



**PERENCANAAN BENDUNG PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MINIHIDRO DI KALI JOMPO**

SKRIPSI

Oleh.

**ACHMAD BAHARUDIN DJAUHARI
NIM 071910301048**

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**



**PERENCANAAN BENDUNG PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MINIHIDRO DI KALI JOMPO**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh.

**ACHMAD BAHARUDIN DJAUHARI
NIM 071910301048**

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**

RINGKASAN

Perencanaan Bendung Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro Di Kali Jompo

Achmad Baharudin Djauhari, 071910301048; 2011; 91 halaman; Jurusan Teknik Sipil; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Bendung merupakan salah satu dari komponen bangunan sipil pembangkit listrik tenaga minihidro yang berfungsi untuk menaikkan elevasi muka air sungai sehingga dapat dialihkan kedalam intake. Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan bendung yang tepat dan aman terhadap stabilitas bendungnya dengan biaya yang paling rendah diantara beberapa kombinasi bendung pada pembangkit listrik tenaga minihidro di Kali Jompo.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah merencanakan hidrolis bendung dengan memilih kombinasi dari tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi yang tepat. Setelah itu dilakukan analisis stabilitas bendung dengan cara menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada bendung saat kondisi air normal dan banjir. Kemudian dikontrol stabilitasnya sesuai dengan syarat-syarat keamanan terhadap bahaya guling, bahaya geser, daya dukung tanah, dan *piping*. Selanjutnya dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan.

Hasil analisis stabilitas pada bendung dengan kombinasi tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi pada kondisi air normal diketahui bahwa semua kombinasi bendung aman terhadap stabilitasnya. Hasil analisis stabilitas pada kondisi air banjir diketahui bahwa semua kombinasi bendung aman terhadap stabilitasnya kecuali pada bendung yang menggunakan kombinasi peredam energi tipe USBR IV tidak aman terhadap daya dukung tanahnya. Hasil perhitungan RAB didapatkan bahwa pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam memiliki anggaran biaya yang paling rendah diantara beberapa kombinasi bendung, yaitu sebesar Rp. 1.164.897.822,30.

Perencanaan bendung pembangkit listrik tenaga minihidro di Kali Jompo menggunakan bendung dengan kombinasi mercu ogee, drop intake, dan peredam energi bak tenggelam, karena aman terhadap stabilitas dengan biaya yang paling rendah diantara beberapa kombinasi bendung.

SUMMARY

Planning Weir Minihydro Power Plants At The Jompo River

Achmad Baharudin Djauhari, 071910301048; 2011; 91 pages; Department of Civil Engineering; Faculty of Engineering; University of Jember.

Weir is one of the components of civil building power plants minihydro power plants that serves to raise the elevation so that the river water can be diverted into the intake. The purpose of this study is to plan safety weir to stability with the most of cheap between some combination of weir at the Jompo River.

The steps undertaken in this study is to plan a hydraulic weir by selecting any combination the type of spillway, the type of intake and the right type of settling basin. Once that was done the weir stability analysis by analyzing the forces acting on the weir during normal water conditions and flooding. Then the stability is controlled in accordance with the terms bolsters security against danger, the danger of sliding, the carrying capacity of the soil, and piping. Then performed the calculation of the budget plan (RAB) to know needed cost.

The results of stability analysis on a weir with a combination of spilway type, the type of intake and the type of settling basin at normal water conditions is known that all combinations of weir safety to stability. The results of stability analysis in the flood water conditions is known that all combinations of weir safety against stability except at the weir that uses a combination of settling basin USBR Type IV is not secure against the carrying capacity of the soil. The results of calculation of the budget plan was found that the weir with a combination of spillway ogee, drop intake and settling basin "bak tenggelam" has the most of cheap between some combination of weir, with budget of Rp. 1,164,897,822.30.

Planning weir minihydro power plant at the Jompo River using with a combination of spillway ogee, drop intake, and settling basin "bak tenggelam", because safety to stability with the most of cheap between some combination of weir.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
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 Masalah	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Bendung (<i>weir</i>)	3
2.2 Perencanaan Hidraulik Bendung	3
2.2.1 Perencanaan Mercu Bendung	3
2.2.2 Perencanaan Intake	6
2.2.3 Bangunan Pembilas	10
2.2.4 Perhitungan Tinggi Muka Air Hilir	10
2.2.5 Bangunan Peredam Energi	11

2.2.6 Panjang Rembesan.....	18
2.2.7 Pasangan Batu Kosong (Rip-Rap).....	20
2.2.8 Analisis Stabilitas Bendung.....	20
2.2.9 Perencanaan Bak Pengendap Sedimen.....	25
BAB III. METODOLOGI	29
3.1 Tahap Persiapan	29
3.2 Tahap Pengumpulan Data	29
3.3 Perencanaan Hidraulik Bendung.....	32
3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	33
3.5 Pemilihan Tipe Bendung.....	33
3.5 Jadwal Kerja	34
BAB IV. PEMBAHASAN	37
4.1 Umum.....	37
4.2 Lebar Bendung.....	37
4.3 Elevasi Puncak Mercu Bendung.....	37
4.4 Perencanaan Hidraulik Bendung.....	38
4.4.1 Perhitungan Tinggi Air Banjir Di Atas Mercu	38
4.4.1.1 Mercu Bulat	38
4.4.1.2 Mercu Ogee.....	40
4.4.2 Perencanaan Bangunan Intake	41
4.4.2.1 Intake Samping	41
4.4.2.2 Drop Intake	43
4.4.2.3 Kesesuaian Kombinasi Tipe Mercu Dengan Tipe Intake.....	45
4.4.3 Perhitungan Tinggi Muka Air Hilir	46
4.4.4 Kolam Peredam Energi.....	47
4.4.4.1 Peredam Energi Tipe Bak Tenggelam	47
4.4.4.2 Peredam Energi Tipe USBR	49
4.4.4.3 Peredam Energi Tipe Vlugter	52
4.4.4.4 Peredam Enrgi Tipe MDO	53

4.4.4.5 Kesesuaian Kombinasi Tipe Mercu Dengan Tipe Peredam Energi.....	55
4.4.5 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Air Tanah.....	55
4.4.5.1 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Tanah Kombinasi Mercu Bulat Dengan Peredam Energi Bak Tenggelam	56
4.4.5.2 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Tanah Kombinasi Mercu Ogee Dengan Peredam Energi Bak Tenggelam	59
4.4.5.3 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Tanah Kombinasi Mercu Bulat Dengan Peredam Energi USBR IV	59
4.4.5.4 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Tanah Kombinasi Mercu Ogee Dengan Peredam Energi USBR IV	60
4.4.5.5 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Tanah Kombinasi Mercu Bulat Dengan Peredam Energi MDO	60
4.4.6 Pasangan Batu Kosong (Rip-rap)	61
4.5 Analisis Stabilitas Bendung.....	62
4.5.1 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Bulat, Intake Samping Dan Peredam Energi Bak Tenggelam	63
4.5.2 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Bulat, Intake Samping Dan Peredam Energi USBR IV	73
4.5.3 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Bulat, Intake Samping Dan Peredam Energi MDO	75
4.5.4 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Ogee, Intake Samping Dan Peredam Energi Bak Tenggelam	77

4.5.5 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Ogee, Intake Samping Dan Peredam Energi USBR IV	80
4.5.6 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Ogee, Drop Intake Dan Peredam Energi Bak Tenggelam	82
4.5.7 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Ogee, Drop Intake Dan Peredam Energi USBR IV	84
4.6 Perencanaan Bak Pengendap Sedimen	86
4.7 Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	88
4.8 Pemilihan Tipe Bendung	88
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Harga-harga K dan n	6
Tabel 2.2 Harga-harga c yang bergantung kepada kemiringan saringan	9
Tabel 2.3 Harga-harga minimum angka rembesan Lane	19
Tabel 2.4 Harga-harga ζ	22
Tabel 4.1 Simulasi perhitungan tinggi energi di atas mercu bulat.....	39
Tabel 4.2 Simulasi perhitungan tinggi energi di atas mercu ogee	40
Tabel 4.3 Koordinat permukaan hilir mercu ogee	41
Tabel 4.4 Trial and error kehilangan energi pada bukaan pintu intake.....	42
Tabel 4.5 Trial and error tinggi air pada saluran pengumpul	45
Tabel 4.6 Kesesuaian kombinasi tipe mercu dengan tipe intake	45
Tabel 4.7 Trial and error kedalaman maksimum air sungai	47
Tabel 4.8 Kesesuaian kombinasi tipe mercu dengan tipe peredam energi ..	55
Tabel 4.9 Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air pada kondisi normal dan banjir pada kombinasi mercu bulat dengan peredam energi bak tenggelam	57
Tabel 4.10 Kombinasi tipe mercu tipe intake dan tipe peredam energi.....	62
Tabel 4.11 Perhitungan gaya akibat berat sendiri bendung	63
Tabel 4.12 Perhitungan gaya gempa	64
Tabel 4.13 Perhitungan gaya hidrostatis kondisi air normal.....	64
Tabel 4.14 Perhitungan gaya angkat kondisi air normal.....	65
Tabel 4.15 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam	70
Tabel 4.16 Perhitungan gaya hidrostatis kondisi air banjir.....	71
Tabel 4.17 Perhitungan gaya angkat kondisi air banjir.....	72
Tabel 4.18 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam	72

Tabel 4.19 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi USBR IV	73
Tabel 4.20 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi USBR IV	74
Tabel 4.21 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi MDO	76
Tabel 4.22 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi MDO	77
Tabel 4.23 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi bak tenggelam	78
Tabel 4.24 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi bak tenggelam	79
Tabel 4.25 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi USBR IV	80
Tabel 4.26 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi USBR IV	81
Tabel 4.27 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam	82
Tabel 4.28 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi	

bak tenggelam	83
Tabel 4.29 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi USBR IV	84
Tabel 4.30 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi USBR IV	85
Tabel 4.31 Rekap analisis stabilitas pada bendung dengan kombinasi dari tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi pada kondisi air normal	89
Tabel 4.32 Rekap analisis stabilitas pada bendung dengan kombinasi dari tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi pada kondisi air banjir	90
Tabel 4.33 Rekap rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung dengan kombinasi dari tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi.....	90

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Koefisien C_0	4
Gambar 2.2 Koefisien C_1	5
Gambar 2.3 Koefisien C_2	5
Gambar 2.4 Harga koefisien pelepasan (C).....	7
Gambar 2.5 Intake samping	7
Gambar 2.6 Drop Intake	8
Gambar 2.7 Grafik peredam energi tipe MDO	14
Gambar 2.8 Peredam energi tipe Vlugter	14
Gambar 2.9 Jari-jari minimum bak tenggelam	18
Gambar 2.10 Batas minimum tinggi air hilir	18
Gambar 2.11 Grafik untuk perencanaan ukuran pasangan batu kosong.....	20
Gambar 2.12 Gaya-gaya yang bekerja pada bendung.....	21
Gambar 2.13 Hubungan antara diameter ayak dan kecepatan endap	27
Gambar 2.14 Tegangan geser dan kecepatan geser kritis	28
Gambar 2.15 Grafik pembuangan sedimen Camp	28
Gambar 3.1 Peta lokasi rencana dan tata guna lahan kali jompo.....	30
Gambar 3.2 Peta topografi rencana kali Jompo	31
Gambar 4.1 Mercu bulat	39
Gambar 4.2 Mercu Ogee	41
Gambar 4.3 Elevasi bukaan pintu intake	43
Gambar 4.4 Dimensi saluran pengumpul.....	45
Gambar 4.5 Kombinasi mercu bulat dan ogee menggunakan drop intake ..	46
Gambar 4.6 Penampang sungai.....	46
Gambar 4.7 Mercu bulat dengan peredam energi bak tenggelam.....	48
Gambar 4.8 Mercu ogee dengan peredam energi bak tenggelam	49
Gambar 4.9 Mercu bulat dengan peredam energi USBR IV	51
Gambar 4.10 Mercu ogee dengan peredam energi USBR IV.....	52

Gambar 4.11 Mercu bulat dengan peredam energi Vlugter.....	53
Gambar 4.12 Mercu bulat dengan peredam energi MDO.....	55
Gambar 4.13 Panjang rembesan pada bendung kombinasi mercu bulat dan peredam energi bak tenggelam.....	58
Gambar 4.14 Panjang lindung pasangan batu kososng.....	61
Gambar 4.15 Gaya akibat berat sendiri pada bendung kombinasi mercu bulat intake samping dan peredam energi bak tenggelam	66
Gambar 4.16 Gaya gempa pada bendung kombinasi mercu bulat Intake samping dan peredam energi bak tenggelam	66
Gambar 4.17 Tekanan lumpur pada bendung dengan kombinasi mercu bulat intake samping dan peredam energi bak tenggelam	67
Gambar 4.18 Tekanan hidrostatis dan uplift kondisi air normal pada kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam	68
Gambar 4.19 Tekanan hidrostatis dan uplift kondisi air banjir pada kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam	69

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air pada kondisi normal dan banjir pada kombinasi mercu ogee dengan peredam energi bak tenggelam	94
Lampiran B Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air pada kondisi normal dan banjir pada kombinasi mercu bulat dengan peredam energi USBR IV	96
Lampiran C Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air pada kondisi normal dan banjir pada kombinasi mercu ogee dengan peredam energi USBR IV	98
Lampiran D Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air pada kondisi normal dan banjir pada kombinasi mercu bulat dengan peredam energi MDO.....	100
Lampiran E Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi USBR IV	102
Lampiran F Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi MDO	110
Lampiran G Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi bak tenggelam	118
Lampiran H Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi USBR IV	126
Lampiran I Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam	134

Lampiran J Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi USBR IV	142
Lampiran K Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam	150
Lampiran L Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi bak tenggelam	160
Lampiran M Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam	162
Lampiran N Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi MDO	164

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembang PT. Euro Hydro Power Indonesia merencanakan pembangunan pembangkit listrik dengan menggunakan tenaga air di Kali Jompo. Proses perencanaan pembangunan itu telah mencapai studi kelayakan dan juga telah disetujui oleh Pemerintah Kabupaten Jember. Hasil penelitian yang dilakukan PT. Euro Hydro Power Indonesia di kali Jompo adalah, debit rencana yang digunakan adalah $3,00 \text{ m}^3/\text{dt}$, debit banjir rencana adalah periode ulang 100 tahun sebesar $169,9 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan power yang dihasilkan adalah $2,12 \text{ MW}$. Power sebesar $2,12 \text{ MW}$ dapat diklasifikasikan sebagai pembangkit listrik tenaga minihidro menurut penunjang PLN dalam makalah di lokakarya mikrohidro tahun 1985 di Jakarta.

Pembangkit listrik tenaga minihidro terdiri dari beberapa komponen yaitu, bangunan sipil, elektrik dan mekanikal. Komponen bangunan sipil pembangkit listrik tenaga minihidro terdiri dari bendung (*weir*), bangunan pengambil (*intake*), saluran pembawa (*headrace*), bak pengendap (*settling basin*), bak penenang (*forebay*), pipa pesat (*penstock tunnel*), rumah pembangkit (*power house*) dan saluran pembuang (*tail race*).

Bendung pada pembangkit listrik tenaga minihidro bertujuan untuk menaikkan elevasi muka air sungai sehingga dapat dialihkan kedalam intake. Bendung terdiri dari beberapa komponen diantaranya, mercu bendung, intake, bangunan pembilas, dan kolam peredam energi. Komponen dari bendung seperti mercu bendung, intake dan kolam peredam energi memiliki beberapa macam tipe, misalnya pada mercu bendung terdiri dari 2 tipe yaitu mercu bulat dan mercu ogee. Pemilihan tipe komponen bendung harus sesuai dengan persyaratan, aman terhadap stabilitas bendung dan biaya yang ekonomis. Perencanaan bendung yang tepat, sesuai dan aman terhadap stabilitas memiliki peranan penting dalam menopang kinerja sistem pembangkit listrik tenaga minihidro. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini penulis akan membahas tentang “Perencanaan Bendung Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro di Kali Jompo”.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimanakah perencanaan bendung yang tepat dan aman terhadap stabilitas dengan biaya yang paling rendah diantara beberapa tipe kombinasi bendung pada pembangkit listrik tenaga minihidro di Kali Jompo ?

1.3 Tujuan

Merencanakan bendung yang tepat dan aman terhadap stabilitas dengan biaya yang paling rendah diantara beberapa tipe kombinasi bendung pada pembangkit listrik tenaga minihidro di Kali Jompo.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini dapat memberikan informasi ilmiah mengenai bendung pembangkit listrik tenaga minihidro. Selain itu hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai acuan bagi penelitian selanjutnya yang sejenis.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menghindari lingkup penelitian yang terlalu luas, serta dapat memberikan arah yang lebih baik dan memudahkan dalam penyelesaian masalah sesuai dengan tuntutan yang ingin dicapai, maka dilakukan pembatasan dalam ruang lingkup penelitian yang dikerjakan. Adapun batasan ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Tidak menghitung analisis hidrologi.
2. Debit banjir rencana dan debit rencana telah ditentukan.
3. Hanya merencanakan bendungnya saja.
4. Lokasi, posisi dan elevasi bendung telah ditentukan.
5. Perhitungan RAB pada tahun 2011

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bendung (*weir*)

Menurut standar tata cara perencanaan umum bendung, yang diartikan dengan bendung adalah suatu bangunan air dengan kelengkapan yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan taraf muka air atau untuk mendapatkan tinggi terjun. Sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke tempat yang membutuhkannya. Bendung sebagai pengatur tinggi muka air sebagai dapat dibedakan menjadi bendung tetap dan bendung gerak.

a. Bendung tetap

Bendung tetap adalah bendung yang terdiri dari ambang tetap atau permanen, sehingga muka air banjir tidak dapat diatur elevasinya. Bendung ini biasanya digunakan di sungai-sungai pada bagian hulu dan tengah.

b. Bendung gerak

Bendung gerak adalah bendung yang terdiri dari ambang yang dapat bergerak (pintu sorong, radial dan tipe lainnya), sehingga dapat mengatur elevasi muka air banjir. Bendung ini biasa digunakan di sungai-sungai pada bagian hilir di daerah yang datar.

2.2. Perencanaan Hidraulik Bendung

2.2.1. Perencanaan Mercu Bendung

Di Indonesia umumnya digunakan 2 tipe mercu untuk bendung pelimpah yaitu mercu ogee dan mercu bulat.

a. Mercu Bulat

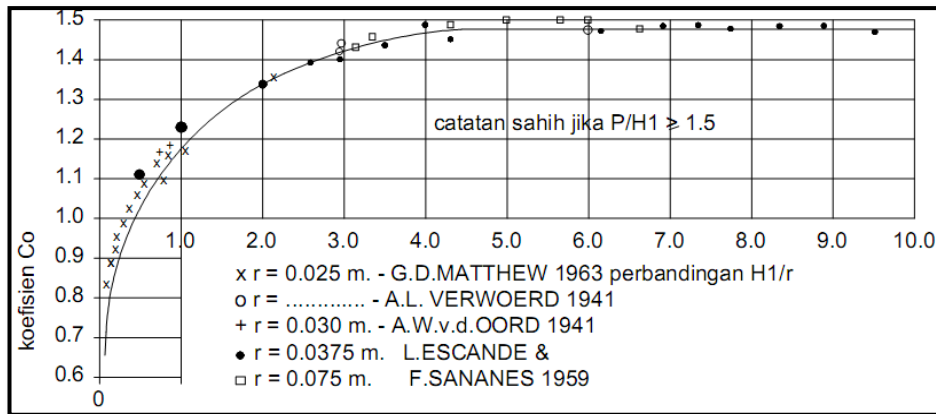
Bendung dengan mercu bulat memiliki harga koefisiensi debit yang jauh lebih tinggi (44%) dibandingkan dengan koefisiensi bendung ambang lebar. Pada sungai, ini akan banyak memberikan keuntungan karena bangunan ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir.

Tinggi energi di atas mercu dapat dihitung dengan persamaan tinggi energi – debit, untuk ambang bulat dan pengontrol segi empat (Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986) yaitu :

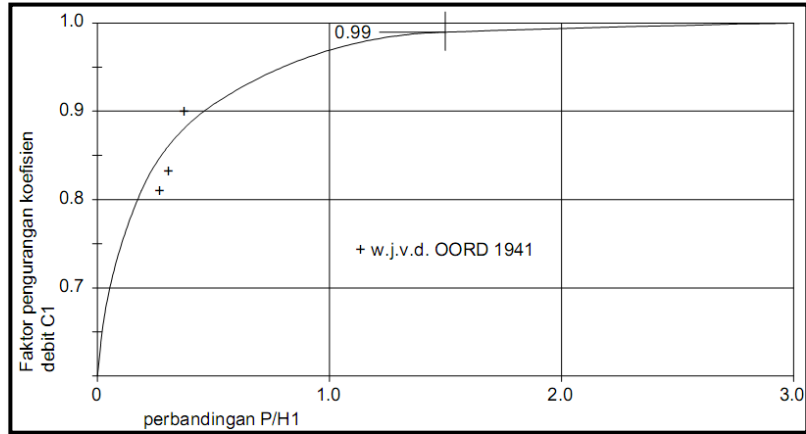
$$Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} g b H_1^{1.5} \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana :

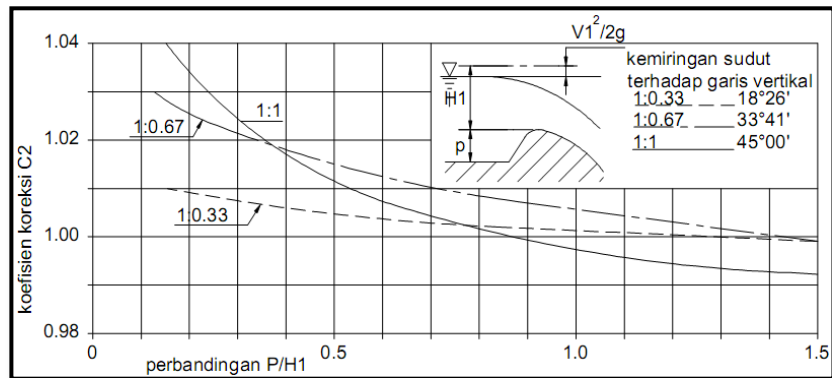
- Q = debit, m³/ dt
- C_d = koefisien debit (C_d = C₀.C₁.C₂.)
- g = percepatan gravitasi, 9,8 m/dt²
- b = lebar mercu, m
- H₁ = tinggi air di atas mercu, m
- C₀ = fungsi $\frac{H_1}{r}$ (r = jari-jari mercu), gambar 2.1
- C₁ = fungsi $\frac{P}{H_1}$ (P = tinggi mercu), gambar 2.2
- C₂ = fungsi $\frac{P}{H_1}$ dan kemiringan muka hulu, gambar 2.3



Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986
Gambar 2.1 Koefisien C₀



Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986
 Gambar 2.2 Koefisien C₁



Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986
 Gambar 2.3 Koefisien C₂

Tinggi muka air banjir diatas mercu dapat dihitung dengan persamaan (Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986) yaitu :

$$H_d = H_1 - k \dots \dots \dots (2.2)$$

$$k = \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$V = \frac{Q}{B_e \times H_1} \dots \dots \dots (2.4)$$

Di mana :

- Q = debit, m³/ dt
- C_d = koefisien debit (C_d = C₀.C₁.C₂.)
- g = percepatan gravitasi, 9,8 m/dt²
- b = lebar mercu, m
- H₁ = tinggi air di atas mercu, m

b. Mercu Ogee

Mercu Ogee adalah sebuah mercu bendung yang memiliki bentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasi. Oleh karena itu mercu ini tidak akan memberikan tekanan sub atmosfer pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Untuk debit rendah, air akan memberikan tekanan kebawah pada mercu (Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986).

$$\frac{Y}{Hd} = \frac{1}{K} \left[\frac{X}{Hd} \right]^n \dots\dots\dots(2.5)$$

Di mana :

X dan Y = koordinat-koordinat permukaan hilir bendung

Hd = tinggi air di atas mercu

K dan n = konstanta dari faktor kemiringan permukaan hulu

Tabel 2.1 Harga-harga K dan n

Kemiringan Permukaan hilir	k	n
vertikal	2,000	1,850
3 : 1	1,936	1,836
3 : 2	1,939	1,810
1 : 1	1,873	1,776

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-02,1986

2.2.2. Perencanaan Intake

Bangunan intake adalah suatu bangunan pada bendung yang berfungsi sebagai penyadap aliran sungai, mengatur pemasukan air dan sedimen serta menghindarkan sedimen dasar sungai dan sampah masuk ke intake.

1. Lebar dan Tinggi Lubang

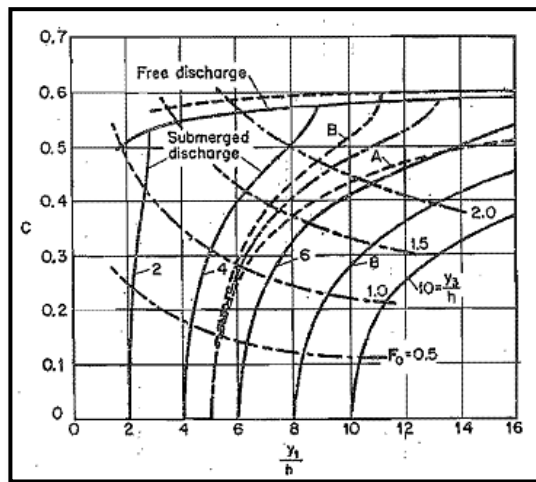
Perencanaan pintu pada saluran intake menggunakan pintu aliran bawah karena air yang mengalir melalui bagian bawah pintu. Ada dua macam aliran yang dapat terjadi lewat bawah pintu, yaitu aliran bebas dan aliran tenggelam. Persamaan yang digunakan (Ven Te Chow,1959) adalah :

$$Q = CLh\sqrt{2gy_1} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- Q = debit desain (m³/det)
- C = koefisien pelepasan,
- g = percepatan gravitasi
- L = Lebar pintu air (m)
- h = tinggi bukaan pintu (m)
- y₁ = tinggi air didepat pintu (m)

Harga koefisien pelepasan (C) dapat dilihat pada gambar 2.4



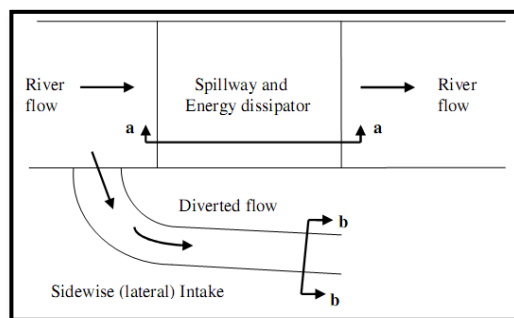
Sumber: Ven Te Chow, 1959

Gambar 2.4 koefisien buang untuk pintu air gesek tegak vertikal

2. Tipe Intake

a. Intake samping

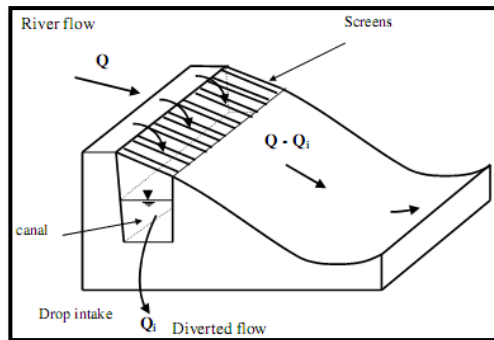
Jenis ini dari intake adalah yang paling umum digunakan. intake jenis ini sangat cocok digunakan pada sungai dimana konsentrasi endapan pada arah vertikal.



Gambar 2.5 Intake samping

b. Drop intake (*bottom intake*)

Drop intake cocok dibangun pada sungai yang memiliki sedimen berukuran besar seperti kerikil dan boulder karena tidak mempunyai bagian penghalang aliran sungai dan bahan dasar kasar. Bendung tidak mudah rusak akibat hampasan batu-batu bongkah yang diangkut aliran. Batu-batu ini akan lolos begitu saja ke hilir sungai. Drop intake tidak cocok untuk sungai yang fluktuasi bahan angkutannya besar. Sungai di daerah-daerah gunung api muda dapat mempunyai agradasi dan degradasi yang besar dalam jangka waktu singkat. Mengingat bendung ini cocok dibangun disungai dengan kemiringan memanjang yang curam, maka tubuh bendung harus kuat dan stabil mengatasi tekanan sedimen ukuran besar seperti pasir, kerakal dan boulder.



Gambar 2.6 Drop intake

Rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan panjang saringan adalah sebagai berikut (Tata cara desain hidraulik bangunan pengambil pada bangunan Tyrol, Pd-T-01-2003):

$$L = 2.561 \frac{q}{\lambda \sqrt{h_1}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$q = \frac{Q_i}{B_{\text{pengambil}}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$h_1 = c \cdot h_c \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\lambda = \psi \mu \sqrt{2g \cos \alpha} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\psi = n/m \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\mu = 0,66 \psi^{-0,16} \left(\frac{m}{h_1}\right)^{0,13} \dots\dots\dots(2.13)$$

berlaku untuk kondisi $3,5 > h_1/m > 0,2$ dan $0,15 < n/m < 0,30$

Dimana :

L = panjang saringan ke arah aliran (m)

q = debit per satuan lebar ($m^3/dt.m$)

n = lebar celah saringan (m)

c = koefisien kemiringan saringan

m = jarak antara sumbu saringan (m)

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

α = kemiringan saringan ($^{\circ}$)

h_1 = kedalaman enegi di hulu saringan (m)

h_c = kedalam aliran kritis (m)

ψ = koefisien saringan

λ = koefisien kemampuan sadap

Tabel 2.2 Harga-harga c yang bergantung kepada kemiringan saringan

θ	c	θ	c
0°	1.000	14°	0.879
2°	0.980	16°	0.865
4°	0.961	18°	0.851
6°	0.944	20°	0.837
8°	0.927	22°	0.825
10°	0.910	24°	0.812
12°	0.894	26°	0.800

Sumber : Tata cara desain hidraulik bangunan pengambil pada bangunan Tyrol, Pd-T-01-2003

Perencanaan saluran pengumpul pada drop intake menggunakan persamaan stricker (Standart Perencanaan Irigasi KP-04,1986) yaitu :

$$Q = A \times V \dots \dots \dots (2.14)$$

$$V = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{0,5}$$

$$A = b \times h$$

$$P = A/P$$

Dimana :

Q = debit rencana (m^3/det)

V = kecepatan (m/dt)

A = luas penampang (m²)

P = keliling basah (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

I = kemiringan saluran

Kemiringan dasar saluran pengumpul menggunakan rumus (Tata cara desain hidraulik bangunan pengambil pada bangunan Tyrol, Pd-T-01-2003) yaitu :

$$I_{0\min} = 0,20 \frac{D^{9/7}}{q^{6/7}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

$I_{0\min}$ = kemiringan dasar saluran pengumpul

D = diameter butir sedimen terbesar yang lolos saringan (m)

q = debit yang disadap per unit panjang bentang saringan pengambil (m³/dt/m')

2.2.3. Bangunan Pembilas

Bangunan pembilas adalah salah satu perlengkapan pokok bendung yang terletak di dekat dan menjadi satu kesatuan dengan intake. Berfungsi untuk menghindarkan angkutan muatan sedimen dasar dan mengurangi angkutan muatan sedimen layang masuk ke intake.

2.2.4. Perhitungan Tinggi Muka Air Hilir

Dalam menghitung tinggi muka air hilir bendung diperlukan asumsi bentuk penampang sungai. dalam perhitungan ini penampang sungai dianggap berbentuk trapesium dengan perbandingan kemiringan talud 1 : 1. Perhitungan tinggi muka air banjir menggunakan persamaan strickler (Standart Perencanaan Irigasi KP-04,1986) yaitu :

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (2.16)$$

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

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

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

$$R = \frac{A}{P}$$

Dimana :

- Q = debit rencana (m^3/det)
 V = kecepatan (m/dt)
 A = luas penampang (m^2)
 P = keliling basah (m)
 R = jari-jari hidrolis (m)
 K = koefisien stricker = 45 (untuk saluran tanah)
 I = kemiringan sungai

2.2.5. Bangunan Peredam Energi

Bangunan peredam energi bendung adalah struktur dari bangunan di hilir tubuh bendung yang terdiri dari beberapa tipe, bentuk dan di kanan kirinya dibatasi oleh tembok pangkal bendung dilanjutkan dengan tembok sayap hilir dengan bentuk tertentu. Fungsi Bangunan adalah untuk meredam energi air akibat pembendungan, agar air di hilir bendung tidak menimbulkan penggerusan setempat yang membahayakan struktur.

a. Prinsip Peredam Energi

Prinsip peredam energi pada bangunan peredam energi adalah dengan cara menimbulkan gesekan air dengan lantai dan dinding struktur, gesekan air dengan air, membentuk pusaran air berbalik vertikal ke atas dan ke bawah serta pusaran arah horizontal dan menciptakan benturan aliran ke struktur serta membuat loncatan air di dalam ruang olakan.

b. Faktor Pemilihan Tipe

Dalam memilih tipe bangunan peredam energi sangat bergantung kepada kepada berbagai faktor antara lain :

- Tinggi pembendungan,
- Keadaan geoteknik tanah dasar misalnya jenis batuan, lapisan, kekerasan tekan, diameter butir, dsb,
- Jenis angkutan sedimen yang terbawa aliran sungai,

- Kemungkinan degradasi dasar sungai yang akan terjadi di hilir bendung,
- Keadaan aliran yang terjadi di bangunan peredam energi seperti aliran tidak sempurna/tenggelam, loncatan aliran yang lebih rendah atau lebih tinggi dan sama dengan kedalaman muka air hilir (tail water).

c. Tipe Bangunan Peredam Energi Bendung

1. Peredam energi tipe MDO

Bendung dengan peredam energi lantai datar dan ambang akhir modifikasi tipe Vlughter dikenal dengan sebutan tipe MDO. Peredam energi tipe MDO telah banyak digunakan di berbagai bendung yang jumlahnya mencapai puluhan.

Bentuk hidraulik bangunan, yaitu :

- Mercu bendung bertipe bulat
- Tubuh bendung bagian hilir tegak sampai dengan kemiringan 1 : 1
- Tanpa lengkungan di pertemuan kaki bendung dan lantai
- Lantai hilir berbentuk datar tanpa kemiringan
- Berambang akhir bentuk kotak-kotak di bagian akhir lantai hilir
- Harus dilengkapi dengan tembok sayap hilir bentuk miring dan ujungnya dimasukkan ke dalam tebing
- Untuk menambah keamanan tepat di hilir ambang akhir dan di kaki tembok sayap dipasang rip-rap dari batu berdiameter antara 0,3 m – 0,4 m.

Dalam mendesain dimensi peredam energi tipe MDO ini menggunakan grafik yang diterbitkan oleh DPMA (Gambar 2.7). Grafik tersebut yaitu untuk menentukan dimensi peredam energi tipe MDO yaitu :

- Penentuan kedalaman lantai peredam energi
- Penentuan panjang lantai peredam energi

Perhitungan dimensi peredam energi tipe MDO dihitung dengan menggunakan persamaan (E. Mawardi dan Moch Memed, 2002) yaitu :

Parameter energi dihitung dengan rumus :

$$E = \frac{q}{\sqrt{gz^3}} \dots \dots \dots (2.17)$$

Kedalaman lantai peredam energi dihitung dengan rumus :

$$D_s = (D_s) \left(\frac{D_s}{D_2} \right) \dots \dots \dots (2.18)$$

D_s/D_2 diperoleh dari gambar 2.7

Panjang lantai peredam energi dihitung dengan rumus :

$$L_s = (D_s) \left(\frac{L_s}{D_2} \right) \dots \dots \dots (2.19)$$

L/D_2 diperoleh dari gambar 2.7

Kedalaman air dihilir dihitung dengan rumus :

$$Y = \frac{(Q)^{2/3}}{C \times L} \dots \dots \dots (2.20)$$

Tinggi ambang akhir dihitung dengan rumus :

$$a = 0,3 \times D_2 \dots \dots \dots (2.21)$$

Lebar ambang akhir dihitung dengan rumus :

$$b = 2 \times a \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana :

E = parameter energi

q = debit persatuan lebar ($m^3/dt/m'$)

z = beda tinggi muka air hulu dan hilir (m)

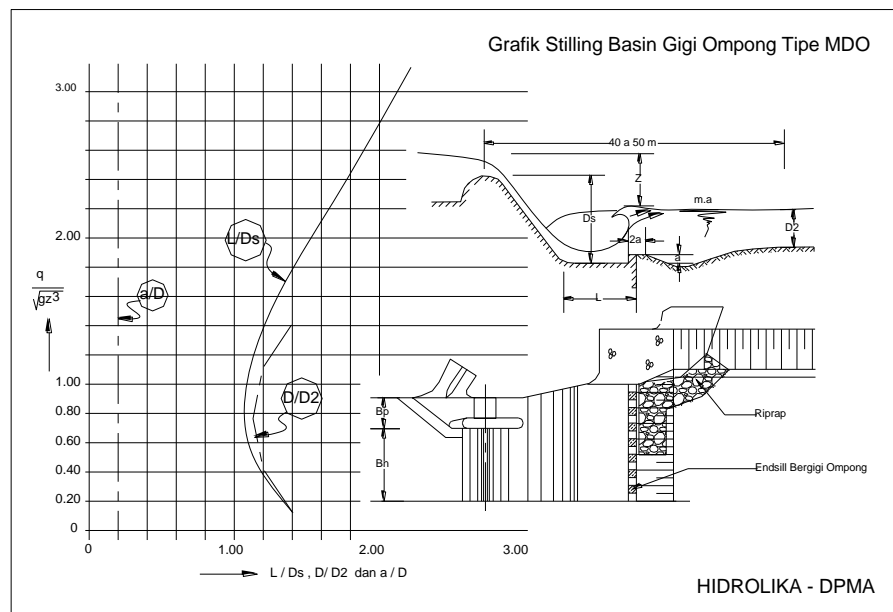
g = percepatan gravitasi ($9,81 m/dt^2$)

D_s = kedalaman lantai peredam energi (m)

a = tinggi ambang akhir (m)

b = lebar ambang akhir (m)

D_2 = kedalaman air dihilir (m)

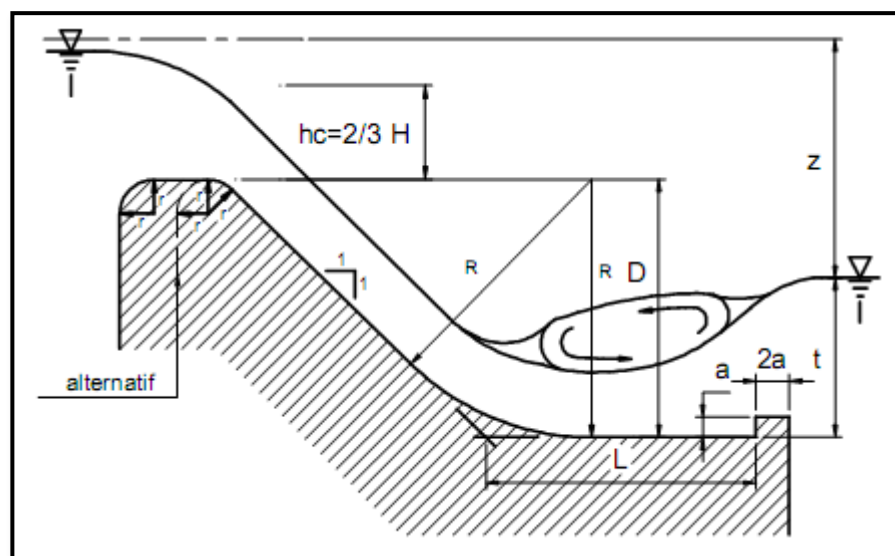


Sumber : Hidrolika – DPMA

Gambar 2.7 Grafik peredam energi tipe MDO

2. Peredam energi tipe Vlugter

Bentuk hidrolik kolam olak tipe Vlugter merupakan pertemuan suatu penampang miring, penampang melengkung dan penampang lurus. Tipe ini digunakan karena mempunyai dasar aluvial dan tidak banyak membawa sedimen yang berdiameter besar.



Sumber : Standar Perencanaan irigasi KP-02,1986

Gambar 2.8 Peredam energi tipe Vlugter

Perhitungan dimensi peredam energi tipe Vlugter menggunakan rumus (Standart Perencanaan Irigasi KP-02) yaitu :

$$h_c = \sqrt{\frac{q^2}{g}} \dots \dots \dots (2.23)$$

Jika $0,5 < \frac{z}{h_c} \leq 2,0$ maka menggunakan rumus:

$$t = 2,4 h_c + 0,4 z \dots \dots \dots (2.24)$$

Jika $2,0 < \frac{z}{h_c} \leq 15,0$ maka menggunakan rumus:

$$t = 3,0 h_c + 0,1 z \dots \dots \dots (2.25)$$

$$a = 0,28 h_c \sqrt{\frac{h_c}{z}} \dots \dots \dots (2.26)$$

$$D = R = L = (Z + t - H1) \dots \dots \dots (2.27)$$

Dimana:

Q = debit banjir rencana (m^3/dt)

q = debit satuan, $q = \frac{Q}{Be}$ ($m^3/dt/m'$)

Be = lebar bendung (m)

h_c = kedalaman kritis (m)

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

a = tinggi ambang akhir (m)

D = kedalaman lantai peredam energi (m)

R = jari-jari kolam olak (m)

L = panjang lantai peredam energi (m)

z = beda tinggi muka air hulu dan hilir (m)

t = Kedalaman air hilir (m)

3. Peredam energi tipe USBR

United States Bureau of Reclamation (USBR) adalah sebuah lembaga yang mengawasi pengelolaan sumber daya air yang meliputi pengawasan proyek-proyek untuk irigasi, suplai air, dan pembangkit listrik tenaga air. Dari penelitian yang intensif pada beberapa jenis rancangan kolam olakan didapatkan beberapa tipe kolam olakan. Rancangan peredam energi tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Untuk $Fr \leq 1,7$ tidak diperlukan kolam olak pada saluran tanah bagian hilir harus dilindungi dari bahaya erosi saluran pasangan batu atau beton tidak memerlukan lindungan khusus. Tipe ini termasuk kolam olak USBR tipe I yang dilengkapi dengan blok halang dan End Sill.
2. Bila $1,7 < Fr \leq 2,5$ maka kolam olak diperlukan untuk meredam energi secara efektif. Pada umumnya kolam olak dengan ambang ujung (blok end sill) mampu bekerja dengan baik. Untuk penurunan muka air $\Delta z < 1,5$ m dapat dipakai bangunan terjun tegak. Tipe ini termasuk kolam olak USBR tipe II yang dilengkapi dengan blok halang dan End Sill
3. Jika $2,5 < Fr \leq 4,5$ maka akan timbul situasi yang paling sulit dalam memilih kolam olak yang tepat. Loncatan air terbentuk dengan baik dan menimbulkan gelombang sampai jarak yang jauh di saluran. Cara mengatasinya adalah mengusahakan agar kolam olak mampu menimbulkan olakan (turbulensi) yang tinggi dengan blok halangnya atau menambah intensitas pusaran dengan memasang blok depan kolam berukuran besar (USBR tipe IV). Tetapi sebaiknya geometrinya diubah untuk memperbesar/memperkecil bilangan Froude dan memakai kolam dari tipe lainnya.
4. Kalau $Fr \geq 4,5$ ini akan merupakan kolam yang paling ekonomis karena kolam ini pendek. Tipe ini termasuk kolam olak USBR tipe III yang dilengkapi dengan blok depan dan blok halang.

Persamaan peredam energi USBR dihitung dengan rumus (Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986) yaitu:

Bilangan Froude dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{(g \times Y_u)}} \dots\dots\dots(2.28)$$

Kecepatan (V_1) awal loncatan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$V_1 = \sqrt{(2g(1/2H_1 + z))} \dots\dots\dots(2.29)$$

Kedalaman konjungasi dalam loncat air dihitung dengan rumus :

$$y_2/y_u = 1/2 \left(V_1 + (1 + 8Fr^2 - 1) \right) \dots\dots\dots(2.30)$$

Panjang kolam olak dihitung dengan rumus :

$$L = 2y_u \left(\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1 \right) \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

- Fr = bilangan froude
- H₁ = tinggi energi diatas ambang, (m)
- z = tinggi jatuh (m)
- V₁ = kecepatan awal loncatan (m/dt)
- y_u = kedalaman air di awal loncat air (m)
- y₂ = kedalaman air di akhir loncat air (m)
- g = percepatan gravitasi
- L = panjang kolam olak

4. Peredam energi tipe bak tenggelam

Kolam olak tipe bak tenggelam telah digunakan sejak lama dengan sangat berhasil pada bendung-bendung rendah dan untuk bilangan-bilangan Fruode rendah. Parameter-parameter dasar sebagaimana diberikan oleh USBR (Peterka, 1974) sulit untuk diterapkan bagi perencanaan bendung dengan tinggi energi rendah. Perhitungan dimensi peredam energi menggunakan rumus (Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986) yaitu :

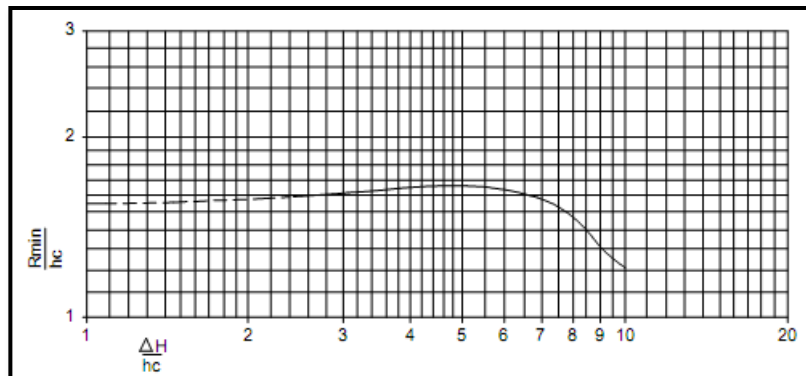
$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$q = \frac{Q}{Be} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana :

- Q = debit banjir rencana (m³/dt)
- q = debit satuan (m³/dt/m')
- Be = lebar bendung (m)
- h_c = kedalaman kritis (m)
- g = percepatan gravitasi (m/dt²)

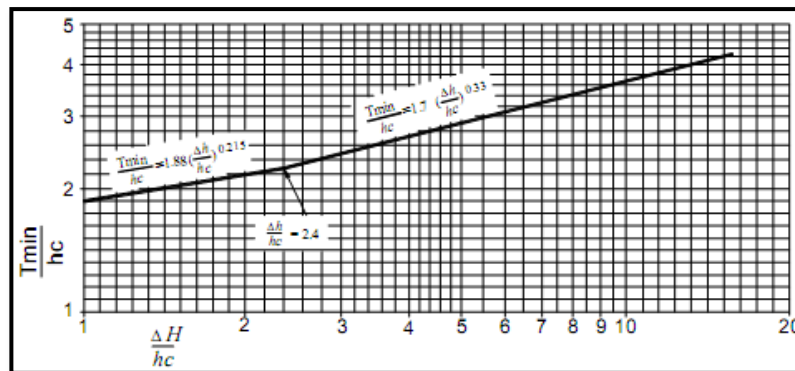
Jari-jari minimum bak yang diizinkan (R_{min}) diperoleh pada gambar 2.11 dimana garis menerus adalah garis asli dari kriteria USBR.



Sumber: Standar Perencanaan irigasi KP-02,1986

Gambar 2.9 Jari-jari minimum bak tenggelam

Batas minimum tinggi air hilir (T_{min}) diperoleh pada gambar 2.3



Sumber: Standar Perencanaan irigasi KP-02,1986

Gambar 2.10 Batas minimum tinggi air hilir

2.2.6. Panjang Rembesan

Perencanaan panjang rembesan bendung menggunakan garis kemiringan hidrolis. Garis gradien hidrolis ini digambarkan dari hilir ke arah hulu dengan titik ujung hilir bendung sebagai permukaan dengan tekanan sebesar nol. Kemiringan garis hidrolis gradien disesuaikan dengan kemiringan yang diijinkan untuk suatu tanah dasar tertentu, yaitu menggunakan *Creep Ratio* (Cr). Untuk mencari panjang lantai depan hulu yang menentukan adalah beda tinggi energi terbesar di mana terjadi pada saat muka banjir di hulu dan kosong di hilir. Garis hidrolis gradien akan membentuk sudut dengan bidang horisontal sebesar α , sehingga akan memotong muka air banjir di hulu.

Proyeksi titik perpotongan tersebut ke arah horisontal (lantai hulu bendung) adalah titik ujung dari panjang lantai depan minimum.

Angka rembesan menurut Lane dihitung dengan rumus (Standart Perencanaan Irigasi KP – Penunjang, 1986) yaitu :

$$C_w = \frac{L_w}{H_w} = \frac{\Sigma L_v + \Sigma 1/3 H_v}{H_w} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana :

C_w = angka rembesan menurut lane (m)

ΣL_v = panjang creep line vertikal (m)

ΣH_v = panjang creep line horisontal (m)

H_w = beda tinggi energi (m)

L_w = Panjang rembesan sampai titik x (m)

Faktor Rembesan / creep ratio (C_w) = $\Sigma CL / \Delta H$ Dimana, $C_w > C_w$ minimum.

Tabel 2.3 Harga-harga Minimum Angka Rembesan Lane

Pasir sangat halus/lanau	8,5
Pasir halus	7
Pasir sedang	6
Pasir kasar	5
Kerikil halus	4
Kerikil sedang	3,5
Kerikil kasar termasuk berangkal	3
Bongkahan dengan sedikit berangkal dan kerikil	2,5
Lempung lunak	3
Lempung sedang	2
Lempung keras	1,8
Lempung sangat keras	1,6

Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP-02, 1986

2.2.7. Pasangan Batu Kosong (Rip-rap)

Pasangan batu kosong (rip-rap) dipakai sebagai selimut lindung bagi tanah asli (dasar sungai) tepat di hilir bangunan. Batu yang dipakai untuk pasangan batu kosong harus keras, padat dan awet, serta berberat jenis 2,4.

Panjang lindungan dari pasangan batu kosong sebaiknya diambil 4 kali kedalaman lubang gerusan lokal. Perencanaan rip-rap dihitung dengan rumus empiris Lacey (Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986) yaitu :

$$R=0,47 \left(\frac{Q}{f}\right)^{1/3} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$f = 1,76 Dm^{1/2} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

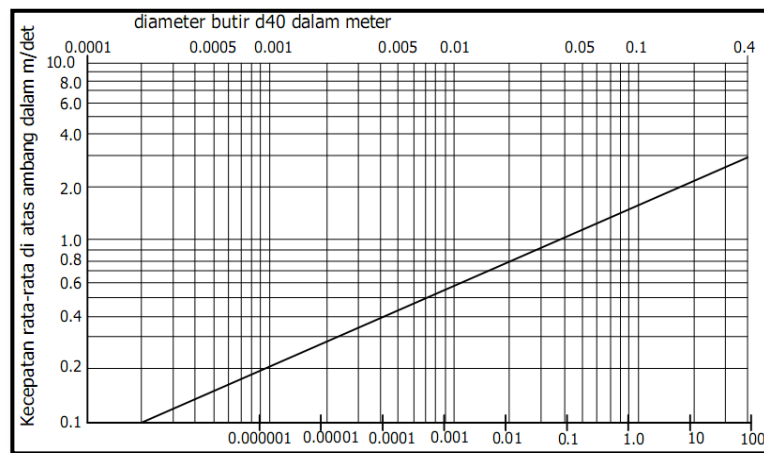
R = kedalaman gerusan di bawah permukaan air banjir (m)

Dm = diameter rata-rata material dasar sungai (m)

Q = debit yang melimpah diatas mercu (m³/det)

f = faktor lumpur Lacey

Menurut Lacey, kedalaman gerusan bersifat empiris, maka dalam penggunaannya dikalikan dengan angka keamanan sebesar 1,5.

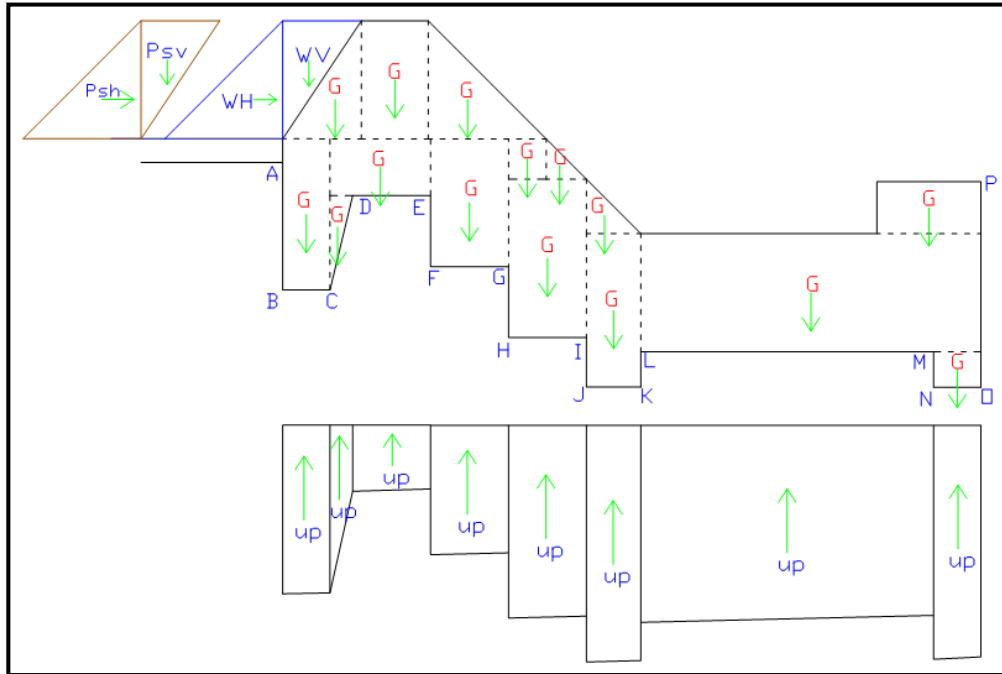


Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP-02, 1986

Gambar 2.11 Grafik untuk perencanaan ukuran pasangan batu kosong

2.2.8. Analisis Stabilitas Bendung

Stabilitas bendung dianalisis pada dua macam kondisi yaitu pada saat sungai normal dan pada saat sungai banjir. Gaya-gaya yang bekerja pada bendung meliputi :



Gambar 2.12 Gaya-gaya yang bekerja pada bendung

Keterangan :

- G : Gaya akibat berat bendung sendiri
- W : Gaya tekan hidrostatik
- Ps : Gaya tekan lumpur
- Up : Gaya angkat (*uplift pressure*)

a. Analisis Gaya Yang Bekerja Pada Bendug

1. Gaya akibat tekanan lumpur

Tekanan lumpur yang bekerja terhadap muka hulu bendug atau terhadap pintu dapat dihitung dengan persamaan (Standart Perencanaan Irigasi KP-06, 1986) yaitu:

$$P_s = \frac{\tau_s h^2}{2} \left(\frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \right) \dots \dots \dots (2.37)$$

Dimana :

- P_s = Gaya yang terletak terletak pada 2/3 kedalaman dari atas lumpur yang bekerja secara horizontal
- τ_s = Berat lumpur (kN)
- h = Dalamnya lumpur (m)
- θ = sudut gesekan dalam

2. Gaya tekanan hidrostatik

Tekanan air akan selalu bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Agar perhitungan lebih mudah gaya horizontal dan vertikal dikerjakan secara terpisah. Persamaan yang digunakan (Standart Perencanaan Irigasi KP-02, 1986) yaitu :

$$W_u = c \cdot \gamma_w [h_2 + 1/2 \zeta (h_1 - h_2)] A \dots \dots \dots (2.38)$$

Dimana :

c = proposan luas di mana tekanan hidrostatik bekerja ($c = 1$ untuk semua tipe pondasi)

γ_w = berat jenis air (kg/m^3) = $1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ T/m}^3$

h_2 = kedalaman air hilir (m)

h_1 = kedalaman air hulu (m)

ζ = proporsi tekanan, diberikan pada tabel 2.4 (m)

A = luas dasar (m^2)

W_u = gaya tekanan ke atas resultante (Ton)

Tabel 2.4 Harga-harga ζ

Tipe Pondasi Batuan	Proporsi Tekanan
Berlapis horisontal	1,00
Sedang, pejal (<i>massive</i>)	0.67
Baik, pejal	0.5

Sumber: Standart Perencanaan Irigasi KP - 02, 1986

3. Gaya akibat berat bendung sendiri

Berat bendung bergantung pada material yang digunakan untuk membuat bangunan tersebut. Persamaan yang digunakan (Standart Perencanaan Irigasi KP-02, 1986) yaitu:

$$G = V \times \gamma \dots \dots \dots (2.39)$$

Dimana :

V = Volume (m^3)

γ = berat jenis material, misal pasangan batu = $2,2 \text{ T/m}^3$

4. Gaya angkat (*uplift pressure*)

Bangunan bendung mendapatkan tekanan air bukan hanya pada permukaan luarnya saja, tetapi juga pada dasarnya dan dalam tubuh bangunan itu. Gaya angkat (*uplift pressure*) adalah istilah umum untuk tekanan air dalam yang menyebabkan berkurangnya berat efektif bangunan di atasnya. Persamaan yang digunakan (Standart Perencanaan Irigasi KP-02, 1986) yaitu:

$$P_x = H_x - H \dots\dots\dots(2.40)$$

$$P_x = H_x - (L \times \frac{\Delta H}{L}) \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana :

P_x = uplift pressure (tekanan air dalam) pada titik X (T/m^2)

L_x = jarak jalur rembesan pada titik x (m)

L = panjang total jalur rembesan (m)

ΔH = beda tinggi energi (m)

H_x = tinggi energi di hulu bendung

5. Gaya gempa

Nilai koefisien gempa didasarkan pada peta zona gempa Indonesia yang menunjukkan berbagai daerah dan resiko gempa. Nilai koefisien gempa dipertimbangkan dengan cara mengalikannya dengan massa bangunan sebagai gaya horizontal menuju arah yang paling tidak aman, yakni arah hilir. Persamaan yang digunakan (Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd T-14-2004-A)

$$A_d = Z \times a_c \times v \dots\dots\dots(2.42)$$

$$k = a_d / g \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

Z = koefisien zona gempa

a_c = percepatan gempa dasar (gal)

a_d = percepatan gempa permukaan terkoreksi (gal)

v = faktor koreksi pengaruh jenis tanah setempat

k = koefisien gempa

g = percepatan gravitasi, 9,81 (m/dt^2).

b. Analisis Stabilitas Bendung

Setelah menganalisis gaya-gaya tersebut, kemudian diperiksa stabilitas bendung terhadap guling, geser, erosi bawah tanah (piping) dan daya dukung tanah.

1. Kontrol terhadap guling

Persamaan yang digunakan (Teknik Bendung Ir.Soedibyo, 2003) yaitu:

$$Sf = \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g} \geq 1,5 \text{ (pada kondisi normal)(2.44)}$$

dan $\geq 1,25$ (pada kondisi banjir)

Dimana :

Sf = faktor keamanan

ΣM_t = besarnya momen vertikal (KNm)

ΣM_g = besarnya momen horisontal (KNm)

2. Kontrol terhadap geser

Permamaan yang digunakan (Hinds Creager Justin, 1961) yaitu :

$$Sf = \frac{\Sigma R_v}{\Sigma R_h} \geq 1,5 \text{ (pada kondisi normal)(2.45)}$$

dan $\geq 1,25$ (pada kondisi banjir)

Di mana :

Sf = faktor keamanan

ΣR_v = besarnya gaya vertikal (KN)

ΣR_h = besarnya gaya horisontal (KN)

3. Terhadap daya dukung tanah

Nilai eksentrisitas dihitung dengan menggunakan persamaan (E.Mawardi dan Moch Memed, 2002) yaitu :

$$e = \frac{1}{2} B - \left(\frac{MT - MG}{\Sigma V} \right) \leq \frac{1}{6} B \text{(2.46)}$$

Dimana :

e = eksentrisitas

B = lebar dasar

MT = momen tahanan

MG = momen guling

ΣV = jumlah gaya vertikal

Perhitungan tegangan tanah menggunakan persamaan (E. Mawardi dan Moch Memed, 2002) yaitu :

$$\sigma_{1,2} = \frac{V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \dots \dots \dots (2.47)$$

Dimana :

$\sigma_{1,2}$ = tegangan tanah yang terjadi

V = gaya-gaya vertikal

B = lebar dasar

e = eksentrisitas

$\bar{\sigma}$ = tegangan ijin (ton/m^2)

Persyaratannya yaitu bila $\sigma_1 < \bar{\sigma}$ dan $\sigma_2 > 0$

2.2.9. Perencanaan Bak Pengendap Sedimen

Bak pengendap sedimen berfungsi untuk menenangkan dan memperlambat aliran air sehingga pengendapan sedimen akan lebih mudah jika kecepatan air rendah. Bahan endapan yang perlu diendapkan tergantung pada jenis PLTA yang direncanakan. Diameter maksimum yang diijinkan bergantung dari jenis PLTA nya (O.F. Patty, 1995) yaitu:

- 0,2 – 0,5 mm untuk PLTA tekanan rendah
- 0,1 – 0,2 mm untuk PLTA tekanan sedang
- 0,01 – 0,05 mm untuk tekanan tinggi

Dimensi bak pengendap sedimen sebaiknya $L/B > 8$, untuk mencegah agar aliran tidak "meander" dalam bak pengendap sedimen.

Panjang dan lebar bak pengendap dihitung dengan rumus (Standart Perencanaan Irigasi KP-Penunjang, 1986) yaitu:

$$LB = \frac{Q_n}{w} \dots \dots \dots (2.48)$$

Dimana :

L = Panjang bak pengendap sedimen (m)

B = lebar bak pengendap sedimen (m)

w = kecepatan endap partikel sedimen (m/dt)

Q_n = Debit rencana (m^3/dt)

Kemiringan kantong lumpur dihitung dengan menggunakan rumus (Standart Perencanaan Irigasi KP-Penunjang, 1986) yaitu:

$$A_n = \frac{Q_n}{V_n} \dots\dots\dots (2.49)$$

$$R_n = \frac{A_n}{O_n} \dots\dots\dots (2.50)$$

$$i_n = \frac{V_n^2}{\left(\frac{2}{R^3 \times k_s}\right)^2} \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana :

R_n = jari-jari hidrolis

A_n = luas penampang (m^2)

O_n = keliling basah m

V_n = kecepatan (m/dt)

k_s = koefisien kekasaran

Perencanaan kantong lumpur dihitung dengan menggunakan rumus (Standart Perencanaan Irigasi KP-Penunjang, 1986) yaitu:

$$\text{Luas permukaan (As)} = Q_s/V_s \dots\dots\dots (2.52)$$

$$\text{Keliling basah (Ps)} = b + 2hs \dots\dots\dots (2.53)$$

$$\text{Kemiringan (is)} = I_s = \frac{V_s^2}{(R^{2/3}K)^2} \dots\dots\dots (2.54)$$

Dimana:

Q_s = debit rencana kantong lumpur (m^3/dt)

b = lebar dasar (m)

hs = kedalaman kantong lumpur (m)

Tegangan geser kritis dihitung menggunakan rumus (Standart Perencanaan Irigasi KP-Penunjang, 1986) yaitu:

$$\tau = \rho \times g \times hs \times is \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana :

τ = tegangan geser kritis (N/m^2)

ρ = berat jenis air (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi ($9,81 m/dt^2$)

Pengecekan efisiensi kantong lumpur dihitung menggunakan rumus (Standart Perencanaan Irigasi KP-Penunjang, 1986) yaitu:

$$w_o = \frac{h_n V_n}{L} \dots\dots\dots(2.56)$$

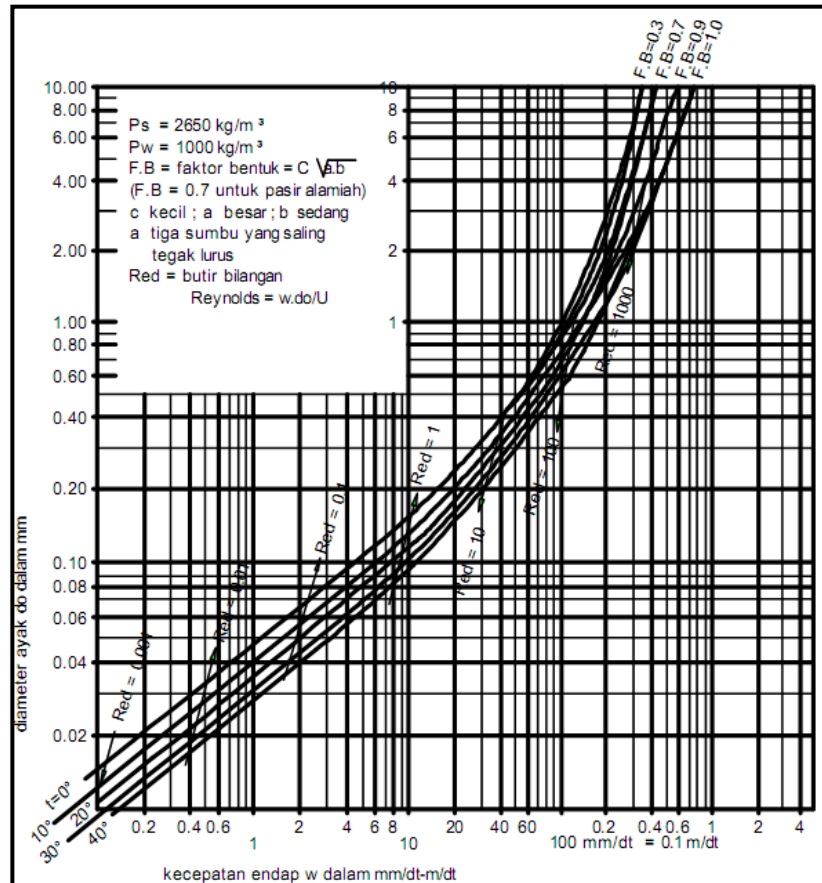
Dimana :

w_o = kecepatan endap rencana (m/dt)

h_n = kedalaman air rencana (m)

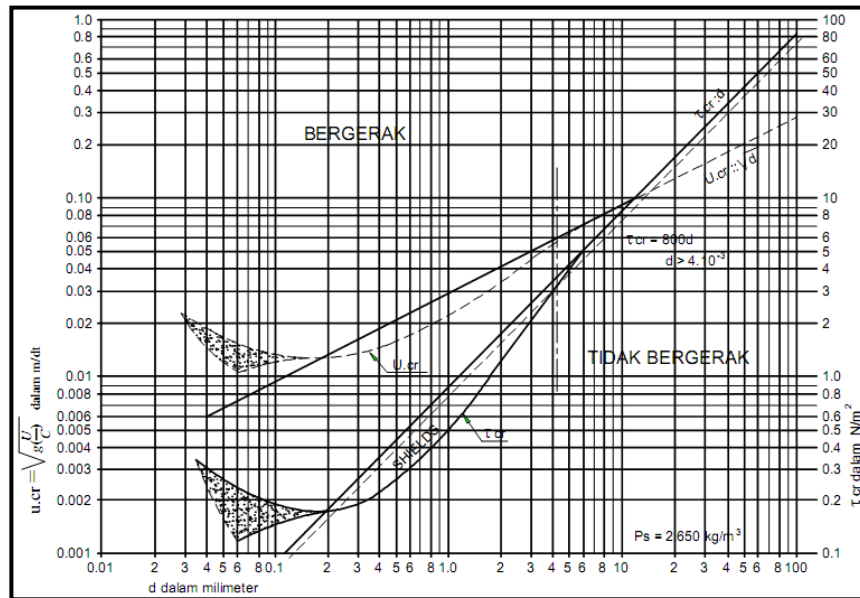
V_n = kecepatan (m/dt)

L = panjang (m)



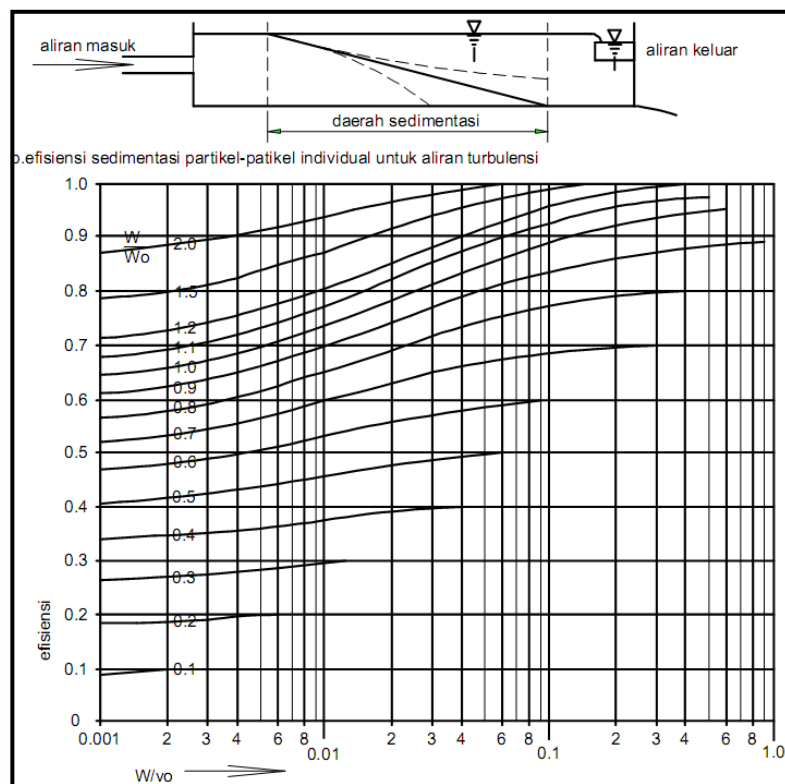
Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP-02, 1896

Gambar 2.13 Hubungan antara diameter ayak dan kecepatan endap



Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP-02, 1896

Gambar 2.14 Tegangan geser dan kecepatan geser kritis



Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP-02, 1896

Gambar 2.15 Grafik pembuangan sedimen Camp

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada penelitian tentang “Perencanaan Bendung Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Di Kali Jompo.” Meliputi:

3.1 Tahap Persiapan

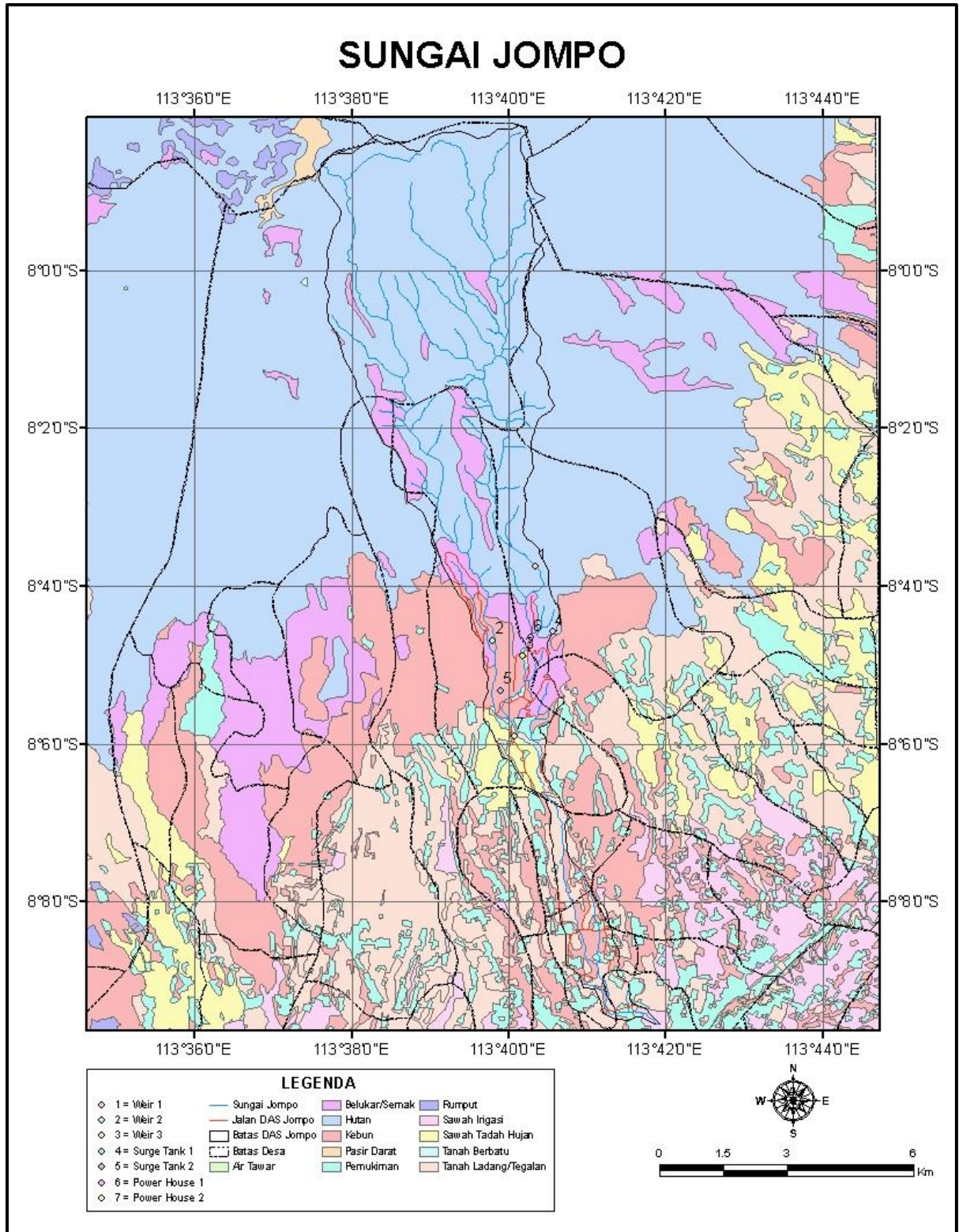
Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahannya. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal penting untuk mengefektifkan waktu dan kegiatan yang dilakukan. Adapun tahapan tersebut antara lain :

1. Studi pustaka mengenai masalah yang berhubungan dengan bendung pembangkit listrik tenaga minihidro.
2. Menentukan kebutuhan data.
3. Mendata instansi yang akan dijadikan narasumber
4. Survey ke lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi di lapangan

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Data-data sekunder yang digunakan dalam perencanaan ini diperoleh dari instansi adalah sebagai berikut :

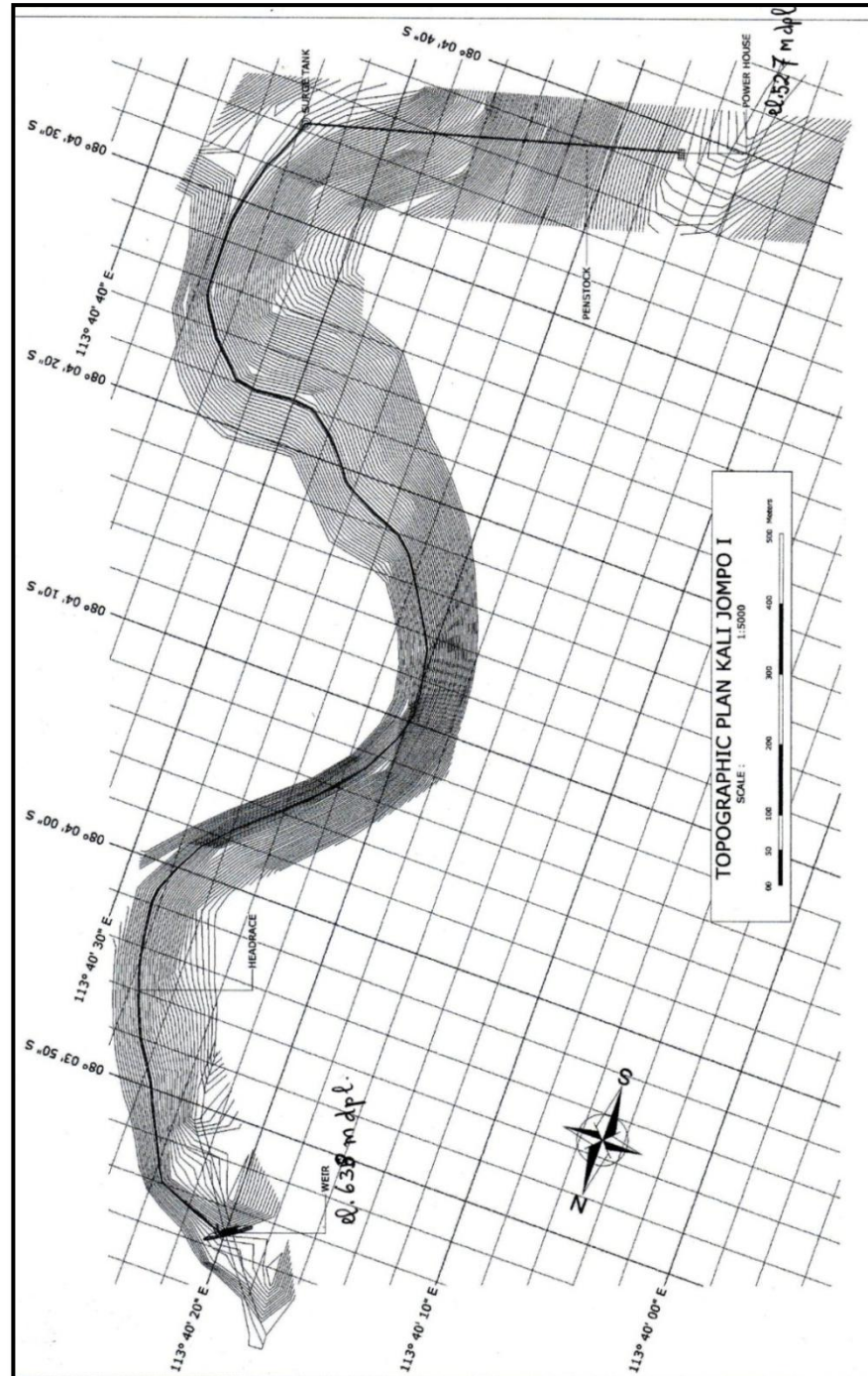
1. Diskripsi lokasi penelitian, yang menjadi lokasi penelitian ini adalah Kali Jompo yang lokasinya berada di dalam perkebunan Kali Jompo, Kali Jompo merupakan anak sungai dari Kali Bedadung. Kali Jompo mempunyai panjang sungai 16 km. kali Jompo sendiri memiliki 2 anak sungai. Tata guna lahan pada lokasi sekitar pembangkit listrik tenaga minihidro merupakan perkebunan, semak belukar, hutan dan pemukiman.



Sumber : Studi kelayakan PT. Euro Hydro Power Persada Indonesia,2011

Gambar 3.1 Peta lokasi rencana dan tata guna lahan kali Jompo

2. Peta Topografi, didapatkan dari Studi Kelayakan PT. Euro Hydro Power Persada Indonesia. Peta topografi digunakan untuk mengetahui Posisi bendung pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang terletak pada koordinat $8^{\circ} 03' 45''$ LS dan $113^{\circ} 40' 20''$ BT tepatnya pada elevasi mercu +638 m dpl.



Sumber : Studi kelayakan PT. Euro Hydro Power Persada Indonesia, 2011

Gambar 3.2 Peta topografi rencana kali Jompo

3. Data Hidrologi, didapatkan dari hasil studi kelayakan PT. Euro Hydro Power Persada Indonesia. Dengan debit rencana $3,0 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan debit banjir rancangan periode 100 tahun sebesar $169,9 \text{ m}^3/\text{dt}$. Debit rencana sebagai parameter perencanaan intake bendung sedangkan debit banjir rencana digunakan sebagai parameter perencanaan mercu bendung, tinggi muka air diatas mercu, kolam peredam energi dan stabilitas bendung terhadap banjir.
4. Data Geologi, didapatkan dari hasil studi kelayakan PT. Euro Hydro Power Persada Indonesia yaitu, jenis tanah dan batuan yang ada dibawah permukaan serta kedalaman tanah keras. Data tanah dan batuan digunakan untuk analisis stabilitas daya dukung tanah pada bendung.

3.3 Perencanaan Hidraulik Bendung

- Perencanaan bendung (*weir*) meliputi :
 - a. Perencanaan hidrolis bendung meliputi :
 - Mercu bendung dengan tipe :
 - Mercu bulat
 - Mercu ogee
 - Bangunan intake dengan tipe :
 - Intake samping
 - Drop intake
 - Bangunan pembilas
 - Kolam peredam energi dengan tipe :
 - Kolam peredam energi tipe bak tenggelam
 - Kolam peredam energi tipe USBR
 - Kolam peredam energi tipe Vlugther
 - Kolam peredam energi tipe MDO
 - Perhitungan panjang rembesan
 - Perencanaan Rip-rap
 - Pemilihan kombinasi antara tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi yang tepat.

- b. Analisis Stabilitas bendung pada kombinasi tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi meliputi :
- Analisis gaya-gaya yang bekerja meliputi :
 - Gaya tekan hidrostatis
 - Gaya tekan lumpur
 - Gaya akibat berat bendung
 - Gaya angkat (*uplift pressure*)
 - Gaya gempa
 - Stabilitas pada bendung meliputi:
 - Stabilitas terhadap guling
 - Stabilitas terhadap geser
 - Stabilitas daya dukung tanah

3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan biaya suatu konstruksi berdasarkan gambar dalam persyaratan terlampir. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) bertujuan untuk membandingkan besar biaya yang dibutuhkan pada beberapa macam kombinasi bendung.

3.5 Pemilihan Tipe Bendung

Pertimbangan pemilihan tipe bendung yang meliputi kombinasi tipe mercu bendung, tipe intake dan tipe kolam peredam energi berdasarkan pada :

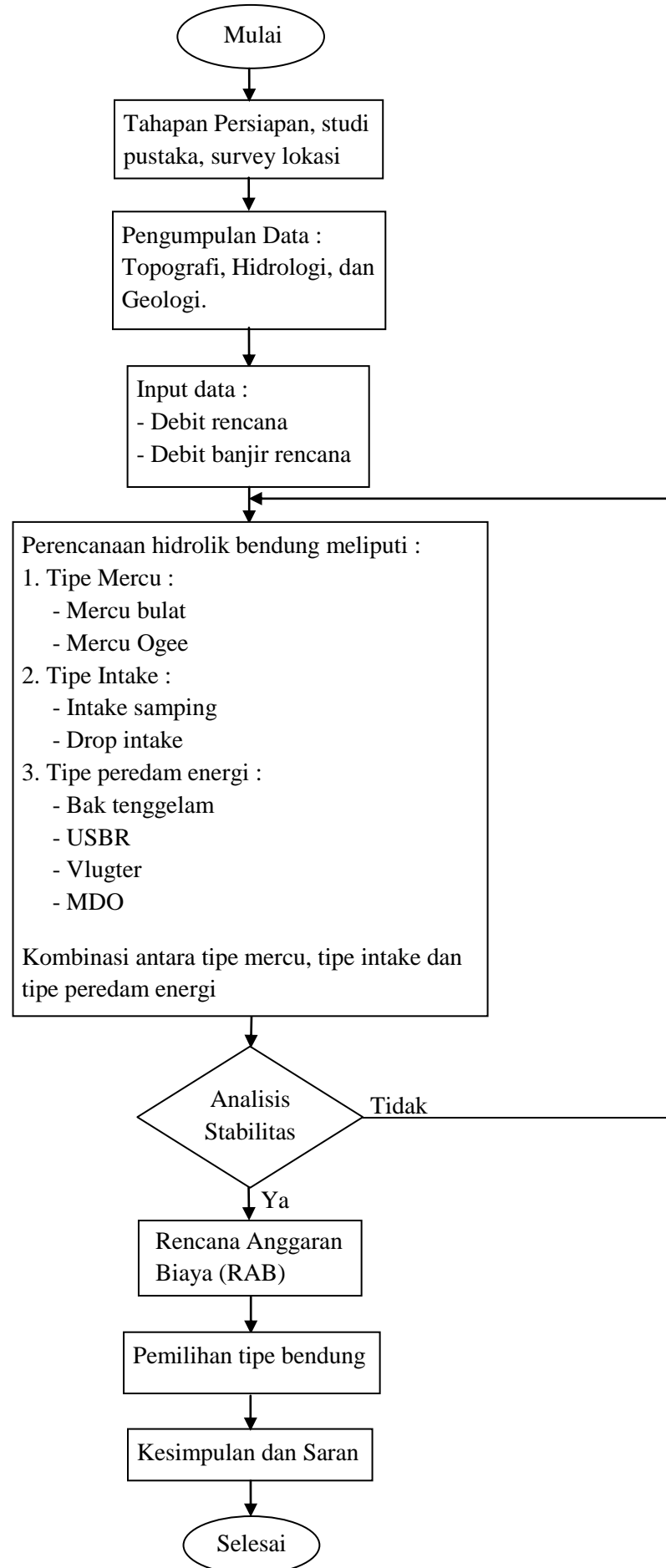
1. Sesuai dengan kondisi lapangan.
2. Dapat menangkap, mengarahkan debit rencana sebesar $3,0 \text{ m}^3/\text{dt}$
3. Aman terhadap stabilitas bendung.
4. Biaya yang paling rendah diantara bendung dengan kombinasi dari tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi.

3.6 Jadwal Kerja

Jenis Pekerjaan	Minggu ke							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Persiapan	■	■						
Pengumpulan data		■	■					
Perencanaan hidrolik bendung			■	■	■			
Perhitungan RAB				■	■	■		
Penulisan Laporan						■	■	■

Matrik Desain Penelitian

Rumusan Masalah	Variabel	Jenis Sumber	Metode Analisa	Output
<p>Bagaimanakah perencanaan Bendung yang tepat aman terhadap stabilitas dan dengan biaya yang paling rendah diantara beberapa tipe kombinasi bendung pada pembangkit listrik tenaga minihidro di Kali Jompo?</p>	<p>1. Perencanaan hidraulik bendung dan stabilitas bendung :</p> <p>a. Tipe mercu :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mercu bulat - mercu ogee <p>b. Tipe intake :</p> <ul style="list-style-type: none"> - intake samping - drop intake <p>c. Tipe peredam energi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - bak tenggelam - USBR - vlugter - MDO <p>d. Gaya-gaya yang bekerja :</p> <ul style="list-style-type: none"> - gaya akibat berat sendiri - gaya tekanan lumpur - gaya tekanan hidrostatik - gaya angkat (<i>uplift</i>) - gaya gempa <p>e. Stabilitas bendung :</p> <ul style="list-style-type: none"> - stabilitas terhadap guling - stabilitas terhadap geser - stabilitas terhadap daya dukung tanah <p>2. Rencana Anggaran Biaya</p>	<p>Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986 Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986</p> <p>Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986 Pd-T-01-2003</p> <p>Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986 Standart Perencanaan Irigasi KP-04,1986 Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986 E.Mawardi dan Moch. Memed, 2002</p> <p>Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986 Standart Perencanaan Irigasi KP-06,1986 Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986 Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986 Pd-T-14-2004-A</p> <p>Teknik Bendung Ir. Soediby, 2003 Hinds Creager Justin, 1961 E.Mawardi dan Moch. Memed, 2002</p> <p>SNI DT-91-0006-2007</p>	<p>1. Perencanaan tipe mercu, tipe intake, tipe peredam energi menggunakan metode perhitungan Hidrolika Saluran Terbuka, diantaranya :</p> <p>a. Tipe mercu :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mercu bulat - mercu ogee <p>b. Tipe intake :</p> <ul style="list-style-type: none"> - intake samping - drop intake <p>c. Tipe peredam energi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - bak tenggelam - USBR - vlugter - MDO <p>2. Analisis stabilitas pada bendung dengan kombinasi dari tipe mercu tipe intake dan tipe peredam energi dilakukan dengan menggunakan metode analisis kemantapan (<i>stability</i>) diantaranya :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kontrol stabilitas terhadap guling yaitu jumlah momen vertikal dibagi dengan jumlah momen horizontal harus $\geq 1,5$ pada kondisi air normal dan $\geq 1,25$ pada kondisi banjir - Kontrol stabilitas terhadap geser yaitu jumlah gaya vertikal dibagi jumlah gaya horizontal harus $\geq 1,5$ pada kondisi air normal dan $\geq 1,25$ pada kondisi banjir - Stabilitas terhadap daya dukung tanah menggunakan perhitungan tegangan tanah dengan persyaratan $\sigma_{max} < \sigma_{ijin}$ dan $\sigma_{min} > 0$ <p>3. Perhitungan dan perbandingan rencana anggaran biaya dari kombinasi tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi menggunakan analisis harga satuan pada SNI DT-91-0006-2007</p>	<p>Perencanaan bendung yang tepat, aman terhadap stabilitas dan dengan biaya yang paling rendah diantara beberapa tipe kombinasi bendung pada pembangkit listrik tenaga minihidro di Kali Jompo</p>

Flowchart Penelitian

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Umum

Perencanaan bendung pada pembangkit listrik tenaga minihidro di kali Jompo adalah bendung tetap. Bendung direncanakan untuk mengarahkan air tanpa menampung air karena skema yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga minihidro di Kali Jompo adalah *run of river*. Besarnya debit rencana yang digunakan adalah 3,00 m³/dt dan besarnya debit banjir rencana kala ulang 100 tahun adalah 169,0 m³/dt. Dasar perencanaan debit rencana dan debit banjir rencana didapatkan dari hasil studi kelayakan PT. Euro Hydro Power Persada Indonesia.

4.2 Lebar Bendung

Lebar bendung yaitu jarak antara pangkal-pangkalnya (*abutment*) direncanakan lebih lebar atau sama dengan lebar sungai rata-rata. Dari hasil studi kelayakan PT. Euro Hydro Power Persada Indonesia diketahui lebar rata-rata sungai adalah 15 m sehingga lebar rencana bendung adalah 15 m.

4.3 Elevasi Puncak Mercu Bendung

Elevasi mercu bendung yang diperlukan bergantung pada beda tinggi rencana antara elevasi mercu bendung dengan elevasi power house. Beda tinggi menentukan kapasitas daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga minihidro. Dari hasil studi kelayakan PT. Euro Hydro Power Persada Indonesia elevasi mercu bendung adalah +638 m dpl dengan tinggi mercu 2,50 m dari dasar sungai.

4.4 Perencanaan Hidraulik Bendung

Perencanaan hidraulik bendung terdiri dari beberapa komponen didalamnya yang kemudian akan dikombinasikan dan dipilih yang tepat.

Perencanaan hidraulik bendung meliputi :

- Perencanaan mercu bendung dengan tipe :
 - Mercu bulat
 - Mercu ogee
- Perencanaan bangunan intake dengan tipe :
 - Intake samping (*side intake*)
 - Drop intake
- Perencanaan kolam peredam energi dengan tipe :
 - Kolam peredam energi tipe bak tenggelam
 - Kolam peredam energi tipe USBR
 - Kolam peredam energi tipe Vlugther
 - Kolam peredam energi tipe MDO

4.4.1 Perhitungan Tinggi Air Banjir di Atas Mercu

4.4.1.1 Mercu Bulat

Bendung pembangkit listrik tenaga minihidro di kali Jompo direncanakan menggunakan pasangan batu.

Data perencanaan :

$$Q = 169,9 \text{ m}^3/\text{det.}$$

$$Be = 15 \text{ m}$$

$$p = 2,5 \text{ m}$$

$$r = 1,5 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m}^2/\text{dt}$$

Kemiringan hulu = 1 : 0,67 (direncanakan)

Kemiringan hilir = 1 : 1 (direncanakan)

Elevasi tinggi mercu = + 638 m

Langkah-langkah untuk menghitung tinggi muka air diatas mercu yaitu :

1. Mengasumsikan nilai $C_d = 1,3$
2. Menghitung tinggi energi diatas mercu (H_1) dengan rumus :

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot B_e \cdot H_1^{1.5}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Hasil perhitungan didapatkan nilai $H_1 = 2,97$ m. Nilai H_1 kemudian dijadikan parameter untuk mengkoreksi nilai C_d yang terdapat pada gambar 2.1, 2.2, 2.3. Selanjutnya dilakukan simulasi untuk menghitung ulang nilai H_1 sampai diperoleh nilai C_d yang mendekati sama. Hasil simulasi perhitungan untuk mendapatkan nilai H_1 dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Simulasi perhitungan tinggi energi di atas mercu bulat

Q	Cd	g	Be	H1	k	v	hd
169.9	1.3	9.81	15	2.97	0.74	3.82	2.22
169.9	1.28	9.81	15	2.99	0.73	3.78	2.26
169.9	1.28	9.81	15	2.99	0.73	3.78	2.26

Sehingga didapatkan nilai $H_1 = 2,99$ m. Elevasi tinggi energi diatas mercu bulat = Elevasi tinggi mercu + $H_1 = 638$ m + $2,99$ m = + 640,99 m

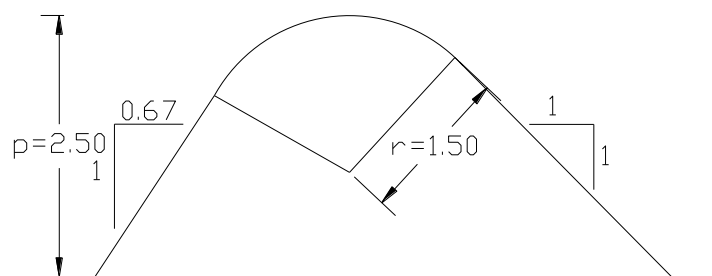
- Menghitung tinggi muka air banjir diatas mercu (H_d) dengan rumus:

$$H_d = H_1 - k \dots\dots\dots(2.2)$$

$$k = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$V = \frac{Q}{B_e \times H_1} \dots\dots\dots(2.4)$$

Sehingga hasil perhitungan tinggi muka air banjir (H_d) didapatkan 2,26 m. Elevasi tinggi muka air banjir diatas mercu = Elevasi tinggi mercu + $H_d = + 640,26$ m



Gambar 4.1 Mercu bulat

4.4.1.2 Mercu Ogee

Data perencanaan :

$$Q = 169,9 \text{ m}^3/\text{det.}$$

$$C_d = 1,3 \text{ (asumsi awal)}$$

$$B_e = 15 \text{ m}$$

$$p = 2,5 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m}^2/\text{dt}$$

Kemiringan hulu = 1 : 0,67 (direncanakan)

Elevasi tinggi mercu = + 638 m

Langkah-langkah perhitungan tinggi muka air diatas mercu ogee sama seperti langkah-langkah perhitungan pada mercu bulat. Hasil simulasi perhitungan untuk mendapatkan nilai H_1 dapat dilihat pada tabel 4.2. Sehingga didapatkan nilai $H_1 = 3,06 \text{ m}$. Elevasi tinggi energi diatas mercu ogee = Elevasi tinggi mercu + $H_1 = 638 \text{ m} + 3,06 \text{ m} = + 641,06 \text{ m}$.

Tabel 4.2 Simulasi perhitungan tinggi energi di atas mercu ogee

Q	Cd	g	Be	H1	k	v	hd
169.9	1.3	9.81	15	2.97	0.74	3.82	2.22
169.9	1.24	9.81	15	3.06	0.7	3.7	2.36
169.9	1.24	9.81	15	3.06	0.7	3.7	2.36

Dengan menggunakan rumus 2.2, tinggi muka air banjir (H_d) didapatkan 2,36 m. Elevasi tinggi muka air diatas mercu ogee = Elevasi tinggi mercu + $H_d = 638 \text{ m} + 2,36 \text{ m} = + 640,36 \text{ m}$.

Untuk merencanakan permukaan hilir mercu Ogee digunakan rumus :

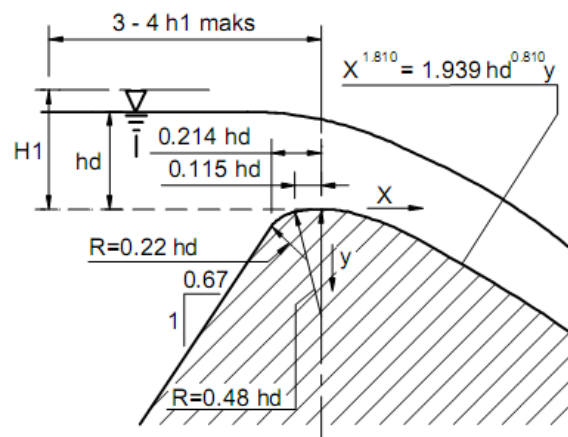
$$\frac{Y}{H_d} = \frac{1}{K} \left[\frac{X}{H_d} \right]^n \dots\dots\dots(2.5)$$

Dari tabel 2.1 diperoleh harga $k = 1,939$ dan harga $n = 1,810$

Hasil perhitungan koordinat permukaan hilir mercu ogee dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Koordinat permukaan hilir mercu ogee

Hd	y	x
2.36	0.25	0.984
	0.50	1.444
	0.75	1.806
	1.00	2.117
	1.25	2.395
	1.50	2.649
	1.75	2.884
	2.00	3.105
	2.25	3.314
2.50	3.513	



Gambar 4.2 Mercu Ogee

Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP-02

Dari gambar 4.2 didapatkan nilai :

$$R1 = 0,22 Hd = 0,22 \times 2,36 = 0,272 \text{ m}$$

$$R2 = 0,48 Hd = 0,48 \times 2,36 = 0,506 \text{ m}$$

$$D1 = 0,115 Hd = 0,115 \times 2,36 = 0,520 \text{ m}$$

$$D2 = 0,214 Hd = 0,214 \times 2,36 = 1,135 \text{ m}$$

4.4.2 Perencanaan Bangunan Intake

4.4.2.1 Intake Samping

- a. Perencanaan lebar dan tinggi bukaan pintu intake.

Perencanaan intake menggunakan 2 buah pintu air dan dipisahkan dengan pilar yang lebarnya 1,00 m.

Diketahui :

$$Q = 3,00 \text{ m}^3/\text{dt} = 1,2 \times 3 \text{ m}^3/\text{dt} = 3,60 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (2 pintu)}$$

$$= 1,80 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (1 pintu)}$$

$$Y_1 = 1 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m (direncanakan)}$$

$$\text{Elevasi dasar sungai} = +635,5 \text{ m}$$

Langkah-langkah untuk merencanakan lebar dan tinggi bukaan pintu intake adalah :

1. Menentukan koefisien pelepasan (C) pada gambar 2.4

Dari gambar 2.4 diperoleh nilai $C = 0,48$

2. Menghitung tinggi bukaan pintu (h) dengan menggunakan rumus :

$$Q = CLh\sqrt{2gy_1} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan cara trial and error nilai h dicoba-coba sampai didapatkan hasil $Q_d \text{ hitung} = Q_d \text{ rencana}$. Hasil trial and error tinggi bukaan pintu intake (h) dapat dilihat pada tabel 4.4. Dari hasil trial and error didapatkan nilai $h = 0,6$.

Tabel 4.4 Trial and error kehilangan energi pada bukaan pintu intake

h	y ₁	b	c	Q
0.3	1.0	1.5	0.48	0.96
0.4	1.0	1.5	0.48	1.28
0.5	1.0	1.5	0.48	1.59
0.6	1.0	1.5	0.48	1.80

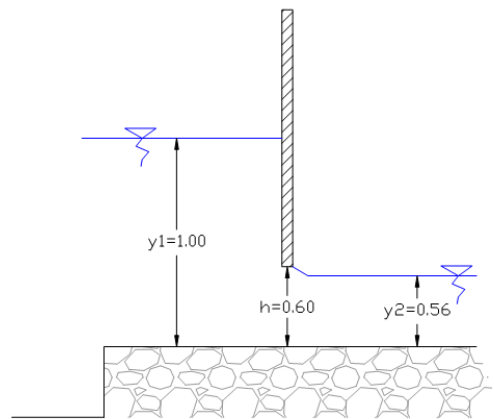
3. Menentukan jenis aliran yang terjadi melewati pintu.

Dengan menggunakan persamaan kontinuitas maka tinggi air dibelakang pintu didapatkan :

$$Q = C Y_2 L (2 g Y_1)^{1/2}$$

$$Y_2 = \frac{Q}{CxLx(2gY_1)^{1/2}} = \frac{1,8}{0,48 \times 1,5 \times (2 \times 9,81 \times 1)^{1/2}} = 0,56$$

Aliran yang terjadi adalah aliran bebas karena $h > Y_2$



Gambar 4.3 Elevasi bukaan pintu intake

b. Perencanaan bangunan pembilas

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-Penunjang, lebar bersih bangunan pembilas (B_{sc}) adalah $0,6 \times$ lebar total pengambilan.

Sehingga, $B_{sc} = 0,6 \times ((2 \times 1,5) + 1,00) = 2,40 \text{ m} \approx$ diambil $2,50 \text{ m}$.

Lebar total bangunan pembilas adalah $2,50 \text{ m}$, yang terdiri dari 1 pintu pembilas yang lebarnya $1,50 \text{ m}$ dan dengan pilar yang lebarnya 1 m .

4.4.2.2 Drop Intake

Diketahui :

$$B_{\text{pengambil}} = 15 \text{ m}$$

$$Q_i = 3,6 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$g = 9,81 \text{ m}/\text{dt}^2$$

Langkah-langkah untuk merencanakan drop intake adalah :

1. Merencanakan panjang saringan.

Dalam merencanakan panjang saringan dilakukan beberapa proses perencanaan diantaranya,

- Merencanakan lebar celah dan jarak antar sumbu pada saringan

$$\text{Lebar celah antara 2 saringan (n)} = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$$

$$\text{Lebar jarak antar sumbu saringan (m)} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

- Menghitung debit persatuan lebar (q) dengan rumus 2.8

$$q = \frac{Q_i}{B_{\text{pengambil}}} = \frac{3,6}{15} = 0,24 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}$$

- Menghitung kedalaman aliran kritis (h_c) dengan rumus 2.9

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{0,24^2}{9,81}} = 0,18 \text{ m}$$

- Merencanakan sudut kemiringan saringan (α).

$$\text{Direncanakan } \alpha = 24^\circ$$

- Menentukan harga koefisien debit penyadapan (c).

Berdasarkan dari sudut kemiringan saringan dari tabel 2.2 didapatkan nilai koefisien debit $c = 0,812$.

- Menghitung kedalaman aliran di udik (h_1) dengan rumus 2.10

$$h_1 = c \cdot h_c = 0,146 \text{ m}$$

- Menghitung koefisien saringan (ψ) dengan rumus 2.12

$$\psi = \frac{n}{m} = \frac{3}{5} = 0,6$$

- Menghitung koefisien μ dengan rumus 2.13

$$\mu = 0,66 \psi^{-0,16} \left(\frac{m}{h_1}\right)^{0,13} = 0,66 \times 0,6^{-0,16} \left(\frac{0,06}{0,146}\right)^{0,13} = 0,623$$

- Menghitung koefisien kemampuan sadap (λ) dengan rumus 2.11

$$\begin{aligned} \lambda &= \psi \cdot \mu \cdot \cos \alpha \sqrt{2 \cdot g \cdot \cos \alpha} \\ &= 0,6 \cdot 0,623 \cdot \cos 24^\circ \sqrt{2 \cdot g \cdot \cos 24^\circ} = 1,445 \end{aligned}$$

- Menghitung panjang saringan pengambil (L) dengan rumus 2.7

$$L_{\text{teoritik}} = 2,561 \frac{q}{\lambda \sqrt{h_1}} = 2,561 \frac{0,24}{1,445 \sqrt{0,146}} = 1,111 \text{ m}$$

Untuk keamanan kemungkinan sebagian saringan tersumbat oleh batu dan sampah, $L_{\text{teoritik}} \times 120\%$, sehingga panjang saringan didapat 1,6 m

2. Merencanakan saluran pengumpul

Diketahui :

$$Q_{\text{rencana}} = 3,6 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$b = 1,5 \text{ m}$$

$$k = 60 \text{ (dengan plesteran)}$$

$$D_{\text{maks}} = \text{Lebar celah saringan} = 0,03 \text{ m}$$

Dalam merencanakan saluran pengumpul dilakukan beberapa proses perencanaan diantaranya,

- Menghitung kemiringan saluran (I_{0min}) dengan rumus 2.15

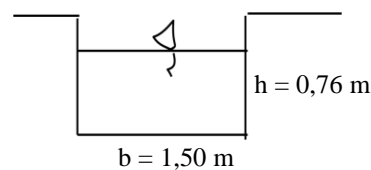
$$I_{0min} = 0,20 \frac{D^{9/7}}{q^{6/7}} = 0,20 \frac{0,03^{9/7}}{0,24^{6/7}} = 0,01$$

- Tinggi air pada saluran pengumpul (h) dihitung dengan menggunakan rumus 2.14 dan cara trial and error, dengan mencoba-coba nilai h hingga didapatkan $Q_{hitung} = Q$ debit rencana = $3,6 \text{ m}^3/\text{dt}$. Hasil trial and error tinggi air pada saluran pengumpul (h) dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Trial and error tinggi air pada saluran pengumpul

h (m)	A (m ²)	P	R	K	V (m/s)	I	Q (m ³ /s)
0.5	0.75	2.5	0.3	60	2.69	0.01	2
0.75	1.13	3	0.38	60	3.12	0.01	3.5
1	1.5	3.5	0.43	60	3.41	0.01	5.1
0.76	1.14	3.02	0.38	60	3.13	0.01	3.6

Sehingga tinggi saluran = tinggi jagaan + tinggi air (h)
 $= 0,50 \text{ m} + 0,76 \text{ m} = 1,26 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$



Gambar 4.4 Dimensi saluran pengumpul

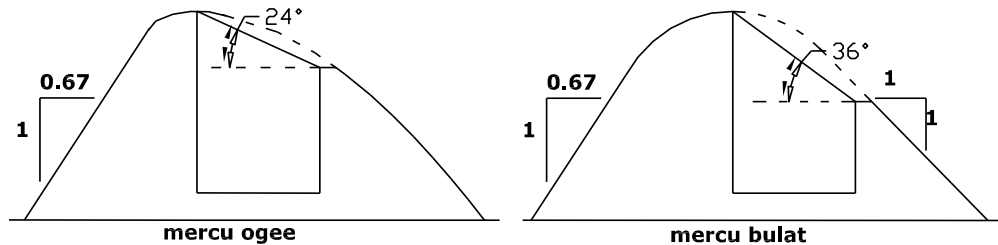
4.4.2.3 Kesesuaian Kombinasi Tipe Mercu Dengan Tipe Intake

Kesesuaian kombinasi antara tipe mercu dengan tipe intake dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Kesesuaian kombinasi tipe mercu bendung dengan tipe intake

Intake	Kombinasi	
	Mercu Bendung	
	Mercu bulat	Mercu ogee
Intake samping	dapat	dapat
Drop intake	tidak dapat	dapat

Intake samping dapat dikombinasikan dengan tipe mercu bulat maupun mercu ogee. Mercu ogee dapat dikombinasikan dengan drop intake karena sudut kemiringan saringannya tersedia pada tabel 2.2. Sedangkan pada mercu bulat tidak dapat dikombinasikan dengan drop intake karena sudut kemiringan saringannya tidak tersedia pada tabel 2.2.



Gambar 4.5 kombinasi mercu bulat dan ogee dengan menggunakan drop intake

4.4.3 Perhitungan Tinggi Muka Air Hilir

Diketahui :

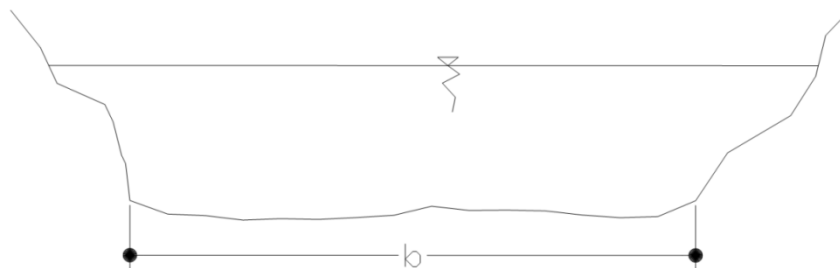
$$b = 15 \text{ m}$$

$$I = 0.0431$$

$$Q_{\text{banjir}} = 169,9 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Elevasi dasar sungai} = +635,5 \text{ m}$$

Dalam menghitung tinggi muka air hilir, diperlukan asumsi bentuk penampang sungai. Penampang sungai dianggap berbentuk trapesium dengan perbandingan kemiringan talud 1 : 1.



Gambar 4.6 Penampang sungai

Selanjutnya kedalaman maksimum air sungai (h) dihitung menggunakan rumus 2.16 dan cara trial and error, dengan mencoba-coba nilai (h) sampai didapat $Q = Q_{\text{banjir}}$. Hasil trial and error kedalaman maksimum air sungai (h) dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Trial and error kedalaman maksimum air sungai

H	B	A	P	R	I	K	V	Q
(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)			(m/dt)	(m ³ /dt)
0.5	15	7.75	16.41	0.47	0.0431	45	5.66	43.9
0.75	15	11.81	17.12	0.69	0.0431	45	7.29	86.2
1	15	16	17.83	0.9	0.0431	45	8.69	139.1
1.13	15	18.19	18.19	1	0.0431	45	9.34	169.9

Dari hasil trial and error kedalaman maksimum air sungai (h) pada tabel 4.7 didapatkan (h) = 1,13 m. Elevasi muka air hilir = elevasi dasar sungai + kedalaman maksimum air sungai (h) = +636,63 m.

4.4.4 Kolam Peredam Energi

Perencanaan peredam energi pada penelitian ini terdiri dari beberapa tipe diantaranya, bak tenggelam, Vlugther, USBR dan MDO. Dari beberapa tipe peredam energi tersebut kemudian akan dikombinasikan dengan tipe mercu bendung.

4.4.4.1 Peredam Energi Bak Tenggelam

Perencanaan peredam energi bak tenggelam akan dikombinasikan dengan mercu bulat dan mercu ogee.

- a. Peredam energi bak tenggelam dikombinasikan dengan mercu bulat

Diketahui :

$$Q = 169,9 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Be = 15 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi tinggi energi diatas mercu bulat} = +640,99 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi tinggi energi hilir} = +636,63 \text{ m}$$

Langkah-langkah untuk merencanakan peredam energi bak tenggelam adalah :

- Menghitung debit satuan (q) dengan rumus 2.33
- Menghitung kedalaman kritis (hc) dengan rumus 2.32

$$hc = \sqrt[3]{q^2/g} = \sqrt[3]{11,327^2/9,81} = 2,356 \text{ m}$$

- Menghitung beda tinggi energi hulu dan hilir (ΔH),

$$\Delta H = \text{Tinggi energi hulu} - \text{tinggi energi hilir}$$

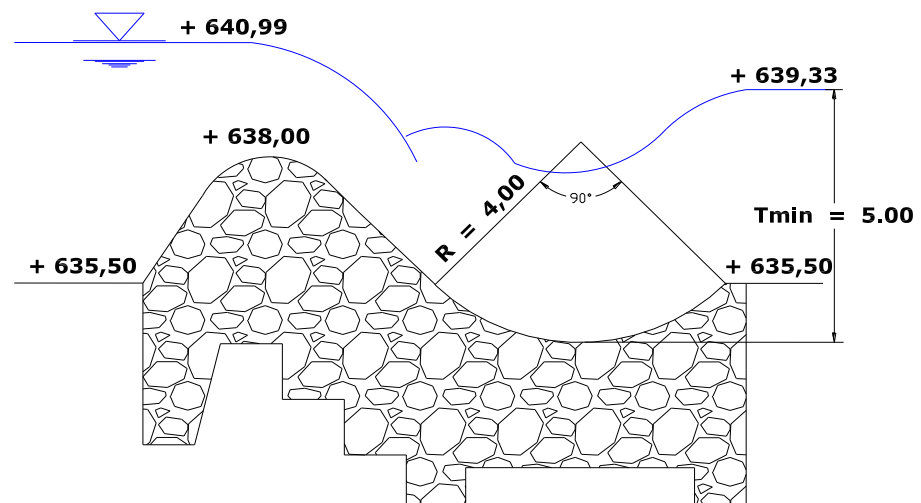
$$= 640,99 - 636,36 = 4,36 \text{ m}$$
- Menghitung nilai $\Delta H/hc$

$$\Delta H/hc = 4,36/2,356 = 1,852$$
- Mencari nilai R_{\min}/hc pada gambar 2.9
 Didapatkan nilai $R_{\min}/hc = 1,55$.
- Menghitung jari-jari minimum bak tenggelam (R_{\min}).

$$R_{\min} = 1,55 \times hc = 1,55 \times 2,356 = 3,6518 \approx 4 \text{ m}$$
- Mencari nilai T_{\min}/hc pada gambar 2.10
 Didapatkan nilai $T_{\min}/hc = 2,09$
- Menghitung batas minimum tinggi air hilir (T_{\min})

$$T_{\min} = 2,09 \times hc = 2,09 \times 2,356 = 4,92 \approx 5 \text{ m}$$

Dimensi dari perencanaan kombinasi peredam energi bak tenggelam dengan mercu bulat dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kombinasi peredam energi bak tenggelam dengan mercu bulat

- b. Peredam energi bak tenggelam dikombinasikan dengan mercu ogee

Diketahui :

$$Q = 169,9 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Be = 15 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi tinggi energi diatas mercu ogee} = +641,06 \text{ m}$$

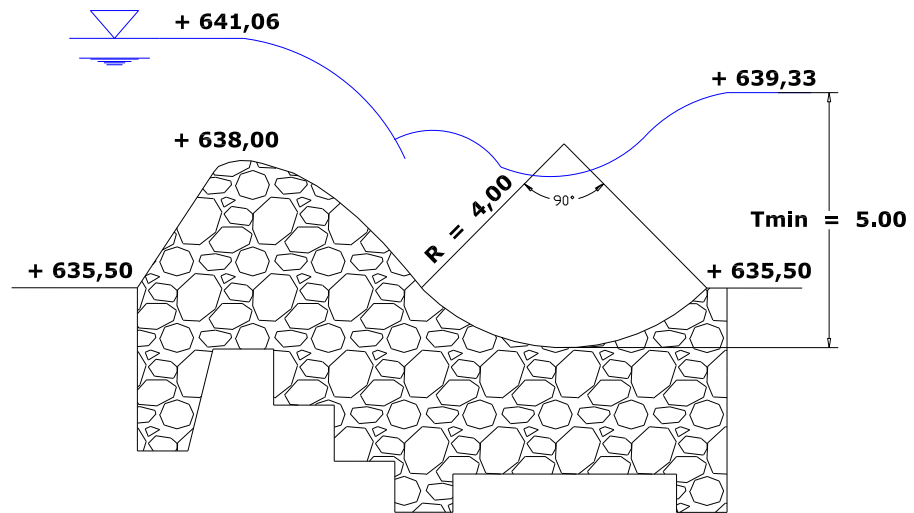
$$\text{Elevasi tinggi energi hilir} = +636,63 \text{ m}$$

Langkah-langkah perencanaan pada peredam energi bak tenggelam dengan kombinasi mercu ogee, sama dengan kombinasi peredam energi bak tenggelam dengan mercu bulat. Sehingga didapatkan hasil :

Jari-jari minimum (R_{\min}) = 4 m

Batas minimum tinggi air hilir (T_{\min}) = 5 m

Dimensi dari perencanaan kombinasi peredam energi bak tenggelam dengan mercu ogee dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Kombinasi peredam energi bak tenggelam dengan mercu ogee

4.4.4.2 Peredam Energi USBR

Peredam energi USBR memiliki 4 macam tipe. Tipe peredam energi USBR bergantung pada bilangan Froude nya. Pada penelitian ini perencanaan peredam energi USBR akan dikombinasikan dengan mercu bulat dan mercu ogee.

- Dikombinasikan dengan mercu bulat

Diketahui :

$$Q = 169,9 \text{ m}^3$$

$$H_1 = 2,99 \text{ m}$$

$$B_e = 15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi energi hulu} = +640,99 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi energi hilir} = +636,63 \text{ m}$$

Langkah-langkah untuk merencanakan peredam energi USBR adalah :

- Menghitung beda tinggi energi hulu dan hilir bendung (ΔH),

$$\Delta H = Z = \text{Tinggi energi hulu} - \text{tinggi energi hilir}$$

$$= 640,99 - 636,63 = 4,36 \text{ m}$$
- Menghitung kecepatan awal loncatan (V_1) dengan rumus 2.29

$$V_1 = \sqrt{2g(0,5H_1 + \Delta H)} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (0,5 \cdot 2,99 + 4,36)}$$

$$= 10,722 \text{ m/dt}$$
- Menghitung debit satuan (q) dengan rumus 2.33

$$q = Q_{100} / Be = 169,9/15 = 11,327 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}'$$
- Menghitung kedalaman air diawal loncatan (Y_u)

$$Y_u = q/V_1 = 11,327 / 10,722 = 1,056 \text{ m}$$
- Menghitung bilangan Froude (Fr) dengan rumus 2.28

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot Y_1}} = \frac{10,722}{\sqrt{9,81 \cdot 1,056}} = 3,331$$
- Menentukan tipe peredam energi USBR.
 Berdasarkan bilangan Froude nya, digunakan peredam energi USBR tipe IV dengan bilangan Froude antara $2,5 < Fr \leq 4,5$.
- Menghitung kedalaman air hilir (Y_2) dengan rumus 2.30

$$Y_2 = \frac{Y_u}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_u^2} - 1 \right) = \frac{1,056}{2} \left(\sqrt{1 + (8 \times 3,331^2) - 1} \right)$$

$$= 4,5 \text{ m}$$
- Menghitung panjang kolam olak (L) dengan rumus 2.31

$$L = 2y_u \left(\sqrt{1 + 8Fr_u^2} - 1 \right) = 2 \times 2,249 \left(\sqrt{1 + 8 \times 3,331^2} - 1 \right)$$

$$= 18 \text{ m}$$
- Menentukan dimensi blok dan ambang ujung :
 Lebar blok (w) = $Y_u = 1,056 \approx 1,10 \text{ m}$
 Jarak antar blok = $2,51 Y_u = 2,51 \times 1,056 = 2,65 \approx 2,75 \text{ m}$
 Panjang blok $\geq 2 Y_u = Y_u \times 2$

$$= 1,056 \times 2$$

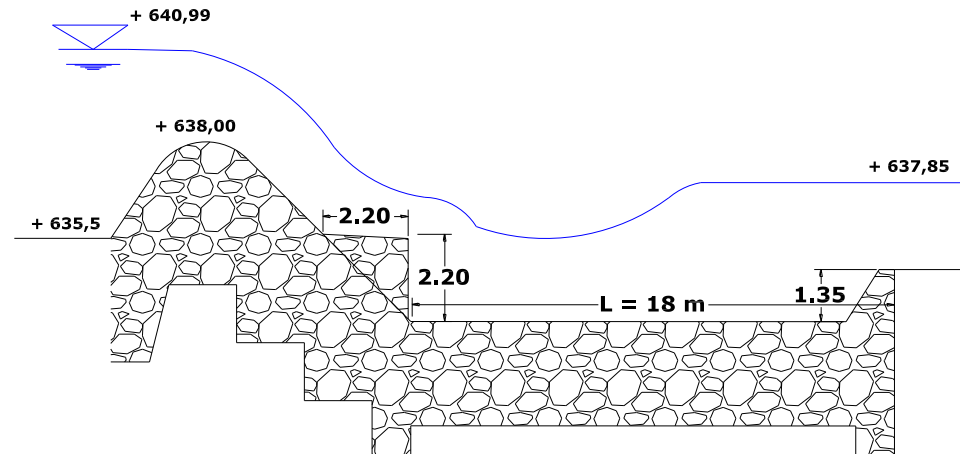
$$= 2,112 \text{ m} \approx 2,20 \text{ m}$$

 Tinggi blok = $2Y_u = 2 \times 1,056$

$$= 2,112 \text{ m} \approx 2,20 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi ambang ujung} &= 1,25 \times Y_u \\
 &= 1,25 \times 1,056 \\
 &= 1,32 \text{ m} \approx 1,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimensi dari perencanaan kombinasi peredam energi USBR IV dengan mercu bulat dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Mercu bulat dengan peredam energi USBR IV

- Dikombinasikan dengan mercu ogee

Diketahui :

$$Q = 169,9 \text{ m}^3$$

$$H_1 = 3,06 \text{ m}$$

$$B_e = 15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi energi hulu} = +641,06 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi energi hilir} = +636,63 \text{ m}$$

Langkah-langkah perencanaan pada kombinasi peredam energi USBR IV dengan mercu ogee, sama dengan kombinasi peredam energi USBR IV dengan mercu bulat. Sehingga didapatkan hasil :

$$V_1 = 10,814 \text{ m/dt}$$

$$Y_u = 1,047 \text{ m}$$

$$F_r = 3,374$$

$$Y_2 = 4,5 \text{ m}$$

$$L = 18 \text{ m}$$

Dimensi blok dan ambang ujung didapatkan :

Lebar blok (w) = 1,10 m

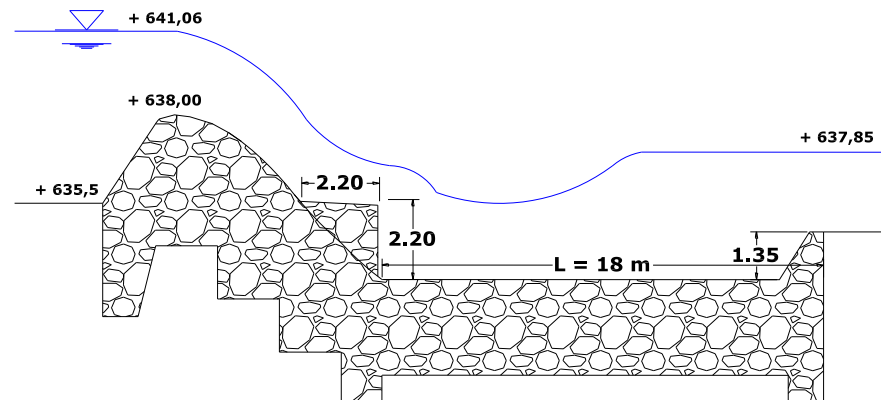
Jarak antar blok = 2,75 m

Panjang blok = 2,20 m

Tinggi blok = 2,20 m

Tinggi ambang ujung = 1,35 m

Dimensi dari perencanaan kombinasi peredam energi USBR IV dengan mercu ogee dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Mercu ogee dengan peredam energi USBR IV

4.4.4.3 Peredam Energi Tipe Vlugter

Perencanaan peredam energi direncanakan menggunakan mercu tipe bulat dengan kemiringan hilir mercu adalah 1 : 1.

Diketahui :

$$Q = 169,9 \text{ m}^3$$

$$Be = 15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi energi hulu} = +641,06 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi energi hilir} = +636,63 \text{ m}$$

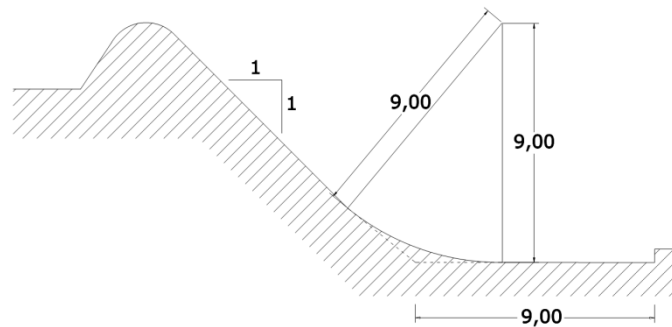
Langkah-langkah untuk merencanakan peredam energi Vlugter adalah :

- Menghitung beda tinggi energi hulu dan hilir bendung (Z),

$$Z = \text{Tinggi energi hulu} - \text{tinggi energi hilir}$$

$$= 640,99 - 636,63 = 4,36 \text{ m}$$

- Menghitung debit satuan (q) dengan rumus 2.33
 $q = Q_{100} / Be = 169,9/15 = 11,327 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}'$
- Menghitung kedalaman kritis (h_c) dengan rumus 2.23
 $h_c = \sqrt[3]{q^2/g} = \sqrt[3]{11,327^2/9,81} = 2,356 \text{ m}$
- Menghitung nilai Z / h_c
 $\frac{Z}{h_c} = \frac{4,36}{2,356} = 1,852$
- Menghitung kedalaman air hilir (t) dengan rumus 2.24
 $t = 2,4 h_c + 0,4 Z \rightarrow 2,4 (2,356) + 0,4 (4,36) = 7,40 \text{ m}$
- Menghitung tinggi ambang akhir (a)
 $a = 0,28 h_c \sqrt{\frac{h_c}{Z}} \rightarrow 0,28 (2,356) \sqrt{\frac{2,356}{4,36}} = 0,485 \approx 0,5 \text{ m}$
- Menghitung kedalaman kolam olak (D), jari-jari kolam olak (R), dan panjang kolam olak (L) dengan menggunakan rumus 2.27
 $D = R = L = (Z + t - H_1) \rightarrow (4,36 + 7,40 - 2,99) = 8,770 \text{ m} \approx 9 \text{ m}$



Gambar 4.11 Mercu bulat dengan peredam energi tipe Vlugter

4.4.4.4 Peredam Energi Tipe MDO

Perencanaan peredam energi MDO menggunakan mercu tipe bulat dengan kemiringan hilir mercu adalah 1 : 1.

Diketahui :

$$Q = 169,9 \text{ m}^3$$

$$H_1 = 2,99 \text{ m}$$

$$Be = 15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi energi hulu} = +640,99 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi energi hilir} = +636,63 \text{ m}$$

Langkah-langkah untuk merencanakan peredam energi MDO adalah :

- Menghitung debit satuan (q) dengan rumus 2.33

$$q = Q_{100} / B_e = 169,9/15 = 11,327 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}'$$
- Menghitung beda tinggi energi hulu dan hilir (ΔH)

$$\Delta H = Z = \text{Tinggi energi hulu} - \text{tinggi energi hilir}$$

$$= 640,99 - 636,36 = 4,36 \text{ m}$$
- Menghitung kedalaman air diatas ambang ujung (Y) dengan rumus 2.20

$$C = 1,7$$

$$Y = D = \left(\frac{Q}{C \times L} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{169,9}{1,7 \times 15} \right)^{\frac{2}{3}} = 3,54 \text{ m}$$
- Menghitung parameter energi (E) dengan rumus 2.17

$$E = \frac{q}{\sqrt{gz^3}} = \frac{11,327}{\sqrt{9,81 \times 4,36^3}} = 0,397$$
- Mencari nilai D/D2 pada gambar 2.7
 Didapatkan nilai D/D2 = 1,25
- Menghitung kedalaman kolam olak (D)

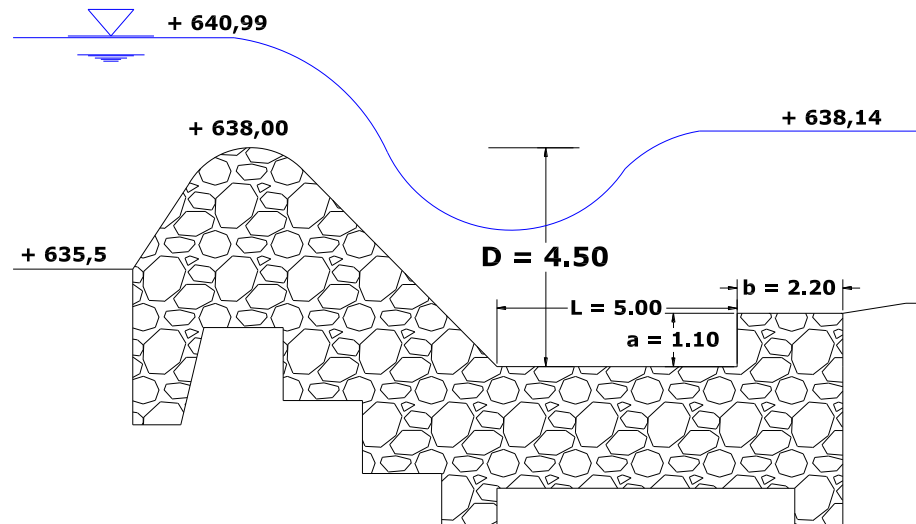
$$D = 1,25 \times D2 = 1,25 \times 3,54 = 4,426 \text{ m} \approx 4,50 \text{ m}$$
- Mencari nilai L/D2 pada gambar 2.7
 Didapatkan nilai D/D2 = 1,25
- Menghitung panjang kolam olak (L)

$$L = 1,25 \times D = 1,25 \times 3,54 = 4,426 \approx 5 \text{ m}$$
- Menghitung tinggi ambang akhir (a) dengan rumus 2.21

$$a = 0,3 \times D = 0,3 \times 3,54 = 1,062 \approx 1,1 \text{ m}$$
- Menghitung lebar ambang akhir (b) dengan rumus 2.22

$$b = 2a = 2 \times 1,1 = 2,2 \text{ m}$$

Dimensi dari perencanaan kombinasi peredam energi MDO dengan mercu bulat dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.12 Mercu Bulat dengan peredam energi tipe MDO

4.4.4.5 Kesesuaian Kombinasi Tipe Mercu Dengan Tipe Peredam Energi

Kesesuaian kombinasi antara tipe mercu dengan tipe peredam energi dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Kesesuaian kombinasi tipe mercu dengan tipe peredam energi

Mercu Bendung	Peredam energi	Penerapan
Mercu Bulat	Bak tenggelam	dapat
	USBR IV	dapat
	Vlugter	tidak dapat
	MDO	dapat
Mercu Ogee	Bak tenggelam	dapat
	USBR IV	dapat

Peredam energi tipe vlughter tidak dapat dipakai karena kedalaman lantai ruang olak sampai mercu (D) lebih dari 8 meter (Standart Perencanaan Irigasi KP-04)

4.4.5 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Air Tanah

Perhitungan panjang rembesan harus direncanakan agar aman terhadap rembesan dengan nilai minimum rembesan (C_w) yang ditentukan berdasarkan jenis tanah di lokasi rencana. Perhitungan panjang rembesan akan dilakukan pada kombinasi tipe mercu dan tipe peredam energi.

4.4.5.1 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Air Tanah Kombinasi Mercu Bulat Dengan Peredam Energi Bak Tenggelam.

Langkah-langkah untuk menghitung panjang rembesan adalah :

- Menentukan nilai C_w minimum
 Jenis tanah yang ada pada lokasi rencana bendung di kali Jompo adalah kerikil besar termasuk berangkal. Dari tabel 2.3 didapatkan nilai C_w minimum sebesar 3.
- Menghitung nilai L_w
 Panjang creep line vertikal (L_v) dan panjang creep line horizontal (H_v) dapat dilihat pada gambar 4.13. Dengan menggunakan rumus 2.34 didapatkan nilai L_w :

$$L_w = \Sigma L_v + \Sigma 1/3 H_v = 34,3 + 8,31 = 42,61.$$
- Menghitung panjang rembesan (C_w) dengan rumus 2.34

$$H_w = +638 - 635,50 = 2,50 \text{ m}$$

$$C_w = \frac{L_w}{H_w} = \frac{42,61}{2,50} = 17,04 > 3 \Rightarrow \text{aman}$$

Langkah-langkah untuk menghitung tekanan air tanah adalah :

- Menentukan nilai C_w pada kondisi normal dan banjir
 - Pada kondisi air normal

$$H_w = 638 - 635,50 = 2,50 \text{ m}$$

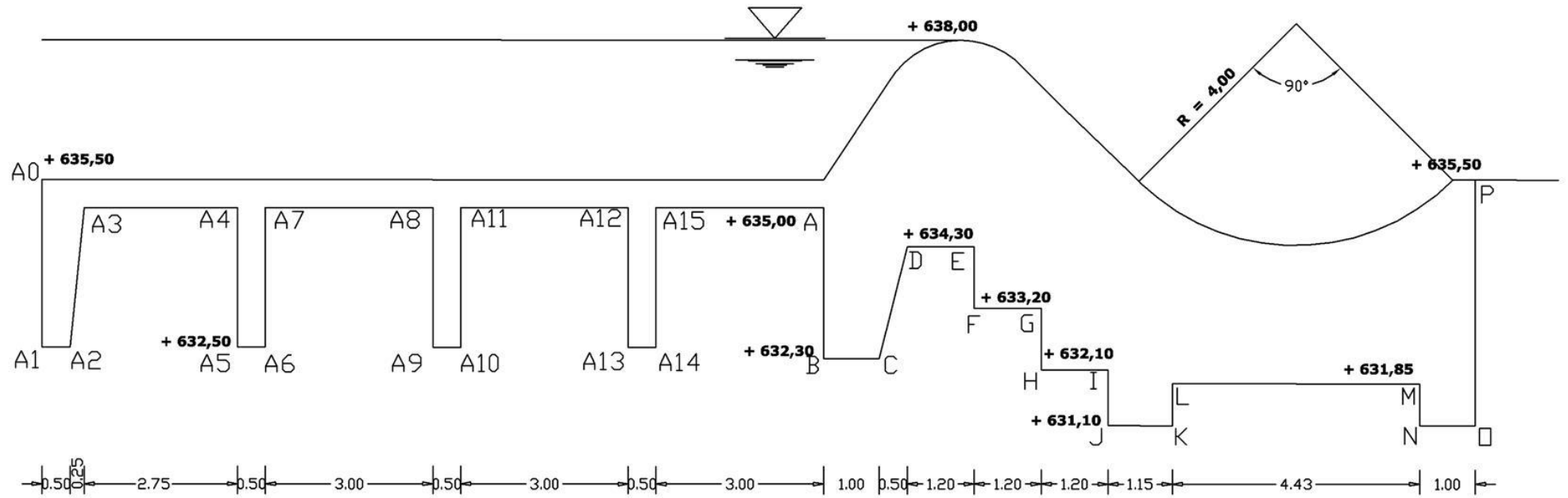
$$C_w = \frac{L_w}{H_w} = \frac{42,61}{2,5} = 17,04$$
 - Pada kondisi banjir

$$H_w = 640,26 - 639,33 = 0,93 \text{ m}$$

$$C_w = \frac{L_w}{H_w} = \frac{42,61}{0,93} = 45,817$$
- Menghitung tekanan air tanah (P_x) dengan rumus 2.40
 Perhitungan tekanan air pada kondisi air normal dan banjir dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air pada kondisi normal dan banjir pada kombinasi mercu bulat dengan peredam energi bak tenggelam

TITIK	GARIS	PANJANG REMBESAN			LW	Hx		$\Delta H = LW/CW$		$P_x = H - \Delta H$	
		V	H	1/3 H		Normal	Banjir	normal	Banjir	Normal	Banjir
A0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	4.76	0.00	0.00	2.50	4.76
A1	A0 - A1	3.00	-	-	3.00	5.50	7.76	0.18	0.07	5.32	7.69
A2	A1 - A2	-	0.50	0.17	3.17	5.50	7.76	0.19	0.07	5.31	7.69
A3	A2 - A3	2.50	-	-	5.67	3.00	5.26	0.33	0.12	2.67	5.14
A4	A3 - A4	-	2.75	0.92	6.58	3.00	5.26	0.39	0.14	2.61	5.12
A5	A4 - A5	2.50	-	-	9.08	5.50	7.76	0.53	0.20	4.97	7.56
A6	A5 - A6	-	0.50	0.17	9.25	5.50	7.76	0.54	0.20	4.96	7.56
A7	A6 - A7	2.50	-	-	11.75	3.00	5.26	0.69	0.26	2.31	5.00
A8	A7 - A8	-	3.00	1.00	12.75	3.00	5.26	0.75	0.28	2.25	4.98
A9	A8 - A9	2.50	-	-	15.25	5.50	7.76	0.89	0.33	4.61	7.43
A10	A9 - A10	-	0.50	0.17	15.42	5.50	7.76	0.90	0.34	4.60	7.42
A11	A10 - A11	2.50	-	-	17.92	3.00	5.26	1.05	0.39	1.95	4.87
A12	A11 - A12	-	3.00	1.00	18.92	3.00	5.26	1.11	0.41	1.89	4.85
A13	A12 - A13	2.50	-	-	21.42	5.50	7.76	1.26	0.47	4.24	7.29
A14	A13 - A14	-	0.50	0.17	21.58	5.50	7.76	1.27	0.47	4.23	7.29
A15	A14 - A15	2.50	-	-	24.08	3.00	5.26	1.41	0.53	1.59	4.73
A	A15 - A	-	3.00	1.00	25.08	3.00	5.26	1.47	0.55	1.53	4.71
B	A - B	2.70	-	-	27.78	5.70	7.96	1.63	0.61	4.07	7.35
C	B - C	-	1.00	0.33	28.12	5.70	7.96	1.65	0.61	4.05	7.35
D	C - D	2.00	-	-	30.12	3.70	5.96	1.77	0.66	1.93	5.30
E	D - E	-	1.20	0.40	30.52	3.70	5.96	1.79	0.67	1.91	5.29
F	E - F	1.10	-	-	31.62	4.45	6.71	1.86	0.69	2.59	6.02
G	F - G	-	1.20	0.40	32.02	4.45	6.71	1.88	0.70	2.57	6.01
H	G - H	1.10	-	-	33.12	5.20	7.46	1.94	0.72	3.26	6.74
I	H - I	-	1.20	0.40	33.52	5.20	7.46	1.97	0.73	3.23	6.73
J	I - J	1.00	-	-	34.52	5.95	8.21	2.03	0.75	3.92	7.46
K	J - K	-	1.15	0.38	34.90	5.95	8.21	2.05	0.76	3.90	7.45
L	K - L	0.75	-	-	35.65	5.20	7.46	2.09	0.78	3.11	6.68
M	L - M	-	4.43	1.48	37.13	5.20	7.46	2.18	0.81	3.02	6.65
N	M - N	0.75	-	-	37.88	5.95	8.21	2.22	0.83	3.73	7.38
O	N - O	-	1.00	0.33	38.21	5.95	8.21	2.24	0.83	3.71	7.38
P	O - P	4.40	-	-	42.61	2.50	4.76	2.50	0.93	0.00	3.83
$\Sigma LV =$		34.3	$\Sigma 1/3H =$	8.31							



Gambar 4.13 Panjang rembesan pada bendung kombinasi mercu bulat dan peredam energi bak tenggelam

4.4.5.2 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Air Tanah Kombinasi Mercu Ogee Dengan Peredam Energi Bak Tenggelam.

Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah kombinasi mercu ogee dan peredam energi tipe bak tenggelam dapat dilihat pada lampiran A. Cara perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah kombinasi mercu ogee dengan peredam energi tipe bak tenggelam sama dengan perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kombinasi mercu bulat dengan peredam energi tipe bak tenggelam. Sehingga didapatkan :

$$H_w = +638 - 635,50 = 2,50 \text{ m}$$

$$C_w = \frac{L_w}{H_w} = \frac{42,61}{2,50} = 17,04 > 3 \Rightarrow \text{aman}$$

4.4.5.3 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Air Tanah Kombinasi Mercu Bulat Dengan Peredam Energi USBR IV.

Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah kombinasi mercu bulat dan peredam energi tipe USBR IV dapat dilihat pada lampiran B. Cara perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah kombinasi mercu bulat dengan peredam energi tipe USBR IV sama dengan perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kombinasi mercu bulat dengan peredam energi tipe bak tenggelam. Sehingga didapatkan :

$$H_w = +638 - 634,70 = 3,30 \text{ m}$$

$$C_w = \frac{L_w}{H_w} = \frac{48,90}{3,30} = 14,82 > 3 \Rightarrow \text{aman}$$

4.4.5.4 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Air Tanah Kombinasi Mercu Ogee Dengan Peredam Energi USBR IV.

Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah kombinasi mercu ogee dan peredam energi tipe USBR IV dapat dilihat pada lampiran C. Cara perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah kombinasi mercu ogee dengan peredam energi tipe USBR IV sama dengan perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kombinasi mercu bulat dengan peredam energi tipe bak tenggelam.

Sehingga didapatkan :

$$H_w = +638 - 634,70 = 3,30 \text{ m}$$

$$C_w = \frac{L_w}{H_w} = \frac{48,95}{3,30} = 14,83 > 3 \Rightarrow \text{aman}$$

4.4.5.5 Perhitungan Panjang Rembesan Dan Tekanan Air Tanah Kombinasi Mercu Bulat Dengan Peredam Energi MDO.

Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah kombinasi mercu bulat dan peredam energi tipe MDO dapat dilihat pada lampiran D. Cara perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah kombinasi mercu bulat dengan peredam energi tipe MDO sama dengan perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kombinasi mercu bulat dengan peredam energi tipe bak tenggelam.

Sehingga didapatkan :

$$H_w = +638 - 634,60 = 3,40 \text{ m}$$

$$C_w = \frac{L_w}{H_w} = \frac{44,45}{3,40} = 13,07 > 3 \Rightarrow \text{aman}$$

4.4.6 Pasangan Batu Kosong (Rip-rap)

Diketahui :

$$Q = 169.9 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Be = 15 \text{ m}$$

$$Hd = 2,36 \text{ m}$$

Langkah-langkah untuk merencanakan rip-rap adalah :

- Menghitung luas peampang sungai (A)

$$A = Be \times Hd = 15 \times 2.36 = 35.4 \text{ m}^2$$

- Menghitung kecepatan rata-rata (V)

$$V = 169.9/35.4 = 4.80 \text{ m/det}$$

- Menentukan nilai (Dm) dari gambar 2.11

$$\text{Didapatkan nilai (Dm)} = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

- Menghitung nilai f dengan rumus 2.36

$$f = 1,76 \text{ Dm}^{1/2} = 1,76 \times (400^{0.5}) = 35.2$$

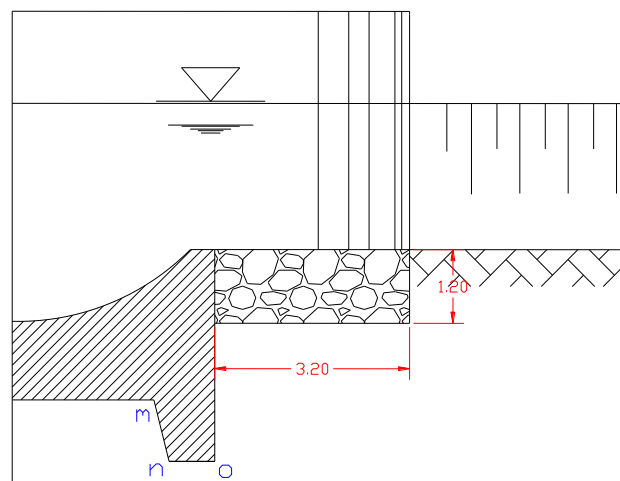
- Menghitung kedalaman gerusan (R) dengan rumus 2.35

$$R = 0,47 \left(\frac{Q}{f} \right)^{1/3} \rightarrow R = 0,47 \left(\frac{169.9}{35.2} \right)^{1/3} = 0.794 \text{ m}$$

- Menentukan panjang lindungan dan kedalaman gerusan

$$\text{Panjang lindungan pasangan batu kosong} = 4R = 4 \times 0,794 = 3,176 \text{ m}$$

$$\approx 3.2 \text{ m. Kedalaman gerusan} = 1,5R = 1,5 \times 0,794 = 1,191 \text{ m} \approx 1.2 \text{ m}$$



Gambar 4.14 Panjang lindungan pasangan batu kosong

4.5 Analisis Stabilitas Bendung

Konstruksi bendung harus kuat menahan gaya-gaya yang bekerja. Analisis stabilitas bendung akan ditinjau pada kondisi air normal dan juga pada kondisi air banjir. Gaya-gaya yang diperhitungkan dalam perencanaan bendung ini meliputi :

- Berat sendiri bendung
- Gaya gempa
- Tekanan hidrostatik
- Gaya angkat (uplift pressure)
- Gaya akibat tekanan Lumpur

Dari gaya-gaya diatas kemudian dianalisis stabilitas bendung terhadap :

- Stabilitas guling
- Stabilitas geser
- Stabilitas daya dukung tanah

Analisis Stabilitas bendung akan dilakukan pada beberapa macam kombinasi dari tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi seperti pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Kombinasi tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi

Mercu Bendung	Tipe Intake	Tipe Peredam Energi
Mercu Bulat	Intake samping	Bak Tenggelam
		USBR IV
		MDO
Mercu Ogee	Intake samping	Bak Tenggelam
		USBR IV
	Drop intake	Bak Tenggelam
		USBR IV

4.5.1 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Bulat, Intake Samping Dan Peredam Energi Bak Tenggelam

a. Analisis Stabilitas Pada Kondisi Air Normal

- Gaya-gaya yang bekerja pada bendung :
- Akibat berat sendiri

Gaya akibat berat bendung itu sendiri dihitung dengan rumus 2.39

Perhitungan gaya akibat berat sendiri dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Perhitungan gaya akibat berat sendiri bendung

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya(ton)	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi						
G1	0.5	x	1.67	x	2.50	x	2.2	-4.593	10.54	-48.405
G2		x	1.42	x	2.50	x	2.2	-7.810	9.27	-72.399
G3	0.5	x	2.51	x	2.50	x	2.2	-6.903	7.73	-53.356
G4		x	1.00	x	3.20	x	2.2	-7.040	11.15	-78.496
G5	0.5	x	0.47	x	2.00	x	2.2	-1.034	10.49	-10.847
G6		x	1.67	x	1.20	x	2.2	-4.409	9.82	-43.294
G7		x	1.20	x	2.30	x	2.2	-6.072	8.38	-50.883
G8		x	1.20	x	3.40	x	2.2	-8.976	7.18	-64.448
G9		x	0.52	x	0.51	x	2.2	-0.583	6.32	-3.687
G10	0.5	x	0.63	x	0.51	x	2.2	-0.353	5.85	-2.068
G11		x	1.15	x	3.89	x	2.2	-9.842	6.01	-59.149
G12	0.5	x	2.00	x	0.66	x	2.2	-1.452	4.76	-6.912
G13		x	4.43	x	2.48	x	2.2	-24.170	3.22	-77.828
G14	0.5	x	2.00	x	0.68	x	2.2	-1.496	1.67	-2.498
G15	0.5	x	0.60	x	0.49	x	2.2	-0.323	0.60	-0.194
G16		x	0.40	x	0.49	x	2.2	-0.431	0.20	-0.086
G17		x	1.00	x	3.91	x	2.2	-8.602	0.50	-4.301
							Σ =	-94.089	Σ =	-578.85

- Gaya gempa

Langkah-langkah untuk menghitung gaya gempa adalah :

- Menentukan koefisien zona gempa (Z)
Berdasarkan peta zona gempa Indonesia didapatkan nilai $Z = 0,9$ untuk daerah Jember.
- Menghitung percepatan gempa permukaan terkoreksi (a_d)
Dengan menggunakan rumus 2.42 didapatkan :

$$a_d = Z \cdot a_c \cdot v$$

$$= 0,9 \times 190 \times 0,8 = 136,8 \text{ cm/dt}^2$$
- Menghitung koefien gempa dengan rumus 2.43

$$k = a_d / g$$

$$= 136,8 / 9,81 = 0,139$$

Perhitungan gaya gempa dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Perhitungan gaya gempa

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya (ton) E = k x G	Lengan (m)	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi						
G1	0.5	x	1.67	x	2.50	x	2.2	0.640	5.23	3.349
G2		x	1.42	x	2.50	x	2.2	1.089	5.65	6.153
G3	0.5	x	2.51	x	2.50	x	2.2	0.963	5.23	5.034
G4		x	1.00	x	3.20	x	2.2	0.982	2.80	2.749
G5	0.5	x	0.47	x	2.00	x	2.2	0.144	2.53	0.365
G6		x	1.67	x	1.20	x	2.2	0.615	3.80	2.336
G7		x	1.20	x	2.30	x	2.2	0.847	3.25	2.752
G8		x	1.20	x	3.40	x	2.2	1.252	2.70	3.380
G9		x	0.52	x	0.51	x	2.2	0.081	4.15	0.338
G10	0.5	x	0.63	x	0.51	x	2.2	0.049	4.07	0.201
G11		x	1.15	x	3.89	x	2.2	1.372	1.95	2.676
G12	0.5	x	2.00	x	0.66	x	2.2	0.202	3.45	0.699
G13		x	4.43	x	2.48	x	2.2	3.371	1.99	6.707
G14	0.5	x	2.00	x	0.68	x	2.2	0.209	3.46	0.722
G15	0.5	x	0.60	x	0.49	x	2.2	0.045	4.07	0.184
G16		x	0.40	x	0.49	x	2.2	0.060	4.15	0.250
G17		x	1.00	x	3.91	x	2.2	1.200	1.95	2.339
							Σ =	13.121	Σ =	40.233

- Tekanan hidrostatik

Perhitungan gaya yang bekerja akibat tekanan air pada kondisi air normal dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perhitungan gaya hidrostatik kondisi air normal

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a	0.5	x	2.50	x	2.50	-	3.13	-	5.23	-	16.354
W1b	0.5	x	2.50	x	1.67	-2.088	-	11.09	-	-23.150	-

- Gaya angkat (*uplift preeure*)

Perhitungan gaya yang bekerja akibat gaya angkat pada kondisi air normal dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perhitungan gaya angkat kondisi air normal

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
up1a		x	1.93	x	2.00	-	-3.87	-	2.20	-	-8.505
up1b	0.5	x	2.12	x	2.00	-	-2.12	-	1.87	-	-3.952
up2a		x	1.53	x	2.70	-	4.13	-	2.55	-	10.522
up2b	0.5	x	2.54	x	2.70	-	3.43	-	2.10	-	7.205
up3a		x	1.91	x	1.10	-	2.10	-	2.65	-	5.566
up3b	0.5	x	0.69	x	1.10	-	0.38	-	2.47	-	0.930
up4a		x	2.57	x	1.10	-	2.83	-	1.55	-	4.384
up4b	0.5	x	0.69	x	1.10	-	0.38	-	1.37	-	0.515
up5a		x	3.23	x	1.00	-	3.23	-	0.50	-	1.617
up5b	0.5	x	0.69	x	1.00	-	0.35	-	0.33	-	0.115
up6a		x	3.02	x	0.75	-	2.27	-	0.38	-	0.850
up6b	0.5	x	0.71	x	0.75	-	0.26	-	0.25	-	0.066
up7a		x	3.11	x	0.75	-	-2.33	-	0.38	-	-0.874
up7b	0.5	x	0.79	x	0.75	-	-0.30	-	0.25	-	-0.074
up8	0.5	x	3.71	x	4.40	-	-8.16	-	1.47	-	-11.965
Jumlah komponen horizontal							2.58				6.401
up9a		x	4.05	x	1.00	4.05	-	11.15	-	45.161	-
up9b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.01	-	11.32	-	0.111	-
up10a		x	1.93	x	0.47	0.91	-	10.42	-	9.462	-
up10b	0.5	x	2.12	x	0.47	0.50	-	10.49	-	5.221	-
up11a		x	1.91	x	1.20	2.29	-	9.58	-	21.952	-
up11b	0.5	x	0.02	x	1.20	0.01	-	9.78	-	0.138	-
up12a		x	2.57	x	1.20	3.09	-	8.38	-	25.859	-
up12b	0.5	x	0.02	x	1.20	0.01	-	8.58	-	0.121	-
up13a		x	3.23	x	1.20	3.88	-	7.18	-	27.860	-
up13b	0.5	x	0.02	x	1.20	0.01	-	7.38	-	0.104	-
up14a		x	3.90	x	1.15	4.49	-	6.01	-	26.949	-
up14b	0.5	x	0.02	x	1.15	0.01	-	6.20	-	0.080	-
up15a		x	3.02	x	4.43	13.39	-	3.22	-	43.037	-
up15b	0.5	x	0.09	x	4.43	0.19	-	3.95	-	0.759	-
up16a		x	3.71	x	1.00	3.71	-	0.50	-	1.854	-
up16b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.01	-	0.67	-	0.007	-
Jumlah komponen vertikal						36.56				208.674	

– Gaya akibat tekanan lumpur

Diketahui :

$$\phi = 30^\circ$$

$$\gamma_s = 1,65 \text{ t/m}^3$$

$$h = \text{sedalam tinggi bendung} = 2,5 \text{ m}$$

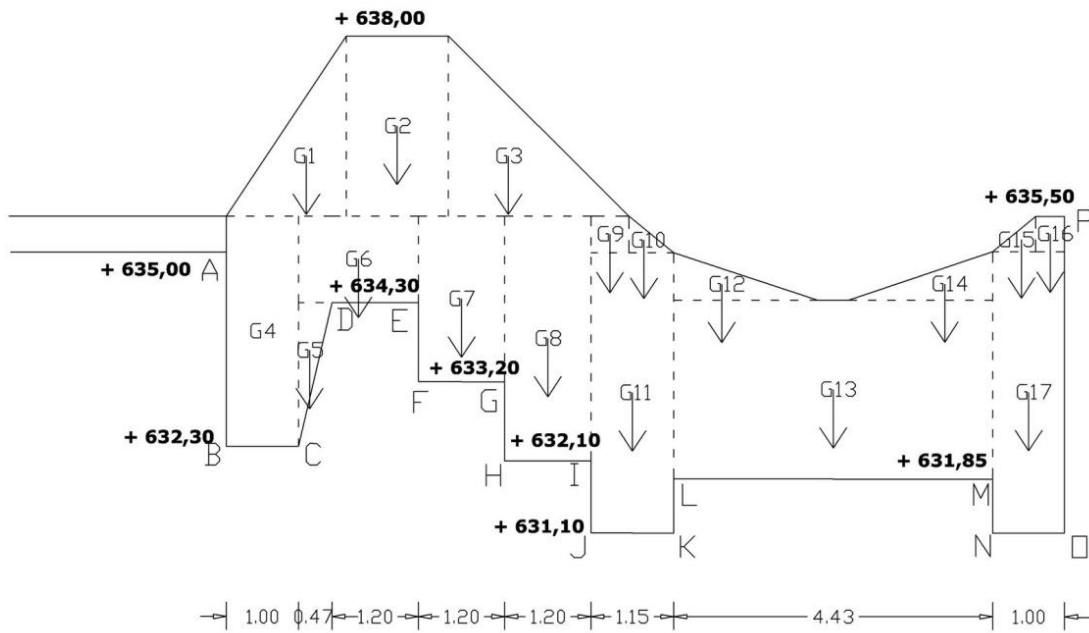
Tekanan lumpur dihitung dengan rumus 2.37

$$\text{Tekanan lumpur horizontal} = P_{SH} = \frac{1,65 \times 2,5}{2} \times \left[\frac{1-0,5}{1+0,5} \right] = 1,719 \text{ t}$$

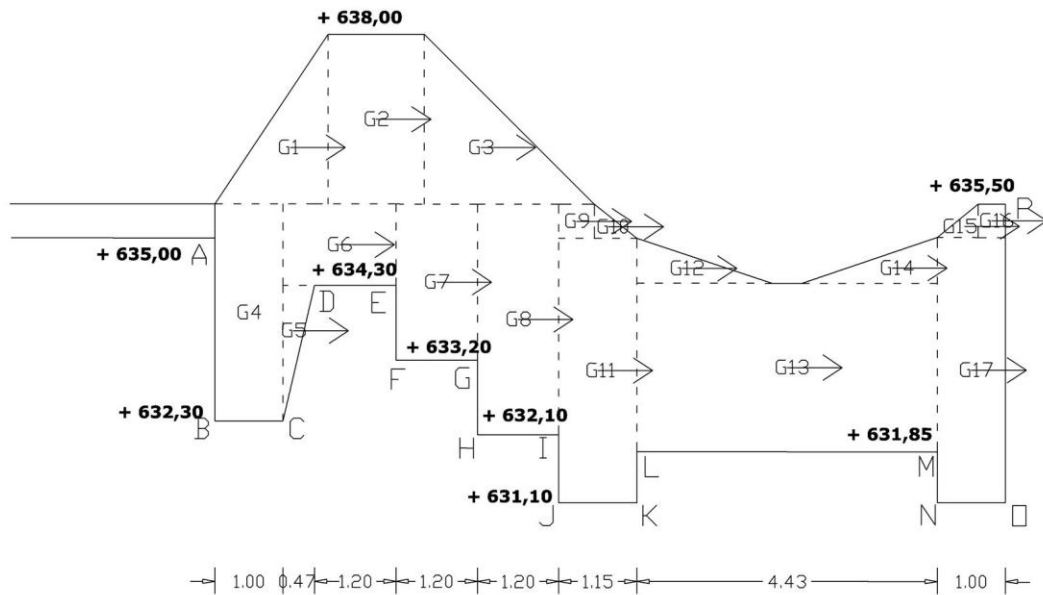
$$\text{Tekanan lumpur vertikal} = P_{sv} = (0,5 \times 1,67 \times 2,5) \cdot 1,65 = -3,444 \text{ t}$$

$$\text{Momen horizontal} = 1,719 \times 5,23 = 8,898 \text{ tm}$$

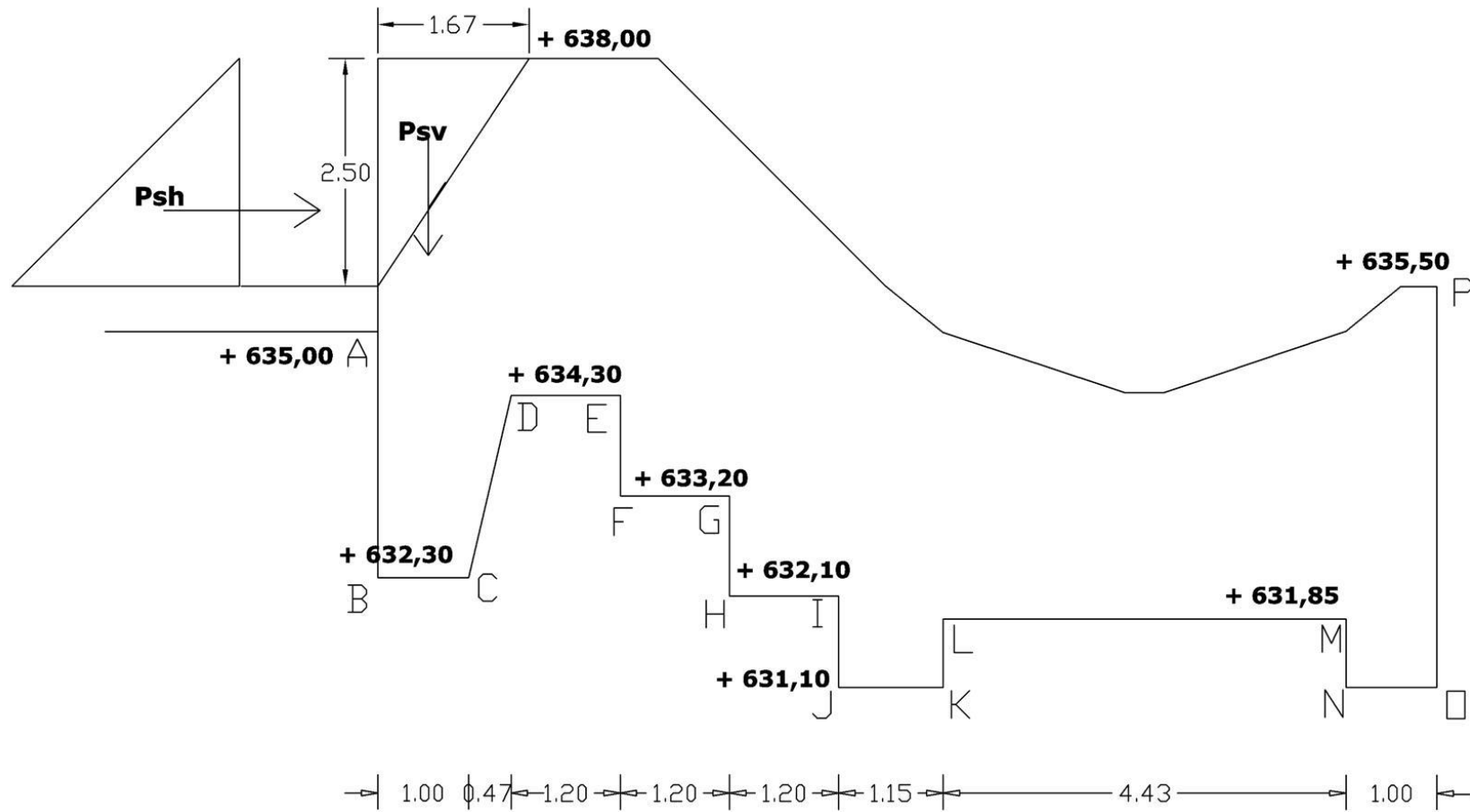
$$\text{Momen vertikal} = -3,444 \times 11,09 = -38,198 \text{ tm}$$



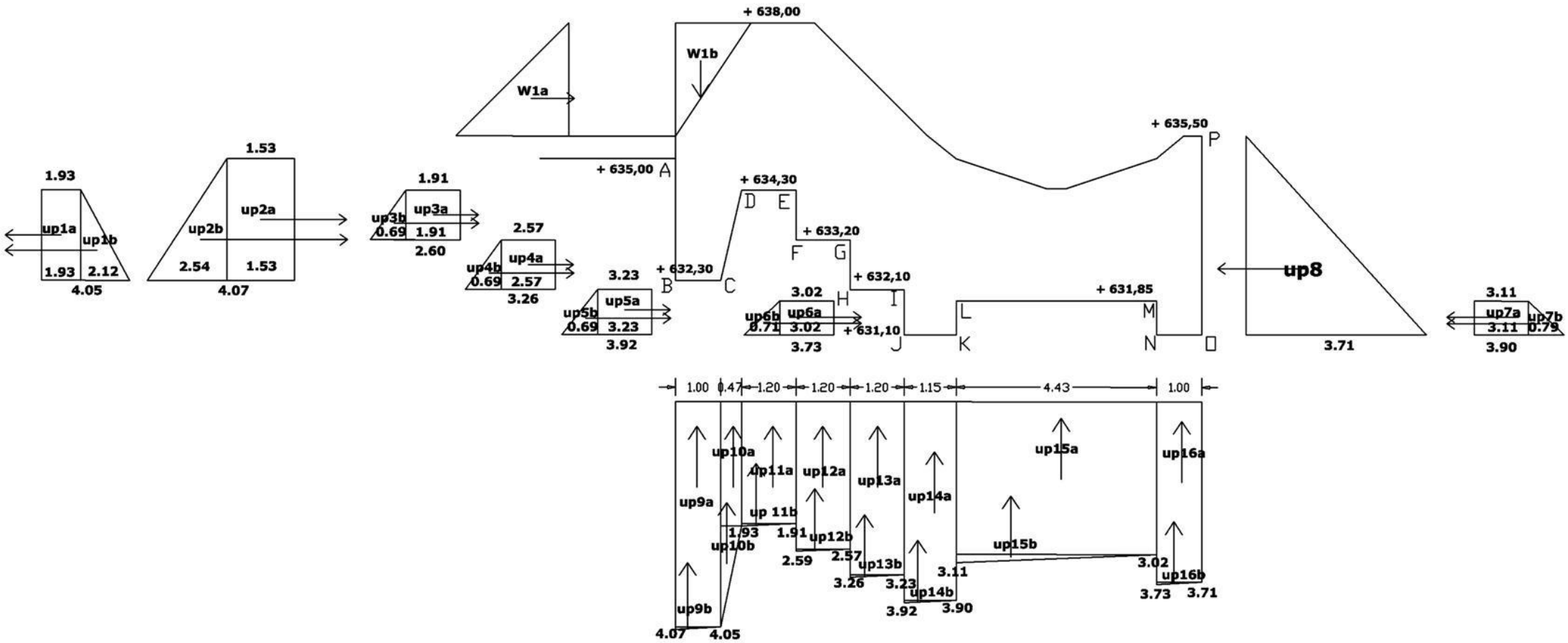
Gambar 4.15 Gaya akibat berat sendiri pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam



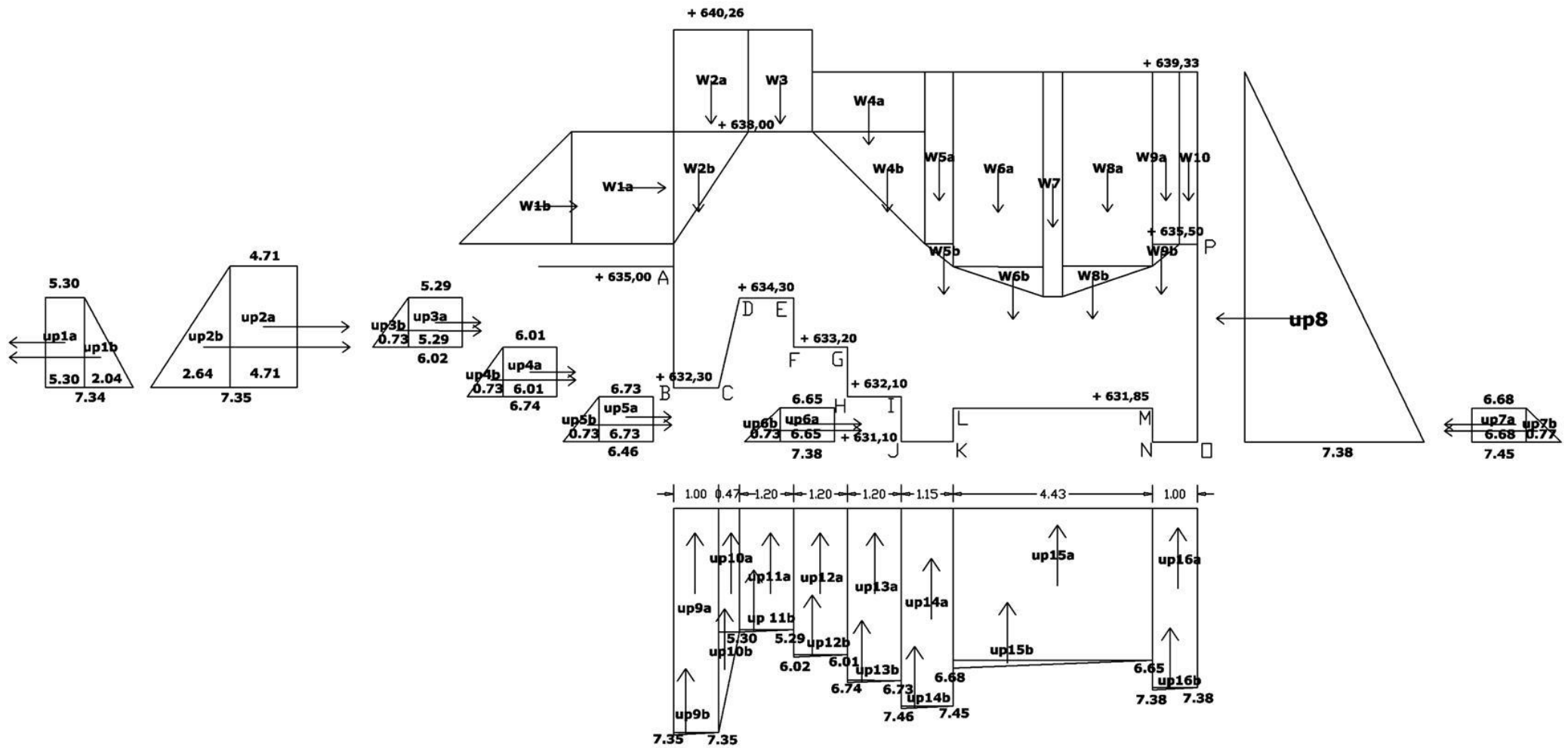
Gambar 4.16 Gaya gempa bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam



Gambar 4.17 Tekanan lumpur pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam



Gambar 4.18 Tekanan hidrostatis dan uplift kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam



Gambar 4.19 Tekanan hidrostatis dan uplift kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam

- Analisis stabilitas pada kondisi air normal

Tabel 4.15 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam

No	Faktor gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-94.089	-	-578.85
2	Gaya gempa	13.121	-	40.233	-
3	Gaya hidrostatis	3.13	-2.088	16.35	-23.15
4	Gaya uplift	2.581	36.56	6.401	208.67
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.444	8.989	-38,198
jumlah		$\Sigma RH = 20,545$	$\Sigma RV = -63.058$	$\Sigma MG = 71,977$	$\Sigma MT = -431.525$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{431,525}{71,977} = 5,995 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{63,058}{20,545} = 2,30 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Dari hasil studi kelayakan PT Euro Hydro Powe Persada Indonesia, tegangan ijin tanah ($\bar{\sigma}$) pada lokasi bendung = 12,13 t/m²

Lebar dasar bendung = B = L = 11,65 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma RV} \right] = \frac{11,65}{2} - \left[\frac{431,525 - 71,977}{63,058} \right] = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 11,65 = 1,94 \dots \dots \text{OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\max} = \frac{63,058}{11,65} \times \left(1 + \frac{6 \times 0,12}{11,65} \right) = 5,76 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{63,058}{11,65} \times \left(1 - \frac{6 \times 0,12}{11,65} \right) = 5,07 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Aman)}$$

b. Analisis Pada Kondisi Air Banjir

- Gaya-gaya yang bekerja pada bendung :
 - Untuk perhitungan gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, dan gaya tekan lumpur sama dengan kondisi air normal.
 - Tekanan hidrostatik

Perhitungan gaya yang bekerja akibat tekanan air pada kondisi air banjir dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Perhitungan gaya hidrostatik kondisi air banjir

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a		x	2.26	x	2.50	-	5.65	-	5.65	-	31.923
W1b	0.5	x	2.50	x	2.50	-	3.13	-	5.23	-	16.354
Jumlah komponen horizontal							8.78				48.277
W2a		x	1.67	x	2.26	-3.774	-	10.820	-	-40.8368	-
W2b	0.5	x	1.67	x	2.50	-2.088	-	11.090	-	-23.1504	-
W3		x	1.42	x	2.26	-3.209	-	9.270	-	-29.7493	-
W4a		x	2.51	x	1.33	-3.338	-	7.310	-	-24.403	-
W4b	0.5	x	2.51	x	2.50	-3.138	-	6.890	-	-21.617	-
W5a		x	0.63	x	3.83	-1.206	-	5.740	-	-6.925	-
W5b	0.5	x	0.63	x	0.51	-0.080	-	5.640	-	-0.453	-
W6a		x	2.00	x	4.34	-4.340	-	4.430	-	-19.226	-
W6b	0.5	x	2.00	x	0.66	-0.330	-	4.100	-	-1.353	-
W7		x	0.43	x	5.00	-1.075	-	3.220	-	-3.462	-
W8a		x	2.00	x	4.32	-4.320	-	2.000	-	-8.640	-
W8b	0.5	x	2.00	x	0.66	-0.330	-	2.330	-	-0.769	-
W9a		x	0.60	x	3.83	-1.149	-	0.700	-	-0.804	-
W9b	0.5	x	0.60	x	0.49	-0.074	-	0.800	-	-0.059	-
W10		x	0.40	x	3.83	-0.766	-	0.200	-	-0.153	-
Jumlah komponen vertikal						-29.217				-181.601	

- Gaya angkat (*uplift pressure*)

Perhitungan gaya yang bekerja akibat gaya angkat pada kondisi air banjir dapat dilihat pada tabel 4.17

Tabel 4.17 perhitungan gaya angkat pada kondisi banjir

NO	Luas x Tekanan				Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)		
					V	H	x	y	V	H	
up1a		x	5.30	x	2.00	-	-10.61	-	2.20	-	-23.332
up1b	0.5	x	2.04	x	2.00	-	-2.04	-	1.87	-	-3.815
up2a		x	4.71	x	2.70	-	12.72	-	2.55	-	32.446
up2b	0.5	x	2.64	x	2.70	-	3.57	-	2.10	-	7.487
up3a		x	5.29	x	1.10	-	5.82	-	2.65	-	15.432
up3b	0.5	x	0.73	x	1.10	-	0.40	-	2.47	-	0.985
up4a		x	6.01	x	1.10	-	6.61	-	1.55	-	10.249
up4b	0.5	x	0.73	x	1.10	-	0.40	-	1.37	-	0.546
up5a		x	6.73	x	1.00	-	6.73	-	0.50	-	3.364
up5b	0.5	x	0.73	x	1.00	-	0.36	-	0.33	-	0.121
up6a		x	6.65	x	0.75	-	4.99	-	0.38	-	1.870
up6b	0.5	x	0.73	x	0.75	-	0.28	-	0.25	-	0.069
up7a		x	6.68	x	0.75	-	-5.01	-	0.38	-	-1.879
up7b	0.5	x	0.77	x	0.75	-	-0.29	-	0.25	-	-0.072
up8	0.5	x	7.38	x	8.23	-	-30.35	-	2.74	-	-83.267
Jumlah komponen horizontal							-6.42				-39.795
up9a		x	7.35	x	1.00	7.35	-	11.18	-	82.132	-
up9b	0.5	x	0.01	x	1.00	0.00	-	11.32	-	0.041	-
up10a		x	5.30	x	0.47	2.49	-	10.42	-	25.957	-
up10b	0.5	x	2.04	x	0.47	0.48	-	10.49	-	5.040	-
up11a		x	5.29	x	1.20	6.35	-	9.58	-	60.859	-
up11b	0.5	x	0.01	x	1.20	0.01	-	9.78	-	0.051	-
up12a		x	6.01	x	1.20	7.21	-	8.38	-	60.449	-
up12b	0.5	x	0.01	x	1.20	0.01	-	8.58	-	0.045	-
up13a		x	6.73	x	1.20	8.07	-	7.18	-	57.972	-
up13b	0.5	x	0.01	x	1.20	0.01	-	7.38	-	0.039	-
up14a		x	7.45	x	1.15	8.57	-	6.01	-	51.436	-
up14b	0.5	x	0.01	x	1.15	0.00	-	6.20	-	0.030	-
up15a		x	6.65	x	4.43	29.46	-	3.22	-	94.708	-
up15b	0.5	x	0.03	x	4.43	0.07	-	3.95	-	0.282	-
up16a		x	7.38	x	1.00	7.38	-	0.50	-	3.688	-
up16b	0.5	x	0.01	x	1.00	0.00	-	0.67	-	0.002	-
Jumlah komponen vertikal						77.46				442.731	

- Analisis stabilitas pada kondisi air banjir :

Tabel 4.18 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-94.089	-	-578.850
2	Gaya gempa	13.121	-	40.233	-
3	Gaya hidrostatis	8.775	-29.217	48.277	-181.601
4	Gaya uplift	-6.422	77.458	-39.795	442.731
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.444	8.989	-38.198
Jumlah		ΣRH = 17.193	ΣRV = -49.292	ΣMG = 57.703	ΣMT = -355.918

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{355,918}{57.703} = 6,168 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{49,292}{17,193} = 2,15 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

$$\text{Lebar dasar bendung} = B = L = 11,65 \text{ m}$$

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\sum MV - \sum MH}{\sum RV} \right] = \frac{11,65}{2} - \left[\frac{355,918 - 57,703}{49,292} \right] = -0,22 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 11,65 = 1,94 \text{ OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\min} = \frac{49,292}{11,65} \times \left(1 + \frac{6 \times (-0,22)}{11,65} \right) = 3,74 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{49,292}{11,65} \times \left(1 - \frac{6 \times (-0,22)}{11,65} \right) = 4,72 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

4.5.2 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Bulat, Intake Samping Dan Peredam Energi USBR IV

a. Analisis Pada Kondisi Air Normal

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja yaitu gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, gaya tekanan hidrostatis dan gaya akibat tekanan lumpur pada kondisi air normal dapat dilihat pada lampiran E.

- Analisis stabilitas pada kondisi air normal :

Tabel 4.19 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu bulat , intake samping dan peredam energi USBR IV

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-172.22964	-	-2533.528
2	Gaya gempa	24.017	-	73.553	-
3	Gaya hidrostatis	3.125	-2.088	20.104	-52.584
4	Gaya uplift	4.698	85.171	15.532	1057.895
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.444	11.052	-86.764
Jumlah		$\Sigma RH = 35,559$	$\Sigma RV = -92,590$	$\Sigma MG = 120,241$	1614.980

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{1614,980}{120.241} = 13,431 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{92,590}{35,559} = 2,07 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = B = L = 25,75 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\sum MV - \sum MH}{\sum RV} \right] = \frac{25,75}{2} - \left[\frac{1614,980 - 120,241}{92,590} \right] = -3,27 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 25,25 = 4,29 \dots \text{OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\min} = \frac{92,590}{25,75} \times \left(1 + \frac{6 \times (-0,11)}{25,75} \right) = 0,86 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{77,312}{25,75} \times \left(1 - \frac{6 \times (-0,11)}{25,75} \right) = 6,33 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

b. Analisis Pada Kondisi Air Banjir

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, dan gaya tekan lumpur sama dengan kondisi air normal, sedangkan perhitungan gaya tekanan hidrostatis dan gaya angkat (*uplift pressure*) dapat dilihat pada lampiran E.

- Analisis stabilitas pada kondisi air banjir

Tabel 4.20 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi USBR IV

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-172.22964	-	-2533.528
2	Gaya gempa	24.017	-	73.553	
3	Gaya hidrostatis	8.775	-60.967	58.807	-843.660
4	Gaya uplift	0.877	161.140	-6.624	2021.685
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.444	11.052	-86.764
Jumlah		$\sum RH = 35,388$	$\sum RV = -75.501$	$\sum MG = 136.787$	$\sum MT = -1442.267$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{1442,267}{136,787} = 10,544 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{75,501}{35,388} = 1,60 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = B = L = 20,25 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\sum MV - \sum MH}{\sum RV} \right] = \frac{25,75}{2} - \left[\frac{1442,267 - 136,787}{75,501} \right] = -4,42 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 25,75 = 4,29 \text{ OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\min} = \frac{75,501}{25,75} \times \left(1 + \frac{6 \times (-4,42)}{25,75} \right) = -0,08 \text{ t/m}^2 < 0 \text{ (Tidak aman)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{75,501}{25,75} \times \left(1 - \frac{6 \times (-4,42)}{25,75} \right) = 5,95 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

4.5.3 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Bulat, Intake Samping Dan Peredam Energi MDO

a. Analisis Pada Kondisi Air Normal

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja yaitu gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, gaya tekanan hidrostatis dan gaya akibat tekanan lumpur pada kondisi air normal dapat dilihat pada lampiran F

- Analisis stabilitas pada kondisi air normal :

Tabel 4.21 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi MDO

No	Faktor gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstuksi	-	-113.5	-	-884.91
2	Gaya gempa	15.828	-	52.574	-
3	Gaya hidrostatis	3.13	-2.088	23.07	-29.705
4	Gaya uplift	4.717	54.03	14.331	356.98
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.444	11.877	-49.013
jumlah		$\Sigma RH = 25.388$	$\Sigma RV = -64.999$	$\Sigma MG = 101.854$	$\Sigma MT = -606.650$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{606,650}{101,854} = 5,956 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{64,999}{25,388} = 1,92 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = B = L = 14,78 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma RV} \right] = \frac{14,78}{2} - \left[\frac{606,650 - 101,854}{64,999} \right] = -0,38 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 14,78 = 2,46 \text{ OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\min} = \frac{64,999}{14,78} \times \left(1 + \frac{6 \times (-0,38)}{14,78} \right) = 3,73 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{64,999}{14,78} \times \left(1 - \frac{6 \times (-0,38)}{14,78} \right) = 5,07 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

b. Analisis Pada Kondisi Air Banjir

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, dan gaya tekan lumpur sama dengan kondisi air normal, sedangkan perhitungan gaya tekanan hidrostatis dan gaya angkat (*uplift pressure*) dapat dilihat pada lampiran F.

- Analisis stabilitas pada kondisi air banjir

Tabel 4.22 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi MDO

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-133.500	-	-884.910
2	Gaya gempa	15.828	-	52.574	-
3	Gaya hidrostatis	8.775	-39.581	55.725	-320.999
4	Gaya uplift	5.034	102.383	15.002	707.949
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.444	11.877	-49.013
Jumlah		$\Sigma RH = 31.355$	$\Sigma RV = -54.134$	$\Sigma MG = 135.178$	$\Sigma MT = -546.973$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{546,973}{135,178} = 4,046 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{54,134}{31,355} = 1,29 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = B = L = 14,78 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma RV} \right] = \frac{14,78}{2} - \left[\frac{546,973 - 135,178}{54,134} \right] = -0,22 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 14,78 = 2,46 \text{ OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{min} > 0$

$$\sigma_{min} = \frac{46,375}{14,78} \times \left(1 + \frac{6 \times (-0,85)}{14,78} \right) = 3,34 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{max} = \frac{46,375}{14,785} \times \left(1 - \frac{6 \times (-0,85)}{14,78} \right) = 3,99 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

4.5.4 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Ogee, Intake Samping Dan Peredam Energi Bak Tenggelam

a. Analisis Pada Kondisi Air Normal

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja yaitu gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, gaya tekanan hidrostatis dan gaya akibat tekanan lumpur pada kondisi air normal dapat dilihat pada lampiran G.

- Analisis stabilitas pada kondisi air normal :

Tabel 4.23 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi bak tenggelam

No	Faktor gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-95.876	-	-592.337
2	Gaya gempa	13.37	-	41.343	-
3	Gaya hidrostatis	3.13	-2.013	16.35	-22.399
4	Gaya uplift	2.581	36.65	6.401	209.76
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.321	10.433	-36.959
jumlah		$\Sigma RH = 20.794$	$\Sigma RV = -64.557$	$\Sigma MG = 74.530$	$\Sigma MT = -441.937$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{441,937}{74,530} = 5,930 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{64,557}{20,794} = 2,33 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = $B = L = 11,68 \text{ m}$

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma RV} \right] = \frac{11,68}{2} - \left[\frac{441,937 - 74,530}{64,557} \right] = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 11,68 = 1,95 \text{ OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\max} = \frac{64,557}{11,68} \times \left(1 + \frac{6 \times (0,15)}{11,68} \right) = 5,95 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{64,557}{11,688} \times \left(1 - \frac{6 \times (0,15)}{11,68} \right) = 5,10 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Aman)}$$

b. Analisis Pada Kondisi Air Banjir

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, dan gaya tekan lumpur sama dengan kondisi air normal, sedangkan perhitungan gaya tekanan hidrostatis dan gaya angkat (*uplift pressure*) dapat dilihat pada lampiran G.

- Analisis stabilitas pada kondisi air banjir

Tabel 4.24 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi bak tenggelam

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-95.876	-	-592.337
2	Gaya gempa	13.370	-	41.343	-
3	Gaya hidrostatis	9.025	-28.762	49.689	-177.436
4	Gaya uplift	-6.353	77.886	-39.655	446.431
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.321	10.433	-36.959
Jumlah		$\Sigma RH = 17.761$	$\Sigma RV = -50,072$	$\Sigma MG = 61.809$	$\Sigma MT = -360.300$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{360,300}{61,809} = 5,829 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{50,072}{17,761} = 2,11 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = B = L = 11,68 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma RV} \right] = \frac{11,68}{2} - \left[\frac{360,300 - 61,809}{50,072} \right] = -0,12 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 11,68 = 1,95 \text{ OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\min} = \frac{50,072}{11,68} \times \left(1 + \frac{6 \times (-0,12)}{11,68} \right) = 4,02 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{50,072}{11,68} \times \left(1 - \frac{6 \times (-0,12)}{11,68} \right) = 4,55 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

4.5.5 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Ogee, Intake Samping Dan Peredam Energi USBR IV

a. Analisis Pada Kondisi Air Normal

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja yaitu gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, gaya tekanan hidrostatis dan gaya akibat tekanan lumpur pada kondisi air normal dapat dilihat pada lampiran H.

- Analisis stabilitas pada kondisi air normal

Tabel 4.25 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi USBR IV

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-188.939	-	-2910.219
2	Gaya gempa	26.347	-	81.262	
3	Gaya hidrostatis	3.125	-2.013	20.104	-50.997
4	Gaya uplift	4.710	85.843	15.560	1073.595
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.321	12.495	-84.145
Jumlah		$\Sigma RH = 35.901$	$\Sigma RV = -108.429$	$\Sigma MG = 129.421$	$\Sigma MT = -1971.765$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{1971,765}{129,421} = 15,235 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{108,429}{35,901} = 2,27 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = B = L = 25,90 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma RV} \right] = \frac{25,90}{2} - \left[\frac{1917,765 - 129,421}{108,429} \right] = -4,04 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 25,90 = 4,32 \text{ OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\max} = \frac{108,429}{25,90} \times \left(1 + \frac{6 \times (-4,04)}{25,90} \right) = 0,27 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{108,429}{25,90} \times \left(1 - \frac{6 \times (-4,04)}{25,90} \right) = 8,11 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

b. Analisis Pada Kondisi Air Banjir

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, dan gaya tekan lumpur sama dengan kondisi air normal, sedangkan perhitungan gaya tekanan hidrostatis dan gaya angkat (*uplift pressure*) dapat dilihat pada lampiran H.

- Analisis stabilitas pada kondisi air banjir :

Tabel 4.26 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi USBR IV

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-188.939	-	-2910.219
2	Gaya gempa	26.347	-	81.262	-
3	Gaya hidrostatis	9.025	-61.333	60.519	-856.046
4	Gaya uplift	1.020	162.831	-6.189	2057.718
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.321	12.495	-84.145
Jumlah		$\Sigma RH = 38.111$	$\Sigma RV = -90.761$	$\Sigma MG = 148.088$	$\Sigma MT = -1792.691$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{1792,691}{148,088} = 12,106 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{90,761}{38,111} = 1,79 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = B = L = 25,90 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma RV} \right] = \frac{25,90}{2} - \left[\frac{1792,691 - 148,088}{90,761} \right] = -5,17 \text{ m}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{min} > 0$

$$\sigma_{min} = \frac{90,761}{25,90} \times \left(1 + \frac{6 \times (-5,17)}{25,90} \right) = -0,69 \text{ t/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)}$$

$$\sigma_{max} = \frac{90,761}{25,90} \times \left(1 - \frac{6 \times (-5,17)}{25,90} \right) = 7,70 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

4.5.6 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Ogee, Drop Intake Dan Peredam Energi Bak Tenggelam

a. Analisis Pada Kondisi Air Normal

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja yaitu gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, gaya tekanan hidrostatis dan gaya akibat tekanan lumpur pada kondisi air normal dapat dilihat pada lampiran I.

- Analisis stabilitas pada kondisi air normal :

Tabel 4.27 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam

No	Faktor gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-87.657	-	-523.021
2	Gaya gempa	12.224	-	35.004	-
3	Gaya hidrostatis	3.13	-4.263	16.35	-42.244
4	Gaya uplift	2.581	36.65	6.401	209.76
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.321	10.433	-36.959
jumlah		$\Sigma RV = 19.648$	$\Sigma RH = -58.587$	$\Sigma MG = 68.191$	$\Sigma MT = -392.466$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{392,466}{68,191} = 5,755 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{58,587}{19,648} = 2,24 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = B = L = 11,68 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma RV} \right] = \frac{11,68}{2} - \left[\frac{392,466 - 68,191}{58,587} \right] = 0,31 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 11,68 = 1,95 \text{ OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\max} = \frac{58,587}{11,68} \times \left(1 + \frac{6 \times (0,31)}{11,68} \right) = 5,80 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{58,587}{11,688} \times \left(1 - \frac{6 \times (0,31)}{11,68} \right) = 4,23 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Aman)}$$

b. Analisis Pada Kondisi Air Banjir

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, dan gaya tekan lumpur sama dengan kondisi air normal, sedangkan perhitungan gaya tekanan hidrostatis dan gaya angkat (*uplift pressure*) dapat dilihat pada lampiran I.

- Analisis stabilitas pada kondisi air banjir :

Tabel 4.28 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-87.657	-	-523.021
2	Gaya gempa	12.224	-	35.004	-
3	Gaya hidrostatis	9.025	-31.411	49.689	-201.703
4	Gaya uplift	-6.353	77.886	-39.655	446.431
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.321	10.433	-36.959
Jumlah		$\Sigma RH = 16.614$	$\Sigma RV = -44.502$	$\Sigma MG = 55.470$	$\Sigma MT = -315.251$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{315,251}{55,470} = 5,683 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{44,502}{16,614} = 2,01 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = B = L = 11,68 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma RV} \right] = \frac{11,68}{2} - \left[\frac{315,251 - 55,470}{44,502} \right] = 0,002 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 11,68 = 1,95 \text{ OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\min} = \frac{44,502}{11,68} \times \left(1 + \frac{6 \times 0,002}{11,68} \right) = 3,81 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{44,502}{11,68} \times \left(1 - \frac{6 \times 0,002}{11,68} \right) = 3,81 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

4.5.7 Analisis Stabilitas Bendung Kombinasi Mercu Ogee, Drop Intake Dan Peredam Energi USBR IV

a. Analisis Pada Kondisi Air Normal

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja yaitu gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, gaya tekanan hidrostatis dan gaya akibat tekanan lumpur pada kondisi air normal dapat dilihat pada lampiran J.

- Analisis stabilitas pada kondisi air normal :

Tabel 4.29 Rekap gaya-gaya pada kondisi air normal pada bendung kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi USBR IV

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-180.719	-	-2724.123
2	Gaya gempa	25.201	-	73.548	-
3	Gaya hidrostatis	3.125	-4.263	20.104	-102.837
4	Gaya uplift	4.710	85.843	15.560	1073.595
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.321	12.495	-84.145
Jumlah		$\Sigma RH = 34.755$	$\Sigma RV = -102.460$	$\Sigma MG = 121.707$	$\Sigma MT = -1837.508$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{1837,508}{121,707} = 15,098 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{102,460}{34,755} = 2,21 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = B = L = 25,90 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma RV} \right] = \frac{25,90}{2} - \left[\frac{1837,508 - 121,707}{102,460} \right] = - 3,80 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 25,90 = 4,32 \quad \text{OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\min} = \frac{102,460}{25,90} \times \left(1 + \frac{6 \times (-3,80)}{25,90} \right) = 0,48 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{102,460}{25,90} \times \left(1 - \frac{6 \times (-3,80)}{25,90} \right) = 7,43 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

b. Analisis Pada Kondisi Air Banjir

- Gaya-gaya yang bekerja

Perhitungan gaya akibat berat bendung sendiri, gaya gempa, dan gaya tekan lumpur sama dengan kondisi air normal, sedangkan perhitungan gaya tekanan hidrostatis dan gaya angkat (*uplift pressure*) dapat dilihat pada lampiran J.

- Analisis stabilitas pada kondisi air banjir :

Tabel 4.30 Rekap gaya-gaya pada kondisi air banjir pada bendung kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi USBR IV

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H(ton)	V(ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
1	Berat konstruksi	-	-180.719	-	-2724.123
2	Gaya gempa	25.201	-	73.548	
3	Gaya hidrostatis	9.025	-67.380	60.519	-989.676
4	Gaya uplift	1.020	162.822	-6.189	2057.713
5	Tekanan lumpur	1.719	-3.321	12.495	-84.145
Jumlah		$\Sigma RH = 36.624$	$\Sigma RV = -88.589$	$\Sigma MG = 140.374$	$\Sigma MT = -1740.225$

- Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan rumus 2.44

$$SF = \frac{1740,225}{140,374} = 12,397 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan rumus 2.45

$$SF = 0,75 \cdot \frac{88,589}{36,624} = 1,80 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah

Lebar dasar bendung = B = L = 25,90 m

Dengan menggunakan rumus 2.46 didapatkan nilai eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{L}{2} - \left[\frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma RV} \right] = \frac{20,40}{2} - \left[\frac{1740,225 - 140,374}{88,589} \right] = -5,11 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < \frac{1}{6} \times L \Rightarrow e < \frac{1}{6} \times 25,90 = 4,32 \dots \text{OK}$$

Perhitungan tegangan tanah menggunakan rumus 2.47

Kontrol tegangan tanah, $\sigma_{\max} < (\bar{\sigma})$ dan $\sigma_{\min} > 0$

$$\sigma_{\max} = \frac{88,589}{25,90} \times \left(1 + \frac{6 \times (-5,11)}{25,90} \right) = -0,63 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ (Tidak aman)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{88,589}{25,90} \times \left(1 - \frac{6 \times (-5,11)}{25,90} \right) = 7,47 \text{ t/m}^2 < 12,13 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

4.6 Perencanaan Bak Pengendap Sedimen

Diketahui :

$$Q \text{ rencana } (Q_n) = 3,6 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Diameter butir} = 0,2 \text{ mm}$$

Langkah-langkah dalam merencanakan bak pengendap sedimen adalah :

- Menentukan nilai kecepatan turun butir (w) pada gambar 2.12
Didapatkan nilai kecepatan turun butir (w) = $24,5 \text{ mm}/\text{dt}^2 = 0,0245 \text{ m}/\text{dt}^2$
- Menghitung panjang dan lebar bak pengendap sedimen dengan menggunakan rumus 2.48

$$LB = \frac{Q_n}{w} = \frac{3,6}{0,0245} = 146,94 \text{ m}^2 \approx 148 \text{ m}^2$$

Karena $L/B > 8$, maka dapat dihitung : $L > 8B = 8B \times B = 148 \text{ m}^2$. Jadi $B < 4,3 \text{ m}$ dan $L > 34,4 \text{ m}$.

$$\text{Lebar bak pengendap } (B) = 4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bak pengendap } (L) = 37 \text{ m}$$

- Menghitung kemiringan bak pengendap (i_n)
 V_n diambil $0,40 \text{ m}/\text{dt}$ untuk mencegah tumbuhnya vegetasi dan agar partikel – partikel yang lebih besar tidak langsung mengendap di hilir pengambilan. Harga k_s dapat diambil 45 (Standart perencanaan irigasi KP-Penunjang).

Dalam menghitung kemiringan bak pengendap (i_n) dilakukan beberapa proses perhitungan diantaranya :

- Menghitung luas penampang (A_n) dengan rumus 2.49

$$A_n = \frac{Q_n}{V_n} = \frac{3,6}{0,4} = 9$$

- Menghitung kedalaman air (h_n) = $\frac{A_n}{B} = \frac{9}{4} = 2,25 \text{ m}$

- Menghitung keliling basah (P_n) = $B + 2h = 4 + (2 \times 2,25) \sqrt{2,25 + 1^2}$
= $12,11 \text{ m}$

- Menghitung jari-jari hidrolis (R_n) dengan rumus 2.50

$$R_n = \frac{A_n}{P_n} = \frac{9}{12,11} = 0,74 \text{ m}$$

- Menghitung kemiringan energi (i_n) dengan rumus 2.51

$$V_n^2 / (R_n^{2/3} \times k_s)^2 = 0,4^2 / (0,74^{2/3} \times 45)^2 = 0,00012$$

- Merencanakan kantong lumpur

Untuk asumsi awal dalam menentukan kemiringan energi di kantong pasir (is), kecepatan aliran untuk pembilasan diambil 2,5 m/dt.

Dalam menghitung merencanakan bak pengendap (i_n) dilakukan beberapa proses perhitungan diantaranya :

- Merencanakan debit pembilasan (Q_s)

$$Q_s = 1,2 \times 3,6 \text{ m}^3/\text{dt} = 4,32 \text{ m}^3/\text{dt}$$

- Menghitung luas permukaan (A_s) dengan rumus 2.52

$$A_s = Q_s/V_s = 4,32 / 2,5 = 1,73 \text{ m}^2$$

- Menghitung kemiringan dasar kantong pasir

Lebar kantong lumpur direncanakan 2 m

$$A_s = b \times h_s$$

$$1,73 = 2 \times h_s$$

$$h_s = 0,86 \text{ m}$$

$$P_s = b + 2h_s = 2 + (2 \times 0,86) = 3,73 \text{ m}$$

$$R_s = A_s/P_s = 1,72 / 3,73 = 0,46 \text{ m}$$

Untuk pembilasan koefisien k_s diambil 40

$$I_s = \frac{V_s^2}{\left(\frac{2}{R^3} \cdot K\right)^2} = \frac{2,5^2}{\left(0,46^3 \cdot 40\right)^2} = 0,01$$

- Memeriksa agar pembilasan dapat dilakukan dengan baik, kecepatan aliran harus dijaga agar tetap subkritis atau $Fr \leq 1$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g h}} = \frac{1,5}{\sqrt{9,81 \times 0,67}} = 0,86 \leq 1 \dots \text{OK}$$

- Menghitung nilai tegangan geser kritis (τ) dengan rumus 2.55

$$\tau = \rho \times g \times h_s \times I_s = 1000 \times 9,81 \times 0,86 \times 0,01 = 84,37 \text{ N/m}^2$$

- Menentukan diameter partikel yang akan terbilas.

Dari gambar 2.13 didapatkan partikel yang lebih kecil dari 100 mm akan terbilas pada saat pembilasan.

- Memeriksa efisiensi pengendapan pada kantong lumpur dengan menggunakan rumus 2.56

$$\frac{h_n}{w} = \frac{L}{v_n} \rightarrow w_o = \frac{h_n v_n}{L} = \frac{2,25 \times 0,40}{37} = 0,0243 \text{ m/dt}$$

$$w/w_o = 0,0245/0,0243 = 1,008 \approx 1$$

$$w/v_n = 0,0245/0,40 = 0,06125$$

Dari gambar 2.14 didapatkan efisiensi pengendapan sebesar 0,86

4.7 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Di dalam menentukan rencana anggaran biaya dibutuhkan perhitungan volume galian dan timbunan, volume pekerjaan, upah dan harga satuan pekerjaan, dan analisis harga satuan pekerjaan yang nantinya digunakan sebagai acuan di dalam perhitungan rencana anggaran biaya (RAB). Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) bertujuan untuk membandingkan besar biaya yang dibutuhkan pada beberapa macam kombinasi bendung. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada beberapa macam kombinasi bendung diantaranya :

- Mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam.
RAB yang digunakan sebesar Rp. 1.198.690.273,62
(Perhitungan dapat dilihat pada lampiran K)
- Mercu bulat, intake samping dan peredam energi MDO.
RAB yang digunakan sebesar Rp. 1.304.634.133,05
(Perhitungan dapat dilihat pada lampiran L)
- Mercu ogee, intake samping dan peredam energi bak tenggelam.
RAB yang digunakan sebesar Rp. 1.204.564.712,78
(Perhitungan dapat dilihat pada lampiran M)
- Mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam.
RAB yang digunakan sebesar Rp. 1.164.897.822,30
(Perhitungan dapat dilihat pada lampiran N)

4.8 Pemilihan Tipe Bendung

Pemilihan dari tipe kombinasi bendung berdasarkan pada keamanan terhadap stabilitas bendung dan biaya yang ekonomis. Hasil rekapitulasi dari analisis stabilitas pada bendung dengan kombinasi dari tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi pada kondisi air normal dapat dilihat pada tabel 4.31, sedangkan pada kondisi air banjir dapat dilihat pada tabel 4.32. Hasil rekapitulasi

perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung dengan kombinasi dari tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi dapat dilihat pada tabel 4.33.

Berdasarkan tabel 4.32 diperoleh hasil yaitu, semua kombinasi bendung aman terhadap stabilitas pada kondisi air normal. Berdasarkan tabel 4.33 diperoleh hasil analisis stabilitas pada kondisi banjir yaitu, semua kombinasi bendung aman terhadap stabilitas kecuali pada bendung yang menggunakan kombinasi peredam energi tipe USBR IV tidak aman terhadap daya dukung tanahnya. Dari hasil rekapitulasi perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada tabel 4.34 dapat diketahui bahwa pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi tipe bak tenggelam memiliki rencana anggaran biaya (RAB) yang paling ekonomis yaitu sebesar Rp 1.164.897.822,30.

Karena pemilihan dari tipe kombinasi bendung berdasarkan pada keamanan terhadap stabilitas bendung dan biaya yang ekonomis, maka pemilihan tipe kombinasi bendung yang tepat pada perencanaan bendung pembangkit listrik tenaga minihiro di Kali Jompo adalah, bendung dengan kombinasi mercu bulat, drop intake dan peredam energi tipe bak tenggelam.

Tabel 4.31 Rekap analisis stabilitas pada bendung dengan kombinasi dari tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi pada kondisi air normal.

Kombinasi Bendung			Stabilitas Bendung Kondisi Air Normal		
Tipe Mercu	Tipe Intake	Tipe Peredam Energi	Guling SF > 1,5	Geser SF > 1,5	Daya dukung Tanah $\sigma_{\max} < 12,13$ $\sigma_{\min} > 0$
Mercu Bulat	Intake Samping	Bak Tenggelam	5,995	2,30	$\sigma_{\max} = 5,76$ $\sigma_{\min} = 5,07$
		USBR IV	13,431	2,07	$\sigma_{\max} = 6,33$ $\sigma_{\min} = 0,86$
		MDO	5,956	1,92	$\sigma_{\max} = 5,07$ $\sigma_{\min} = 3,73$
Mercu Ogee	Intake Samping	Bak Tenggelam	5,930	2,33	$\sigma_{\max} = 5,95$ $\sigma_{\min} = 5,10$
		USBR IV	15,235	2,27	$\sigma_{\max} = 8,11$ $\sigma_{\min} = 0,27$
	Drop Intake	Bak Tenggelam	5,755	2,24	$\sigma_{\max} = 5,80$ $\sigma_{\min} = 4,23$
		USBR IV	15,098	2,21	$\sigma_{\max} = 7,43$ $\sigma_{\min} = 0,48$

Tabel 4.32 Rekap analisis stabilitas pada bendung dengan kombinasi dari tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi pada kondisi air banjir.

Kombinasi Bendung			Stabilitas Bendung Kondisi Air Banjir		
Tipe Mercu	Tipe Intake	Tipe Peredam Energi	Guling SF > 1,25	Geser SF > 1,25	Daya dukung Tanah $\sigma_{max} < 12,13$ $\sigma_{min} > 0$
Mercu Bulat	Intake Samping	Bak Tenggelam	6,168	2,15	$\sigma_{max} = 4,72$ $\sigma_{min} = 3,74$
		USBR IV	10,544	1,60	$\sigma_{max} = 5,95$ $\sigma_{min} = -0,08$
		MDO	4,046	1,29	$\sigma_{max} = 3,99$ $\sigma_{min} = 3,34$
Mercu Ogee	Intake Samping	Bak Tenggelam	5,829	2,11	$\sigma_{max} = 4,55$ $\sigma_{min} = 4,02$
		USBR IV	12,106	1,79	$\sigma_{max} = 7,70$ $\sigma_{min} = -0,69$
	Drop Intake	Bak Tenggelam	5,683	2,01	$\sigma_{max} = 3,81$ $\sigma_{min} = 3,81$
		USBR IV	12,397	1,80	$\sigma_{max} = 7,47$ $\sigma_{min} = -0,63$

Tabel 4.33 Rekap rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung dengan kombinasi dari tipe mercu, tipe intake dan tipe peredam energi.

Kombinasi Bendung			Rencana Anggaran Biaya (RAB)	
Tipe Mercu	Tipe Intake	Tipe Peredam Energi		
Mercu Bulat	Intake Samping	Bak Tenggelam	Rp	1,198,690,273.62
		MDO	Rp	1,304,634,133.05
Mercu Ogee	Intake Samping	Bak Tenggelam	Rp	1,204,564,712.78
	Drop Intake	Bak Tenggelam	Rp	1,164,897,822.30

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan yaitu perencanaan bendung pembangkit listrik tenaga minihidro di Kali Jompo direncanakan menggunakan bendung dengan kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam. Dari hasil analisis stabilitas dengan pertimbangan beban – beban yang bekerja, dapat diketahui bahwa konstruksi bendung aman terhadap bahaya guling karena memenuhi persyaratan $SF > 1,5$ pada kondisi air normal dan $SF > 1,25$ pada kondisi air banjir, aman terhadap bahaya geser karena memenuhi persyaratan $SF > 1,5$ pada kondisi air normal dan $SF > 1,25$ pada kondisi air banjir, serta memenuhi persyaratan $\sigma_{maks} < \sigma_{ijin}$ tanah dan $\sigma_{min} > 0$ untuk daya dukung tanah dasarnya. Rencana anggaran biaya (RAB) yang digunakan sebesar Rp 1.164.897.822,30.

5.2 Saran

Perencanaan yang dilakukan pada tugas akhir ini hanya pada bendungnya saja. Selain bendung masih ada komponen bangunan sipil pembangkit listrik tenaga minihidro di Kali Jompo seperti saluran pembawa, bak penenang, pipa penstock, rumah pembangkit dan saluran pembuang yang perlu dilakukan perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum (2003), *Tata Cara Desain Hidraulik Bangunan Pengambil Pada Bangunan Tyrol (Pd T-01-2003)*. Pedoman, Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah (2004), *Analisis Stabilitas Bendungan Tipe Urugan Akibat Beban Gempa (Pd T-14-2004-A)*, Pedoman, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah.
- Didip Dimas dan Reni Widyastuti (2009), *Perencanaan Teknis Dan Kajian Sistem Pengendalian Proyek Dengan Metode Earned Value Pada Bendung Susukan Kabupaten Magelang*, Tugas Akhir. Universitas Diponegoro Semarang.
- Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum (1986), *Standart Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 02*, Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum (1986), *Standart Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 04*, Penerbit Badan Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum (1986), *Standart Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 06*, Penerbit Badan Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum (1986), *Standart Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Penunjang*, Penerbit Badan Departemen Pekerjaan Umum.
- Dony Rahardian dan Evan Kurnian (2008), *Rancangan Teknis Rinci (DED) Bangunan Utama Bendung dan Jaringan Irigasi D.I. Sidey Kabupaten Manokwari – Papua*, Tugas Akhir. Institut Teknologi Bandung.
- Drs. Erman Mawardi, Dipl., AIT dan Ir. Moch. Memed, Dipl., HE., APU (2002), *Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk Irigasi Teknis*, ALFABETA. Bandung.

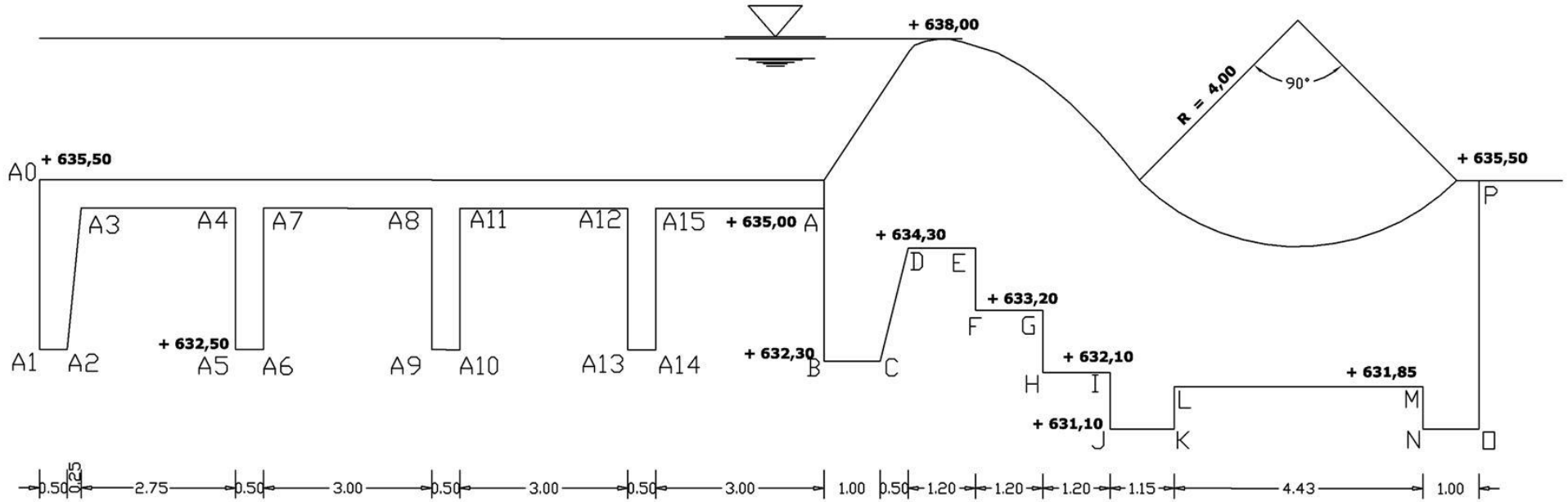
- Dwi Anto dan Sugeng Riyanta (2004), *Perencanaan Bendung Sukomerto Di Kali Gading Salatiga Jawa Tengah*, Tugas Akhir. Universitas Diponegoro Semarang.
- Hinds, Creagee, Justin, *Engeneering for Dams* (1961), John Wiley & Sons. Inc, London.
- Ir. Soedibyو (2003), *Teknik Bendungan*, PT. Pradnyana Paramita, Jakarta.
- O.F Patty. *Tenaga Air* (1995), Erlangga, Jakarta.
- PT. Euro Hydro Power Persada Indonesia (2011), *Final Report Feasibility Study*. Jember
- Prawoto, Wisnu Aji (2009), *Redesain Bendung Pendekan Di Desa Bokoharjo, Prambanan, Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta*, Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Lampiran A.

Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kondisi normal dan banjir pada kombinasi mercu ogee dengan peredam energi bak tenggelam.

Tabel A.1 Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kondisi normal dan banjir, Kombinasi mercu ogee dengan peredam energi bak tenggelam.

TITIK	GARIS	PANJANG REMBESAN			LW	H		$\Delta H = LW/CW$		$P_x = H - \Delta H$	
		V	H	1/3 H		Normal	Banjir	normal	Banjir	Normal	Banjir
A0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	4.86	0.00	0.00	2.50	4.86
A1	A0 - A1	3.00	-	-	3.00	5.50	7.86	0.18	0.07	5.32	7.79
A2	A1 - A2	-	0.50	0.17	3.17	5.50	7.86	0.19	0.08	5.31	7.78
A3	A2 - A3	2.50	-	-	5.67	3.00	5.36	0.33	0.14	2.67	5.22
A4	A3 - A4	-	2.75	0.92	6.58	3.00	5.36	0.39	0.16	2.61	5.20
A5	A4 - A5	2.50	-	-	9.08	5.50	7.86	0.53	0.22	4.97	7.64
A6	A5 - A6	-	0.50	0.17	9.25	5.50	7.86	0.54	0.22	4.96	7.64
A7	A6 - A7	2.50	-	-	11.75	3.00	5.36	0.69	0.28	2.31	5.08
A8	A7 - A8	-	3.00	1.00	12.75	3.00	5.36	0.75	0.31	2.25	5.05
A9	A8 - A9	2.50	-	-	15.25	5.50	7.86	0.89	0.37	4.61	7.49
A10	A9 - A10	-	0.50	0.17	15.42	5.50	7.86	0.90	0.37	4.60	7.49
A11	A10 - A11	2.50	-	-	17.92	3.00	5.36	1.05	0.43	1.95	4.93
A12	A11 - A12	-	3.00	1.00	18.92	3.00	5.36	1.11	0.46	1.89	4.90
A13	A12 - A13	2.50	-	-	21.42	5.50	7.86	1.26	0.52	4.24	7.34
A14	A13 - A14	-	0.50	0.17	21.58	5.50	7.86	1.27	0.52	4.23	7.34
A15	A14 - A15	2.50	-	-	24.08	3.00	5.36	1.41	0.58	1.59	4.78
A	A15 - A	-	3.00	1.00	25.08	3.00	5.36	1.47	0.61	1.53	4.75
B	A - B	2.70	-	-	27.78	5.70	8.06	1.63	0.67	4.07	7.39
C	B - C	-	1.00	0.33	28.12	5.70	8.06	1.65	0.68	4.05	7.38
D	C - D	2.00	-	-	30.12	3.70	6.06	1.77	0.73	1.93	5.33
E	D - E	-	1.20	0.40	30.52	3.70	6.06	1.79	0.74	1.91	5.32
F	E - F	1.10	-	-	31.62	4.45	6.81	1.86	0.76	2.59	6.05
G	F - G	-	1.20	0.40	32.02	4.45	6.81	1.88	0.77	2.57	6.04
H	G - H	1.10	-	-	33.12	5.20	7.56	1.94	0.80	3.26	6.76
I	H - I	-	1.20	0.40	33.52	5.20	7.56	1.97	0.81	3.23	6.75
J	I - J	1.00	-	-	34.52	5.95	8.31	2.03	0.83	3.92	7.48
K	J - K	-	1.15	0.38	34.90	5.95	8.31	2.05	0.84	3.90	7.47
L	K - L	0.75	-	-	35.65	5.20	7.56	2.09	0.86	3.11	6.70
M	L - M	-	4.43	1.48	37.13	5.20	7.56	2.18	0.90	3.02	6.66
N	M - N	0.75	-	-	37.88	5.95	8.31	2.22	0.92	3.73	7.39
O	N - O	-	1.00	0.33	38.21	5.95	8.31	2.24	0.92	3.71	7.39
P	O - P	4.40	-	-	42.61	2.50	4.86	2.50	1.03	0.00	3.83
$\Sigma LV =$		34.3	$\Sigma 1/3H =$	8.31							



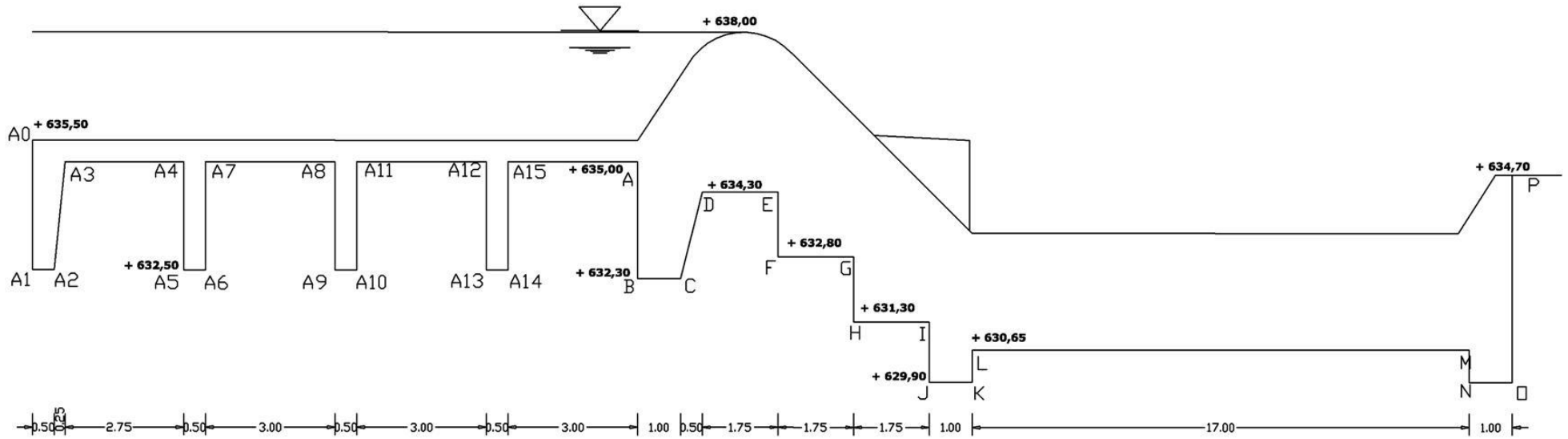
Gambar A.1 Panjang rembesan pada bendung kombinasi mercu ogee dengan peredam energi bak tenggelam

Lampiran B

Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kondisi normal dan banjir. Kombinasi mercu bulat dengan peredam energi USBR IV.

Tabel B.1 Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kondisi normal dan banjir. Kombinasi mercu bulat dengan peredam energi USBR IV.

TITIK	GARIS	PANJANG REMBESAN			Lx	Hx		H = LW/CW		Px	
		V	H	1/3 H		Normal	Banjir	normal	Banjir	Normal	Banjir
A0		0.00	0.00	0.00	0.00	2.5	4.76	0.00	0.00	2.50	4.76
A1	A0 - A1	3.00			3.00	5.5	7.76	0.20	0.15	5.30	7.61
A2	A1 - A2		0.50	0.17	3.17	5.5	7.76	0.21	0.16	5.29	7.60
A3	A2 - A3	2.50			5.67	3	5.26	0.38	0.28	2.62	4.98
A4	A3 - A4		2.75	0.92	6.58	3	5.26	0.44	0.32	2.56	4.94
A5	A4 - A5	2.50			9.08	5.5	7.76	0.61	0.45	4.89	7.31
A6	A5 - A6		0.50	0.17	9.25	5.5	7.76	0.62	0.46	4.88	7.30
A7	A6 - A7	2.50			11.75	3	5.26	0.79	0.58	2.21	4.68
A8	A7 - A8		3.00	1.00	12.75	3	5.26	0.86	0.63	2.14	4.63
A9	A8 - A9	2.50			15.25	5.5	7.76	1.03	0.75	4.47	7.01
A10	A9 - A10		0.50	0.17	15.42	5.5	7.76	1.04	0.76	4.46	7.00
A11	A10 - A11	2.50			17.92	3	5.26	1.21	0.88	1.79	4.38
A12	A11 - A12		3.00	1.00	18.92	3	5.26	1.28	0.93	1.72	4.33
A13	A12 - A13	2.50			21.42	5.5	7.76	1.45	1.06	4.05	6.70
A14	A13 - A14		0.50	0.17	21.58	5.5	7.76	1.46	1.06	4.04	6.70
A15	A14 - A15	2.50			24.08	3	5.26	1.63	1.19	1.37	4.07
A	A15 - A		3.00	1.00	25.08	3	5.26	1.69	1.24	1.31	4.02
B	A - B	2.70			27.78	5.7	7.96	1.87	1.37	3.83	6.59
C	B - C		1.00	0.33	28.12	5.7	7.96	1.90	1.39	3.80	6.57
D	C - D	2.00			30.12	3.7	5.96	2.03	1.48	1.67	4.48
E	D - E		1.75	0.58	30.70	3.7	5.96	2.07	1.51	1.63	4.45
F	E - F	1.50			32.20	4.7	6.96	2.17	1.59	2.53	5.37
G	F - G		1.75	0.58	32.78	4.7	6.96	2.21	1.62	2.49	5.34
H	G - H	1.50			34.28	5.7	7.96	2.31	1.69	3.39	6.27
I	H - I		1.75	0.58	34.87	5.7	7.96	2.35	1.72	3.35	6.24
J	I - J	1.40			36.27	6.9	9.16	2.45	1.79	4.45	7.37
K	J - K		1.00	0.33	36.60	6.9	9.16	2.47	1.80	4.43	7.36
L	K - L	0.75			37.35	6.15	8.41	2.52	1.84	3.63	6.57
M	L - M		17.00	5.67	43.02	6.15	8.41	2.90	2.12	3.25	6.29
N	M - N	0.75			43.77	6.9	9.16	2.95	2.16	3.95	7.00
O	N - O		1.00	0.33	44.10	6.9	9.16	2.98	2.17	3.92	6.99
P	O - P	4.80			48.90	3.3	5.56	3.30	2.41	0.00	3.15
$\Sigma LV =$		35.90	$\Sigma 1/3LH = 13.00$								



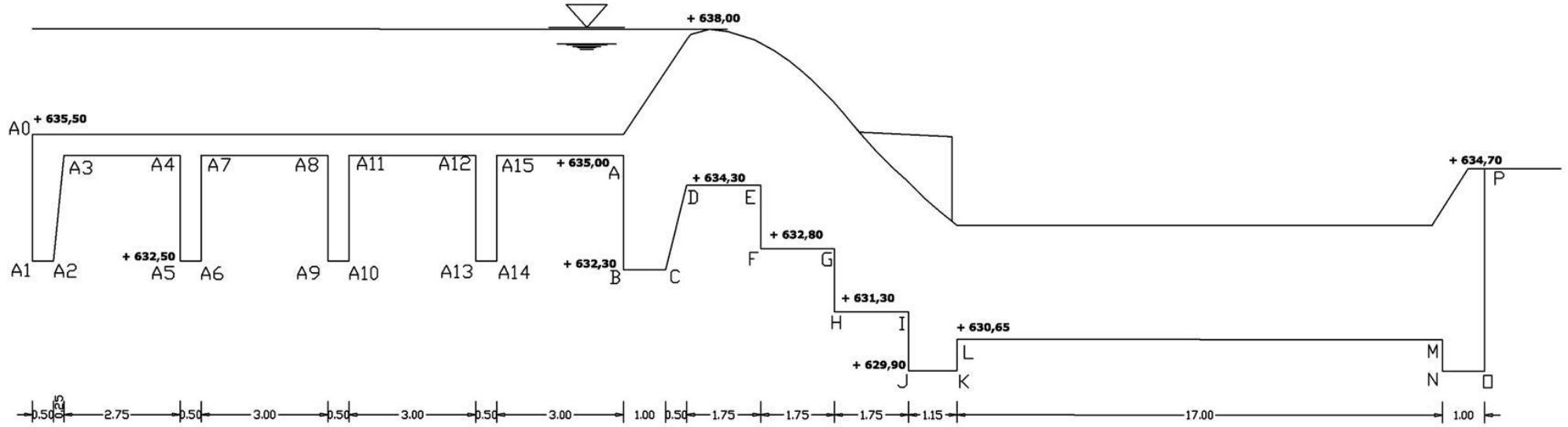
Gambar B.1 Panjang rembesan pada bendung kombinasi mercu bulat dengan peredam energi USBR IV

Lampiran C

Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kondisi normal dan banjir. Kombinasi mercu ogee dengan peredam energi USBR IV.

Tabel C.1 Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kondisi normal dan banjir. Kombinasi mercu ogee dengan peredam energi USBR IV.

TITIK	GARIS	PANJANG REMBESAN			Lx	Hx		H = LW/CW		Px	
		V	H	1/3 H		Normal	Banjir	normal	Banjir	Normal	Banjir
A0		0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	4.86	0.00	0.00	2.50	4.86
A1	A0 - A1	3.00			3.00	5.50	7.86	0.20	0.15	5.30	7.71
A2	A1 - A2		0.50	0.17	3.17	5.50	7.86	0.21	0.16	5.29	7.70
A3	A2 - A3	2.50			5.67	3.00	5.36	0.38	0.29	2.62	5.07
A4	A3 - A4		2.75	0.92	6.58	3.00	5.36	0.44	0.34	2.56	5.02
A5	A4 - A5	2.50			9.08	5.50	7.86	0.61	0.47	4.89	7.39
A6	A5 - A6		0.50	0.17	9.25	5.50	7.86	0.62	0.47	4.88	7.39
A7	A6 - A7	2.50			11.75	3.00	5.36	0.79	0.60	2.21	4.76
A8	A7 - A8		3.00	1.00	12.75	3.00	5.36	0.86	0.65	2.14	4.71
A9	A8 - A9	2.50			15.25	5.50	7.86	1.03	0.78	4.47	7.08
A10	A9 - A10		0.50	0.17	15.42	5.50	7.86	1.04	0.79	4.46	7.07
A11	A10 - A11	2.50			17.92	3.00	5.36	1.21	0.92	1.79	4.44
A12	A11 - A12		3.00	1.00	18.92	3.00	5.36	1.28	0.97	1.72	4.39
A13	A12 - A13	2.50			21.42	5.50	7.86	1.44	1.10	4.06	6.76
A14	A13 - A14		0.50	0.17	21.58	5.50	7.86	1.46	1.11	4.04	6.75
A15	A14 - A15	2.50			24.08	3.00	5.36	1.62	1.23	1.38	4.13
A	A15 - A		3.00	1.00	25.08	3.00	5.36	1.69	1.29	1.31	4.07
B	A - B	2.70			27.78	5.70	8.06	1.87	1.42	3.83	6.64
C	B - C		1.00	0.33	28.12	5.70	8.06	1.90	1.44	3.80	6.62
D	C - D	2.00			30.12	3.70	6.06	2.03	1.54	1.67	4.52
E	D - E		1.75	0.58	30.70	3.70	6.06	2.07	1.57	1.63	4.49
F	E - F	1.50			32.20	4.70	7.06	2.17	1.65	2.53	5.41
G	F - G		1.75	0.58	32.78	4.70	7.06	2.21	1.68	2.49	5.38
H	G - H	1.50			34.28	5.70	8.06	2.31	1.76	3.39	6.30
I	H - I		1.75	0.58	34.87	5.70	8.06	2.35	1.79	3.35	6.27
J	I - J	1.40			36.27	6.90	9.26	2.44	1.86	4.46	7.40
K	J - K		1.15	0.38	36.65	6.90	9.26	2.47	1.88	4.43	7.38
L	K - L	0.75			37.40	6.15	8.51	2.52	1.92	3.63	6.59
M	L - M		17.00	5.67	43.07	6.15	8.51	2.90	2.21	3.25	6.30
N	M - N	0.75			43.82	6.90	9.26	2.95	2.25	3.95	7.01
O	N - O		1.00	0.33	44.15	6.90	9.26	2.98	2.26	3.92	7.00
P	O - P	4.80			48.95	3.30	5.66	3.30	2.51	0.00	3.15
$\Sigma LV =$		35.90	$\Sigma 1/3 LH = 13.05$								



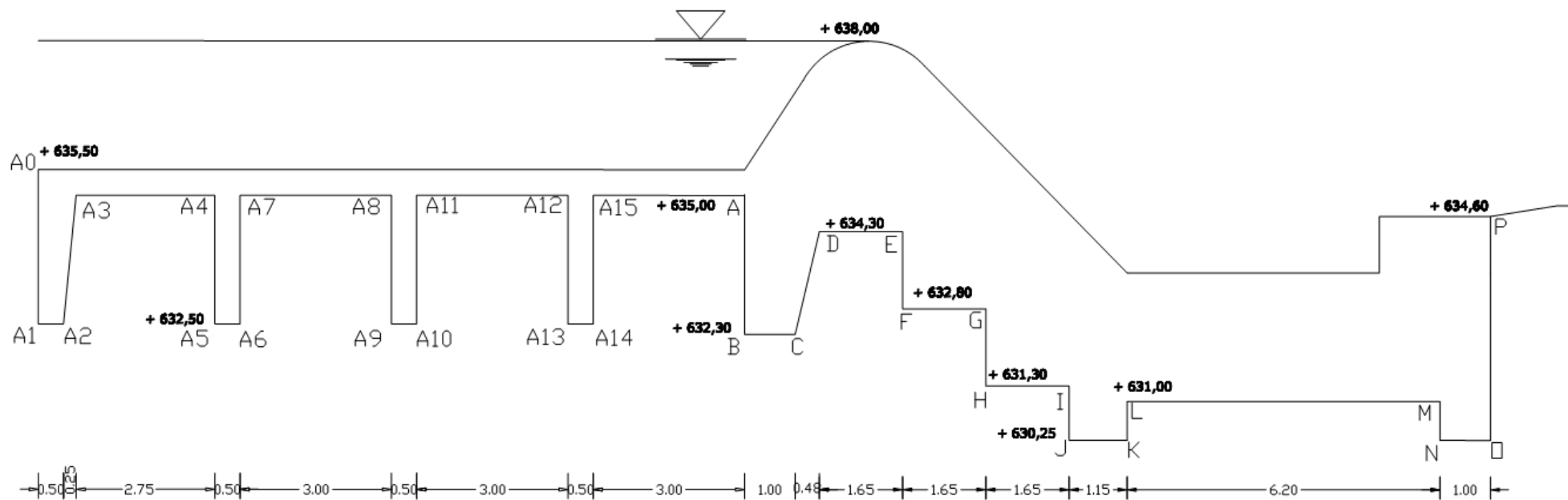
Gambar C.1 Panjang rembesan pada bendung kombinasi mercu ogee dengan peredam energi USBR IV

Lampiran D

Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kondisi normal dan banjir. Kombinasi mercu bulat dengan peredam energi MDO.

Tabel D.1 Perhitungan panjang rembesan dan tekanan air tanah pada kondisi normal dan banjir. Kombinasi mercu bulat dengan peredam energi MDO.

TITIK	GARIS	PANJANG REMBESAN			LW	H		$\Delta H = LW/CW$		$P_x = H - \Delta H$	
		V	H	1/3 H		Normal	Banjir	normal	Banjir	Normal	Banjir
A0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	4.76	0.00	0.00	2.50	4.76
A1	A0 - A1	3.00	-	-	3.00	5.50	7.76	0.23	0.14	5.27	7.62
A2	A1 - A2	-	0.50	0.17	3.17	5.50	7.76	0.24	0.15	5.26	7.61
A3	A2 - A3	2.50	-	-	5.67	3.00	5.26	0.43	0.27	2.57	4.99
A4	A3 - A4	-	2.75	0.92	6.58	3.00	5.26	0.50	0.31	2.50	4.95
A5	A4 - A5	2.50	-	-	9.08	5.50	7.76	0.69	0.43	4.81	7.33
A6	A5 - A6	-	0.50	0.17	9.25	5.50	7.76	0.71	0.44	4.79	7.32
A7	A6 - A7	2.50	-	-	11.75	3.00	5.26	0.90	0.56	2.10	4.70
A8	A7 - A8	-	3.00	1.00	12.75	3.00	5.26	0.98	0.61	2.02	4.65
A9	A8 - A9	2.50	-	-	15.25	5.50	7.76	1.17	0.73	4.33	7.03
A10	A9 - A10	-	0.50	0.17	15.42	5.50	7.76	1.18	0.74	4.32	7.02
A11	A10 - A11	2.50	-	-	17.92	3.00	5.26	1.37	0.85	1.63	4.41
A12	A11 - A12	-	3.00	1.00	18.92	3.00	5.26	1.45	0.90	1.55	4.36
A13	A12 - A13	2.50	-	-	21.42	5.50	7.76	1.64	1.02	3.86	6.74
A14	A13 - A14	-	0.50	0.17	21.58	5.50	7.76	1.65	1.03	3.85	6.73
A15	A14 - A15	2.50	-	-	24.08	3.00	5.26	1.84	1.15	1.16	4.11
A	A15 - A	-	3.00	1.00	25.08	3.00	5.26	1.92	1.20	1.08	4.06
B	A - B	2.70	-	-	27.78	5.70	7.96	2.13	1.33	3.57	6.63
C	B - C	-	1.00	0.33	28.12	5.70	7.96	2.15	1.34	3.55	6.62
D	C - D	2.00	-	-	30.12	3.70	5.96	2.30	1.44	1.40	4.52
E	D - E	-	1.65	0.55	30.67	3.70	5.96	2.35	1.46	1.35	4.50
F	E - F	1.50	-	-	32.17	5.20	7.46	2.46	1.53	2.74	5.93
G	F - G	-	1.65	0.55	32.72	5.20	7.46	2.50	1.56	2.70	5.90
H	G - H	1.50	-	-	34.22	6.70	8.96	2.62	1.63	4.08	7.33
I	H - I	-	1.65	0.55	34.77	6.70	8.96	2.66	1.66	4.04	7.30
J	I - J	1.05	-	-	35.82	7.75	10.01	2.74	1.71	5.01	8.30
K	J - K	-	1.15	0.38	36.20	7.75	10.01	2.77	1.73	4.98	8.28
L	K - L	0.75	-	-	36.95	7.00	9.26	2.83	1.76	4.17	7.50
M	L - M	-	6.20	2.07	39.02	7.00	9.26	2.98	1.86	4.02	7.40
N	M - N	0.75	-	-	39.77	7.75	10.01	3.04	1.90	4.71	8.11
O	N - O	-	1.00	0.33	40.10	7.75	10.01	3.07	1.91	4.68	8.10
P	O - P	4.35	-	-	44.45	3.40	5.66	3.40	2.12	0.00	3.54
$\Sigma LV =$		35.1	$\Sigma 1/3H =$		9.35						



Gambar D.1 Panjang rembesan pada bendung kombinasi mercu bulat dengan peredam energi MDO

Lampiran E

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi USBR IV.

Tabel E.1 Perhitungan gaya akibat berat sendiri bendung

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya(ton)	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi						
G1	0.5	x	1.67	x	2.50	x	2.2	-4.593	24.64	-113.159
G2		x	1.42	x	2.50	x	2.2	-7.810	23.37	-182.520
G3		x	2.51	x	2.50	x	2.2	-13.805	21.83	-301.363
G4		x	1.50	x	1.20	x	2.2	-3.960	25.00	-99.000
G5		x	1.00	x	2.00	x	2.2	-4.400	25.24	-111.056
G6	0.5	x	0.50	x	2.00	x	2.2	-1.100	24.58	-27.038
G7		x	1.75	x	1.20	x	2.2	-4.620	23.37	-107.969
G8		x	1.75	x	2.70	x	2.2	10.395	21.62	224.740
G9		x	0.59	x	1.16	x	2.2	-1.506	20.43	-30.761
G10	0.5	x	1.16	x	1.16	x	2.2	-1.480	19.77	-29.263
G11		x	1.75	x	3.05	x	2.2	-11.743	19.87	-233.323
G12	0.5	x	2.20	x	2.19	x	2.2	-5.300	18.80	-99.636
G13	0.5	x	1.00	x	1.00	x	2.2	-1.100	18.66	-20.526
G14		x	1.00	x	3.45	x	2.2	-7.590	18.50	-140.415
G15		x	18.00	x	2.70	x	2.2	-106.920	11.75	-1256.310
G16	0.5	x	2.60	x	1.35	x	2.2	-3.861	1.26	-4.865
G17		x	0.40	x	1.35	x	2.2	-1.188	0.20	-0.238
G18		x	1.00	x	0.75	x	2.2	-1.650	0.50	-0.825
							Σ =	-172.230	Σ =	-2533.528

Tabel E.2 Perhitungan gaya gempa

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya (ton) $E = k \times G$	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi						
G1	0.5	x	1.67	x	2.50	x	2.2	0.640	6.43	4.118
G2		x	1.42	x	2.50	x	2.2	1.089	6.85	7.460
G3		x	2.51	x	2.50	x	2.2	1.925	6.43	12.378
G4		x	1.50	x	1.20	x	2.2	0.552	5.00	2.761
G5		x	1.00	x	2.00	x	2.2	0.614	3.40	2.086
G6	0.5	x	0.50	x	2.00	x	2.2	0.153	3.73	0.572
G7		x	1.75	x	1.20	x	2.2	0.644	5.00	3.221
G8		x	1.75	x	2.70	x	2.2	-1.450	4.25	-6.161
G9		x	0.59	x	1.16	x	2.2	0.210	5.07	1.065
G10	0.5	x	1.16	x	1.16	x	2.2	0.206	4.83	0.997
G11		x	1.75	x	3.05	x	2.2	1.637	2.92	4.766
G12	0.5	x	2.20	x	2.19	x	2.2	0.739	4.98	3.680
G13	0.5	x	1.00	x	1.00	x	2.2	0.153	3.78	0.580
G14		x	1.00	x	3.45	x	2.2	1.058	1.73	1.831
G15		x	18.00	x	2.70	x	2.2	14.910	2.10	21.744
G16	0.5	x	2.60	x	1.35	x	2.2	0.538	3.90	0.686
G17		x	0.40	x	1.35	x	2.2	0.166	4.13	0.684
G18		x	1.00	x	0.75	x	2.2	0.230	0.38	0.087
							Σ =	24.017	Σ =	62.557

Tabel E.3 Perhitungan gaya hidrostatik kondisi air normal

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a	0.5	x	2.5	x	2.5	-	3.125	-	6.43	-	20.104
W1b	0.5	x	2.5	x	1.67	-2.088		25.19		-52.584	-

Tabel E.4 Perhitungan hidrostatik pada kondisi air banjir

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a		x	2.26	x	2.5	-	5.650	-	6.850	-	38.703
W1b	0.5	x	2.50	x	2.50	-	3.125	-	6.433	-	20.104
Jumlah komponen horizontal							8.775				58.807
W2a		x	1.67	x	2.26	-3.774	-	24.920	-	-94.053	-
W2b	0.5	x	1.67	x	2.50	-2.088	-	25.190	-	-52.584	-
W3		x	1.42	x	2.26	-3.209	-	23.380	-	-75.031	-
W4		x	2.24	x	3.40	-7.616	-	21.470	-	-163.516	-
W5		x	2.24	x	2.20	-4.928	-	19.170	-	-94.470	-
W6		x	4.50	x	15.00	-33.750	-	10.520	-	-355.050	-
W7a		x	2.60	x	3.15	-4.095	-	1.700	-	-6.962	-
W7b	0.5	x	2.60	x	1.35	-0.878	-	2.130	-	-1.869	-
W8		x	0.40	x	3.15	-0.630	-	0.200	-	-0.126	-
Jumlah komponen vertikal						-60.967				-843.660	

– Gaya akibat tekanan lumpur

$$\text{Tekanan lumpur horizontal} = \frac{1,65 \times 2,5}{2} \times \left[\frac{1-0,5}{1+0,5} \right] = 1,719 \text{ t}$$

$$\text{Tekanan lumpur vertikal} = (0,5 \times 1,67 \times 2,5) \cdot 1,65 = -3,444 \text{ t}$$

$$\text{Momen horizontal} = 1,719 \times 6,43 = 11,052 \text{ tm}$$

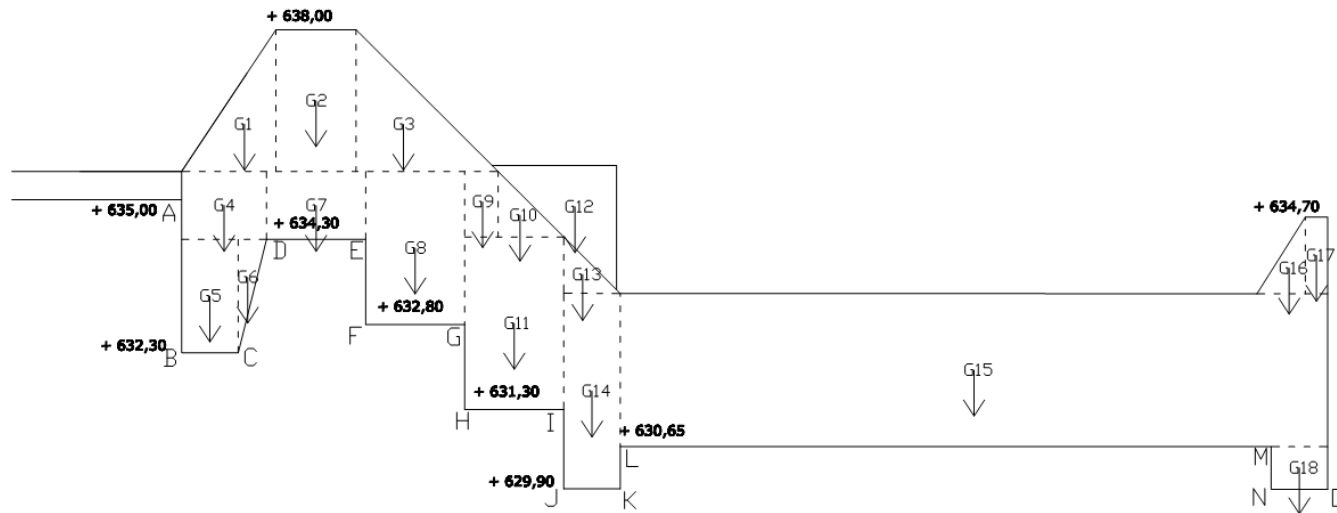
$$\text{Momen vertikal} = -3,444 \times 25,19 = -86,754 \text{ tm}$$

Tabel E.5 Perhitungan gaya angkat (*uplift*) kondisi air normal

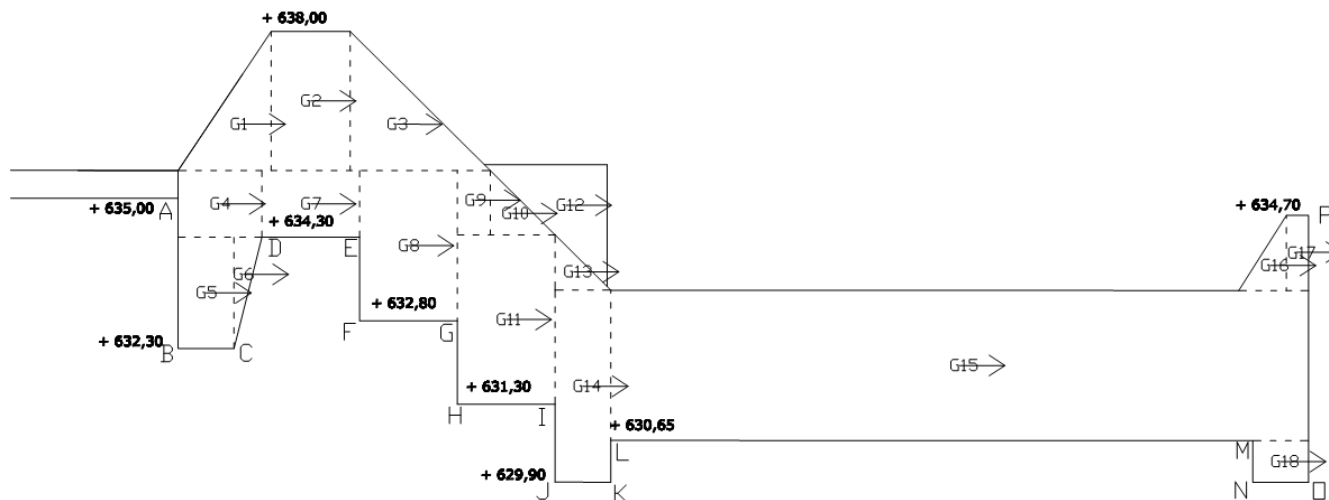
NO	Luas x Tekanan				Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)		
					V	H	x	y	V	H	
up1a		x	1.67	x	2.00	-	-3.3352	-	3.40	-	-11.340
up1b	0.5	x	2.13	x	2.00	-	-2.135	-	3.07	-	-6.547
up2a		x	1.31	x	2.70	-	3.5296	-	3.75	-	13.236
up2b	0.5	x	2.52	x	2.70	-	3.399	-	3.30	-	11.217
up3a		x	1.63	x	1.50	-	2.4423	-	3.65	-	8.915
up3b	0.5	x	0.90	x	1.50	-	0.6741	-	3.40	-	2.292
up4a		x	2.49	x	1.50	-	3.7314	-	2.15	-	8.023
up4b	0.5	x	0.90	x	1.50	-	0.6741	-	1.90	-	1.281
up5a		x	3.35	x	1.40	-	4.6858	-	0.70	-	3.280
up5b	0.5	x	1.11	x	1.40	-	0.7739	-	0.47	-	0.361
up6a		x	3.25	x	0.75	-	2.4353	-	0.38	-	0.913
up6b	0.5	x	0.70	x	0.75	-	0.2623	-	0.25	-	0.066
up7a		x	3.63	x	0.75	-	-2.7221	-	0.38	-	-1.021
up7b	0.5	x	0.80	x	0.75	-	-0.3002	-	0.25	-	-0.075
up8	0.5	x	3.92	x	4.80	-	-9.4174	-	1.60	-	-15.068
Jumlah komponen horizontal							4.6979				15.532
up9a		x	3.80	x	1.00	3.803	-	25.25	-	96.015	-
up9b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.011	-	25.42	-	0.286	-
up10a		x	1.67	x	0.50	0.834	-	24.50	-	20.428	-
up10b	0.5	x	2.13	x	0.50	0.534	-	24.58	-	13.121	-
up11a		x	1.63	x	1.75	2.849	-	23.38	-	66.604	-
up11b	0.5	x	0.04	x	1.75	0.034	-	23.67	-	0.815	-
up12a		x	2.49	x	1.75	4.353	-	21.63	-	94.141	-
up12b	0.5	x	0.04	x	1.75	0.034	-	21.92	-	0.755	-
up13a		x	3.35	x	1.75	5.857	-	19.88	-	116.414	-
up13b	0.5	x	0.04	x	1.75	0.034	-	20.17	-	0.695	-
up14a		x	4.43	x	1.00	4.430	-	18.50	-	81.956	-
up14b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.011	-	18.67	-	0.210	-
up15a		x	3.25	x	17.00	55.200	-	9.50	-	524.396	-
up15b	0.5	x	0.38	x	17.00	3.251	-	12.33	-	40.090	-
up16a		x	3.92	x	1.00	3.924	-	0.50	-	1.962	-
up16b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.011	-	0.67	-	0.007	-
Jumlah komponen vertikal							85.171			1057.895	

Tabel E.6 Perhitungan gaya angkat (*uplift*) pada kondisi banjir

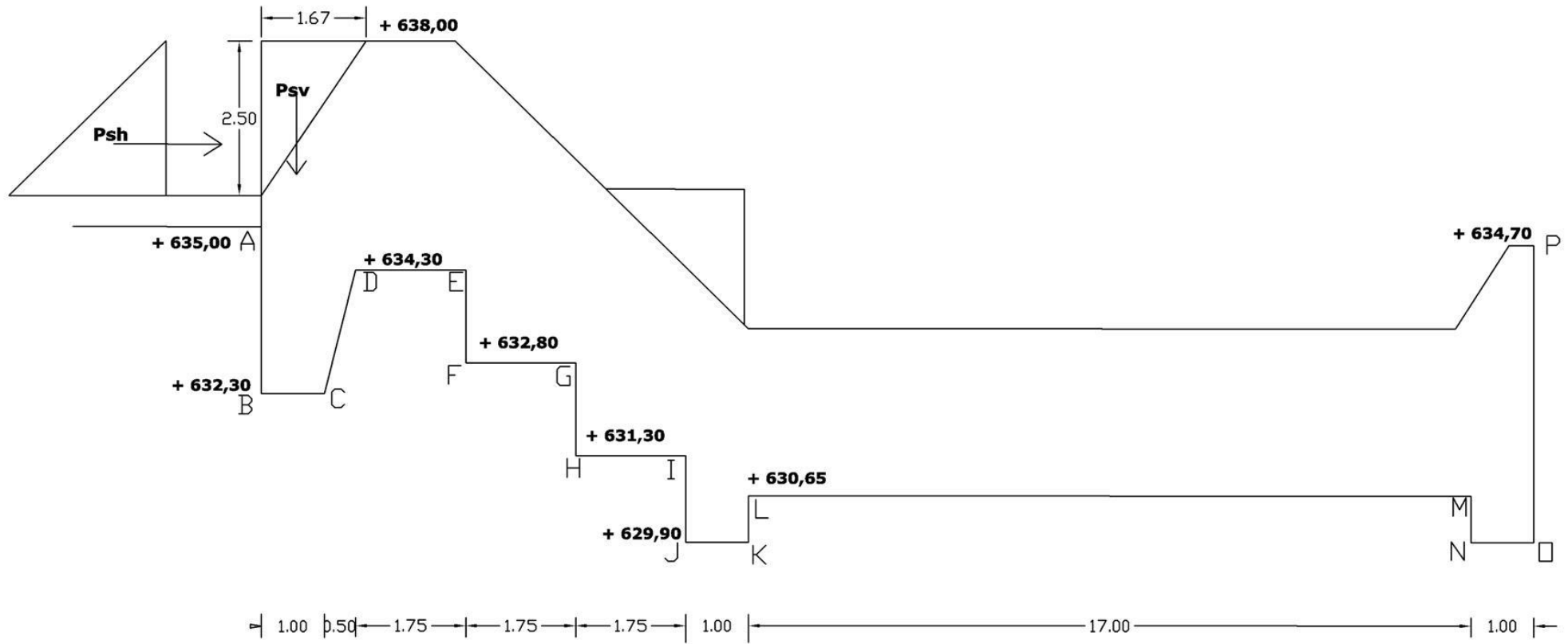
NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
up1a		x	4.48	x	2.00	-	-8.951	-	3.400	-	-30.435
up1b	0.5	x	2.10	x	2.00	-	-2.099	-	3.067	-	-6.436
up2a		x	4.02	x	2.70	-	10.864	-	3.750	-	40.741
up2b	0.5	x	2.57	x	2.70	-	3.465	-	3.300	-	11.436
up3a		x	4.45	x	1.50	-	6.670	-	3.650	-	24.347
up3b	0.5	x	0.93	x	1.50	-	0.695	-	3.400	-	2.361
up4a		x	5.34	x	1.50	-	8.016	-	2.150	-	17.235
up4b	0.5	x	0.93	x	1.5	-	0.695	-	1.900	-	1.320
up5a		x	6.24	x	1.4	-	8.738	-	0.700	-	6.117
up5b	0.5	x	1.13	x	1.4	-	0.792	-	0.467	-	0.369
up6a		x	6.29	x	0.75	-	4.717	-	0.375	-	1.769
up6b	0.5	x	0.71	x	0.75	-	0.267	-	0.250	-	0.067
up7a		x	6.57	x	0.75	-	-4.927	-	0.375	-	-1.848
up7b	0.5	x	0.79	x	0.75	-	-0.295	-	0.250	-	-0.074
up8	0.5	x	6.99	x	7.95	-	-27.772	-	2.650	-	-73.595
Jumlah komponen horizontal							0.877				-6.624
up9a		x	6.57	x	1.00	6.574	-	25.250	-	166.001	-
up9b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.008	-	25.417	-	0.209	-
up10a		x	4.48	x	0.50	2.238	-	24.500	-	54.828	-
up10b	0.5	x	2.10	x	0.50	0.525	-	24.583	-	12.897	-
up11a		x	4.45	x	1.75	7.782	-	23.375	-	181.909	-
up11b	0.5	x	0.03	x	1.75	0.025	-	23.667	-	0.595	-
up12a		x	5.34	x	1.75	9.353	-	21.625	-	202.248	-
up12b	0.5	x	0.03	x	1.75	0.025	-	21.917	-	0.551	-
up13a		x	6.24	x	1.75	10.923	-	19.875	-	217.091	-
up13b	0.5	x	0.03	x	1.75	0.025	-	20.167	-	0.507	-
up14a		x	7.36	x	1.00	7.356	-	18.500	-	136.090	-
up14b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.008	-	18.667	-	0.153	-
up15a		x	6.29	x	17.00	106.929	-	9.500	-	1015.828	-
up15b	0.5	x	0.28	x	17.00	2.374	-	12.333	-	29.278	-
up16a		x	6.99	x	1.00	6.987	-	0.500	-	3.493	-
up16b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.008	-	0.667	-	0.005	-
Jumlah komponen vertikal						161.140				2021.685	



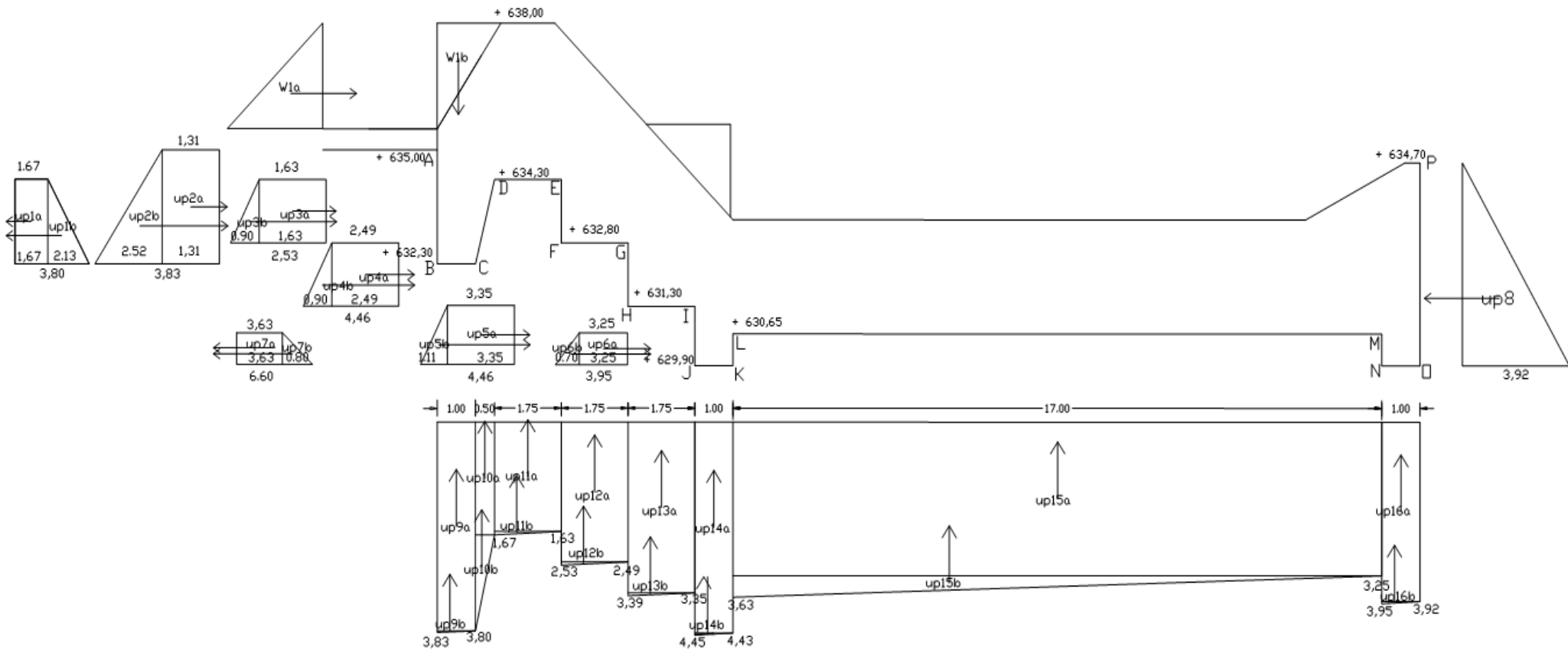
Gambar E.1 Gaya akibat berat sendiri bendung



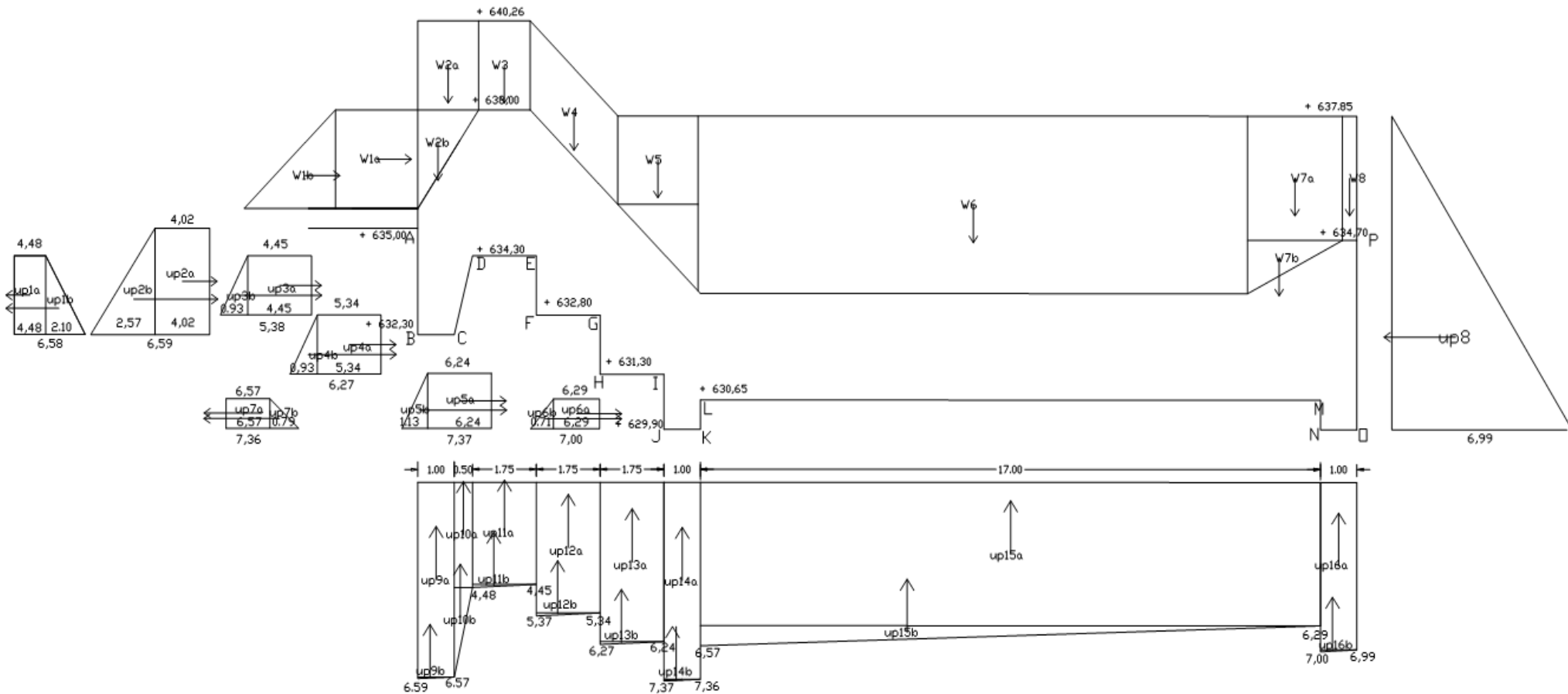
Gambar E.2 Gaya gempa



Gambar E.3 Gaya akibat tekanan lumpur



Gambar E.4 Gaya hidrostatik dan uplift pada kondisi air normal



Gambar E.5 Gaya hidrostatis dan uplift pada kondisi air banjir

Lampiran F

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi MDO.

Tabel F.1 Perhitungan gaya akibat berat sendiri bendung

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya(ton)	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi						
G1	0.5	x	1.67	x	2.50	x	2.2	-4.593	13.67	-62.779
G2		x	1.42	x	2.50	x	2.2	-7.810	12.41	-96.922
G3	0.5	x	2.50	x	2.50	x	2.2	-6.875	10.87	-74.731
G4		x	1.00	x	3.20	x	2.2	-7.040	14.28	-100.531
G5	0.5	x	0.48	x	2.00	x	2.2	-1.056	13.62	-14.383
G6		x	2.13	x	1.20	x	2.2	-5.623	12.72	-71.527
G7		x	1.65	x	2.70	x	2.2	-9.801	10.83	-106.145
G8		x	0.80	x	0.85	x	2.2	-1.496	9.60	-14.362
G9	0.5	x	0.85	x	0.85	x	2.2	-0.795	8.92	-7.089
G10		x	1.65	x	3.35	x	2.2	-12.161	9.18	-111.633
G11	0.5	x	1.15	x	1.15	x	2.2	-1.455	7.97	-11.594
G12		x	1.15	x	3.25	x	2.2	-8.223	7.78	-63.971
G13		x	7.20	x	2.50	x	2.2	-39.600	3.60	-142.560
G14		x	2.20	x	1.10	x	2.2	-5.324	1.10	-5.856
G15		x	1.00	x	0.75	x	2.2	-1.650	0.50	-0.825
							Σ =	-113.500	Σ =	-884.91

Tabel F.2 Perhitungan gaya gempa

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya (ton) E = k x G	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi						
G1	0.5	x	1.67	x	2.50	x	2.2	0.640	6.08	3.894
G2		x	1.42	x	2.50	x	2.2	1.089	6.50	7.079
G3	0.5	x	2.50	x	2.50	x	2.2	0.959	6.08	5.829
G4		x	1.00	x	3.20	x	2.2	0.982	3.65	3.583
G5	0.5	x	0.48	x	2.00	x	2.2	0.147	3.38	0.498
G6		x	2.13	x	1.20	x	2.2	0.784	4.65	3.646
G7		x	1.65	x	2.70	x	2.2	1.367	3.90	5.330
G8		x	0.80	x	0.85	x	2.2	0.209	4.83	1.008
G9	0.5	x	0.85	x	0.85	x	2.2	0.111	4.68	0.519
G10		x	1.65	x	3.35	x	2.2	1.696	2.73	4.629
G11	0.5	x	1.15	x	1.15	x	2.2	0.203	3.63	0.736
G12		x	1.15	x	3.25	x	2.2	1.147	1.63	1.869
G13		x	7.20	x	2.50	x	2.2	5.522	2.00	11.044
G14		x	2.20	x	1.10	x	2.2	0.742	3.80	2.821
G15		x	1.00	x	0.75	x	2.2	0.230	0.38	0.087
							Σ =	15.828	Σ =	52.574

Tabel F.3 Perhitungan gaya hidrostatis kondisi air normal

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a	0.5	x	2.50	x	2.50	-	3.13	-	7.38	-	23.073
W1b	0.5	x	2.50	x	1.67	-2.088	-	14.23	-	-29.705	-

Tabel F.4 perhitungan hidrostatis pada kondisi air banjir

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a		x	2.260	x	2.50	-	5.650	-	6.50	-	36.725
W1b	0.5	x	2.500	x	2.50	-	3.125	-	6.08	-	19.000
Jumlah komponen horizontal							8.775				55.725
W2a		x	1.67	x	2.26	-3.774	-	13.95	-	-52.650	-
W2b	0.5	x	1.67	x	2.50	-2.088	-	14.23	-	-29.705	-
W3		x	1.42	x	2.26	-3.209	-	12.41	-	-39.826	-
W4		x	3.00	x	2.26	-6.780	-	10.64	-	-72.139	-
W5a		x	2.38	x	2.26	-5.379	-	8.39	-	-45.128	-
W5b	0.5	x	2.38	x	2.38	-2.832	-	7.99	-	-22.629	-
W6		x	5.00	x	4.65	-11.625	-	4.70	-	-54.638	-
W7		x	2.20	x	3.54	-3.894	-	1.10	-	-4.283	-
Jumlah komponen vertikal						-39.581				-320.999	

– Gaya akibat tekanan lumpur

$$\text{Tekanan lumpur horizontal} = \frac{1,65 \times 2,5}{2} \times \left[\frac{1-0,5}{1+0,5} \right] = 1,719 \text{ t}$$

$$\text{Tekanan lumpur vertikal} = (0,5 \times 1,67 \times 2,5) \cdot 1,65 = -3,444 \text{ t}$$

$$\text{Momen horizontal} = 1,719 \times 6,91 = 11,877 \text{ tm}$$

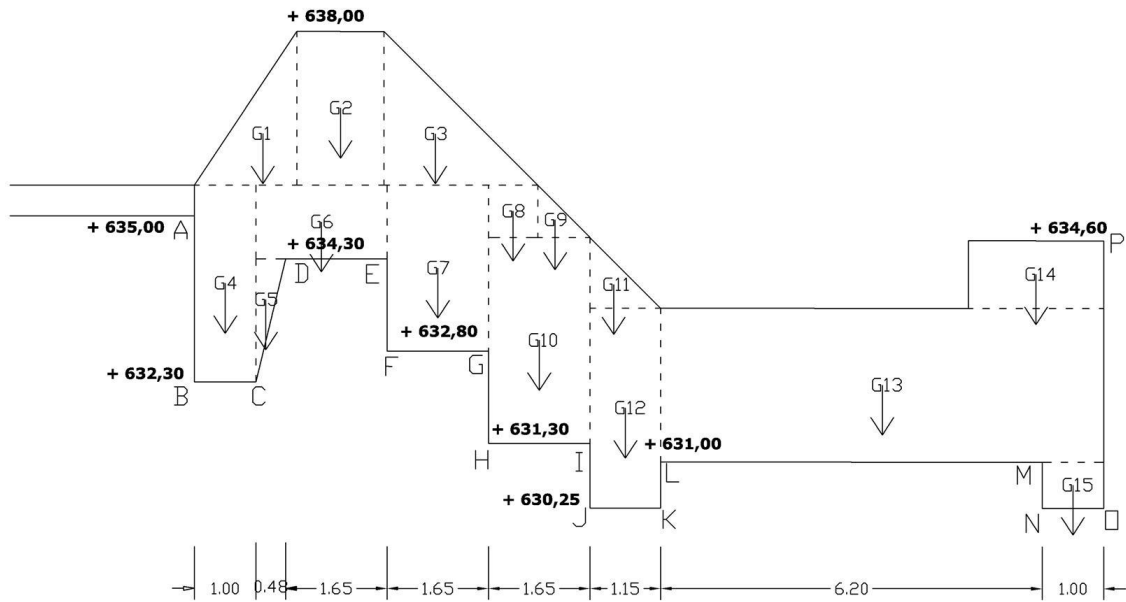
$$\text{Momen vertikal} = -3,444 \times 14,23 = -49,013 \text{ tm}$$

Tabel F.5 Perhitungan gaya angkat (*uplift*) kondisi air normal

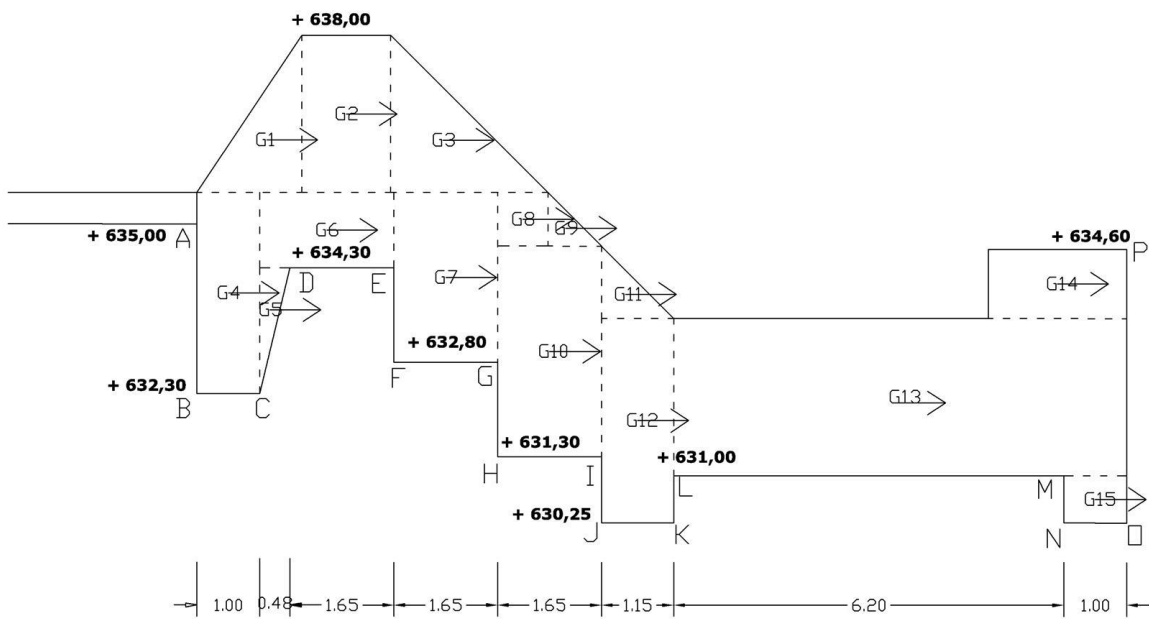
NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
up1a		x	1.40	x	2.00	-	-2.79	-	3.05	-	-8.518
up1b	0.5	x	2.15	x	2.00	-	-2.15	-	2.72	-	-5.849
up2a		x	1.08	x	2.70	-	2.92	-	3.40	-	9.927
up2b	0.5	x	2.49	x	2.70	-	3.37	-	2.95	-	9.930
up3a		x	1.35	x	1.65	-	2.23	-	3.38	-	7.542
up3b	0.5	x	1.39	x	1.65	-	1.14	-	3.10	-	3.543
up4a		x	2.70	x	1.65	-	4.45	-	1.88	-	8.345
up4b	0.5	x	1.39	x	1.65	-	1.14	-	1.60	-	1.829
up5a		x	4.04	x	1.05	-	4.24	-	0.53	-	2.227
up5b	0.5	x	0.97	x	1.05	-	0.51	-	0.35	-	0.178
up6a		x	4.02	x	0.75	-	3.01	-	0.38	-	1.129
up6b	0.5	x	0.69	x	0.75	-	0.26	-	0.25	-	0.065
up7a		x	4.17	x	0.75	-	-3.13	-	0.38	-	-1.174
up7b	0.5	x	0.81	x	0.75	-	-0.30	-	0.25	-	-0.076
up8	0.5	x	4.68	x	4.35	-	-10.18	-	1.45	-	-14.768
Jumlah komponen horizontal							7.84				37.404
up9a		x	3.55	x	1.00	3.55	-	14.28	-	50.685	-
up9b	0.5	x	0.03	x	1.00	0.01	-	14.45	-	0.184	-
up10a		x	1.40	x	0.48	0.67	-	13.54	-	9.075	-
up10b	0.5	x	2.15	x	0.48	0.52	-	13.62	-	7.038	-
up11a		x	1.35	x	1.65	2.23	-	12.48	-	27.876	-
up11b	0.5	x	0.04	x	1.65	0.03	-	12.75	-	0.443	-
up12a		x	2.70	x	1.65	4.45	-	10.83	-	48.181	-
up12b	0.5	x	0.04	x	1.65	0.03	-	11.10	-	0.385	-
up13a		x	4.04	x	1.65	6.67	-	9.18	-	61.171	-
up13b	0.5	x	0.04	x	1.65	0.03	-	9.45	-	0.328	-
up14a		x	4.98	x	1.15	5.73	-	7.78	-	44.537	-
up14b	0.5	x	0.03	x	1.15	0.02	-	7.97	-	0.134	-
up15a		x	4.02	x	6.20	24.90	-	4.10	-	102.077	-
up15b	0.5	x	0.16	x	6.20	0.49	-	5.13	-	2.516	-
up16a		x	4.68	x	1.00	4.68	-	0.50	-	2.341	-
up16b	0.5	x	0.03	x	1.00	0.01	-	0.67	-	0.008	-
Jumlah komponen vertikal						51.95				327.273	

Tabel F.6 Perhitungan gaya angkat (*uplift*) pada kondisi banjir

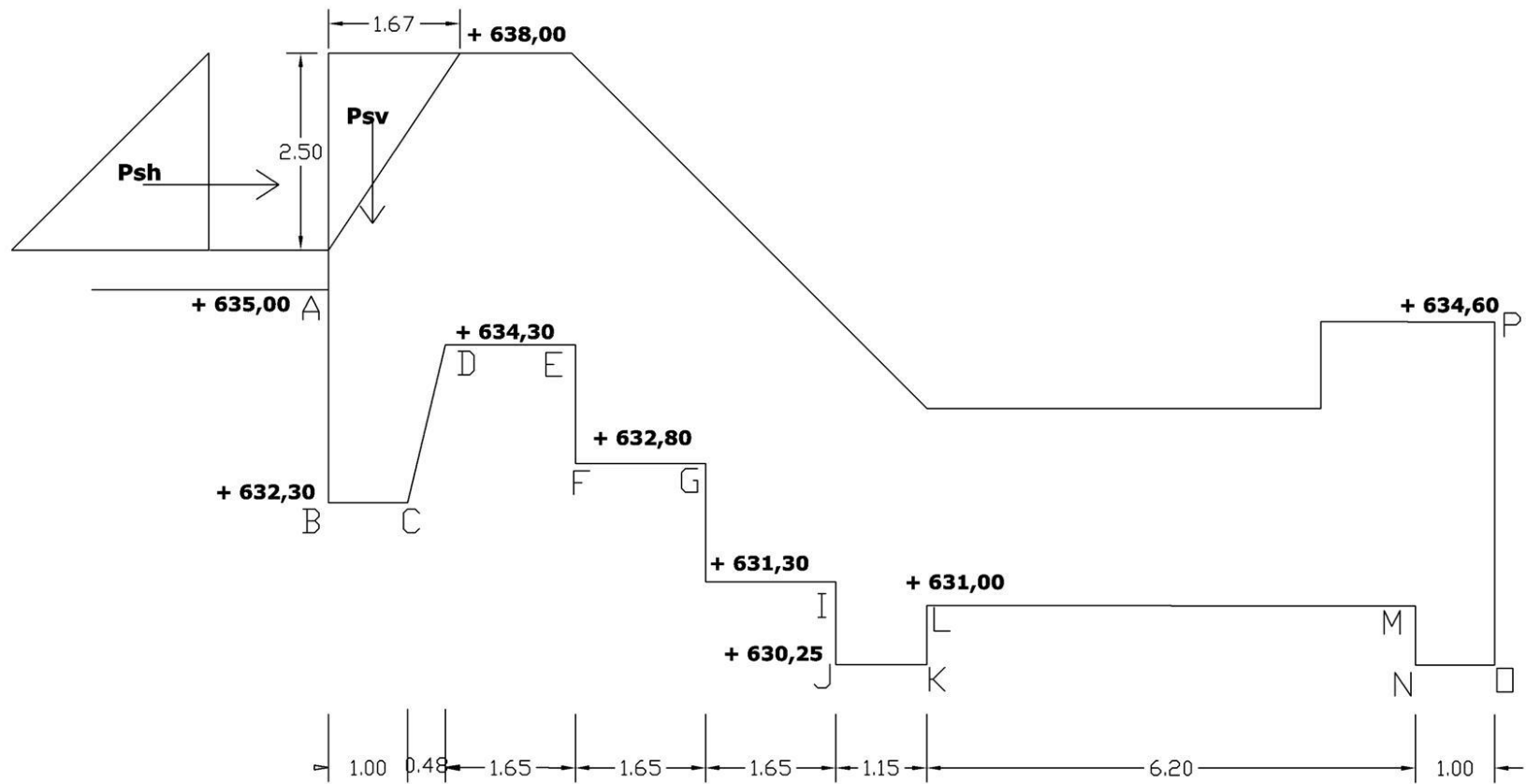
NO	Luas x Tekanan				Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)		
					V	H	x	y	V	H	
up1a		x	4.52	x	2.00	-	-9.047	-	4.35	-	-39.355
up1b	0.5	x	2.10	x	2.00	-	-2.095	-	4.02	-	-8.416
up2a		x	4.06	x	2.70	-	10.972	-	4.70	-	51.568
up2b	0.5	x	2.57	x	2.70	-	3.471	-	4.25	-	14.752
up3a		x	4.50	x	2.00	-	8.995	-	4.35	-	39.127
up3b	0.5	x	1.43	x	2.00	-	1.428	-	4.02	-	5.738
up4a		x	5.90	x	2.00	-	11.799	-	2.35	-	27.728
up4b	0.5	x	1.43	x	2.00	-	1.428	-	2.17	-	3.095
up5a		x	7.30	x	1.35	-	9.857	-	0.68	-	6.654
up5b	0.5	x	1.00	x	1.35	-	0.675	-	0.45	-	0.304
up6a		x	7.40	x	0.75	-	5.549	-	0.38	-	2.081
up6b	0.5	x	0.71	x	0.75	-	0.268	-	0.25	-	0.067
up7a		x	7.50	x	0.75	-	-5.623	-	0.38	-	-2.109
up7b	0.5	x	0.79	x	0.75	-	-0.295	-	0.25	-	-0.074
up8	0.5	x	8.10	x	7.99	-	-32.349	-	2.66	-	-86.157
Jumlah komponen horizontal							5.034				15.002
up9a		x	6.62	x	1.00	6.619	-	14.28	-	94.519	-
up9b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.008	-	14.45	-	0.115	-
up10a		x	4.52	x	0.48	2.171	-	13.54	-	29.400	-
up10b	0.5	x	2.10	x	0.48	0.503	-	13.62	-	6.849	-
up11a		x	4.50	x	1.65	7.421	-	12.48	-	92.573	-
up11b	0.5	x	0.03	x	1.65	0.022	-	12.75	-	0.276	-
up12a		x	5.90	x	1.65	9.734	-	10.83	-	105.374	-
up12b	0.5	x	0.03	x	1.65	0.022	-	11.10	-	0.240	-
up13a		x	7.30	x	1.65	12.048	-	9.18	-	110.541	-
up13b	0.5	x	0.03	x	1.65	0.022	-	9.45	-	0.205	-
up14a		x	8.28	x	1.15	9.526	-	7.78	-	74.065	-
up14b	0.5	x	0.02	x	1.15	0.011	-	7.97	-	0.084	-
up15a		x	7.40	x	6.20	45.875	-	4.10	-	188.086	-
up15b	0.5	x	0.10	x	6.20	0.306	-	5.13	-	1.569	-
up16a		x	8.10	x	1.00	8.097	-	0.50	-	4.049	-
up16b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.008	-	0.67	-	0.005	-
Jumlah komponen vertikal							102.391				707.949



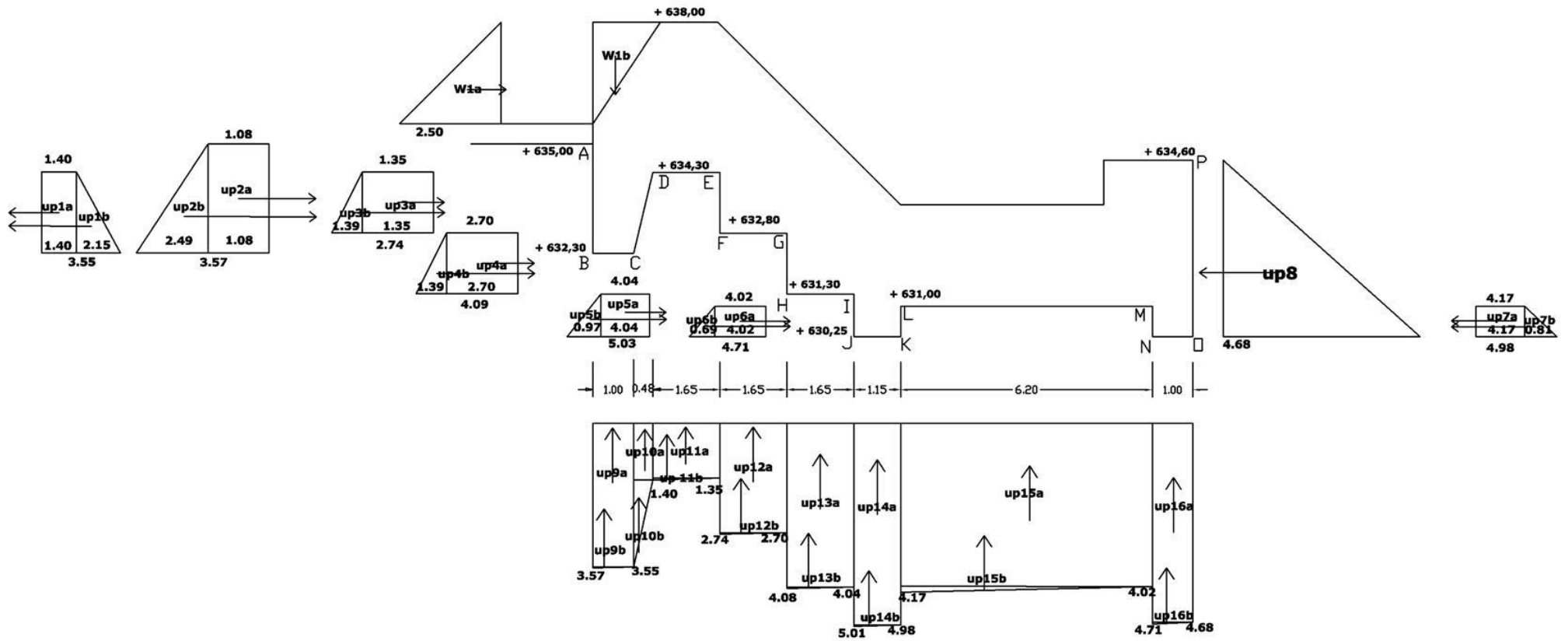
Gambar F.1 Gaya akibat berat sendiri bendung



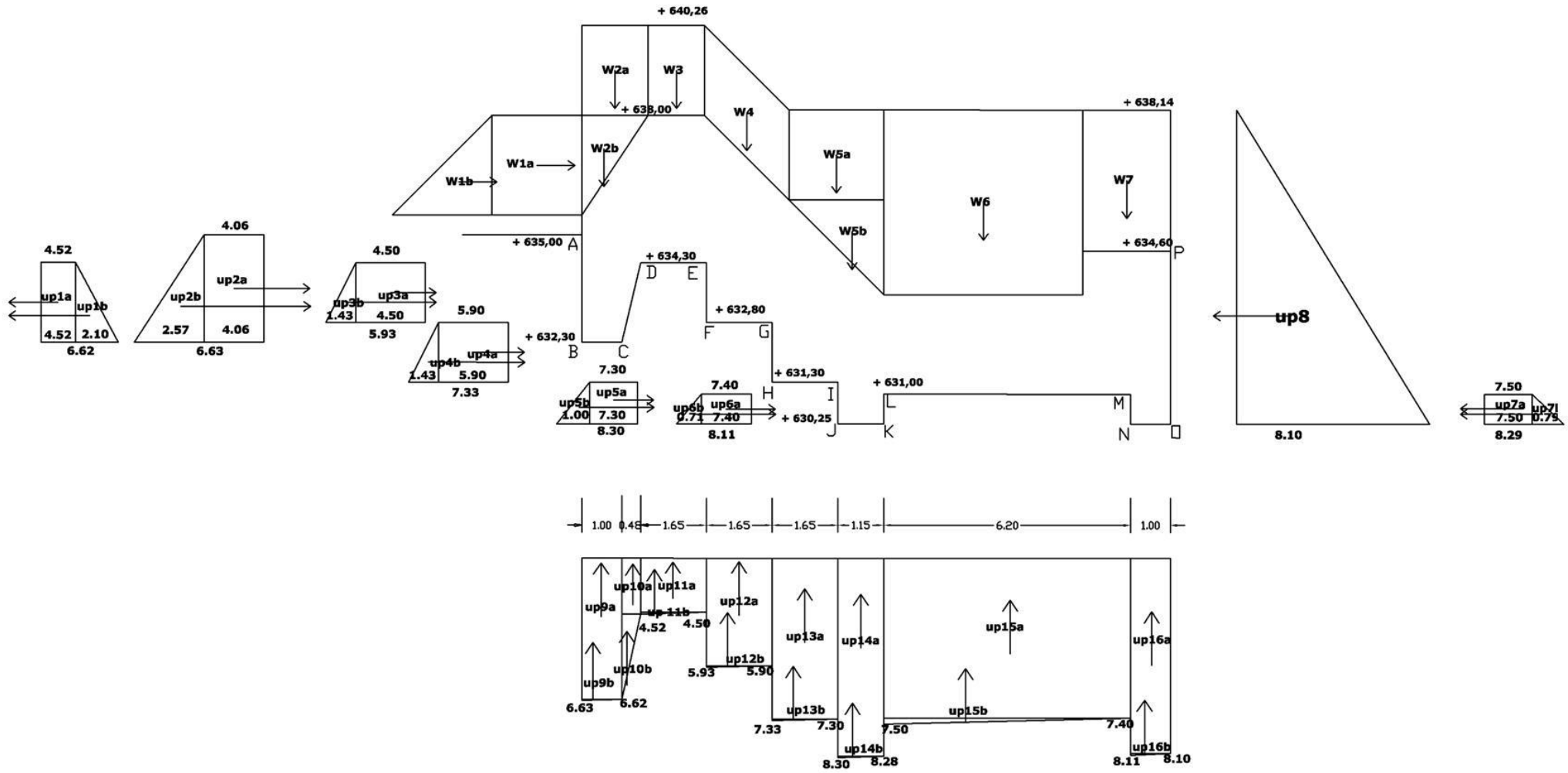
Gambar F.2 Gaya gempa



Gambar F.3 Gaya akibat tekanan lumpur



Gambar F.4 Gaya hidrostatis dan uplift pada kondisi air normal



Gambar F.5 Gaya hidrostatis dan uplift pada kondisi air banjir

Lampiran G

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi bak tenggelam.

Tabel G.1 Perhitungan gaya akibat berat sendiri bendung

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya(ton)	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi						
G1	0.5	x	1.61	x	2.50	x	2.2	-4.428	10.61	-46.976
G2		x	1.06	x	2.50	x	2.2	-5.830	9.55	-55.677
G3	0.5	x	1.83	x	1.25	x	2.2	-2.516	8.40	-21.137
G4		x	1.83	x	1.25	x	2.2	-5.033	8.10	-40.763
G5		x	1.14	x	1.25	x	2.2	-3.135	6.80	-21.318
G6		x	1.00	x	3.20	x	2.2	-7.040	11.18	-78.707
G7		x	1.70	x	1.20	x	2.2	-4.488	9.83	-44.117
G8	0.5	x	0.50	x	2.00	x	2.2	-1.100	10.51	-11.561
G9		x	1.20	x	2.30	x	2.2	-6.072	8.38	-50.883
G10		x	1.20	x	3.40	x	2.2	-8.976	7.18	-64.448
G11		x	0.53	x	0.51	x	2.2	-0.595	6.31	-3.752
G12	0.5	x	0.62	x	0.51	x	2.2	-0.348	5.84	-2.031
G13		x	1.15	x	3.89	x	2.2	-9.842	6.01	-59.149
G14	0.5	x	2.00	x	0.66	x	2.2	-1.452	4.76	-6.912
G15		x	4.43	x	2.48	x	2.2	-24.170	3.22	-77.828
G16	0.5	x	2.00	x	0.68	x	2.2	-1.496	1.67	-2.498
G17	0.5	x	0.60	x	0.49	x	2.2	-0.323	0.60	-0.194
G18		x	0.40	x	0.49	x	2.2	-0.431	0.20	-0.086
G19		x	1.00	x	3.91	x	2.2	-8.602	0.50	-4.301
							$\Sigma =$	-95.876	$\Sigma =$	-592.337

Tabel G.2 Perhitungan gaya gempa

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi				$E = k \times G$		
G1	0.5	x	1.61	x	2.50	x	2.2	0.617	5.23	3.229
G2		x	1.06	x	2.50	x	2.2	0.813	5.65	4.593
G3	0.5	x	1.83	x	1.25	x	2.2	0.351	6.06	2.126
G4		x	1.83	x	1.25	x	2.2	0.702	5.02	3.523
G5		x	1.14	x	1.25	x	2.2	0.437	4.82	2.107
G6		x	1.00	x	3.20	x	2.2	0.982	2.80	2.749
G7		x	1.70	x	1.20	x	2.2	0.626	3.80	2.378
G8	0.5	x	0.50	x	2.00	x	2.2	0.153	2.53	0.388
G9		x	1.20	x	2.30	x	2.2	0.847	3.25	2.752
G10		x	1.20	x	3.40	x	2.2	1.252	2.70	3.380
G11		x	0.53	x	0.51	x	2.2	0.083	4.15	0.344
G12	0.5	x	0.62	x	0.51	x	2.2	0.049	4.06	0.197
G13		x	1.15	x	3.89	x	2.2	1.372	1.95	2.676
G14	0.5	x	2.00	x	0.66	x	2.2	0.202	3.45	0.699
G15		x	4.43	x	2.48	x	2.2	3.371	1.99	6.707
G16	0.5	x	2.00	x	0.68	x	2.2	0.209	3.46	0.722
G17	0.5	x	0.60	x	0.49	x	2.2	0.045	4.07	0.184
G18		x	0.40	x	0.49	x	2.2	0.060	4.15	0.250
G19		x	1.00	x	3.91	x	2.2	1.200	1.95	2.339
							$\Sigma =$	13.370	$\Sigma =$	41.343

Tabel G.3 Perhitungan gaya hidrostatik kondisi air normal

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a	0.5	x	2.50	x	2.50	-	3.13	-	5.23	-	16.354
W1b	0.5	x	2.5	x	1.61	-2.013	-	11.130	-	-22.399	-

Tabel G.4 perhitungan hidrostatik pada kondisi air banjir

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a		x	2.36	x	2.5	-	5.900	-	5.65	-	33.335
W1b	0.5		2.50	x	2.5	-	3.125	-	5.23	-	16.354
Jumlah komponen horizontal							9.025				49.689
W2a		x	1.61	x	2.36	-3.800	-	10.88	-	-41.340	-
W2b	0.5	x	1.61	x	2.50	-2.013	-	11.15	-	-22.439	-
W3a		x	1.06	x	1.33	-1.410	-	9.54	-	-13.449	-
W3b	0.5	x	1.06	x	1.03	-0.546	-	9.73	-	-5.312	-
W4a		x	1.83	x	1.33	-2.434	-	8.10	-	-19.715	-
W4b	0.5	x	1.85	x	1.25	-1.156	-	7.79	-	-9.007	-
W5a		x	1.14	x	2.58	-2.941	-	6.61	-	-19.441	-
W5b	0.5	x	1.14	x	1.25	-0.713	-	6.43	-	-4.581	-
W6a		x	0.62	x	3.83	-1.187	-	5.74	-	-6.815	-
W6b	0.5	x	0.62	x	0.51	-0.079	-	5.64	-	-0.446	-
W7a		x	2.00	x	4.43	-4.430	-	4.43	-	-19.625	-
W7b	0.5	x	2.00	x	0.66	-0.330	-	4.10	-	-1.353	-
W8		x	0.43	x	5.00	-1.075	-	3.22	-	-3.462	-
W9a		x	2.00	x	4.32	-4.320	-	2.00	-	-8.640	-
W9b	0.5	x	2.00	x	0.68	-0.340	-	2.33	-	-0.792	-
W10a		x	0.60	x	3.83	-1.149	-	0.70	-	-0.804	-
W10b	0.5	x	0.60	x	0.49	-0.074	-	0.83	-	-0.061	-
W11		x	0.40	x	3.83	-0.766	-	0.20	-	-0.153	-
Jumlah komponen vertikal						-28.762				-177.436	

– Gaya akibat tekanan lumpur

$$\text{Tekanan lumpur horizontal} = \frac{1,65 \times 2,5}{2} \times \left[\frac{1-0,5}{1+0,5} \right] = 1,719 \text{ t}$$

$$\text{Tekanan lumpur vertikal} = (0,5 \times 1,61 \times 2,5) \cdot 1,65 = -3,321 \text{ t}$$

$$\text{Momen horizontal} = 1,719 \times 6,07 = 10,433 \text{ tm}$$

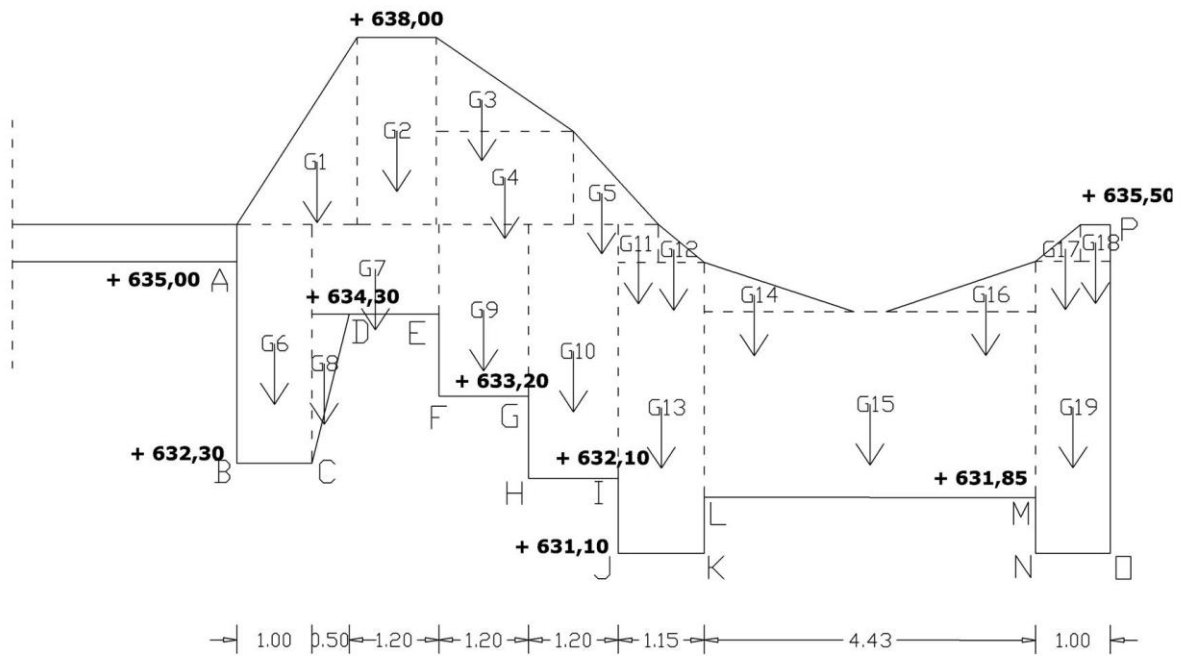
$$\text{Momen vertikal} = -3,321 \times 11,13 = -36,959 \text{ tm}$$

Tabel G.5 Perhitungan gaya angkat (*uplift*) kondisi air normal

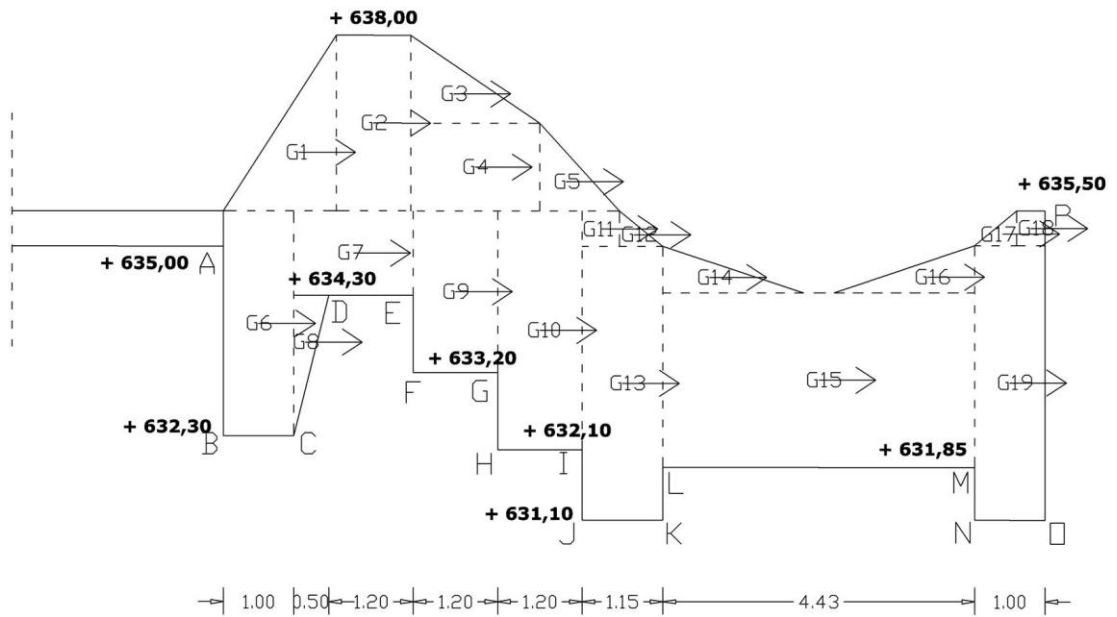
NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
up1a		x	1.93	x	2.00	-	-3.87	-	2.20	-	-8.505
up1b	0.5	x	2.12	x	2.00	-	-2.12	-	1.87	-	-3.952
up2a		x	1.53	x	2.70	-	4.13	-	2.55	-	10.522
up2b	0.5	x	2.54	x	2.70	-	3.43	-	2.10	-	7.205
up3a		x	1.91	x	1.10	-	2.10	-	2.65	-	5.566
up3b	0.5	x	0.69	x	1.10	-	0.38	-	2.47	-	0.930
up4a		x	2.57	x	1.10	-	2.83	-	1.55	-	4.384
up4b	0.5	x	0.69	x	1.10	-	0.38	-	1.37	-	0.515
up5a		x	3.23	x	1.00	-	3.23	-	0.50	-	1.617
up5b	0.5	x	0.69	x	1.00	-	0.35	-	0.33	-	0.115
up6a		x	3.02	x	0.75	-	2.27	-	0.38	-	0.850
up6b	0.5	x	0.71	x	0.75	-	0.26	-	0.25	-	0.066
up7a		x	3.11	x	0.75	-	-2.33	-	0.38	-	-0.874
up7b	0.5	x	0.79	x	0.75	-	-0.30	-	0.25	-	-0.074
up8	0.5	x	3.71	x	4.40	-	-8.16	-	1.47	-	-11.965
Jumlah komponen horizontal							2.58				6.401
up9a		x	4.05	x	1.00	4.05	-	11.18	-	45.283	-
up9b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.01	-	11.35	-	0.111	-
up10a		x	1.93	x	0.50	0.97	-	10.43	-	10.081	-
up10b	0.5	x	2.12	x	0.50	0.53	-	10.51	-	5.565	-
up11a		x	1.91	x	1.20	2.29	-	9.58	-	21.952	-
up11b	0.5	x	0.02	x	1.20	0.01	-	9.78	-	0.138	-
up12a		x	2.57	x	1.20	3.09	-	8.38	-	25.859	-
up12b	0.5	x	0.02	x	1.20	0.01	-	8.58	-	0.121	-
up13a		x	3.23	x	1.20	3.88	-	7.18	-	27.860	-
up13b	0.5	x	0.02	x	1.20	0.01	-	7.38	-	0.104	-
up14a		x	3.90	x	1.15	4.49	-	6.01	-	26.949	-
up14b	0.5	x	0.02	x	1.15	0.01	-	6.20	-	0.080	-
up15a		x	3.02	x	4.43	13.39	-	3.22	-	43.037	-
up15b	0.5	x	0.09	x	4.43	0.19	-	3.95	-	0.759	-
up16a		x	3.71	x	1.00	3.71	-	0.50	-	1.854	-
up16b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.01	-	0.67	-	0.007	-
Jumlah komponen vertikal						36.65				209.758	

Tabel G.6 perhitungan gaya angkat (*uplift*) pada kondisi banjir

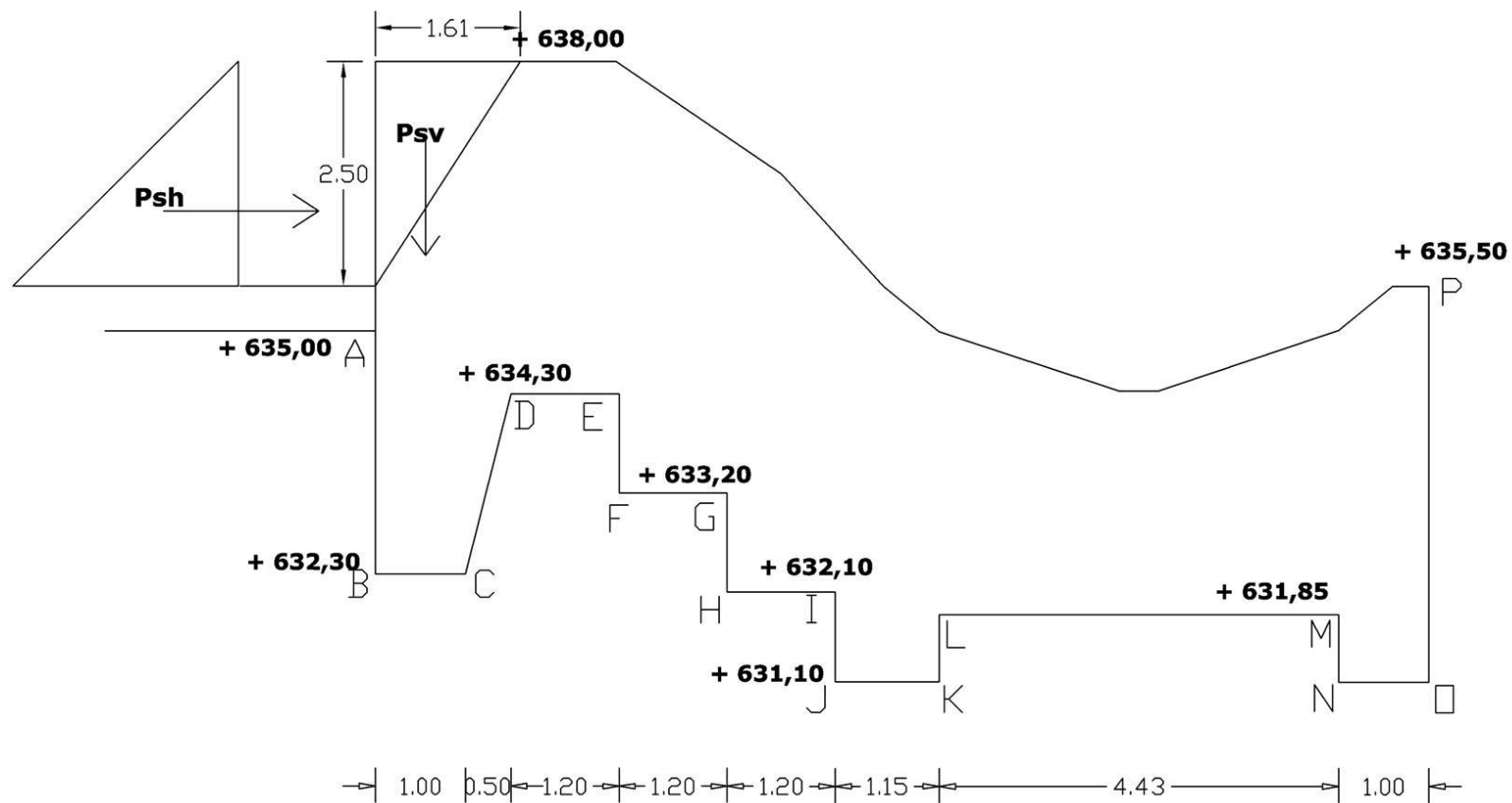
NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
up1a		x	5.33	x	2.00	-	-10.664	-	2.20	-	-23.461
up1b	0.5	x	2.05	x	2.00	-	-2.048	-	1.87	-	-3.824
up2a		x	4.75	x	2.70	-	12.835	-	2.55	-	32.729
up2b	0.5	x	2.63	x	2.70	-	3.557	-	2.10	-	7.469
up3a		x	5.32	x	1.10	-	5.855	-	2.65	-	15.515
up3b	0.5	x	0.72	x	1.10	-	0.398	-	2.47	-	0.981
up4a		x	6.04	x	1.10	-	6.640	-	1.55	-	10.291
up4b	0.5	x	0.72	x	1.10	-	0.398	-	1.37	-	0.544
up5a		x	6.75	x	1.00	-	6.750	-	0.50	-	3.375
up5b	0.5	x	0.73	x	1.00	-	0.363	-	0.33	-	0.121
up6a		x	6.66	x	0.75	-	4.997	-	0.38	-	1.874
up6b	0.5	x	0.73	x	0.75	-	0.274	-	0.25	-	0.069
up7a		x	6.70	x	0.75	-	-5.024	-	0.38	-	-1.884
up7b	0.5	x	0.77	x	0.75	-	-0.288	-	0.25	-	-0.072
up8	0.5	x	7.39	x	8.23	-	-30.395	-	2.74	-	-83.383
Jumlah komponen horizontal							-6.353				-39.655
up9a		x	7.38	x	1.00	7.380	-	11.180	-	82.512	-
up9b	0.5	x	0.01	x	1.00	0.004	-	11.347	-	0.046	-
up10a		x	5.33	x	0.50	2.666	-	10.430	-	27.806	-
up10b	0.5	x	2.05	x	0.50	0.512	-	10.513	-	5.384	-
up11a		x	5.32	x	1.20	6.387	-	9.580	-	61.185	-
up11b	0.5	x	0.01	x	1.20	0.006	-	9.780	-	0.057	-
up12a		x	6.04	x	1.20	7.243	-	8.380	-	60.699	-
up12b	0.5	x	0.01	x	1.20	0.006	-	8.580	-	0.050	-
up13a		x	6.75	x	1.20	8.100	-	7.180	-	58.156	-
up13b	0.5	x	0.01	x	1.20	0.006	-	7.380	-	0.043	-
up14a		x	7.47	x	1.15	8.586	-	6.005	-	51.561	-
up14b	0.5	x	0.01	x	1.15	0.005	-	6.197	-	0.033	-
up15a		x	6.66	x	4.43	29.515	-	3.215	-	94.891	-
up15b	0.5	x	0.04	x	4.43	0.079	-	3.953	-	0.313	-
up16a		x	7.39	x	1.00	7.386	-	0.500	-	3.693	-
up16b	0.5	x	0.01	x	1.00	0.004	-	0.667	-	0.003	-
Jumlah komponen vertikal							77.886			446.431	



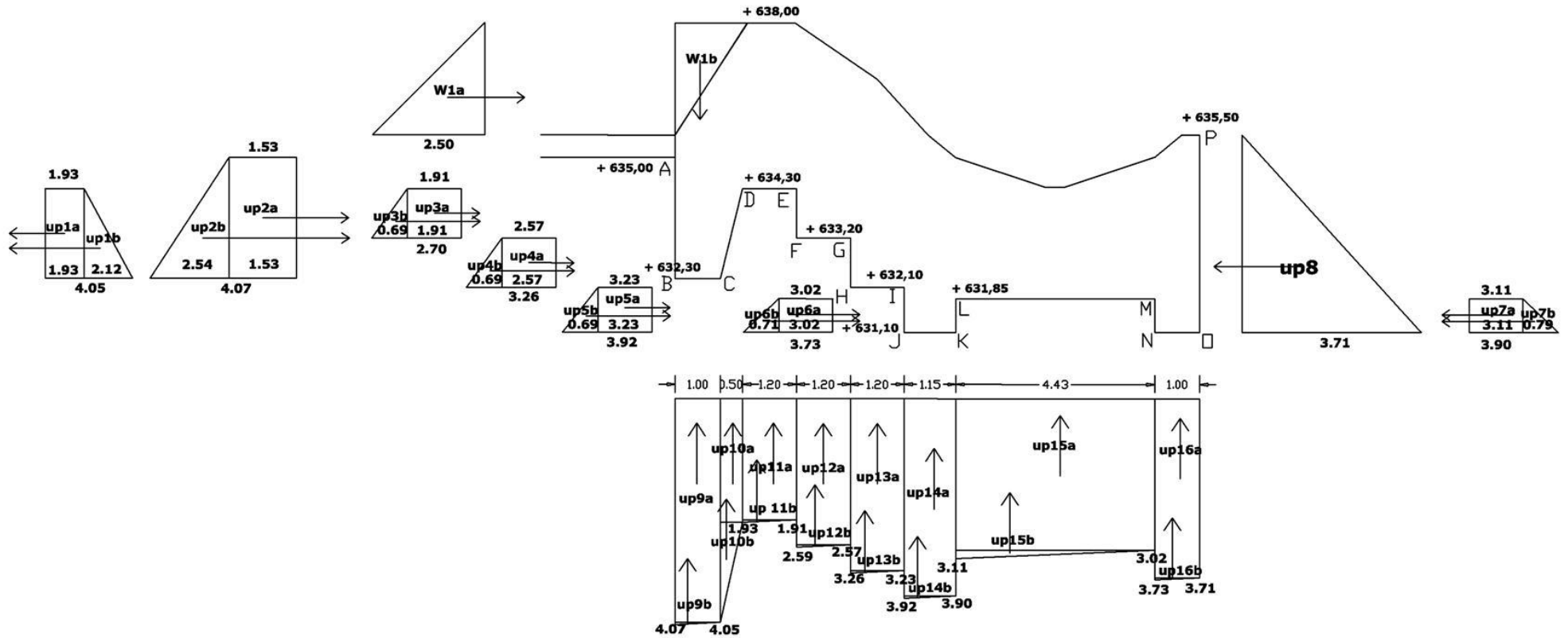
Gambar G.1 Gaya akibat berat sendiri bendung



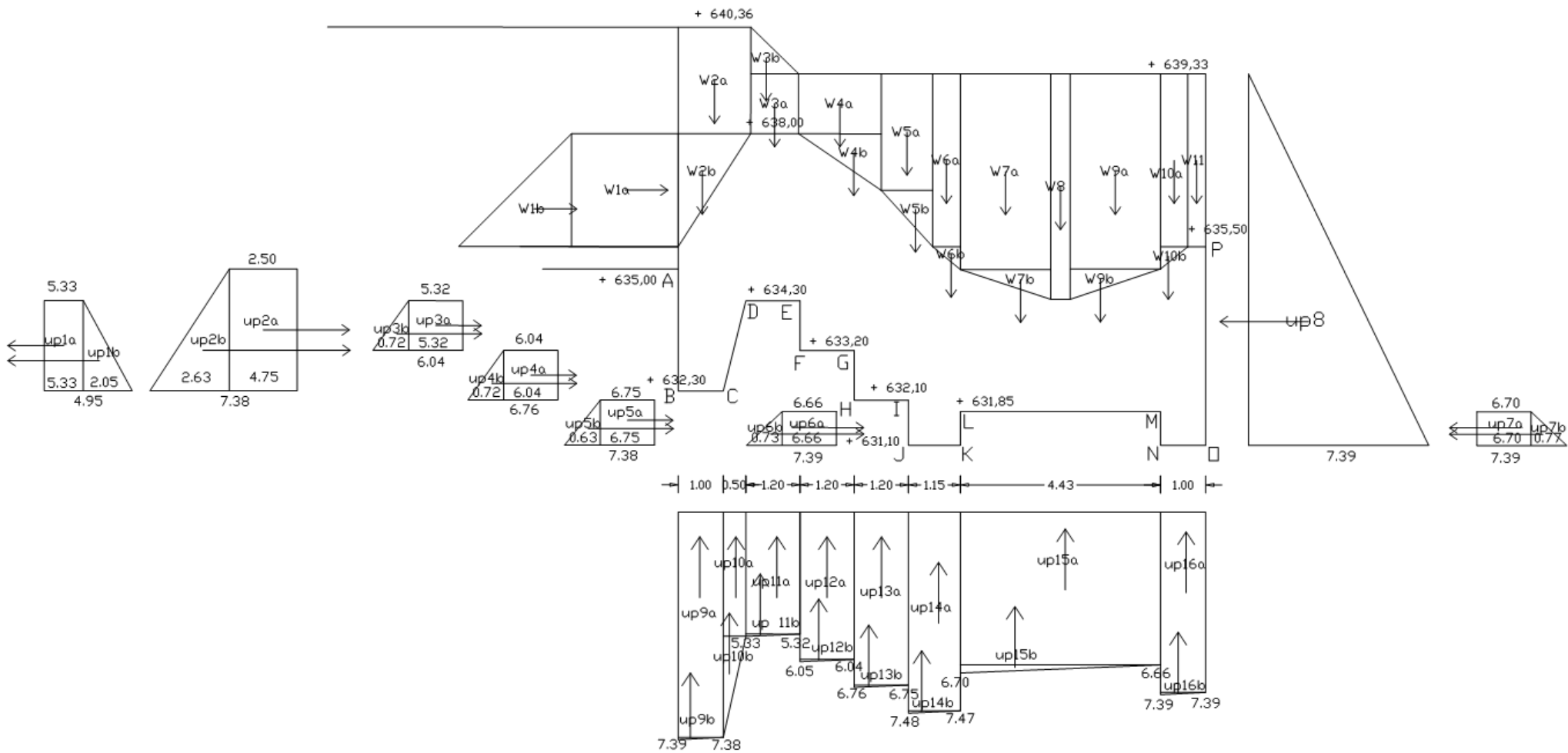
Gambar G.2 Gaya gempa



Gambar G.3 Gaya akibat tekanan lumpur



Gambar G.4 Gaya hidrostatis dan uplift pada kondisi air normal



Gambar G.5 Gaya hidrostatis dan uplift pada kondisi air banjir

Lampiran H

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi USBR IV.

Tabel H.1 Perhitungan gaya akibat berat sendiri bendung

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya(ton)	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi						
G1	0.5	x	1.61	x	2.50	x	2.2	-4.428	24.83	-109.935
G2		x	1.06	x	2.50	x	2.2	-5.830	23.76	-138.521
G3	0.5	x	1.83	x	1.25	x	2.2	-2.516	22.62	-56.918
G4		x	1.83	x	1.25	x	2.2	-5.033	22.31	-112.275
G5		x	1.14	x	1.25	x	2.2	-3.135	21.02	-65.898
G6		x	1.00	x	3.20	x	2.2	-7.040	25.40	-178.816
G7		x	2.25	x	1.20	x	2.2	-5.940	23.77	-141.194
G8	0.5	x	0.50	x	2.00	x	2.2	-1.100	24.73	-27.203
G9		x	1.75	x	2.70	x	2.2	-10.395	21.77	-226.299
G10		x	0.63	x	1.12	x	2.2	-1.552	20.58	-31.947
G11	0.5	x	1.12	x	1.12	x	2.2	-1.380	19.89	-27.445
G12	0.5	x	2.20	x	2.10	x	2.2	-5.082	18.84	-95.745
G13	0.5	x	1.15	x	1.03	x	2.2	-1.303	18.76	-24.443
G14		x	1.75	x	3.08	x	2.2	-11.858	21.02	-249.255
G15		x	1.15	x	3.45	x	2.2	-8.729	18.57	-162.088
G16		x	18.00	x	2.70	x	2.2	-106.920	11.75	-1256.310
G17	0.5	x	2.60	x	1.35	x	2.2	-3.861	1.26	-4.865
G18		x	0.40	x	1.35	x	2.2	-1.188	0.20	-0.238
G19		x	1.00	x	0.75	x	2.2	-1.650	0.50	-0.825
							Σ =	-188.939	Σ =	-2910.219

Tabel H.2 Perhitungan gaya gempa

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya (ton) $E = k \times G$	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi						
G1	0.5	x	1.61	x	2.50	x	2.2	0.617	6.43	3.970
G2		x	1.06	x	2.50	x	2.2	0.813	6.85	5.569
G3	0.5	x	1.83	x	1.25	x	2.2	0.351	7.26	2.547
G4		x	1.83	x	1.25	x	2.2	0.702	6.22	4.365
G5		x	1.14	x	1.25	x	2.2	0.437	6.02	2.632
G6		x	1.00	x	3.20	x	2.2	0.982	4.00	3.927
G7		x	2.25	x	1.20	x	2.2	0.828	5.00	4.142
G8	0.5	x	0.50	x	2.00	x	2.2	0.153	3.73	0.572
G9		x	1.75	x	2.70	x	2.2	1.450	4.25	6.161
G10		x	0.63	x	1.12	x	2.2	0.216	5.04	1.091
G11	0.5	x	1.12	x	1.12	x	2.2	0.192	4.85	0.933
G12	0.5	x	2.20	x	2.10	x	2.2	0.709	4.96	3.515
G13	0.5	x	1.15	x	1.03	x	2.2	0.182	3.79	0.689
G14		x	1.75	x	3.08	x	2.2	1.654	2.94	4.862
G15		x	1.15	x	3.45	x	2.2	1.217	1.73	2.106
G16		x	18.00	x	2.70	x	2.2	14.910	2.10	31.311
G17	0.5	x	2.60	x	1.35	x	2.2	0.538	3.90	2.100
G18		x	0.40	x	1.35	x	2.2	0.166	4.13	0.684
G19		x	1.00	x	0.75	x	2.2	0.230	0.38	0.087
							Σ =	26.347	Σ =	81.262

Tabel H.3 Perhitungan gaya hidrostatik kondisi air normal

NO	Luas x Tekanan			Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)			
				V	H	x	y	V	H		
W1a	0.5	x	2.5	x	2.5	-	3.125	-	6.43	-	20.104
W1b	0.5	x	2.5	x	1.61	-	-2.013	-	25.34	-	-50.997

Tabel H.4 perhitungan hidrostatik pada kondisi air banjir

NO	Luas x Tekanan			Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)			
				V	H	x	y	V	H		
W1a		x	2.36	x	2.5	-	5.900	-	6.85	-	40.415
W1b	0.5	x	2.5	x	2.5	-	3.125	-	6.43	-	20.104
Jumlah komponen horizontal							9.025				60.519
W2a		x	1.61	x	2.36	-3.800	-	25.10	-	-95.370	-
W2b	0.5	x	1.61	x	2.50	-2.013	-	25.36	-	-51.037	-
W3		x	1.06	x	2.36	-2.502	-	23.76	-	-59.438	-
W4		x	2.42	x	2.36	-5.711	-	22.25	-	-127.074	-
W5		x	2.04	x	1.43	-2.917	-	20.89	-	-60.940	-
W6		x	2.20	x	2.29	-5.038	-	19.22	-	-96.830	-
W7		x	4.50	x	15.00	-33.750	-	10.56	-	-356.400	-
W8a		x	2.60	x	3.15	-4.095	-	1.70	-	-6.962	-
W8b	0.5	x	2.60	x	1.35	-0.878	-	2.13	-	-1.869	-
W9		x	0.40	x	3.15	-0.630	-	0.20	-	-0.126	-
Jumlah komponen vertikal						-61.333				-856.046	

– Gaya akibat tekanan lumpur

$$\text{Tekanan lumpur horizontal} = \frac{1,65 \times 2,5}{2} \times \left[\frac{1-0,5}{1+0,5} \right] = 1,719 \text{ t}$$

$$\text{Tekanan lumpur vertikal} = (0,5 \times 1,61 \times 2,5) \cdot 1,65 = -3,321 \text{ t}$$

$$\text{Momen horizontal} = 1,719 \times 7,27 = 12,495 \text{ tm}$$

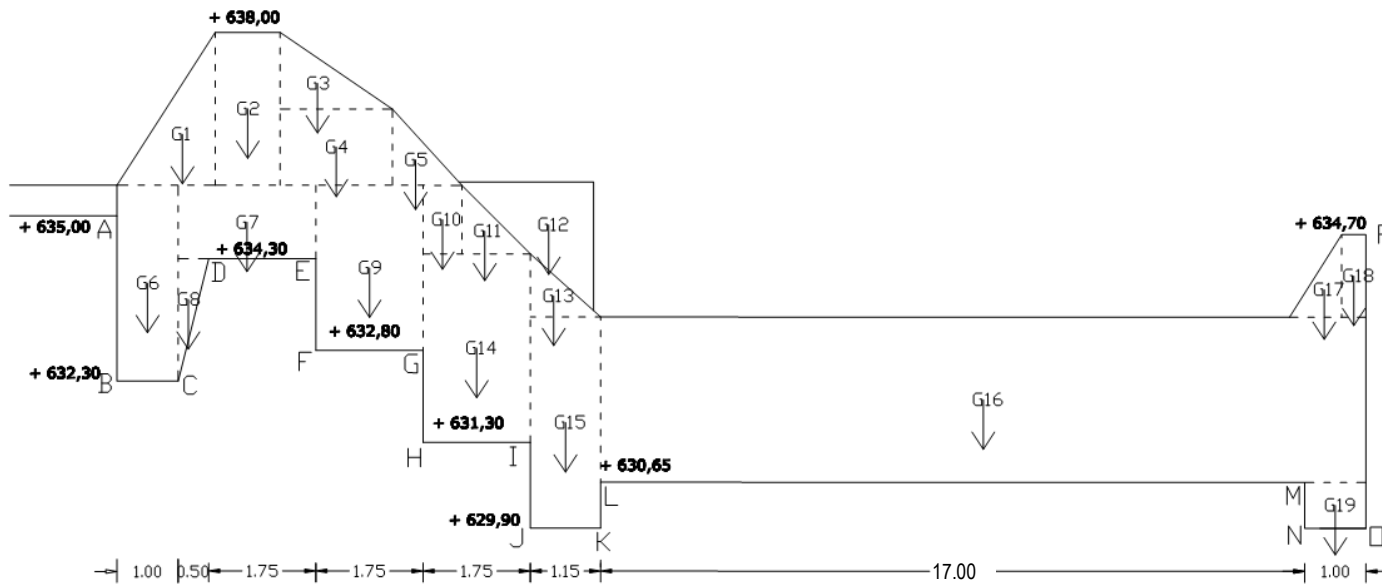
$$\text{Momen vertikal} = -3,321 \times 25,34 = -84,145 \text{ tm}$$

Tabel H.5 Perhitungan gaya angkat (*uplift*) kondisi air normal

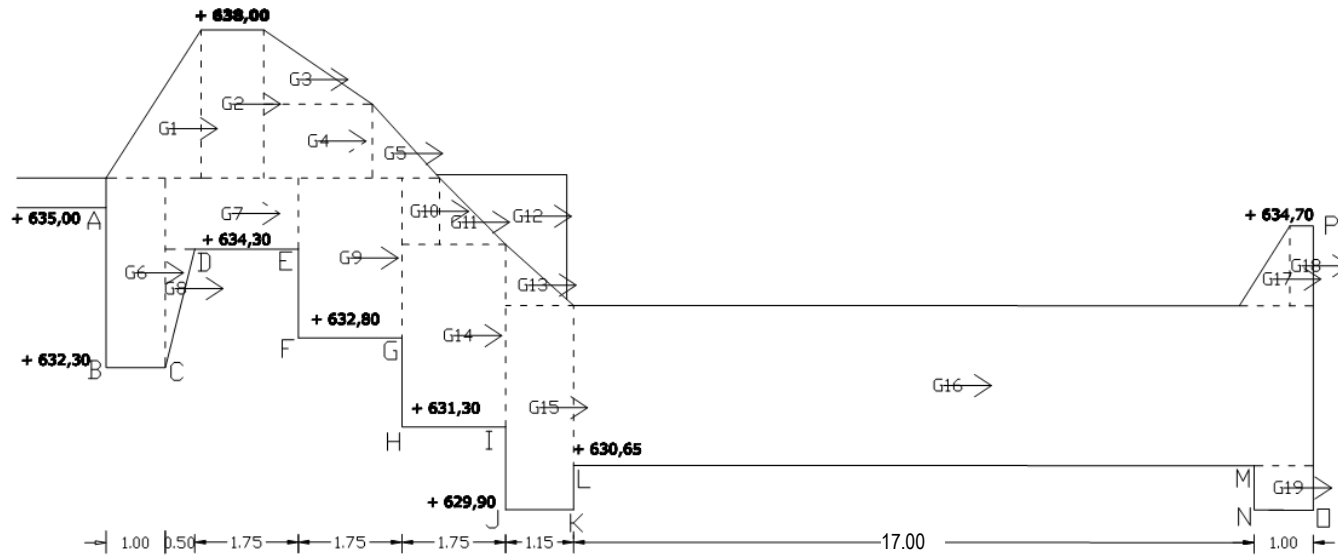
NO	Luas x Tekanan				Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)		
					V	H	x	y	V	H	
up1a		x	1.67	x	2.00	-	-3.339	-	3.4	-	-11.354
up1b	0.5	x	2.13	x	2.00	-	-2.135	-	3.07	-	-6.547
up2a		x	1.31	x	2.70	-	3.534	-	3.75	-	13.254
up2b	0.5	x	2.52	x	2.70	-	3.399	-	3.30	-	11.218
up3a		x	1.63	x	1.50	-	2.446	-	3.65	-	8.926
up3b	0.5	x	0.90	x	1.50	-	0.674	-	3.40	-	2.292
up4a		x	2.49	x	1.50	-	3.735	-	2.15	-	8.030
up4b	0.5	x	0.90	x	1.50	-	0.674	-	1.90	-	1.281
up5a		x	3.35	x	1.40	-	4.689	-	0.70	-	3.282
up5b	0.5	x	1.11	x	1.40	-	0.774	-	0.47	-	0.361
up6a		x	3.25	x	0.75	-	2.435	-	0.38	-	0.913
up6b	0.5	x	0.70	x	0.75	-	0.262	-	0.25	-	0.066
up7a		x	3.63	x	0.75	-	-2.721	-	0.38	-	-1.021
up7b	0.5	x	0.80	x	0.75	-	-0.300	-	0.25	-	-0.075
up8	0.5	x	3.92	x	4.80	-	-9.417	-	1.60	-	-15.067
Jumlah komponen horizontal							4.710				15.560
up9a		x	3.80	x	1.00	3.804	-	25.40	-	96.634	-
up9b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.011	-	25.57	-	0.287	-
up10a		x	1.67	x	0.50	0.835	-	24.65	-	20.579	-
up10b	0.5	x	2.13	x	0.50	0.534	-	24.73	-	13.200	-
up11a		x	1.63	x	1.75	2.853	-	23.53	-	67.119	-
up11b	0.5	x	0.04	x	1.75	0.034	-	23.82	-	0.820	-
up12a		x	2.49	x	1.75	4.357	-	21.78	-	94.880	-
up12b	0.5	x	0.04	x	1.75	0.034	-	22.07	-	0.759	-
up13a		x	3.35	x	1.75	5.862	-	20.03	-	117.377	-
up13b	0.5	x	0.04	x	1.75	0.034	-	20.32	-	0.699	-
up14a		x	4.43	x	1.15	5.094	-	18.58	-	94.614	-
up14b	0.5	x	0.03	x	1.15	0.015	-	18.77	-	0.279	-
up15a		x	3.25	x	17.00	55.193	-	9.50	-	524.331	-
up15b	0.5	x	0.38	x	17.00	3.247	-	12.33	-	40.049	-
up16a		x	3.92	x	1.00	3.924	-	0.50	-	1.962	-
up16b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.011	-	0.67	-	0.007	-
Jumlah komponen vertikal							85.843				1073.595

Tabel H.6 perhitungan gaya angkat (*uplift*) pada kondisi banjir

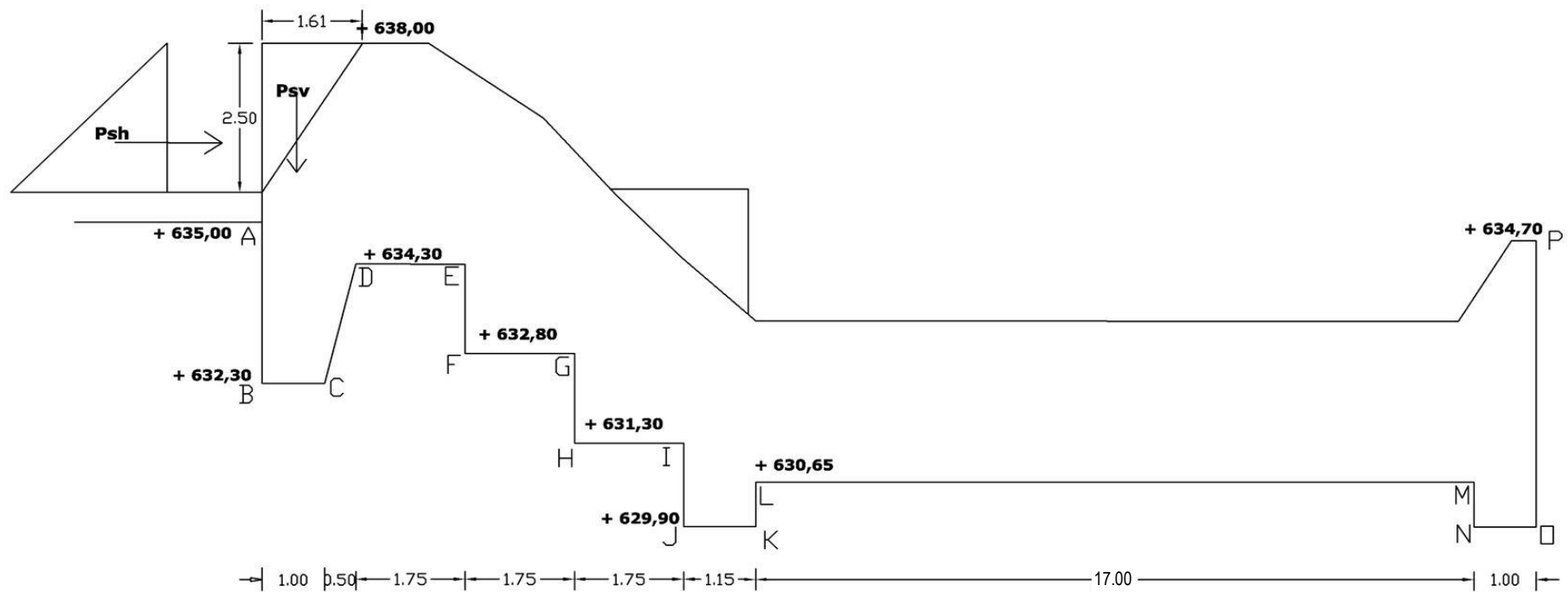
NO	Luas x Tekanan				Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)		
					V	H	x	y	V	H	
up1a		x	4.516	x	2	-	-9.031	-	3.40	-	-30.707
up1b	0.5	x	2.103	x	2	-	-2.103	-	3.07	-	-6.448
up2a		x	4.074	x	2.7	-	10.999	-	3.75	-	41.247
up2b	0.5	x	2.562	x	2.7	-	3.458	-	3.30	-	11.412
up3a		x	4.486	x	1.5	-	6.729	-	3.65	-	24.560
up3b	0.5	x	0.923	x	1.5	-	0.692	-	3.40	-	2.354
up4a		x	5.379	x	1.5	-	8.068	-	2.15	-	17.347
up4b	0.5	x	0.923	x	1.5	-	0.692	-	1.90	-	1.315
up5a		x	6.272	x	1.4	-	8.781	-	0.70	-	6.147
up5b	0.5	x	1.128	x	1.4	-	0.790	-	0.47	-	0.369
up6a		x	6.302	x	0.75	-	4.726	-	0.38	-	1.772
up6b	0.5	x	0.712	x	0.75	-	0.267	-	0.25	-	0.067
up7a		x	6.592	x	0.75	-	-4.944	-	0.38	-	-1.854
up7b	0.5	x	0.788	x	0.75	-	-0.296	-	0.25	-	-0.074
up8	0.5	x	6.996	x	7.95	-	-27.810	-	2.65	-	-73.695
Jumlah komponen horizontal							1.020				-6.189
up9a		x	6.618	x	1	6.618	-	25.40	-	168.104	-
up9b	0.5	x	0.017	x	1	0.009	-	25.57	-	0.218	-
up10a		x	4.516	x	0.5	2.258	-	24.65	-	55.656	-
up10b	0.5	x	2.103	x	0.5	0.526	-	24.73	-	13.001	-
up11a		x	4.486	x	1.75	7.850	-	23.53	-	184.675	-
up11b	0.5	x	0.03	x	1.75	0.026	-	23.82	-	0.623	-
up12a		x	5.379	x	1.75	9.413	-	21.78	-	204.973	-
up12b	0.5	x	0.03	x	1.75	0.026	-	22.07	-	0.578	-
up13a		x	6.272	x	1.75	10.976	-	20.03	-	219.800	-
up13b	0.5	x	0.03	x	1.75	0.026	-	20.32	-	0.532	-
up14a		x	7.381	x	1.15	8.488	-	18.58	-	157.661	-
up14b	0.5	x	0.02	x	1.15	0.011	-	18.77	-	0.212	-
up15a		x	6.302	x	17	107.129	-	9.50	-	1017.721	-
up15b	0.5	x	0.291	x	17	2.470	-	12.33	-	30.461	-
up16a		x	6.996	x	1	6.996	-	0.50	-	3.498	-
up16b	0.5	x	0.017	x	1	0.009	-	0.67	-	0.006	-
Jumlah komponen vertikal							162.831			2057.718	



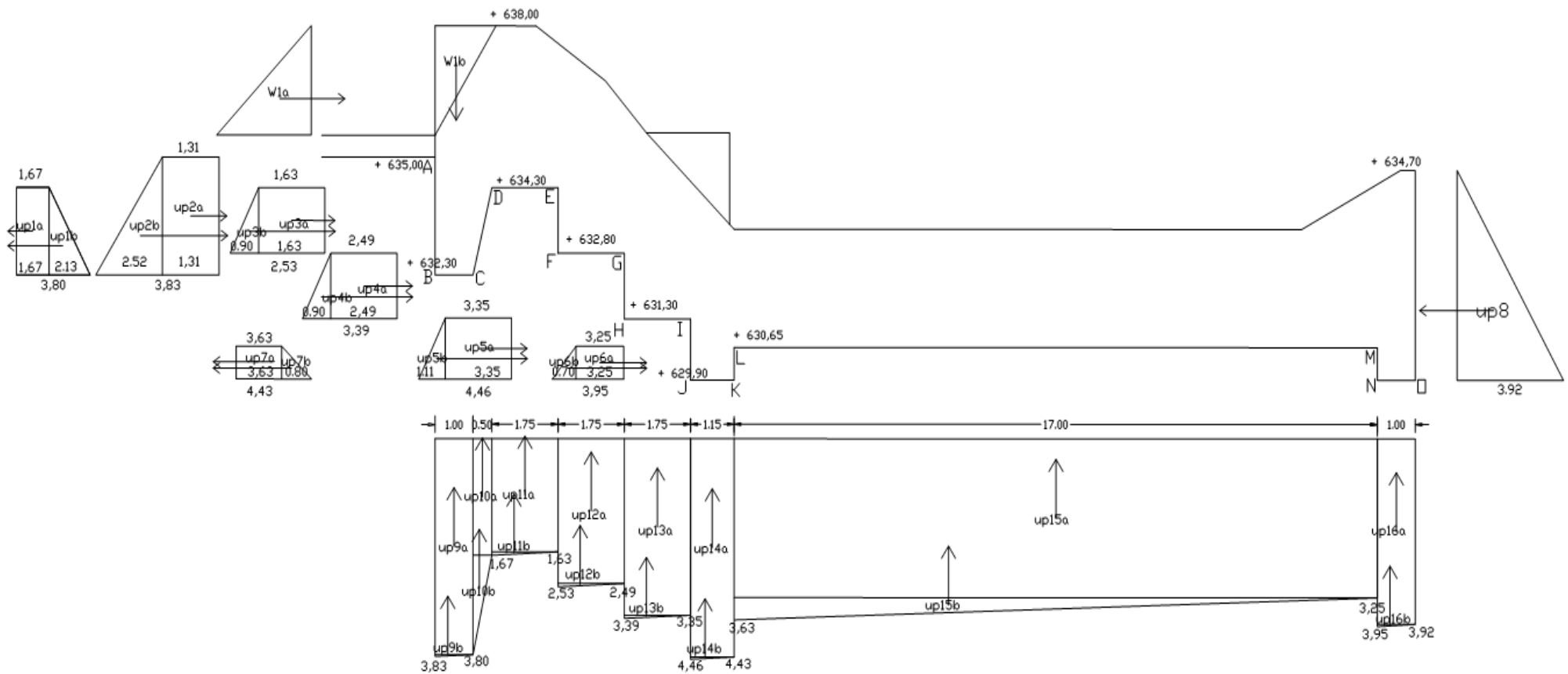
Gambar H.1 Gaya akibat berat sendiri bendung



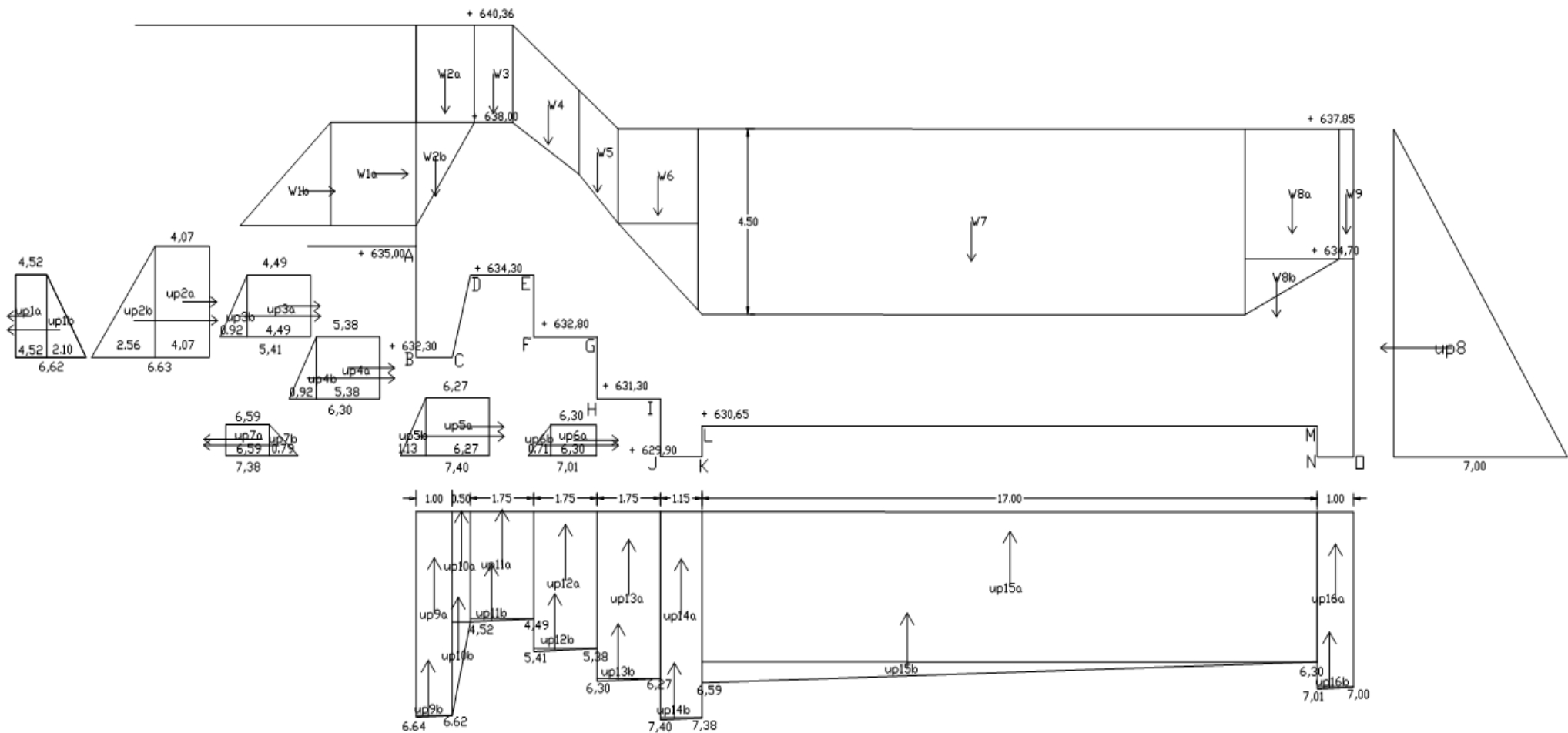
Gambar H.2 Gaya gempa



Gambar H.3 Gaya akibat tekanan lumpur



Gambar H.4 Gaya hidrostatis dan uplift pada kondisi air normal



Gambar H.5 Gaya hidrostatik dan uplift pada kondisi air banjir

Lampiran I

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam.

Tabel I.1 Perhitungan gaya akibat berat sendiri bendung

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya(ton)	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi						
G1	0.5	x	1.61	x	2.50	x	2.2	-4.428	10.61	-46.976
G2		x	0.51	x	2.17	x	2.2	-2.435	9.82	-23.909
G3		x	2.21	x	0.32	x	2.2	-1.556	8.97	-13.956
G4		x	0.20	x	1.50	x	2.2	-0.660	7.97	-5.260
G5	0.5	x	1.82	x	1.82	x	2.2	-3.644	7.26	-26.453
G6		x	1.00	x	3.20	x	2.2	-7.040	11.18	-78.707
G7		x	1.70	x	1.20	x	2.2	-4.488	9.83	-44.117
G8	0.5	x	0.50	x	2.00	x	2.2	-1.100	10.51	-11.561
G9		x	1.20	x	2.30	x	2.2	-6.072	8.38	-50.883
G10		x	1.20	x	3.40	x	2.2	-8.976	7.18	-64.448
G11		x	0.53	x	0.51	x	2.2	-0.595	6.31	-3.752
G12	0.5	x	0.62	x	0.51	x	2.2	-0.348	5.84	-2.031
G13		x	1.15	x	3.89	x	2.2	-9.842	6.01	-59.149
G14	0.5	x	2.00	x	0.66	x	2.2	-1.452	4.76	-6.912
G15		x	4.43	x	2.48	x	2.2	-24.170	3.22	-77.828
G16	0.5	x	2.00	x	0.68	x	2.2	-1.496	1.67	-2.498
G17	0.5	x	0.60	x	0.49	x	2.2	-0.323	0.60	-0.194
G18		x	0.40	x	0.49	x	2.2	-0.431	0.20	-0.086
G19		x	1.00	x	3.91	x	2.2	-8.602	0.50	-4.301
							Σ =	-87.657	Σ =	-523.021

Tabel I.2 Perhitungan gaya gempa

NO	Luas						BJ Pas. Batu	Gaya (ton) E = k x G	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi						
G1	0.5	x	1.61	x	2.50	x	2.2	0.617	5.23	3.229
G2		x	0.51	x	2.17	x	2.2	0.340	5.81	1.973
G3		x	2.21	x	0.32	x	2.2	0.217	4.56	0.989
G4		x	0.20	x	1.50	x	2.2	0.092	5.47	0.503
G5	0.5	x	1.82	x	1.82	x	2.2	0.508	5.01	2.546
G6		x	1.00	x	3.20	x	2.2	0.982	2.80	2.749
G7		x	1.70	x	1.20	x	2.2	0.626	3.80	2.378
G8	0.5	x	0.50	x	2.00	x	2.2	0.153	2.53	0.388
G9		x	1.20	x	2.30	x	2.2	0.847	3.25	2.752
G10		x	1.20	x	3.40	x	2.2	1.252	2.70	3.380
G11		x	0.53	x	0.51	x	2.2	0.083	4.15	0.344
G12	0.5	x	0.62	x	0.51	x	2.2	0.049	4.06	0.197
G13		x	1.15	x	3.89	x	2.2	1.372	1.95	2.676
G14	0.5	x	2.00	x	0.66	x	2.2	0.202	3.45	0.699
G15		x	4.43	x	2.48	x	2.2	3.371	1.99	6.707
G16	0.5	x	2.00	x	0.68	x	2.2	0.209	3.46	0.722
G17	0.5	x	0.60	x	0.49	x	2.2	0.045	4.07	0.184
G18		x	0.40	x	0.49	x	2.2	0.060	4.15	0.250
G19		x	1.00	x	3.91	x	2.2	1.200	1.95	2.339
							Σ =	12.224	Σ =	35.004

Tabel I.3 Perhitungan gaya hidrostatik kondisi air normal

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a	0.5	x	2.50	x	2.50	-	3.13	-	5.23	-	16.354
W1b	0.5	x	2.50	x	1.61	-2.01	-	11.13	-	-22.399	-
W1c		x	1.50	x	1.50	-2.25	-	8.82	-	-19.845	-
Jumlah komponen vertikal						-4.26				-42.244	

Tabel I.4 perhitungan hidrostatik pada kondisi air banjir

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a		x	2.36	x	2.5	-	5.900	-	5.65	-	33.335
W1b	0.5		2.50	x	2.50		3.125	-	5.23	-	16.354
Jumlah komponen horizontal						9.025					49.689
W2a		x	1.61	x	2.36	-3.800	-	10.88	-	-41.340	-
W2b	0.5	x	1.61	x	2.50	-2.013	-	11.15	-	-22.439	-
W3a		x	0.51	x	1.33	-0.678	-	9.82	-	-6.661	-
W3b	0.5	x	0.51	x	1.03	-0.263	-	9.91	-	-2.603	-
W4		x	1.50	x	3.51	-5.265	-	8.82	-	-46.437	-
W5a		x	0.89	x	2.01	-1.789	-	8.10	-	-14.490	-
W5b	0.5	x	0.69	x	0.58	-0.200	-	7.79	-	-1.559	-
W6a		x	1.14	x	2.58	-2.941	-	6.61	-	-19.441	-
W6b	0.5	x	1.14	x	1.25	-0.713	-	6.43	-	-4.581	-
W7a		x	0.62	x	3.83	-1.1873	-	5.74	-	-6.815102	-
W7b	0.5	x	0.62	x	0.51	-0.07905	-	5.64	-	-0.445842	-
W8a		x	2.00	x	4.43	-4.43	-	4.43	-	-19.6249	-
W8b	0.5	x	2.00	x	0.66	-0.33	-	4.10	-	-1.353	-
W9		x	0.43	x	5.00	-1.075	-	3.22	-	-3.4615	-
W10a		x	2.00	x	4.32	-4.32	-	2.00	-	-8.64	-
W10b	0.5	x	2.00	x	0.68	-0.34	-	2.33	-	-0.7922	-
W11a		x	0.60	x	3.83	-1.149	-	0.70	-	-0.8043	-
W11b	0.5	x	0.60	x	0.49	-0.0735	-	0.83	-	-0.061005	-
W12		x	0.40	x	3.83	-0.766	-	0.20	-	-0.1532	-
Jumlah komponen vertikal						-31.411				-201.703	

– Gaya akibat tekanan lumpur

$$\text{Tekanan lumpur horizontal} = \frac{1,65 \times 2,5}{2} \times \left[\frac{1-0,5}{1+0,5} \right] = 1,719 \text{ t}$$

$$\text{Tekanan lumpur vertikal} = (0,5 \times 1,61 \times 2,5) \cdot 1,65 = -3,321 \text{ t}$$

$$\text{Momen horizontal} = 1,719 \times 6,07 = 10,433 \text{ tm}$$

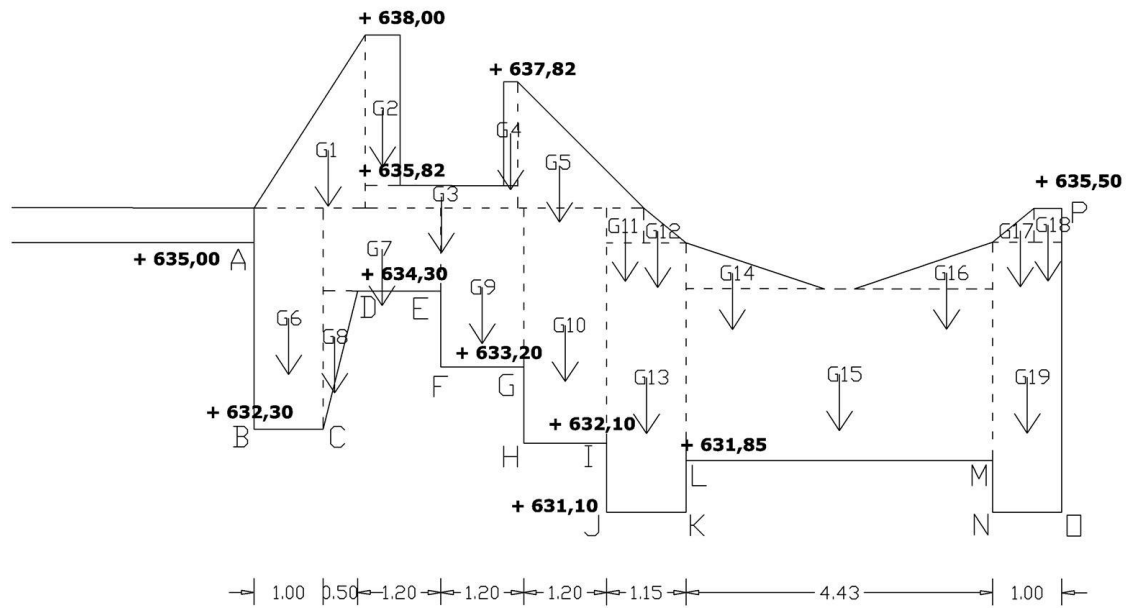
$$\text{Momen vertikal} = -3,321 \times 11,13 = -36,959 \text{ tm}$$

Tabel I.5 Perhitungan gaya angkat (*uplift*) kondisi air normal

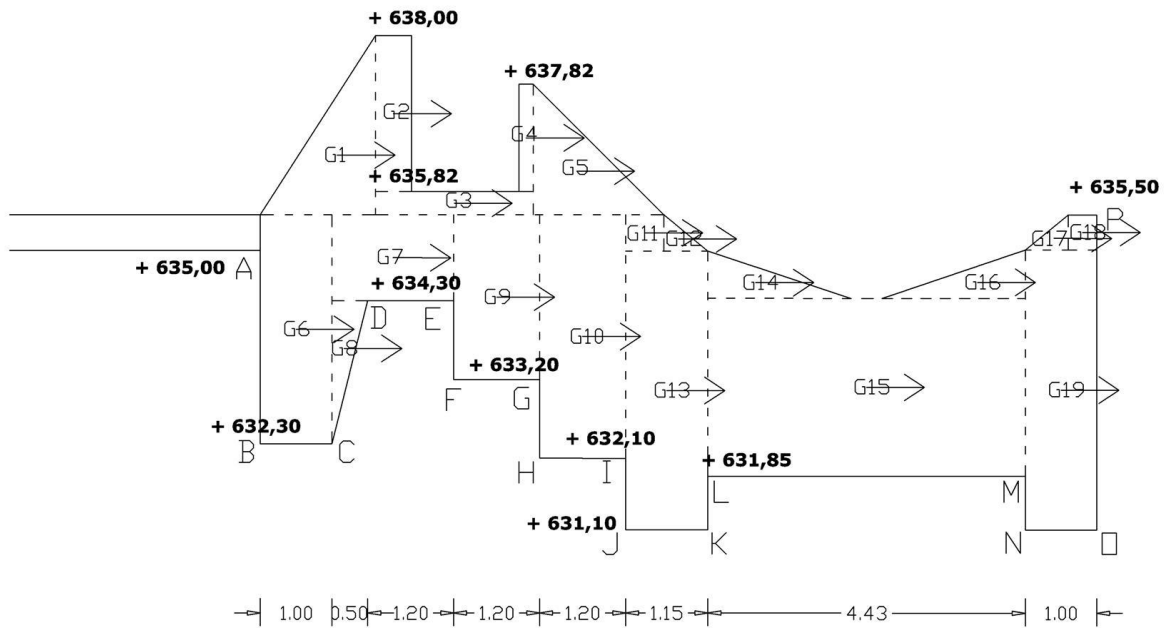
NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
up1a		x	1.93	x	2.00	-	-3.87	-	2.20	-	-8.505
up1b	0.5	x	2.12	x	2.00	-	-2.12	-	1.87	-	-3.952
up2a		x	1.53	x	2.70	-	4.13	-	2.55	-	10.522
up2b	0.5	x	2.54	x	2.70	-	3.43	-	2.10	-	7.205
up3a		x	1.91	x	1.10	-	2.10	-	2.65	-	5.566
up3b	0.5	x	0.69	x	1.10	-	0.38	-	2.47	-	0.930
up4a		x	2.57	x	1.10	-	2.83	-	1.55	-	4.384
up4b	0.5	x	0.69	x	1.10	-	0.38	-	1.37	-	0.515
up5a		x	3.23	x	1.00	-	3.23	-	0.50	-	1.617
up5b	0.5	x	0.69	x	1.00	-	0.35	-	0.33	-	0.115
up6a		x	3.02	x	0.75	-	2.27	-	0.38	-	0.850
up6b	0.5	x	0.71	x	0.75	-	0.26	-	0.25	-	0.066
up7a		x	3.11	x	0.75	-	-2.33	-	0.38	-	-0.874
up7b	0.5	x	0.79	x	0.75	-	-0.30	-	0.25	-	-0.074
up8	0.5	x	3.71	x	4.40	-	-8.16	-	1.47	-	-11.965
Jumlah komponen horizontal							2.58				6.401
up9a		x	4.05	x	1.00	4.05	-	11.18	-	45.283	-
up9b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.01	-	11.35	-	0.111	-
up10a		x	1.93	x	0.50	0.97	-	10.43	-	10.081	-
up10b	0.5	x	2.12	x	0.50	0.53	-	10.51	-	5.565	-
up11a		x	1.91	x	1.20	2.29	-	9.58	-	21.952	-
up11b	0.5	x	0.02	x	1.20	0.01	-	9.78	-	0.138	-
up12a		x	2.57	x	1.20	3.09	-	8.38	-	25.859	-
up12b	0.5	x	0.02	x	1.20	0.01	-	8.58	-	0.121	-
up13a		x	3.23	x	1.20	3.88	-	7.18	-	27.860	-
up13b	0.5	x	0.02	x	1.20	0.01	-	7.38	-	0.104	-
up14a		x	3.90	x	1.15	4.49	-	6.01	-	26.949	-
up14b	0.5	x	0.02	x	1.15	0.01	-	6.20	-	0.080	-
up15a		x	3.02	x	4.43	13.39	-	3.22	-	43.037	-
up15b	0.5	x	0.09	x	4.43	0.19	-	3.95	-	0.759	-
up16a		x	3.71	x	1.00	3.71	-	0.50	-	1.854	-
up16b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.01	-	0.67	-	0.007	-
Jumlah komponen vertikal						36.65				209.758	

Tabel I.6 Perhitungan gaya angkat (*uplift*) pada kondisi banjir

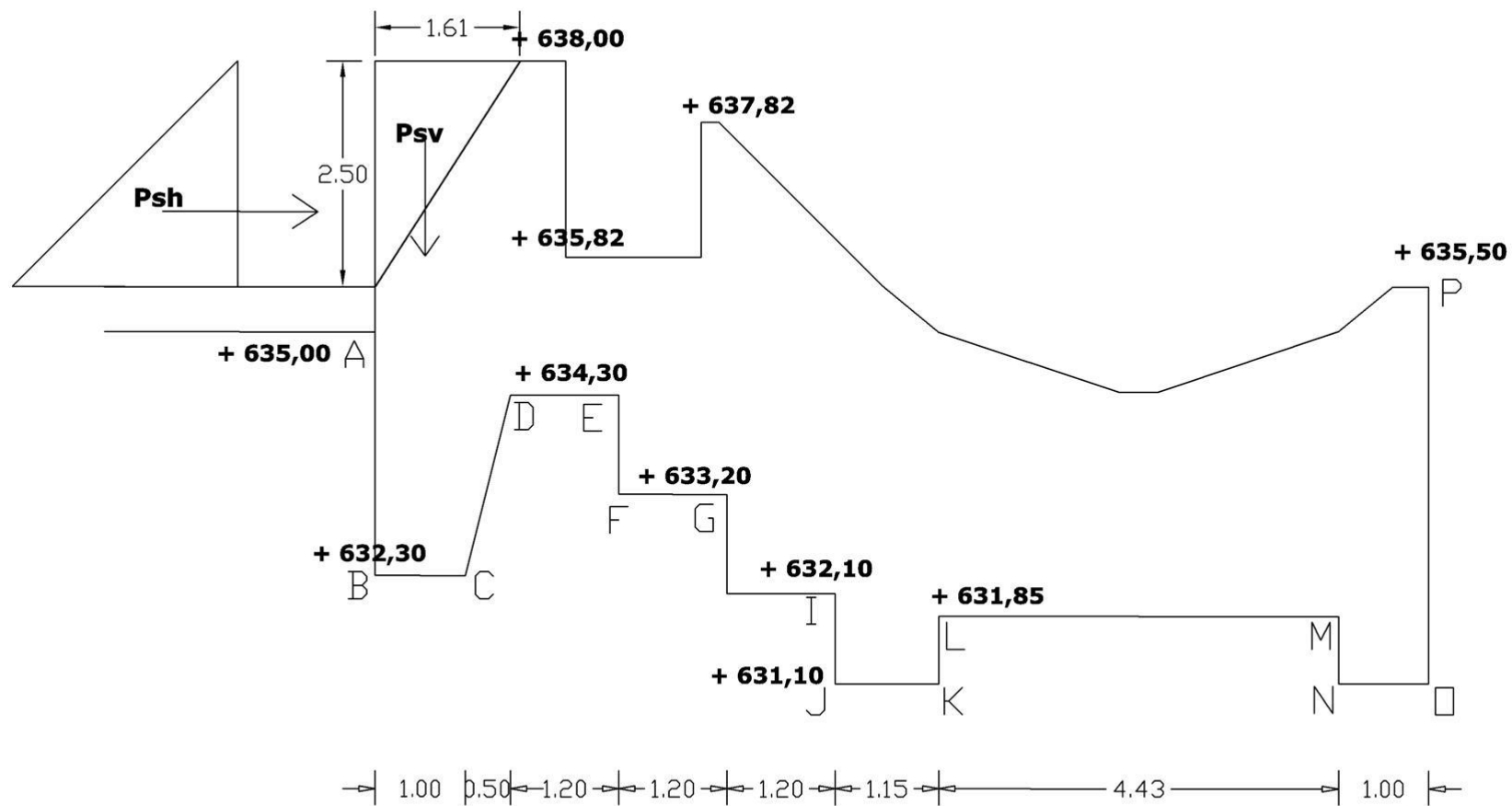
NO	Luas x Tekanan				Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)		
					V	H	x	y	V	H	
up1a		x	5.33	x	2.00	-	-10.664	-	2.20	-	-23.461
up1b	0.5	x	2.05	x	2.00	-	-2.048	-	1.87	-	-3.824
up2a		x	4.75	x	2.70	-	12.835	-	2.55	-	32.729
up2b	0.5	x	2.63	x	2.70	-	3.557	-	2.10	-	7.469
up3a		x	5.32	x	1.10	-	5.855	-	2.65	-	15.515
up3b	0.5	x	0.72	x	1.10	-	0.398	-	2.47	-	0.981
up4a		x	6.04	x	1.10	-	6.640	-	1.55	-	10.291
up4b	0.5	x	0.72	x	1.10	-	0.398	-	1.37	-	0.544
up5a		x	6.75	x	1.00	-	6.750	-	0.50	-	3.375
up5b	0.5	x	0.73	x	1.00	-	0.363	-	0.33	-	0.121
up6a		x	6.66	x	0.75	-	4.997	-	0.38	-	1.874
up6b	0.5	x	0.73	x	0.75	-	0.274	-	0.25	-	0.069
up7a		x	6.70	x	0.75	-	-5.024		0.38		-1.884
up7b	0.5	x	0.77	x	0.75	-	-0.288		0.25		-0.072
up8	0.5	x	7.39	x	8.23	-	-30.395	-	2.74	-	-83.383
Jumlah komponen horizontal							-6.353				-39.655
up9a		x	7.38	x	1.00	7.380	-	11.18	-	82.512	-
up9b	0.5	x	0.01	x	1.00	0.004	-	11.35	-	0.046	-
up10a		x	5.33	x	0.50	2.666	-	10.43	-	27.806	-
up10b	0.5	x	2.05	x	0.50	0.512	-	10.51	-	5.384	-
up11a		x	5.32	x	1.20	6.387	-	9.58	-	61.185	-
up11b	0.5	x	0.01	x	1.20	0.006	-	9.78	-	0.057	-
up12a		x	6.04	x	1.20	7.243	-	8.38	-	60.699	-
up12b	0.5	x	0.01	x	1.20	0.006	-	8.58	-	0.050	-
up13a		x	6.75	x	1.20	8.100	-	7.18	-	58.156	-
up13b	0.5	x	0.01	x	1.20	0.006	-	7.38	-	0.043	-
up14a		x	7.47	x	1.15	8.586	-	6.01	-	51.561	-
up14b	0.5	x	0.01	x	1.15	0.005	-	6.20	-	0.033	-
up15a		x	6.66	x	4.43	29.515	-	3.22	-	94.891	-
up15b	0.5	x	0.04	x	4.43	0.079	-	3.95	-	0.313	-
up16a		x	7.39	x	1.00	7.386	-	0.50	-	3.693	-
up16b	0.5	x	0.01	x	1.00	0.004	-	0.67	-	0.003	-
Jumlah komponen vertikal						77.886				446.431	



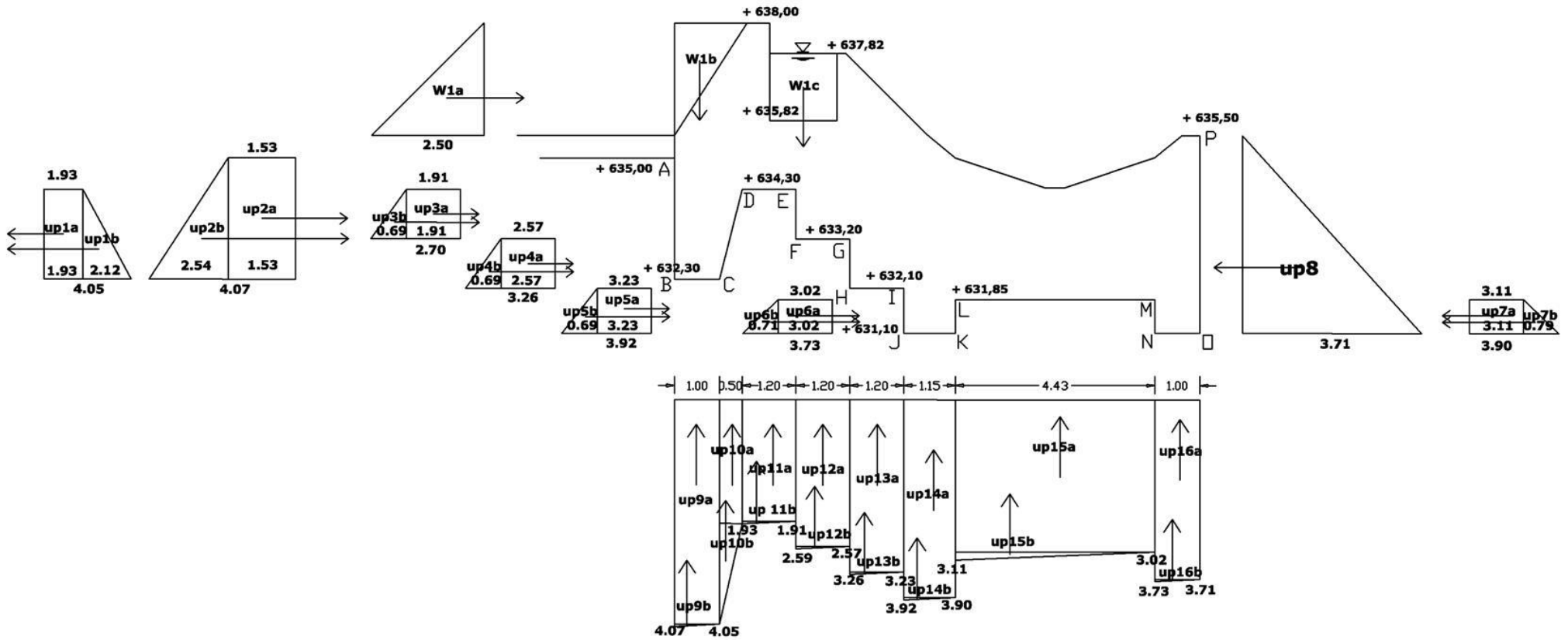
Gambar I.1 Gaya akibat berat sendiri bendung



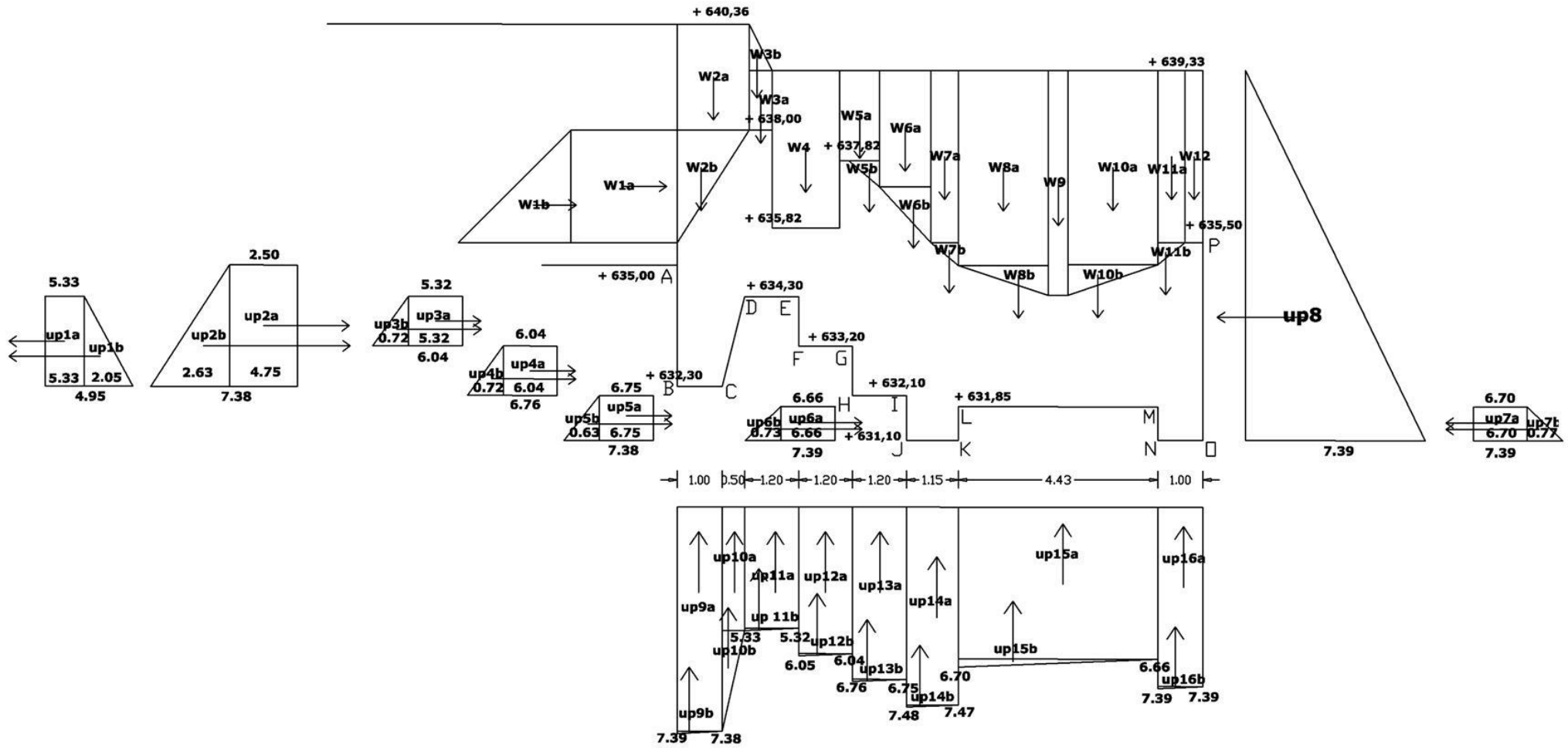
Gambar I.2 Gaya gempa



Gambar I.3 Gaya akibat tekanan lumpur



Gambar I.4 Gaya hidrostatik dan uplift pada kondisi air normal



Gambar I.5 Gaya hidrostatis dan uplift pada kondisi air banjir

Lampiran J

Perhitungan gaya yang bekerja pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi USBR IV.

Tabel J.1 Perhitungan gaya akibat berat sendiri bendung

NO	Luas						BJ Pas.	Gaya(ton)	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi			Batu			
G1	0.5	x	1.61	x	2.50	x	2.2	-4.428	24.83	-109.935
G2		x	0.51	x	2.17	x	2.2	-2.435	24.04	-58.531
G3		x	2.21	x	0.32	x	2.2	-1.556	23.19	-36.080
G4		x	0.20	x	1.50	x	2.2	-0.660	22.18	-14.639
G5	0.5	x	1.82	x	1.82	x	2.2	-3.644	21.48	-78.265
G6		x	1.00	x	3.20	x	2.2	-7.040	25.40	-178.816
G7		x	2.25	x	1.20	x	2.2	-5.940	23.77	-141.194
G8	0.5	x	0.50	x	2.00	x	2.2	-1.100	24.73	-27.203
G9		x	1.75	x	2.70	x	2.2	-10.395	21.77	-226.299
G10		x	0.63	x	1.12	x	2.2	-1.552	20.58	-31.947
G11	0.5	x	1.12	x	1.12	x	2.2	-1.380	19.89	-27.445
G12	0.5	x	2.20	x	2.10	x	2.2	-5.082	18.84	-95.745
G13	0.5	x	1.15	x	1.03	x	2.2	-1.303	18.76	-24.443
G14		x	1.75	x	3.08	x	2.2	-11.858	21.02	-249.255
G15		x	1.15	x	3.45	x	2.2	-8.729	18.57	-162.088
G16		x	18.00	x	2.70	x	2.2	-106.920	11.75	-1256.310
G17	0.5	x	2.60	x	1.35	x	2.2	-3.861	1.26	-4.865
G18		x	0.40	x	1.35	x	2.2	-1.188	0.20	-0.238
G19		x	1.00	x	0.75	x	2.2	-1.650	0.50	-0.825
							$\Sigma =$	-180.719	$\Sigma =$	-2724.123

Tabel J.2 Perhitungan gaya gempa

NO	Luas						BJ Pas.	Gaya (ton)	Lengan	Momen (Tm)
	Alas			Tinggi			Batu	$E = k \times G$		
G1	0.5	x	1.61	x	2.50	x	2.2	0.617	6.43	3.97
G2		x	0.51	x	2.17	x	2.2	0.340	7.01	2.38
G3		x	2.21	x	0.32	x	2.2	0.217	5.76	1.25
G4		x	0.20	x	1.50	x	2.2	0.092	6.67	0.61
G5	0.5	x	1.82	x	1.82	x	2.2	0.508	6.21	3.16
G6		x	1.00	x	3.20	x	2.2	0.982	4.00	3.93
G7		x	2.25	x	1.20	x	2.2	0.828	5.00	4.14
G8	0.5	x	0.50	x	2.00	x	2.2	0.153	3.73	0.57
G9		x	1.75	x	2.70	x	2.2	1.450	4.25	6.16
G10		x	0.63	x	1.12	x	2.2	0.216	5.04	1.09
G11	0.5	x	1.12	x	1.12	x	2.2	0.192	4.85	0.93
G12	0.5	x	2.20	x	2.10	x	2.2	0.709	4.96	3.52
G13	0.5	x	1.15	x	1.03	x	2.2	0.182	3.79	0.69
G14		x	1.75	x	3.08	x	2.2	1.654	2.94	4.86
G15		x	1.15	x	3.45	x	2.2	1.217	1.73	2.11
G16		x	18.00	x	2.70	x	2.2	14.910	2.10	31.31
G17	0.5	x	2.60	x	1.35	x	2.2	0.538	3.90	2.10
G18		x	0.40	x	1.35	x	2.2	0.166	4.13	0.68
G19		x	1.00	x	0.75	x	2.2	0.230	0.38	0.09
							$\Sigma =$	25.201	$\Sigma =$	73.55

Tabel J.3 Perhitungan gaya hidrostatis kondisi air normal

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a	0.5	x	2.5	x	2.5	-	3.125	-	6.433	-	20.104
Jumlah komponen horizontal							3.125	-		-	20.104
W1b	0.5	x	2.5	x	1.61	-2.0125	-	25.34	-	-50.99675	-
W1c			1.5		1.5	-2.25	-	23.04	-	-51.84	-
Jumlah komponen vertikal						-4.2625				-102.8368	

Tabel J.4 perhitungan hidrostatis pada kondisi air banjir

NO	Luas x Tekanan					Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)	
						V	H	x	y	V	H
W1a		x	2.36	x	2.5	-	5.900	-	6.85	-	40.415
W1b	0.5	x	2.5	x	2.5	-	3.125	-	6.43	-	20.104
Jumlah komponen horizontal							9.025				60.519
W2a		x	1.61	x	2.36	-3.800	-	25.10	-	-95.370	-
W2b	0.5	x	1.61	x	2.5	-2.013	-	25.36	-	-51.037	-
W3		x	0.50	x	2.36	-1.180	-	24.04	-	-28.367	-
W4		x	1.50	x	4.54	-6.810	-	23.04	-	-156.902	-
W5		x	0.50	x	3.04	-1.520	-	22.19	-	-33.729	-
W6		x	2.34	x	3.04	-7.114	-	21.24	-	-151.093	-
W7a		x	2.29	x	2.2	-5.038	-	19.21	-	-96.780	-
W7b	0.5	x	0.98	x	1.13	-0.554	-	19.94	-	-11.041	-
W8		x	15.00	x	4.5	-33.750	-	10.56	-	-356.400	-
W9a		x	2.60	x	3.15	-4.095	-	1.70	-	-6.962	-
W9b	0.5	x	2.60	x	1.35	-0.878	-	2.13	-	-1.869	-
W10		x	0.40	x	3.15	-0.630	-	0.20	-	-0.126	-
Jumlah komponen vertikal						-67.380				-989.676	

– Gaya akibat tekanan lumpur

$$\text{Tekanan lumpur horizontal} = \frac{1,65 \times 2,5}{2} x \left[\frac{1-0,5}{1+0,5} \right] = 1,719 \text{ t}$$

$$\text{Tekanan lumpur vertikal} = (0,5 \times 1,61 \times 2,5) \cdot 1,65 = -3,321 \text{ t}$$

$$\text{Momen horizontal} = 1,719 \times 7,27 = 12,495 \text{ tm}$$

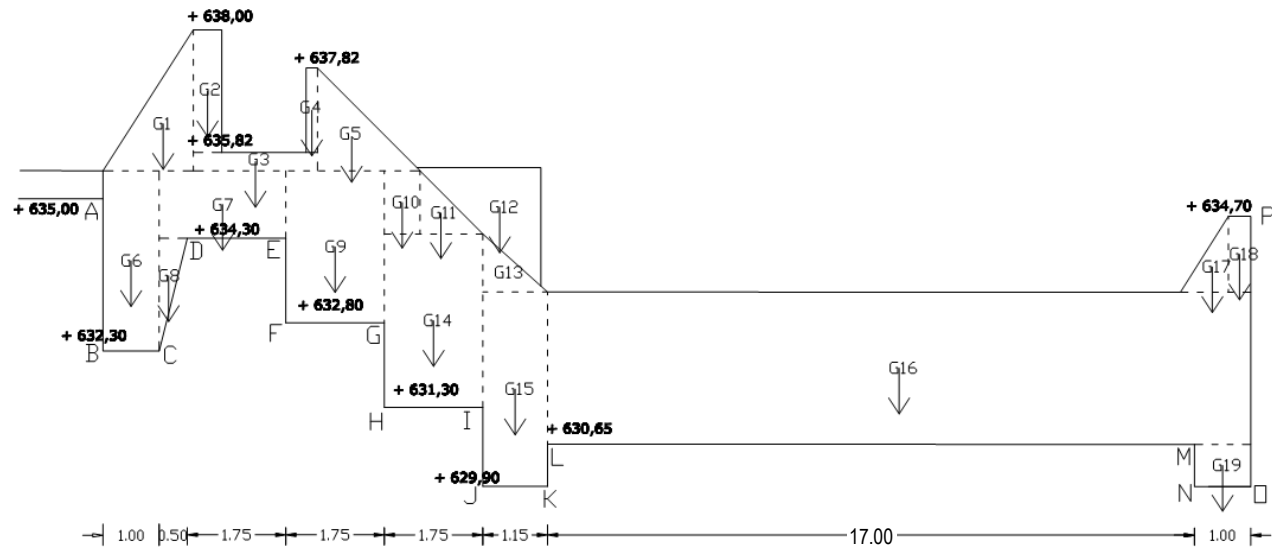
$$\text{Momen vertikal} = -3,321 \times 25,34 = -84,145 \text{ tm}$$

Tabel J.5 Perhitungan gaya angkat (*uplift*) kondisi air normal

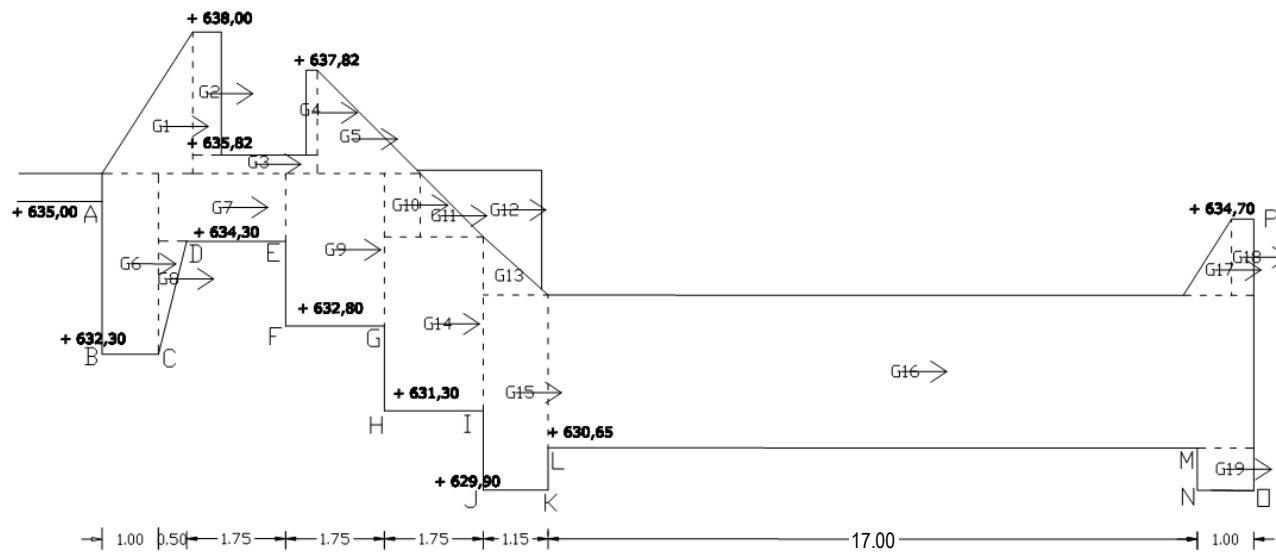
NO	Luas x Tekanan				Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)		
					V	H	x	y	V	H	
up1a		x	1.67	x	2.00	-	-3.339	-	3.40	-	-11.354
up1b	0.5	x	2.13	x	2.00	-	-2.135	-	3.07	-	-6.547
up2a		x	1.31	x	2.70	-	3.534	-	3.75	-	13.254
up2b	0.5	x	2.52	x	2.70	-	3.399	-	3.30	-	11.218
up3a		x	1.63	x	1.50	-	2.446	-	3.65	-	8.926
up3b	0.5	x	0.90	x	1.50	-	0.674	-	3.40	-	2.292
up4a		x	2.49	x	1.50	-	3.735	-	2.15	-	8.030
up4b	0.5	x	0.90	x	1.50	-	0.674	-	1.90	-	1.281
up5a		x	3.35	x	1.40	-	4.689	-	0.70	-	3.282
up5b	0.5	x	1.11	x	1.40	-	0.774	-	0.47	-	0.361
up6a		x	3.25	x	0.75	-	2.435	-	0.38	-	0.913
up6b	0.5	x	0.70	x	0.75	-	0.262	-	0.25	-	0.066
up7a		x	3.63	x	0.75	-	-2.721	-	0.38	-	-1.021
up7b	0.5	x	0.80	x	0.75	-	-0.300	-	0.25	-	-0.075
up8	0.5	x	3.92	x	4.80	-	-9.417	-	1.60	-	-15.067
Jumlah komponen horizontal							4.710				15.560
up9a		x	3.80	x	1.00	3.804	-	25.40	-	96.634	-
up9b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.011	-	25.57	-	0.287	-
up10a		x	1.67	x	0.50	0.835	-	24.65	-	20.579	-
up10b	0.5	x	2.13	x	0.50	0.534	-	24.73	-	13.200	-
up11a		x	1.63	x	1.75	2.853	-	23.53	-	67.119	-
up11b	0.5	x	0.04	x	1.75	0.034	-	23.82	-	0.820	-
up12a		x	2.49	x	1.75	4.357	-	21.78	-	94.880	-
up12b	0.5	x	0.04	x	1.75	0.034	-	22.07	-	0.759	-
up13a		x	3.35	x	1.75	5.862	-	20.03	-	117.377	-
up13b	0.5	x	0.04	x	1.75	0.034	-	20.32	-	0.699	-
up14a		x	4.43	x	1.15	5.094	-	18.58	-	94.614	-
up14b	0.5	x	0.03	x	1.15	0.015	-	18.77	-	0.279	-
up15a		x	3.25	x	17.00	55.193	-	9.50	-	524.331	-
up15b	0.5	x	0.38	x	17.00	3.247	-	12.33	-	40.049	-
up16a		x	3.92	x	1.00	3.924	-	0.50	-	1.962	-
up16b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.011	-	0.67	-	0.007	-
Jumlah komponen vertikal							85.843				1073.595

Tabel J.6 Perhitungan gaya angkat (*uplift*) pada kondisi banjir

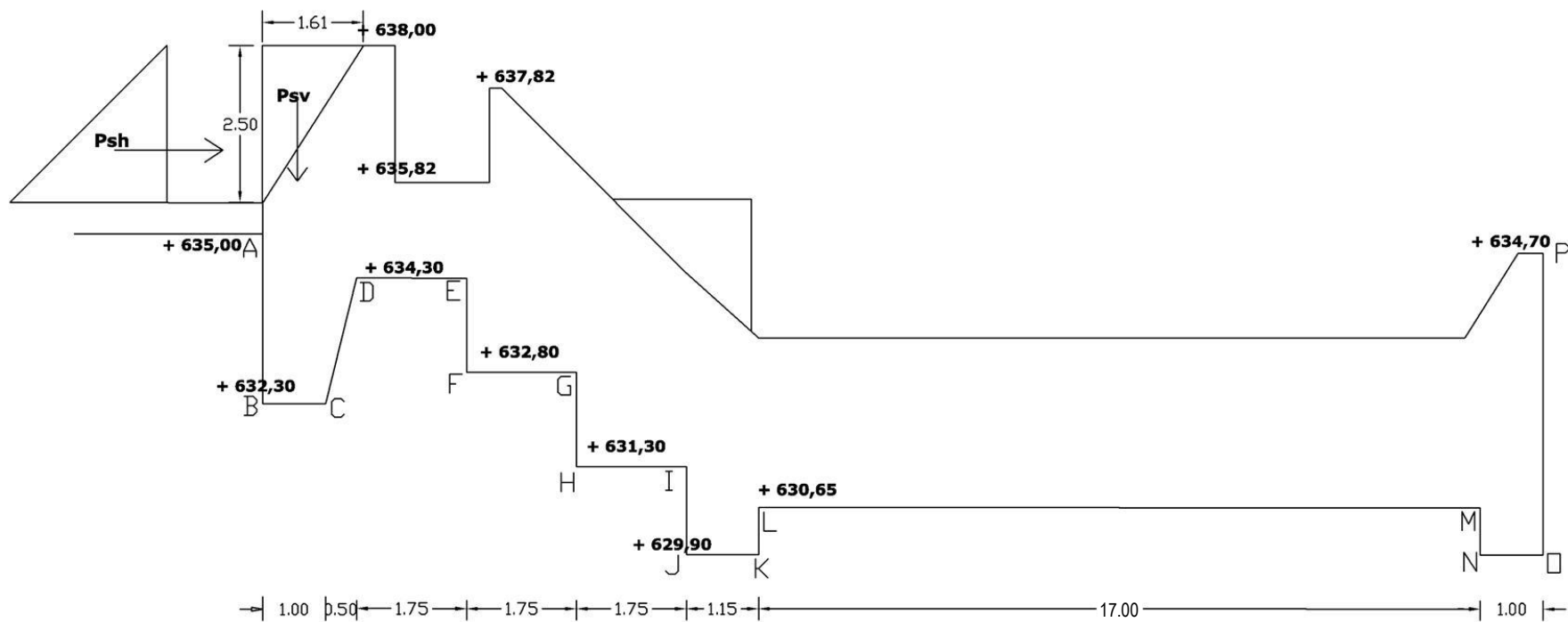
NO	Luas x Tekanan				Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (tm)		
					V	H	x	y	V	H	
up1a		x	4.52	x	2.00	-	-9.031	-	3.40	-	-30.707
up1b	0.5	x	2.10	x	2.00	-	-2.103	-	3.07	-	-6.448
up2a		x	4.07	x	2.70	-	10.999	-	3.75	-	41.247
up2b	0.5	x	2.56	x	2.70	-	3.458	-	3.30	-	11.412
up3a		x	4.49	x	1.50	-	6.729	-	3.65	-	24.560
up3b	0.5	x	0.92	x	1.50	-	0.692	-	3.40	-	2.354
up4a		x	5.38	x	1.50	-	8.068	-	2.15	-	17.347
up4b	0.5	x	0.92	x	1.50	-	0.692	-	1.90	-	1.315
up5a		x	6.27	x	1.40	-	8.781	-	0.70	-	6.147
up5b	0.5	x	1.13	x	1.40	-	0.790	-	0.47	-	0.369
up6a		x	6.30	x	0.75	-	4.726	-	0.38	-	1.772
up6b	0.5	x	0.71	x	0.75	-	0.267	-	0.25	-	0.067
up7a		x	6.59	x	0.75	-	-4.944	-	0.38	-	-1.854
up7b	0.5	x	0.79	x	0.75	-	-0.296	-	0.25	-	-0.074
up8	0.5	x	7.00	x	7.95	-	-27.810	-	2.65	-	-73.695
Jumlah komponen horizontal							1.020				-6.189
up9a		x	6.62	x	1	6.61827	-	25.40	-	168.104	-
up9b	0.5	x	0.02	x	1.00	0.009	-	25.57	-	0.218	-
up10a		x	4.52	x	0.50	2.258	-	24.65	-	55.656	-
up10b	0.5	x	2.10	x	0.50	0.526	-	24.73	-	13.001	-
up11a		x	4.49	x	1.75	7.850	-	23.53	-	184.675	-
up11b	0.5	x	0.03	x	1.75	0.026	-	23.82	-	0.623	-
up12a		x	5.38	x	1.75	9.413	-	21.78	-	204.973	-
up12b	0.5	x	0.03	x	1.75	0.026	-	22.07	-	0.578	-
up13a		x	6.27	x	1.75	10.976	-	20.03	-	219.800	-
up13b	0.5	x	0.03	x	1.75	0.026	-	20.32	-	0.532	-
up14a		x	7.38	x	1.15	8.488	-	18.58	-	157.661	-
up14b	0.5	x	0.02	x	1.15	0.011	-	18.77	-	0.212	-
up15a		x	6.30	x	17.00	107.129	-	9.50	-	1017.721	-
up15b	0.5	x	0.29	x	17.00	2.470	-	12.33	-	30.461	-
up16a		x	7.00	x	1.00	6.996	-	0.50	-	3.498	-
Jumlah komponen vertikal							162.822				2057.713



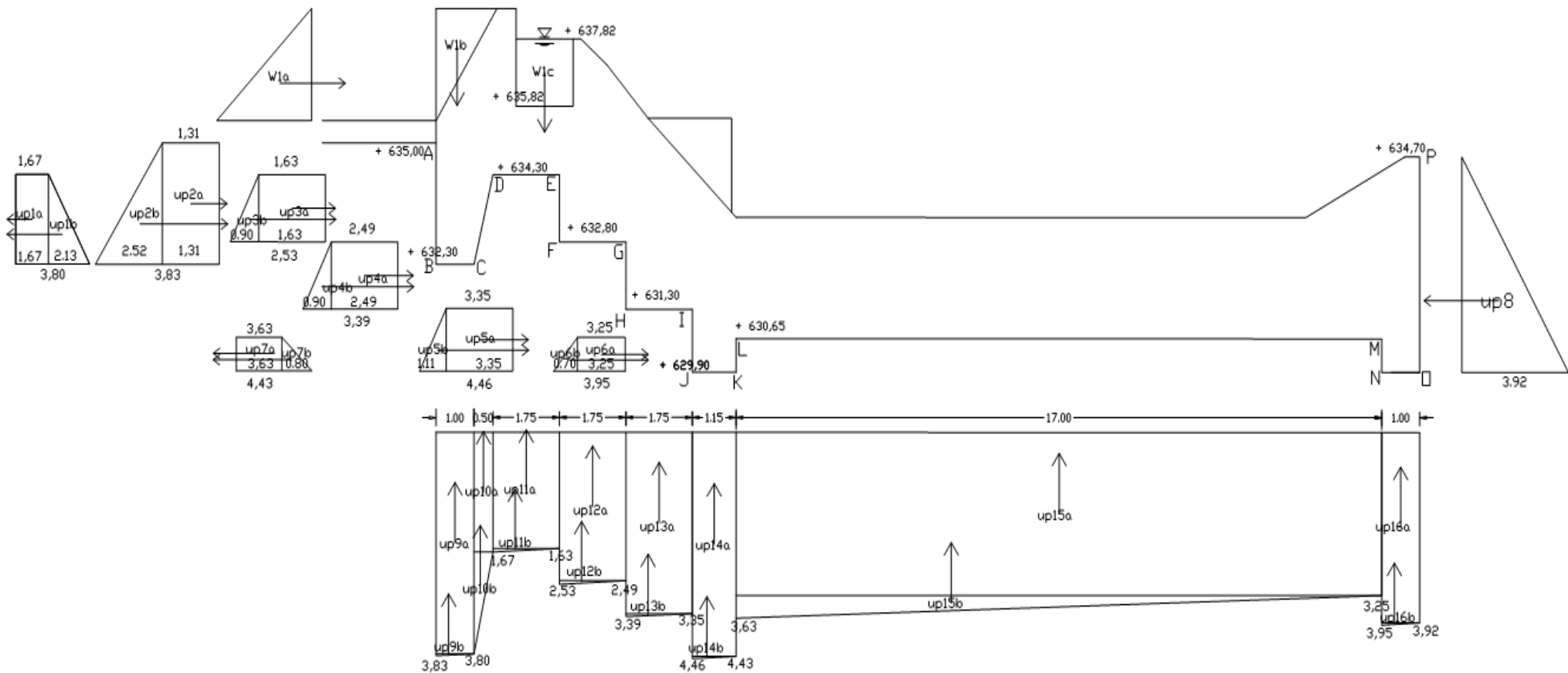
Gambar J.1 Gaya akibat berat sendiri bending



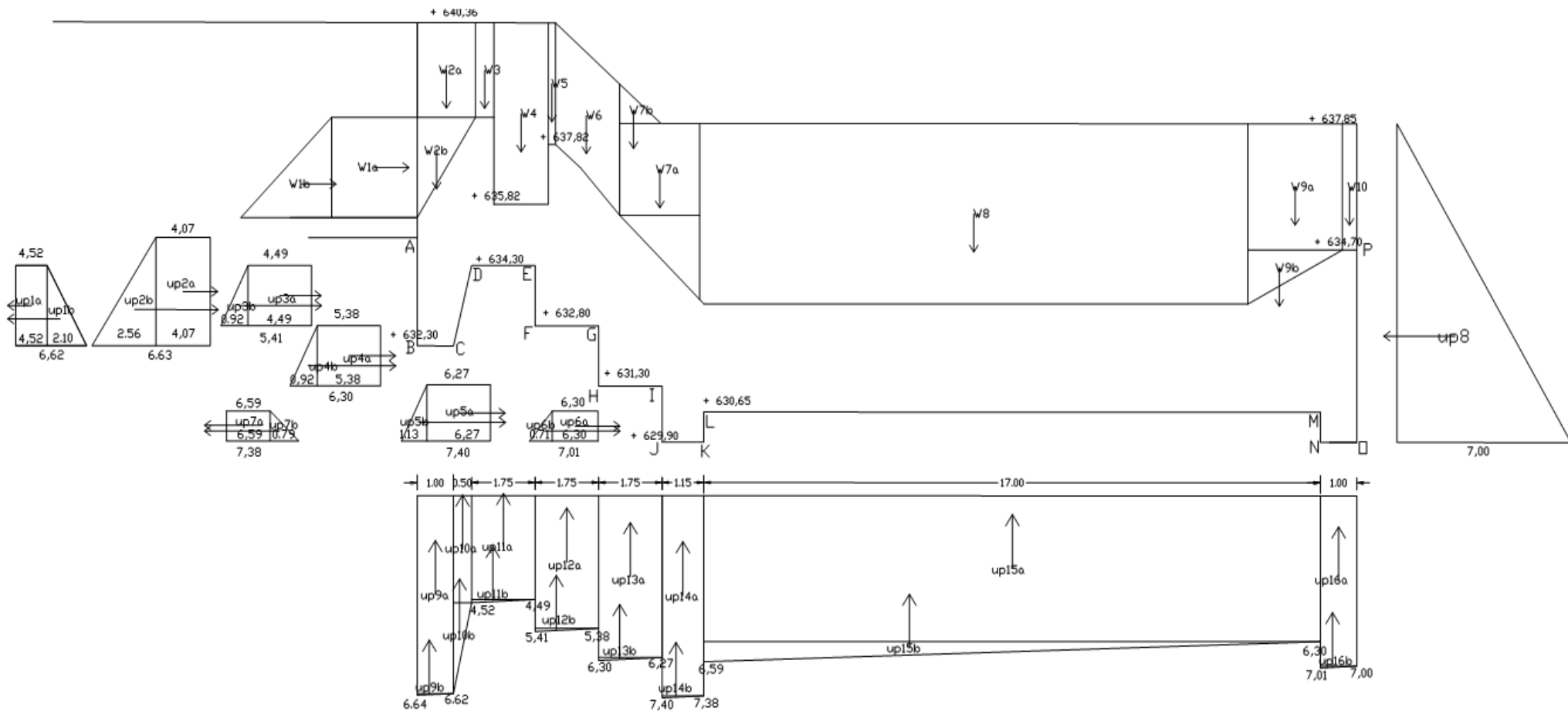
Gambar J.2 Gaya gempa



Gambar J.3 Gaya akibat tenakan lumpur



Gambar J.4 Gaya hidrostatis dan uplift pada kondisi air normal



Gambar J.5 Gaya hidrostatik dan uplift pada kondisi air banjir

Lampiran K

Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam

1. Perhitungan volume galian tanah, volume pasangan batu, dan volume pembilas pada bendung kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam.

Tabel K.1 Perhitungan volume galian tanah

No	Luas Galian (m ²)	Lebar Bendung dan pembilas (m)		Volume (m ³)
Galian tanah biasa				
V1	35.6448	17.5		623.784
Galian tanah Keras				
V2	0.8931	17.5		15.629
V3	0.705	17.5		12.338
V4	0.635	17.5		11.113
V5	0.565	17.5		9.888
V6	1.3466	17.5		23.566
V7	11.9292	17.5		208.761
Jumlah				281.293

Tabel K.2 Volume pasangan batu pada bendung

NO	Luas						Lebar (m)	Volume (m ³)
	Alas (m)			Tinggi (m)				
G1	0.5	x	1.67	x	2.50	x	15	31.31
G2		x	1.42	x	2.50	x	15	53.25
G3	0.5	x	2.51	x	2.50	x	15	47.06
G4		x	1.00	x	3.20	x	17.5	56.00
G5	0.5	x	0.47	x	2.00	x	17.5	8.23
G6		x	1.67	x	1.20	x	17.5	35.07
G7		x	1.20	x	2.30	x	17.5	48.30
G8		x	1.20	x	3.40	x	17.5	71.40
G9		x	0.52	x	0.51	x	17.5	4.64
G10	0.5	x	0.63	x	0.51	x	17.5	2.81
G11		x	1.15	x	3.89	x	17.5	78.29
G12	0.5	x	2.00	x	0.66	x	17.5	11.55
G13		x	4.43	x	2.48	x	17.5	192.26
G14	0.5	x	2.00	x	0.68	x	17.5	11.90
G15	0.5	x	0.60	x	0.49	x	17.5	2.57
G16		x	0.40	x	0.49	x	17.5	3.43
G17		x	1.00	x	3.91	x	17.5	68.43
G18		x	0.50	x	14.00	x	17.5	122.50
G19		x	0.50	x	2.50	x	17.5	21.88
G20		x	0.50	x	2.50	x	17.5	21.88
G21		x	0.50	x	2.50	x	17.5	21.88
G22	0.5	x	1.25	x	2.50	x	17.5	27.34
Jumlah								941.97

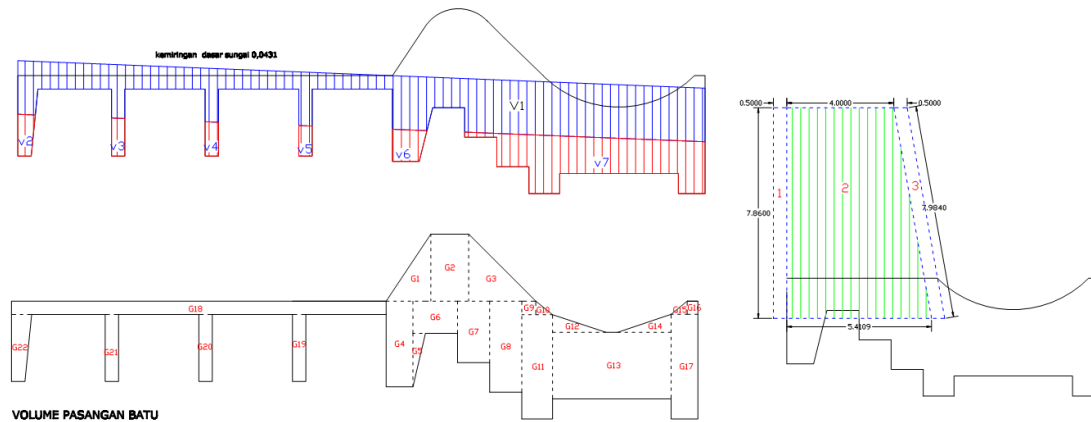
- Volume pasangan batu pilar pembilas

Lebar = 1 m

Volume 1 = 3.088 m^3

Volume 2 = 38.914 m^3 , Volume 3 = 3.137 m^3

Volume = $3.088 + 3.137 + 38.914 = 45.139 \text{ m}^3$



Gambar K.1 Volume galian tanah, volume pasangan batu dan volume pilar pembilas

- Berat pintu pembilas

Tebal = 0,025 m

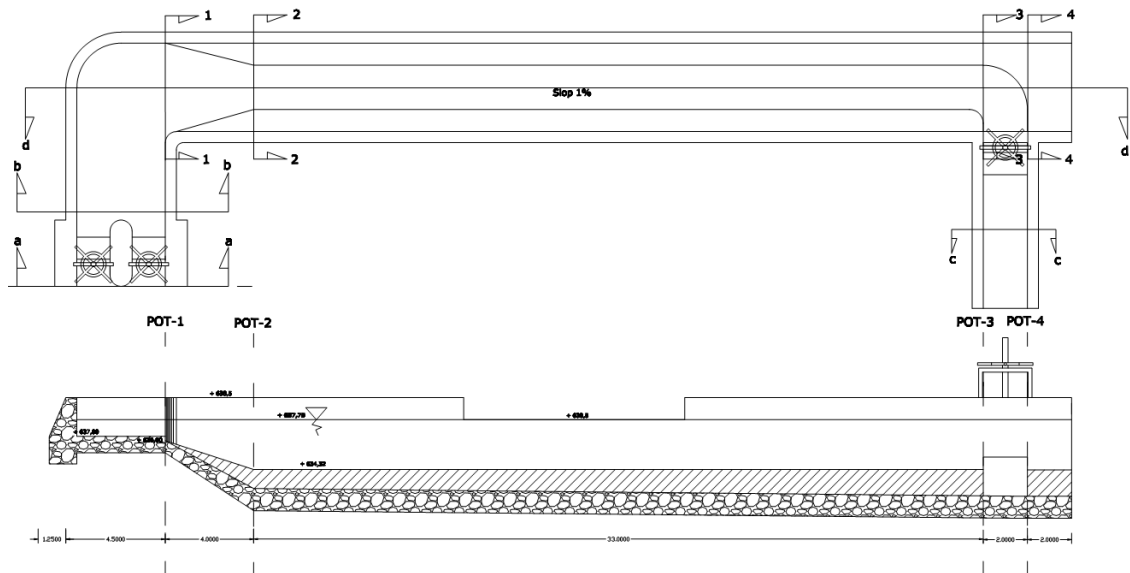
Tinggi = 6,36 m

Lebar = 1,6 m

Volume = $0,025 \times 6,36 \times 1,6 = 0,2544 \text{ m}^3$

Berat = $0,2544 \times 7850 = 1997,04 \text{ kg}$

– Perhitungan volume pasangan batu bak pengendap sedimen



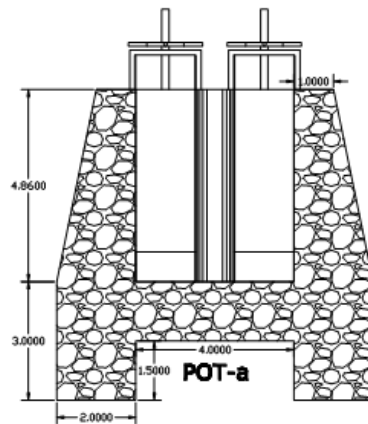
Gambar K.2 Bak pengendap sedimen

▪ Pot a - a

Panjang = 3 m

Luas = 32,58 m²

Volume = 3 x 32,58 = 97,74 m³



Gambar K.3 Pot a-a

Berat pintu intake samping

Tebal = 0,02 m

Tinggi = 4,86 m

Lebar = 1,6 m

$$\text{Volume} = 0,02 \times 4,86 \times 1,6 = 0,1555 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat} = 0,1555 \times 7850 = 1220,832 \text{ kg}$$

- Volume pilar intake

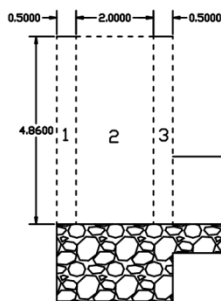
$$\text{Lebar} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Volume 1} = 22/7 \times 0,5 (0,5^2) \times 4,86 = 1,909 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume 2} = 2 \times 4,86 \times 1 = 9,720 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume 3} = 22/7 \times 0,5 (0,5^2) \times 4,86 = 1,909 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pilar} = 1,909 + 9,720 + 1,909 = 13,539 \text{ m}^3$$



Pilar

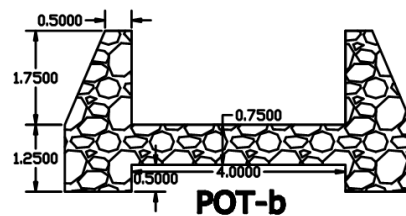
Gambar K.4 volume pilar

- Pot b - b

$$\text{Panjang} = 8,5 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 9,1875 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume} = 8,5 \times 9,1875 = 78,094 \text{ m}^3$$



POT-b

Gambar K.5 potongan b-b

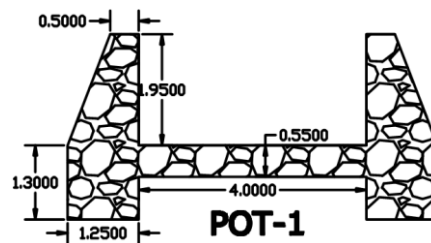
- Pot 1 - 1

$$\text{Panjang} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Luas 1} = 8,863 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 2} = 17,933 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume} = 3 \times ((8,863 + 17,933)/2) = 40,193 \text{ m}^3$$



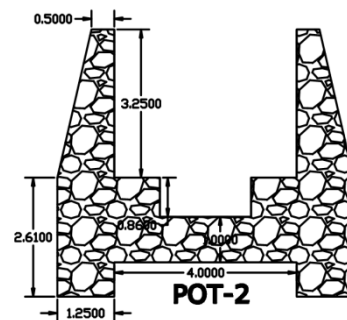
Gambar K.6 potongan 1 - 1

- Pot 2 -2

Panjang = 33 m

Luas = 17,933 m

Volume = $33 \times 17,933 = 591,773 \text{ m}^3$



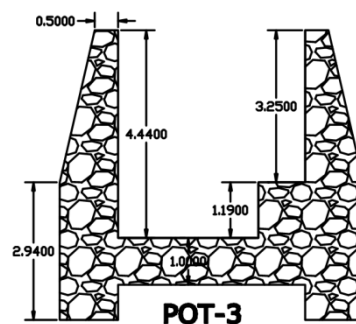
Gambar K.7 potongan 2 - 2

- Pot 3 -3

Panjang = 2 m

Luas = 18,228 m

Volume = $2 \times 18,228 = 36,455 \text{ m}^3$



Gambar K.8 potongan 3 - 3

Berat pintu pembilas bak pengendap sedimen

Tebal = 0,02 m

Tinggi = 1,75 m

Lebar = 2,1 m

Volume = $0,02 \times 1,75 \times 2,1 = 0,0735 \text{ m}^3$

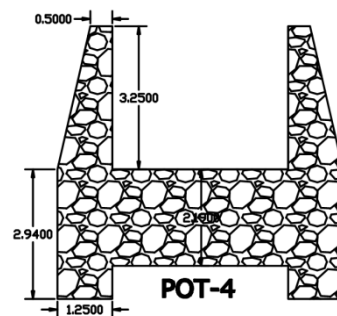
Berat = $0,0735 \times 7850 = 576,975 \text{ kg}$

▪ Pot 4 – 4

Panjang = 2 m

Luas = 21,7975 m

Volume = $2 \times 21,7975 = 36,455 \text{ m}^3$



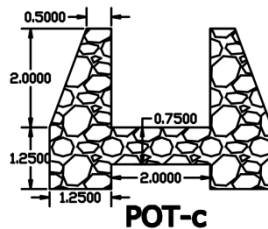
Gambar K.9 potongan 4 – 4

▪ Pot c – c

Panjang = 7,5 m

Luas = 8,125 m

Volume = $7,5 \times 8,125 = 60,9375 \text{ m}^3$



Gambar K.10 potongan c – c

Volume total pasangan batu bak pengendap sedimen = $962,325 \text{ m}^3$

2. Harga Satuan Bahan dan Upah

Tabel K.3 Harga satuan bahan dan upah

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN
I	UPAH		
1	Pekerja	Org/Hr	Rp 32,500.00
2	Mandor	Org/Hr	Rp 50,000.00
3	Tukang kayu	Org/Hr	Rp 40,000.00
4	Kepala Tukang Kayu	Org/Hr	Rp 45,000.00
5	Kepala Tukang batu	Org/Hr	Rp 45,000.00
6	Tukang Batu	Org/Hr	Rp 40,000.00
7	Kepala Tukang besi	Org/Hr	Rp 45,000.00
8	Tukang besi / las	Org/Hr	Rp 40,000.00
II	BAHAN		
1	Kayu terentang balok	m ³	Rp 1,440,000.00
2	Paku 2"-5"	kg	Rp 16,884.45
3	Kayu Meranti papan	m ³	Rp 4,158,000.00
4	Balok kayu uk. 8/10	m ¹	Rp 33,264.00
5	Besi plat baja	kg	Rp 9,900.00
6	PC	kg	Rp 1,200.00
7	Pasir pasang	m ³	Rp 71,500.00
8	Batu koral 2-3	m ³	Rp 128,000.00
9	Bata merah 110 x 230 x 95 mm	bj	Rp 300.00
10	Seng BJLS 20 plat lebar 90 cm	m ¹	Rp 11,700.00
11	Kaca lembaran bening 5 mm	m ²	Rp 67,320.00
12	Kaca lembaran bening 3 mm	m ²	Rp 34,650.00
13	Selot pintu sedang	bh	Rp 39,600.00
14	Kayu lapis plywood 90 x 214 x 4	Lbr	Rp 41,400.00
15	Batu kali belah hitam	m ³	Rp 128,000.00
16	Baja IWF/Siku	kg	Rp 9,900.00
17	Meni besi 1 kg	Kg	Rp 18,806.40

Sumber : Harga satuan bahan dan upah pekerjaan konstruksi wilayah Kabupaten Jember 2011

3. Analisis harga satuan pekerjaan

Tabel K.4 Analisis Harga Satuan Pekerjaan

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN				
1 m² Membersihkan lapangan dan peralatan				
Tenaga				
pekerja	0.1 Oh	x@ Rp.	32500 = Rp.	3,250.00
mandor	0.05 Oh	x@ Rp.	50000 = Rp.	2,500.00
		Jumlah	= Rp.	5,750.00
		Jasa Pemborong 10 %	= Rp.	575.00
		Jumlah	= Rp.	6,325.00
1 m' pengukuran dan pemasangan bouwplank				
Bahan				
Kayu 5/7	0.012 m3	x@ Rp.	1,440,000.00 = Rp.	17,280.00
Paku biasa 2"- 5"	0.02 kg	x@ Rp.	16,884.45 = Rp.	337.69
		Jumlah 1	= Rp.	17,617.69
Tenaga				
tukang kayu	0.1 Oh	x@ Rp.	40000 = Rp.	4,000.00
pekerja	0.1 Oh	x@ Rp.	32500 = Rp.	3,250.00
Kepala tukang	0.01 Oh	x@ Rp.	45000 = Rp.	450.00
mandor	0.005 Oh	x@ Rp.	50000 = Rp.	250.00
		Jumlah 2	= Rp.	7,950.00
		Jumlah 1 + Jumlah 2	= Rp.	25,567.69
		Jasa Pemborong 10 %	= Rp.	2,556.77
		Jumlah	= Rp.	28,124.46
1 m² Pembuatan kantor sementara, dengan lantai plesteran				
Bahan				
Dolken kayu dia. 8-10 / 400 cm	1.25 btg	x@ Rp.	133056 = Rp.	166,320.00
Kayu	0.18 m3	x@ Rp.	1440000 = Rp.	259,200.00
Paku biasa	0.85 kg	x@ Rp.	16884.45 = Rp.	14,351.78
Besi strip	1.1 kg	x@ Rp.	9900 = Rp.	10,890.00
Semen Portland	35 kg	x@ Rp.	1200 = Rp.	42,000.00
Pasir pasang	0.15 m3	x@ Rp.	71500 = Rp.	10,725.00
Pasir beton	0.1 m3	x@ Rp.	71500 = Rp.	7,150.00
Koral beton	0.15 m3	x@ Rp.	128000 = Rp.	19,200.00
Bata merah	30 bh	x@ Rp.	300 = Rp.	9,000.00
Seng plat	0.25 Lbr	x@ Rp.	11700 = Rp.	2,925.00
Jendela nako	0.1 Bh	x@ Rp.	67320 = Rp.	6,732.00
Kaca polos	0.08 m2	x@ Rp.	34650 = Rp.	2,772.00
Kunci tanam	0.15 Bh	x@ Rp.	39600 = Rp.	5,940.00
Plywood 4 mm	0.06 Lmb	x@ Rp.	41400 = Rp.	2,484.00
		Jumlah 1	= Rp.	559,689.78
Tenaga				
tukang kayu	2 Oh	x@ Rp.	40000 = Rp.	80,000.00
tukang batu	1 Oh	x@ Rp.	40000 = Rp.	40,000.00
pekerja	2 Oh	x@ Rp.	32500 = Rp.	65,000.00
Kepala tukang	0.3 Oh	x@ Rp.	45000 = Rp.	13,500.00
mandor	0.05 Oh	x@ Rp.	50000 = Rp.	2,500.00
		Jumlah 2	= Rp.	201,000.00
		Jumlah 1 + Jumlah 2	= Rp.	760,689.78
		Jasa Pemborong 10 %	= Rp.	76,068.98
		Jumlah	= Rp.	836,758.76
1 m³ Galian tanah keras sedalam 1 meter				
Tenaga				
pekerja	1 Oh	x@ Rp.	32500 = Rp.	32,500.00
mandor	0.032 Oh	x@ Rp.	50000 = Rp.	1,600.00
		Jumlah	= Rp.	34,100.00
		Jasa Pemborong 10 %	= Rp.	3,410.00
		Jumlah	= Rp.	37,510.00

1 m³ Galian tanah biasa sedalam 1 meter				
Tenaga				
pekerja	0.75 Oh	x@ Rp.	32500 = Rp.	24,375.00
mandor	0.025 Oh	x@ Rp.	50000 = Rp.	1,250.00
			Jumlah	= Rp. 25,625.00
			Jasa Pemborong 10 %	= Rp. 2,562.50
			Jumlah	= Rp. 28,187.50
1 m³ Urugan kembali				
Tenaga				
pekerja	0.192 Oh	x@ Rp.	32500 = Rp.	6,240.00
mandor	0.019 Oh	x@ Rp.	50000 = Rp.	950.00
			Jumlah	= Rp. 7,190.00
			Jasa Pemborong 10 %	= Rp. 719.00
			Jumlah	= Rp. 7,909.00
1 m³ Pasang Pondasi Batu Kali , 1Pc : 4Ps				
Bahan				
Batu belah 15/20 cm	1.2 m3	x@ Rp.	128000 = Rp.	153,600.00
Semen portland	163 kg	x@ Rp.	1200 = Rp.	195,600.00
Pasir pasang	0.52 m3	x@ Rp.	71500 = Rp.	37,180.00
			Jumlah 1	= Rp. 386,380.00
Tenaga				
pekerja	1.5 Oh	x@ Rp.	32500 = Rp.	48,750.00
tukang batu	0.75 Oh	x@ Rp.	40000 = Rp.	30,000.00
Kepala tukang	0.075 Oh	x@ Rp.	45000 = Rp.	3,375.00
mandor	0.075 Oh	x@ Rp.	50000 = Rp.	3,750.00
			Jumlah 2	= Rp. 85,875.00
			Jumlah 1 + Jumlah 2	= Rp. 472,255.00
			Jasa Pemborong 10 %	= Rp. 47,225.50
			Jumlah	= Rp. 519,480.50
1 m2 Plesteran 1 Pc : 3 Ps tebal 15 mm				
Bahan				
Semen portland	7.776 kg	x@ Rp.	1,200.00 = Rp.	9,331.20
Pasir pasang	0.023 m3	x@ Rp.	71,500.00 = Rp.	1,644.50
			Jumlah 1	= Rp. 10,975.70
Tenaga				
pekerja	0.300 Oh	x@ Rp.	32,500.00 = Rp.	9,750.00
tukang batu	0.150 Oh	x@ Rp.	40,000.00 = Rp.	6,000.00
kepala tukang	0.015 Oh	x@ Rp.	45,000.00 = Rp.	675.00
mandor	0.015 Oh	x@ Rp.	50,000.00 = Rp.	750.00
			Jumlah 2	= Rp. 17,175.00
			Jumlah 1 + Jumlah 2	= Rp. 28,150.70
			Jasa Pemborong 10 %	= Rp. 2,815.07
			Jumlah	= Rp. 30,965.77
1 kg pasang besi profil				
Bahan				
besi profil	1.15 kg	x@ Rp.	9900 = Rp.	11,385.00
Pengelasan	0.66 cm	x@ Rp.	436.81 = Rp.	288.29
Meni besi	0.06 kg	x@ Rp.	18806.40 = Rp.	1,128.38
			Jumlah 1	= Rp. 12,801.68
Tenaga				
tukang besi/las	0.006 Oh	x@ Rp.	40000 = Rp.	240.00
kepala tukang	0.006 Oh	x@ Rp.	45000 = Rp.	270.00
mandor	0.0003 Oh	x@ Rp.	50000 = Rp.	15.00
			Jumlah 2	= Rp. 525.00
			Jumlah 1 + Jumlah 2	= Rp. 13,326.68
			Jasa Pemborong 10 %	= Rp. 1,332.67
			Jumlah	= Rp. 14,659.35

Sumber : SNI DT-91-0006-2007 (Revisi dari SNI 03-2838-2002)

4. Rencana anggaran biaya

Tabel K.5 Rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung dengan kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi bak tenggelam

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)					
BENDUNG KOMBINASI MERCU BULAT, INTAKE SAMPING DAN PEREDAM ENERGI BAK TENGGELAM					
LOKASI : KALI JOMPO					
NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
I. PEKERJAAN PERSIAPAN & PENGUKURAN :					
1	Pekerjaan pembersihan	2400	m ²	Rp 6,325.00	Rp 15,180,000.00
2	Pekerjaan Pas.Bowplank & Pengukuran	200	m'	Rp 28,124.46	Rp 5,624,891.58
3	Gudang Darurat & Kantor (alat kantor)	30	m ²	Rp 836,758.76	Rp 25,102,762.82
TOTAL					Rp 45,907,654.40
II. PEK.TANAH & URUGAN					
1	Galian tanah biasa pada bendung	623.78	m ³	Rp 28,187.50	Rp 17,582,911.50
2	Galian tanah keras pada bendung	281.29	m ³	Rp 37,510.00	Rp 10,551,309.81
3	Urugan tanah pada bendung	301.69	m ³	Rp 7,909.00	Rp 2,386,085.32
TOTAL					Rp 30,520,306.63
III. PEK.PASANGAN BENDUNG DAN BAK SEDIMEN					
1	Pasangan batu kali bendung 1:4	987.11	m ³	Rp 519,480.50	Rp 512,782,097.06
2	Pasangan batu kali bak pengendap sedimen 1:4	962.32	m ³	Rp 519,480.50	Rp 499,908,979.40
3	Plesteran bendung	478.39	m ²	Rp 30,965.77	Rp 14,813,606.33
4	Plesteran bak pengendap sedimen	685.63	m ²	Rp 30,965.77	Rp 21,231,060.89
TOTAL					Rp 1,048,735,743.67
IV. PEKERJAAN PINTU INTAKE DAN PEMBILAS					
1	Pintu intake (2buah)	1220.8	kg	Rp 14,659.35	Rp 35,793,194.97
2	Pintu pembilas	1997.0	kg	Rp 14,659.35	Rp 29,275,298.35
3	Pintu pembilas bak pengendap sedimen	577.0	kg	Rp 14,659.35	Rp 8,458,075.59
TOTAL					Rp 73,526,568.91
TOTAL					Rp 1,198,690,273.62

Lampiran L

Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi bak tenggelam

1. Perhitungan volume galian tanah, volume pasangan batu dan volume pembilas pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi bak tenggelam

Tabel L.1 Perhitungan volume galian tanah

No	Luas Galian (m ²)	Lebar Bendung dan pembilas (m)	Volume (m ³)
Galian tanah biasa			
V1	35.645	17.5	623.784
Galian tanah Keras			
V2	0.893	17.5	15.629
V3	0.705	17.5	12.338
V4	0.635	17.5	11.113
V5	0.565	17.5	9.888
V6	1.347	17.5	23.566
V7	11.929	17.5	208.761
Jumlah			281.293

Tabel L.2 Perhitungan volume pasangan batu

NO	Luas						Lebar (m)	Volume (m ³)
	Alas (m)			Tinggi (m)				
G1	0.5	x	1.61	x	2.50	x	15	30.19
G2		x	1.06	x	2.50	x	15	39.75
G3	0.5	x	1.83	x	1.25	x	15	17.16
G4		x	1.83	x	1.25	x	15	34.31
G5		x	1.14	x	1.25	x	15	21.38
G6		x	1.00	x	3.20	x	17.5	56.00
G7		x	1.70	x	1.20	x	17.5	35.70
G8	0.5	x	0.50	x	2.00	x	17.5	8.75
G9		x	1.20	x	2.30	x	17.5	48.30
G10		x	1.20	x	3.40	x	17.5	71.40
G11		x	0.53	x	0.51	x	17.5	4.73
G12	0.5	x	0.62	x	0.51	x	17.5	2.77
G13		x	1.15	x	3.89	x	17.5	78.29
G14	0.5	x	2.00	x	0.66	x	17.5	11.55
G15		x	4.43	x	2.48	x	17.5	192.26
G16	0.5	x	2.00	x	0.68	x	17.5	11.90
G17	0.5	x	0.60	x	0.49	x	17.5	2.57
G18		x	0.40	x	0.49	x	17.5	3.43
G19		x	1.00	x	3.91	x	17.5	68.43
G20		x	0.50	x	14.00	x	17.5	122.50
G21		x	0.50	x	2.50	x	17.5	21.88
G22		x	0.50	x	2.50	x	17.5	21.88
G23		x	0.50	x	2.50	x	17.5	21.88
G24	0.5	x	1.25	x	2.50	x	17.5	27.34
Jumlah								954.32

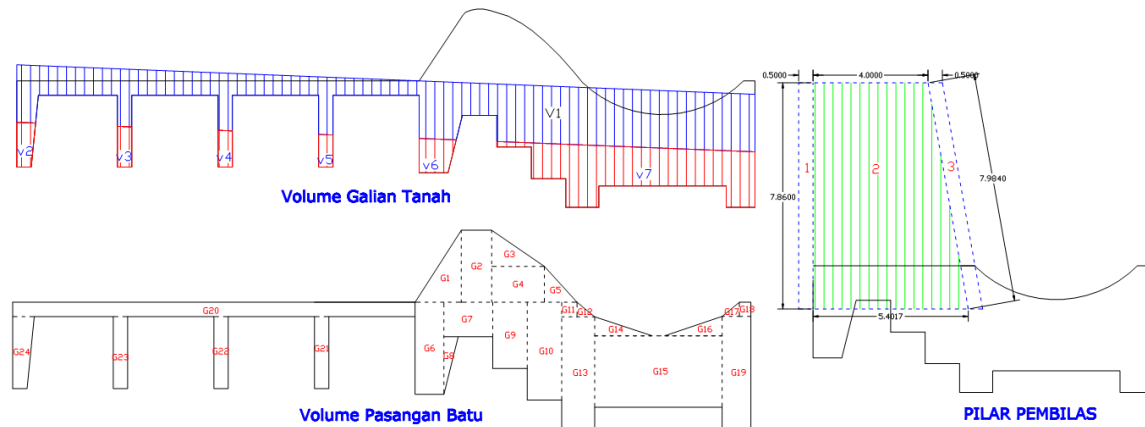
– Volume pilar pembilas

$$\text{Volume 1} = 3,088 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume 2} = 36,949 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume 3} = 3,137 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total} = 43,173 \text{ m}^3$$



Gambar L.1 Volume galian tanah, volume pemasangan batu dan volume pilar pembilas.

2. Rencana anggaran biaya (RAB)

Tabel L.3 Rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi bak tenggelam.

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)					
BENDUNG KOMBINASI MERCU OGEE, INTAKE SAMPING DAN PEREDAM ENERGI BAK TENGGELAM					
LOKASI : KALI JOMPO					
NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
I. PEKERJAAN PERSIAPAN & PENGUKURAN :					
1	Pekerjaan pembersihan	2400	m ²	Rp 6,325.00	Rp 15,180,000.00
2	Pekerjaan Pas.Bowplank & Pengukuran	200	m ¹	Rp 28,124.46	Rp 5,624,891.58
3	Gudang Darurat & Kantor (alat kantor)	30	m ²	Rp 836,758.76	Rp 25,102,762.82
TOTAL					Rp 45,907,654.40
II. PEK.TANAH & URUGAN					
1	Galian tanah biasa pada bendung	623.78	m ³	Rp 28,187.50	Rp 17,582,911.50
2	Galian tanah keras pada bendung	281.29	m ³	Rp 37,510.00	Rp 10,551,309.81
3	Urugan tanah pada bendung	301.69	m ³	Rp 7,909.00	Rp 2,386,085.32
TOTAL					Rp 30,520,306.63
III. PEK.PASANGAN BENDUNG DAN BAK SEDIMEN					
1	Pasangan batu kali bendung 1:4	997.50	m ³	Rp 519,480.50	Rp 518,179,647.88
2	Pasangan batu kali bak pengendap sedimen 1:4	962.32	m ³	Rp 519,480.50	Rp 499,908,979.40
3	Plesteran bendung	493.79	m ²	Rp 30,965.77	Rp 15,290,494.67
4	Plesteran bak pengendap sedimen	685.63	m ²	Rp 30,965.77	Rp 21,231,060.89
TOTAL					Rp 1,054,610,182.83
IV. PEKERJAAN PINTU INTAKE DAN PEMBILAS					
1	Pintu intake (2buah)	1220.8	kg	Rp 14,659.35	Rp 35,793,194.97
2	Pintu pembilas	1997.0	kg	Rp 14,659.35	Rp 29,275,298.35
3	Pintu pembilas bak pengendap sedimen	577.0	kg	Rp 14,659.35	Rp 8,458,075.59
TOTAL					Rp 73,526,568.91
TOTAL					Rp 1,204,564,712.78

Lampiran M

Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam

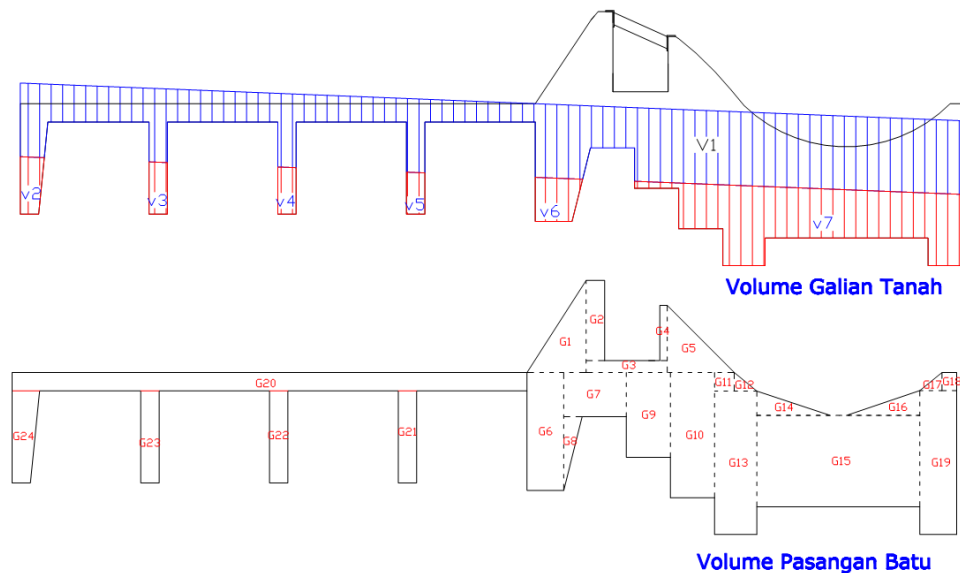
1. Perhitungan volume galian tanah, volume pasangan batu dan volume pembilas pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam.

Tabel M.1 Perhitungan volume galian tanah

No	Luas Galian (m ²)	Lebar Bendung dan pembilas (m)	Volume (m ³)
Galian tanah biasa			
V1	35.6448	15	534.672
Galian tanah Keras			
V2	0.8931	15	13.3965
V3	0.705	15	10.575
V4	0.635	15	9.525
V5	0.565	15	8.475
V6	1.3466	15	20.199
V7	11.9292	15	178.938
Jumlah			241.1085

Tabel M.2 Perhitungan volume pasangan batu

NO	Luas						Lebar (m)	Volume (m ³)
	Alas (m)			Tinggi (m)				
G1	0.5	x	1.61	x	2.50	x	15	30.19
G2		x	0.51	x	2.17	x	15	16.60
G3		x	2.21	x	0.32	x	15	10.61
G4		x	0.20	x	1.50	x	15	4.50
G5	0.5	x	1.82	x	1.82	x	15	24.84
G6		x	1.00	x	3.20	x	15	48.00
G7		x	1.70	x	1.20	x	15	30.60
G8	0.5	x	0.50	x	2.00	x	15	7.50
G9		x	1.20	x	2.30	x	15	41.40
G10		x	1.20	x	3.40	x	15	61.20
G11		x	0.53	x	0.51	x	15	4.05
G12	0.5	x	0.62	x	0.51	x	15	2.37
G13		x	1.15	x	3.89	x	15	67.10
G14	0.5	x	2.00	x	0.66	x	15	9.90
G15		x	4.43	x	2.48	x	15	164.80
G16	0.5	x	2.00	x	0.68	x	15	10.20
G17	0.5	x	0.60	x	0.49	x	15	2.21
G18		x	0.40	x	0.49	x	15	2.94
G19		x	1.00	x	3.91	x	15	58.65
G20		x	0.50	x	14.00	x	15	105.00
G21		x	0.50	x	2.50	x	15	18.75
G22		x	0.50	x	2.50	x	15	18.75
G23		x	0.50	x	2.50	x	15	18.75
G24	0.5	x	1.25	x	2.50	x	15	23.44
Jumlah								782.35



Gambar M.1 Volume galian tanah dan volume pemasangan batu

2. Rencana anggaran biaya (RAB)

Tabel M.3 Rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung dengan kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam.

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)					
BENDUNG KOMBINASI MERCU OGEE, DROP INTAKE DAN PEREDAM ENERGI BAK TENGGELAM					
LOKASI : KALI JOMPO					
NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
I. PEKERJAAN PERSIAPAN & PENGUKURAN :					
1	Pekerjaan pembersihan	2800	m ²	Rp 6,325	Rp 17,710,000.00
2	Pekerjaan Pas.Bowplank & Pengukuran	220	m'	Rp 28,124	Rp 6,187,380.74
3	Gudang Darurat & Kantor (alat kantor)	30	m ²	Rp 836,759	Rp 25,102,762.82
TOTAL					Rp 49,000,143.56
II. PEK.TANAH & URUGAN					
1	Galian tanah biasa pada bendung	534.67	m ³	Rp 28,188	Rp 15,071,067.00
2	Galian tanah keras pada bendung	241.11	m ³	Rp 37,510	Rp 9,043,979.84
3	Urugan tanah pada bendung	258.59	m ³	Rp 7,909	Rp 2,045,215.99
TOTAL					Rp 26,160,262.83
III. PEK.PASANGAN BENDUNG DAN BAK SEDIMEN					
1	Pasangan batu kali bendung 1:4	782.35	m ³	Rp 519,481	Rp 406,413,491.25
2	Pasangan batu kali bak pengendap sedimen 1:4	938.96	m ³	Rp 519,481	Rp 487,770,760.93
3	Plesteran bendung	481.02	m ²	Rp 30,966	Rp 14,895,108.24
4	Plesteran bak pengendap sedimen	720.22	m ²	Rp 30,966	Rp 22,302,166.87
TOTAL					Rp 931,381,527.29
IV PEKERJAAN PINTU INTAKE DAN PEMBILAS					
1	Trashrack	9000.81	kg	Rp 14,659	Rp 131,945,979.14
2	pintu intake (2buah)	329.7	kg	Rp 14,659	Rp 9,666,372.10
3	pintu pembilas	565.2	kg	Rp 14,659	Rp 8,285,461.80
4	pintu pembilas bak pengendap sedimen	576.975	kg	Rp 14,659	Rp 8,458,075.59
TOTAL					Rp 158,355,888.62
TOTAL					Rp 1,164,897,822.30

Lampiran N

Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung kombinasi mercu ogee, intake samping dan peredam energi MDO

1. Perhitungan volume galian tanah, volume pasangan batu dan volume pembilas pada bendung dengan kombinasi mercu bulat, intake samping dan peredam energi MDO.

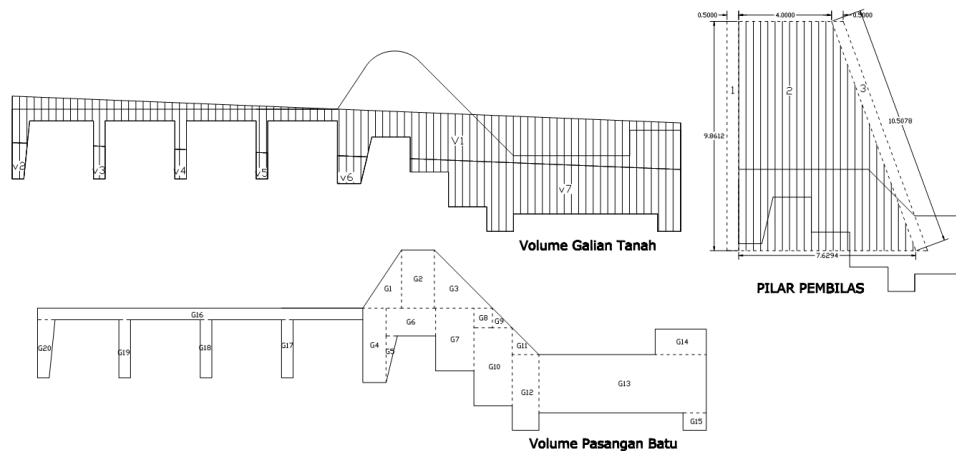
Tabel N.1 Perhitungan volume galian tanah

No	Luas Galian (m ²)	Lebar Bendung dan pembilas (m)	Volume (m ³)
Galian tanah biasa			
V1	41.4368	17.5	725.144
Galian tanah Keras			
V2	0.8931	17.5	15.62925
V3	0.705	17.5	12.3375
V4	0.635	17.5	11.1125
V5	0.565	17.5	9.8875
V6	1.3405	17.5	23.45875
V7	30.5961	17.5	535.43175
Jumlah			607.85725

Tabel N.2 Perhitungan volume pasangan batu

NO	Luas						Lebar (m)	Volume (m ³)
	Alas (m)		x		Tinggi (m)			
G1	0.5	x	1.67	x	2.50	x	15	31.31
G2		x	1.42	x	2.50	x	15	53.25
G3	0.5	x	2.50	x	2.50	x	15	46.88
G4		x	1.00	x	3.20	x	17.5	56.00
G5	0.5	x	0.48	x	2.00	x	17.5	8.40
G6		x	2.13	x	1.20	x	17.5	44.73
G7		x	1.65	x	2.70	x	17.5	77.96
G8		x	0.80	x	0.85	x	17.5	11.90
G9	0.5	x	0.85	x	0.85	x	17.5	6.32
G10		x	1.65	x	3.35	x	17.5	96.73
G11	0.5	x	1.15	x	1.15	x	17.5	11.57
G12		x	1.15	x	3.25	x	17.5	65.41
G13		x	7.20	x	2.50	x	17.5	315.00
G14		x	2.20	x	1.10	x	17.5	42.35
G15		x	1.00	x	0.75	x	17.5	13.13
G16		x	0.50	x	14.00	x	17.5	122.50
G17		x	0.50	x	2.50	x	17.5	21.88
G18		x	0.50	x	2.50	x	17.5	21.88
G19		x	0.50	x	2.50	x	17.5	21.88
G20	0.5	x	1.25	x	2.50	x	17.5	27.34
Jumlah								1096.41

- Volume pilar pembilas
 - Volume 1 = 3,874 m³
 - Volume 2 = 50,756 m³
 - Volume 3 = 4,128 m³
 - Volume total = 58,758 m³

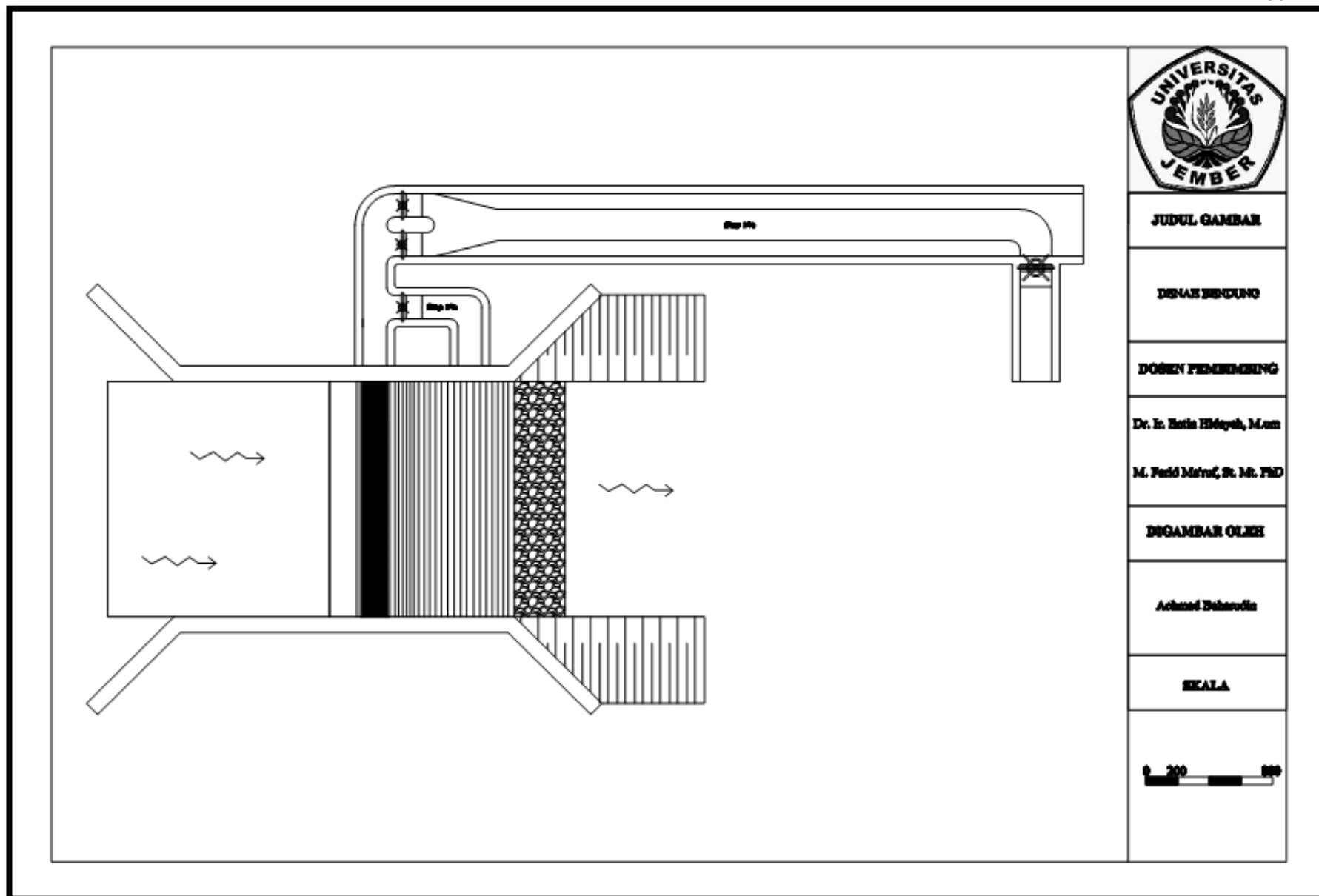


Gambar N.1 Volume galian tanah dan volume pemasangan batu

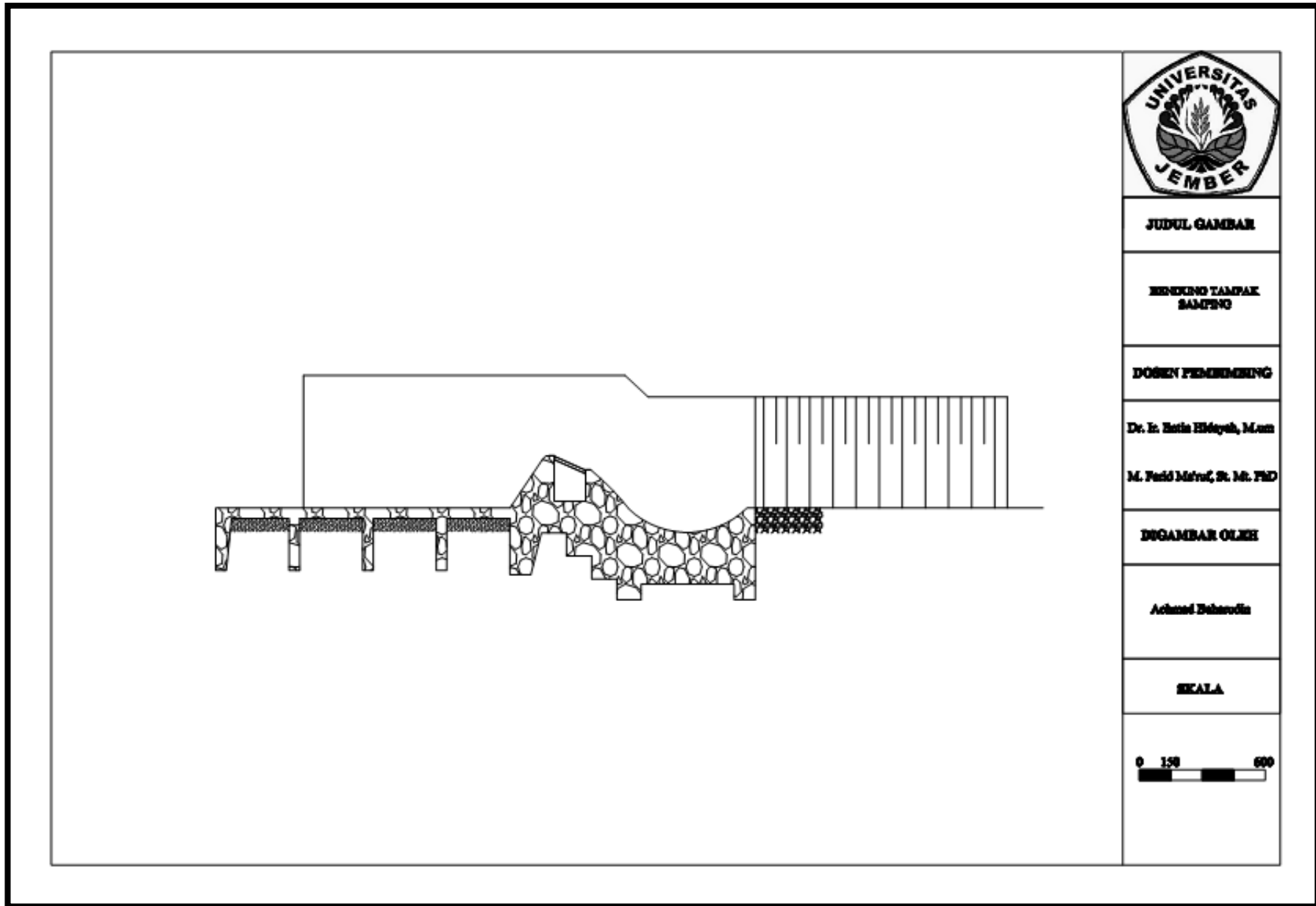
2. Rencana anggaran biaya (RAB)

Tabel N.3 Rencana anggaran biaya (RAB) pada bendung dengan kombinasi mercu bulat dan peredam energi bak tenggelam.

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)					
BENDUNG KOMBINASI MERCU BULAT, INTAKE SAMPING DAN PEREDAM ENERGI MDO					
LOKASI : KALI JOMPO					
NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
I. PEKERJAAN PERSIAPAN & PENGUKURAN :					
1	Pekerjaan pembersihan	2400	m ²	Rp 6,325.00	Rp 15,180,000.00
2	Pekerjaan Pas.Bowplank & Pengukuran	200	m ¹	Rp 28,124.46	Rp 5,624,891.58
3	Gudang Darurat & Kantor (alat kantor)	30	m ²	Rp 836,758.76	Rp 25,102,762.82
TOTAL					Rp 45,907,654.40
II. PEK.TANAH & URUGAN					
1	Galian tanah biasa pada bendung	725.14	m ³	Rp 28,187.50	Rp 20,439,996.50
2	Galian tanah keras pada bendung	607.86	m ³	Rp 37,510.00	Rp 22,800,725.45
3	Urugan tanah pada bendung	444.33	m ³	Rp 7,909.00	Rp 3,514,235.63
TOTAL					Rp 46,754,957.58
III. PEK.PASANGAN BENDUNG DAN BAK SEDIMEN					
1	Pasangan batu kali bendung 1:4	1155.16	m ³	Rp 519,480.50	Rp 600,084,498.82
2	Pasangan batu kali bak pengendap sedimen 1:4	962.32	m ³	Rp 519,480.50	Rp 499,908,979.40
3	Plesteran bendung	556.11	m ²	Rp 30,965.77	Rp 17,220,413.06
4	Plesteran bak pengendap sedimen	685.63	m ²	Rp 30,965.77	Rp 21,231,060.89
TOTAL					Rp 1,138,444,952.16
IV. PEKERJAAN PINTU INTAKE DAN PEMBILAS					
1	Pintu intake (2buah)	1220.8	kg	Rp 14,659.35	Rp 35,793,194.97
2	Pintu pembilas	1997.0	kg	Rp 14,659.35	Rp 29,275,298.35
3	Pintu pembilas bak pengendap sedimen	577.0	kg	Rp 14,659.35	Rp 8,458,075.59
TOTAL					Rp 73,526,568.91
TOTAL					Rp 1,304,634,133.05



Gambar O.1 Denah kombinasi bendung mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam



Gambar O.2 Tampak samping bendung kombinasi mercu ogee, drop intake dan peredam energi bak tenggelam