

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN ULANG (REDESAIN) BENDUNG
KALIWADAS KECAMATAN BODEH KABUPATEN
PEMALANG
(*REDESIGN OF THE KALIWADAS WEIR, BODEH
DISTRICT, PEMALANG REGENCY*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Rosyid Amir Saniasmoro
20511124**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL – PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG (REDESAIN) BENDUNG KALIWADAS KECAMATAN BODEH KABUPATEN PEMALANG (REDESIGN OF THE KALIWADAS WEIR, BODEH DISTRICT, PEMALANG REGENCY)

Disusun Oleh :



Rosyid Amir Saniyasmoro
20511124

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji

Penguji I

Pembimbing

24/21
01

Ir. Ruzardi, M.S., APU SDA, APU BB.
NIK:855110102

Pradipta Nandi W., S.T., M.Eng
NIK:135111102

Penguji II

Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. En
NIK:215111308

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntali S.T., M.T., Ph.D.(Eng), IPM.
NIK:095110101

PERYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 16 Januari 2025

Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in black ink is written over a rectangular postage stamp. The stamp is purple and white, featuring the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'METERAI TEMPEL', and 'RE3AMX11005029'.

Rosyid Amir Saniyasmoro

(20511124)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Perencanaan Ulang (Redesain) Bendung Kaliwadas Kecamatan Bodeh Kabupaten Pemalang. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Ruzardi, M.S., APU SDA., APU BB . selaku Dosen Pembimbing I,
2. Bapak Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I,
3. Ibu Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. Eng., selaku Dosen Penguji II, dan
4. Bapak dan Ibu penulis yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 16 Januari 2025
Penulis,



Rosyid Amir Saniyasmoro
(20511124)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Halaman Pengesahan	
PERYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan perencanaan	3
1.6 Lokasi proyek	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.1.1 Evaluasi Perencanaan Bendung Gempal Di Desa Wirolegi Kecamatan Sumber Sari Kabupaten Jember	4
2.1.2 Studi Perencanaan Ulang Bendung di D.I Rawaan Kabupaten Lumajang Jawa Timur	5
2.1.3 Redesain Bendung Tetap Sungai Bakalan Kabupaten Jepara	6
2.2 Perbandingan Penelitian	6
2.3 Keaslian Penelitian	10

BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Umum	11
3.2 Data Hidrologi	12
3.3.1 Banjir Rencana	12
3.3.2 Parameter Statistik Distribusi	17
3.3 Perencanaan Tubuh Bendung	19
3.4.1 Perencanaan Elevasi Mercu Bendung	19
3.4.2 Perencanaan Lebar Bendung	19
3.4.3 Perencanaan Mercu Bendung	21
3.4.4 Perencanaan Kolam Peredam Energi	25
3.4.5 Perencanaan Lantai Muka	29
3.4 Bangunan Pengambil dan Bangunan Pembilas	31
3.5.1 Tata Letak Bangunan	31
3.5.2 Bangunan Pengambilan	32
3.5.3 Macam-macam <i>Intake</i>	34
3.5.4 Bangunan Pembilas	36
3.5.5 Kantong Lumpur	40
BAB IV METODE PENELITIAN	44
4.1 Metode Penelitian	44
4.2 Jenis Perencanaan	44
4.3 Lokasi Perencanaan	44
4.4 Data Perancangan	45
4.5 Tahap Analisis	46
4.6 Bagan Alir Pelaksanaan Perancangan	46
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	48
5.1 Umum	48
5.2 Analisis Hidrologi	48
5.2.1 Data Debit Terkini	48
5.2.2 Parameter Statistik	49
5.2.3 Perhitungan Debit Banjir Rencana	53
5.3 Analisis Bangunan Utama	54

5.3.1 Analisis Elevasi Mercu Bendung	54
5.3.2 Analisis Lebar Efektif Bendung	54
5.3.3 Analisis Tinggi Air di Atas Mercu	55
5.3.4 Analisis Tinggi Air di Hilir Bendung	57
5.3.5 Analisis Kolam Olak	59
5.3.6 Analisis Dimensi Kolam Olak	60
5.3.7 Analisis Lantai Belakang dan Lantai Muka	62
5.4 Analisis Bangunan Pengambilan dan Pembilas	65
5.4.1 Analisis Bangunan Pengambilan	65
5.4.2 Analisis Bangunan Pembilas	70
5.4.3 Analisis Kantong Lumpur	72
5.5 Pembahasan	74
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	78
6.1 Kesimpulan	78
6.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Perencanaan	7
Tabel 3.1 Reduced Mean, Y_n	14
Tabel 3.2 Reduced Standard Deviation, S_n	14
Tabel 3.3 Reduced variated, Y_T	14
Tabel 3.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss	15
Tabel 3.5 Nilai Koefisien Kemencengan G	17
Tabel 3.6 Persyaratan Parameter Statistik Distribusi	18
Tabel 3.7 Harga Koefisien K_p dan K_a	20
Tabel 3.8 Harga C untuk Bligh dan Lane	31
Tabel 5.1 Debit Maksimum Sungai Layangan	49
Tabel 5.2 Hasil Parameter Statistik Metode Normal	51
Tabel 5.3 Hasil Parameter Distribusi Frekuensi Metode Normal	51
Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Metode Logaritma	51
Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Distribusi Frekuensi Metode Logaritma	52
Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Pemilihan Jenis Sebaran	53
Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Debit Banji Rencana Metode Log-Pearson III	53
Tabel 5.8 Hasil Perhitungan Tinggi Air Di Hilir Bendung	58
Tabel 5.9 Perencanaan Lantai Depan dan Belakang	62
Tabel 5.10 Tabel Rekapitulasi Debit Rencana	75
Tabel 5.11 Perbandingan Desain Lama Dengan Desain Baru	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lebar Efektif Bendung	21
Gambar 3.2 Bentuk-bentuk mercu	22
Gambar 3.3 Bendung dengan Mercu Bulat	22
Gambar 3.4 Tekanan pada mercu bulat sebagai fungsi perbandingan $H1/r$	23
Gambar 3.5 Harga C_0 sebagai fungsi perbandingan $H1/r$	24
Gambar 3.6 Harga Koefisien C_1 sebagai fungsi perbandingan $p/H1$	24
Gambar 3.7 Harga Koefisien C_2	25
Gambar 3.8 Kolam Olak USBR Tipe I	27
Gambar 3.9 Kolam Olak USBR Tipe III	28
Gambar 3.10 Kolam Olak USBR Tipe IV	28
Gambar 3.11 Bendung dengan dan tanpa lantai muka	30
Gambar 3.12 Bangunan Pengambilan dan Bangunan Pembilas	32
Gambar 3.13 Tipe Pintu Pengambilan	34
Gambar 3.14 Dua <i>Intake</i> Di Satu Sisi Bendung	35
Gambar 3.15 Penempatan Pintu <i>Intake</i> Di Pilar Pembilas	36
Gambar 3.16 Geometri Pembilas	37
Gambar 3.17 Pembilas Samping	38
Gambar 3.18 Tata Letak Kantong Lumpur	40
Gambar 3.19 Skema Kantong Lumpur	41
Gambar 3.20 Hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap untuk air tenang	43
Gambar 4.1 Lokasi Bendung Kaliwadas	45
Gambar 4.3 Bagan Alir Tugas Akhir	47
Gambar 5.1 Rencana Dimensi Mercu	59
Gambar 5.2 Lantai Depan dan Belakang	65
Gambar 5.3 Pintu <i>Intake</i> Kanan	68
Gambar 5.4 <i>Intake</i> Gorong-gorong	69
Gambar 5.5 Pintu Pembilas Bendung	71

Gambar 5.6 Perencanaan Posisi Bangunan Pengambilan dan Pembilas 72

Gambar 5.7 Kantong Lumpur 74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Debit Sungai 2004-2023	82
Lampiran 2 Gambar Teknik Bendung	103

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Q_i	= Debit Maksimum Sungai Dalam Setiap Tahun ($m^3/detik$)
Q_r	= Nilai Rata-Rata Debit ($m^3/detik$)
S_d	= Nilai Standar Deviasi Debit Maksimum
C_s	= Nilai Koefisien Skewness Debit
C_k	= Nilai Koefisien Kurtois Debit
C_v	= Nilai Koefisien Varian Debit
Q_t	= Debit Kala Ulang Dalam T Tahun (m^3/det)
$P(x)$	= Probabilitas Komulatif
K	= Faktor Probabilitas
Y_{Tr}	= <i>Reduced Variated</i>
Y_n	= <i>Reduced Mean</i> Yang Tergantung Pada Jumlah Sampel Debit
S_n	= <i>Reduced Standart Deviation</i>
Be	= Lebar Efektif Mercu Bendung (m)
B	= Lebar Bendung Sebenarnya (m)
n	= Jumlah Pilar Mercu Yang Direncanakan
K_p	= Koefisien Kontraksi Pilar Mercu
K_a	= Koefisien Kontraksi Pada Pangkal Bendung
H_1	= Tinggi Energi Pada Hulu Bendung (m)
C_d	= Koefisien Debit Pada Perhitungan Mercu
C_0	= Keofisien Yang Merupakan Fungsi dari H_1/r
C_1	= Koefisien Yang Merupakan Fungsi dari p/H_1
C_2	= Koefisien Yang Merupakan Fungsi dari p/H_1 dan Kemiringan Hulu Bendung
r	= Jari-Jari Mercu Yang Direncanakan (m)
v	= Kecepatan Air Banjir Di Hulu Bendung (m/detik)
H_a	= Tinggi Kecepatan Air Di Hulu Bendung (m)
y	= Tinggi Muka Air Di Atas Mercu Bendung (m)
A	= Luas Rata-Rata Sungai (m^2)

B	= Lebar Rata-Rata Sungai (m)
m	= Kemiringan Talud Sungai
P	= Keliling Basah Sungai (m)
R	= Jari-Jari Hidrolis Sungai (m)
I	= Kemiringan Rata-Rata Sungai (m)
n	= Nilai Koefisien Manning
g	= Percepatan Gravitasi (m/s)
z	= Tinggi Jatuh Air Dari Muka Air Banjir Hulu Ke Muka Air Banjir Hilir (m)
v ₁	= Kecepatan Awal Loncatan Air Dalam Perhitungan Kolam Olak (m/detik)
Fr	= Bilangan Froud
Y ₁	= Ketinggian Muka Air Di Kaki Bendung (m)
Y ₂	= Kedalaman Air Diatas Ambang Ujung Kolam Olak (m)
n ₃	= Ketinggian Balok Halang (m)
Nb	= Jumlah Balok Halang
n	= Tinggi Ambang Ujung (m)
L ₁	= Jarak Balok Halang Dengan Balok Muka (m)
LV	= Panjang Lantai Vertikal Lantai Depan (m)
LH	= Panjang Lantai Horizontal Lantai Depan (m)
Hx	= Kedalaman Titik x Pada Lantai Depan (m)
CL	= <i>Nilai Weight Creed Ration Lane</i>
Qn	= Debit Kebutuhan Pengambilan (m ³ /detik)
NFR	= Kebutuhan Air Irigasi Di Sawah (l/detik/ha)
e	= Efisiensi Saluran Irigasi
A	= Luas Areal Irigasi (Ha)
μ	= Koefisien Debit Pada Perhitungan <i>Intake</i>
a	= Tinggi Bukaan Pintu Pengambilan Dan Pembilas (m)
b	= Lebar Pintu Pengambilan Dan Pembilas
z	= Kehilangan Energi Dalam Perhitugan <i>Intake</i> (m)
w	= Kecepatan Endap Partikel (m/detik)
L	= Panjang Saluran Kantong Lumpur (m)
B	= Lebar Dasar Saluran Kantong Lumpur (m)

Ha = satuan luas yaitu Hektare (10000 m²)

l = Satuan Debit yaitu Liter (0.0001 m³)

ABSTRAK

Bendung adalah suatu bangunan yang akan menaikkan permukaan air sungai atau saluran air sehingga dapat memasuki saluran pengambilan (*Intake*) dan dapat mengalir secara gravitasi ke daerah irigasi. Di kabupaten pematang bendung sangat penting mengingat sebagian besar pekerjaan penduduknya adalah sebagai petani. Salah satunya adalah bendung kaliwadas yang terletak di Desa Jatiroyom, Kecamatan Bodeh. Bendung ini termasuk ke dalam DAS Comal dan berada di Daerah Irigasi Kaliwadas yang memiliki luas daerah manfaat sebesar 7280 Ha. Pada saat ini bendung kaliwadas kemampuan untuk mengaliri air irigasi sudah berkurang karena endapan di hulu sungai dan umur bendung yang sudah lebih dari 100 tahun sejak pertama dibangun.

Perencanaan dilakukan dengan data debit sungai yang didapat dari dinas terkait. Dari data tersebut bisa dilakukan analisa frekuensi dan juga dilakukan perhitungan Distribusi probabilitas seperti metode normal, gumbell, log-normal serta log-pearson III untuk mendapatkan hujan rencana dengan kala ulang 100 tahun., sebagai bahan untuk menghitung kebutuhan bangunan utama bendung. Hasil dari analisis hidrologi ini yaitu distribusi yang memenuhi syarat adalah log-pearson III dengan debit banjir kala ulang 100 tahun sebesar 435,92 m³/detik.

Untuk bangunan utama yang direncanakan yaitu digunakan mercu tipe bulat dengan jari-jari 1 meter, untuk kolam olak yang dipakai adalah kolam olak USBR tipe III karena mempunyai angka froud > 4,5. Redesain ini juga menghasilkan lantai apron sepanjang 60 meter dan lantai belakang sepanjang 30 meter.

Kata kunci : Bendung, debit banjir, bangunan utama.

ABSTRACT

A dam is a building that will raise the water level of a river or waterway so that it can enter the *Intake* channel and can flow graphitically to the irrigation area. In the district of Pemalang weir is very important considering that most of the residents' jobs are farmers. One of them is the kaliwadas dam located in Jatiroyom Village, Bodeh District. This dam is included in the Comal watershed and is located in the Kaliwadas Irrigation Area which has a beneficial area of 7280 Ha. At this time, the ability of the Kaliwadas Dam to drain irrigation water has been reduced due to sediment in the upper reaches of the river and the age of the dam which has been more than 100 years since it was first built.

Planning is carried out with river discharge data obtained from related agencies. From this data, frequency analysis can be carried out and probability distribution calculations such as normal, gumbell, log-normal and log-pearson III methods can be carried out to obtain planned rain with a 100-year reperiod., as a material to calculate the needs of the main building of the dam. The result of this hydrological analysis is that the qualified distribution is log-pearson III with a 100-year reage flood discharge of 435.92 m³/second.

For the main building that is planned, a round type landmark with a radius of 1 meter is used, for the olak pond used is a USBR type III olak pond because it has a froud number of > 4.5 . This redesign also resulted in a 60-meter-long apron floor and a 30-meter-long rear floor.

Keywords: Weir, flood discharge, main building.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 Kabupaten Pemalang bendung sangat berperan penting mengingat masih sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani, dan banyak areal sawah yang masih produktif ditanami baik padi maupun komoditas lain.

Salah satu bendung yang berada di Kabupaten Pemalang adalah Bendung Kaliwadas. Bendung ini terletak di Desa Jatirojom, Kecamatan Bodeh. Bendung yang dibangun pada masa kolonial belanda menjadi salah satu bangunan utama irigasi yang mengairi di 3 Kecamatan disekitarnya. Bendung Kaliwadas termasuk dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Comal. DAS Comal memiliki luas 81.435,58 ha. Bendung kaliwadas sendiri berada di Daerah Irigari (DI) Kaliwadas yang memiliki luas daerah manfaat sebesar 7.208 Ha (*Water Resource Knowledge Management Center, 2022*). Namun untuk luas areal layanan fungsional saat ini sebesar 6.730 Ha jauh dari luas areal yang didesain.

Musim kemarau menjadi masalah yang mempengaruhi jumlah ketersediaan air untuk irigasi. Dimana pada musim kemarau bendung tidak bisa melayani kebutuhan air irigasi karena terjadi penurunan debit sehingga banyak penduduk

yang kekurangan air saat musim kemarau. Musim kemarau yang sebelumnya memiliki periode yang jelas kini menjadi lebih panjang dan tidak terduga, mengurangi jumlah air yang tersedia di sumber-sumber air alami seperti sungai dan waduk. Penurunan curah hujan dan meningkatnya suhu udara memperburuk kondisi ini, menyebabkan debit air yang masuk ke bendung berkurang signifikan.

Pembangunan pertama Bendung Kaliwadas sendiri dilaksanakan pada tahun 1872 yang kemudian dibangun kembali oleh pemerintah pada tahun 1972. Dengan umur bendung yang lebih dari 100 tahun sejak awal dibangun menyebabkan penurunan kemampuan pelayanan bendung tersebut, oleh sebab itu Bendung Kaliwadas dianggap tidak lagi sanggup untuk mengairi irigasi yang paling jauh. Kondisi saat ini Bendung Kaliwadas menurut pengamatan penulis terjadi beberapa kerusakan di beberapa bangunan utama bendung seperti pada kolam olak, kantong lumpur, dan pada bangunan pengambilan. Maka dari itu, diperlukan inspeksi atau evaluasi kembali yang umumnya dalam tiap 5 tahun sekali dilakukan seperti yang diatur dalam UU No 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air dijelaskan bahwa pemerintah pusat dan daerah, serta pihak terkait memiliki tanggung jawab melakukan pemeliharaan secara berkala dan rehabilitasi jika diperlukan berdasarkan hasil evaluasi yang menunjukkan kerusakan atau berpotensi kerusakan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat diambil rumusan masalah antara lain :

1. Berapa debit banjir bendung kaliwadas dengan kondisi hidrologi terkini?
2. Bagaimana bentuk bangunan utama bendung kaliwadas sesuai dengan kondisi hidrologi terkini?

1.3 Tujuan

Tujuan dari perencanaan ulang Bendung Kaliwadas adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui debit banjir kala ulang 100 tahun Bendung Kaliwadas
2. Melakukan desain ulang bangunan bendung yang berbeda dengan kontruksi yang sebelumnya

1.4 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Sebagai salah satu masukan kepada Pemerintah Kabupaten Pematang Jaya serta Badan Besar Wilayah Sungai Pemali Juana sebagai opsi perencanaan bangunan utama Bendung Kaliwadas.
2. Sebagai salah satu bahan ajar bagi mahasiswa teknik sipil dalam perencanaan bangunan bendung.

1.5 Batasan perencanaan

1. Desain bendung hanya meliputi desain bangunan utama bendung, bangunan pembilas, bangunan pengambilan, kantong Lumpur, untuk bangunan pelengkap lainnya seperti saluran primer bangunan sadap, bangunan bagi dan sebagainya tidak didesain.
2. Bendung direncanakan sebagai bendung pasangan batu dan beton bertulang dengan mercu bulat.
3. Perencanaan kolam olak direncanakan menggunakan tipe USBR.
4. Pengaruh akibat back water akibat pembendungan tidak diperhitungkan.

1.6 Lokasi proyek

Bendung Kaliwadas terletak di kali Genteng, Desa Jatiroyom, Kecamatan Bodeh, Kabupaten Pematang Jaya, Provinsi Jawa Tengah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan penelitian sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian yang memiliki persamaan dan perbedaan dari segi permasalahan atau metode penelitian yang akan dilakukan. Penelitian-penelitian terdahulu yang telah dipublikasikan akan dibahas pada sub bab berikut.

2.1.1 Evaluasi Perencanaan Bendung Gempal Di Desa Wirolegi Kecamatan Sumber Sari Kabupaten Jember

Perencanaan ini dilakukan oleh Ardianto pada tahun 2020, berlokasi di Desa Wirolegi, Kecamatan Sumber Sari, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. Bendung ini direncanakan untuk mengairi daerah aliran sungai (DAS) seluas 770 Ha, kondisi bendung saat dilakukan penelitian mengalami kerusakan pada endsill bendung sehingga menyebabkan tanah di hilir bendung mengalami erosi.

Data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data primer dan data sekunder yang didapatkan dari Dinas PU Kabupaten Jember. Data-data tersebut yaitu data dimensi bagian-bagian bendung, peta DAS dan aliran sungai sekitar, Data curah hujan 10 tahun terakhir dari tahun 2009 sampai tahun 2018, data debit banjir Bendung Gempal 7 tahun terakhir, data tanah, serta peta zona gempa tahun 2017. Pengolahan data yang dilakukan antara lain, analisa hidrologi, analisa hidrolika, dan terakhir analisa stabilitas.

Penyebab utama terjadinya kerusakan pada endsill bendung karena pada tahun 2014 terjadi banjir dengan debit banjir diambang normal. Desain Bendung tersebut menggunakan mercu bendung tipe ogee dan menggunakan kolam olak USBR Tipe III. dari hasil perencanaan bendung Gempal ini didapatkan hasil yaitu tinggi bendung sebesar 6,9 meter dengan jarak mercu dengan kolam olakan sebesar 5 meter. Panjang kolam olakan sebesar 6,48 meter sehingga panjang total bendung sebesar 18,7 meter. Tinggi endsill 1 meter dan tinggi air banjir diaatas mercu 2,15 meter, untuk hasil analisis stabilitas bendung semuanya aman.

2.1.2 Studi Perencanaan Ulang Bendung di D.I Rawaan Kabupaten Lumajang Jawa Timur

Perencanaan ini dilakukan oleh Harjuna Arif Purwanto, bendung tersebut berlokasi di Bendung Rawaan Desa Tempursari, Kecamatan Tempursari, Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur. Perencanaan ini dilakukan pada tahun 2022. Perencanaan ulang ini dilakukan dikarenakan kondisi eksisting bangunan utama Bendung Rawaan yang tersisa 7 meter dari lebar sungai yang sebesar 25 meter serta rusaknya bangunan pelengkap lainnya. Hilangnya beberapa mercu dari bendung ini disebabkan oleh ketidakmampuan bendung menahan aliran debris yang berupa batuan bolder. Kerusakan tersebut mengakibatkan luas layanan Daerah Irigasi Rawaan yang seluas 354,10 Ha tidak terpenuhi. Maka penulis merencanakan desain ulang bangunan utama bendung rawaan untuk menunjang peningkatan produksi dan ketahanan pangan (Purwanto, Suprijanto and Prayogo, 2022).

Data yang digunakan penulis dalam merencanakan bendung tersebut yaitu data topografi (peta situasi Daerah Irigasi Rawaan, peta kontur sungai), data meteorologi, seta data geologi dan mekanika tanah. Pengerjaan diawali dengan analisis hidrologi untuk mendapatkan nilai debit banjir rancangan, debit andalan, dan debit kebutuhan air irigasi. Bangunan utama yang direncanakan antara lain : bendung, bangunan pengambil, bangunan pembilas, dan dinding penahan. Setelah dimensi sudah ditentukan kemudian dialukan analisa stabilitas bendung.

Desain bendung ini menggunakan mercu tipe bulat dengan peredam energi menggunakan tipe bucket. Bendung Rawaan memiliki tinggi 1,60 meter yang ditentukan dari elevasi puncak mercu bendung dikurangi elevasi dasar sungai. Lebar mercu berdimensi 25,60 meter yang dihitung dari lebar sungai dikurangi lebar pilar bendung dan pilar pembilas masing -masing 1,00 meter dan 0,80 meter. Mercu bendung tipe bulat berjari-jari 0,75 meter dengan kemiringan bagian udik 1 : 0,67 dan bagian hilir 1 : 1. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peredam energi akibat aliran debris berupa batuan bolder yang melewati bendung, digunakan tipe bucket dengan radius lengkungan bucket sebesar 8,00 meter. Adapun bangunan pembilas menggunakan tipe bagian depan terbuka (tanpa dinding banjir) berjumlah 2 pintu yang tiap pintunya selebar 1,50 meter.

Sedangkan bangunan pengambilan menggunakan tipe bagian depan tertutup (dengan dinding banjir) memiliki 1 pintu dengan lebar 1,00 meter.

2.1.3 Redesain Bendung Tetap Sungai Bakalan Kabupaten Jepara

Perencanaan desain ini dilakukan oleh Sepdianto Prasetyo dan Yuniawan pada tahun 2020. Objek perencanaan ulang ini adalah bendung tetap di sungai bakalan yang berlokasi di Desa Sumosari, Kecamatan Betaalit, Kabupaten Jeparan, Provinsi Jawa Tengah. Redesain ini didasari oleh kurangnya ketersediaan air pada daerah pertanian di Desa Sumosari, Kecamatan Betaalit saat musim kemarau. Seiring meningkatnya juga jumlah penduduk serta kegiatan masyarakat mengakibatkan banyaknya masalah dalam persediaan sumber daya air (Prasetya *et al.*, 2020).

Data yang digunakan dalam perencanaan ini terdiri dari data primer yang didapatkan penulis melalui pengamatan langsung dan data sekunder yang didapatkan penulis dari Balai Seluna Kudus. pengolahan data yang dilakukan penulis adalah analisis peta topografi, analisis DAS Bakalan, analisa data curah hujan.

Analisis hidrologi untuk mendapatkan curah hujan rencana menggunakan tiga metode yaitu Distribusi Gumbel, Log-Normal, dan Log-Pearson. Untuk analisis debit banjir rencana menggunakan metode Nakayasu dan HSS Gama I. Dari analisis tersebut digunakan debit rencana kala ulang 50 tahun (Q_{50th}) untuk mendesain bendung sebesar 663,19 m³/detik yang didapatkan dari hasil analisis debit rencana metode HSS Gama I.

Dari hasil hitungan perencanaan bendung ini maka didapatkan tinggi mercu sebesar 1,5 meter dengan jari-jari mercu sebesar 1,449 meter sedangkan untuk panjang bendung adalah 19 meter. Untuk ketinggian air diatas mercu didapatkan sebesar 6,6 meter dan untuk tinggi air di hilir sebesar 3,3 meter.

2.2 Perbandingan Penelitian

Tinjauan pustaka yang telah dilakukan banyak terdapat penelitian sejenis yaitu tentang perencanaan ulang (*redesain*) bendung. Berikut perbedaan dan persamaan lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 2.1 di halaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Perencanaan

No.	Aspek	Ardianto (2020)	Harjuna Arif Purwanto (2022)	Sepdianto Prasetyo dan Yuniawan (2020)	Penulis (2024)
1.	Judul	Evaluasi Perencanaan Bendung Gempal Di Desa Wirolegi Kecamatan Sumber Sari Kabupaten Jember	Studi Perencanaan Ulang Bendung di D.I Rawaan Kabupaten Lumajang Jawa Timur	Redesain Bendung Tetap Sungai Bakalan Kabupaten Jepara	Perencanaan Ulang (Redesain) Bendung Kaliwadas Kecamatan Bodeh Kabupaten Pemasang
2.	Tujuan penelitian	<ul style="list-style-type: none"> - Menganalisa debit banjir puncak yang terjadi di Bendung Gempal - Mengevaluasi kembali perencanaan Bendung Gempal, agar mengetahui penyebab kerusakan pada bendung dan erosi pada hilir bendung - Mendesain ulang bendung gempal dengan menggunakan data banjir 7 tahun terakhir 	<ul style="list-style-type: none"> - Merencanakan bangunan utama Bendung Rawaan sebagai infrastruktur irigasi penunjang peningkatan produksi dan ketahanan pangan - Mendapatkan dimensi bendung yang sesuai berdasarkan perhitungan hidrolgi, hidrolika, stabilitas, dan penulangan 	Mengetahui besarnya debit dan curah hujan serta mengetahui hidrolgi dan struktur untuk mendesain bendung	Membandingkan desain yang sudah ada dengan desain yang baru dengan model perencanaan yang berbeda

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Perencanaan

No.	Aspek	Ardianto (2020)	Harjuna Arif Purwanto (2022)	Sepdianto Prasetyo dan Yuniawan (2020)	Penulis (2024)
3.	Metode penelitian	<ul style="list-style-type: none"> - Analisa debit banjir menggunakan data dari UPT Pengairan Sumber Sari. - Analisa Hidrolika menggunakan acuan standart Perencanaan Irigasi 	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis curah hujan jam-jaman menggunakan metode PSA 007 - Analisa debit banjir menggunakan metode HSS Gama I 	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis hidrologi menggunakan metode Distribusi Gumbel tipe I, Log-Normal, dan Log-Pearson - Analisis debit banjir rencana menggunakan metode Nakayasu dan HSS Gama I 	Analisis hidrologi menggunakan metode Distribusi Gumbel tipe I, Log-Normal, dan Log-Pearson
4.	Lokasi penelitian	Desa Wirolegi, Kecamatan Sumber Sari, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur.	Bendung Rawaan Desa Tempursari, Kecamatan Tempursari, Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur	Desa Sumosari, Kecamatan Betaalit, Kabupaten Jebaran, Provinsi Jawa Tengah	Bendung Kaliwadas terletak di kali Genteng, Desa Jatiroyom, Kecamatan Bodeh, Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Perencanaan

No.	Aspek	Ardianto (2020)	Harjuna Arif Purwanto (2022)	Sepdianto Prasetyo dan Yuniawan (2020)	Penulis (2024)
5.	Hasil	<p>Desain bendung dengan mercu tipe ogee dan menggunakan kolam olak USBR tipe III, dengan Tinggi bendung = 6,9 m</p> <p>Panjang mercu – kolam olak = 5 m</p> <p>Panjang bendung = 18,7 m</p> <p>Tinggi endsill = 1 m</p> <p>Tinggi air diatas mercu = 2,15 m</p> <p>Hasil analisa stabilitas bendung Aman</p>	<p>Debit banjir rencana kala ulang 100 thaun (Q_{100}) = 318,51 m³/detik</p> <p>Desain bendung menggunakan mercu tipe bulat dan peredam energi tipe bucket dengan hasil perhitungan sebagai berikut.</p> <p>Tinggi bendung = 1,6 m</p> <p>Lebar bendung = 25,6 m</p> <p>Jari-jari mercu = 0,75 m</p> <p>Radius bucket = 8 m</p> <p>Adapun bangunan pembilas berjumlah 2 buah dengan lebar masing-masing 1,5 m dan menggunakan tipe bagian depan terbuka.</p>	<p>Debit banjir kala ulang 50 tahun (Q_{50th}) sebesar 663,19 m³/detik. Desain hidrolik bendung adalah sebagai berikut.</p> <p>Tinggi bendung = 1,5 m</p> <p>Panjang bendung = 19 m</p> <p>Tinggi air di atas mercu = 6,6 m</p> <p>Tinggi air di hilir = 3,3 m</p> <p>Jari-jari mercu = 1,449 m</p>	<p>Debit banjir kala ulang 20 tahun (Q_{20}) sebesar 250,714 m³/detik. Desain hidrolik bendung adalah sebagai berikut.</p> <p>Tinggi mercu di hulu = 7,3 m</p> <p>Panjang bendung = 90 m</p> <p>Tinggi air diatas mercu = 1,388 m</p> <p>Tinggi air dihilir = 1,16 m</p> <p>Jari-jari mercu = 1 m</p> <p>Kolam olak jenis USBR tipe III</p>

2.3 Keaslian Penelitian

Perencanaan yang dilakukan adalah Perencanaan ulang (redesain) Bendung. Lokasi perencanaan adalah Bendung Kaliwadas terletak di kali Genteng, Desa Jatiroyom, Kecamatan Bodeh, Kabupaten Pematang, Provinsi Jawa Tengah. Dengan demikian, meskipun terdapat perencanaan yang menggunakan tema yang serupa dengan perencanaan yang dilakukan, akan tetapi data yang digunakan seperti kondisi daerah aliran, topografi, data curah hujan dan data klimatologi berbeda dari penelitian-penelitian terdahulu. Jika terdapat kesamaan metode tentu hasilnya berbeda karena penelitian ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu latar belakang, lokasi penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan batasan masalah, sehingga belum ada penelitian terdahulu dengan tema dan data yang sama dengan penelitian yang diteliti oleh peneliti.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Apabila elevasi muka air saat debit yang mengalir sebesar debit andalan tidak memenuhi kebutuhan, maka elevasi muka air harus dinaikkan dengan cara membendung air sungai. Bendungan akan menimbulkan tampungan, bendungan yang tinggi akan menimbulkan tampungan yang besar yang menutup suatu area tertentu yang nantinya disebut dengan waduk.

Bendungan yang rendah akan menimbulkan genangan memanjang pada alur sungai sendiri. Agar elevasi muka air terkendali maka kelebihan air akan dibuang ke hilir sungai. Bendungan rendah tersebut selanjutnya disebut dengan bendung yang mempunyai fungsi utama untuk menaikkan elevasi muka air, sedangkan besarnya tampungan memanjang tidak memberikan manfaat sebagai penyimpangan cadangan air. Selain berfungsi untuk menaikkan muka air, bendung juga berfungsi untuk menaikkan tinggi tekan sehingga mudah untuk dimanfaatkan untuk keperluan irigasi dengan jarak yang relatif pendek.

Pada perencanaan bendung diperlukan data-data yang dibutuhkan sebagai dasar perencanaan suatu bendung, data-data yang dibutuhkan yaitu data topografi lokasi, data hidrologi, data morfologi, data geologi, dan standar perencanaan. Data hidrologi seperti data curah hujan dan data debit sungai sangat erat kaitannya dengan perencanaan bendung. Data curah hujan dan debit sungai berkaitan dengan penetapan debit banjir rencana pada periode ulang tertentu yang dibutuhkan sebagai dasar perencanaan bendung.

Bangunan utama bendung terdiri dari bangunan pengelak , bangunan pengambilan, bangunan pembilas, kolam olak, kantong lumpur, tanggul banjir, dan bangunan pelengkap lainnya. Bangunan pengelak adalah bangunan yang berguna untuk membelokkan air sungai ke jaringan irigasi dengan cara menaikkan muka air sungai. Pintu pengambilan (*Intake*) berfungsi untuk mengatur banyaknya air yang

masuk kedalam saluran serta mencegah benda-benda padat masuk ke dalam saluran. Kolam peredam energi (kolam olak) adalah suatu bangunan untuk meredam kecepatan loncatan air yang terjadi di hilir bendung, hal ini dilakukan untuk mengurangi gerusan setempat (local scouring). Kantong lumpur berfungsi untuk mengendapkan sedimen dan biasanya ditempatkan di hilir pengambilan.

3.2 Data Hidrologi

Data hidrologi dibutuhkan untuk perencanaan bendung karena berfungsi sebagai dasar untuk menentukan kinerja bendungan dalam menghadapi banjir dan mengatur aliran air. Data ini mencakup informasi tentang debit banjir, curah hujan, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi aliran sungai. Dengan menggunakan data hidrologi, perencanaan bendung dapat dilakukan dengan lebih akurat dan efektif, serta memastikan bahwa bendungan dapat berfungsi dengan baik dalam mengatur aliran air dan menghadapi banjir.

3.3.1 Banjir Rencana

Banjir Rencana adalah debit maksimum disungai atau saluarn alamiah dengan periode ulang tertentu (rata-rata) yang sudah ditentukan yang dapat dialirkan tanpa membahayakan proyek irigasi (KP-01 Jaringan Irigasi,2013). Besarnya debit untuk sistem keairan tergantung pada interval kejadian atau periode ulang yang digunakan. Memilih debit hujan dengan periode ulang yang lama dan curah hujan yang tinggi mengurangi kemungkinan kerusakan, namun meningkatkan biaya konstruksi untuk menampung debit air yang besar. Di sisi lain, pengalihan dengan periode ulang yang terlalu pendek dapat mengurangi biaya konstruksi, namun meningkatkan risiko kerusakan akibat banjir.

Berdasarkan KP-02 Tahun 2013 banjir rencana maksimum untuk bangunan bendung adalah debit banjir dengan periode ulang 100 tahun. Namun pada kawasan tertentu debit banjir yang digunakan menggunakan Permen PUPR No.28 Tahun 2015 yang menyatakan untuk penggunaan debit rencana dengan periode ulang tertentu disesuaikan dengan letak bangunan direncanakan.

1) Ibukota Kabupaten/Kota untuk mengalirkan debit rencana ($Q_{10} - Q_{20}$); Ibukota Provinsi untuk mengalirkan debit rencana ($Q_{20} - Q_{50}$); dan 3) Ibukota Negara/Metropolitan untuk mengalirkan debit rencana ($Q_{50} - Q_{100}$). Menurut KP-01 Jaringan Irigasi tahun 2013 pemilihan metode dalam perhitungan banjir rencana ditentukan dengan banyaknya data debit yang ada, jika data debit yang digunakan lebih dari 20 tahun maka digunakan metode analisis frekuensi. Dalam analisis frekuensi data hujan atau debit guna memperoleh hujan rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas yang sering digunakan. Distribusi probabilitas tersebut yaitu Distribusi Gumbel, Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, dan Distribusi Log-Pearson Type III.

1. Distribusi Gumbel

Apabila data debit yang digunakan dalam perhitungan merupakan sampel dalam jumlah populasi terbatas maka persamaan distribusi gumbel dapat didekati dengan persamaan berikut.

$$Q_T = Q_r + (S_d \times K_t) \quad (3.1)$$

Faktor frekuensi gumbel (K) dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (3.2)$$

Dengan :

Q_T = debit rencana dengan periode ulang ulang T tahun (mm)

Q_r = harga rata-rata dari data debit

S = Standar deviasi dari data debit

Y_T = *reduced variate* = $-l_n \left\{ l_n \frac{T-1}{T} \right\}$

Y_n = *reduced variate*

S_n = *reduce standart deviation*

Besarnya nilai Y_n , S_n , Y_T dapat dilihat pada Tabel 3.1, Tabel 3.2, dan Tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.1 Reduced Mean, Y_n

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber : Suripin (2004)

Tabel 3.2 Reduced Standard Deviation, S_n

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber : Suripin (2004)

Tabel 3.3 Reduced Variated, Y_T

Periode Ulang Tr (tahun)	Reduced variate Y_{Tr}	Periode Ulang Tr (tahun)	Reduced variate Y_T
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149

Lanjutan Tabel 3.3 *Reduced Variated, Y_T*

Periode Ulang Tr (tahun)	Reduced variate Y _{Tr}	Periode Ulang Tr (tahun)	Reduced variate Y _T
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

Sumber : Suripin (2004)

2. Distribusi Normal

Distribusi normal biasa juga disebut distribusi Gauss. Perhitungan debit rencana berdasarkan bisa dilakukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$Q_T = Q_r + (K_T \times S_d) \quad (3.3)$$

Dengan :

Q_T = debit rencana dengan periode ulang T tahun

Q_r = Nilai rata-rata dari data debit (mm)

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang. Nilai K_T dapat dilihat pada Tabel 3.4 Nilai variabel reduksi gauss

S_d = deviasi standar dari data debit

Tabel 3.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode ulang, T (tahun)	K_T
1	1,001	-3,05
2	1,005	-2,58
3	1,010	-2,33
4	1,050	-1,64
5	1,110	-1,28
6	1,250	-0,84
7	1,330	-0,67
8	1,430	-0,52
9	1,670	-0,25
10	2,000	0

Lanjutan Tabel 3.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode ulang, T (tahun)	K_T
11	2,500	0,25
12	3,330	0,52
13	4,000	0,67
14	5,000	0,84
15	10,000	1,28
16	20,000	1,64
17	50,000	2,05
18	100,000	2,33
19	200,000	2,58
20	500,000	2,88
21	1000,000	3,09

Sumber : Suripin (2004)

3. Distribusi Log-Normal

Untuk distribusi log-normal dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut.

$$Y_T = \bar{Y} + (K_T \cdot Sd) \quad (3.4)$$

Dengan :

Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun

Y_T = Log Q_i

\bar{Y} = nilai rata-rata hitung variat

Sd = Standar deviasi nilai variat

$$Sd = \frac{\sum_{i=1}^n (\log Q_i - \bar{\log Q})^2}{n-1}$$

K_T = faktor frekuensi, nilai K_T dapat dilihat pada Tabel 3.4 Nilai Variabel Gauss

4. Distribusi Log-Pearson Type III

Perhitungan debit rencana dengan metode Log-Pearson Type III dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Log } Q_T = \text{Log } Q_r + (K_T \cdot S_d) \quad (3.5)$$

Dimana besarnya nilai K_T tergantung dari koefisien kemencengan G . Jika nilai G sama dengan nol, maka distribusi kembali ke distribus Log-Normal. Nilai kemencengan G dapat dilihat pada Tabel 3.5 Dibawah ini.

Tabel 3.5 Nilai Koefisien Kemencengan G

Koef. G	Interval kejadian (periode ulang)							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,892	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326

Sumber : Suripin (2004)

3.3.2 Parameter Statistik Distribusi

Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi yang dilihatkan pada Tabel 3.6 dibawah ini.

Tabel 3.6 Persyaratan Parameter Statistik Distribusi

No.	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
3	Log-Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4	Log-Pearson Type III	Selain nilai diatas

Sumber : Bambang,T (2008)

Parameter-parameter tersebut meliputi :

$$\bullet \text{ Rata-rata (Qa)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.6)$$

$$\bullet \text{ Standar Deviasi (S)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_n)^2}{n-1}} \quad (3.7)$$

$$\bullet \text{ Koefisien skewness (Cs)} = \frac{n \sum_{i=1}^i (x_i - x_a)^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \quad (3.8)$$

$$\bullet \text{ Koefisien Kurtois (Ck)} = \frac{n^2 \sum_{i=1}^i (x_i - x_a)^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot (S)^4} \quad (3.9)$$

$$\bullet \text{ Koefisien Varian (Cv)} = \frac{S}{x_a} \quad (3.10)$$

Dengan :

Q_i = data debit

N = jumlah data

Selain menggunakan persyaratan diatas, untuk mendapatkan hasil yang diinginkan atau jika tidak ada yang memenuhi persyaratan maka digunakan uji distribusi probabilitas (uji kecocokan). Biasanya digunakan dua metode uji yaitu metode chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov.

3.3 Perencanaan Tubuh Bendung

3.4.1 Perencanaan Elevasi Mercu Bendung

Muka air rencana di depan pengambilan bergantung pada :

- Elevasi muka air yang di perlukan untuk irigasi
- Beda tinggi energi pada kantong lumpur yang diperlukan untuk membilas sedimen dari kantong
- Beda tinggi energi pada bangunan pembilas yang di perlukan untuk membilas dekat pintu pengambilan
- Beda tinggi energi yang diperlukan untuk meredam energi pada kolam olak.

Maka untuk merencanakan tinggi muka air rencana, harus dipertimbangkan pada hal sebagai berikut'

- Elevasi sawah tertinggi
- Tinggi air sawah
- Kehilangan energi dari saluran primer ke saluran sekunder
- Kehilangan energi dari saluran sekunder ke saluran tersier
- Kehilangan energi dari saluran tersier ke sawah
- Kehilangan energi pada bangunan ukur
- Kehilangan energi untuk *Intake*
- Kehilangan energi pada kantong lumpur
- Kehilangan energi pada pintu pembilas.

3.4.2 Perencanaan Lebar Bendung

Lebar bendung yaitu jarak antara pangkal-pangkalnya (abutment), sebaiknya sama dengan lebar rata-rata sungai pada bagian yang stabil. Lebar maksimum bendung hendaknya tidak lebih dari 1,2 kali lebar rata-rata sunga pada ruas yang stabil (KP-02 Tahun 2013 Bangunan Utama). Agar pembuatan bangunan peredam energi tidak terlalu mahal, maka aliran per satuan lebar hendaknya dibatasi sampai sekitar 12-14 m³/det yang memberikan tinggi energi maksimum sebesar 3,5-4,5 m

Lebar efektif mercu (B_e) dihubungkan dengan lebar mercu yang sebenarnya (B), yakni jarak antara abutment atau tiang pancang. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan lebar efektif mercu.

$$B_e = B - 2(nK_p + K_a)H_1 \quad (3.11)$$

Dengan :

B_e = lebar efektif mercu

B = lebar mercu sebenarnya

n = jumlah pilar

K_p = koefisien kontraksi pilar

K_a = koefisien kontraksi pangkal bendung

H_1 = tinggi energi

Harga-harga koefisien K_p dan K_a dapat dilihat pada Tabel 3.7 dibawah ini.

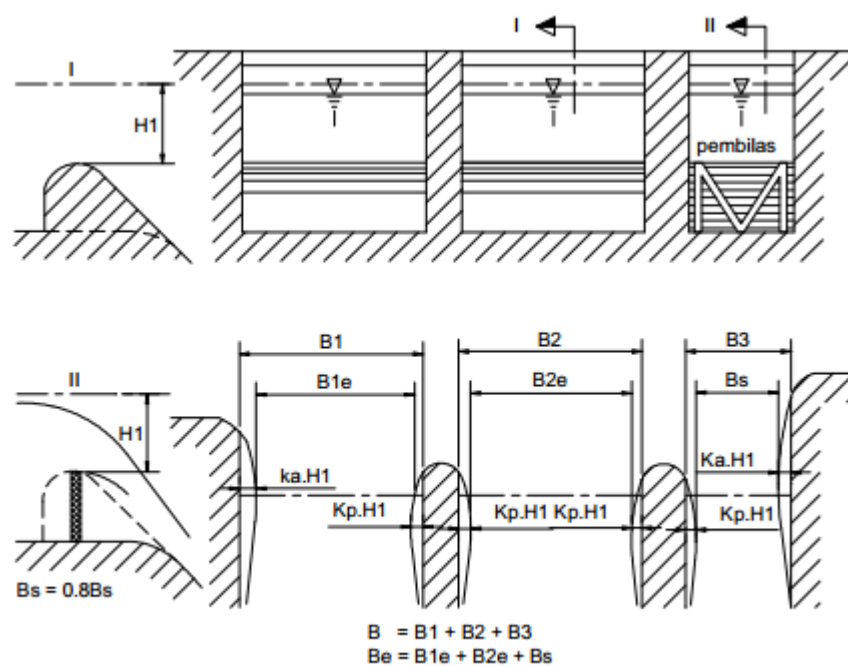
Tabel 3.7 Harga Koefisien K_p dan K_a

Bentuk Pilar	K_p
Untuk pilar berujung segi empat dengan sudut-sudut yang dibulatkan pada jari-jari yang hampir sama dengan 0.1 dari tebal pilar	0,02
Untuk pilar berujung bulat	0,01
Untuk pilar berujung runcing	0
Bentuk Pangkal Tembok	K_a
Untuk pangkal tembok segi empat dengan tembok hulu pada 90 ke arah aliran	0,20
Untuk pangkal tembok bulat dengan tembok hulu pada 90 ke arah aliran dengan $0,5 H_1 > r > 0,15 H_1$	0,10

Lanjutan Tabel 3.7 Harga Koefisien K_p dan K_a

Bentuk Pangkal Tembok	K_a
Untuk pangkal tembok bulat dimana $r > 0,15 H_1$ dan tembok hulu tidak lebih dari 450 ke arah aliran.	0

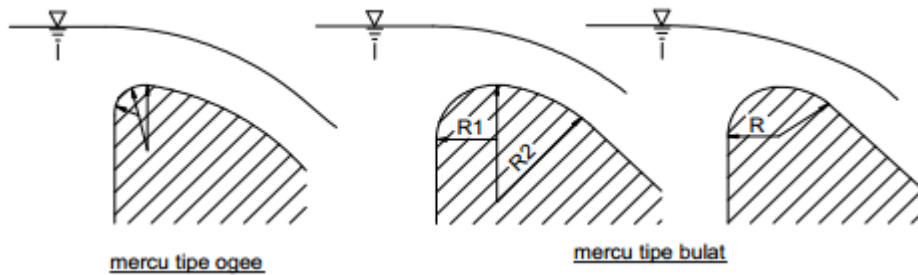
Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi (2013)



Gambar 3.1 Lebar Efektif Bendung
(Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi, 2013)

3.4.3 Perencanaan Mercu Bendung

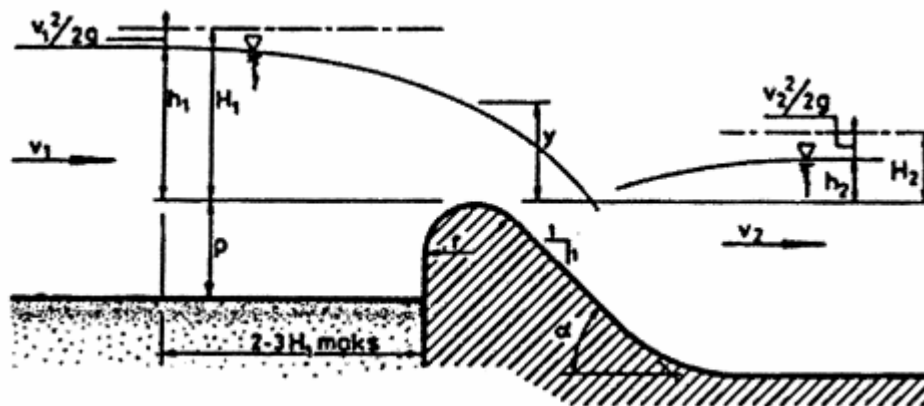
Di Indonesia pada umumnya menggunakan dua tipe mercu untuk bendung pelimpah yaitu tipe ogee dan tipe bulat. Gambar bentuk mercu tipe ogee dan bulat bisa dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3.2 Bentuk-bentuk mercu
(Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi, 2013)

1. Mercu bulat

Bendung mercu bulat memiliki harga koefisien debit jauh lebih tinggi 44 % dibandingkan dengan koefisien ambang lebar. Harga koefisien debit lebih tinggi disebabkan oleh lengkung streamline dan tekanan negatif pada mercu. Tekanan pada mercu adalah fungsi perbandingan antara H_1 dan r (H_1/r). Untuk bendung dengan dua jari-jari (R_2), jari-jari hilir akan digunakan untuk menemukan harga koefisien debit. (KP-02 Perencanaan Irigasi 2013)



Gambar 3.3 Bendung dengan Mercu Bulat
(Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi, 2013)

Persamaan tinggi energi debit untuk bendung ambang pendek dengan pengontrol segi empat adalah sebagai berikut.

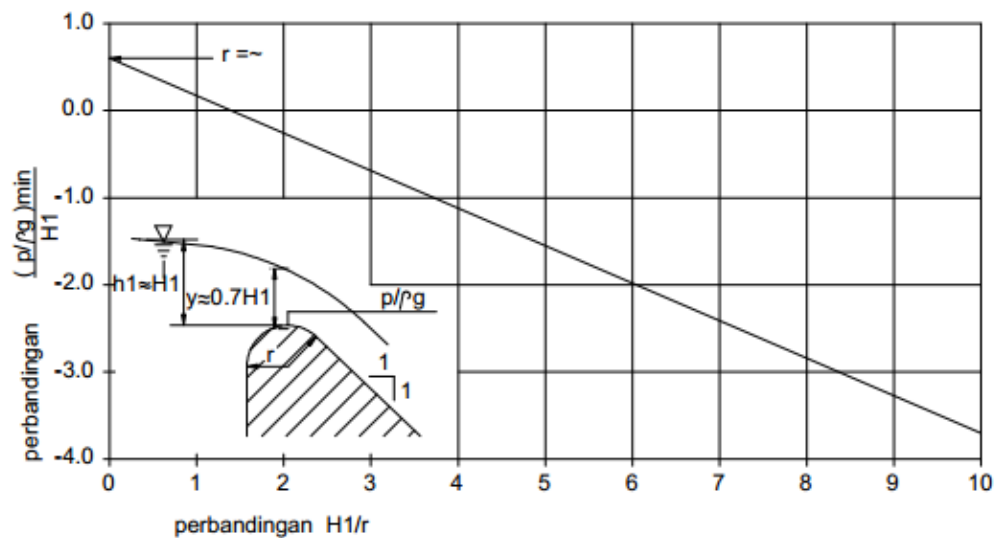
$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3g}} b H_1^{1.5} \quad (3.12)$$

Dengan :

- Q = Debit (m^3/detik)
 C_d = Koefisien debit ($C_d = C_0C_1C_2$)
 g = percepatan gravitasi = ($9,8 \text{ m}^3/\text{detik}$)
 b = panjang mercu (m)
 H_1 = tinggi energi di atas mercu, (m)

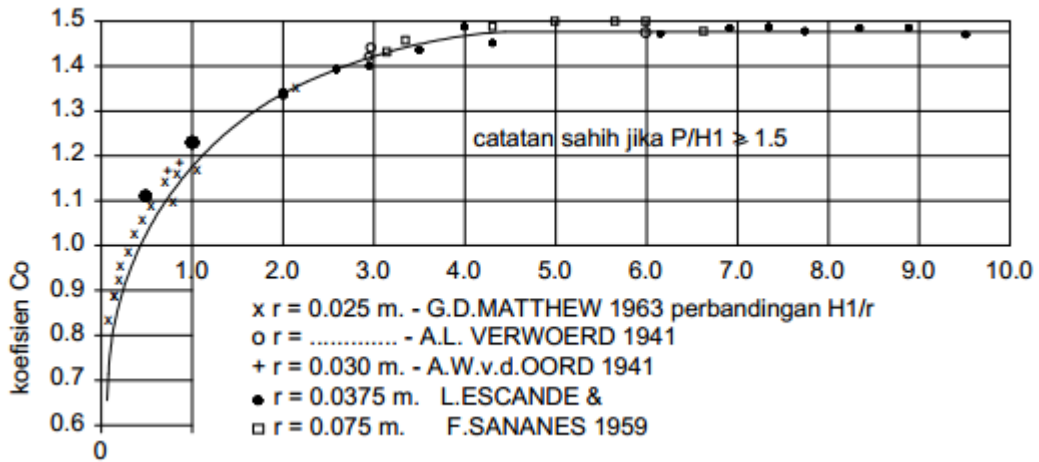
Koefisien debit C_d didapatkan dari beberapa koefisien antara lain :

- C_0 yang merupakan fungsi H_1/r (lihat gambar 3.5)
- C_1 yang merupakan fungsi p/H_1 (lihat gambar 3.6)
- C_2 yang merupakan fungsi p/H_1 dan kemiringan muka hulu bendung (lihat gambar 3.7)



Gambar 3.4 Tekanan pada mercu bulat sebagai fungsi perbandingan H_1/r
 (Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi, 2013)

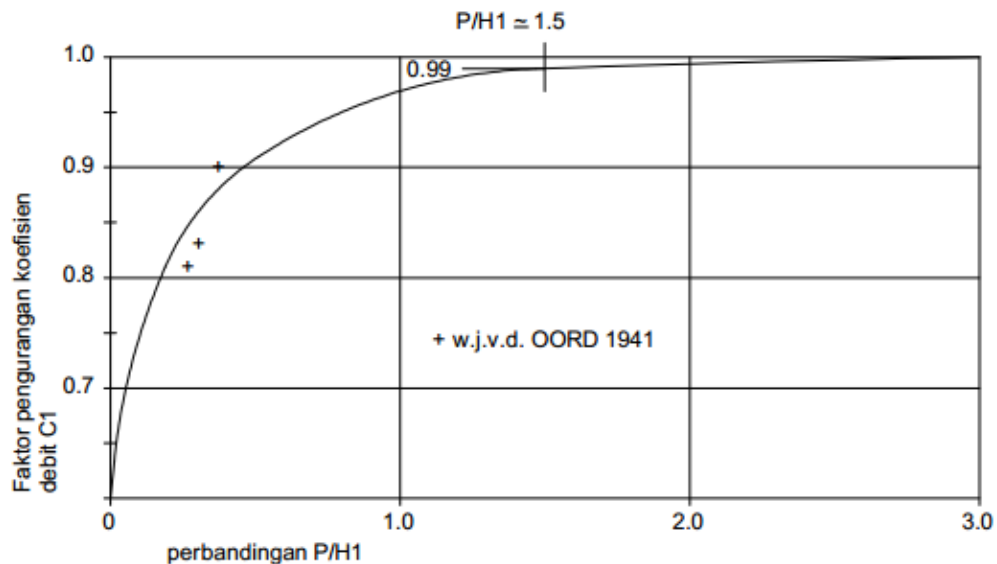
Harga C_0 maksimum sebesar 1,49 jika H_1/r lebih dari 5,0 seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Harga C_0 sebagai fungsi perbandingan H_1/r
 (Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi, 2013)

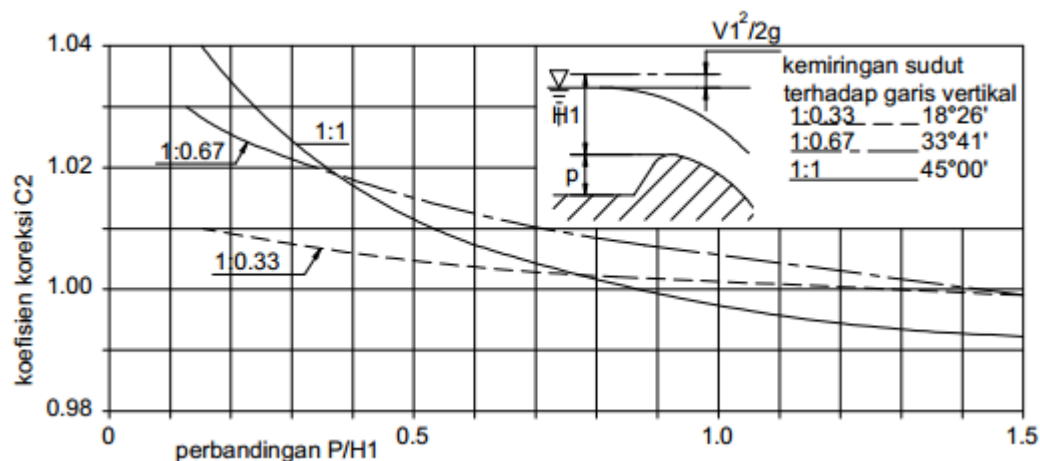
Harga-harga C_0 pada gambar 3.5 dianggap valid apabila mercu bendung cukup tinggi di atas rata-rata alur pengarah ($p/H_1 \geq$ sekitar 1,5).

Dalam tahap perencanaan p dapat diambil setengah jarak dari mercu sampai dasar rata-rata sungai sebelum bendung tersebut dibuat. Untuk harga-harga p/H_1 yang kurang dari 1,5, maka Gambar 3.6 dapat dipakai untuk menemukan faktor pengurangan C_1



Gambar 3.6 Harga Koefisien C_1 sebagai fungsi perbandingan p/H_1
 (Sumber : KP - 02 Perencanaan Irigasi,2013)

Pada Gambar 3.7. Harga koefisien koreksi, C_2 diandaikan kurang lebih sama dengan harga faktor koreksi untuk bentuk-bentuk mercu tipe Ogee.



Gambar 3.7 Harga Koefisien C_2
(Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi,2013)

3.4.4 Perencanaan Kolam Peredam Energi

Setelah melalui bendung, aliran bisa berupa aliran tenggelam dan bisa berupa aliran bebas. Aliran bebas dengan kecepatan tinggi dan angka froude > 1 , menyebabkan aliran mempunyai energi yang tinggi sehingga daya gerus tinggi. Apabila dibiarkan maka dasar sungai akan tergerus dan mengakibatkan konstruksi rusak. (Ir.Prastumi 2008). Untuk meredam energi tersebut maka dibuat suatu konstruksi peredam energi, bentuk hidrolisnya yaitu suatu pertemuan antara penampang miring, lengkung, dan lurus.

Berdasarkan KP-04 Perencanaan Irigasi Tahun 2013 Pemilihan tipe peredam energi tergantung pada keadaan tanah dasar, tinggi perbedaan muka air hulu dan hilir serta sedimen yang diangkat aliran sungai serta bilangan *Froude*. Berikut ini adalah pengelompokan pemilihan kolam olak berdasarkan bilangan *Froude* yang dikutip dari KP-04 perencanaan irigasi.

1. Untuk $Fr \leq 1,7$ tidak diperlukan kolam olak, namun pada saluran tanah bagian hilir harus dilindungi dari bahaya erosi

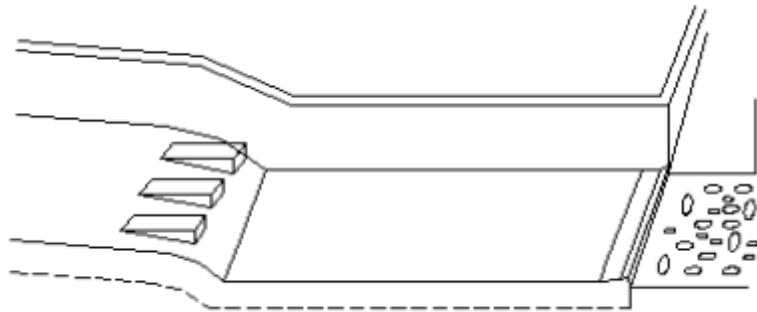
2. Untuk bilangan *Froude* 1,7 sampai 2,50 diperlukan kolam olak dengan ambang ujung yang mampu bekerja dengan baik. Untuk penurunan muka air $< 1,5$ m dapat dipakai bangunan terjun tegak
3. Jika bilangan *Froude* 2,5 – 4,5 loncatan air tidak terbentuk dengan baik dan menimbulkan gelombang yang jauh di saluran. Cara mengatasi hal ini yaitu mengusahkan agar kolam mampu untuk menimbulkan tubulensi yang tinggi dengan blok halangnya atau menambah intensitas pusaran dengan pemasangan blok depan. Tetapi pada prakteknya akan lebih baik untuk merubah geometri mercu agar memperkecil atau memperbesar bilangan *Froude* kemudian menggunakan kolam kategori lain.
4. Jika bilangan *Froude* lebih dari 4,5 termasuk kolam olak USBR tipe III yang dilengkapi dengan blok depan dan blok halang. Kolam loncat air yang sama dengan tangga di bagian ujungnya akan jauh lebih panjang dan mungkin harus digunakan dengan pasangan batu.

Berikut ini penjelasan dari kolam olak tipe USBR yang digunakan dalam perencanaan bendung ini.

Kolam ini biasanya digunakan untuk head drop yang lebih tinggi dari 10 meter, kolam olakan ini mempunyai berbagai variasi dan dibedakan oleh rezim hidrolis aliran dan konstruksinya. Berikut ini beberapa tipe kolam USBR

a. Kolam USBR tipe I

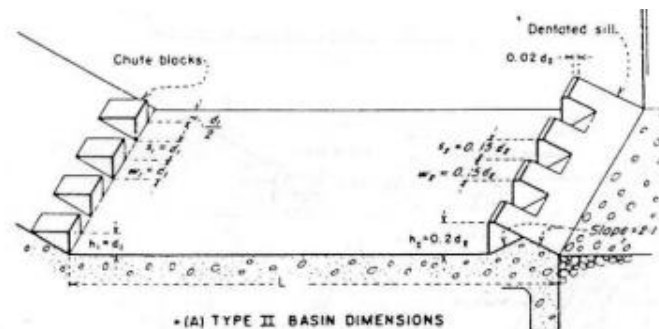
- kolam olak datar, peredaman terjadi akibat benturan langsung dari aliran dengan permukaan dasar kolam
- kolam olak menjadi panjang
- cocok untuk debit kecil, dengan kapasitas peredaman yang kecil
- nilai $Fr \leq 1,7$



Gambar 3.8 Kolam Olak USBR Tipe I
(Sumber : Suska, 2016)

b. Kolam USBR tipe II

- Kolam olak memiliki blok-blok saluran tajam (gigi pemancar) di ujung hulu dan di dekat ujung hilir (*end sill*)
- Cocok untuk aliran dengan tekanan hidrolis > 60 m
- $1,7 < Fr \leq 2,5$



Gambar 3.9 Kolam Olak USBR Tipe II
(Sumber : Suska, 2016)

c. Kolam USBR tipe III

- Dipasang gigi pemancar di ujung hulu, pada dasar kolam olak dibuat gigi penghalang aliran, dan di ujung hilir dibuat perata aliran
- Cocok untuk aliran dengan tekanan hidrostatik rendah
- $Q < 18,5$ m³/detik
- $V < 18,0$ m/detik
- $Fr > 4,5$

Yang terpenting dalam perencanaan kolam olak tipe USBR adalah menghitung rating jump, tail water serta mencari bilangan Froud. Berikut ini langkah-langkah perhitungan Kolam olak tipe USBR

- a. Menghitung kecepatan aliran di kaki bendung

$$V = \sqrt{2g(0.5H_1 + z)} \quad (3.13)$$

Dengan :

V_1 = kecepatan aliran di kaki bendung

z = tinggi terjunan

H_1 = tinggi muka air di atas mercu

- b. Menghitung ketinggian muka air di kaki bendung :

$$Y_1 = \frac{Q}{(v_1 \cdot B_{Total})} \quad (3.14)$$

- c. Menghitung bilangan Froud

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g \cdot Y_1}} \quad (3.15)$$

- d. Menghitung rating jump :

$$\frac{Y_2}{Y_1} = 1,2 \times \left(\sqrt{1 + 8F_{r-1}^2} \right) \quad (3.16)$$

- e. Menghitung panjang kolam

$$L_j = 5(n + y_2) \quad (3.17)$$

Dengan :

L_j = panjang kolam olak

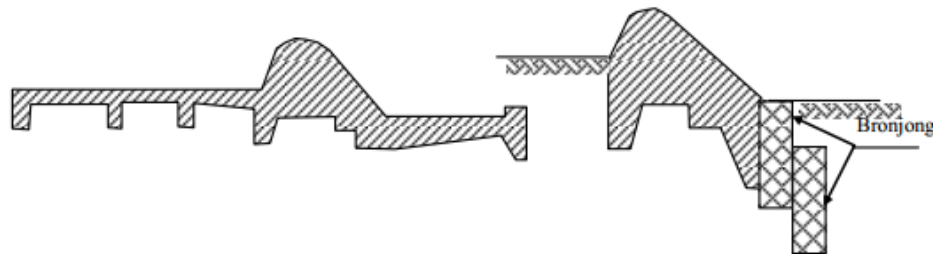
n = tinggi ambang ujung

Y_2 = kedalaman air di atas ambang

3.4.5 Perencanaan Lantai Muka

Air yang mendapat hambatan akan mencari jalan keluar melalui hambatan yang paling kecil, hambatan yang paling kecil disini adalah pertemuan antara tanah dengan bangunan, biasanya hal ini disebut creep line. Bila creep line ini pendek, maka hambatannya akan kecil dan tekanan yang ditimbulkan oleh air itu akan besar. Untuk memperkecil tekanan air ini, maka hambatan harus diperbesar atau diperpanjang. Cara lain adalah dengan membuat lantai muka atau juga disebut dengan

dinding vertikal (cut off wall). Untuk merencanakan panjang lantai muka, dipakai teori Bligh dan cara Lane.



Gambar 3.11 Bendung dengan dan tanpa lantai muka
(Sumber : Google)

1. Teori Bligh

Bligh berpendapat bahwa besarnya perbedaan tekanan di jalur pengaliran adalah sebanding dengan panjang jalan air (creep line). Berikut persamaan yang diberikan.

$$CR \leq \frac{L}{\Delta H} \quad (3.18)$$

Dimana :

CR = creep rasio untuk Bligh (lihat Tabel 3.8)

L = Panjang Lantai muka (m)

ΔH = selisih tinggi muka air pada kondisi normal (m)

2. Metode Lane

Lane memberikan koreksi terhadap teori Bligh dengan menyatakan bahwa energi yang dibutuhkan oleh air untuk melewati jalan yang vertikal lebih besar dari jalan horizontal, dengan perbandingan 3 : 1, jadi dianggap bahwa $L_v = 3 L_h$ untuk suatu panjang yang sama sehingga persamaannya sebagai berikut.

$$H = \left(L_v + \frac{1}{3} L_h \right) \times C \quad \text{atau}$$

$$L = L_v + \frac{1}{3} L_h \geq C \times \Delta h \quad (3.19)$$

Harga C untuk Bligh dan Lane berlainan. Harga C lane dan Bligh diberikan pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Harga C untuk Bligh dan Lane

Bahan	C (Lane)	C (Bligh)
Pasir amat halus	8,5	18
Pasir halus	7,0	15
Pasir sedang	6,0	-
Pasir kasar	5,0	12
Krikil halus	4,0	-
Krikil sedang	3,5	-
Krikil campur pasir	-	9
Krikil kasar termasuk batu kecil	3,0	-
Boulder, batu kecil dan krikil kasar	2,5	-
Boulder, batu kecil dan kerikil	-	4-6
Lempung lunak	3,0	-
Lempung sedang	1,8	-
Lempung keras	1,8	-
Lempung padat	1,6	-

Sumber : Radjulani (2012)

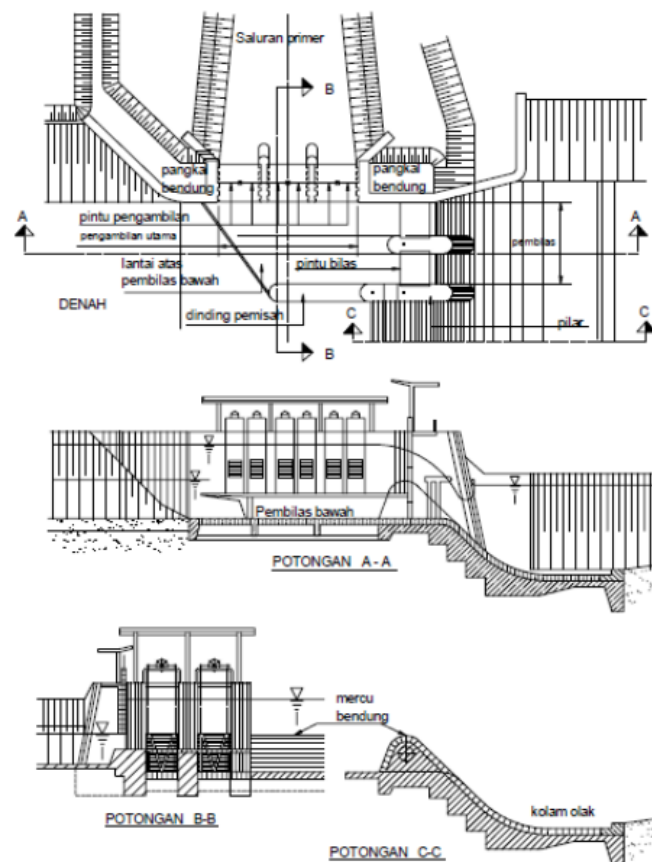
3.4 Bangunan Pengambil dan Bangunan Pembilas

Menurut KP 02 Bangunan Pengambil mempunyai fungsi untuk mengelakkan air dari sungai sesuai jumlah yang dikehendaki sedangkan bangunan bangunan pembilas berfungsi untuk mengurangi sebanyak mungkin benda-benda terapung dan fraksi-fraksi sedimen kasar yang masuk ke jaringan saluran irigasi.

3.5.1 Tata Letak Bangunan

Menurut KP-02 Tahun 2013 Bangunan Pengambilan sebaiknya dibuat sedekat mungkin dengan pembilas dan as bendung atau bendung gerak. Lebih bagus jika pengambilan ditempatkan di ujung tikungan luar sungai atau pada ruas

luar guna memperkecil masuknya sedimen. Bila dengan bendung pelimpah air harus diambil untuk irigasi di kedua sisi sungai, maka pengambilan untuk satu sisi (kalau tidak terlalu besar) bisa dibuat pada pilar pembilas, dan airnya dapat dialirkan melalui siphon dalam tubuh bendung ke sisi lainnya. Dalam kasus lain, bendung dapat dibuat dengan pengambilan dan pembilas di kedua sisi. Kadang-kadang tata letak akan dipengaruhi oleh kebutuhan akan jembatan. Dalam hal ini mungkin kita terpaksa menyimpang dari kriteria yang telah ditetapkan.



Gambar 3.12 Bangunan Pengambilan dan Bangunan Pembilas
(Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi,2013)

3.5.2 Bangunan Pengambilan

Kapasitas pengambilan harus sekurang-kurangnya 120 % dari kebutuhan pengambilan guna menambah fleksibilitas dan agar dapat memenuhi kebutuhan yang lebih tinggi selama umur proyek. Pembilas pengambilan dilengkapi dengan pintu dan bagian depannya terbuka untuk menjaga jika terjadi muka air tinggi

selama banjir, besarnya bukaan pintu bergantung kepada kecepatan aliran masuk yang diizinkan. Kecepatan ini bergantung kepada ukuran butir bahan yang dapat diangkut. Berikut ini persamaan yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran masuk.

$$v^2 \geq 32 \left(\frac{h}{d}\right)^{\frac{1}{3}} d \quad (3.20)$$

Dimana :

v = kecepatan rata-rata ($m^3/detik$)

h = kedalaman air (m)

d = diameter butir (m)

dalam kondisi biasa, rumus ini dapat disederhanakan menjadi $v = 10 \times d^{0.5}$

Persamaan debit yang dipakai dalam perhitungan bangunan pengambilan adalah sebagai berikut.

$$Q = \mu b a \sqrt{2gz} \quad (3.21)$$

Dengan :

Q = Debit ($m^3/detik$)

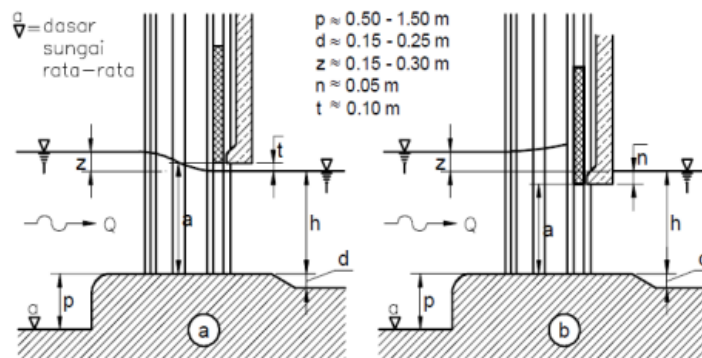
μ = Koefisien debit untuk bukaan dibawah permukaan air dengan kehilangan tinggi energi, $\mu = 0,80$

b = lebar bukaan (m)

a = tinggi bukaan (m)

g = percepatan gravitasi ($m^3/detik$)

z = kehilangan tinggi energi pada bukaan (m)



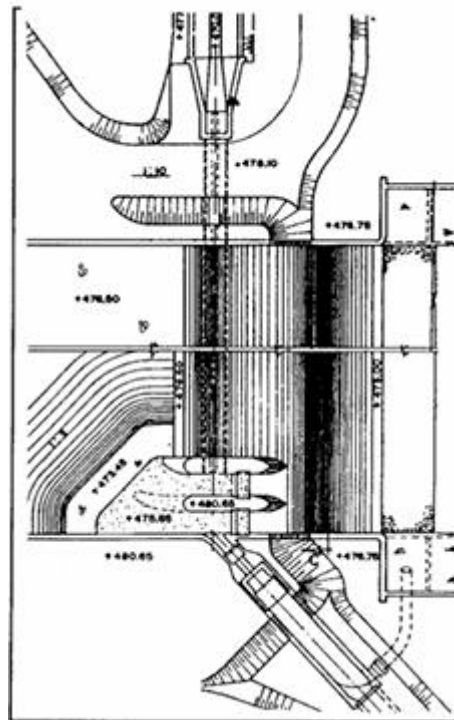
Gambar 3.13 Tipe Pintu Pengambilan
(Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi 2013)

3.5.3 Macam-macam *Intake*

Dalam bangunan pengambilan terdapat pintu *Intake* yang berfungsi untuk mengatur air yang masuk ke saluran irigasi. Berikut ini macam-macam *Intake* pada bendung yang biasa digunakan.

1. *Intake* biasa, *Intake* ini biasanya yang paling umum digunakan dalam perencanaan bendug. *Intake* ini direncanakan dengan pintu berlubang satu atau lebih, dilengkapi dengan dinding banjir serta dilengkapi dengan perlengkapan lainnya.
Lebar satu pintu *Intake* ini tidak lebih dari 2,5 meter, pengaliran melalui bawah pintu dan besarnya debit diatur dengan tinggi bukaan pintu.
2. *Intake* gorong-gorong, *Intake* ini tanpa pintu di bagian udik. Pintu-pintu diletakkan di bagian hilir gorong-gorong. Lubang in take lebih dari satu dengan lebar masing-masing lubang kurang dari 2,50 m. Dilihat dari arah sungai/bendung mulut *Intake* tidak kelihatan karena tenggelam. Pengoperasian pintu *Intake* dilakukan secara mekanis, bila tidak akan sangat berat.
3. Dua *Intake* satu sisi bendung
Pada beberapa kasus, *Intake* direncanakan di satu sisi bendung untuk dua dua daerah irigasi di kedua sisi bendung. Seharusnya dua daerah irigasi di kedua sisi bendung dibangun *Intakenya* masing-masing. Namun, apabila

disalah satu daerah irigasi tersebut mempunyai debit pengambilan yang jauh lebih kecil dibandingkan daerah lainnya, maka bangunan pengambilan atau bangunan *Intake* dapat dibangun pada satu sisi bendung yang mempunyai debit pengambilan terbesar. Hal ini akan menghemat biaya pembuatan bangunan pembilas karena hanya dibangun pada satu sisi saja. Contoh desain dua *Intake* satu sisi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



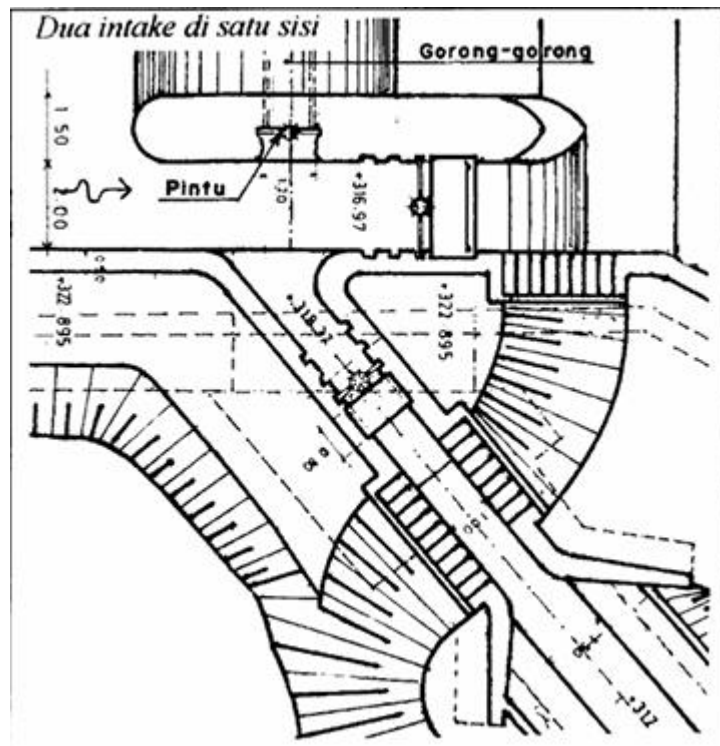
Gambar 3.14 Dua *Intake* Di Satu Sisi Bendung

(Sumber: Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknik, 2010)

Desain dua bangunan *Intake* yang ditempatkan di satu sisi bendung direncanakan sebagai berikut.

- a. Pintu *Intake* ditempatkan pada pilar pembilas
- b. Gorong-gorong untuk pengaliran ditempatkan didalam tubuh bendung
- c. kecepatan aliran dalam gorong-gorong diambil sekitar 2,5 m/det sehingga dapat membawa sedimen yang masuk kedalam gorong-gorong

- d. hendaknya dirancang pula fasilitas pembilasan sedimen tepat di pengeluaran gorong-gorong
- e. karena dibutuhkan untuk menempatkan pintu *Intake*, maka tebal pilar pembilas lebih dari 2 meter.



Gambar 3.15 Penempatan Pintu *Intake* Di Pilar Pembilas

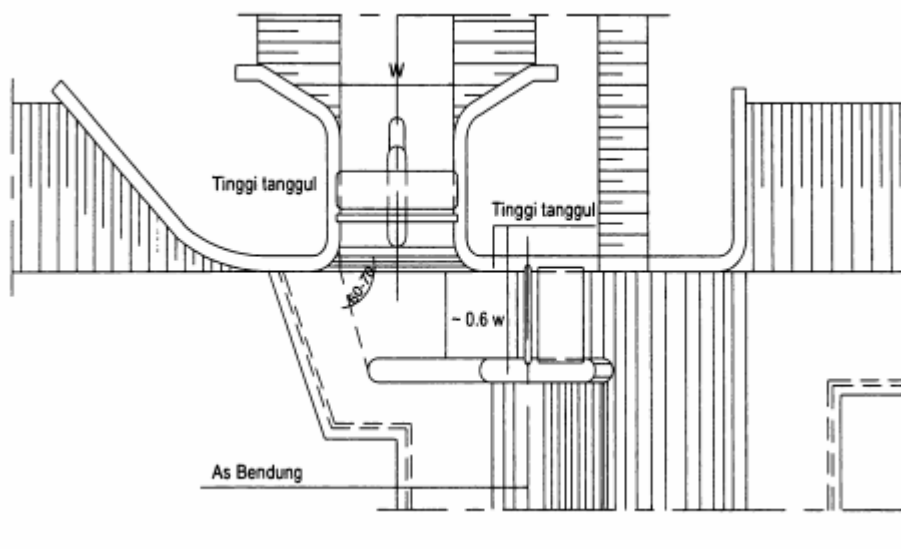
(Sumber : Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknik, 2010)

3.5.4 Bangunan Pembilas

Bangunan pembilas berfungsi untuk mencegah tertumpuknya material (lumpur, kerikil dan lain sebagainya) di depan pintu pengambilan. Secara periodik pintu bilas dibuka untuk membersihkan tumpukan material tersebut, sehingga ruang aliran di depan pengambilan selalu terjaga kebersihannya. Berdasarkan empiris, lebar bangunan pembilas dapat ditentukan sebagai berikut:

- Lebar bangunan pembilas, termasuk tebal pilar, sebaiknya diambil antara $1/6$ s.d $1/10$ dari lebar bendung, untuk sungai yang lebarnya kurang dari 100 m.
- Lebar pembilas sebaiknya diambil 60 % dari lebar total pengambilan, termasuk pilar pilarnya.

Untuk panjang dinding pemisah dapat diberikan harga empiris. Dalam hal ini sudut α pada Gambar 3.18 Sebaiknya diambil sekitar $60^\circ - 70^\circ$.



Gambar 3.16 Geometri Pembilas
(Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi 2013)

Pintu pada pembilas dapat direncanakan dengan bagian depan terbuka atau tertutup. Berikut keuntungan dan kelemahan pintu depan terbuka menurut KP-02 Tahun 2013 Perencanaan Irigasi

Keuntungan pembilas dengan pintu depan terbuka adalah sebagai berikut.

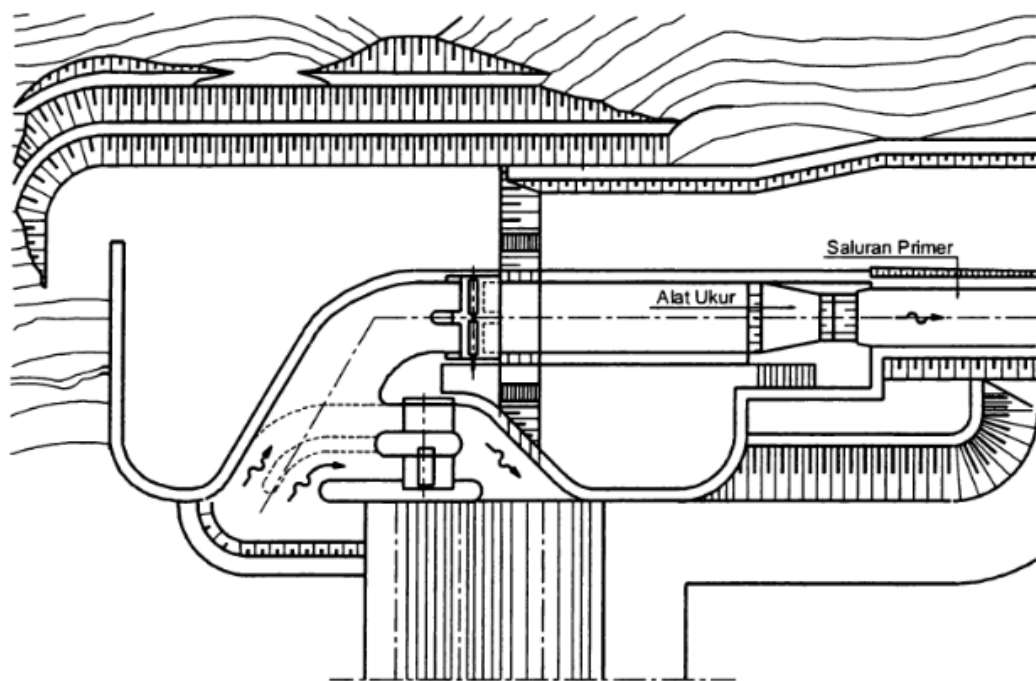
- Ikut mengatur kapasitas debit bendung, karena air dapat mengalir melalui pintu-pintu yang tertutup selama banjir.
- Pembuangan benda-benda terapung lebih mudah, khususnya bila pintu dibuat dua bagian dan bagian atas dapat diturunkan.

Kelemahan pembilas dengan pintu depan terbuka adalah sebagai berikut.

- Sedimen akan terangkut ke pembilas selama banjir, hal ini bisa menimbulkan masalah, apalagi jika sungai mengangkut banyak bongkahan.
- Benda-benda hanyut bisa menurunkan pintu

- Karena debit sungai lebih besar daripada debit pengambilan, maka air akan mengalir melalui pintu pembilas, dengan demikian kecepatan menjadi lebih tinggi dan membawa lebih banyak sedimen.

Kebanyakan perencanaan bangunan pembilas direncanakan dengan bagian depan yang terbuka. Jika banyak bongkahan tanah yang terangkut maka akan lebih menguntungkan jika merencanakan pembilas samping (*shunt sluice*). Pembilas tipe ini terletak di luar bentang bersih bendung dan tidak menjadi penghalang. Gambar pembilas samping dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 3.17 Pembilas Samping
(Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi)

Selama pembilasan berlangsung bagian atas pemisah berada di atas muka air. Eksploitasi pembilas tersebut harus dipelajari untuk menemukan elevasi ini. Selama eksploitasi biasa dengan pintu pengambilan terbuka, pintu pembilas secara berganti-ganti akan dibuka dan ditutup untuk mencegah penyumbatan. Pada waktu mulai banjir pintu pengambilan akan ditutup (tinggi muka air sekitar 0,50 m sampai 1,0 m di atas mercu dan terus bertambah), pintu pembilas akan dibiarkan tetap tertutup. Pada saat muka air surut kembali menjadi 0,50 sampai 1,0 m di atas mercu

dan terus menurun, pintu pengambilan tetap tertutup dan pintu pembilas dibuka untuk menggelontor sedimen.

Karena tidak ada air yang boleh mengalir di atas dinding pemisah selama pembilasan (sebab aliran ini akan mengganggu), maka elevasi dinding tersebut sebaiknya diambil 0,50 a tau 1,0 m di atas tinggi mercu.

Untuk mencegah masuknya angkutan sedimen dasar dan fraksi pasir yang lebih kasar ke dalam pengambilan, dipasang pelat pemisah di bawah atau sama dengan elevasi ambang pengambilan, yang disebut pembilas bawah (under spuier). Oleh karena itu, sedimen angkutan akan terperangkap di bagian pembilas bawah. Selain itu pelat ini juga berfungsi untuk mencegah pusaran air yang sering terjadi di depan pintu pengambilan. Mulut pembilas bawah ditempatkan di hulu pengambilan pada ujung penutup pembilas membagi air menjadi dua lapisan : lapisan atas mengalir ke pengambilan dan lapisan bawah mengalir melalui saluran pembilas bawah lewat bendung Pintu di ujung pembilas bawah akan tetap terbuka selama aliran air rendah pada musim kemarau pintu pembilas tetap ditutup agar air tidak mengalir. Untuk membilas kandungan sedimen dan agar pintu tidak tersumbat, pintu tersebut akan dibuka setiap hari selama kurang lebih 60 menit.

Dimensi-dimensi dasar pembilas bawah adalah:

- tinggi saluran pembilas bawah hendaknya lebih besar dari 1,5 kali diameter terbesar sedimen dasar di sungai
- tinggi saluran pembilas bawah sekurang-kurangnya 1,0 m,
- tinggi sebaiknya diambil $\frac{1}{3}$ sampai $\frac{1}{4}$ dari kedalaman air di depan pengambilan selama debit normal.

Dimensi rata-rata dari pembilas bawah yang direncanakan dan dibangun berkisar dari:

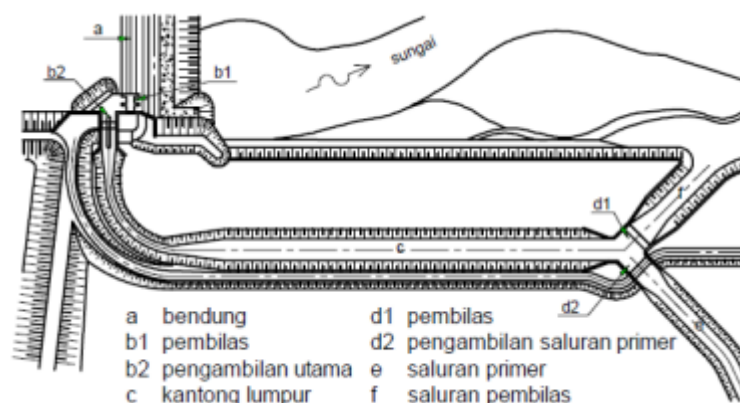
- 5 sampai 20 m untuk panjang saluran pembilas bawah
- 1 sampai 2 m untuk panjang tinggi saluran pembilas bawah

- 0,20 sampai 0,35 m untuk tebal beton bertulang.

Luas saluran pembilas bawah (lebar kali tinggi) harus sedemikian rupa sehingga kecepatan minimum dapat dijaga ($v = 1,0-1,5$ m/dt). Tata letak saluran pembilas bawah harus direncana dengan hati-hati untuk menghindari sudut mati (dead corner) dengan kemungkinan terjadinya sedimentasi atau terganggunya aliran.

3.5.5 Kantong Lumpur

Walaupun telah ada usaha untuk merencanakan sebuah bangunan pengambilan dan pengelak sedimen yang dapat mencegah masuknya sedimen ke dalam jaringan saluran irigasi, masih ada banyak partikel-partikel halus yang masuk ke jaringan tersebut. Untuk mencegah agar sedimen ini tidak mengendap di seluruh saluran irigasi, bagian awal dari saluran primer persis di belakang pengambilan direncanakan untuk berfungsi sebagai kantong lumpur.



Gambar 3.18 Tata Letak Kantong Lumpur

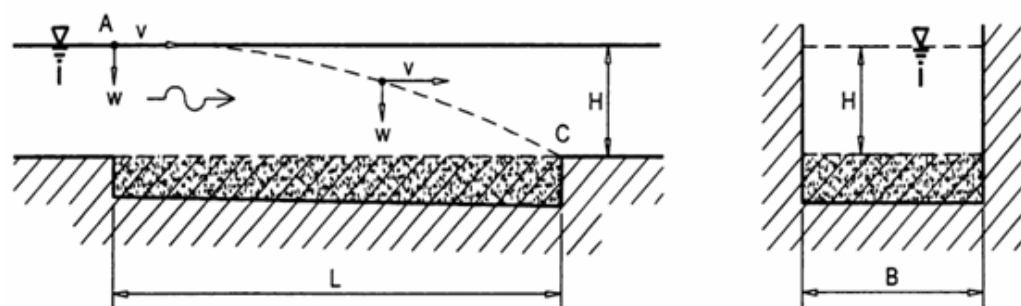
(Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi 2013)

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan dimensi kantong lumpur antara lain :

1. Kecepatan aliran dalam kantong lumpur sebaiknya cukup rendah, sehingga partikel yang mengendap tidak menghambur lagi
2. Turbolensi aliran harus dihindari karena akan mengakibatkan terganggunya proses pengendapan

3. Kecepatan aliran tidak kurang dari 0,30 m/detik, untuk menghambat tumbuhnya vegetasi
4. Peralihan atau transisi dari bangunan pengambilan ke kantong lumpur dan kantong lumpur ke saluran primer harus tanpa halangan sehingga tidak menimbulkan turbolensi.

Dimensi L (panjang) dan (B) lebar kantong lumpur dapat diturunkan pada gambar 5.21 dibawah ini.



Gambar 3.19 Skema Kantong Lumpur
(Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi 2013)

Partikel yang masuk ke kolam A, dengan kecepatan endap partikel w dan kecepatan air v harus mencapai dasar pada C. Ini berakibat bahwa, partikel selama waktu (H/w) yang diperlukan untuk mencapai dasar, akan berjalan secara horizontal sepanjang jarak L dan dalam waktu L/v .

Jadi didapatkan persamaan seperti berikut.

$$\frac{H}{w} = \frac{L}{v}, \text{ dengan } v = \frac{Q}{HB} \quad (3.22)$$

Dimana,

- H = kedalaman air saluran (m)
- w = kecepatan endap partikel sedimen (m/detik)
- L = panjang kantong lumpur (m)
- v = kecepatan saluran air
- Q = debit saluran (m^3/detik)
- B = lebar kantong lumpur (m)

Dari persamaan diatas menghasil persamaan baru yaitu $LB = \frac{Q}{w}$ (3.23)

Karena sangat sederhana, rumus ini bisa dipakai untuk perkiraan awal dimensi kantong lumpur. Velikanov menganjurkan faktor faktor koreksi dalam perhitungan dimensi kantong lumpur. Berikut persamaan untuk menentukan panjang kantong lumpur menurut velikanov.

$$LB = \frac{Q}{w} \frac{\lambda^2}{7,51} \frac{v}{w} \frac{(H^{0,5}-0,2)^3}{H} \quad (3.24)$$

Dimana :

- L = panjang kantong lumpur (m)
- B = lebar kantong lumpur
- Q = debit saluran (m³/detik)
- w = kecepatan endap partikel sedimen (m/detik)
- λ = koefisien pembagian Gauss

λ adalah fungsi D/T, di mana D = jumlah sedimen yang diendapkan dan T : jumlah sedimen yang diangkut $\lambda = 0$ untuk D/T = 0,5 ; $\lambda = 1,2$ untuk D/T = 0,95 dan $\lambda = 1,55$ untuk D/T = 0,98

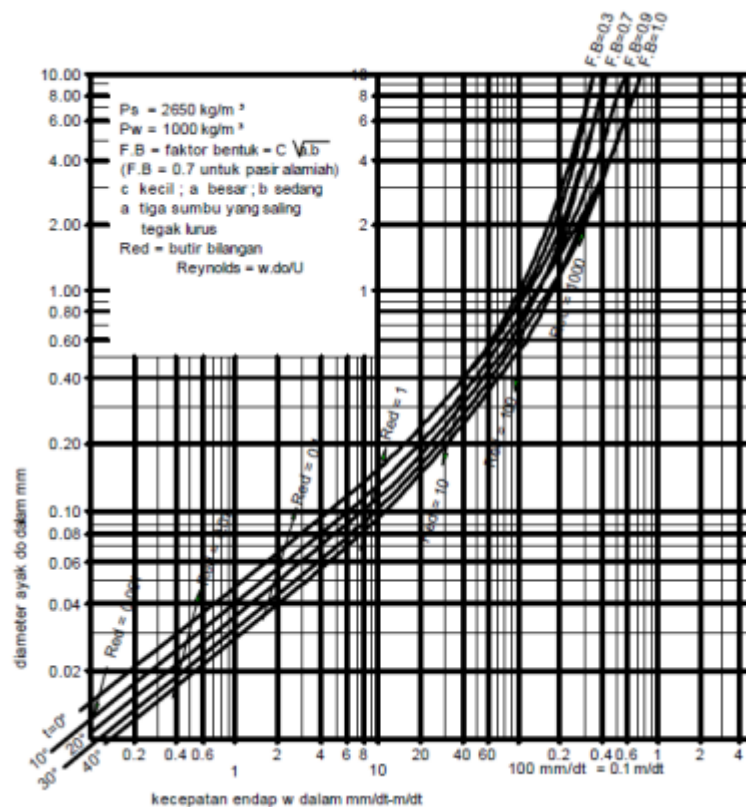
- v = kecepatan rata-rata aliran (m/detik)
- H = kedalaman aliran air di saluran (m)

Dimensi kantong sebaiknya juga sesuai dengan kaidah bahwa $L/B > 8$, untuk mencegah agar aliran tidak “meander” di dalam kantong. Apabila topografi tidak memungkinkan diturutinya kaidah ini, maka kantong harus dibagi-bagi ke arah memanjang dengan dinding-dinding pemisah (devider wall) untuk mencapai perbandingan antara L dan B ini. Dalam rumus-rumus ini, penentuan kecepatan endap amat penting karena sangat berpengaruh terhadap dimensi kantong lumpur. Ada dua metode yang bisa dipakai untuk menentukan kecepatan endap, yakni:

1. Pengukuran di tempat; Pengukuran kecepatan endap terhadap contoh-contoh yang diambil dari sungai adalah metode yang paling akurat jika dilaksanakan oleh tenaga berpengalaman (DPMA, 1981). Dalam metode ini dilakukan

analisis tabung pengendap (settling tube) terhadap contoh air yang diambil dari lapangan

2. Dengan rumus/grafik; Dalam metode kedua, digunakan grafik Shields (Gambar 3.20) untuk kecepatan endap bagi partikel-partikel individual (discrete particles) dalam air yang tenang. Rumus Velikanov menggunakan kecepatan endap ini



Gambar 3.20 - Hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap untuk air tenang
(Sumber : KP-02 Perencanaan Irigasi 2013)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah prosedur, tata cara, atau langkah-langkah ilmiah yang digunakan untuk memperoleh data sebagai pemenuhan tujuan penelitian. Artinya, kegiatan ini merupakan penyelidikan sistematis terhadap suatu fenomena. Metode penelitian memberikan gambaran rancangan penelitian yang meliputi prosedur dan langkah-langkah yang harus ditempuh, waktu penelitian, sumber data, dan dengan langkah apa data-data tersebut diperoleh dan selanjutnya diolah dan dianalisis

4.2 Jenis Perencanaan

Perancangan ini adalah perancangan bendung tetap dengan menggunakan data hidrologi terbaru kali Genteng, Desa Jatiroyom, Kecamatan Bodeh, Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah. Hasil perancangan ini berupa rancangan bangunan utama bendung dalam bentuk dokumen serta dilengkapi dengan gambar-gambar teknis.

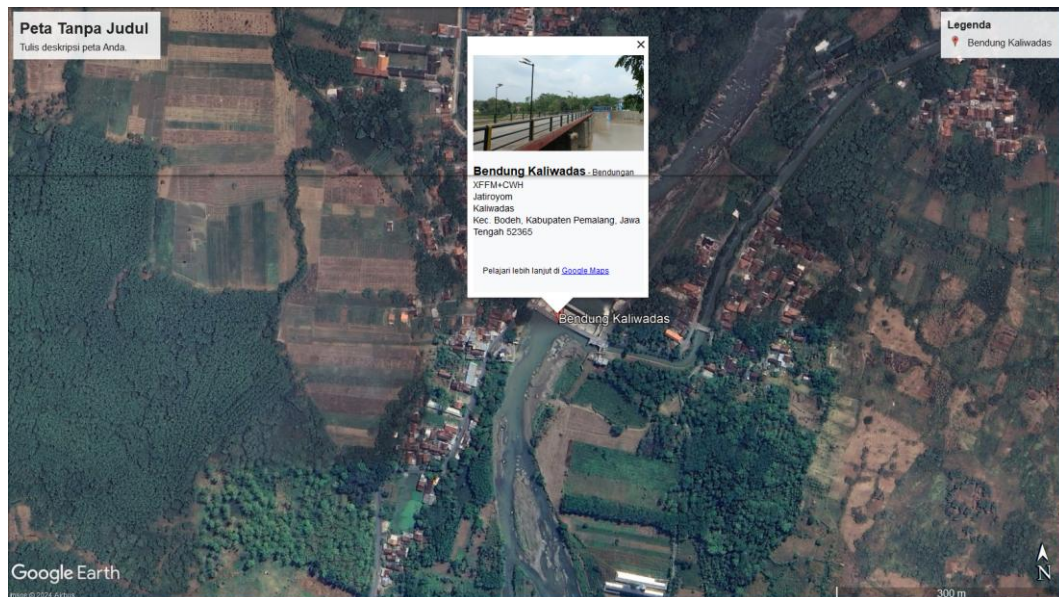
4.3 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan bendung ini berada pada aliran sungai Kali Genteng, Desa Jatiroyom, Kecamatan Bodeh, Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah. Berikut ini koordinat lokasi perencanaan.

X = 333133,9277272872

Y = 9223147,855094742

Lokasi Bendung dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Lokasi Bendung Kaliwadas
(Sumber : Google Earth)

4.4 Data Perancangan

Data yang digunakan dalam perencanaan ulang ini adalah data sekunder yang didapatkan dari instansi terkait dalam hal ini yaitu Departemen Pekerjaan Umum Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana Wilayah Sungai Pemali-Comal serta Badan Informasi Geospasial. Adapun data sekunder yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

1. Data Debit Sungai
2. Data Sungai

4.4.1 Debit Sungai

Data debit sungai yang dipakai untuk analisis adalah data debit sungai Kali Genteng dengan periode tahun 2004 sampai tahun 2023, yang didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana Wilayah Sungai Pemali-Comal.

4.4.2 Data Sungai

Data sungai yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana Wilayah Sungai Pemali-Comal adalah sebagai berikut.

$$\text{Panjang Sungai (L)} = 109 \text{ km}$$

$$\text{Luas Daerah Pengaliran Sungai (A)} = 814,35 \text{ km}^2$$

4.5 Tahap Analisis

Tahap yang dibutuhkan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut.

4.5.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dibutuhkan untuk perencanaan bendung karena berfungsi sebagai dasar untuk menentukan kinerja bendungan dalam menghadapi banjir dan mengatur aliran air.

1. Analisis Frekuensi
2. Debit Banjir Rencana

Analisa debit banjir rencana yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah metode distribusi yang memenuhi syarat parameter statistik dengan kala ulang 20 tahun

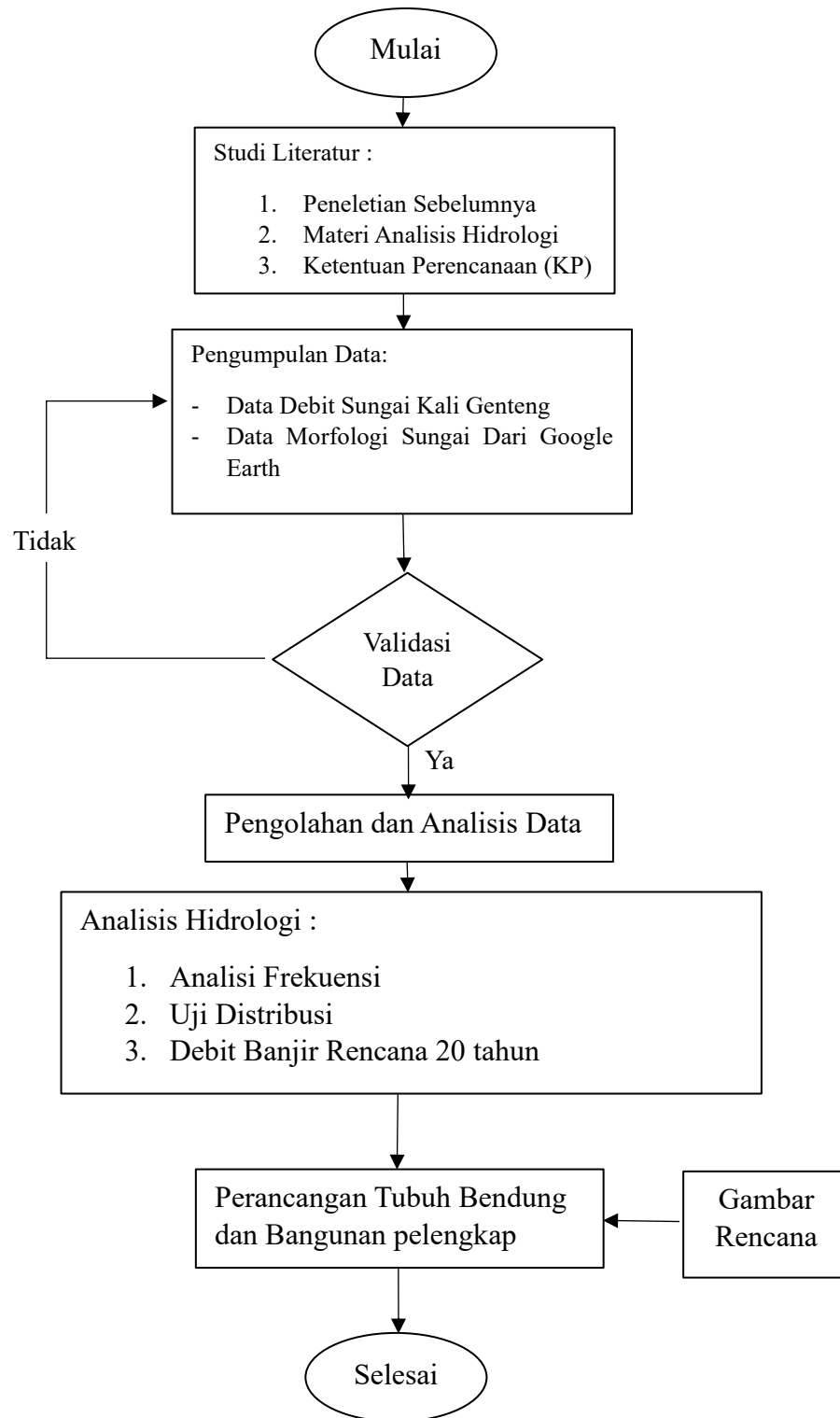
4.5.2 Perencanaan Tubuh Bendung

Pada tugas akhir ini tubuh bendung yang dirancang yaitu antara lain

1. Menentukan elevasi mercu bendung
2. Menentukan lebar efektif bendung
3. Menentukan mercu bendung
4. Menentukan kolam peredam energi (kolam olak)
5. Perhitungan lantai muka
6. Perancangan bangunan pengambil dan pembilas

4.6 Bagan Alir Pelaksanaan Perancangan

Bagan alir atau flowchart merupakan suatu diagram dengan simbol tertentu yang menggambarkan rangkaian langkah-langkah atau alur dari suatu proses penelitian yang memiliki hubungan suatu proses intruksi ke proses lainnya dalam suatu rangkaian. Bagan alir perencanaan ulang bendung kaliwadas dapat dilihat pada Gambar 4.2 pada halaman selanjutnya.



Gambar 4.3 Bagan Alir Tugas Akhir

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Bendung Kaliwadas merupakan bendung tetap yang membentang di kali Genteng, Desa Jatiroyom, Kecamatan Bodeh, Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah. Bendung ini dibangun dengan maksud untuk meninggikan elevasi muka air, sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ketempat yang membutuhkannya untuk mengembangkan dan memanfaatkan potensi lahan dan sumber air hujan yang ada didaerah irigasi Kaliwadas.

Dalam perencanaan bendung terdapat berbagai tahapan yaitu analisis hidrologi yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan bangunan utama berdasarkan data dan hasil analisis hidrolgi yang diperoleh.

5.2 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi memainkan peran penting dalam perencanaan dan desain bendung (weir) untuk memastikan bahwa struktur tersebut dapat mengelola aliran air dengan aman dan efisien. Analisis hidrologi yang dilakukan dalam perencanaan bendung Kaliwadas ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir kala ulang 50 tahun serta 100 tahun sebagai acuan perencanaan tubuh bendung.

5.2.1 Data Debit Terkini

Debit banjir yang direncanakan untuk perencanaan bendung sesuai dengan Permen PUPR No.28 Tahun 2015 adalah debit banjir dengan kala ulang 20 tahun, karena bendung terletak di Ibukota Kabupaten. Untuk itu dalam perhitungan dibutuhkan data debit dengan waktu 20 tahun. Dalam menghitung analisis frekuensi sendiri menggunakan debit tertinggi yang tercatat dalam 1 tahun kalender yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 dibawah.

Tabel 5.1 Debit Maksimum Sungai Layangan

No.	Tahun	Debit Maksimum (m ³ /detik)
1	2004	59,76
2	2005	70,31
3	2006	68,02
4	2007	70,21
5	2008	118,69
6	2009	133,45
7	2010	51,97
8	2011	70,97
9	2012	88,27
10	2013	76,89
11	2014	178,41
12	2015	62,25
13	2016	226,24
14	2017	101,97
15	2018	54,05
16	2019	203,34
17	2020	141,33
18	2021	141,58
19	2022	82,18
20	2023	317,54
Rata-rata		115,87

(Sumber : Balai PSDA Pemali Comal, 2024)

5.2.2 Parameter Statistik

Dalam analisis frekuensi data hujan atau debit guna memperoleh hujan rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas yang sering digunakan. Distribusi probabilitas tersebut yaitu Distribusi Gumbel, Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, dan Distribusi Log-Pearson Type III. Serta untuk penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi.

1. Analisis Distribusi Frekuensi

Perhitungan parameter distribusi frekuensi adalah sebagai berikut.

a. Nilai Rata-rata (Qr)

Perhitungan nilai rata-rata dihitung menggunakan persamaan 3.6

$$\text{Rata-rata (Qr)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$= \frac{2317,42}{20}$$

$$= 115,87 \text{ m}^3/\text{det}$$

b. Standar Deviasi (Sd)

Perhitungan nilai standar deviasi standar dihitung menggunakan persamaan 3.7

$$\text{Standar Deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_n)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{92044,7}{20-1}}$$

$$= 69,60$$

c. Koefisien Variasi (Cv)

Perhitungan koefisien variasi dihitung menggunakan persamaan 3.8

$$\text{Koefisien Variasi (Cv)} = S/Q_a$$

$$= 69,60/115,87$$

$$= 0,60$$

d. Koefisien Skewness (Cs)

Perhitungan koefisien Skewness dihitung menggunakan persamaan 3.9

$$\text{Koefisien skewness (Cs)} = \frac{n \sum_{i=1}^i (Q_i - Q_a)^3}{(n-1)(n-2)(S)^3}$$

$$= \frac{20 \times 9160009,6}{(20-1)(20-2)(69,60)^3}$$

$$= 1,59$$

e. Koefisien Kurtois (Ck)

Perhitungan koefisien kurtois dihitung menggunakan persamaan 3.10

$$\text{Koefisien Kurtois (Ck)} = \frac{n^2 \sum_{i=1}^i (x_i - x_a)^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot (S)^4}$$

$$= \frac{20^2 \times 1948879980,5}{(20-1)(20-2)(20-3) \cdot (69,60)^4}$$

$$= 5,71$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan parameter statistik yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 dibawah ini.

Tabel 5.2 Hasil Parameter Statistik Metode Normal

No.	Tahun	Qi (m ³ /det)	(Qi-Qr)	(Qi-Qr) ²	(Qi-Qr) ³	(Qi-Qr) ⁴
1	2004	59,76	-56,11	3148,47	-176664,2	9912843
2	2005	70,31	-45,56	2075,82	-94577,0	4309041
3	2006	68,02	-47,85	2289,74	-109566,7	5242897
4	2007	70,21	-45,66	2084,95	-95201,1	4346996
5	2008	118,69	2,81	7,92	22,3	63
6	2009	133,45	17,58	308,98	5431,2	95468
7	2010	51,97	-63,90	4083,36	-260931,8	16673856
8	2011	70,97	-44,90	2016,12	-90526,1	4064731
9	2012	88,27	-27,60	761,83	-21027,3	580379
10	2013	76,89	-38,98	1519,53	-59233,3	2308983
11	2014	178,41	62,54	3911,10	244595,6	15296715
12	2015	62,25	-53,62	2875,23	-154173,4	8266965
13	2016	226,24	110,37	12181,27	1344432,4	148383388
14	2017	101,97	-13,90	193,24	-2686,3	37343
15	2018	54,05	-61,82	3821,86	-236272,0	14606620
16	2019	203,34	87,47	7650,79	669205,5	58534603
17	2020	141,33	25,46	648,15	16501,1	420099
18	2021	141,58	25,71	660,94	16992,0	436845
19	2022	82,18	-33,69	1135,10	-38242,8	1288445
20	2023	317,54	201,67	40670,30	8201931,6	1654073700
Jumlah		2317,4	0,0	92044,7	9160009,6	1948879980,5
Qr (Rerata)		115,87				

Tabel 5.3 Hasil Parameter Distribusi Frekuensi Metode Normal

Parameter Statistika			
Qr	=	115,87	m ³ /det
Sd	=	69,60	
Cv	=	0,60	
Cs	=	1,59	
Ck	=	5,71	

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Metode Logaritma

No.	Tahun	Qi (m ³ /det)	Log Qi	Log (Qi-Qr)	Log (Qi-Qr) ²	Log (Qi-Qr) ³	Log (Qi-Qr) ⁴
1	2004	59,76	1,78	-0,23	0,05	-0,01170	0,00265
2	2005	70,31	1,85	-0,16	0,02	-0,00382	0,00060
3	2006	68,02	1,83	-0,17	0,03	-0,00498	0,00085
4	2007	70,21	1,85	-0,16	0,02	-0,00387	0,00061

Lanjutan Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Metode Logaritma

No	Tahun	Qi (m ³ /det)	Log Qi	Log (Qi- Qr)	Log (Qi- Qr) ²	Log (Qi- Qr) ³	Log (Qi- Qr) ⁴
5	2008	118,69	2,07	0,07	0,01	0,00036	0,00003
6	2009	133,45	2,13	0,12	0,01	0,00181	0,00022
7	2010	51,97	1,72	-0,29	0,08	-0,02380	0,00685
8	2011	70,97	1,85	-0,15	0,02	-0,00353	0,00054
9	2012	88,27	1,95	-0,06	0,00	-0,00019	0,00001
10	2013	76,89	1,89	-0,12	0,01	-0,00162	0,00019
11	2014	178,41	2,25	0,25	0,06	0,01526	0,00378
12	2015	62,25	1,79	-0,21	0,04	-0,00916	0,00192
13	2016	226,24	2,35	0,35	0,12	0,04330	0,01521
14	2017	101,97	2,01	0,01	0,00	0,00000	0,00000
15	2018	54,05	1,73	-0,27	0,07	-0,01982	0,00536
16	2019	203,34	2,31	0,30	0,09	0,02832	0,00863
17	2020	141,33	2,15	0,15	0,02	0,00317	0,00046
18	2021	141,58	2,15	0,15	0,02	0,00322	0,00047
19	2022	82,18	1,91	-0,09	0,01	-0,00070	0,00006
20	2023	317,54	2,50	0,50	0,25	0,12380	0,06170
Jumlah		2317,4	40,1	0,0	1,0	0,1	0,1
Qr (Rerata)		115,87	2,00	0,00	0,05	0,01	0,01

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Distribusi Frekuensi Metode Logaritma

Parameter Statistika			
Log Qr	=	2,00	m ³ /det
Log Sd	=	0,23	
Log Cv	=	0,11	
Log Cs=G	=	0,69	
Log Ck	=	2,92	

2. Pemilihan Jenis Sebaran

Pemilihan jenis sebaran dipilih berdasarkan persyaratan distribusi frekuensi yang sudah terlampir yang dapat dilihat pada tabel 3.6. Berikut ini adalah hasil perhitungan persyaratan parameter statistik yang dapat dilihat pada tabel 5.5 dibawah ini.

Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Pemilihan Jenis Sebaran

JENIS SEBARAN					
	Syarat			Hasil	Kesimpulan
Gumbel	Cs	=	1,14	1,59	Tidak memenuhi
	Ck	=	5,4	5,71	Tidak memenuhi
Normal	Cs	≈	0	1,59	Tidak Memenuhi
	Ck	≈	3	5,71	Tidak Memenuhi
LOG NORMAL	Cs	≈	0,34	0,69	Tidak Memenuhi
	Ck	≈	3,21	0,69	Tidak Memenuhi
LOG PEARSON III	Cs	≠	0	0,69	Memenuhi
	Ck	≠	0	0,69	Memenuhi

Berdasarkan hasil tabel diatas jenis sebaran yang dipakai untuk menentukan debit banjir rancangan adalah Log-Pearson III.

5.2.3 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana ditentukan berdasarkan jenis sebaran distribusi probabilitas yang memenuhi syarat. Berdasarkan Tabel 5.6 pemilihan jenis sebaran maka jenis sebaran yang dipakai adalah metode Log-Pearson III. Berikut ini adalah hasil perhitungan debit banjir rencana yang dapat dilihat pada Tabel 5.7 dibawah ini.

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Debit Banji Rencana Metode Log-Pearson III

Analisis Frekuensi Metode Log-Pearson III						
T	P(x)	Log Qr	Log Sd	K	Log Qt	Qt
2	0,5	2,00	0,23	-0,115	1,978	94,954
5	0,8	2,00	0,23	0,791	2,182	151,988
10	0,9	2,00	0,23	1,333	2,304	201,405
20	0,95	2,00	0,23	1,754	2,399	250,714
25	0,96	2,00	0,23	1,965	2,447	279,725
50	0,98	2,00	0,23	2,403	2,546	351,295
100	0,99	2,00	0,23	2,819	2,639	435,921
200	0,995	2,00	0,23	3,216	2,729	535,877

Perhitungan debit banjir kala ulang 20 tahun adalah sebagai berikut.

$$\text{Log } Q_T = \overline{\text{Log } Q} + (K_T \cdot S)$$

$$\text{Log } Q_T = 2 + (1,754 \times 0,23)$$

$$\text{Log } Q_T = 2,399$$

$$Q_T = 10^{2,399}$$

$$Q_{20} = 250,714 \text{ m}^3/\text{det}$$

5.3 Analisis Bangunan Utama

5.3.1 Analisis Elevasi Mercu Bendung

Elevasi mercu bendung ditinjau berdasarkan tinggi elevasi sawah tertinggi yang akan dialiri serta kehilangan tekanan akibat saluran dan bangunan yang dilalui, Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari elevasi mercu bendung.

Elevasi sawah tertinggi	:+30,00 m
Kedalaman air sawah	:+ 0,15 m
Kehilangan energi dari sal.primier-sal.sekunder	:+ 0,15 m
Kehilangan energi dari sal.sekunder-sal.tersier	:+ 0,15 m
Kehilangan energi dari sal.tersier-sawah	:+ 0,15 m
Kehilangan energi pada bangunan ukur	:+ 0,20 m
Kehilangan energi untuk <i>Intake</i>	:+ 0,20 m
Kehilangan energi pada kantong lumpur	:+ 0,15 m
Kehilangan energi pada pintu pembilas	:+ 0,15 m
Rencana elevasi mercu bendung	:+31,30 m

Berdasarkan hasil diatas kita dapat menghitung tinggi mercu, sehingga didapat hasil sebagai berikut.

Elevasi mercu bendung	:+31,30 m
Elevasi dasar sungai	:+22,00 m
Tinggi mercu	: (31,30-22,00)
	: 9,3 m

karena elevasi hulu dinaikkan 2 meter untuk kebutuhan tinggi pintu pembilas maka tinggi mercu = 7,3 meter.

5.3.2 Analisis Lebar Efektif Bendung

Lebar maksimum bendung berdasarkan KP-02 Tahun 2013 Perencanaan Irigasi diambil tidak lebih dari 1,2 kali lebar rata-rata suagai pada ruas yang stabil.

Lebar efektif mercu (B_e) dihubungkan dengan lebar mercu yang sebenarnya dengan persamaan sebagai berikut.

$$B_e = B - 2(nK_p + K_a)H_1 \quad (3.11)$$

Perhitungan lebar efektif bendung yaitu sebagai berikut.

Lebar rata-rata sungai	: 90 m
Jumlah pilar yang direncanakan (n)	: 8 buah
Lebar pilar yang direncanakan	: 1,5 m
Panjang pembilas	: 9 m
Lebar pilar pembilas	: 1,5 m
Lebar mercu yang sebenarnya (B)	: $90 - (8 \cdot 1,5) - (1,5 + 2,5)$
	: 74 m
K_p (berdasarkan Tabel 3.8)	: 0,2
K_a (berdasarkan Tabel 3.8)	: 0,01

Sehingga persamaan menjadi

$$B_e = 74 - 2(10 \cdot 0,2 + 0,01)H_1$$

$$B_e = 74 - 0,6 H_1$$

5.3.3 Analisis Tinggi Air di Atas Mercu

Perhitungan tinggi air di atas mercu dihitung menggunakan persamaan 3.12 berikut.

$$Q = C_d \times \frac{2}{3} \times \sqrt{\frac{2}{3}g} \times b \times H_1^{1,5} \quad (3.12)$$

Untuk menyelesaikan persamaan di atas dapat dilakukan dengan cara coba-coba sebagai berikut.

Percobaan 1

Diketahui,

P	= 7,3 m
Q20	= 250,714 m ³ /det
r (jari-jari mercu)	= 1 m
H1 coba-coba	= 1,8 m
B_e	= $74 - 0,6 (1,8)$

$$= 73,064 \text{ m}$$

$$\frac{H1}{r} = \frac{1,8}{1} = 1,8, \quad C0 = 1,31 \text{ (dari grafik gambar 3,5)}$$

$$\frac{P}{H1} = \frac{9,3}{1,8} = 4,05, \quad C1 = 1 \text{ (karena } P/H1 > 1,5$$

$$C2 = 1 \text{ (karena sisi hulu mercu tegak)}$$

Maka harga $Cd = C0 \times C1 \times C2$

$$= 1,32 \times 1 \times 1$$

$$= 1,32$$

Rumus Pengaliran

$$Q = Cd \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} gbH_1^{1,5}$$

$$Q = 1,31 \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} 9,81 \times 73,064 \times 1,8^{1,5}$$

$$Q = 395,2815 \text{ m}^3/\text{det} \text{ (belum ok)}$$

Percobaan 2

Diketahui,

$$P = 7,3 \text{ m}$$

$$Q20 = 250.714 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$r \text{ (jari-jari mercu)} = 1 \text{ m}$$

$$H1 \text{ coba-coba} = 1,388 \text{ m}$$

$$Be = 74 - 0,6 (1,388)$$

$$= 73,1672 \text{ m}$$

$$\frac{H1}{r} = \frac{1,388}{1} = 1,388, \quad C0 = 1,23 \text{ (dari grafik gambar 3.5)}$$

$$\frac{P}{H1} = \frac{7,3}{1,388} = 3,8, \quad C1 = 1 \text{ (karena } P/H1 > 1,5$$

$$C2 = 1 \text{ (karena sisi hulu mercu tegak)}$$

Maka harga $Cd = C0 \times C1 \times C2$

$$= 1,23 \times 1 \times 1$$

$$= 1,23$$

Rumus Pengaliran

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} g b H_1^{1,5}$$

$$Q = 1,23 \times \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} 9,81 \times 73,16728 \times 1,388^{1,5}$$

$$Q = 250,72 \text{ m}^3/\text{det (Ok)}$$

Berdasarkan hasil diatas maka didapatkan $H_1 = 1,388 \text{ m}$

Elevasi Tinggi energi hulu = Elevasi mercu + $H_1 = 31,3 + 1,388 = + 32,688 \text{ m}$

Lebar efektif bendung = $73,1672 \text{ m}$

$$\begin{aligned} V \text{ (kecepatan air hulu)} &= \frac{Q}{(B \times H_1)} \\ &= \frac{250,714}{(73,1672 \times 1,388)} \\ &= 2,47 \text{ m /det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_a &= \frac{v^2}{2 \times g} \\ &= \frac{2,47^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,31 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= 0,7 \times H_1 \\ &= 0,7 \times 1,388 \\ &= 0,9716 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Muka air banjir diatas mercu} &= \text{Elevasi mercu} + y \\ &= 31,3 + 0,9716 \\ &= +32,272 \text{ m} \end{aligned}$$

5.3.4 Analisis Tinggi Air di Hilir Bendung

Untuk mencari tinggi air di hilir bendung menggunakan rumus manning berikut.

$$A = (B + m x h)h$$

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

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

Dengan :

A = Luas sungai m,

- B = Lebar rata-rata sungai,
 n = nilai koefisien manning, (n = 0,04, Saluran dengan dasar batu)
 $R = \text{Jari-jari hidroulis} = \frac{A}{P}$
 I = kemiringan sungai

Berdasarkan persamaan diatas dapat dilakukan perhitungan berikut.

Data yang diketahui :

- Lebar sungai rata-rata = 90 m
 Debit banjir (Q20) = 250,714 m³/det
 Kemiringan rata-rata sungai = 0,0076 m

Asumsi bentuk sungai trapesium dengan m =1

Sehingga untuk memperoleh tinggi air dihilir dapat dilakukan dengan cara tcoba-coba untuk memperoleh nilai h,

Berikut ini adalah hasl perhitungan tinggi air di hilir bendung, yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 dibawah ini.

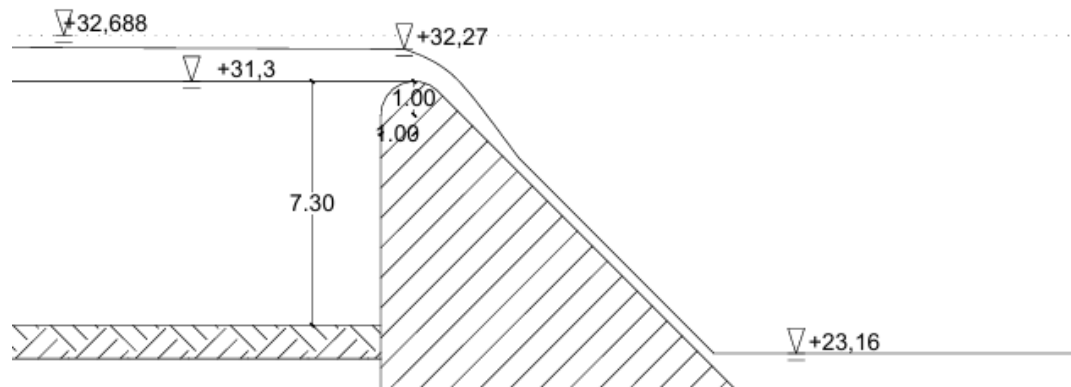
Tabel 5.8 Hasil Perhitungan Tinggi Air Di Hilir Bendung

Qr (m3/det)	h (m)	B (m)	A (m2)	P (m)	R (A/P)	n	S	V (m/de t)	Q (A*V)	
Q200	535,8 8	1,83	90	168,20	95,18	1,767	0,04	0,0076	3,19	535,82
Q100	435,9 2	1,62	90	148,24	94,58	1,567	0,04	0,0076	2,94	435,94
Q50	351,3 0	1,42	90	129,91	94,02	1,382	0,04	0,0076	2,70	351,24
Q20	250,7 1	1,16	90	105,75	93,28	1,134	0,04	0,0076	2,37	250,57
Q10	201,4 1	1,02	90	92,56	92,88	0,997	0,04	0,0076	2,17	201,29

Berdasarkan hasil diatas diambil tinggi air pada Q20 = 1,16 m.

Elevasi Muka air banjir hilir = Elevasi dasar sungai + h = 22 + 1,16 = + 23,16 m.

Berikut ini adalah gambar hasil perhitungan mercu yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.1 Rencana Dimensi Mercu

5.3.5 Analisis Kolam Olak

Berdasarkan KP-04 Irigasi penentuan jenis kolam olak ditinjau berdasarkan nilai Fr (nilai *Froude*). Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan jenis kolam olak yang digunakan.

Data Yang diketahui:

Elevasi muka air diatas mercu bendung	: +32,688 m
Elevasi mercu bendung	: +31,3 m
Tinggi air di atas mercu (H_1)	: 0,97 m
Elevasi muka air banjir di Hilir Bendung	: +23,16 m
z (tinggi jatuh)	= (Elevasi mercu + H_1) – Elevasi MAB Hilir
	= (31,3 + 0,97) – 23,16
	= 9,11 m
g (Percepatan gravitasi)	= 9,81 m/s

1. Kecepatan Awal Loncatan Air (V_1)

Perhitungan kecepatan aliran dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$V = \sqrt{2g(0,5 \times H_1 + z)}$$

$$V = \sqrt{2 \times 9,81 (0,5 \times 0,97 + 9,11)}$$

$$V_1 = 13,722 \text{ m/det}$$

2. Ketinggian Muka Air di Kaki Bendung

Perhitungan ketinggian muka air di kaki bendung menggunakan persamaan berikut.

$$Y_1 = \frac{Q}{(v_1 \times B_{\text{Total}})}$$

$$Y_1 = \frac{250,71}{(13,722 \times 73,1672)}$$

$$Y_1 = 0,25 \text{ m}$$

3. Bilangan Froud

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g \cdot Y_1}}$$

$$F_r = \frac{13,722}{\sqrt{9,81 \times 0,25}}$$

$$F_r = 8,77$$

4. Kedalaman air diatas ambang ujung

$$\frac{Y_2}{Y_1} = 1,2 \times (\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1)$$

$$\frac{Y_2}{Y_1} = 1,2 \times (\sqrt{1 + 8 \times 8,77^2} - 1)$$

$$\frac{Y_2}{Y_1} = 11,909$$

$$Y_2 = 2,974 \text{ m}$$

5. Kecepatan air pada kolam olak

$$v_2 = \frac{Q}{(Y_2 \times B_{\text{Total}})}$$

$$v_2 = \frac{435,92}{(2,974 \times 73,1672)}$$

$$v_2 = 1,15 \text{ m/det}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas diperoleh nilai $Fr = 8,77$, maka sesuai dengan KP-04 Irigasi kolam olak yang digunakan adalah kolam olak USBR Type III karena $Fr > 4,5$.

5.3.6 Analisis Dimensi Kolam Olak

Perhitungan dimensi kolam olak dihitung berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, kolam olak yang digunakan adalah kolam olak USBR Type III. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan dimensi kolam olak berdasarkan Gambar 3.12.

1. Dimensi balok muka

$$\text{Direncanakan lebar balok muka} = y_1 = 0,25 \text{ m} \approx \text{dipakai } 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi kolam olak ke balok muka} &= 0,5 \times y_1 \\ &= 0,5 \times 0,5 \text{ m} \\ &= 0,25 \text{ m} \approx \text{dipakai } 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah balok muka} &= \frac{B_e - 0,5 \times y_1}{2 \times y_1} \\ &= \frac{73,1672 - 0,5 \times 0,5}{2 \times 0,5} \\ &= 72,9172 \approx 73 \text{ buah} \end{aligned}$$

2. Dimensi Balok halang (n3)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok halang (n}_3\text{)} &= \frac{y_1 \times (4 + F_r)}{6} \\ &= \frac{0,5 \times (4 + 8,77)}{6} \\ &= 1 \text{ m} \approx 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketebalan bagian atas balok halang} &= 0,2 \times n_3 \\ &= 0,2 \times 1 \\ &= 0,2 \text{ m} \approx 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi kolam ke balok halang} &= 0,675 \times n_3 \\ &= 0,675 \times 1 \\ &= 0,675 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang bagian bawah balok halang} &= 0,75 \times n_3 \\ &= 0,75 \times 1 \\ &= 0,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah balok halang (N}_b\text{)} &= \frac{B_e - 0,375 \times n_3}{1,5 \times n_3} \\ &= \frac{73,1672 - 0,375 \times 1}{1,5 \times 1} \end{aligned}$$

$$= 59,75 \approx 60 \text{ buah}$$

3. Tinggi Ambang ujung (n)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi ambang ujung (n)} &= \frac{y_1 \times (18 + Fr)}{18} \\ &= \frac{0,5 \times (18 + 8,77)}{18} \\ &= 0,74 \text{ m} \approx 0,8 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Jarak balok halang dengan balok muka (L1)

$$\begin{aligned} L1 &= 0,82 \times y_2 \\ &= 0,82 \times 2,974 \text{ m} \\ &= 2,44 \text{ m} \approx 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

5. Panjang Kolam Olak

$$\begin{aligned} L_{\text{total}} &= 2,7 \times y_2 \\ &= 2,7 \times 2,974 \text{ m} \\ &= 8,03 \text{ m} \approx 9 \text{ m} \end{aligned}$$

5.3.7 Analisis Lantai Belakang dan Lantai Muka

Fungsi lantai belakang adalah sebagai pemecah energi agar bangunan tidak pecah atau tergerus oleh momentum aliran yang meluncur melewati bendung saat terjadi banjir. Sedangkan lantai depan berfungsi untuk memperpanjang jalan air sehingga tidak mempunyai energi yang dapat membawa butiran dibawah badan bendung. panjangnya lantai depan arah horizontal bernilai 3 kali lebih kecil dari pada lantai depan ke arah vertikal. Berikut ini adalah panjang lantai vertikal dan horizontal bendung yang direncanakan, yang dapat dilihat pada Tabel 5.9 dibawah ini.

Tabel 5.9 Perencanaan Lantai Depan dan Belakang

Titik	Garis	LV	LH	1/3LH
A				
	A - B	1,5		
B				
	B - C		3	1,00
C				
	C - D	0,5		
D				

Lanjutan Tabel 5.9 Perencanaan Lantai Depan dan Belakang

Titik	Garis	LV	LH	1/3LH
	D - E		12	4,00
E				
	E-F	2		
F				
	F - G		3	1,00
G				
	G - H	2		
H				
	H - I		3	1,00
I				
	I - J	2		
J				
	J- K		5	1,67
K				
	K - L		20,23	6,74
L				
	L - M	0,6		
N				
	N - O		1,5	0,5
O				
	O - P	2		
P				
<i>Sheatpile</i>				
1				
		12		
2				
			0,4	0,133333
3				
		12		
4				
Jumlah		34,6	48,13	16,04333

Jenis material yang ada di sungai adalah pasir, berdasarkan tabel nilai *Weight Creed Ratio (C)* Lane yang dapat dilihat pada Tabel 3.8. Maka sungai dikategorikan pada pasir kasar dengan nilai koefisien 5.

Berikut ini adalah perhitungan nilai *Weight Creed Ratio* (C) pada perencanaan bendung ini.

a. Kondisi muka air normal

$$CL = \frac{L_v + \frac{1}{3}L_h}{\Delta h}$$

Dengan :

$$\begin{aligned}\Delta h &= (\text{elevasi mercu} - \text{elevasi dasar sungai}) \\ &= (31,3 - 22) \\ &= 9,3 \text{ m}\end{aligned}$$

$$L_v = 34,91 \text{ m}$$

$$1/3 L_h = 14,74 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}CL &= \frac{34,6 + 16,0433}{9,3 \text{ m}} \\ &= 5,45\end{aligned}$$

CL perhitungan \geq C Tabel

$$5,45 \geq 5 \text{OK!!}$$

b. Kondisi Banjir

$$CL = \frac{L_v + \frac{1}{3}L_h}{\Delta h}$$

Dengan :

$$\begin{aligned}\Delta h &= (\text{elevasi MAB Hulu} - \text{elevasi MAB Hilir}) \\ &= (33,22 - 23,62) \\ &= 9,6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$L_v = 34,91 \text{ m}$$

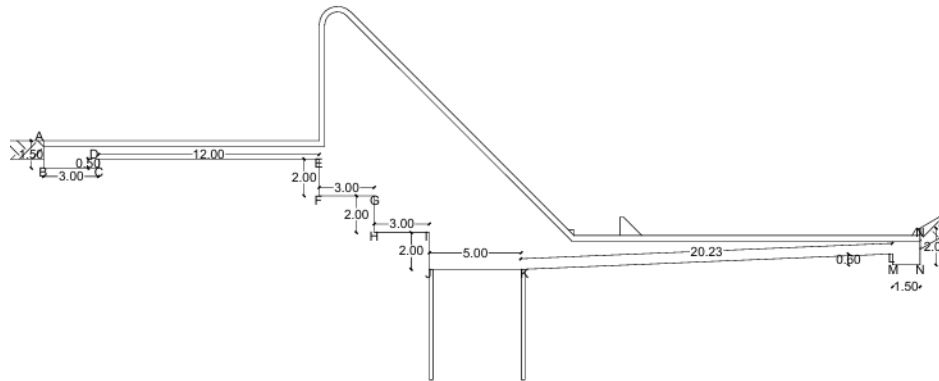
$$1/3 L_h = 14,74 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}CL &= \frac{34,91 + 14,74}{9,6 \text{ m}} \\ &= 5,32\end{aligned}$$

CL perhitungan \geq C Tabel

$$5,32 \geq 5 \text{OK!!}$$

Perencanaan lantai depan dan belakang bendung dapat dilihat pada Gambar 5.2 dibawah ini.



Gambar 5.2 Lantai Depan dan Belakang

5.4 Analisis Bangunan Pengambilan dan Pembilas

5.4.1 Analisis Bangunan Pengambilan

Menurut KP 02 Bangunan Utama Tahun 2013, Pengambil mempunyai fungsi untuk mengelakkan air dari sungai sesuai jumlah yang dikehendaki. Pada perencanaan bendung kaliwadas sendiri terdapat dua daerah irigasi dengan perbedaan debit pengambilan yang cukup jauh untuk efisiensi biaya maka direncanakan dengan *Intake* pada satu sisi bendung yang mempunyai debit pengambilan yang besar sedangkan untuk satu sisi lainnya digunakan *Intake* gorong-gorong yang dibangun di dalam tubuh bendung. Dengan perencanaan ini maka dapat dibangun bangunan pembilas hanya di satu sisi bendung saja.

5.4.1.1 *Intake* Kanan

1. Debit untuk Kebutuhan *Intake*

$$Q_n = \frac{A \times \text{NFR}}{e} \times 1,2$$

dengan :

A = luas areal irigasi (ha)

NFR = kebutuhan air irigasi disawah (l/det/ha)

e = efisiensi irigasi (0,65)

Q_n = kebutuhan pengambilan (l/det)

Dengan menggunakan persamaan diatas maka dapat dihitung sebagai berikut,

A = 5709 Ha

NFR = 1,2 mm/hari (kebutuhan pokok padi)

e = 0,65

$$Q_n = \frac{5709 \times 1,2}{0,65} \times 1,2$$

$Q_n = 12647,63$ l/det

$Q_n = 12,648$ m³/det

2. Rencana pintu *Intake*

Pintu *Intake* bisa direncanakan dengan rumus berikut.

$$Q_n = \mu b a \sqrt{2gz}$$

Dengan :

Q_n = debit pengambilan (m³/det)

μ = koefisien debit (0,8)

b = lebar pintu

a = tinggi bukaan pintu

g = percepatan gravitasi (9,81 m/det)

z = kehilangan energi (0,15-0,3 m)

a. Kedalaman aliran didepan pintu

Tinggi mercu = 7,3 m

Untuk mencegah terjadinya kehilangan air pada bendung akibat gelombang, maka tinggi pengambilan diambil 0,10 dibawah tinggi mercu

$$\begin{aligned} H &= \text{Tinggi mercu} - 0,10 \\ &= 7,3 \text{ m} - 0,10 \text{ m} \\ &= 7,2 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Tinggi dasar pintu diatas lantai pembilas

Berdasarkan KP-02 Tahun 2013 Perencanaan Irigasi elevasi ambang direncanakan diatas dasar berdasarkan angkutan material sungai, untuk sungai yang direncanakan mengangkut pasir dan kerikil maka $p = 1$ m. Namun, karena untuk kemudahan mengangkat pintu maka p yang direncanakan yaitu 4 m dari atas dasar sungai.

c. Tinggi bukaan pintu

Tipe pintu yang direncanakan adalah tipe pintu a berdasarkan gambar 5-1 KP-02 Perencanaan Irigasi Tahun 2013. Maka tinggi bukaan pintu adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} a &= H - p - z + t \\ &= 7,2 - 4 - 0,2 + 0,1 \\ &= 3,1 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Lebar bukaan pintu yang diperlukan

$$\begin{aligned} b &= \frac{Q_n}{\mu a \sqrt{2gz}} \\ &= \frac{12,648}{0,8 \times 3,1 \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,2}} \\ &= 2,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil ini maka dipakai 2 pintu dengan lebar 1,5 m

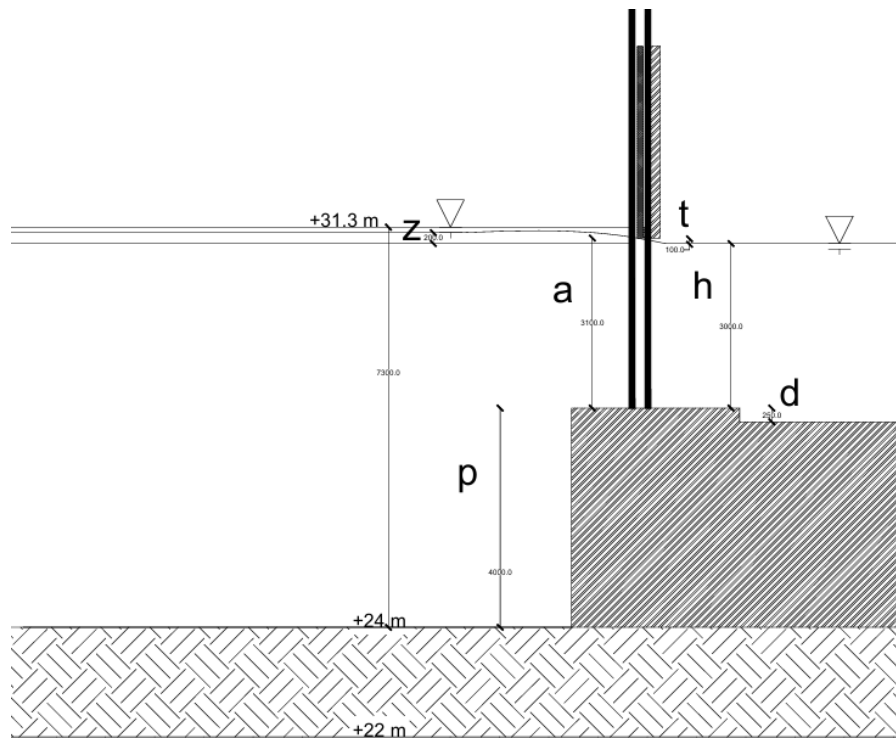
e. Kedalaman aliran dihilir pintu

$$\begin{aligned} h &= a - t \\ &= 3,1 \text{ m} - 0,10 \text{ m} \\ &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

f. Kecepatan aliran pada pintu

$$\begin{aligned} V &= Q/(b \times a) \\ &= 12,648/(3 \times 3,1) \\ &= 1,36 \text{ m/det.} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *Intake* kanan dapat di lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.3 Pintu *Intake* Kanan

5.4.1.2 *Intake* Kiri

1. Debit untuk Kebutuhan *Intake*

$$Q_n = \frac{A \times NFR}{e} \times 1,2$$

dengan :

A = luas areal irigasi (ha)

NFR = kebutuhan air irigasi disawah (l/det/ha)

e = efisiensi irigasi (0,65)

Qn = kebutuhan pengambilan (l/det)

Dengan menggunakan persamaan diatas maka dapat dihitung sebagai berikut,

$$A = 1025 \text{ Ha}$$

$$NFR = 1,2 \text{ mm/hari (kebutuhan pokok padi)}$$

$$e = 0,65$$

$$Q_n = \frac{1025 \times 1,2}{0,65} \times 1,2$$

$$Q_n = 2270,77 \text{ l/det}$$

$$Q_n = 2,271 \text{ m}^3/\text{det}$$

2. Rencana pintu *Intake*

Perhitungan dimensi gorong-gorong dapat menggunakan persamaan berikut.

$$Q = A \times V$$

Dimana:

$$\begin{aligned} A &= \text{Luas lingkaran (m}^2\text{)} \\ &= 0,25 \times \pi \times D^2 \end{aligned}$$

D = diameter gorong-gorong

V = Kecepatan air (m/det) (ditetapkan sebesar 2,5 m/det agar bisa menghanyutkan sedimen)

$$D = 1,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 1,2^2 \\ &= 1,13 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

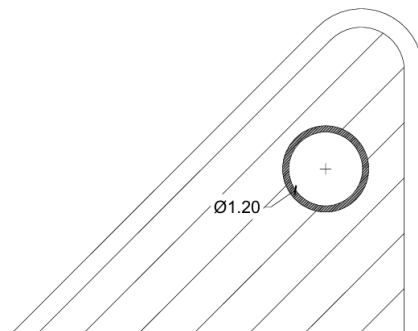
$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 1,13 \times 2,5 \\ &= 2,827 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Cek Q gorong-gorong $>$ Q *Intake* kiri

$$2,827 \text{ m}^3/\text{det} > 2,27 \text{ m}^3/\text{det} \dots \text{Ok!}$$

Dari hasil diatas didapatkan diameter gorong-gorong adalah 1,2 m.

Hasil perhitungan diatas dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5.4 *Intake* Gorong-gorong

5.4.2 Analisis Bangunan Pembilas

Bangunan pembilas berfungsi untuk mencegah tertumpuknya material (lumpur, kerikil dan lain sebagainya) di depan pintu pengambilan. Secara periodik pintu bilas dibuka untuk membersihkan tumpukan material tersebut, sehingga ruang aliran di depan pengambilan selalu terjaga kebersihannya. Pada perencanaan bendung ini dibuat 1 bangunan pembilas yang terletak di *Intake* kanan, hal ini dilakukan karena *Intake* kiri mempunyai debit yang sangat kecil dibandingkan dengan *Intake* kanan. Berikut ini penjelasan perhitungan perencanaan bangunan pembilas.

Pada bendung ini direncanakan pintu pembilas dengan desain dua pintu atas bawah dengan tinggi pintu setinggi dengan mercu sehingga bukaan atas terbuka, hal ini membuat pintu juga menjadi pelimpah sehingga masuk dalam perhitungan tinggi air di atas mercu.

1. Dimensi Bangunan

Berdasarkan KP-02 Perencanaan Irigasi Tahun 2013 lebar pembilas ditambah tebal pilar sebaiknya sama dengan $1/6 - 1/10$ dari lebar bersih bendung, untuk sungai yang lebarnya kurang dari 100 m,

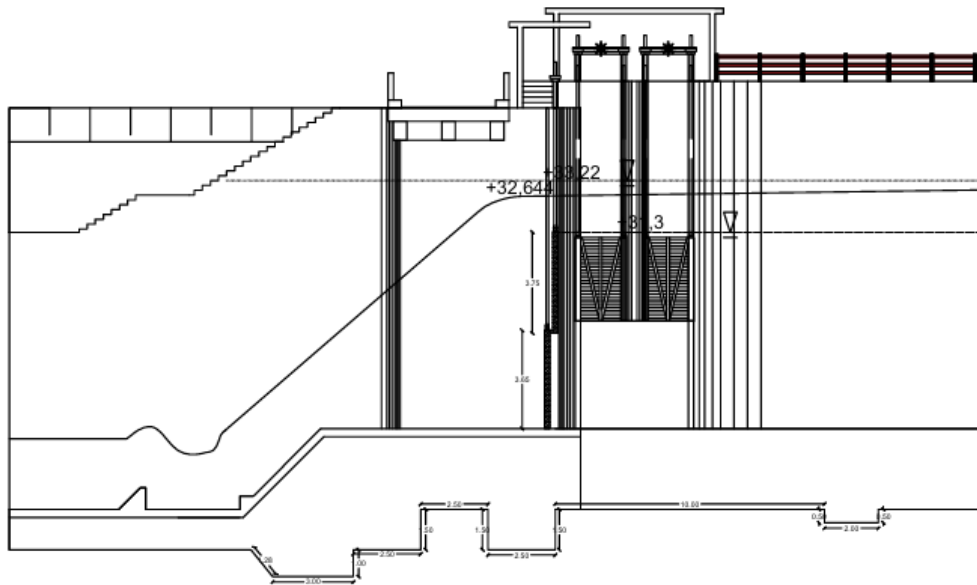
$$\begin{aligned} \text{Lebar pembilas} &= 1/10 \times 9 \text{ m} \\ &= 9 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Dimensi pintu dan bukaan

Pembilas ini direncanakan menggunakan pintu terbuka dengan dua pintu atas bawah, pintu atas berfungsi untuk menghanyutkan sampah yang mengapung sedangkan pintu bilas bawah berfungsi untuk menghanyutkan sedimen. Jumlah pembilas direncanakan berjumlah dua buah dengan lebar masing-masing pintu sebesar 2,5 meter. Dengan tinggi bukaan pintu sebesar 3,65 meter untuk masing-masing pintu bilas atas dan pintu bilas bawah.

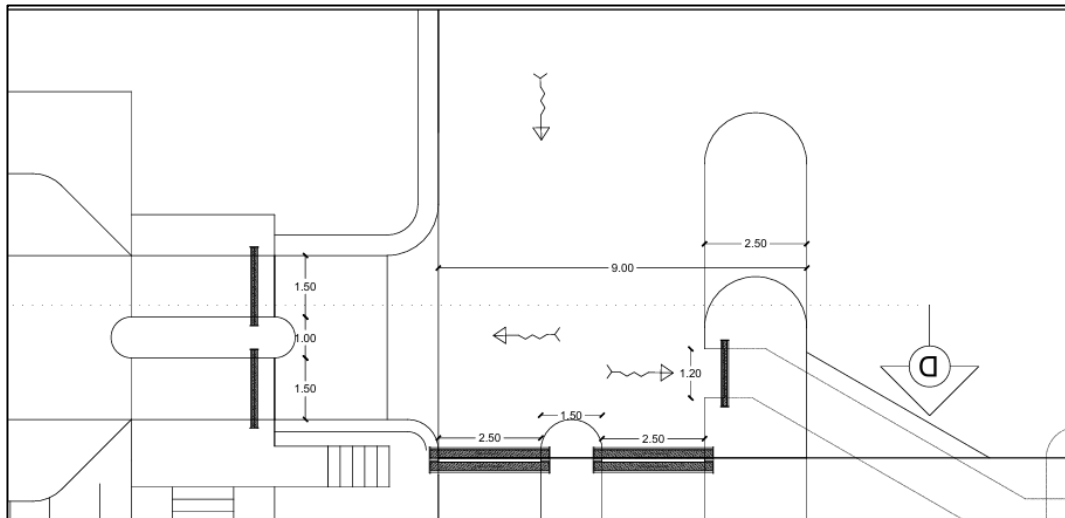
Masing-masing pembilas dipisahkan dengan pilar selebar 1,5 meter dan untuk pilar pembilas yang memisahkan mercu dengan bangunan pembilas digunakan pilar selebar 2,5 meter

Sehingga lebar bangunan pembilas = $2,5 + 2,5 + 2,5 + 1,5 = 9$ meter. Berikut ini gambar bangunan pembilas pada perencanaan bendung kaliwadas ini.



Gambar 5.5 Pintu Pembilas Bendung

Untuk penempatan bangunan pengambilan dan bangunan pembilas pada perencanaan bendung ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.6 Perencanaan Posisi Bangunan Pengambilan dan Pembilas

5.4.3 Analisis Kantong Lumpur

Kantong lumpur adalah struktur tambahan dalam sistem irigasi yang berfungsi untuk mengendapkan sedimen yang terbawa oleh aliran air, sehingga mencegah sedimen tersebut masuk ke jaringan irigasi yang lebih luas. Berikut ini adalah perhitungan dimensi kantong lumpur.

1. Kecepatan endap partikel (w)

Asumsi butiran yang masuk berukuran 0,8 mm dan temperatur air rata-rata di Indonesia adalah 20°C dengan grafik gambar 3.20 dibawah didapat kecepatan endapan (w) adalah 0,1 m/det.

2. Estimasi awal dimensi kantong lumpur

$$L \times B = Q_n / w$$

Dimana :

$$Q_n = \text{debit pengambilan irigasi (m}^3/\text{det)} = 12,647 \text{ m}^3/\text{det}$$

L = panjang kantong lumpur

B = lebar saluran kantong lumpur

Maka,

$$\begin{aligned} L \times B &= Q_n / w \\ &= 12,647 / 0,1 \\ &= 126,476 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan KP-02 Perencanaan Irigasi Tahun 2013 untuk perencanaan dimensi kantong lumpur sebaiknya $L/B > 8$, maka estimasi panjang dan lebar kantong lumpur adalah sebagai berikut.

$$L/B = 8$$

$$L \times B = 126,476 \text{ m}^2$$

$$8 \times B^2 = 126,476 \text{ m}^2$$

$$B^2 = 15,8095 \text{ m}^2$$

$$B = 3,98 \text{ m} \approx 5 \text{ m (ditambah agar menyesuaikan dengan lebar saluran Intake)}$$

Sedangkan untuk estimasi panjang kantong lumpur

$$L = 8 \times B$$

$$= 8 \times 5$$

$$= 40 \text{ m}$$

Untuk kecepatan aliran dapat dihitung melalui persamaan berikut.

$$v = \frac{Qn}{H \times B}$$

dimana,

$$v = \text{Kecepatan aliran (m/det)}$$

$$H = \text{kedalaman aliran saluran} = 3,25 \text{ m}$$

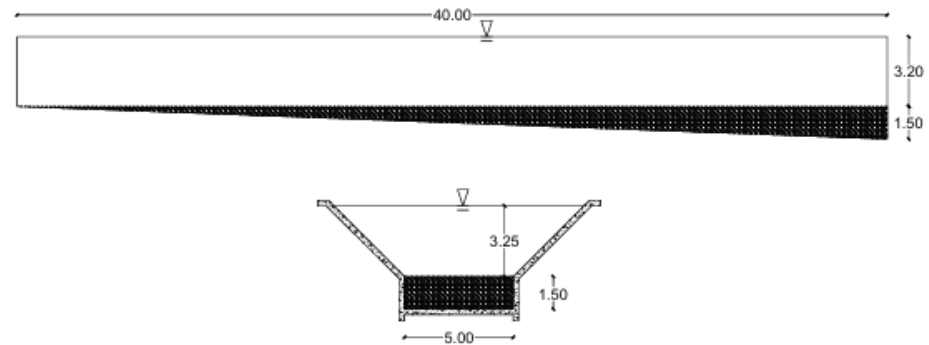
$$B = \text{lebar saluran kantong lumpur (m)}$$

Maka,

$$v = \frac{Qn}{H \times B} = \frac{12,647}{3,25 \times 5}$$

$$= 0,778 \text{ m/det.}$$

Gambar perencanaan kantong lumpur *Intake* kanan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.7 Kantong Lumpur

5.5 Pembahasan

Pada tugas akhir ini redesain bangunan bendung dilakukan dengan metode desain yang berbeda dengan perencanaan bendung sebenarnya sehingga didapatkan suatu desain bendung yang berbeda pula.

Perencanaan bendung ini dimulai dengan menganalisa data hidrologi berupa data debit sungai tertinggi dalam satu tahun untuk mengetahui debit banjir rencana dengan kala ulang yang sudah ditentukan yaitu debit banjir kala ulang 20 tahun (Q_{20}) sesuai dengan Permen PUPR No.28 Tahun 2015. Dalam pengolahan data debit sungai banyak metode yang dapat digunakan dalam analisis debit banjir rencana. Pada perencanaan ini digunakan metode Normal, Gumbell, Log-Normal, dan Log-Pearson III yang selanjutnya akan dipilih salah satu metode yang memenuhi syarat parameter statistik. Berikut ini adalah hasil analisis banjir rencana dengan kala ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, dan 100 tahun dengan berbagai metode yang dapat dilihat pada Tabel 5.10 Berikut.

Tabel 5.10 Tabel Rekapitulasi Debit Rencana

T	Normal (m³/detik)	Gumbell (m³/detik)	Log-Normal (m³/detik)	Log-Pearson III (m³/detik)
2	115,871	105,584	100,787	94,954
5	174,337	179,811	155,928	151,988
10	204,962	228,956	195,973	201,405
20	230,019	276,097	236,275	250,714
25	234,775	291,051	244,813	279,725
50	258,556	337,117	292,362	351,295
100	278,044	382,842	338,138	435,921

Dari hasil analisis terhadap debit sungai tertinggi selama 20 tahun didapatkan banjir rencana untuk kala ulang 20 tahun sebesar 250,714 m³/detik. Besarnya debit banjir rencana ini diperoleh dengan menggunakan metode Log-Pearson III.

Setelah diketahui debit banjir dengan kala ulang yang diinginkan maka selanjutnya dilakukan analisa bangunan utama bendung yang disesuaikan dengan debit banjir rencana. Pada perencanaan ini desain bangunan utama yang direncanakan meliputi analisis elevasi mercu bendung, analisis dimensi mercu dan tinggi muka air banjir di atas mercu, analisis kolam olak, analisis lantai udik (lantai depan dan belakang), analisis bangunan pengambilan, analisis bangunan pembilas, dan analisis kantong lumpur. Sebagai bahan perbandingan desain antara desain lam dengan desain baru dapat dilihat pada Tabel 5.11 dibawah ini.

Tabel 5.11 Perbandingan Desain Lama Dengan Desain Baru

No	Uraian	Redesain	Desain Sebenarnya
1	Debit Rencana 20 tahun	250,714 m ³ /detik	-
2	Mercu bendung <ul style="list-style-type: none"> - Jenis mercu - Jari-jari mercu - Elevasi mercu Bendung - Lebar efektif mercu - Jumlah pilar 	<ul style="list-style-type: none"> Bulat 1 meter +31,3 meter 73,1672 m 10 buah 	<ul style="list-style-type: none"> Ogee I - +32,92 74,60 meter 6 buah
3.	Kolam Olak <ul style="list-style-type: none"> - Tipe Kolam Olak - Panjang Kolam Olak - Elevasi Kolam Olak 	<ul style="list-style-type: none"> USBR Type III 30 meter +21 meter 	<ul style="list-style-type: none"> Bak Tenggelam (r =4,5 m) - +22,740 meter
4	Bangunan Pengambilan <ul style="list-style-type: none"> a. <i>Intake</i> Kanan <ul style="list-style-type: none"> - Lebar Pintu pengambilan - Tinggi Pintu Pengambilan - Jumlah Pintu Pengambilan b. <i>Intake</i> Kiri <ul style="list-style-type: none"> - Lebar Pintu Pengambilan - Jumlah Pintu Pengambilan 	<ul style="list-style-type: none"> 1,5 meter 3,1 meter 2 buah 1,2 meter 1 buah 	<ul style="list-style-type: none"> 1,75 meter 2,7 meter 3 buah 1,2 meter 1 buah

Lanjutan Tabel 5.11 Perbandingan Desain Lama Dengan Desain Baru

No	Uraian	Redesain	Desain Sebenarnya
5	Bangunan Pembilas – Tipe Pintu – Posisi Pintu Pembilas – Lebar Pintu Pembilas – Jumlah Pintu Pembilas	2 Pintu terbuka Di sisi Kanan Bendung 2,5 meter 2 buah	- Di sisi Kanan Bendung 1,5 meter 2 buah
6	Lantai Muka dan Belakang	Pada desain ini panjang lantai muka sebesar 15 meter, untuk memenuhi nilai C Lane ditambahkan Sheat Pile sepanjang 6 meter pada Pondasi lantai muka	-

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis hidrologi dan analisis hidrolis bendung didapatkan nilai-nilai sebagai berikut.

1. Parameter Statistik Distribusi

Distribusi frekuensi yang memenuhi persyaratan parameter statistik adalah distribusi frekuensi dengan metode Log-Pearson III.

2. Debit Banjir Rancangan

Berdasarkan perhitungan debit kala ulang 20 tahun metode Log-Pearson III didapatkan debit kala ulang 20 tahun (Q_{20}) yaitu sebesar 250,741 m³/detik

3. Mercu

Mercu bendung didesain dengan hulu tegak dengan tinggi yang didapat sebesar 9,3 meter karena untuk kebutuhan tinggi pintu pembilas dasar sungai dinaikkan 2 meter sehingga tinggi mercu menjadi 7,3 meter. Elevasi mercu berada di +31.3 m, dengan jari-jari mercu sebesar 1 meter. Elevasi muka air banjir di hulu berada di +32,688 m. Lebar bendung sebesar 90 m dan lebar efektif bendung sebesar 73,1672 meter.

4. Kolam olak

Kolam olak yang dipakai adalah kolam olak USBR tipe III dengan panjang 20 meter.

5. Lantai Depan dan Belakang

Lantai depan dan belakang didesain dengan panjang lantai depan 15 meter untuk mendukung kekuatan ditambahkan *sheatpile* sepanjang 6 meter di bawah pondasi mercu.

6. Bangunan pengambilan

Bangunan pengambilan dirancang dengan *Intake* pada satu sisi bendung. Bangunan pengambilan terdiri dari dua bangunan yaitu *Intake* kanan dan *Intake* kiri. *Intake* kanan didesain dengan dua pintu *Intake* dengan lebar 1.5 meter dengan

tinggi bukaan pintu sebesar 3,1 meter. Sedangkan *Intake* kiri didesain sebagai *Intake* gorong-gorong dengan diameter sebesar 1,2 meter.

7. Bangunan pembilas

Bangunan pembilas direncanakan dengan 2 pintu bilas pelimpah dengan masing-masing pintu mempunyai tinggi bukaan sebesar 3,65 meter. Pembilas berjumlah 2 buah dengan masing-masing lebar pembilas sebesar 2,5 meter. Untuk panjang bangunan pembilas sebesar 9 meter termasuk kedalamnya pilar dengan lebar 1,5 meter dan 2,5 meter.

8. Kantong lumpur

Kantong lumpur didesain dengan panjang kantong lumpur sebesar 40 meter dengan lebar dasar 5 meter.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan yang sudah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat menjadi masukan untuk perencanaan serupa , antara lain :

1. Jika data tersedia, sebaiknya dilakukan juga perhitungan debit andalan dan kebutuhan air irigasi
2. Dilakukan juga analisa *backwater* untuk mengetahui muka air banjir di hulu akibat pembendungan.
3. Untuk menyempurnakan perencanaan bendung sebaiknya dilakukan juga analisa kebutuhan stabilitas bendung
4. Perencanaan lebih baik di lengkapi juga dengan Rencana Anggaran Biaya.

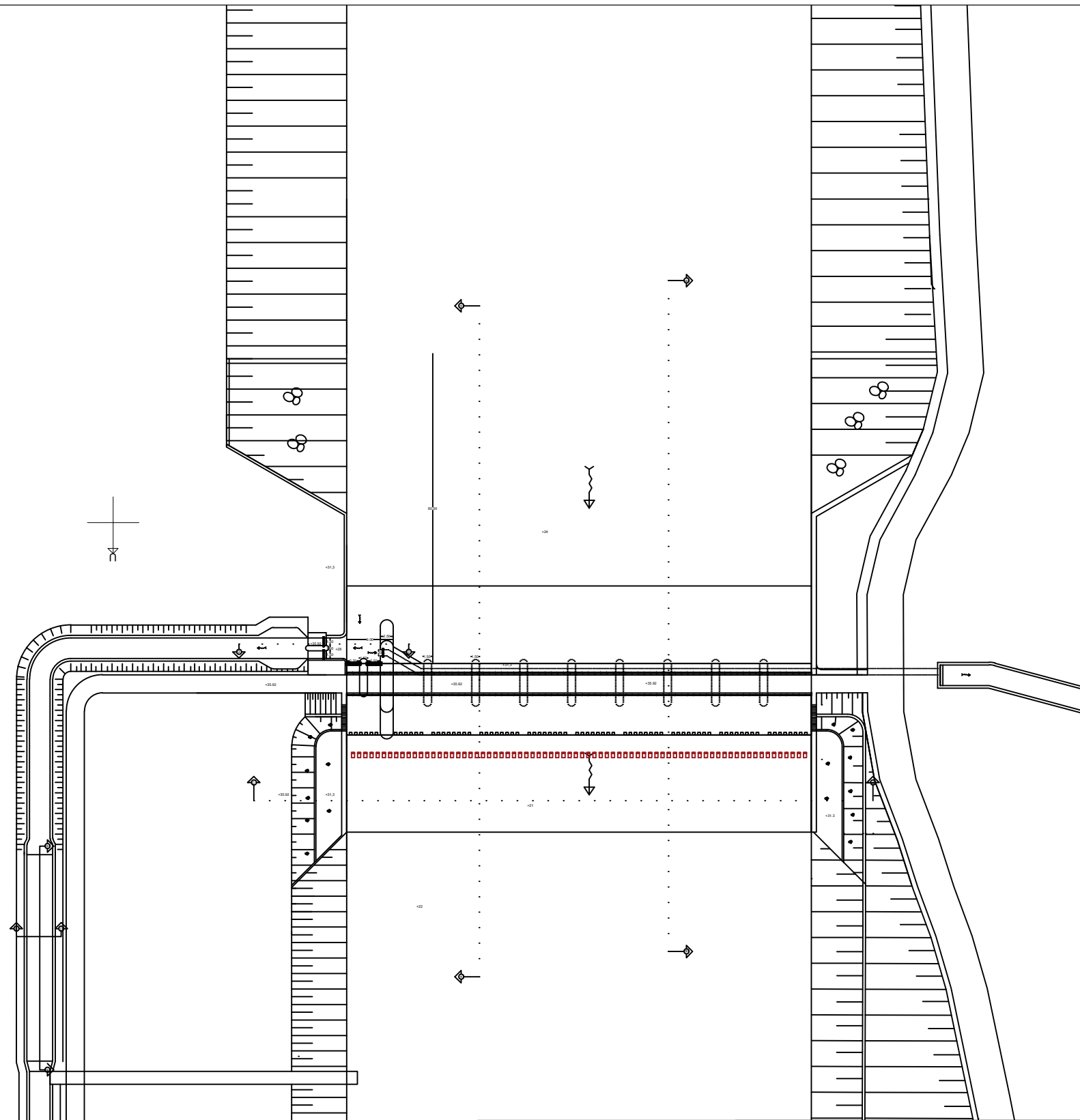
Demikian kesimpulan dan saran yang dapat penulis ambil dari Tugas Akhir ini,

DAFTAR PUSTAKA

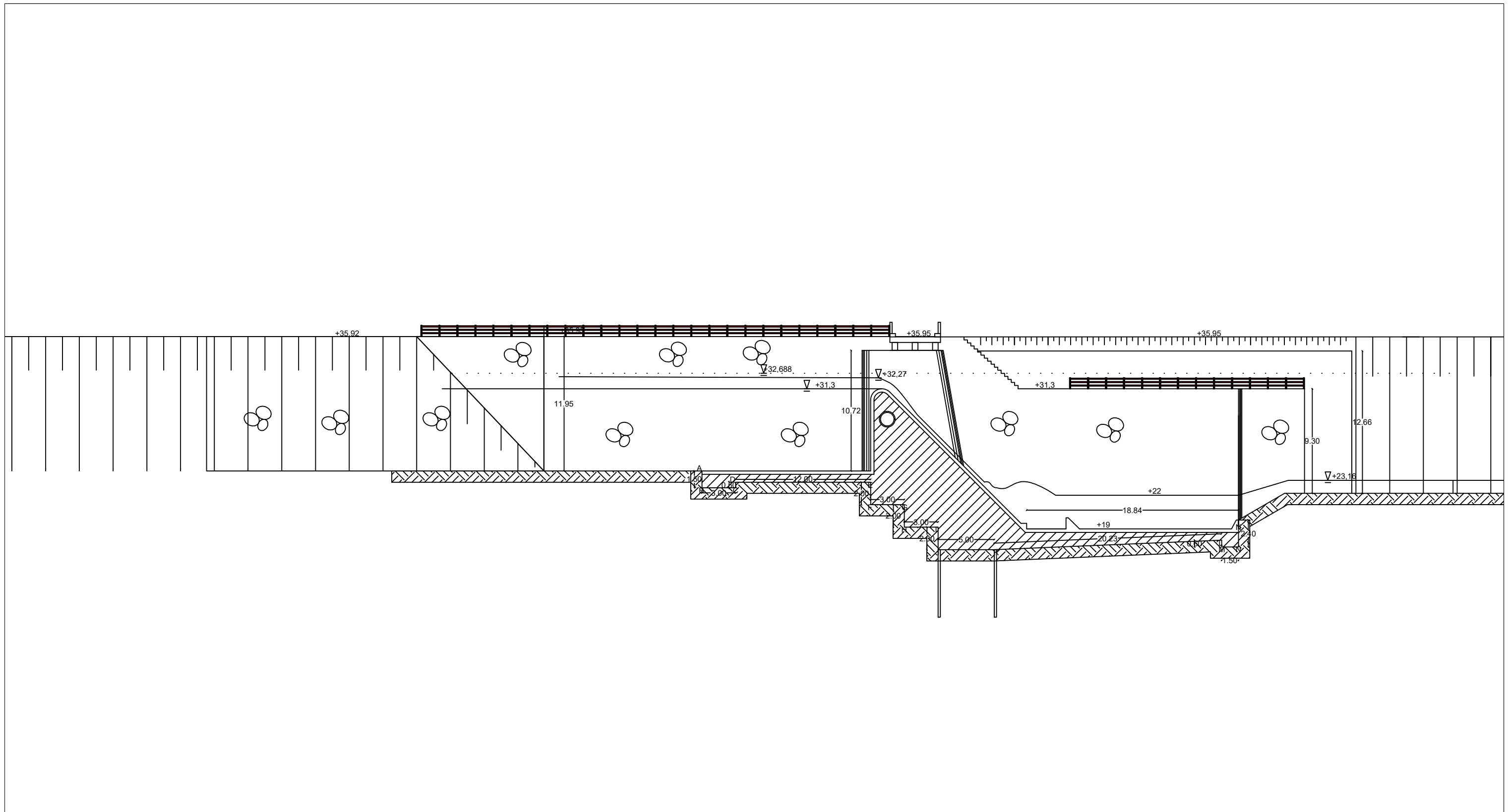
- Ardianto. 2020. Evaluasi Perencanaan Bendung Gempal Di Desa Wirolegi Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember,. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, pp. 1–12. Jember
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2013. Standar Perencanaan Irigasi Kriterion Perencanaan Jaringan Irigasi Kp-01. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2013. Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bangunan Utama KP-02 Tahun 2013. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2013. Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Parameter Bangunan Kp-06. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Kamiana,I Made. 2011. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Mawardi E. dan Moch. Memed. 2010. Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknik. Penerbit Alfabeta. Bandung.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2015 Tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai Dan Garis Sempadan Danau
- Prasetya, S. et al. 2020. Redesain Bendung Tetap Sungai Bakalan Kabupaten Jepara. Prosiding Konferensi . pp. 208–215. Semarang
- Prastumi dan Masrevaniah. A. 2008, Bangunan Air. Srikandi. Surabaya.
- Priawatno, Henry Nur. 2010. Perencanaan Bendung Tetap Tipe Vlughter-Sitompul. Tugas Akhir. Sebelas Maret Repository. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

- Purwanto, H.A., Suprijanto, H. and Prayogo, T.B. 2022. Studi Perencanaan Ulang Bendung di Daerah Irigasi Rawaan Kabupaten Lumajang Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*. pp. 363–376. Malang
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. 2016. Perencanaan Bangunan Utama (Bendung). *Diklat Teknis Perencanaan Irigasi Tingkat Dasar*. pp. 1–155. Jakarta
- Radjulaini. 2012. Perencanaan Bendung Tetap. Direktori File UPI, pp. 1–35. Bandung
- Sambudhi, E. dan Prasetyo, I. 2006. Perencanaan Teknis Embung Pada Sungai Bringin Sebagai Alternatif Penanganan Banjir di KotaMadya Semarang. *Repository Universitas Diponegoro*, pp. II1–II45. Semarang
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi Offset. Yogyakarta.

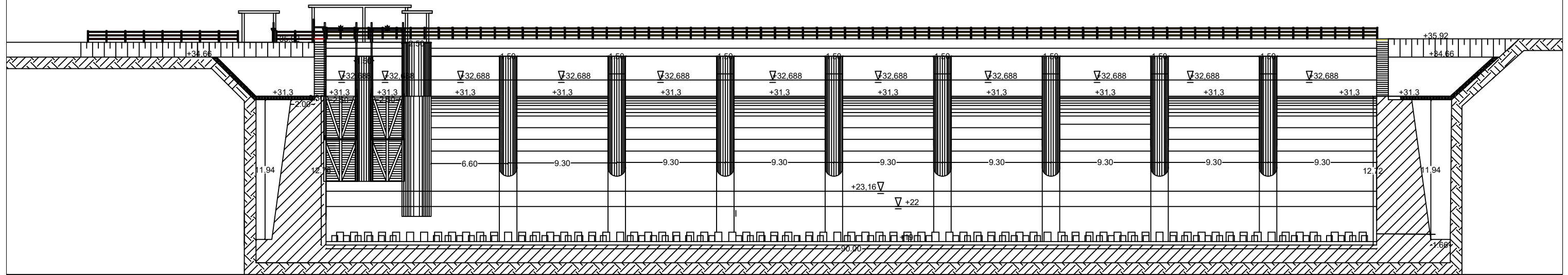
LAMPIRAN



TUGAS AKHIR		MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
GAMBAR TEKNIK			
JUDUL GAMBAR	TAMPAK ATAS BENDUNG		
SKALA	1 : 100	ROSYID AMIR S.	Dr.Ir. RUZARDI,M.S



TUGAS AKHIR		MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
GAMBAR TEKNIK			
JUDUL GAMBAR	POTONGAN B-B		
SKALA	1 : 300	ROSYID AMIR S.	Dr.Ir. RUZARDI,M.S



TUGAS AKHIR		MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
GAMBAR TEKNIK			
JUDUL GAMBAR	POTONGAN C-C		
SKALA	1 : 300	ROSYID AMIR S.	Dr.Ir. RUZARDI,M.S

