berat beban yang bekerja



## BAB VII

### PEMBAHASAN

Pada tugas akhir kali ini redesain bendung dilakukan dengan suatu cara atau metode desain yang berbeda dengan desain sebelumnya sehingga didapatkan suatu desain bangunan bendung yang memenuhi persyaratan kekuatan dan kestabilan.

Redesain bendung Boro ini dimulai dengan mencari data desain sebelumnya yang mendesain bendung tersebut pada lokasi kopur atau sudetan. Untuk memperoleh hasil berbeda maka penulis mendesain bendung tersebut pada lokasi dasar sungai/as sungai.

Bendung Boro ini didesain pada as sungai dengan lebar sungai 80,5 m dengan luas daerah aliran sungai (DAS) 321,04 km<sup>2</sup> dan dari analisa hidrologi yang di lakukan selama 10 tahun didapatkan debit banjir kala ulang 50 tahun 701.3953 m<sup>3</sup>/dt. Besarnya debit kala ulang ini diperoleh dengan metode Haspers. Pada desain ini didesain menggunakan kolam olak Vlugter dengan panjang kolam olakan 15,82 m, didapat tinggi mercu +38,15 dasar olakan +23,2 untuk menghindari bahaya piping dan erosi bawah tanah maka perlu mamperpanjang jalannya air/“*creep line*” di bawah pondasi bendung. Salah satu cara untuk mamperpanjang jalannya aliran di bawah bendung ini antara lain dengan membuat lantai muka yang mana pada pelaksanaannya lebih mudah. Pada desain ini panjang lantai muka 90 yang diletakkan di bagian hulu bendung yang hasilnya aman terhadap bahaya piping.

Tabel 7.3 Perbandingan desain baru dengan desain lama

No	Perbedaan	Desain Lama	Desain baru
1	Lokasi bendung	Padakopur/sudetan	Pada as sungai
2	Lebar efektif mercu	76,5 m	75 m
3	Elevasi dasar sekitar bendung	+35,5	+28,26
4	Debit banjir 50 tahun	483,24 m <sup>3</sup> /dt	701.3953 m <sup>3</sup> /dt
5	Elevasi mercu bendung	+37,5	+38,15
6	Tinggi air banjir	2,5 m	2,7
7	Jumlah pintu pembilas	2 buah	2 buah
8	Lebar pintu pembilas	2 m	1,5 m
9	Jari – jari mercu bendung R1/R2	Mercu ogee r = 1	R1 = 1,7R2 = 3,4
10	Tinggi muka air diatas bendung	-	2,72 m
11	Jenis kolam olak	Loncat Air	Vlugter
12	Elevasi dasar kolam	+30,75	+23,2
13	Panjang kolam olak	9 m	15,0 m
14	Tebal kolam olak	1,25 m	2,3 - 1,3 m
15	Elevasi lantai muka	-	28,26
16	Panjang rip – rap/gerusan	-	32,86 m
17	Diameter rip – rap	Tidak pakai	0,47 m
18	Berat konstruksi	90,433 ton	604,213 ton
19	System pembilasan	kontiniyu	periodik

## BAB VIII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 8.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan desain diambil kesimpulan data perencanaan yaitu sebagai berikut.

- a. Lokasi bendung pada as sungai dengan lebar sungai 80,5 m, elevasi dasar dihulu +28,26, lebar efektif mercu 75 m jari – jari mercu R1 /R2 adalah 1,7m/3,4m, elevasi mercu bendung +38,15.
- b. Debit banjir kala ulang 50 tahun adalah 701.3953 m<sup>3</sup>/dt. Tinggi air banjir 2,7m
- c. Jenis kolam olak yaitu tipe Vlughter dengan panjang olakan 15,82 m dan tebal kolam olakan 2,3-1,3 m
- d. Jumlah pintu pembilas 2 buah, lebar pintu pembilas 1,5 m
- e. Panjang rip – rap/gerusan 27,36 m dan diameter rip – rap 0,49
- f. Berat konstruksi 604,213 ton
- g. System pembilasan periodik

#### 8.2 Saran

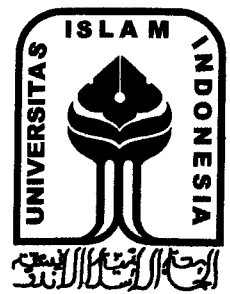
1. Dalam menganalisis debit banjir rencana disarankan agar memiliki data hujan sehingga lebih mudah untuk diselesaikan jika tidak memiliki data debit.
2. Dalam menentukan besarnya debit rencana disarankan jangan mengambil terlalu kecil yang nantinya mengakibatkan meluapnya

air bila terjadi banjir besar sehingga dapat merusak dan daerah sekitar bendung.

3. Debit banjir rencana juga jangan diambil terlalu besar sehingga menyebabkan ukuran bendung terlalu besar dan tidak ekonomis dan debit banjir rencana jangan diambil terlalu kecil supaya menghindari luapan banjir dikarenakan dimensi bendung yang kecil
4. Untuk mencegah terjadinya rembesan dibawah bendung maka perlu memperpanjang jalur air dibawah bendung dengan membuat lantai muka.
5. Dalam merencanakan Tebal kolam olak disarankan untuk melakukan control terhadap patah tarik guna menghindari terjadinya patah tarik pada bagian hilir bendung.
6. Saran untuk pendisain dan mahasiswa disamping saran di atas bahwa desain yang baik adalah desain yang mempertimbangkan keamanan dan kenyamanan pada wilayah sekitar lokasi bendung serta bangunan tersebut ekonomis.
7. Perlu adanya meredesain bendung boro ini dengan metode yang berbeda sehingga dapat dilihat lagi kelemahan dan kekurangan desain satu sama lain.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Direktorat Jenderal Pengairan, 1986, **STANDAR PERENCANAAN IRIGASI KP-01**. PT . Galang Persada, Bandung
2. Direktorat Jenderal Pengairan, 1986, **STANDAR PERENCANAAN IRIGASI KP-02**. PT . Galang Persada, Bandung
3. Direktorat Jenderal Pengairan, 1986, **STANDAR PERENCANAAN IRIGASI KP-03**. PT . Galang Persada, Bandung
4. Direktorat Jenderal Pengairan, 1986, **STANDAR PERENCANAAN IRIGASI KP-04**. PT . Galang Persada, Bandung
5. Direktorat Jenderal Pengairan, 1986, **STANDAR PERENCANAAN IRIGASI KP-05**. PT . Galang Persada, Bandung
6. Direktorat Jenderal Pengairan, 1986, **STANDAR PERENCANAAN IRIGASI KP-06**. PT . Galang Persada, Bandung
7. Direktorat Jenderal Pengairan, 1986, **BUKU PETUNJUK PERENCANAAN IRIGASI**. PT . Galang Persada, Bandung
8. Erwan mawardi, Drs,Dipl.AIT dan Moch Memed, Ir,Dipl.H.E,APU, **DESAIN HIDRAULIK BENDUNG TETAP**, 2002, Alfabeta
9. Windry Eka Yulianti dan Andi Aprizon, 2003, **PERENCANAAN ULANG BENDUNG TEGAL DI KALI OPAK KABUPATEN BANTUL YOGYAKARTA**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FTSP  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
2006/2007

**TUGAS AKHIR**

PERANCANGAN ULANG (RE-DESIGN)  
BENDUNG BORO DIKALI BOGOWONTO  
KABUPATEN PURWOREJO  
JAWA TENGAH

**JIDUL GAMBAR**

SITUASI BENDUNG

**DOSEN PEMBIMBING**

**DOSEN PEMBIMBING I**

(IR. H. HARBI HADI, MT)

**DOSEN PEMBIMBING II**

(IR. HJ. ENDANG TANTRAWAI, MT)

**DIGAMBAR OLEH :**

1. ZULFENDI  
(01 511 273)

2. HENDRA AMALIN RITONGA  
(01 511 306)

**SKALA**

1 : 500

JML LBR

7

LBR KE

1

**PENGESAHAN**

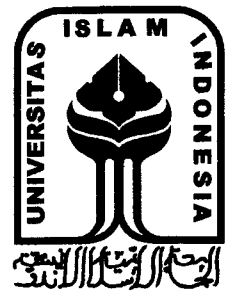
55.85

52.1

80.5

52.1

55.85



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FTSP  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
2006/2007

**TUGAS AKHIR**

PERANCANGAN ULANG (RE-DESIGN)  
BENDUNG BORO DIKALI BOGOWONTO  
KABUPATEN PURWOREJO  
JAWA TENGAH

**JIDUL GAMBAR**

DENAH BENDUNG

**DOSEN PEMBIMBING**

**DOSEN PEMBIMBING I**

(IR. H. HARBI HADI, MT)

**DOSEN PEMBIMBING II**

(IR. HJ. ENDANG TANTRAWAI, MT)

**DIGAMBAR OLEH :**

1. ZULFENDI  
(01 511 273)

2. HENDRA AMALIN RITONGA  
(01 511 306)

**SKALA**

1 : 200

JML LBR

7

LBR KE

2

**PENGESAHAN**

42,34  
10

+ 39,85

38,54

1:1

+ 28,26

+ 23,2

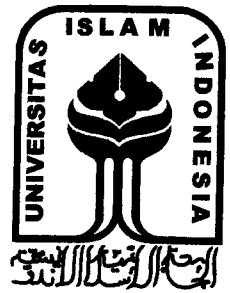
1:1

38,54

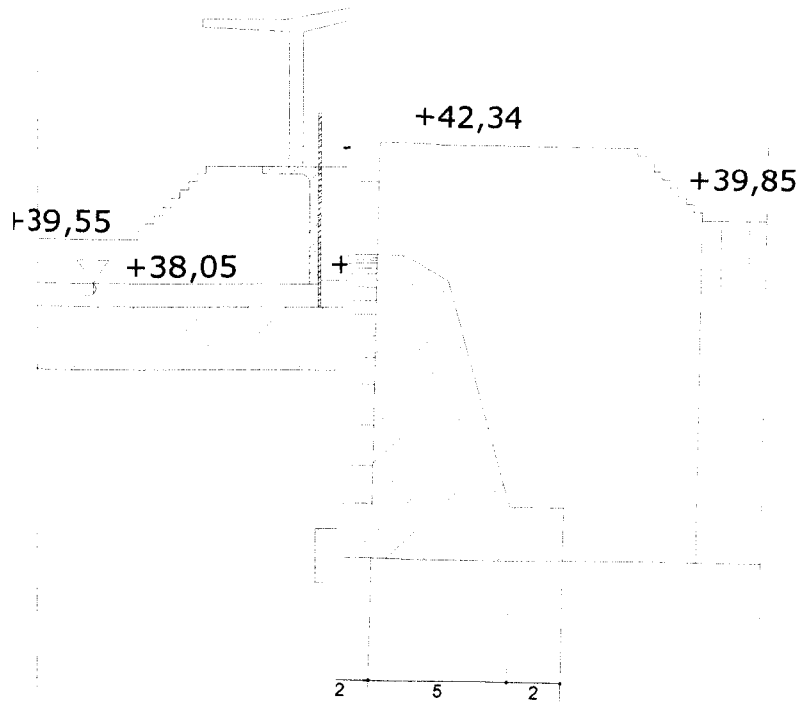
+ 39,85

42,34  
10

1:1



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FTSP  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
2006/2007



### TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG (RE-DESIGN)  
BENDUNG BORO DIKALI BOGOWONTO  
KABUPATEN PURWOREJO  
JAWA TENGAH

### JIDUL GAMBAR

GAMBAR POT PADA BENDUNG

### DOSEN PEMBIMBING

#### DOSEN PEMBIMBING I

(IR. H. HARBI HADI, MT)

#### DOSEN PEMBIMBING II

(IR. HJ. ENDANG TANTRAWAI, MT)

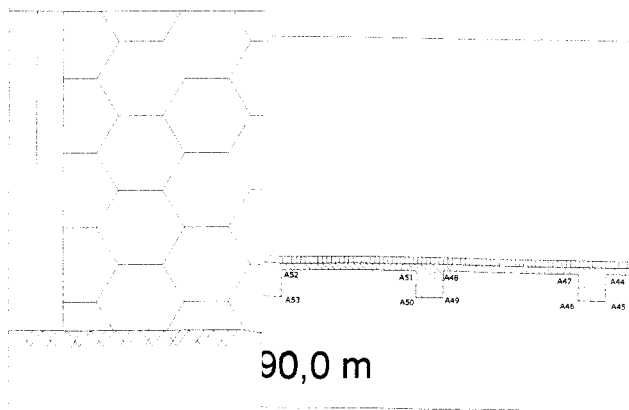
### DIGAMBAR OLEH :

1. ZULFENDI  
(01 511 273)

2. HENDRA AMALIN RITONGA  
(01 511 306)

### SKALA

1 : 200



JML LBR

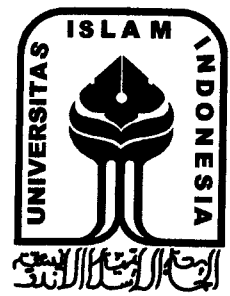
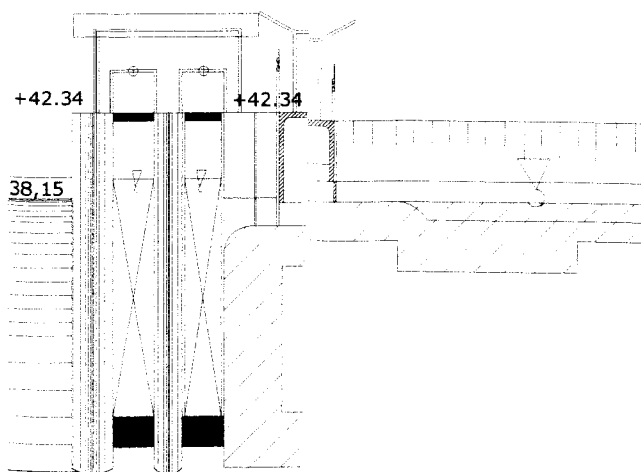
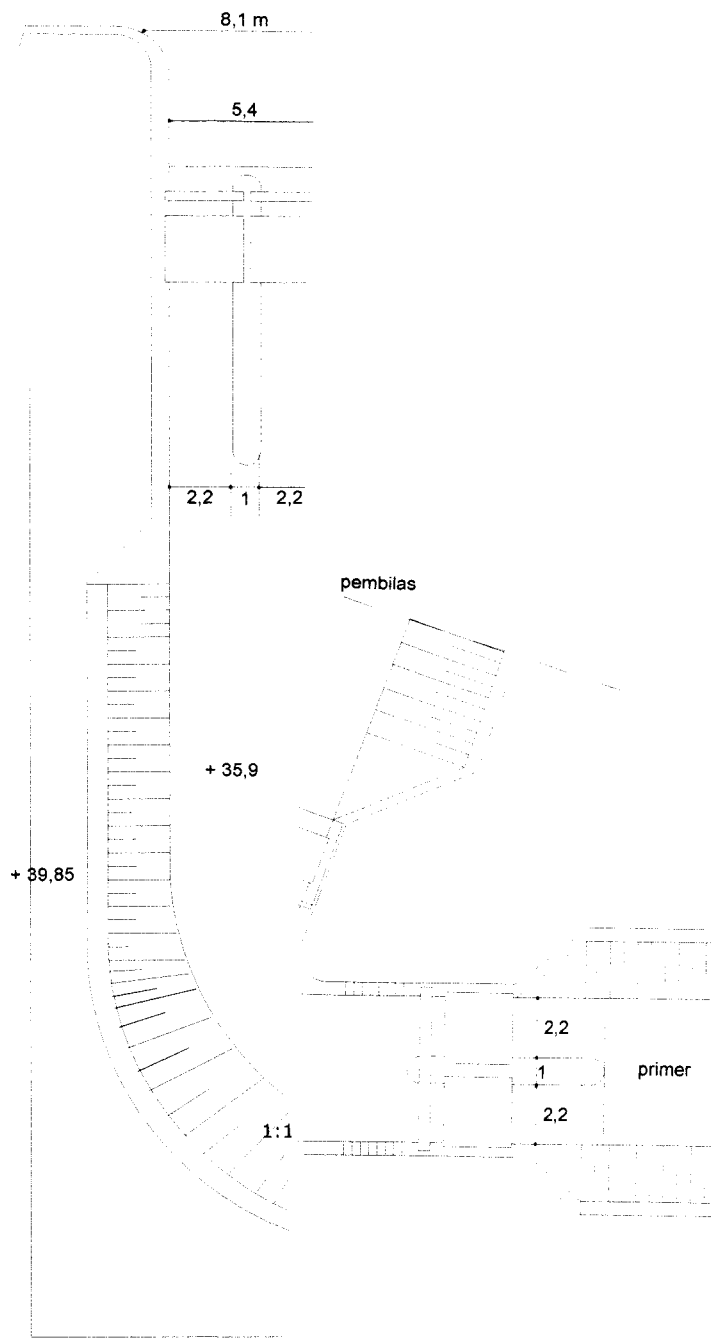
7

LBR KE

3

PENGESAHAN





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FTSP  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 2006/2007

**TUGAS AKHIR**

PERANCANGAN ULANG (RE-DESIGN)  
 BENDUNG BORO DIKALI BOGOWONTO  
 KABUPATEN PURWOREJO  
 JAWA TENGAH

**JIDUL GAMBAR**

DENAH KANTONG LUMPUR  
 POT. MEMANJANG KATONG LUMPUR

**DOSEN PEMBIMBING**

**DOSEN PEMBIMBING I**

(IR. H. HARBI HADI, MT)

**DOSEN PEMBIMBING II**

(IR. HJ. ENDANG TANTRAWAI, MT)

**DIGAMBAR OLEH :**

1. ZULFENDI  
 (01 511 273)

2. HENDRA AMALIN RITONGA  
 (01 511 306)

**SKALA**

1 : 200

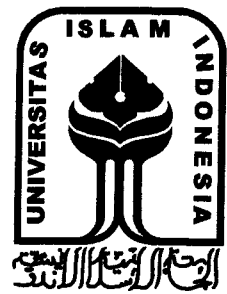
JML LBR

**7**

LBR KE

**4**

**PENGESAHAN**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FTSP  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
2006/2007

**TUGAS AKHIR**

PERANCANGAN ULANG (RE-DESIGN)  
BENDUNG BORO DIKALI BOGOWONTO  
KABUPATEN PURWOREJO  
JAWA TENGAH

**JIDUL GAMBAR**

POTONGAN BENDUNG

**DOSEN PEMBIMBING**

**DOSEN PEMBIMBING I**

(IR. H. HARBI HADI, MT)

**DOSEN PEMBIMBING II**

(IR. HJ. ENDANG TANTRAWAI, MT)

**DIGAMBAR OLEH :**

1. ZULFENDI  
(01 511 273)

2. HENDRA AMALIN RITONGA  
(01 511 306)

**SKALA**

1 : 200

**JML LBR**

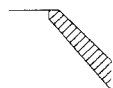
**7**

**LBR KE**

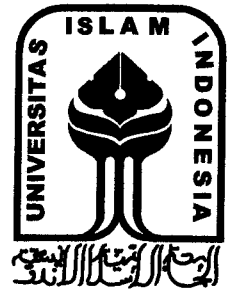
**5**

**PENGESAHAN**

POTONG lumpur



POTCC



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FTSP  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
2006/2007

**TUGAS AKHIR**

PERANCANGAN ULANG (RE-DESIGN)  
BENDUNG BORO DIKALI BOGOWONTO  
KABUPATEN PURWOREJO  
JAWA TENGAH

**JIDUL GAMBAR**

GAYA UP-LIFT PADA  
PONDASI BENDUNG

**DOSEN PEMBIMBING**

**DOSEN PEMBIMBING I**

(IR. H. HARBI HADI, MT)

**DOSEN PEMBIMBING II**

(IR. HJ. ENDANG TANTRAWAI, MT)

**DIGAMBAR OLEH :**

1. ZULFENDI  
(01 511 273)

2. HENDRA AMALIN RITONGA  
(01 511 306)

**SKALA**

1 : 200

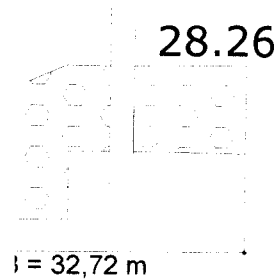
**JML LBR**

**7**

**LBR KE**

**6**

**PENGESAHAN**



= 3 m



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FTSP  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
2006/2007

**TUGAS AKHIR**

PERANCANGAN ULANG (RE-DESIGN)  
BENDUNG BORO DIKALI BOGOWONTO  
KABUPATEN PURWOREJO  
JAWA TENGAH

**JIDUL GAMBAR**

GAYA BERAT DAN  
TEKANAN HIDROSTATIS  
DAN  
DIAGRAM TEKANAN TANAH

**DOSEN PEMBIMBING**

**DOSEN PEMBIMBING I**

(IR. H. HARBI HADI, MT)

**DOSEN PEMBIMBING II**

(IR. HJ. ENDANG TANTRAWAI, MT)

**DIGAMBAR OLEH :**

1. ZULFENDI  
(01 511 273)

2. HENDRA AMALIN RITONGA  
(01 511 306)

**SKALA**

1 : 400

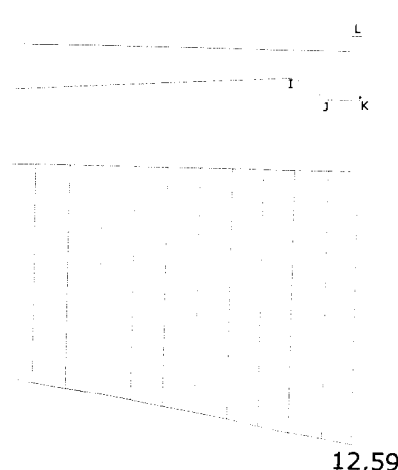
**JML LBR**

**7**

**LBR KE**

**7**

**PENGESAHAN**



12,59

LAMPIRAN I

Tabel III - 7 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat (uji satu sisi)

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,00052	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,446	16,812	18,548
7	0,939	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,4090	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,894	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,170	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,965	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber : Boanier, 1980

Tabel III - 3. Nilai k Distribusi Pearson tipe III dan Log Pearson ti

Kemencengan (CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,062	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

N	$\alpha$			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber : Bonnier, 1988.

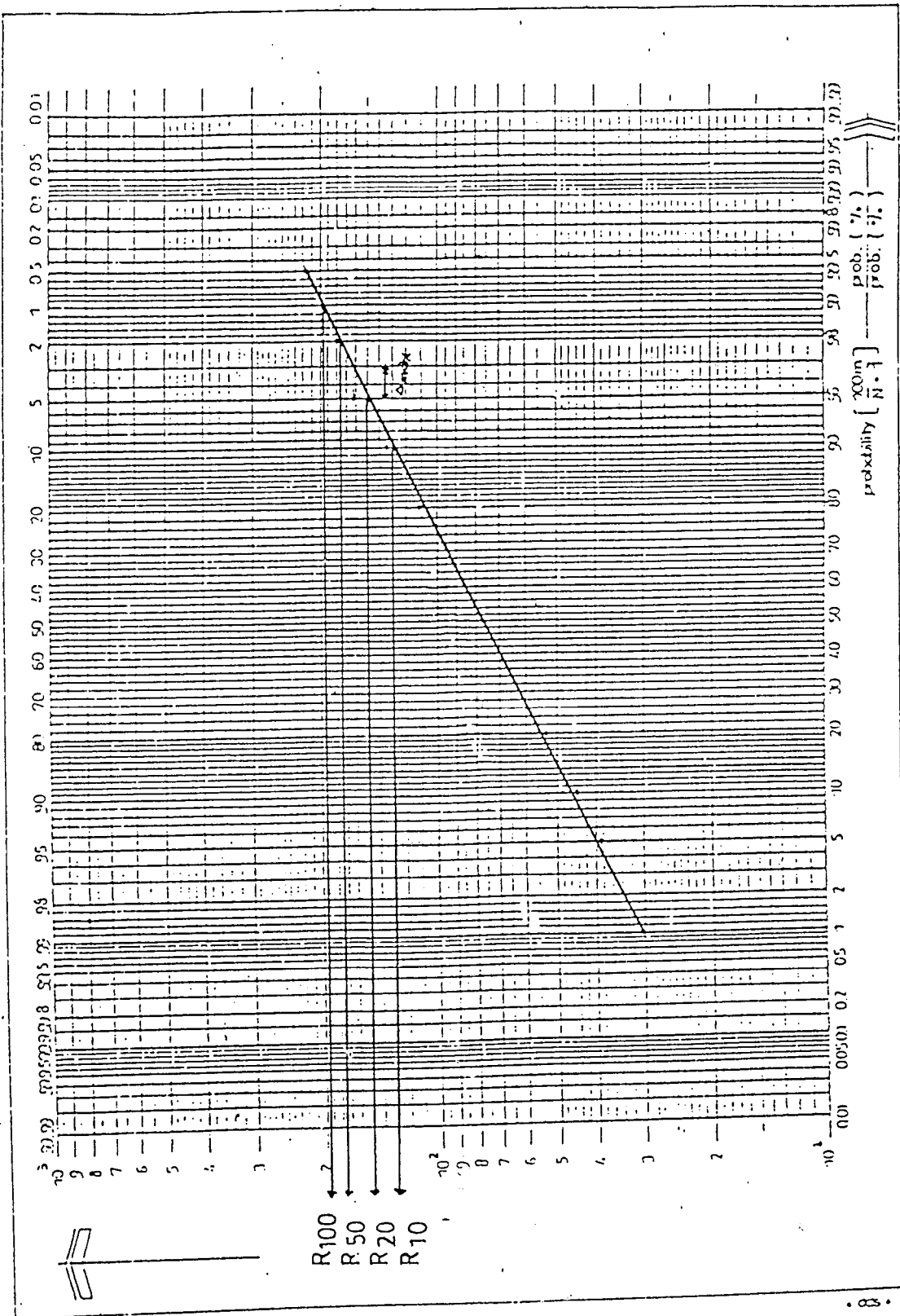
Catatan :  $\alpha$  = derajat kepercayaan.

Tabel 4.2. Nilai Faktor Pembesar (C)

Periode Ulang T	Variasi Reduksi Y	Luas DPS ( km <sup>2</sup> )					
		< 180	300	600	900	1200	> 1500
5	1,50	1,28	1,27	1,24	1,22	1,19	1,17
10	2,25	1,56	1,54	1,48	1,44	1,41	1,37
20	2,97	1,88	1,84	1,75	1,70	1,64	1,59
50	3,90	2,35	2,30	2,18	2,10	2,03	1,96
100	4,60	2,78	2,72	2,57	2,47	2,37	2,27
200	5,30	3,27	3,20	3,01	2,89	3,78	2,66
500	6,21	4,01	3,92	3,70	3,56	3,41	3,27
1.000	6,91	4,68	4,58	4,32	4,16	4,01	3,85

Sumber : IOH/DPMA, 1983.



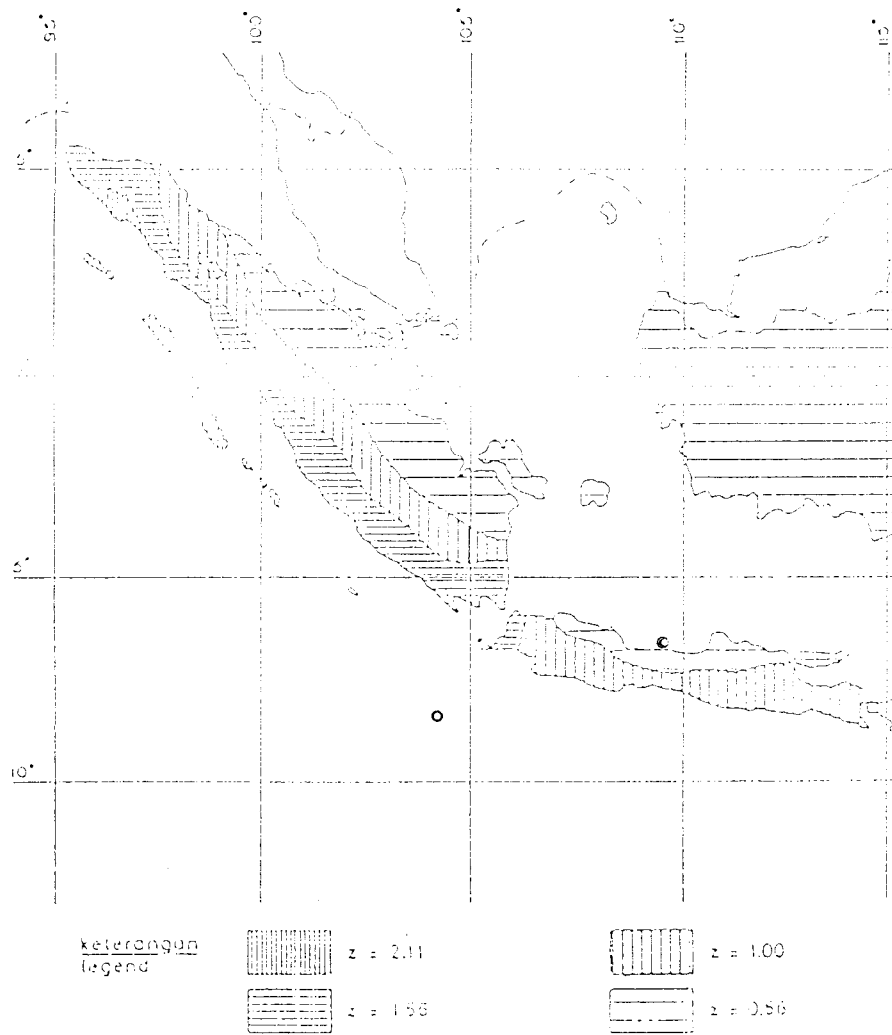


harga-harga minimum angka rembesan lane (CL) dan Bligh (CB)

Pasir Sangat Halus atau lanau	8,5	18
Pasir halus	7,0	15
Pasir sedang	6,0	9
Pasir kasar	5,0	9
kerikil halus	4,0	9
kerikil sedang	3,5	9
kerikil kasar termasuk berangkal	3,0	9
lumpung dengan sedikit berangkal dan kerikil	2,5	9
lumpung lunak	3,0	9
lumpung sedang	2,0	4 - 6
lumpung keras	1,8	4 - 6
lumpung sangat keras	1,6	4 - 6

*Tabel 3.8 Koefisien jenis tanah*

jenis	n	m
Batu	2,76	0,71
Diluvium	0,87	1,05
Aluvium	1,56	0,89
Aluvium lunak	0,29	1,32



Gambar 3.22 Daerah-daerah gempa di Indonesia (Barat)

Tabel 5.13c Data Hujan Bulanan Pada Stasiun Ngasinan (BD9)

TAHUN	HUJAN BULANAN PADA STASIUN NGASINAN (BD10)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1972	570	597	414	316	259	87	198	89	210	298	138	397
1973	734	509	450	166	369	207	27	7	160	267	540	542
1974	406	418	382	649	227	198	30	186	260	495	612	349
1975	193	308	360	936	352	222	540	481	222	540	481	418
1976	431	283	473	218	307	568	349	307	167	397	568	349
1977	307	168	243	116	219	443	60	235	205	496	205	342
1978	398	251	476	215	190	495	156	278	110	266	379	653
1979	621	472	408	627	423	15	30	405	15	30	342	385
1980	384	474	363	269	80	178	123	159	87	80	429	266
1981	24	276	258	145	125	171	98	82	277	143	269	654
1982	365	287	346	269	109	180	125	96	129	60	27	511
1983	154	330	432	499	491	133	256	91	348	288	325	440
1984	408	847	407	375	303	245	267	267	649	313	686	768
1985	380	538	485	273	104	270	7	170	373	44	441	373

Tabel 5.13d Data Hujan Bulanan Pada Stasiun Kepil (BD10)

TAHUN	HUJAN BULANAN PADA STASIUN KEPIL (BD10)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1972	521	376	283	344	79	74	107	28	270	396	370	416
1973	740	533	510	449	797	256	116	13	288	420	653	464
1974	293	808	489	618	417	316	84	286	240	852	446	497
1975	478	378	668	529	480	466	415	490	446	415	690	357
1976	366	276	443	139	326	764	460	357	512	326	764	460
1977	357	512	497	311	212	435	66	216	206	255	205	365
1978	447	306	492	305	295	479	252	340	169	354	310	297
1979	554	591	362	574	452	22	136	493	22	236	293	584
1980	282	223	459	446	352	141	137	368	123	352	586	538
1981	31	345	480	151	222	11	379	193	468	392	572	617
1982	531	290	521	480	478	291	264	203	417	315	70	603
1983	643	338	335	357	354	446	216	445	461	366	347	370
1984	461	346	406	546	350	561	327	563	567	381	537	734
1985	161	342	458	346	144	239	20	422	513	325	573	513



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

JURUSAN : TEKNIK SIPIL, ARSITEKTUR, TEKNIK LINGKUNGAN  
KAMPUS : Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, 896440. Fax: 895330  
Email : dekanat@ftsp.uii.ac.id. Yogyakarta Kode Pos 55584

FM-UII-AA-FPU-09

Nomor : 218 /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./ X /2006  
Lamp. : -  
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode Ke : II ( Des 06 - Mei 07 )

Jogjakarta, 23 November, 2006

Kepada  
Yth.Bapak / Ibu : Endang Tantrawati,Ir.MT  
di -  
Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu Agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut di bawah ini :

- 1 Nama : ZULFENDI  
No. Mhs. : 01 511 273  
Bidang Studi : Teknik Sipil  
Tahun Akademi : 2006 - 2007
- 2 Nama : HENDRA AMALIN RITONGA  
No. Mhs. : 01 511 306  
Bidang Studi : Teknik Sipil  
Tahun Akademi : 2006 - 2007

dapat diberikan petunjuk- petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir. Kedua Mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sebagai berikut :

Dosen Pembimbing I	: Harbi Hadi,Ir,H.MT
Dosen Pembimbing II	: Endang Tantrawati,Ir,MT

Dengan Mengambil Topik /Judul :

Redesign Perancangan Bendung Sungai Jeratan Seruna Jawa Timur
---

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

An.Dekan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

  
Ir.H. Faisol AM/MS

Tembusan

- 1). Dosen Pembimbing ybs
- 2). Mahasiswa ybs
- 3). Arsip. 11/23/2006 9:35:27 AM
- 4). Perpanjangan Berlaku Sampai Akhir Mei 2007



UNTUK DOSEN

**KARTU PRESENSI KONSULTASI**  
**TUGAS AKHIR MAHASISWA**

PERIODE KE : II ( Des 05 - Mei 06 )

**Berlaku Sampai Akhir Mei 2006**

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	ZULFENDI	01 511 273	Teknik Sipil
2.	HENDRA AMALIN RITONGA	01 511 306	Teknik Sipil

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Redisegn Perancangan Bendung Sungai Jeratan Seruna Jawa Timur

Dosen Pembimbing I : Harbi Hadi,Ir,H,MT

Dosen Pembimbing II : Endang Tantrawati,Ir,MT



Jogjakarta , 13-Dec-05  
 a.n. Dekan



*(Handwritten signature)*

Ir.H.Munadhir, MS

**Catatan :**

- 1. Seminar : \_\_\_\_\_
- 2. Sidang : \_\_\_\_\_
- 3. Pendadaran : \_\_\_\_\_