

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**REDESAIN BENDUNG MRICAN
KABUPATEN BANTUL
YOGYAKARTA**

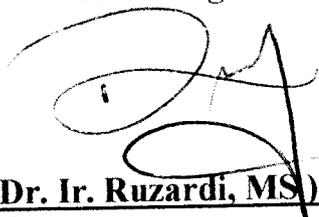
Disusun Oleh :

**Emil Adly 00 511 261
Eno Susilowati 00 511 278**

Disetujui Oleh :

Pembimbing

1/3
10/01



(Dr. Ir. Ruzardi, MS)

Tgl :

KATA PENGANTAR

Bismillahirromanirrohim

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah robbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan karunia yang berlimpah kepada hambanya, serta kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW, yang telah membimbing umatnya dari zaman jahiliah menuju zaman penuh dengan ilmu pengetahuan.

Berkat rahmat dan hidayah NYA, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Redesain Bendung Mrican Bantul Yogyakarta". Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai derajat sarjana S1 di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Selama pembuatan tugas akhir ini hingga tersusunnya laporan, penulis banyak mendapat bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Munadhir, MS, selaku ketua jurusan Teknik Sipil.
3. Bapak Dr.Ir.Ruzardi, MS, selaku dosen pembimbing.
4. bapak Ir. Harbi Hadi, MT, selaku dosen perancangan keairan yang telah memberi begitu banyak panduan dalam pengerjaan laporan.
5. Ibu Ir.Endang Tantrawati.MT, selaku dosen penguji.
6. Bapak-bapak di Perencana Sub Dinas Keairan Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa hasil redesain ini masih jauh dari sempurna, sehingga penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca laporan tugas akhir kami, namun penulis berharap agar hasil yang diperoleh bermanfaat bagi pembaca, dan dapat menambah referensi untuk tugas akhir akhir hidro dimasa yang akan datang.

Wasaalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, September 2005

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Perencanaan.....	3
1.6 Lokasi Proyek.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Penelitian Tentang Redesain.....	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	13
3.1 Umum.....	13
3.2 Data Utama Perencanaan	13
3.3 Pemilihan Lokasi Bendung.....	17
3.4 Klasifikasi Bendung.....	18
3.5 Penentuan Elevasi Mercu.....	20

3.6	Penentuan Tinggi Muka Air Sungai.....	20
3.7	Perencanaan Tubuh Bendung.....	21
3.7.1	Perencanaan Bentuk dan Elevasi Mercu Bendung.....	21
3.7.2	Jari-jari Mercu.....	25
3.7.3	Lebar Efektif Mercu Bendung.....	25
3.7.4	Tinggi Muka Air Sebelum Ada Bendung.....	26
3.7.5	Tinggi Muka Air Setelah Ada Bendung.....	26
3.7.6	Perencanaan Kolam Olak.....	26
3.7.7	Perencanaan Lantai Muka.....	31
3.8	Bangunan Intake.....	32
3.8.1	Perencanaan Bangunan Intake.....	32
3.8.2	Ambang Intake.....	32
3.9	Perencanaan Bangunan Pembilas Utama.....	33
3.10	Perencanaan Saluran Penangkap Pasir.....	34
3.11	Bangunan Pembilas Kantong Pasir.....	35
3.12	Dimensi Bangunan Saluran Primer.....	35
3.13	Stabilitas Bendung.....	36
BAB IV METODE PERENCANAAN.....		39
4.1	Tinjauan Umum.....	39
4.2	Subjek Perencanaan.....	39
4.3	Objek Perencanaan.....	39
4.4	Data Yang Diperlukan.....	39
4.4.1	Data Topografi.....	39
4.4.2	Data Geologi Tanah.....	39
4.4.3	Data Mekanika Tanah.....	40
4.4.4	Data Hidrologi.....	40
4.4.5	Data Morfologi.....	40
4.5	Langkah-langkah Perencanaan.....	40

BAB V PERENCANAAN BANGUNAN UTAMA	42
5.1 Umum	42
5.2 Tinggi Muka Air Sebelum Ada Bendung.....	43
5.3 Perencanaan Tubuh Bendung.....	46
5.3.1 Lebar Efektif Mercu Bendung.....	46
5.3.2 Jari-jari Mercu Bendung.....	47
5.3.3 Tinggi Muka Air Setelah Ada Bendung.....	49
5.3.4 Kolam Olak USBR.....	51
5.3.5 Perencanaan Rip-rap.....	54
5.3.6 Lantai Muka.....	57
5.4 Bangunan Intake.....	60
5.4.1 Bangunan Intake.....	60
5.4.2 Dimensi Lebar Ambang Intake.....	62
5.5 Perencanaan Bangunan Pembilas Utama.....	63
5.6 Perencanaan Saluran Penangkap Pasir.....	64
5.7 Saluran Pembilas Kantong Pasir.....	68
5.8 Dimensi Bangunan Pengambilan Saluran Primer.....	70
5.9 Stabilitas Bendung.....	73
5.9.1 Syarat-syarat Stabilitas Bendung.....	80
5.9.2 Stabilitas Bendung Terhadap Beban Gempa.....	81
5.9.3 Kontrol Terhadap Tarik.....	84
5.9.4 Stabilitas Bendung Pada Q_{100}	86
BAB VI PEMBAHASAN	88
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	92
7.1 Kesimpulan.....	92
7.2 Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Bendung Mrican Tampak Dari Hilir Bangunan.....	4
Gambar 3.1	Komponen Bendung Tetap	16
Gambar 3.2	Bendung di Sudetan	18
Gambar 3.3	Faktor Koreksi... ..	22
Gambar 3.4	Bentuk-bentuk Mercu Ogee.....	23
Gambar 3.5	Bentuk-bentuk Mercu Bulat.....	24
Gambar 3.6	Kolam Olak Tipe Bak Tenggelam.....	26
Gambar 3.7	Kolam Olak Tipe USBR.. ..	27
Gambar 3.8	Karakteristik Kolam Olak Bilangan Froude.....	30
Gambar 3.9	Kolam Olak Tipe Vughter.....	31
Gambar 3.10	Sketsa Titik Tempat Terjadinya Penggulingan.....	37
Gambar 4.1	Bagan Alir Perencanaan.....	41
Gambar 5.1	Penampang Basah Sungai.....	43
Gambar 5.2	Hubungan Debit dan Tinggi Muka Air.....	45
Gambar 5.3	Sketsa Denah Bendung.....	47
Gambar 5.4	Jari-jari Mercu Bulat Dengan 2 Jari-jari.....	48
Gambar 5.5	Tinggi Muka Air Setelah Ada Air.....	50
Gambar 5.6	Hubungan Tinggi Muka Air Dan Debit Setelah Ada Bendung.....	51
Gambar 5.7	Beda Tinggi Muka Air Di Hulu Dan Hilir Bendung.....	55
Gambar 5.8	Karakteristik kolam Olak USBR tipe III.....	54
Gambar 5.9	Rip-rap.....	55
Gambar 5.10	Elevasi Rencana Dasar Kolam Olak dan Tinggi Muka Air Di Atas Mercu Bendung.....	56
Gambar 5.11	Rencana Lantai Muka.....	59

Gambar 5.12	Potongan Melintang Saluran Primer.....	61
Gambar 5.13	Potongan Memanjang Bangunan Pengambilan.....	63
Gambar 5.14	Potongan Memanjang Bangunan Pembilas.....	64
Gambar 5.15	Penampang Melintang Kantong Pasir.....	66
Gambar 5.16	Potongan Memanjang Kantong Pasir.....	68
Gambar 5.17	Potongan Memanjang Akhir Saluran Pembilas.....	69
Gambar 5.18	Potongan Memanjang Bangunan Pengambilan Saluran Primer.....	70
Gambar 5.19	Potongan Melintang Tanggul Sebelah Kiri.....	71
Gambar 5.20	Potongan Melintang Tanggul Sebelah Kanan.....	72
Gambar 5.21	Garis Rembesan dan Tekanan Air.....	75
Gambar 5.22	Garis Rembesan dan Tekanan Air Pada Bendung.....	77
Gambar 5.23	Berat Sendiri Bendung.....	79
Gambar 5.24	Garis Rembesan dan Tekanan Air Pada Q_{100}	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Denah Bendung	95
Lampiran 2 Gambar Potongan A-A	96
Lampiran 3 Gambar Potongan B-B	96
Lampiran 4 Gambar Potongan C-C	97
Lampiran 5 Gambar Potongan D-D	97
Lampiran 6 Gambar Potongan E-E	97
Lampiran 7 Gambar Potongan F-F	98
Lampiran 8 Gambar Potongan G-G	98
Lampiran 9 Skema Bangunan daerah Irigasi Mrican	99
Lampiran 10 Diagram shield	100
Lampiran 11 Karakteristik Saluran dan Kemiringan	100
Lampiran 12 Hubungan Diameter Saringan dan Kecepatan Endap	101
Lampiran 13 Diagram Camp	101
Lampiran 14 Harga-Harga Minimum Angka Rembesan Lane (C_L)	102
Lampiran 15 Parameter Perhitungan Untuk Kemiringan Saluran	102
Lampiran 16 Harga Kekasaran Koefisien Strickler Untuk Saluran Irigasi	103
Lampiran 17 Tinggi Jagaan Minimum Untuk Saluran	103
Lampiran 18 Lebar Minimum Tanggul	103
Lampiran 19 Data Sondir Tanah Di Sungai GajahWong	104
Lampiran 20 Data Geologi Tanah Di Sungai GajahWong	105
Lampiran 21 Gambar Denah Bendung	106
Lampiran 22 Gambar Potongan Bendung	107
Lampiran 23 Gambar Potongan Bendung dan Bangunan Pelengkap	108

ABSTRAK

Pertanian adalah sektor utama pembangunan di Indonesia. Guna mendukung sektor tersebut, maka diperlukan fasilitas-fasilitas penunjang seperti jaringan irigasi yang baik. Pembangunan yang dilakukan pemerintah antara lain berupa pembangunan baru, rehabilitasi, dan peningkatan jaringan irigasi. Guna mendukung hal tersebut maka dibuat bangunan diantaranya adalah bendung. Di Yogyakarta sebagian masyarakatnya masih banyak yang bermata pencaharian sebagai petani dengan lahan pertanian yang cukup luas. Guna mendukung hal tersebut maka pemerintah DIY melalui Dinas Kearsiran berupaya membangun kembali bendung Mrican yang telah runtuh akibat banjir, dan dibangun kembali pada tahun 2004. Pembangunan bendung tersebut tergolong singkat, dan pada saat perencanaan dilakukan bendung sudah dibangun sehingga banyak hal-hal di lapangan yang tidak sesuai dengan desain rencana yang dibuat oleh konsultan.

Redesain dilakukan berdasarkan pada debit banjir tahunan yang sudah ada dengan data-data pendukung lainnya seperti data topografi, geologi tanah, mekanika tanah, data hidrologi dan data morfologi. Langkah-langkah yang dilakukan pada perencanaan diantaranya dengan survey lokasi dan dokumentasi lapangan, pengumpulan data, perumusan masalah, pembatasan perencanaan, perencanaan bangunan dan hasilnya. Redesain yang dilakukan menggunakan debit banjir yang sudah ada yaitu sebesar $125 \text{ m}^3/\text{dt}$, kemudian dilakukan redesain bendung dengan perubahan bagian-bagian tertentu pada bendung guna mendapatkan perbandingan antara desain bendung yang ada dengan redesain.

Berdasarkan hasil redesain yang dilakukan, didapatkan desain yang baru dengan perubahan-perubahan pada bagian tertentu, seperti pada bentuk mercu dari tipe Ogee menjadi mercu bulat dengan dua jari-jari, sedangkan untuk kolam olak direncanakan sama yaitu menggunakan USBR tipe III mengingat nilai Froude yang lebih besar dari 4,5. Untuk hal lain seperti pintu intake tetap sama yaitu satu buah yang terletak di sisi kanan bendung, dan untuk bagian lainnya berubah pada dimensinya seperti panjang kolam olak, panjang lantai muka, lebar pintu pembilas, kantong pasir, panjang saluran pembilas kantong pasir. Dari hasil redesain, maka didapat perubahan-perubahan ukuran yang cukup signifikan seperti panjang lantai muka yang lebih pendek, badan bendung yang lebih kecil, lebar pintu pengambilan yang lebih kecil, lebar dan jumlah pintupembilasan yang lebih kecil dan sedikit, dan stabilitas yang aman terhadap bahaya geser, piping dan guling.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris, karena sebagian penduduknya bekerja dibidang pertanian, oleh sebab itu program pengembangan pertanian di Indonesia akan memberikan dampak yang cukup besar bagi pembangunan bangsa, terutama dalam penyediaan lapangan kerja yang akhirnya dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat bangsa dan negara.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan nasional, maka pemerintah Indonesia telah melaksanakan serangkaian usaha secara terus menerus yang dititik beratkan pada sektor pertanian, yang berupa pembangunan dibidang pertanian serta dibidang pengairan guna menunjang produksi pangan. Pembangunan dibidang pengairan tersebut antara lain berupa pembangunan baru, rehabilitasi, dan peningkatan jaringan irigasi.

Pertanian termasuk perikanan dan peternakan merupakan bagian serta sektor yang sangat penting bagi perkembangan perekonomian bangsa Indonesia. Dengan semakin meningkatnya pertumbuhan penduduk, maka kebutuhan pangan akan semakin meningkat pula. Oleh karena itu produksi pada sektor pertanian perlu ditingkatkan, antara lain dengan menambah ketersediaan sarana dan prasarana yang memadai, salah satunya adalah pembangunan bendung. Bendung adalah suatu bangunan yang akan menaikkan permukaan air sungai atau air saluran sehingga dapat memasuki saluran pengambilan (intake) dan dapat mengalir secara grafitasi ke daerah irigasi sehingga dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya oleh penduduk. Di Yogyakarta bendung sangat berperan penting mengingat masih sebagian besar penduduk DIY bermata pencaharian sebagai petani, dan banyak areal sawah yang masih produktif ditanami baik padi maupun

1.3 Tujuan

Membandingkan desain yang sudah ada dengan desain yang baru dengan model perencanaan yang berbeda.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Sebagai salah satu bahan perbandingan bagi perencana bendung khususnya, dengan menggunakan metode dan desain yang berbeda dari perencanaan sebelumnya.
2. Memberikan pemahaman dan kontribusi bagi pihak-pihak lain mengenai perencanaan bangunan keairan khususnya bendung.
3. Menghasilkan desain yang berbeda dan sesuai dengan kondisi geografis di daerah sekitar lokasi bendung.

1.5 Batasan perencanaan

Agar perencanaan dalam penyusunan tugas akhir ini lebih terarah, dan tidak terlalu meluas maka penulis melakukan pembatasan masalahnya sebagai berikut:

1. Dalam perencanaan ini besarnya debit rencana pada pintu intake tidak dihitung tetapi diambil sama dengan desain asli yakni sebesar $0,309 \text{ m}^3/\text{dt}$. (PT. Tatareka Paradya)
2. Perencanaan fisik bendung hanya meliputi perencanaan bangunan utama (bendung), bangunan pembilas, bangunan pengambilan, kantong lumpur, saluran pembilas pasir dan untuk bangunan pelengkap lainnya seperti saluran primer, bangunan sadap, bangunan bagi dan sebagainya tidak direncanakan.
3. Bendung direncanakan sebagai bendung pasangan batu dan beton bertulang dengan mercu bulat.
4. Perencanaan kolam olak direncanakan menggunakan tipe USBR dengan rip-rap.
5. Perencanaan panjang lantai muka menggunakan metode Lane.

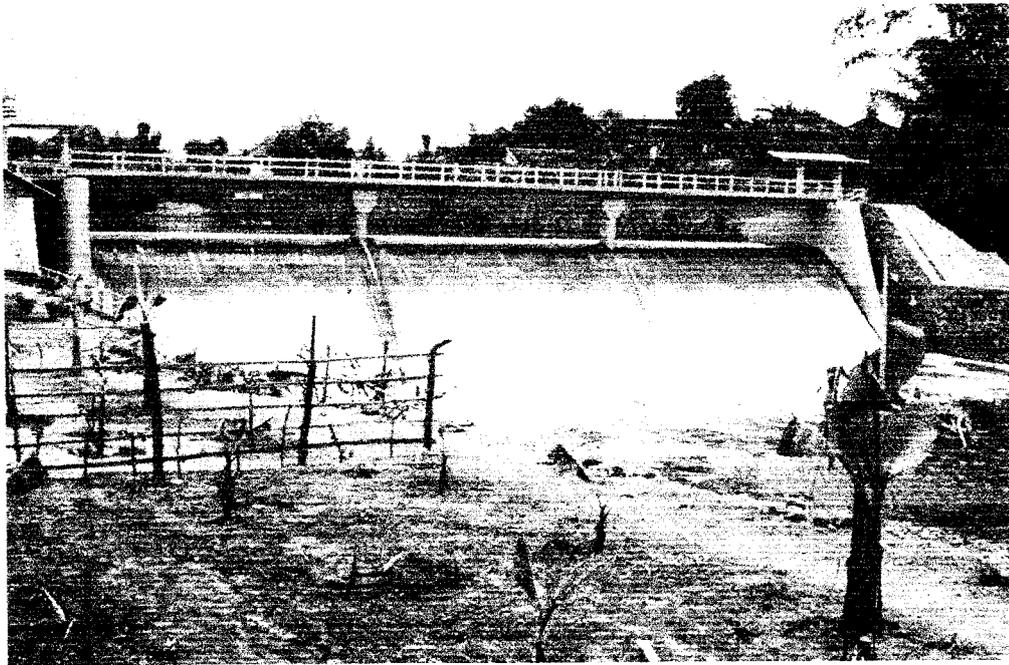
6. Perhitungan stabilitas bendung meliputi stabilitas geser, guling dan erosi bawah tanah (*piping*) akibat tekanan air keatas (Up-Lift), serta stabilitas konstruksi terhadap tekanan tanah dan beban gempa.

1.6 Lokasi Proyek

Bendung Mrican terletak di kali Gajah Wong Dusun Mrican, Desa Tamanan, Kec. Giwangan, Kab. Bantul, Prop. Daerah Istimewa Yogyakarta.

Batas-batas wilayah :

1. Utara : Kota Madya Yogyakarta
2. Selatan: Kecamatan Pleret, Bantul
3. Barat : Kecamatan Sewon, Bantul
4. Timur : Kecamatan Banguntapan, Bantul



Gambar 1.1 Bendung Mrican, tampak dari hilir bangunan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Bendung adalah suatu bangunan air dengan kelengkapannya yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan elevasi muka air, sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi setempat yang membutuhkannya untuk mengembangkan dan memanfaatkan potensi lahan dan sumber air hujan yang ada di daerah tersebut.

2.2 Penelitian Tentang Redesain

Berikut ini akan dipaparkan beberapa desain bendung dan penelitian terdahulu yang dirasa ada keterkaitan dengan redesain bendung Mrican ini.

2.2.1 Bendung Tegal (2003)

Perencanaan ulang dilakukan oleh Windri Eka Yulianti dan Andi Aprizon pada bendung Tegal, Dusun Tegal, Desa Talaban, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Bendung tersebut direncanakan untuk mengairi areal seluas 614,33 Ha dengan luas DAS 160,2 km² dan panjang sungai 65 km. Analisis banjir rancangan dihitung berdasarkan metode Rational Jepang dan didapatkan debit banjir rencana untuk kala ulang 100 th adalah 703,439 m³/dt.

Bentuk mercu : Bulat dengan 2 buah jari-jari
Kolam olak type : Vlugter dengan rip rap
Elevasi muka lantai muka : +19,12 m
Panjang lantai muka : 46 m
Elevasi mercu : +125,8 m
Pintu pembilas : 2 buah dengan lebar masing-masing 1,5 m
Intake : 2 buah, sebelah kanan 0,815 m³/dt, dan kiri 0,275 m³/dt.

2.2.2 Bendung Kadireso (2004)

Perencanaan ulang dilakukan oleh PT. Tatareka Paradya pada bendung Kadireso berlokasi di kali Kadireso. Bendung yang ada saat ini tidak berfungsi karena rusak, elevasi mercu kurang tinggi, pintu pengambilan berupa skotbalk begitu juga dengan pintu penguras bendungnya, adapun deskripsinya adalah sebagai berikut :

Bentuk mercu	: Ogee
Kolam olak type	: Vlughter
Panjang Muka lantai hilir	: 4,70 m
Panjang Muka lantai hulu	: 3,70 m
Elevasi muka lantai di hulu bendung	: +79,55 m
Elevasi muka lantai di hilir bendung	: +78,90 m
Elevasi Mercu	: +80,56 m
Pintu intake	: 1 buah
Lebar ambang	: 8,30 m
Lebar pintu intake	: 50 cm
Jenis pintu intake	: Skot balk

Saluran pembawa bendung Kadireso saat ini kondisinya cukup baik dengan pasangan batu putih sepanjang ± 75 m, artinya masih bisa mengalirkan air dari bendung keareal oncoran yang selanjutnya berupa saluran dari tanah. Berdasarkan pengukuran Up dating yang dilakukan oleh PT. Tatareka Paradya diperoleh luas daerah irigasi 11,00 Ha.

Perencanaan dilakukan dengan mempertahankan bangunan utama yang ada dengan perbaikan-perbaikan sesuai kondisi, pengambilan air dari intake kiri dengan kontruksi skot balk sehingga sulit pengoperasiannya saat terjadi banjir, maka diusulkan diubah menjadi pintu sorong baja, serta dilakukan peninggian tanggul bendung serta pemasangan pintu pembilas bendung. Selanjutnya dibuat saluran pembawa baru dengan sepanjang 200 m yang merupakan penambahan dari panjang awal 75 m ditambah 125 m saluran pasangan batu baru, dengan sistem irigasi langsung dari pintu pengambilan dibuatkan saluran pembawa pengarah langsung keareal

sawah tanpa dibuatkan bangunan pelengkap maupun sadap mengingat daerah yang tidak cukup luas.

2.2.3 Bendung Demen (2004)

Perencanaan ulang dilakukan oleh PT. Tatareka Paradya pada bendung Demen berlokasi di Kali Candi. Bendung yang ada sekarang tidak berfungsi karena rusak berat, adapun deskripsi bendung Demen dengan lebar ambang 9,30 m, untuk saluran pembawa saat ini belum ada jaringannya yang permanen, dari pintu pengambilan bendung demen langsung mengoncori areal sawah yang ada. Berdasarkan Up dating yang dilakukan oleh PT Tatareka Paradya luas areal yang dialiri adalah 13,5 Ha.

Bentuk mercu	: Ogee
Lebar bendung	: 17,60 m
Kolam olak type	: Bak tenggelam
Elevasi muka lantai di hulu bendung	: +56,00 m
Elevasi muka lantai di hilir bendung	: +54,21 m
Elevasi Mercu	: +58,33 m
Pintu intake	: 1 buah

Perencanaan dilakukan dengan pembongkaran bendung lama dan dibuat bendung baru dengan penyediaan dan pembuatan bangunan ukur, mengingat kondisi bendung pada saat ini rusak berat. Kegiatan desain disini hanya dilakukan secara sederhana menyesuaikan kondisi/kebutuhan lapangan, tanpa dilakukan perhitungan secara teknis baik hidrologi, geologi, maupun hidrolisnya. sistem irigasi sama seperti bendung Kadireso yaitu dari pintu pengambilan dibuatkan saluran pembawa mengarah langsung ke areal sawah tanpa dibuatkan bangunan pelengkap maupun sadapnya mengingat areal yang tidak cukup luas.

2.2.4 Bendung Balung (2004)

Perencanaan dilakukan oleh PT. Riau Prima Karindo untuk memanfaatkan lahan pertanian dan pengaturan tata air, sehingga lahan pertanian dapat difungsikan secara maksimal. Pembangunan dilaksanakan di Kampar Riau daerah irigasi Balung dengan luas 1112 Ha, yang

memanfaatkan air dari sungai Stingkai, dengan waktu pelaksanaan 6 bulan (180 hari kalender).

- Bentuk mercu : Ogee
- Kolam olak type : USBR
- Elevasi muka lantai di hulu bendung : +132,58 m
- Elevasi muka lantai di hilir bendung : +131,00 m
- Elevasi Mercu : +136,00 m
- Pintu intake : 2 buah

Permasalahan yang terjadi di wilayah studi Balung adalah :

- a. Kondisi lahan di wilayah studi merupakan lahan yang berbukit-bukit, sehingga secara prinsip diperlukan saluran yang lebih panjang.
- b. Lokasi lahan terletak jauh dari pemukiman penduduk yaitu sekitar 7 km dengan kondisi jalan yang rusak dan naik turun bukit, sehingga diperlukan perbaikan sarana jalan petani untuk menuju lahan.
- c. Sungai Stingkai pada waktu musim hujan banyak terdapat batang kayu yang hanyut dari hulunya sehingga diperlukan sosialisasi dan peraturan yang tegas.
- d. Sebagian besar penduduk desa selama bertahun-tahun dengan mata pencaharian sebagai petani penyadap karet dan belum pernah berusaha sebagai petani padi atau palawija.

2.2.5 Bendung Kalijajar (2002)

Bendung karet Kalijajar dibangun pada sungai Jratunseluna dengan sistem pengisian udara terletak di Kalijajar, Desa Jatirogo Kecamatan Bonang Kabupaten Demak Profinsi Jawa Tengah. luas sawah sebesar 5,970 Ha, dengan 82 % adalah sawah tadah hujan dan sisanya sawah nonteknis sehingga setiap tahun hanya mampu bercocok tanam satu kali padi dan selanjutnya bero, dengan debit banjir kurang lebih 355 m³/dt.

Alternatif bendung yang dipilih :

1. Bendung
 - a. Type : Karet isi air
 - b. Panjang : 2 x 37,75 m

- c. Tinggi (isi penuh) : 3 m
 - d. Lebar (isi penuh) : 5,5 m
 - e. Tebal karet : 10,55 mm
2. Elevasi muka air di hulu bendung : +2,13 m
 3. Elevasi mercu bendung (isi penuh) : +1,27 m
 4. Elevasi air laut pasang : +1,16 m
 5. Elevasi dasar sungai : -1,73 m
 6. Lantai dasar : Beton bertulang tebal 800 mm

Bendung karet dibangun dengan tujuan :

- a. Mencegah intrusi air laut di daerah pantai di sekitar kalijajar pada daerah pertanian produktif, pemukiman terutama dimusim kemarau, sehingga dapat memperbaiki lingkungan hidup di daerah tersebut.
- b. Menyediakan air tawar untuk keperluan sehari-hari sebesar 425 l/dt.
- c. Menyediakan air irigasi pedesaan seluas 500 Ha untuk sawah disekitarnya.

Pertimbangan pemilihan jenis bendung ini meliputi :

- a. Dari segi hydrolis, pengoperasian lebih mudah, terutama untuk mengatasi banjirdengan mengempiskan secara penuh.
- b. Dari segi teknis, waktu pelaksanaan lebih cepat dan mudah, relatif ringan sehingga pondasi tidak besar, tahan terhadap pengaruh gempa, tahan terhadap penurunan pondasi/tanah, tidak mengalami rembesan air melalui samping maupun bawah tubuh bendung, dan dapat dipasang pada bentang yang cukup besar.
- c. Dari segi ekonomi, harga bangunan lebih murah karna dapat dibuat dengan cepat dan ringan dibanding dengan konstruksi yang lainnya.

2.2.6 Bendung Baki (2002)

Perencanaan ulang dilakukan oleh CV. Hara pada bendung Baki yang terletak di Kali Opak, Dusun Pleret, Desa Bokoharjo, Kecamatan Prambanan, Kab. Sleman. Bendung tersebut direncanakan untuk mengaliri areal seluas 113 Ha dengan luas DAS 8 km². Dalam perencanaan dipakai debit banjir untuk Q_{100th} sebesar 20,30 m³/dt. Pada perencanaan lebar mercu bendung adalah 15,7 m, dengan rincian :

Saluran sekunder kanan untuk areal 30,17 Ha

Saluran sekunder kiri untuk areal 82,985 Ha

Bentuk mercu : Ogee

Kolam olak type : USBR

Elevasi muka lantai di hulu bendung : +134,49 m

Elevasi muka lantai di hilir bendung : +127,69 m

Elevasi Mercu : +135,34 m

Pintu intake : 1 buah

Dengan lebar pintu pengambilan 1,5 m, kondisi bangunan saat direncanakan ulang dalam keadaan rusak walaupun berfungsi sehingga perlu adanya perbaikan ulang dengan rincian perbaikan sebagai berikut :

- a. Perbaikan / membuat baru lantai pemecah arus yang pecah-pecah.
- b. Mengganti daun pintu pengambilan yang bocor, dengan daun pintu besi yang baru.
- c. Perbaikan / ganti baru dudukan pintu spyi yang pecah.
- d. Pembongkaran sayap hilir kanan kiri yang pecah dan diganti yang baru
- e. Pembuatan sayap baru di hulu bendung sebelah kanan.
- f. Bongkar pasang tubuh bendung yang rusak (kemiringan mercu aus).
- g. Penurunan lantai Penguras bendung.

Dari percobaan perhitungan pada penarikan elevasi air minimum disetiap sadap bahwasanya elevasi mercu masih sesuai dengan kebutuhan untuk mengairi areal sawah oncoranya.

2.2.7 Bendung Pendekan (2002)

Perencanaan ulang dilakukan oleh CV. Hara pada bendung Pendekan yang terletak di Kali Opak, Dusun Gendukan, Desa Bokoharjo, Sleman. Bendung direncanakan untuk mengaliri areal seluas 301 Ha dengan luas DAS 78 km². Dalam perencanaan dipakai debit banjir dengan Q_{100th} sebesar 96,40 m³/dt. Bendung dengan lebar mercu 57,5 m dengan elevasi ketinggian mercu bendung +114,048 m dan mempunyai 1 (satu) pintu pengambilan yaitu kearah saluran induk pendekan untuk areal 4,25

Ha, Sedang saluran sekunder kanan untuk areal 88,05 Ha dan saluran sekunder kiri untuk areal 208,24 Ha. Lebar pintu pengambilan 2,5 m

Bentuk mercu : Ogee

Kolam olak type : Vlughter

Elevasi muka lantai di hulu bendung : +113,24 m

Elevasi muka lantai di hilir bendung : +106,00 m

Kondisi bangunan saat perencanaan ulang masih dalam keadaan berfungsi hanya perlu perbaikan ulang sebagai berikut :

- a. Perbaikan lantai pemecah arus yang rusak.
- b. Penggantian daun pintu spyi yang rusak.
- c. Penggantian daun pintu intake yang rusak.

Dari percobaan perhitungan pada penarikan elevasi air minimum disetiap sadap bahwasanya elevasi mercu masih sesuai dengan kebutuhan untuk mengairi areal sawah oncoranya.

2.2.8 Bendung Grogol (2002)

Perencanaan dilakukan oleh CV. Hara pada bendung Grogol yang terletak di Kali Gawe, Dusun Ngeburan, Desa Sumberharjo, Kecamatan Prambanan, Sleman. Bendung direncanakan untuk mengaliri areal seluas 47,45 Ha dengan luas DAS 2,5 km². Dalam perencanaan dipakai debit banjir dengan Q_{100th} sebesar 15,84 m³/dt. Pada perencanaan lebar mercu bendung 18,5 m dengan elevasi tinggi mercu +91,341 m dan mempunyai (1) satu buah pintu pengambilan kearah saluran sekunder untuk areal 47,45 Ha, lebar pintu pengambilan 1 m.

Bentuk mercu : Ogee

Kolam olak type : Vlughter

Elevasi muka lantai di hulu bendung : +93,00 m

Elevasi muka lantai di hilir bendung : +91,005 m

Kondisi pada saat perencanaan ulang masih berfungsi hanya ada masalah pada bangunan utama dan perlu perbaikan sebagai berikut :

- a. Membuat rumah pelindung pintu yang sebelumnya belum ada
- b. Pembuatan sayap bendung hilir kanan yang sebelumnya masih tanah

- c. Bongkar pasang dudukan pintu spyi bendung yang pecah
- d. Pemlesteran kembali lantai kolam pemecah arus yang terkelupas
- e. Pemlesteran kembali mercu yang terkelupas

Dari percobaan perhitungan pada penarikan elevasi air minimum disetiap sadap bahwasanya elevasi mercu masih sesuai dengan kebutuhan untuk mengairi areal sawah oncoranya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Pada perencanaan bangunan didesain sebagai bendung tetap seperti pada perencanaan yang sudah ada, yang berfungsi untuk mengendalikan aliran dan angkutan muatan disungai sehingga dapat menaikkan muka air sungai, dengan begitu air dapat dimanfaatkan secara efisien pada berbagai keadaan debit sungai. Bangunan utama terdiri dari bangunan pengelak dengan peredam energi, bangunan pengambilan, pembilas, kolam olak, kantong lumpur, tanggul banjir, dan bangunan pelengkap lainnya.

Bagian utama pada bendung yang dibangun dalam air adalah bangunan pengelak, bangunan ini berguna untuk membelokan air sungai ke jaringan irigasi dengan cara menaikkan muka air sungai. Bangunan pengambilan adalah bangunan berupa pintu air, air irigasi dibelokan pada bangunan ini. Selain itu terdapat pula bangunan pembilas guna mencegah masuknya bahan sedimen kasar ke saluran irigasi, sedangkan kantong pasir merupakan pembesaran potongan melintang saluran untuk mengurangi kecepatan aliran dan memberikan kesempatan pada sedimen untuk mengendap.

3.2 Data Utama Perencanaan

1. Topografi dari rencana daerah irigasi

Peta yang meliputi seluruh daerah aliran sungai, letak bangunan utama, gambar-gambar potongan memanjang dan melintang sungai baik sebelah hulu maupun sebelah hilir dari kedudukan bangunan utama.

- a. peta dasar dengan skala 1:50.000 ; 1:25.000 yang menunjukkan sungai mulai dari sumbernya sampai ke muaranya di laut. Garis-garis digunakan dengan perbedaan ketinggian setiap 25 meter.

- b. peta berskala 1:2.000. Peta ini harus meliputi jarak 1 km ke hulu dan 1 km ke hilir dari bangunan utama. Peta ini juga harus dilengkapi dengan garis kontur setiap ketinggian 0,5 meter
 - c. gambar potongan memanjang sungai dengan potongan melintang setiap 50 meter.
 - d. topografi pada lokasi yang direncanakan sangat mempengaruhi perencanaan dan biaya pelaksanaan bangunan utama.
2. Data hidrologi
- a. debit banjir rencana yaitu debit maksimum di sungai dengan periode ulang yang sudah ditentukan dan dapat dialirkan tanpa membahayakan proyek irigasi dan stabilitas bangunan-bangunannya.
Banjir rencana maksimum untuk bangunan pengelak diambil sebagai debit banjir dengan periode ulang 100 tahun.
 - b. debit rendah andalan, dibutuhkan untuk menilai luas daerah potensial yang dapat dialiri dari sungai yang bersangkutan. Debit ini harus didapatkan dengan seakurat mungkin dengan cara yang terbaik yaitu dengan melakukan pengukuran debit atau membaca papan duga setiap hari. Jika tidak tersedia data mengenai muka air debit, maka debit rendah harus dihitung berdasarkan curah hujan dan data limpasan air hujan dari daerah aliran sungai.
3. Morfologi sungai
- Konstruksi bangunan pengelak di sungai akan mempunyai 2 akibat terhadap morfologi sungai :
- a. konstruksi itu akan mengubah kebebasan gerak sungai ke arah horizontal
 - b. konsentrasi sedimen akan berubah karena air dan sedimen dibelokkan dari sungai dan hanya sedimennya yang akan digelontar kembali ke sungai.

Data-data fisik yang diperlukan dari sungai, antara lain :

- a. kandungan dan ukuran sedimen
- b. tipe dan ukuran sedimen dasar
- c. distribusi ukuran butir
- d. banyaknya sedimen dalam waktu tertentu

4. Data geologi

Geologi permukaan suatu daerah harus diliput pada peta geologi permukaan. Skala peta yang harus dipakai adalah:

- a. peta daerah dengan skala 1:100.000 atau 1:50.000
- b. peta semi detail dengan skala 1:25.000 atau 1:5.000
- c. peta detail dengan skala 1:2.000 atau 1:100

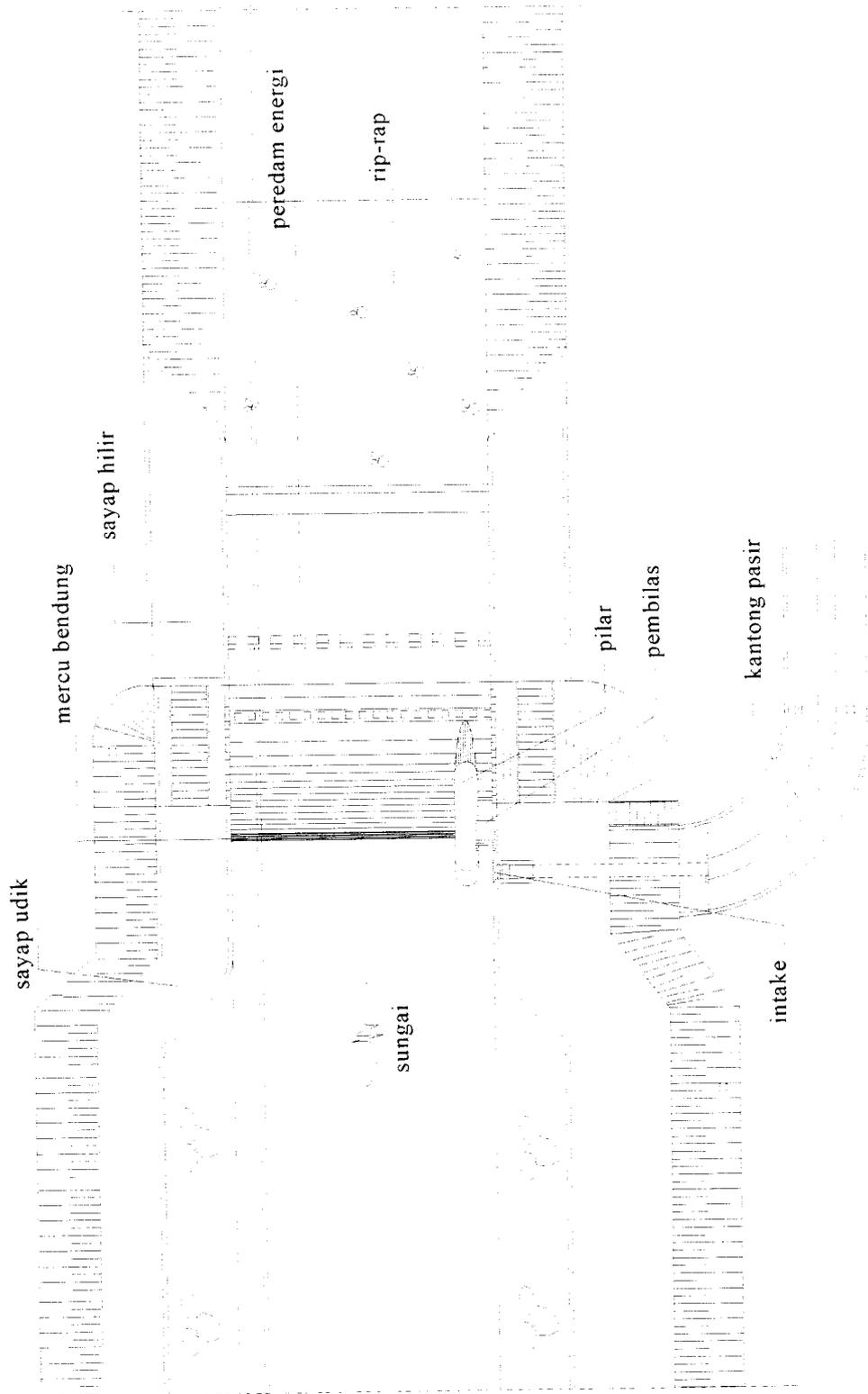
Peta-peta tersebut harus menunjukkan geologi daerah yang bersangkutan, daerah pengambilan bahan bangunan, detail-detail geologis yang perlu diketahui oleh perekayasa, seperti tipe batuan, daerah geser, daerah pecahan, kemiringan lapisan.

5. Data mekanika tanah

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting pada suatu lokasi dimana konstruksi bangunan itu didirikan, tahap awal dari perencanaan harus dimulai dengan penyelidikan tanah. Untuk penyelidikan lapisan tanah pada lokasi, diadakan pengeboran pada titik tertentu menurut perhitungan yang dapat mewakili keadaan sekelilingnya.

6. Peraturan bahan

Bahan yang digunakan sebaiknya digunakan bahan yang mudah untuk didapatkan, sehingga akan berpengaruh kepada waktu dan biaya pelaksanaan.



Gambar 3.1 Komponen bendung tetap

3.3 Pemilihan Lokasi Bendung

Lokasi bendung selain dipilih berdasarkan pertimbangan beberapa aspek diatas, juga dipertimbangkan pula terhadap pengaruh timbal balik antara morfologi sungai dan bangunan lain yang ada dan dibangun, salah satunya adalah penempatan bendung di sudetan sungai.

Penempatan bendung yang dulu dikenal hanya di palung sungai, kini telah dikembangkan untuk ditempatkan di sudetan sungai (Gambar 3.2). Sudetan sungai yaitu saluran yang dibuat untuk memindahkan aliran sungai dari palung aslinya. Dapat dibuat di daerah yang tidak pernah tersentuh aliran air atau pada sudetan sungai.

Keuntungan bendung yang ditempatkan di sudetan sungai yaitu:

1. memudahkan pelaksanaan bendung tanpa gangguan aliran sungai, dan tidak terburu-buru karena gangguan musim.
2. arah aliran menuju bendung dan ke hilirnya akan lebih baik.
3. untuk mendapatkan tanah pondasi yang lebih baik.
4. penempatan lokasi intake, kantong sedimen dan saluran akan lebih baik.

Namun akan dijumpai juga kesulitan antara lain:

1. harus dibuat tanggul penutup sungai, yang kadang kala cukup tinggi dan berat
2. diperlukan pula bangunan pengelak khusus dalam pelaksanaan pembuatan tanggul penutup tersebut

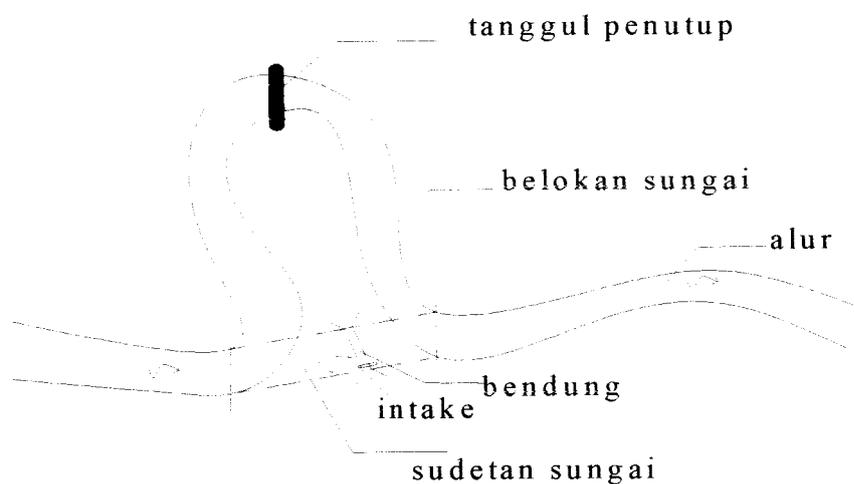
Tata letak yang tepat untuk sudetan sungai bergantung kepada beberapa faktor seperti keadaan geotek, topografi dan sebagainya. Dalam pengaturan alur sudetan dan tata letaknya beberapa hal harus dipertimbangkan pula seperti:

1. Perubahan morfologi sungai diusahakan sesedikit mungkin
2. penurunan dasar sungai / sudetan di hilir bendung akan terjadi sehingga penentuan kedalaman koperan bangunan/bendung harus dipertimbangkan terhadap hal ini.

Penempatan bendung dipalung sungai sebaliknya dari hal di atas, yaitu pelaksanaan pekerjaan akan terganggu oleh musim banjir, sehingga perlu

pekerjaan pengeringan yang berat, dan perlu perlengkapan bendung untuk meratakan aliran untuk menuju bendung seperti pengarah arus. Tetapi tidak diperlukan tanggul penutup sungai.

Pada redesain yang akan dilakukan, bendung dilaksanakan sebagai bendung tetap yang dibangun pada aliran sungai (di tengah as sungai) dengan segala aspek yang sudah ditentukan.



Gambar 3.2 Bendung di sudetan

3.4 Klasifikasi Bendung

Bendung berdasarkan fungsinya dapat diklasifikasikan menjadi:

a. bendung penyalang

Bendung ini digunakan sebagai penyalang aliran sungai untuk berbagai keperluan seperti irigasi, air baku dan sebagainya.

b. bendung pembagi banjir

Bendung dibangun di percabangan sungai untuk mengatur muka air sungai, sehingga terjadi pemisahan antara debit banjir dan debit rendah sesuai dengan kapasitasnya.

c. bendung penahan pasang

Bendung dibangun di bagian sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut antara lain untuk mencegah masuknya air asin.

Berdasarkan tipe strukturnya bendung dapat dibedakan atas :

a. bendung tetap

Bendung tetap adalah bendung yang terdiri dari ambang tetap, sehingga muka air banjir tidak dapat diatur elevasinya. Bendung ini biasanya dibangun di sungai-sungai ruas hulu dan tengah.

b. bendung gerak

Dengan pintu-pintunya (pintu sorong, radial dan tipe pintu lainnya), bendung gerak dapat mengatur muka air di sungai. Di daerah-daerah aluvial yang datar dimana meningginya muka air di sungai mempunyai konsekuensi yang luas (tanggul banjir yang panjang), pemakaian konstruksi bendung gerak dibenarkan. Karena menggunakan bagian-bagian yang bergerak, seperti pintu dengan peralatan angkatnya, maka bendung tipe ini menjadi konstruksi yang mahal dan membutuhkan eksploitasi yang lebih teliti.

Penggunaan bendung gerak dapat dipertimbangkan jika :

1. kemiringan relatif kecil/relatif datar.
2. peninggian dasar sungai akibat konstruksi bendung tetap tidak dapat diterima karena ini akan mempersulit pembuangan air atau membahayakan pekerjaan sungai yang telah ada akibat meningginya muka air.
3. debit banjir tidak bisa dilewatkan dengan aman melalui bendung tetap.
4. pondasi kuat, pilar untuk pintu harus kaku dan penurunan tanah akan menyebabkan pintu-pintu ini tidak dapat dioperasikan.

c. bendung kombinasi

Merupakan kombinasi antara bendung tetap dan bendung gerak.

d. bendung kembang kempis.

e. bendung bottom intake.

Ditinjau dari segi sifatnya bendung dapat pula dibedakan :

- a. bendung permanen seperti bendung pasangan batu, beton, dan kombinasi beton dan pasangan batu.

- b. bendung semi permanen seperti bendung bronjong, crucuk kayu dan sebagainya.
- c. bedung darurat; yang biasa dibuat oleh masyarakat pedesaan seperti bendung tumpukan batu dan sebagainya.

3.5 Penentuan Elevasi Mercu

Penentuan elevasi mercu bendung adalah berdasarkan hal-hal sebagai berikut:

1. Elevasi sawah tertinggi yang akan dialiri dan tinggi muka air di sawah
2. Kehilangan tekanan
 - a. dari saluran sekunder ke sawah
 - b. dari bangunan gorong-gorong
 - c. dari bangunan sadap
 - d. dari bangunan bagi
 - e. akibat tekanan ukur
 - f. kemiringan saluran primer
 - g. kehilangan energi di pintu pengambilan
 - h. kemiringan saluran sekunder
 - i. kemiringan saluran tersier

3.6 Penentuan Tinggi Muka Air Sungai

Untuk penentuan tinggi muka air sungai (h) di hulu dan hilir bendung yaitu tinggi air banjir yang akan berpengaruh kepada fisik bangunan, maka digunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$Q = A \cdot V \quad (3.1)$$

Dengan : $Q =$ Debit sungai (m^3/dt)

$A =$ Luas tampang basah (m^2), $V =$ Kecepatan aliran (m/dt)

Dianggap bahwa besarnya kecepatan aliran sungai dapat dicari pendekatannya dengan menggunakan rumus "De-Chezy" :

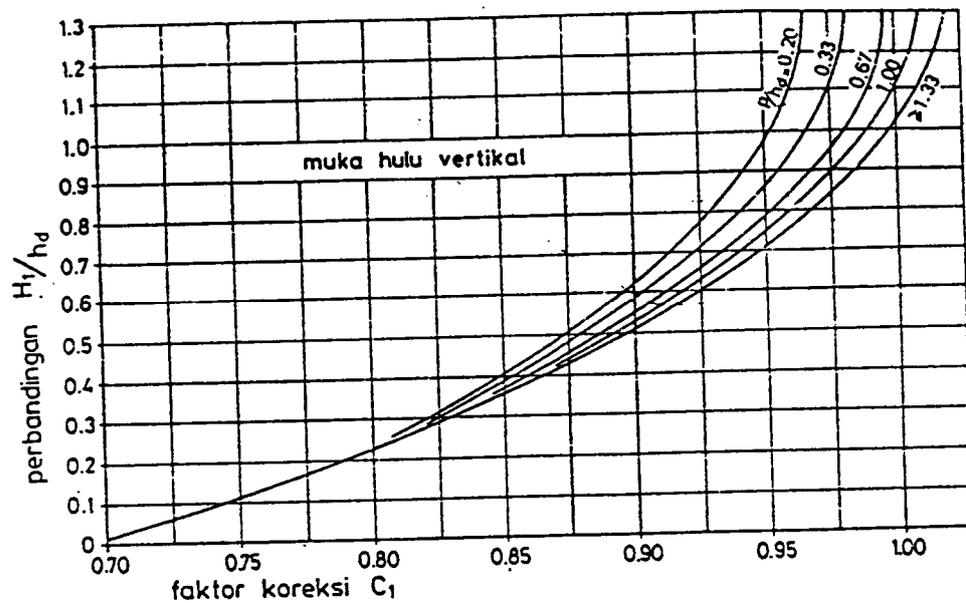
$$V = C\sqrt{RI} \quad (3.2)$$

Sedang untuk menghitung koefisien Chezy, digunakan rumus Basin :

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

b = lebar mercu (m)

H_1 = tinggi energi diambang (m)



Gambar 3.3 Faktor koreksi untuk selain tinggi energi rencana pada bendung mercu ogee (menurut Ven Te Chow, 1959, berdasarkan data USBR WES)

Koefisien debit efektif C_e adalah hasil C_0 , C_1 dan C_2

- C_0 adalah konstanta (1,30)

- C_1 adalah fungsi p/h_d dan H/h_d

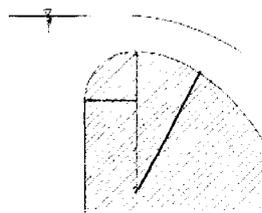
- C_2 adalah faktor koreksi untuk permukaan hulu.

b. Mercu Bulat

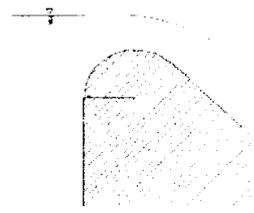
Mercu bulat adalah bentuk mercu yang banyak dan lazim digunakan di Indonesia, karena banyak memberikan keuntungan. Bangunan ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir, dan harga koefisien debit menjadi lebih tinggi karena lengkung *streamline* dan tegangan negatif pada mercu. Keuntungan lainnya antara lain :

1. bentuk sederhana sehingga mudah dalam perencanaan.
2. mempunyai bentuk mercu yang besar, sehingga tahan terhadap benturan batu gelundung, bongkahan dan sebagainya.
3. tahan akibat goresan atau abrasi, karena mercu bendung diperkuat dengan batu candi atau beton bertulang.

Dalam redesain yang akan dilakukan, maka penulis memilih mercu tipe bulat dengan dua buah jari-jari, dengan pasangan batu yang kokoh dan konstruksi beton bertulang, karena mampu membendung air sampai tinggi air minimum yang diperlukan serta dapat mempengaruhi muka air hulu. Bendung ini dibangun melintang tepat di as sungai sungai.



Mercu tipe bulat
dengan dua jari-jari



Mercu tipe bulat
dengan satu jari-jari

Gambar 3.5 Bentuk mercu bulat

(Sumber : Direktorat irigasi 1986, Sandar Perencanaan Irigasi KP – 06)

3.7.2 Jari-jari Mercu

Dipakai rumus “Bunschu”

$$Q = m \cdot b \cdot d^{3/2} \cdot g^{1/2} \quad (3.4)$$

Dengan :

Q = Debit aliran yang lewat mercu (m^3/dt)

m = Koefisien peluapan (1,33)

b = Lebar efektif bendung (m)

d = Tinggi air diatas mercu = $2/3 H$ (m)

H = Tinggi air dibagian hulu bendung (m)

$$= h + k$$

k = Besarnya energi kecepatan aliran diatas mercu bendung (m)

$$k = (4/27) \cdot m^2 \cdot h^3 \cdot \left\{ \frac{1}{(h+p)} \right\}^2 \quad (3.5)$$

$$m = 1,49 - 0,018 \left\{ 5 - \frac{h}{R} \right\}^2 \quad (3.6)$$

Untuk menetapkan R_1 dipakai metode “Kreghten” sebagai rumus pendekatan :

Bila : $H_1/R_1 = 3,8$ dan $R_1 < 1 m$, maka :

$$R_1 = 0,5H \quad R_2 = 2H$$

Dengan :

P = Tinggi bendung dari dasar sungai (m)

R_1, R_2 = Jari-jari mercu bendung (m)

3.7.3 Lebar Efektif Mercu Bendung

$$Be = B - \Sigma b - \Sigma t \quad (3.7)$$

Dengan :

Be = Lebar efektif mercu bendung (m)

B = Lebar sungai (m)

Σb = Lebar total pintu pembilas (m)

Σt = Lebar total pilar (m)

3.7.4 Tinggi Muka Air Bendung Sebelum Ada Bendung

Yang dimaksud disini adalah muka air minimum di sungai. Ini akan sama dengan tingginya air banjir dihilir bendung setelah adanya bendung, karena profil sungai disitu tidak berubah. Dengan anggapan bahwa penampang sungai berbentuk trapesium dan lebar dasar sungai dianggap sama, maka dengan coba-coba dihitung debit banjir dengan bermacam-macam harga tinggi air sungai (h).

Rumus yang dipakai :

- Rumus (3.1), (3.2), (3.3)

$$A = (b + m \cdot h) h \quad (3.8)$$

$$P = B + 2h \cdot \sqrt{1 + m^2} \quad (3.9)$$

Dengan : $A =$ Luas tampang batas sungai (m^2)

$B =$ Keliling basah sungai (m)

3.7.5 Tinggi Muka air Setelah Ada Bendung

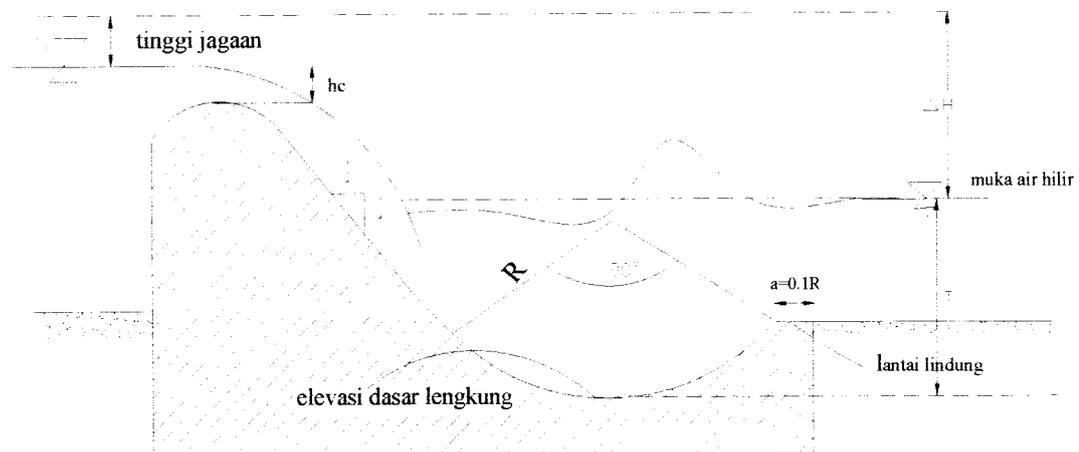
Rumus yang dipakai adalah :

Rumus (3.4), (3.5), (3.6)

3.7.6 Perencanaan Kolam Olak

Tipe Kolam Olak dibagi atas :

- a. Kolam Olak Tipe Bak Tanggelam



Gambar 3.6 Kolam olak tipe bak tenggelam

signifikan karena adanya degradasi dasar sungai, maka tipe ini adalah jenis kolam olak yang tepat bila digunakan, untuk itu selanjutnya akan dirancang dengan menggunakan tipe kolam olak yang sama yaitu tipe USBR dengan peredam energi. Meskipun di Gajahwong tidak ditemui sedimen berupa batu besar tetapi dengan pertimbangan hampir semua sungai di Yogyakarta mengalami degradasi dasar sungai yang cukup tinggi.

(KP.02, Hal 56)

Rumus yang digunakan untuk tipe USBR :

$$V_u = \sqrt{2g\left(\frac{1}{2}H_1 + z\right)} \quad (3.10)$$

Dengan :

V_u = Kecepatan awal loncatan (m/dt)

g = Gaya grafitasi, (m/dt² = 9,81)

H_1 = Tinggi energi di atas ambang (m)

z = Tinggi jatuh (m)

$$q = \frac{Q}{Be} \quad (3.11)$$

$$Y_u = \frac{q}{V_u} \quad (3.12)$$

Dengan :

Y_u = Kedalaman air diawal loncat air (m)

q = Debit per lebar saluran (m³/dt)

V_u = Kecepatan awal loncatan (m/dt)

Q = Debit banjir Q_{100th} (m³/dt)

$$Fr = \frac{V_u}{\sqrt{(g.Y_u)}} \quad (3.13)$$

Dengan :

g = Gaya grafitasi, m/dt² (9,81)

Y_u = Kedalaman air diawal loncat air (m)

Untuk $Foude > 4,5$ ujung-ujung permukaan hilir akan bergulung dan titik dimana kecepatan semburan tinggi cenderung memisahkan diri dari aliran. Gerakan

dan letak loncatan yang terjadi tidak begitu dipengaruhi oleh kedalaman air bawah. Loncat ini dinamakan loncat tetap. Dan tipe kolam loncat air yang digunakan adalah tipe III.

Hasil analisis berupa angka *Froude* dan kedalaman loncat air, digunakan untuk penentuan kedalaman konjugasi (kedalaman air setelah ada olakan) dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{Y_2}{Y_u} = \left[\frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8F_r^2} - 1 \right) \right] \quad (3.14)$$

Dengan :

Y_2 = Kedalaman air di atas ambang ujung (m)

Y_u = Kedalaman air diawal loncat air (m)

Fr = Bilangan *Froude*

Untuk menentukan panjang kolam olak digunakan rumus :

$$L = 2,7 \cdot Y_2 \quad (3.15)$$

Selanjutnya adalah merencanakan dimensi blok halang dan blok muka

$$n_3 = \frac{Y_u(4 + Fr)}{6} \quad (3.16)$$

Dengan :

n_3 = Tinggi blok penghalang tengah (m)

Fr = Bilangan *Froude*

$$n = \frac{Y_u(18 + Fr)}{18} \quad (3.17)$$

Dengan : n = Tinggi ambang ujung (m)

Fr = Bilangan *Froude*

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

$$LW = 6(Y_2 - Y_1) \quad (3.18)$$

$$LB = LW - a - (\sin 45^\circ \cdot R) \cdot 2 \quad (3.19)$$

Dengan :

Y_1 = Tinggi tenaga potensial (m)

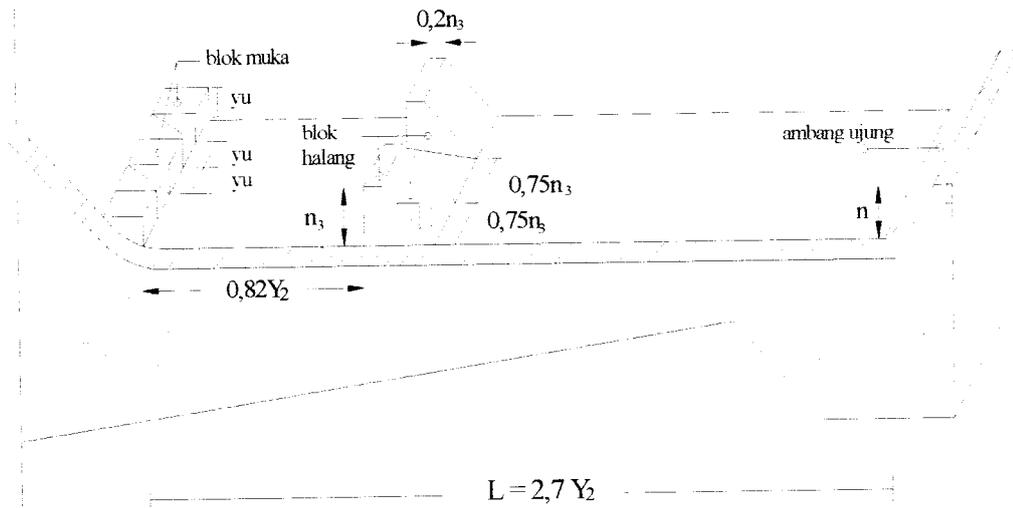
Y_2 = Tinggi loncat air (m)

LW = Panjang loncat air (m)

LB = Panjang gerusan yang terjadi (m)

a = Tinggi ambang akhir sebelah hilir (m)

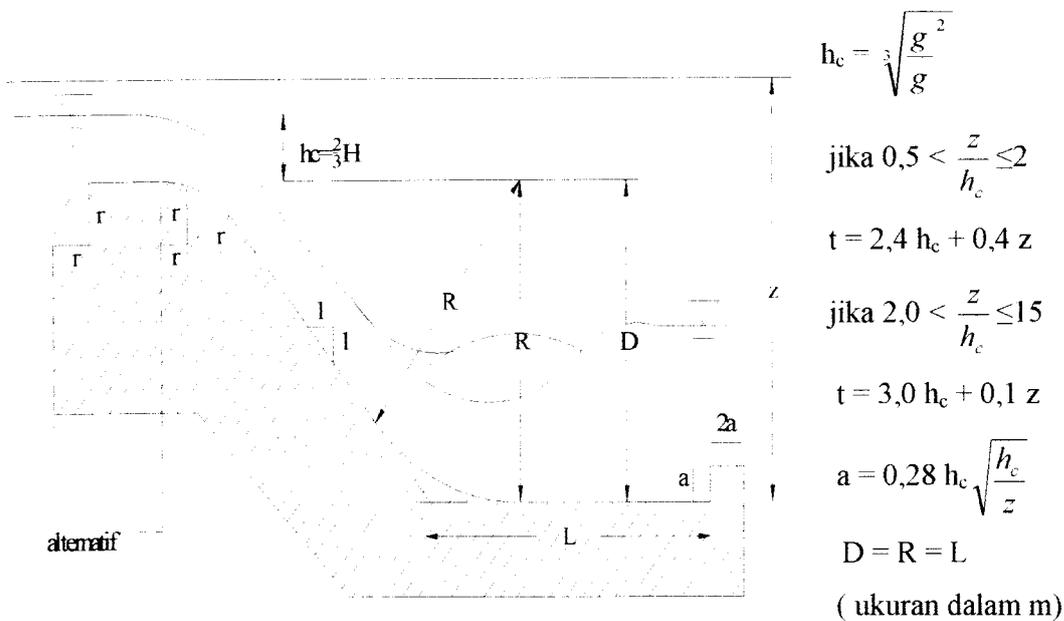
R = Jari-jari mercu bendung (m)



Gambar 3.8 Karakteristik kolam olak dengan bilangan froude diatas 4,5;
kolam USBR tipe III

c. Kolam Olak Tipe Vlugter

Kolam olak tipe ini dipakai pada beda tinggi (z) tidak lebih dari 4,5 meter. Penyelidikan menunjukkan bahwa perencanaanya mirip dengan tipe bak tenggelam (KP-02, hal.66)



Gambar 3.9 Kolam olak tipe vlugter

3.7.7 Perencanaan Lantai Muka

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

1. **Teori Bligh**, berpendapat bahwa besarnya perbedaan tekanan di jalur pengaliran adalah sebanding dengan panjangnya jalan air (creep line)

$$CR \leq \frac{L}{\Delta H} \quad (3.20)$$

Dengan : CR = Creep Ratio untuk Bligh

L = Panjang garis aliran minimum (m)

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

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

Dengan : L_m = Panjang lantai muka yang dibutuhkan (m)

L = Panjang garis aliran minimum (m)

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

2. **Cara Lane**, lebih efektif dibanding teori bligh karena memberikan hasil yang lebih efisien, dengan menyatakan bahwa energi yang dibutuhkan oleh air untuk melewati jalan yang vertikal lebih besar dari pada jalan

yang horizontal, dengan perbandingan 3:1, jadi dianggap bahwa $L_v = 3L_H$ untuk suatu panjang yang sama sehingga rumus menurut Bligh berubah menjadi :

Dengan Syarat yang dikehendaki oleh lane adalah :

$$L = L_v + \frac{1}{3} L_H \geq C_L \Delta H \quad (3.22)$$

- Dengan :
- C_L = angka rembesan Lane
 - ΣL_v = Jumlah panjang vertikal (m)
 - ΣL_H = Jumlah panjang horizontal (m)
 - ΔH = Beda tinggi muka air (m)

3.8 Bangunan Intake

3.8.1 Perencanaan Bangunan Intake

Bangunan intake adalah sebuah bangunan berupa pintu air yang berfungsi mengatur banyaknya air yang masuk kesaluran dan mencegah masuknya benda padat dan endapan sedimen ke saluran.

$$Q = \mu \cdot b \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z} \quad (3.23)$$

- Dengan :
- Q = Debit rencana intake (m^3/dt)
 - μ = Koefisien debit (0,8)
 - b = Lebar bersih bukaan (m)
 - a = Tinggi bersih bukaan (m)
 - z = Kehilangan tinggi energi (m)

3.8.2 Ambang Intake

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

Rumus yang digunakan :

$$Q_n = \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z} \quad (3.24)$$

Dengan : Q_n = Debit rencana intake (m^3/dt)
 μ = Koefisien debit (0,9)
 b = Lebar bersih ambang (m)
 h = Tinggi muka air diatas ambang (m)
 z = Kehilangan tinggi energi (0,05 m)

3.9 Perencanaan Bangunan Pembilas Utama

Lantai pembilas merupakan kantong tempat endapan bahan-bahan kasar didepan pembilas pengambilan. Sedimen yang terkumpul dapat dibilas dengan jalan membuka pintu pembilas secara berkala guna menciptakan aliran tepat didepan pengambilan.

Pembilas pada bendung dikelompokkan dua macam, yaitu:

1. pembilasan tidak kontinyu (periodik)

Q pembilasan = Q minimum sungai

Jika Q minimum tidak diketahui, maka Q pembilasan = Q intake

2. pembilasan kontinyu

Apabila debit minimum sungai > debit intake

Q pembilasan = Q minimum sungai – Q intake,

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

Lebar pintu pembilas yang dibutuhkan adalah:

$$Q = \mu b h \sqrt{2gz} \quad (3.25)$$

Dengan : Q = Debit intake (m^3/dt)
 μ = Koefisien debit (0,8)
 b = lebar pintu pembilasan (m)
 h = Tinggi muka air (m)
 g = Percepatan grafitasi ($9,81 m/dt^2$)
 z = Kehilangan energi

3.10 Perencanaan Saluran Penangkap pasir

Agar air pada saluran induk tidak membawa pasir maupun lumpur, maka dibuat saluran penangkap pasir dengan dimensi tertentu untuk mengendapkan pasir ataupun lumpur tersebut.

Langkah perencanaannya sebagai berikut :

- a. Menentukan ukuran partikel rencana yang akan diangkut jaringan irigasi
- b. Menentukan volume (V) kantong pasir yang diperlukan dengan asumsi bahwa air yang dialirkan mengandung 0,5% sedimen yang harus diendapkan dalam kantong pasir.

$$\text{Rumus : } 0,0005 \cdot Q_n \cdot T \quad (3.26)$$

Dengan : V = Volume kantong Pasir (m^3)
 Q_n = debit rencana pengambilan = 120% Q_p
 T = Jarak waktu pembilasan (dt)

- c. Menentukan panjang saluran penangkap pasir

$$h/w = L/v \quad (3.27)$$

Dengan : h = Kedalaman aliran saluran (m)
 L = Panjang saluran (m)
 V = Kecepatan aliran air (m/dt)
 w = Kecepatan endapan partikel rencana

- d. Menentukan kemiringan energi kantong pasir selama eksploitasi normal. Untuk ini digunakan rumus Strickler :

$$V_n = K_s \cdot R_n^{2/3} \cdot I_n^{1/2} \quad (3.28)$$

$$Q_n = V_n \cdot A_n \quad (3.29)$$

Dengan : V_n = Kecepatan rata-rata selama eksploitasi normal = 0,4 m/dt
 K_s = Koefisien kekasaran (35 $m^{1/2}/dt$)
 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 kosaong dalam rumus Strickler

$$V_s = K_s \cdot R_s^{2/3} \cdot I_s^{1/2} \quad (3.30)$$

$$Q_s = V_s \cdot A_n \quad (3.31)$$

Dengan : V_s = Kecepatan rata-rata selama pembilasan m/dt

K_s = Koefisien kekasaran ($35, m^{2/3}/dt$)

R_s = jari-jari hidrolik (m)

I_s = Kemiringan energi selama pembilasan

Q_s = Debit untuk membilas (m^3/dt)

f. Panjang kantong pasir dicari dengan rumus:

$$V = 0,5 \cdot b \cdot L + 0,5 (I_s - I_n) \cdot L^2 \cdot b \quad (\text{Harbi Hadi}) \quad (3.32)$$

Dengan : V = Volume kantong pasir (m^3)

b = Lebar dasar (m)

L = panjang kantong pasir (m)

3.11 Bangunan Pembilas Kantong Pasir

Selama pembilasan dilakukan bangunan pembilas tidak boleh menjadi gangguan. Oleh karena itu aliran pada pintu pembilas harus tidak tenggelam, karena jika aliran tenggelam akan menurunkan kapasitas angkutan sedimen.

$$b \cdot h_s = b_{nf} \cdot h_f \quad (3.33)$$

Dengan : b = Lebar total bangunan pembilas = lebar dasar kantong (m)

h_s = Kedalaman air pembilas (m)

b_{nf} = Lebar bersih bukaan pembilas (m)

h_f = Kedalaman air pada bukaan pembilas (m)

3.12 Dimensi Bangunan Pengambilan Saluran Primer

Bangunan pengambilan saluran primer dilengkapi dengan pintu mencegah agar selama pembilasan air tidak mengalir kembali ke saluran primer dan mencegah masuknya air pembilas yang mengandung sedimen ke saluran.

$$Q_n = \mu \cdot b_i \cdot h_i \cdot \sqrt{2gz} \quad (3.34)$$

Dengan : Q_n = Debit pengambilan (m^3/dt)

z = Kehilangan energi pada pintu

h_i = Kedalaman air pada pintu pengambilan (m)

- Dengan :
- dx = Tebal lantai kolam pada titik X (m)
 - U_x = Gaya angkat akibat air pada titik X (t/m^2)
 - W_x = Kedalaman air pada titik X (m)
 - $\gamma_b t$ = Berat jenis bahan (t/m^3)
 - S = Faktor keamanan

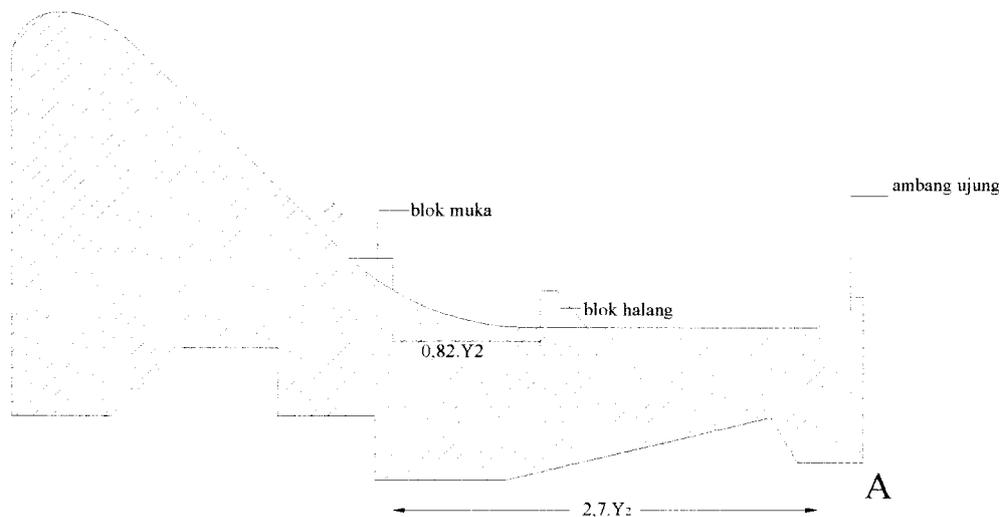
Syarat-Syarat Stabilitas

1. Tidak mengalami penggulingan (*Overtuning*)

Dengan adanya gaya horizontal total (Σh) akan menyebabkan tendensi terjadi penggulingan pada titik A dengan momen M_{AH} dan momen ini akan ditahan oleh momen pelawan sebagai akibat gaya vertikal yaitu M_{AV} , jadi agar stabil momen M_{AV} ditambah angka keamanan haruslah lebih besar dibandingkan dengan M_{AH} .

$$SF = \frac{\sum M_{AV}}{\sum M_{AH}} \geq 1,5 \quad (3.39)$$

- Dengan :
- M_{AV} = Momen vertikal total terhadap titik A (t-m)
 - SF = Angka keamanan terhadap penggulingan = 1,5
 - M_{AH} = Momen horizontal terhadap titik A (t-m)



Gambar 3.10 Sketsa titik tempat terjadinya penggulingan

2. Tidak mengalami penggeseran (*Sliding*)

Untuk mengontrol terhadap bahaya geser rumus yang digunakan adalah :

$$n = \frac{\sum(V-U)f}{\sum H} \geq 2 \quad (3.40)$$

Dengan : n = Angka keamanan = 2
 $\Sigma(H)$ = Gaya horizontal total (ton)
 $\Sigma(V-U)$ = Gaya vertikal total (ton)
 f = Koefisien gesekan

3. Kontrol Terhadap eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{M}{V} < 1/6B \quad (3.41)$$

Dengan : B = Panjang bendung pada titik yang ditinjau (m)
 M = Momen vertikal total terhadap titik yang ditinjau (ton-m)
 V = gaya vertikal total (ton)

4. Kontrol Tegangan Tanah Pada Pondasi

$$\sigma = \frac{V}{B} \cdot \left(1 \pm \frac{6xe}{B} \right) \quad (3.42)$$

σ maks < σ ijin
 σ min > 0

Dengan : B = Panjang bendung pada titik yang ditinjau (m)
 V = Gaya vertikal total (ton)
 e = Eksentrisitas

BAB IV

METODE PERENCANAAN

4.1 Tinjauan Umum

Pada perancangan ulang akan dilihat perbedaan dari desain bendung yang sudah ada dengan desain ulang yang akan dibuat, setelah itu dapat kita bandingkan desain yang baru dengan yang sudah ada. Pada perencanaan ini dilakukan survey lokasi dilapangan dan pengumpulan data-data yang dibutuhkan.

4.2 Subjek Perencanaan

Subjek dalam perencanaan ini adalah Bendung Mrican di Daerah Aliran Sungai (DAS) Gajah Wong Kab. Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

4.3 Objek Perencanaan

Objek perencanaan adalah mendesain ulang bendung dan membandingkan dengan desain yang sudah ada, yaitu bendung Mrican, Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta.

4.4 Data Yang Diperlukan

Dalam merencanakan suatu bendung tetap dan permanen bagi kepentingan irigasi, maka pemilihan lokasi yang tepat harus dilihat dari beberapa data yang menunjang dan beberapa hal yang mempengaruhi timbal balik antara sungai dengan bangunan lain yang ada dan yang akan dibangun.

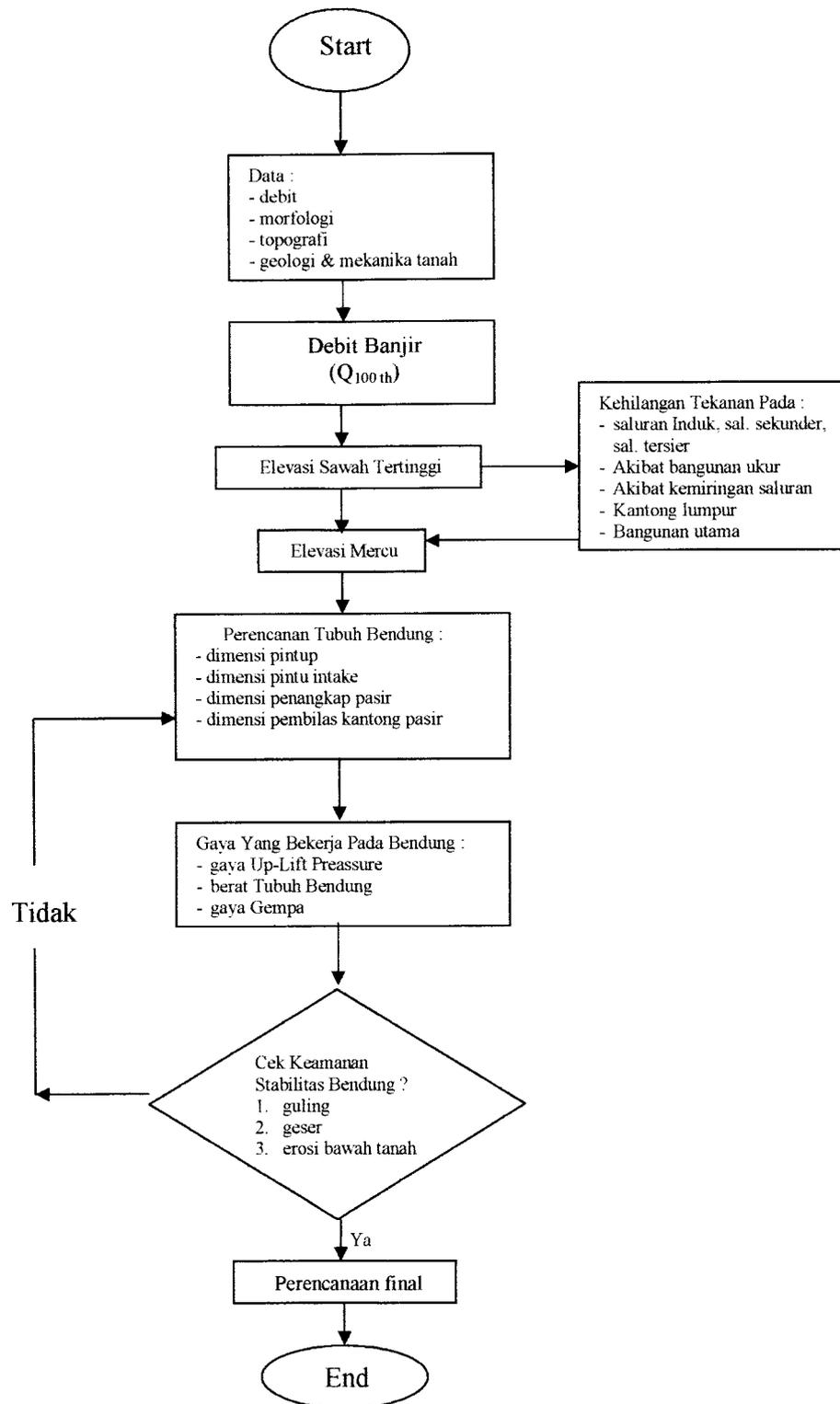
Data yang menunjang adalah sebagai berikut :

4.4.1 Data Topografi

1. luas Daerah Aliran Sungai (DAS)
2. panjang sungai
3. kemiringan dasar sungai

4.4.2 Data Geologi Tanah

1. jenis tanah



Gambar 4.1 Bagan alir perencanaan bendung

BAB V
PERENCANAAN BANGUNAN UTAMA
(REDESAIN BENDUNG MRICAN)

5.1 Umum

Bendung Mrican akan direncanakan sebagai bendung tetap yang membentang di kali Gajah Wong di Dusun Mrican, Desa Tamanan, Kecamatan Giwangan, Kabupaten Bantul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Bendung ini dibangun dengan maksud untuk meninggikan elevasi muka air, sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi setempat yang membutuhkannya untuk mengembangkan dan memanfaatkan potensi lahan dan sumber air hujan yang ada didaerah irigasi Mrican.

Data yang tersedia pada perencanaan bendung Mrican ini adalah :

- a) lebar sungai 37,5 m disekitar rencana bendung.
- b) elevasi dasar sungai rata-rata disekitar rencana bendung + 67,00 m.
- c) luas total daerah irigasi yang akan dialiri adalah 141 Ha, dengan dengan Q pengambilan sebesar 0,309 m³/dt.
- d) debit banjir rencana Q_{100th} sebesar 125,907 m³/dt, yang diperoleh dari analisis debit banjir yang dilakukan oleh konsultan PT.Tatareka Paradya.
- e) elevasi mercu bendung dihitung dengan memperhatikan faktor ketinggian elevasi sawah tertinggi yang akan dialiri, perhitungannya sebagai berikut :

- | | |
|---|------------|
| 1. elevasi sawah tertinggi | = + 70,5 m |
| 2. tinggi air sawah | = 0,10 m |
| 3. kehilangan tinggi di box sekunder ke sawah | = 0,05 m |
| 4. kehilangan akibat tekanan ukur | = 0,10 m |
| 5. kehilangan energi di bangunan sadap 2 x 0,1 | = 0,2 m |
| 6. kehilangan energi di bangunan bagi | = 0,05 m |
| 7. kehilangan energi di bangunan gorong-gorong 2 x 0,05 | = 0,10 m |

Rumus :

$$Q = A \cdot V \quad (3.1)$$

$$V = C\sqrt{RI} \quad (3.2)$$

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma b}{\sqrt{R}}} \quad (3.3)$$

Persamaan percepatan aliran :

$$V = \frac{87}{1 + \frac{0,85}{\sqrt{R}}} \cdot \sqrt{R \cdot I} = \frac{87 \cdot \sqrt{R}}{0,85 + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R \cdot 0,00055}$$

$$V = \frac{2,0403xR}{0,85 + \sqrt{R}}$$

$$A = (b + m \cdot h) h = (37,5 + 1 \cdot h) h = 37,5 h + h^2$$

$$P = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} = 37,5 + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + 1^2} = 37,5 + 2,83 h$$

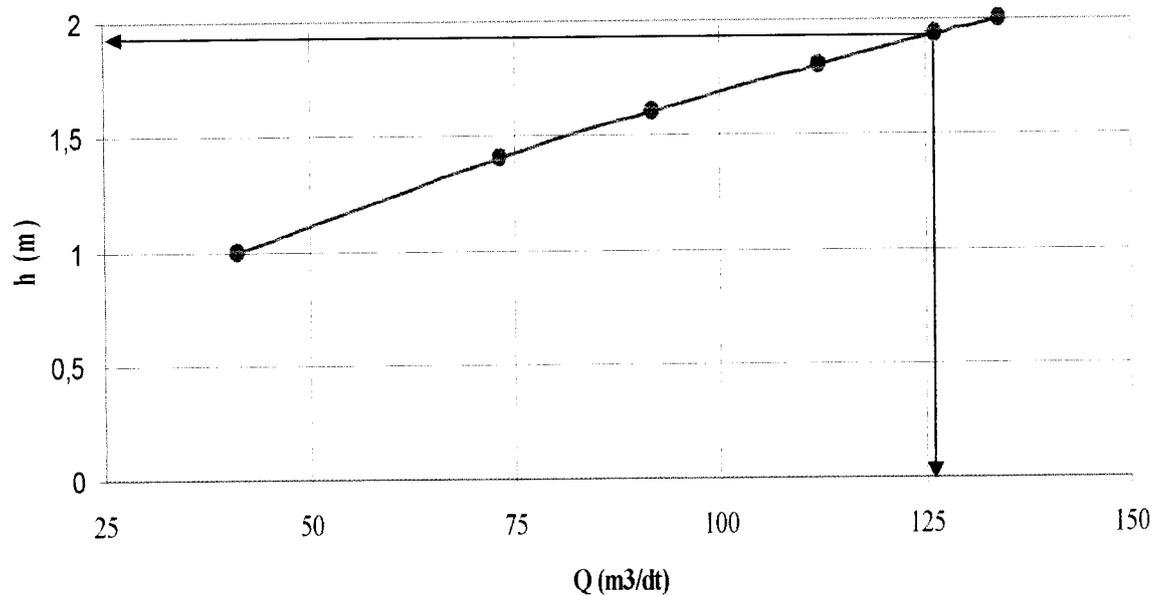
$$R = \frac{A}{P} = \frac{37,5h + h^2}{37,5 + 2,83h}$$

Perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 5.1 Perhitungan tinggi muka air pada bagian hulu bendung

h (m)	A (m)	P (m)	R = A/P	2,04.R	0,85+√R	V (m/dt)	Q (m3/dt)
1	38,5	40,33	0,955	46,525	0,023	1,066	41,041
1,4	54,46	41,462	1,313	49,952	0,027	1,343	73,139
1,6	62,56	42,028	1,489	51,276	0,029	1,467	91,775
1,8	70,74	42,594	1,661	52,423	0,030	1,584	112,052
1,93	76,0999	42,9619	1,771	53,092	0,031	1,657	125,907
2	79	43,16	1,830	53,431	0,032	1,695	133,905

Dari perhitungan di atas dibuat grafik hubungan antara debit dan tinggi muka air:



Gambar 5.2 Hubungan debit (Q) dan tinggi muka air (h)

Dari data penelitian oleh PT. Tatareka Paradya tahun 2004 didapat Q_{100} (Desain) sebesar $125,907 \text{ m}^3/\text{dt}$. Sehingga pada grafik hubungan debit dan tinggi muka air di dapat :

$$h = 1,93 \text{ m}$$

Kontrol untuk $h = 1,93 \text{ m}$

$$A = 37,5 \cdot h + h^2 = 37,5 \cdot 1,93 + 1,93^2 = 76,099 \text{ m}^2$$

$$P = 37,5 + 2,83 \cdot h = 37,5 + 2,83 \times 1,93 = 42,962 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = 1,7713 \text{ m}$$

$$V = \frac{87 \cdot \sqrt{R}}{0,85 + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R \cdot 0,00055}$$

$$V = \frac{87 \cdot \sqrt{1,7713}}{0,85 + \sqrt{1,7713}} \cdot \sqrt{1,7713 \cdot 0,00055} = 1,657 \text{ m/dt}$$

$$\begin{aligned}
Q &= A \cdot V \\
&= 76,099 \cdot 1,657 = 125,907 \text{ m}^3/\text{dt} \\
\text{Elevasi dasar sungai dihilir} &= + 66,00 \text{ m} \\
\text{Tinggi air banjir (h)} &= \underline{+ 1,93 \text{ m}} + \\
\text{Elevasi air di hilir bendung} &= + 67,93 \text{ m}
\end{aligned}$$

5.3 Perencanaan Tubuh Bendung

5.3.1 Lebar Efektif Mercu Bendung

1. lebar sungai (B) = 37,5 m
2. lebar pintu pembilas direncanakan :

Menurut KP-02 halaman 84, untuk perencanaan bangunan intake, kapasitas pengambilan harus sekurang-kurangnya 120% dari kebutuhan pengambilan (*dimension requirement*) guna menambah fleksibilitas dan agar dapat memenuhi kebutuhan yang lebih tinggi selama umur proyek.

$$Q = \mu b h \sqrt{2g.z}$$

h direncanakan sebagai tinggi bukaan pintu = 0,5m

$$0,309 \cdot 1,2 = 0,8 \cdot b \cdot 0,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,11}$$

$$b = 0,618 \text{ m}$$

Maka dipakai b sebesar 0,7 m dan dipakai satu buah pintu pembilasan dengan tipe pintu sorong.

3. pilar direncanakan (t) = 1 m
4. jadi lebar efektif bendung adalah :

$$\begin{aligned}
Be &= 37,5 - \Sigma b - \Sigma t && (3.7) \\
&= 37,5 - 0,7 - 1 = 35,8 \text{ m}
\end{aligned}$$

Untuk menentukan R_1 dipakai metode “Kreghten” sebagai rumus pendekatan :

$$\text{Bila : } \frac{H_1}{R_1} = 3,8$$

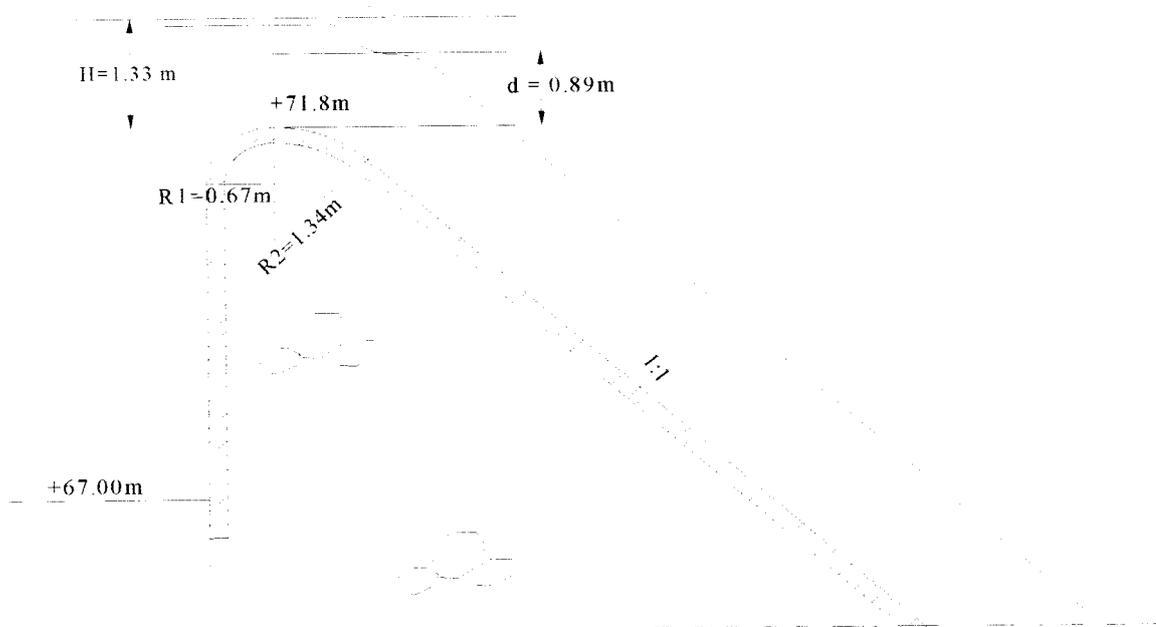
$$\text{Dan : } R_1 < 1 \text{ m} < R_1 = 0,5 H$$

$$R_2 = 2 R$$

$$R_1 = \frac{1,34}{3,8} = 0,3526 < 1$$

$$\text{Maka dipakai : } R_1 = 0,5 \cdot 1,34 = 0,67 \text{ m}$$

$$R_2 = 2 \cdot 0,67 = 1,34 \text{ m}$$



Gambar 5.4 Jari-jari bendung bulat dengan dua R

Dari Tabel 5.2 hubungan tinggi muka air (h) dan debit (Q) setelah ada bendung didapat data-data :

$$h = 1,406835 \text{ m}$$

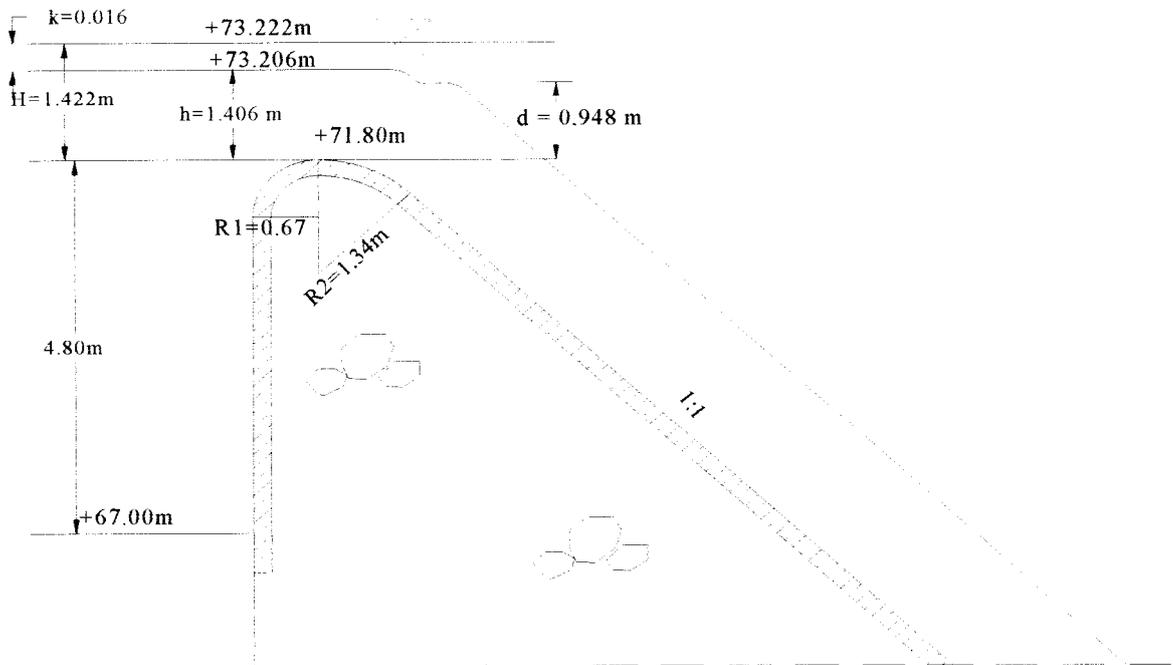
$$m = 1,209 \text{ m}$$

$$k = 0,016 \text{ m}$$

$$H = 1,422 \text{ m}$$

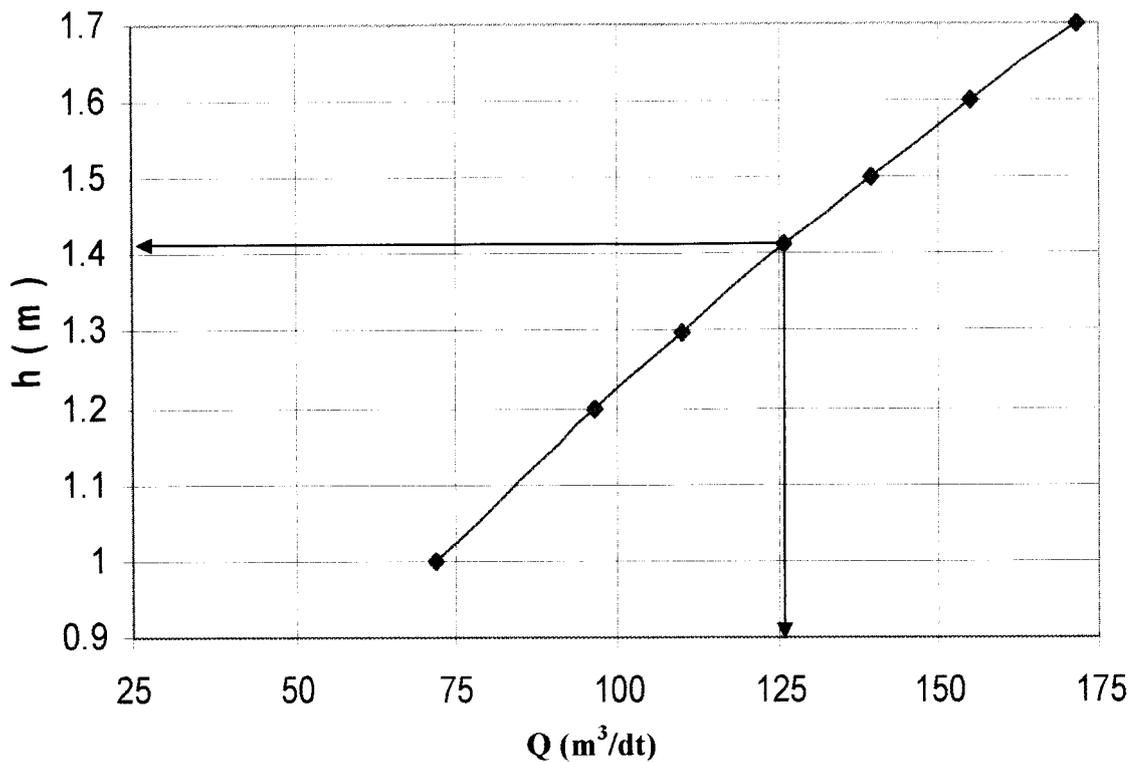
$$d = 0,948 \text{ m}$$

$$Q = 125,907 \text{ m}^3/\text{dt} = Q_{\text{rencana (100)}} = 125,907 \text{ m}^3/\text{dt} \dots \dots \dots \text{ok}$$



Gambar 5.5 Tinggi muka air setelah ada bendung

Dari Tabel 5.2 dapat dibuat grafik hubungan tinggi muka air setelah ada bendung berikut ini :



Gambar 5.6 Hubungan tinggi muka air (h) dan debit (Q) setelah ada bendung

5.3.4 Kolam Olak USBR

1. Elevasi air di hilir bendung = +67,93 m
2. Elevasi tinggi energi di hulu bendung = +71,80 m + H = +73,222 m
3. $z = (+73,222 \text{ m}) - (+67,93 \text{ m}) = 5,292 \text{ m}$

Tinggi air hilir dari dasar ambang kolam :

$$h_c = d = 0,948 \text{ m}$$

$$t = 3 h_c + 0,1 z = (3 \cdot 0,948) + (0,1 \cdot 5,292) = 3,373 \text{ m}$$

Elevasi dasar kolam olak rencana :

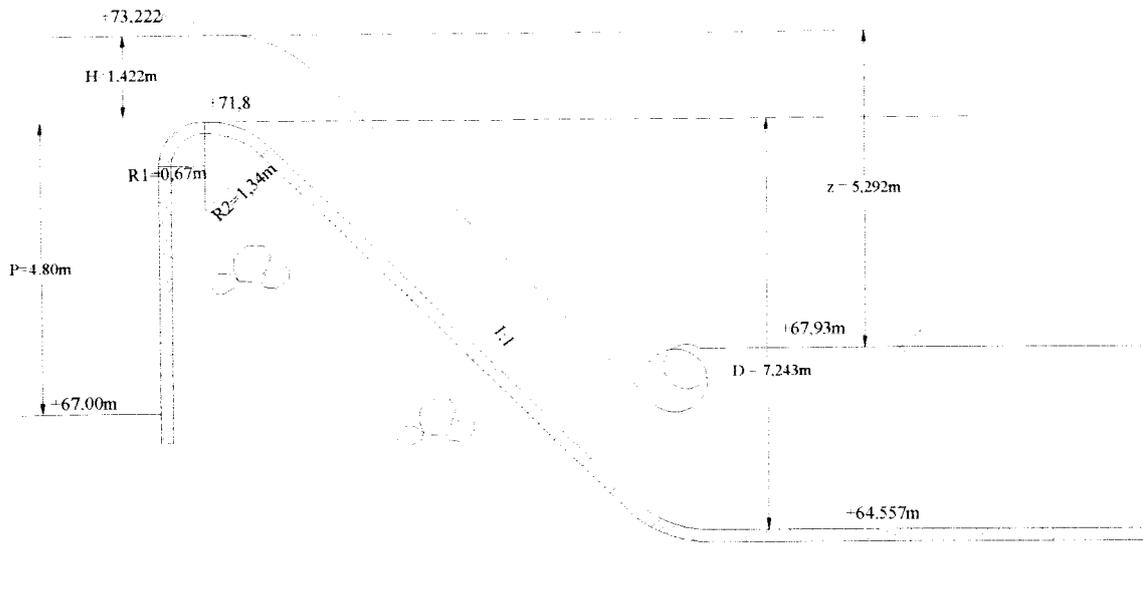
$$= \text{Elevasi mercu bendung} - D$$

$$D = z + t - H$$

$$D = 5,292 + 3,373 - 1,422 = 7,243 \text{ m}$$

Jadi elevasi dasar kolam olak rencana :

$$= +71,8\text{m} - 7,243\text{m} = +64,557\text{m}$$



Gambar 5.7 Beda tinggi muka air di hulu dan hilir bendung

Tinggi energi di hulu bendung $H_1 = 1,422 \text{ m}$

Elevasi dasar kolam olak rencana = $+64,557 \text{ m}$

Menurut rumus USBR, z = beda tinggi antara mercu bendung dengan elevasi dasar kolam olak, sehingga :

$$z = 7,243 \text{ m}$$

$$V_u = \sqrt{2g\left(\frac{1}{2}H_1 + z\right)} \quad (3.10)$$

$$= \sqrt{2.9,81\left(\frac{1}{2}.1,422 + 7,243\right)}$$

$$= 12,4922 \text{ m/dt}$$

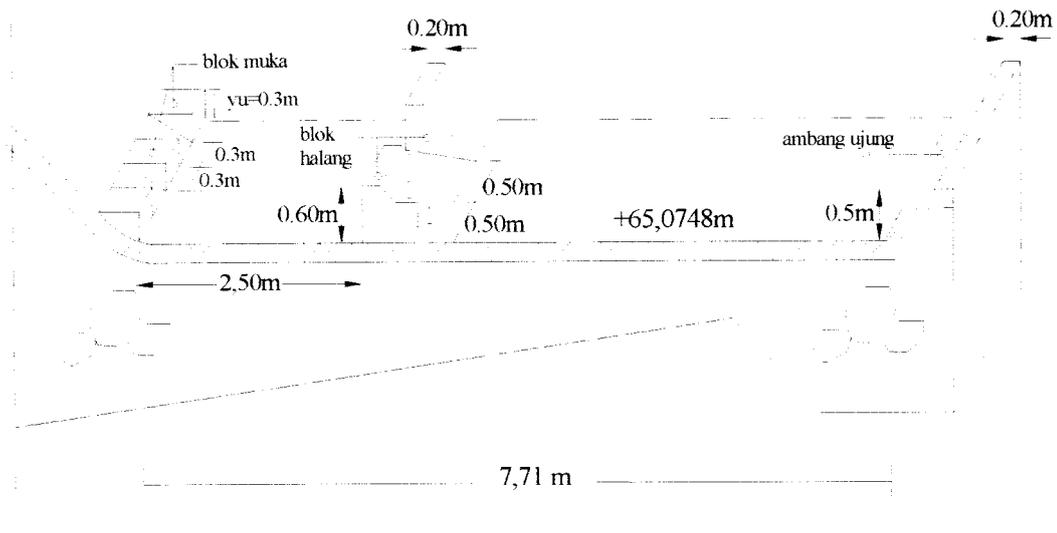
$$= 0,4253 \text{ m (diambil 0,5 m)}$$

Lebar ambang ujung diambil = 0,2 m

Tebal bagian atas blok penghalang = $0,2 \cdot n_3 = 0,12 \text{ m}$ (ambil 0,2)

Jarak balok penghalang tengah (antar balok) = $0,75 \cdot n_3 = 0,45 \text{ m}$
(ambil 0,5)

Jarak blok penghalang tengah dengan blok muka = $0,82 \cdot Y_2 = 2,3415 \text{ m}$
(ambil 2,5)



Gambar 5.8 Karakteristik kolam olak USBR tipe III

5.3.5 Perencanaan Rip – Rap

Rip-rap merupakan susunan bongkahan batu alam yang berfungsi sebagai lapisan perisai untuk mengurangi kedalaman penggerusan setempat dan untuk melindungi tanah dasar di hilir peredam energi bendung.

Perhitungan :

Kecepatan aliran dasar hilir :

$$Q = B \cdot h \cdot v \rightarrow 125,907 = 35,8 \cdot 1,93 \cdot v$$

5.3.6 Lantai Muka

Untuk perhitungan panjang lantai digunakan metoda Lane, karena metode Lane adalah metode yang dianjurkan untuk mencek bangunan-bangunan utama dari erosi bawah tanah dan metode ini juga memberikan hasil yang aman dan mudah dipakai, untuk perhitungan bagian-bagian bendung guna mencari panjang lantai dihitung dengan tabel dibawah ini.

Tabel 5.3. Hasil perhitungan tiap bagian untuk panjang lantai

Bagian	Panjang tiap bagian	
	Lv (m)	Lh (m)
Ao - A1	1,5	0
A1 - A2	0	0,5
A2 - A3	1	0
A3 - A4	0	5
A4 - A5	1	0
A5 - A6	0	0,5
A6 - A7	1	0
A7 - A8	0	5
A8 - A9	1	0
A9 - A10	0	0,5
A10 - A11	1	0
A11 - A12	0	5
A12 - A13	1	0
A13 - A14	0	0,5
A14 - A15	1	0
A15 - A16	0	5
A16 - A17	1	0
A17 - A18	0	0,5
A18 - A19	1	0
A19 - A	0	5
A - B	2,5	0
B - C	0	1,5
C - D	2,12	0
D - E	0	1,75
E - F	1,5	0
F - G	0	1,5
G - H	2	0
H - I	0	2
I - J	8,804	0
J - K	1,118	0
K - L	0	1
L - M	3,37	0
Σ	31,912	35,25

5.4 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 Gajah Wong ini dirancang di satu sisi bendung yaitu disebelah kanan bendung, hal ini disebabkan debit intake yang kecil, dan pintu di buat dekat dengan pilar pembilas.

$$\text{Maka : } Q_p = 0,309 \cdot 1,2 = 0,3708 \text{ m}^3/\text{dt}$$

5.4.1 Bangunan Intake

- a. Elevasi ambang intake ditentukan berdasarkan elevasi mercu bendung. Merujuk kepada KP-02 halaman 86, elevasi ambang intake ditentukan dari dasar sungai. Ambang direncanakan diatas dasar dengan ketentuan bahwa sungai mengangkut sedimen. Pada sungai yang direncanakan ini sungai mengangkut pasir dan kerikil sehingga ambang ditentukan setinggi 1 meter dari dasar sungai. Oleh karena tinggi mercu bendung +71,80m dan lantai muka +67.0m sehingga elevasi ambang menjadi +68,0m, dianggap perencanaan terlalu tinggi yaitu 3,8m dari mercu bendung, untuk itu direncanakan tinggi ambang dari dasar sungai 3,5 m, maka elevasi ambang intake yang direncanakan :

$$(+67,00\text{m}) + (3,5) \text{ m} = +70,50\text{m}$$

- b. Elevasi ambang intake diambil 0,2 m diatas kantong pasir dalam keadaan penuh, guna mencegah terjadinya pengendapan sedimen di dasar intake :

$$(+70,50\text{m}) - (0,2\text{m}) = +70,30\text{m}$$

- c. Elevasi kantong pasir dalam keadaan penuh (rencana) +70,30m

1) Profil Saluran Primer

a. Luas sawah = 141 ha

b. Qpengambilan = $0,3708 \text{ m}^3/\text{dt}$

Berdasarkan parameter untuk membuat perencanaan teknis jaringan irigasi, badan penerbit PU dan KP-03 halaman 18, diambil ketentuan sebagai berikut :

$$m = 1 \quad b/h = 1,5 \quad b = 1,5 h$$

$$k = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{dt} \quad V = 0,40 \text{ m}/\text{dt} \quad (\text{KP-03 hal 18})$$

$$\begin{aligned} A &= (b + mh) h \\ &= (1,5 h + 1 h) h = 2,5 h^2 \end{aligned}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$0,3708 = 2,5 h^2 \cdot 0,4$$

$$h = 0,6089 \text{ m} \quad \approx 0,7 \text{ m}$$

$$b = 2 \cdot (0,7) = 1,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} p &= b + 2h\sqrt{1+m^2} \\ &= 1,4 + 2 \cdot 0,7 \sqrt{1+1^2} = 3,7800 \text{ m} \end{aligned}$$

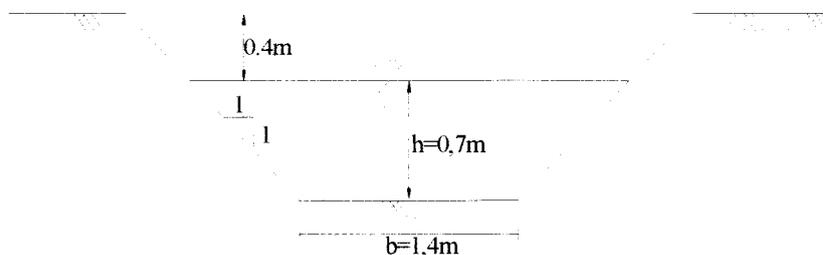
$$R = \frac{A}{P} = \frac{2,5 \cdot 0,7^2}{3,7800} = 0,3241 \text{ m}$$

Berdasarkan Standarisasi Saluran (KP – 03, hal 15)

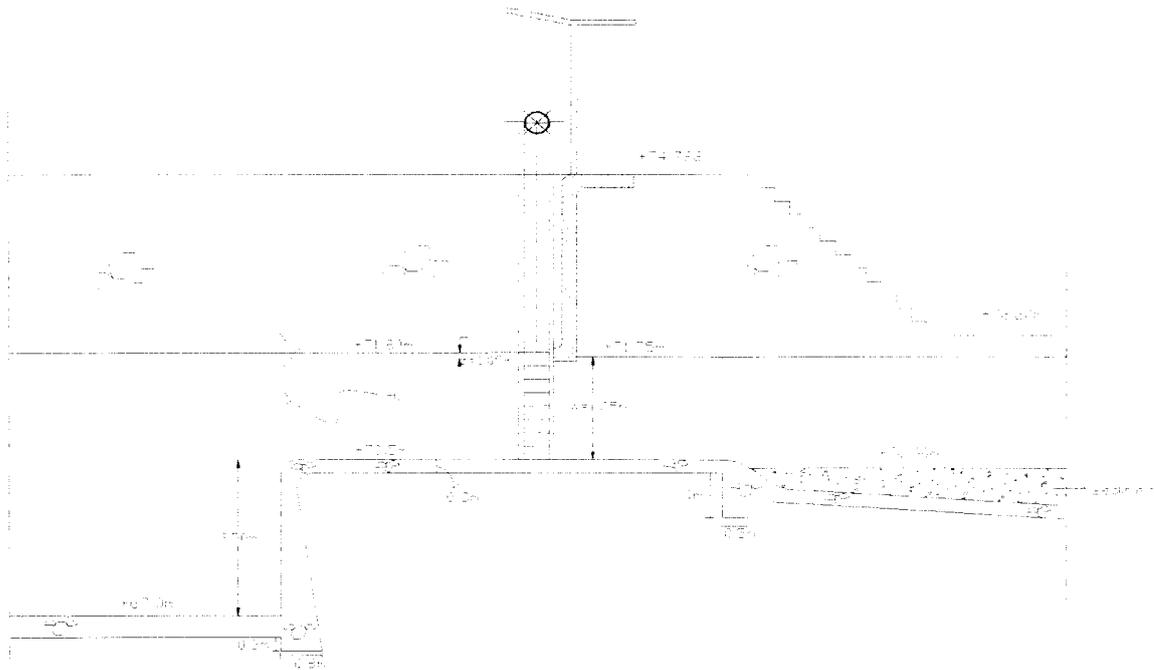
$$V = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$0,40 = 35 \cdot 0,3241^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$I = 5,8669 \times 10^{-4}$$



Gambar 5.12 Potongan melintang saluran primer sungai



Gambar 5.13 Potongan memanjang bangunan pengambilan

5.5 Perencanaan Bangunan Pembilas Utama

Pada saat banjir pintu pembilas ini ditutup, dan banjir akan lewat di atasnya, maka tinggi pintu pembilas harus setinggi mercu bendung. Sistem pembilasan direncanakan sebagai pembilas tidak kontinyu.

- a. elevasi dasar sungai = +67,00
- b. lebar pintu pembilas direncanakan = 0,7 m
- c. Q minimum sungai = 0,15 m³/dt
- d. kecepatan aliran minimum di pintu pembilas : 1,5 m/dt

Karena debit minimum di sungai < debit pengambilan maka dilaksanakan pembilasan tidak penuh, dengan Qpembilasan = 1/2 Qpengambilan . 1,2
(Ir.Harbi Hadi, MT)

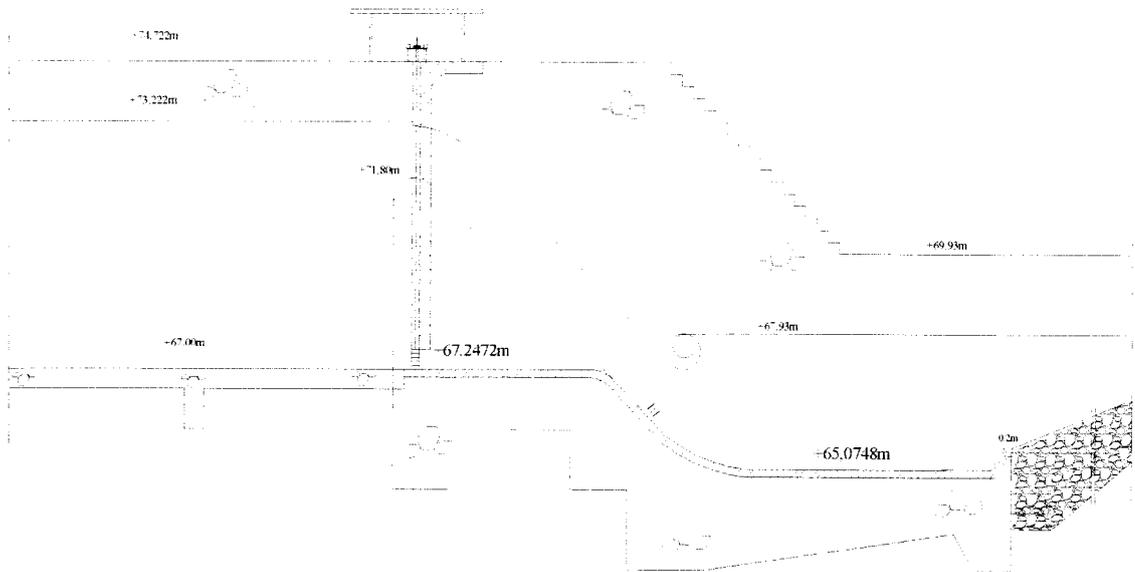
$$Q_{\text{pembilasan}} = \frac{1}{2} \cdot 0,309 \cdot 1,2 = 0,1854 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$e. Q = b_b \cdot h_b \cdot v$$

$$0,1854 = 0,7 \cdot h_b \cdot 1,5$$

$$h_b = 0,2472 \text{ m}$$

Tinggi bukaan pintu pembilas utama direncanakan 0,2472 m



Gambar 5.14 Potongan memanjang bangunan pembilas

5.6 Perencanaan Saluran Penangkap Pasir

A. Pada saat eksploitasi normal

1. Volume kantong lumpur

$$Q_r = 1,2 Q_{\text{pengambilan}} = 1,2 \times 0,309 = 0,3708 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Untuk jarak waktu pembilasan kantong pasir, tergantung pada eksploitasi jaringan irigasi, banyaknya sedimen di sungai, luas tampungan serta tersedianya debit air sungai yang dibutuhkan untuk pembilasan. Untuk tujuan perencanaan, biasanya diambil jarak waktu tujuh sampai empat belas hari. Untuk itu diambil waktu (T) rencana selama 7 hari untuk waktu pembilasan kantong pasir.

$$\begin{aligned} V &= 0,0005 \cdot Q_n \cdot T \\ &= 0,0005 \cdot 0,3708 \cdot (3600 \cdot 24 \cdot 7) = 112,13 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (3.26)$$

2. Penentuan I_n (pada keadaan normal)

Dari $Q = 0,3708 \text{ m}^3/\text{dt}$ maka didapat data sebagai berikut :

$$m = 1 ; n = b/h = 1,2 \rightarrow b = 1,2 h$$

$$V_n = 0,4 \text{ m/dt}$$

$$Q_n = A_n \cdot V_n \quad (3.29)$$

$$A_n = \frac{0,3708}{0,4} = 0,927 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} A_n &= (b + mh) h \\ &= (1,2h + h) h \end{aligned}$$

$$0,927 = 2,2 h^2 \quad \rightarrow h = 0,6491 \text{ m} ;$$

$$b = 1,2 (0,6491) = 0,7789 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} P_n &= b + 2h \sqrt{1+m^2} \\ &= 0,7789 + (2 \cdot 0,6491 \cdot \sqrt{1+1^2}) = 2,6148 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{A_n}{P_n} = \frac{0,927}{2,6148} = 0,3545 \text{ m}$$

$$V_n = K_s \cdot R_n^{2/3} \cdot I_n^{1/2} \quad (3.28)$$

$$I_n = \frac{V_n^2}{\left(R_n^{2/3} \cdot K_s \right)^2} = \frac{0,4^2}{\left(0,3545^{2/3} \cdot 35 \right)^2} = 5,2059 \times 10^{-4}$$

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).

$$Q_s = Q_r = 0,3708 \text{ m}^3/\text{dt}$$

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

$$K_s = 45 \text{ m}^{1/3}/\text{dt (untuk pembilasan)}$$

$$A_s = \frac{Q_s}{V_s} = \frac{0,308}{1,5} = 0,2472 \text{ m}^2$$

Dari diagram Shield (KP-02 hal.143) dapat dipilih diameter partikel maksimum yang akan terbilas dengan menentukan tegangan geser bahan yang mengendap pada sungai.

$$\begin{aligned}\tau &= \rho \cdot g \cdot h_s \cdot I_s \\ &= 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,3174 \cdot 0,0114 = 35,4961 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

Merujuk pada KP-02 halaman 136, ukuran butir yang harus diendapkan bergantung kepada kapasitas angkutan sedimen di jaringan saluran. Dianjurkan bahwa sebagian besar (60-70%) dari pasir halus terendapkan dengan partikel-partikel berdiameter diatas 0,06-0,07. Untuk itu dianggap diameter butir terkecil yang diangkut $d_{0,07}$ ($t = 20^\circ$) sebagai perencanaan, maka kecepatan endap (w) = 4 mm/dt = 0,004 m/dt (grafik shields, KP-02 hal.142).

$$\frac{H}{w} = \frac{L}{v} \tag{3.27}$$

$$\text{dimana : } v = \frac{Q}{HB} = \frac{0,3708}{0,6491 \cdot 0,7789} = 0,7334 \text{ m/dt}$$

$$\begin{aligned}\frac{H}{w} &= \frac{L}{v} \\ &= \frac{0,6491}{0,004} = \frac{L}{0,7334}\end{aligned}$$

$$L = 119,0125 \text{ m}$$

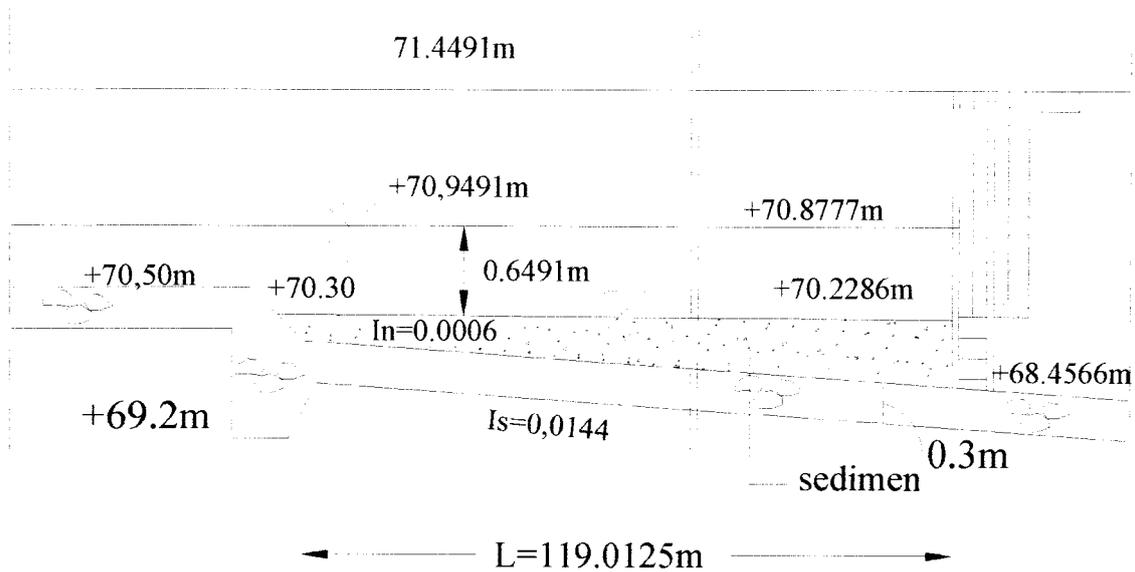
Volume kantong lumpur yang diperoleh adalah :

$$\begin{aligned}V &= 0,5 \cdot B \cdot L + 0,5 (I_s - I_n) \cdot L^2 \cdot B \tag{3.32} \\ &= 0,5 \cdot 0,7789 \cdot 119,0125 + 0,5 (1,14 \times 10^{-2} - 5,2059 \times 10^{-4}) \cdot 119,0125^2 \\ &\quad \cdot 0,7789 \\ &= 104,9248 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$T = \frac{V}{0,0005 \cdot Qr}$$

$$= \frac{104,9248}{0,0005 \cdot 0,3708} = 565937,4326 \text{ dt} = 6,5502 \text{ hari} \approx 7 \text{ hari}$$

Waktu pembilasan (T) = 7 hari, sesuai dengan waktu perencanaan yang diinginkan yaitu selama 7 hari.



Gambar 5.16 Potongan memanjang kantong pasir

5.7 Saluran Pembilas Kantong Pasir

Kecepatan aliran pada saluran pembilas diambil 1,5 m/dt, kemiringan talud diambil 1:1. Kemiringan yang diperlukan dapat ditentukan dengan rumus strickler dengan $K_s = 35 \text{ m}^{1/2}/\text{dt}$.

- Elevasi dasar sungai = +67,00m
- Elevasi muka air banjir = +67,93m
- Dibuat bukaan satu pintu dengan lebar pintu ($b_{nf} = 0,5 \text{ m}$)

$$b = 0,7789 \text{ m}$$

$$h_s = 0,3174 \text{ m}$$

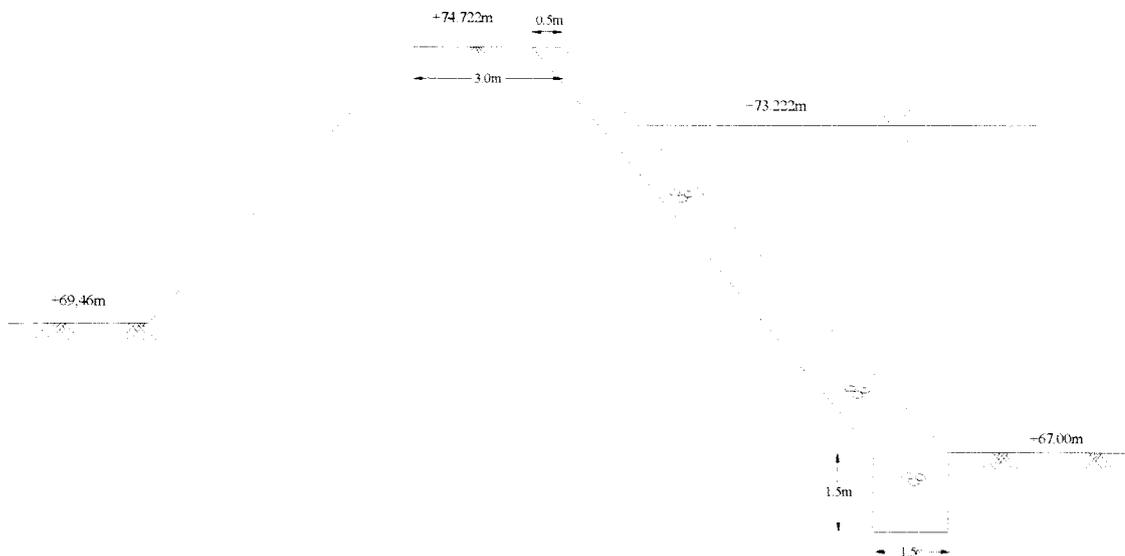
$$b \cdot h_s = b_{nf} \cdot h_f \tag{3.33}$$

$$0,7789 \cdot 0,3174 = 0,5 \cdot h_f$$

5.8.1 Perencanaan Tanggul

A. Tanggul sebelah kiri

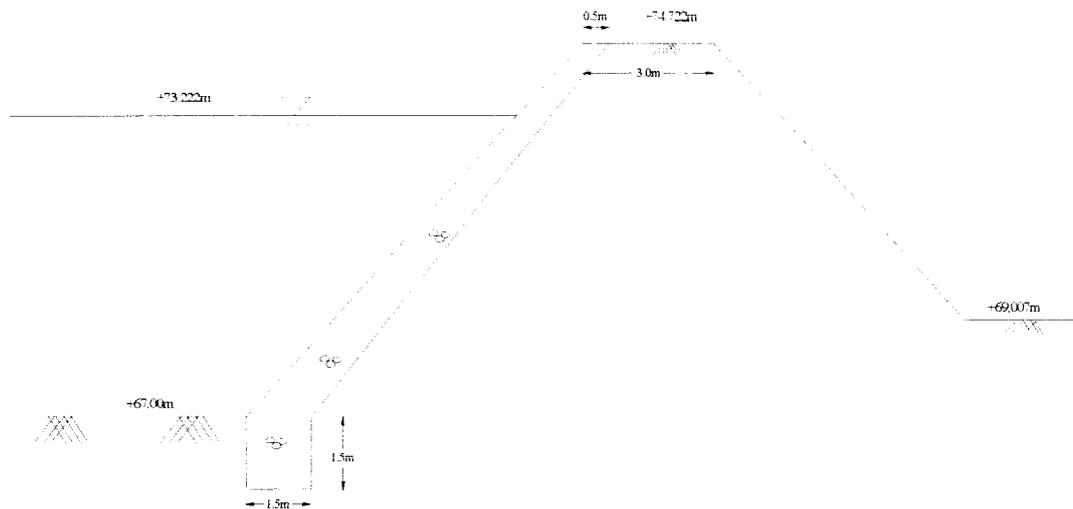
1. elevasi muka tanah pada tebing sungai +69,46m
2. tinggi energi hulu = Elevasi muka air setelah pembendungan
= Elevasi mercu + H
= +71,80m + 1,422m = 73,222m > +69,46m
→ diperlukan tanggul
3. tinggi jagaan tanggul diambil = 1,5 m
4. jadi, elevasi muka tanggul = 73,222m + 1,5m = +74,722m



Gambar 5.19 Potongan melintang tanggul sebelah kiri

B. Tanggul sebelah kanan

1. elevasi muka tanah pada tebing sungai +69,007m
2. tinggi energi hulu = Elevasi muka air setelah pembendungan
= Elevasi mercu + H
= +71,80m + 1,422m = 73,222m > +69,007m
→ diperlukan tanggul
3. tinggi jagaan tanggul diambil = 1,5 m
4. jadi, elevasi muka tanggul = 73,222m + 1,5m = +74,722m



Gambar 5.20 Potongan melintang tanggul sebelah kanan

5.9 Stabilitas Bendung

Untuk tinggi muka air hulu +71,8m sama dengan elevasi mercu bendung dan muka air hilir +65,5748m, rembesan dibawah bendung digunakan teori Lane. Untuk perhitungan rembesan dan tekanan air dihitung sebagai berikut :

$$\Delta H = 71,8 - 65,5748 = 6,2252 \text{ m}$$

$$\Sigma L = L_V + \frac{1}{3} L_H = 31,912 + \frac{1}{3} \cdot 35,25 = 43,662 \text{ m}$$

Untuk titik A1

$$\Delta H \cdot (L_x / \Sigma L) = 6,2252 \cdot (1,5 / 43,662) = 0,214 \text{ m}$$

$$H_x = 71,8 - 65,5 = 6,3 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

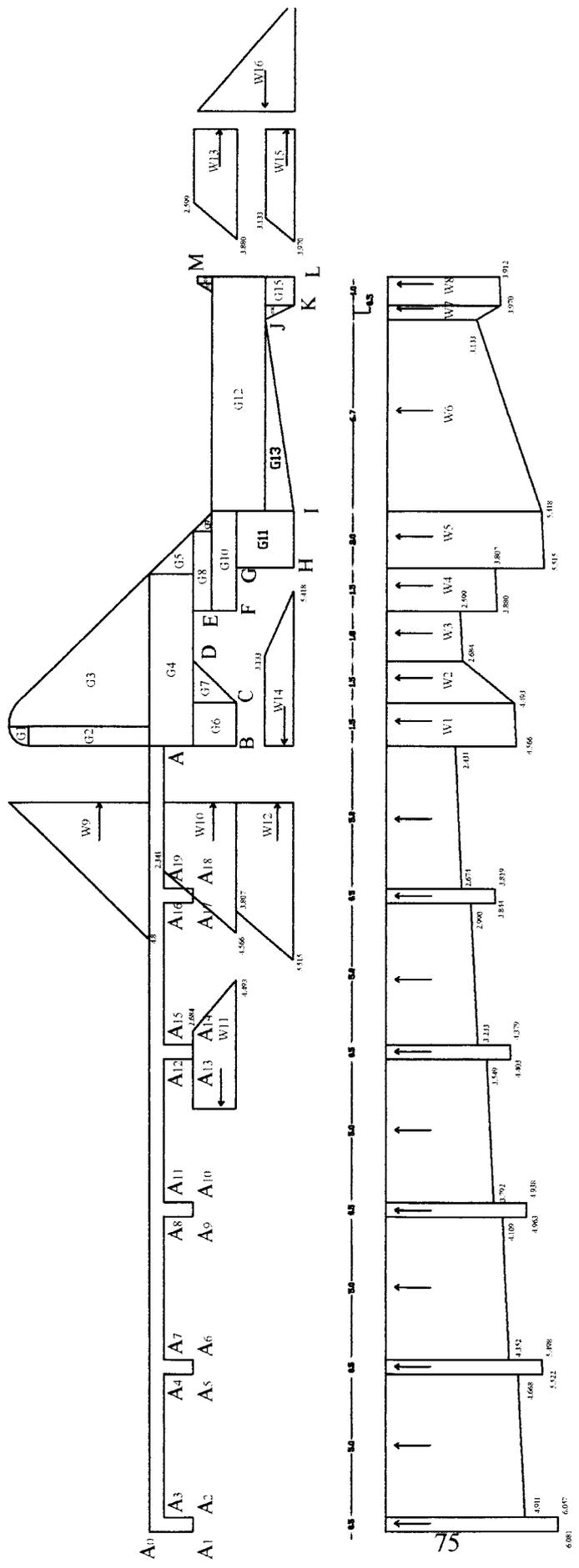
$$U_x = H_x - (\Delta H \cdot (L_x / \Sigma L)) = 6,3 - 0,214 = 6,086 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

Untuk hitungan selanjutnya dihitung dengan Table 5.4 sebagai berikut :

Tabel 5.4 Jalur rembesan dan tekanan air bendung

Titik	Bagian	Panjang tiap bagian		1/3 Horz (m)	Lx	$\Delta H \times (L_x / \Sigma L)$	Hx (t/m ²)	Ux (t/m ²)
		Vert (m)	Horz (m)					
A0					0	0	4,8	4,8
A1	A0-A1	1,5	0		1,5	0,214	6,3	6,086
A2	A1-A2	0	0,5	0,167	1,667	0,243	6,3	6,057
A3	A2-A3	1	0		2,667	0,389	5,3	4,911
A4	A3-A4	0	5	1,667	4,333	0,632	5,3	4,668
A5	A4-A5	1	0		5,333	0,778	6,3	5,522
A6	A5-A6	0	0,5	0,167	5,5	0,802	6,3	5,498
A7	A6-A7	1	0		6,5	0,948	5,3	4,352
A8	A7-A8	0	5	1,667	8,167	1,191	5,3	4,109
A9	A8-A9	1	0		9,167	1,337	6,3	4,963
A10	A9-A10	0	0,5	0,167	9,333	1,362	6,3	4,938
	A10-A11	1	0					

A11					10,333	1,508	5,3	3,792
	A11-A12	0	5	1,667				
A12					12	1,751	5,3	3,549
	A12-A13	1	0					
A13					13	1,897	6,3	4,403
	A13-A14	0	0,5	0,167				
A14					13,167	1,921	6,3	4,379
	A14-A15	1	0					
A15					14,167	2,067	5,3	3,233
	A15-A16	0	5	1,667				
A16					15,833	2,310	5,3	2,990
	A16-A17	1	0					
A17					16,833	2,456	6,3	3,844
	A17-A18	0	0,5	0,167				
A18					17	2,480	6,3	3,820
	A18-A19	1	0					
A19					18	2,626	5,3	2,674
	A19-A	0	5	1,667				
A					19,667	2,869	5,3	2,431
	A-B	2,5	0					
B					22,167	3,234	7,8	4,566
	B-C	0	1,5	0,5				
C					22,667	3,307	7,8	4,493
	C-D	2,12	0					
D					24,787	3,616	6,3	2,684
	D-E	0	1,75	0,583				
E					25,37	3,701	6,3	2,599
	E-F	1,5	0					
F					26,87	3,920	7,8	3,880
	F-G	0	1,5	0,5				
G					27,37	3,993	7,8	3,807
	G-H	2	0					
H					29,37	4,285	9,8	5,515
	H-I	0	2	0,667				
I					30,037	4,382	9,8	5,418
	I-J	8,804	0					
J					38,841	5,667	8,8	3,133
	J-K	1,118	0					
K					39,959	5,830	9,8	3,970
	K-L	0	1	0,333				
L					40,292	5,878	9,8	3,922
	L-M	3,37	0					
M					43,662	6,37	6,37	0
	Σ	31,912	35,25	11,75				

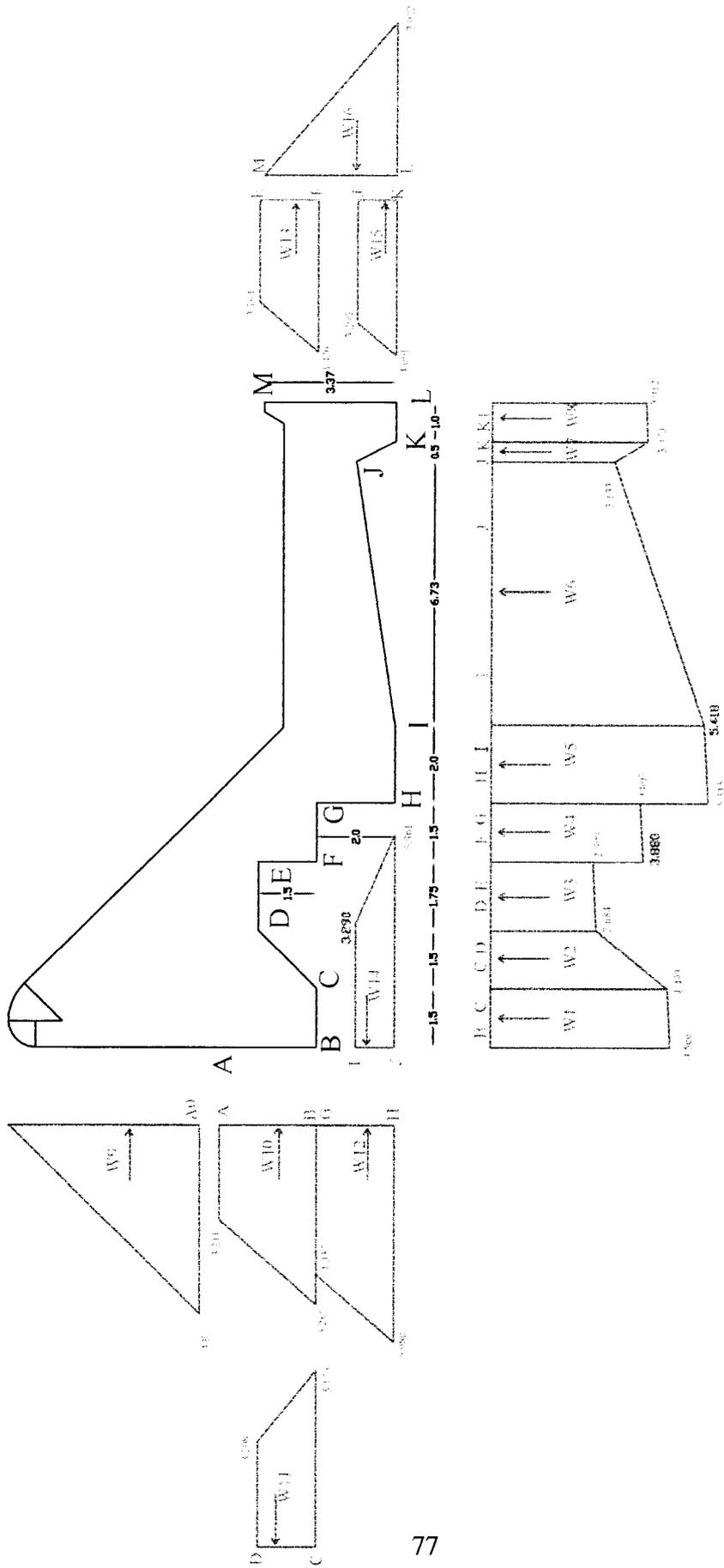


Gambar 5.21 Garis rembesan dan tekanan air bendung

Untuk perhitungan momen dan gaya Up-Lift pada keadaan normal dihitung dengan Table 5.5 sebagai berikut :

Tabel 5.5 Gaya-gaya pada keadaan normal

No.Gaya	Luas x Tekanan	Gaya (t)		Lengan (m)	Momen (tm)
		Horz	Vert		
W1	0,5 (4,566+4,493)1,5		6,794	15,73	106,874
W2	0,5 (4,493+2,684)1,5		5,383	14,23	76,597
W3	0,5 (2,684+2,599)1,75		4,623	12,6	58,245
W4	0,5 (3,880+3,807)1,5		5,765	10,98	63,302
W5	0,5 (5,515+5,418)2		10,933	9,23	100,912
W6	0,5 (5,418+3,133)6,73		28,774	4,865	139,986
W7	0,5 (3,133+3,970)0,5		1,776	1,23	2,184
W8	0,5 (3,970+3,922)1		3,946	0,5	1,973
	Jumlah		67,994		550,072
W9	0,5 x4,8x4,8	11,52		7,4	85,248
W10	0,5 (2,431+4,566)2,5	8,746		3,25	28,425
W11	-0,5 (2,684+4,493)1,5	-5,383		2,75	-14,803
W12	0,5 (3,807+5,515)2	9,322		1	9,322
W13	0,5 (2,599+3,880)1,5	4,859		2,75	13,363
W14	-0,5 (3,133+5,418)1	-4,276		0,5	-2,138
W15	0,5 (3,133+3,970)1	3,552		0,5	1,776
W16	-0,5 x3,922x3,37	-6,609		1,685	-11,135
	Jumlah	21,731			110,058



Gambar 5.22 Garis rembesan dan tekanan air bending

Perhitungan berat sendiri tubuh bendung dihitung dengan Tabel 5.6 sebagai berikut :

Tabel 5.6 Gaya berat sendiri bendung

No.Gaya	Luas x Tekanan	Gaya (t)	Lengan (m)	Momen (tm)
G1	0,25X3,14x0,67 ² x2,4	0,843	16,16	13,623
G2	0,67x4,13x2,4	6,690	16,145	108,01
G3	0,5x4,8x7,13x2,4	35,309	14,12	498,563
G4	1,5x6,13x2,4	22,068	13,415	296,042
G5	0,5x1,5x1,5x2,4	2,7	9,85	26,595
G6	1,5x1,5x2,4	5,4	15,73	84,942
G7	0,5x1,5x1,5x2,4	2,7	14,48	39,096
G8	0,57x2,88x2,4	3,94	10,29	40,543
G9	0,5x0,57x0,57x2,4	0,39	8,66	3,377
G10	0,93x3,5x2,4	7,816	9,98	77,964
G11	2x2x2,4	9,6	9,23	88,608
G12	1,87x8,23x2,4	36,936	4,115	151,992
G13	0,5x1x6,73x2,4	8,076	5,99	48,375
G14	0,5x0,5x1x2,4	0,6	1,17	0,702
G15	1x1x2,4	2,4	0,5	1,2
G16	0,5x0,3x0,5x2,4	0,18	0,3	0,054
G17	0,5x0,2x2,4	0,24	0,1	0,024
Jumlah		153,991		1479,71

Hasil perhitungan gaya-gaya dan momen pada keadaan normal pada bendung :

Tabel 5.7 Gaya-gaya akibat beban tetap

Jenis Beban	Gaya (t)		Momen	
	Horz	Vert	Mh	Mv
Gaya Berat Sendiri	-	153,991	-	1479,71
Gaya Up-Lift	-	67,994	-	550,072
Gaya Hidrostatik Horizontal	21,731	-	110,058	-
Jumlah	21,731	85,997	110,058	929,638

5.9.1 Syarat-Syarat Stabilitas Bendung

1. Bahaya guling

$$SF = \frac{Mv}{Mh} \geq 1,5 \quad (3.39)$$

$$= \frac{929,638}{110,058} = 8,447 \geq 1,5 \dots \dots \text{Aman}$$

2. Bahaya geser

$$f = 0,75$$

$$SF = \frac{f \cdot v}{H} \geq 2 \quad (3.40)$$

$$= \frac{0,75 \cdot 85,997}{21,731} = 2,968 \geq 2 \dots \dots \text{Aman !}$$

3. Eksentrisitas pembebanan

$$e = \frac{1}{2} B - \left(\frac{Mv - Mh}{V} \right) \leq B/6 \quad (3.41)$$

$$= \frac{16,48}{2} - \left(\frac{929,638 - 110,058}{85,997} \right) \leq \frac{16,48}{6}$$

$$= -1,29 \leq 2,747 \dots \dots \text{Aman !}$$

4. Kontrol tegangan tanah pada pondasi

Setelah itu stabilitas dihitung untuk keadaan banjir pada $Q_{100} = 125,907 \text{ m}^3/\text{dt}$
 Sebagai berikut :

$$\Delta H = 73,22 - 69,93 = 5,29 \text{ m}$$

$$\Sigma L = L_v + \frac{1}{3} L_{Hl} = 31,912 + \frac{1}{3} \cdot 35,25 = 43,662 \text{ m}$$

Untuk titik A

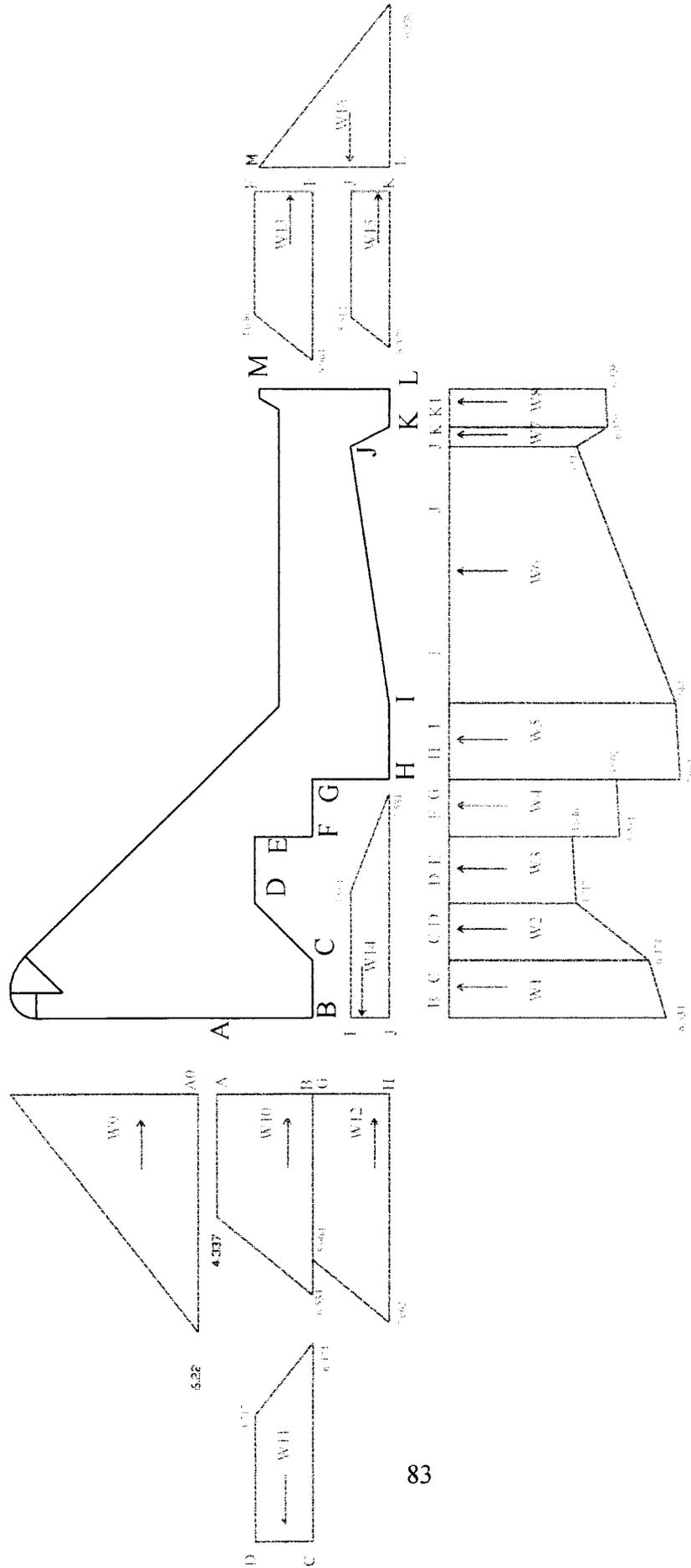
$$\Delta H \cdot (L_x / \Sigma L) = 5,29 \cdot (19,667 / 43,662) = 2,383 \text{ m}$$

$$H_x = 73,22 - 66,5 = 6,72 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

$$U_x = H_x - (\Delta H \cdot (L_x / \Sigma L)) = 6,72 - 2,383 = 4,337 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

Tabel 5.8 Jalur rembesan dan tekanan air pada $Q_{100} = 125,907 \text{ m}^3/\text{dt}$

Titik	Bagian	Panjang tiap bagian		1/3 Horz (m)	Lx	$\Delta H \times$ ($L_x / \Sigma L$)	Hx (t/m^2)	Ux (t/m^2)
		Vert (m)	Horz (m)					
A					19,667	2,383	6,72	4,337
B	A-B	2,5	0		22,167	2,686	9,22	6,534
C	B-C		1,5	0,5	22,667	2,746	9,22	6,474
D	C-D	2,12	0		24,787	3,003	7,72	4,717
E	D-E		1,75	0,583	25,37	3,074	7,72	4,646
F	E-F	1,5	0		26,87	3,256	9,22	5,964
G	F-G		1,5	0,5	27,37	3,316	9,22	5,904
H	G-H	2	0		29,37	3,558	11,22	7,662
I	H-I		2	0,667	30,037	3,639	11,22	7,581
J	I-J	8,804	0		38,841	4,706	10,22	5,514
K	J-K	1,118	0		39,959	4,841	11,22	6,379
L	K-L		1	0,333	40,292	4,882	11,22	6,338
M	L-M	3,37	0		43,662	5,29	7,79	0,000
				43,662				



Gambar 5.24 Garis Rembesan dan Tekanan Air Bendung Pada $Q100=125 \text{ m}^3/\text{dt}$

Tabel 5.9 Gaya-gaya pada debit $Q_{100} = 125,907 \text{ m}^3/\text{dt}$

No.Gaya	Luas x Tekanan	Gaya (t)		Lengan (m)	Momen (tm)
		Horz	Vert		
W1	0,5 (6,534+6,474)1,5		8,756	15,73	137,73188
W2	0,5 (6,474+4,717)1,5		8,393	14,23	119,43239
W3	0,5 (4,717+4,646)1,75		8,193	12,6	103,2318
W4	0,5 (5,964+5,904)1,5		8,901	10,98	97,73298
W5	0,5 (7,662+7,581)2		13,243	9,23	122,23289
W6	0,5 (7,581+5,514)6,73		34,065	4,865	165,72623
W7	0,5 (5,514+6,379)0,5		3,973	1,23	4,88679
W8	0,5 (6,379+6,338)1		6,538	0,5	3,269
	Jumlah		92,062		754,244
W9	0,5 x6,22x6,22	19,344		7,4	143,1456
W10	0,5 (4,337+6,534)2,5	7,935		3,25	25,78875
W11	-0,5 (4,717+6,474)1,5	-8,393		2,75	-23,08075
W12	0,5 (5,904+7,662)2	13,566		1	13,566
W13	0,5 (4,646+5,964)1,5	7,957		2,75	21,88175
W14	-0,5 (5,514+7,581)1	-6,547		0,5	-3,2735
W15	0,5 (5,514+6,379)1	5,946		0,5	2,973
W16	-0,5 x6,338x4,79	-15,179		1,685	-11,46726
	Jumlah	23,269			155,424

Tabel 5.10 Gaya-gaya akibat beban tetap pada $Q_{100} = 125,907 \text{ m}^3/\text{dt}$

Jenis Beban	Gaya (t)		Momen	
	Horz	Vert	Mh	Mv
Gaya Berat Sendiri	-	153,991	-	1417,319
Gaya Up-Lift	-	92,062	-	754,244
Gaya Hidrostatis Horz	23,269	-	155,424	-
Jumlah	23,269	61,929	155,424	663,075

5.9.4 Stabilitas Bendung Pada $Q_{100} = 125,907 \text{ m}^3/\text{dt}$

1. Bahaya guling

$$SF = \frac{Mv}{Mh} \geq 1,5 \quad (3.39)$$

$$= \frac{663,075}{155,338} = 4,268 \geq 1,5 \dots\dots\dots \text{Aman !}$$

2. Bahaya geser

$$f = 0,75$$

$$SF = \frac{f \cdot v}{H} \geq 1,5 \quad (3.40)$$

$$= \frac{0,75 \cdot 61,929}{23,269} = 2,01 \geq 2 \dots\dots\dots \text{Aman !}$$

3. Eksentrisitas pembebanan

$$e = \frac{1}{2} B - \left(\frac{Mv - Mh}{V} \right) \leq B/6 \quad (3.41)$$

$$= \frac{16,48}{2} - \left(\frac{663,075 - 155,424}{61,929} \right) \leq \frac{16,48}{6}$$

$$= 0,043 \leq 2,747 \dots\dots\dots \text{Aman !}$$

BAB VI

PEMBAHASAN

Redesain bangunan bendung sebagai tugas akhir ini dilakukan dengan suatu cara atau model desain yang berbeda dengan perencanaan di lapangan, sehingga didapatkan suatu desain bangunan bendung yang memenuhi persyaratan kekuatan dan kestabilan.

Pada redesain bendung ini telah tersedia data banjir 100 tahun yaitu sebesar 125,907 m³/dt. Besarnya debit banjir rencana ini telah dianalisis oleh konsultan PT. Tatareka Paradya tahun 2004 dan selanjutnya digunakan kembali untuk redesain yang akan dilakukan oleh penulis.

Redesain bendung ini dimulai dengan merencanakan tinggi mercu bendung yang akan direncanakan, sehingga didapatkan tinggi elevasi mercu bendung sebesar +71,8 m dengan tinggi bendung 4,8 m yang diukur berdasarkan beda elevasi mercu dan elevasi lantai muka bagian hulu bendung. Pada desain yang telah ada didapat tinggi mercu sebesar +71,60m. Mercu bendung pada redesain digunakan dengan menggunakan tipe bulat dengan dua buah jari-jari yaitu $R_1 = 0,6675\text{m}$ dan $R_2 = 1,3350\text{m}$, karena dapat memberikan keuntungan yakni mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir (KP-02, hal 41), selain bentuknya sederhana, juga mudah dalam pelaksanaannya, selain itu mercunya besar sehingga lebih tahan terhadap benturan batu gelundung dan bongkahan, sedangkan pada desain yang telah ada menggunakan mercu bendung tipe ogee. Tipe ogee pada perencanaannya sedikit rumit tidak semudah tipe bulat dengan dua buah jari – jari yang diredesain, karena pada tipe ogee untuk debit yang rendah, air akan memberikan tekanan ke bawah pada mercu (KP-02, hal 46).

Untuk menghindari terjadinya bahaya piping dan erosi bawah tanah maka perlu memperpanjang jalannya air / *creep line* di bawah pondasi bendung. Salah satu usaha untuk memperpanjang jalannya aliran di bawah bendung ini antara lain dengan

membuat lantai muka. Pada redesain ini panjang lantai muka adalah sebesar 27,5 m yang terletak di bagian hulu bendung yang hasilnya aman terhadap bahaya piping. Pada perencanaan yang telah ada, perencana telah menetapkan panjang lantai bagian hulu lebih panjang 5 m dari hasil redesain yaitu sepanjang 32,5 m, dan lantai muka ini aman terhadap bahaya piping, namun saja panjangnya lantai ini memberikan dampak yang boros karena dengan panjang lantai 27,5 m sudah memberikan keamanan terhadap bahaya piping bagi bendung.

Kolam olak direncanakan dengan menggunakan tipe yang sama dengan perencanaan yang sudah ada yaitu menggunakan kolam olak tipe USBR, dan dengan pertimbangan bahwa muka air hilir bendung yang mudah berubah secara signifikan karena adanya degradasi dasar sungai, maka tipe ini adalah jenis kolam olak yang tepat bila digunakan, yaitu kolam olak USBR tipe III dengan peredam energi, meski di Gajahwong tidak ditemui sedimen berupa batu besar tetapi dengan pertimbangan hampir semua sungai di Yogyakarta mengalami degradasi dasar sungai yang cukup tinggi. Dari redesain dengan kolam olak USBR tipe III ini, didapat panjang kolam olak sebesar 7,71 m dengan ketebalan 1,87 m. Dari ketebalan tersebut dan setelah dilakukan kontrol terhadap patah tarik, ternyata hasilnya aman terhadap kemungkinan terjadinya patah tarik yang diakibatkan adanya gaya angkat keatas. Perencanaan yang sudah ada dengan panjang kolam olak sebesar 8 m dan ketebalan 1,5 m ternyata sangat aman, dan bila dibandingkan dengan redesain yang dilakukan maka hasil redesain menunjukkan bahwa penggunaan yang lebih aman dan akan memberikan kehematan bagi pengeluaran.

Untuk menghindari terjadinya penggerusan lokal hilir kolam olak, maka diperlukan konstruksi lindung yang dapat melindungi bagian hilir kolam olak dengan membuatkan rip-rap yakni bongkahan batu alam dengan diameter 0,1337 m di bagian hilir bendung yang diletakkan sepanjang 13,2199 m di bagian hilir kolam olak, sedang pada perencanaan yang ada tidak direncanakan dan tidak menggunakan rip-rap yang akan memberikan dampak bahaya pada hilir bendung yaitu penggerusan, sehingga apabila hal ini terjadi terus menerus maka elevasi muka tanah asli pada hilir

akan menjadi berubah lebih kecil dari elevasi muka tanah asli sebelumnya yaitu +66,00 m.

Dengan bentuk dan pondasi bendung yang berbeda dengan perencanaan yang telah ada, maka didapatkan berat bendung sebesar 153,991 ton, dan ternyata kekuatan dan kesetabilannya memenuhi syarat terhadap kemungkinan adanya bahaya guling maupun bahaya pergeseran. Pada perencanaan yang telah ada konsultan memberikan 2 alternatif kolam olak yaitu kolam tipe bak tenggelam dan USBR, kenyataannya di lapangan yaitu menggunakan tipe kolam USBR dan perencana tidak analisis berat bendungnya, namun analisis yang dilakukan yaitu pada kolam olak tipe bak tenggelam dan dengan kolam olakan tipe bak tenggelam didapat berat bendung yang lebih kecil yaitu 151,7307 ton.

Pembilasan yang digunakan pada perencanaan redesain ini menggunakan sistem pembilasan yang tidak kontinyu yang dilengkapi dengan 1 buah pintu bilas dengan lebar 0,7 m yang terletak disebelah kanan bendung. Pada perencanaan yang telah ada menggunakan 2 buah pintu pembilas dengan lebar 1,2 m yang terletak dibagian kiri dan kanan bendung dengan masing-masing 1 buah pilar berukuran 80 cm. Setelah melakukan telaah, ternyata sistem perencanaan untuk lebar pintu yang dilakukan oleh perencana adalah tanpa menggunakan analisis yang tepat, dan nilai guna yang tidak tepat pula, karena pada desain yang ada terdapat pintu pembilasan sebelah kiri bendung namun tidak dilengkapi pintu pengambilan. Bangunan intake direncanakan serupa dengan perencanaan yang telah ada yaitu sebanyak satu buah yang terletak di sebelah kanan bendung. Pada perencanaan yang sudah ada, perencana menetapkan lebar pintu pengambilan sebesar 1m tanpa perhitungan yang jelas, dan pada redesain yang dilakukan dengan analisis didapat lebar pintu intake sebesar 0,5m.

Saluran pembilas pasir direncanakan dengan bentuk gabungan antara trapesium dan persegi, sehingga eksploitasi pembilasan dan efisiensi pengendapan sedimen dapat dilakukan untuk dua keadaan yakni untuk kantong dalam keadaan kosong dan kantong dalam keadaan penuh, bentuk ini sama pada perencanaan yang telah ada. Pada redesain, pembersihan sedimen dilakukan dalam selang jangka waktu

tujuh hari, sedang pada perencanaan yang ada pembersihan tidak direncanakan. Panjang kantong pasir pada redesain adalah sepanjang 119,0125m, sedang diperencanaan yang ada panjang kantong pasir tidak dianalisis secara jelas, namun pada gambar detail potongan yang dibuat panjang kantong pasir adalah 40 m.

Sebagai bahan perbandingan antara bendung yang diredesain dengan yang ada di lapangan, maka dibuat rangkuman perbedaan antara redesain dengan keadaan di lapangan yang disajikan pada Tabel 6.1 di bawah :

Tabel 6.1 Perbandingan redesain dengan desain konsultan

No	Uraian	Redesain	Desain Yang Ada
1	Debit rencana 100 tahun	125,907 m ³ /dt	125,907 m ³ /dt
2	Mercu bendung a. Elevasi mercu bendung b. Elevasi muka air banjir c. Tinggi air di atas mercu (H) d. Jari-jari mercu e. Elevasi tanggul f. Lebar efektif mercu	+71,80 m +73,222 m 1,422 m R ₁ =0,6675m, R ₂ =1,335m +74,722 m 35,8 m	+71,60 m +73,90 m 1,40 m Ogee +74,90 m 33,5 m
3	Kolam olak a. Tipe kolam olak b. Panjang kolam olak c. Elevasi kolam olak d. Tebal kolam olak	USBR tipe III 7,71 m +65,0245m 1,87 m	USBR tipe III 7,96 m +64,00 m 1,5 m
4	Lantai muka a. Elevasi lantai muka b. Panjang lantai muka	+67,00 m 27,5 m	+67,00 m 32,5 m
5	Rip-rap a. Panjang gerusan b. Diameter rip-rap	13,2199 m 0,1337 m	- Tidak dipakai
6	Berat konstruksi	153,991 ton	-
7	Pembilasan a. Jumlah pintu pembilas b. Lebar pintu pembilas	1 buah 0,7 m	2 buah 1,20 m
8	Saluran penangkap pasir a. Panjang b. Bentuk bangunan	119,0125 m Trapesium dan persegi	40 m Trapesium dan persegi

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Dari analisis dan desain yang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Banyaknya pintu pembilas pada bendung 1 buah dengan lebar 0,7 meter, sudah cukup efektif untuk pembilasan pada debit minimum sungai dan lebih ekonomis dari desain yang sudah ada.
2. Pintu intake direncanakan 1 buah di sebelah kanan bendung yaitu selebar 0,5 m, dengan jumlah yang sama namun lebar yang lebih kecil.
3. Panjang lantai muka yang diperoleh adalah sepanjang 27,5 meter, lebih pendek 5 meter dari desain di lapangan, merupakan panjang lantai muka minimum yang diijinkan untuk mengurangi erosi bawah tanah (bahaya piping).
4. Tebal kolam olak yang diperoleh dari desain sebesar 1,87meter dan aman terhadap bahaya patah tarik.
5. Panjang gerusan yang terjadi sepanjang 13,2199 meter di bagian hilir kolam olak dan membutuhkan bongkahan batu alam dengan diameter 0,1337 meter untuk mencegah terjadi gerusan.
6. Berat konstruksi bendung yang didapat sebesar 153,991 ton dan memiliki kesetabilan dan kekuatan yang memenuhi syarat terhadap adanya bahaya guling maupun bahaya pergeseran.
7. Panjang kantong pasir sebesar 119,0125 meter, yang durasi (kala ulang) pembilasan kantong akibat sedimen di sungai selama 7 hari.

DAFTAR PUSTAKA

1. Besari Moh. *Ilmu Teknik Pengairan*. Pradnya Paramita: Jakarta. 1978.
2. Hadi Harbi. *Perencanaan Keairan Bendung pelimpah*. Diktat Mata kuliah Keairan. Jurusan Teknik sipil. Universitas Islam Indonesia.
3. Mawardi Erman dan Mochamad Memed. *Desain Hidrolika Bendung Tetap*. Alfabeta: Bandung. 2002.
4. Subarkah, Imam *Bangunan Air*. Idea Darma Bandung. 1974.
5. Windry eka Yulianti dan Andi Aprizon. *Tugas Akhir redesain Bendung Tegalan Kali Opak*: Yogyakarta. 2003,
6. *Irigasi dan Bangunan Air*. Gunadarma: Jakarta. 1997
7. Direktorat Jendral Pengairan. *Standard Perencanaan Irigasi*. KP 01-07. 1986.
8. PT. Tatareka Paradya . *Sistem Planning D.I Mrican Bantul*: Yogyakarta. 2004.
9. CV. Hara Konsultan 2004, *Sistem Planning D.I Opak Sleman*.
- 10.PT. Riau Prima Karindo. *Sistem Planning D.I dan Rawa Balung*: Pekanbaru. 2004
- 11.CV. Yustadi. *Pengairan III*: Yogyakarta.1982.
- 12.Sudarmadji. *Dasar-dasar Teknik Irigasi*. Kelarga mahasiswa Teknik Sipil fakultas Teknik UGM: Yogyakarta. 1986.