

**ANALISA STABILITAS BENDUNG GERAK PADA
PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNG SEI PADANG D.I.
BAJAYU TEBING TINGGI SUMATERA UTARA**

SKRIPSI

*Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat Menempuh
Ujian Sarjana Teknik Sipil*

BINSAR MARULI SIHALOHO

15 811 0074



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA STABILITAS BENDUNG GERAK PADA PROYEK
PEMBANGUNAN BENDUNG SEI PADANG D.I. BAJAYU TEBING
TINGGI SUMATERA UTARA

SKRIPSI

Dibuat oleh:

BENSAI MARYU L. NIGAL OHO

12.811.0074

Dibaca oleh:

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


Dr. H. EDY HERMANTO, MT


H. NURMAIDAH, MT

Mengesahkan:

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil



UNIVERSITAS MEDAN AREA

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis sebagai pernyataan untuk Menyelesaikan Program Studi Sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area merupakan hasil karya saya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dari penulisan skripsi saya ini yang saya kutip dari buku atau karya tulis orang lain, telah disebutkan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma-norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam penulisan Skripsi ini.

Ditandai lembar pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, 06 Juli 2018

UNIVERSITAS
MEDAN AREA

Bil

6000

BINSAR MARULI SIHALOBO

NIM: 15.811.0074

ABTRAK

Bendung gerak Sei Padang D.I. Bajayu di bangun pada daerah aliran sungai (DAS) Padang Tebing Tinggi. Bendung ini di desain untuk mengakomodasi kepentingan irigasi (D.I Paya Lombang 1588 Ha, D.I Langau 2000 Ha dan D.I Bajayu 4000 Ha) dan pengendalian Banjir kota Tebing Tinggi. Bendung sei Padang D.I. bajayu harus dirancang dengan struktur yang tahan lama. Sehingga pada perencanaan harus benar-benar dihitung dengan baik agar tidak terjadi kesalahan dalam pembangunan yang mengakibatkan musibah yang lebih parah akibat perhitungan perencanaan stuktur yang kurang maksimal dan kesalahan-kesalahan pada waktu pelaksanaan pembangunan.

Stabilitas bendung juga sangat perlu diperhatikan karena bendung berfungsi untuk menaikkan tinggi muka air. Sasaran yang hendak dicapai adalah penentuan besarnya gaya berat sendiri, tekanan lumpur, tekanan hidrostatis, uplift, tekanan tanah aktif dan gaya gempa yang dipergunakan sebagai acuan untuk memeriksa keamanan bendung terhadap gaya guling dan gaya gelincir. Berdasarkan hasil perhitungan analisis untuk mencapai stabilitas diatas maka faktor keamanan pada saat normal gaya guling adalah 1,734 dan faktor keamanan gaya gelincir adalah 2,395. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwa bendung aman terhadap gaya guling dan gaya gelincir dengan mengaju pada persyaratan untuk gaya guling $Sfg > 1,5$ dan syarat untuk gaya gelincir $Sfge > 1,5$.

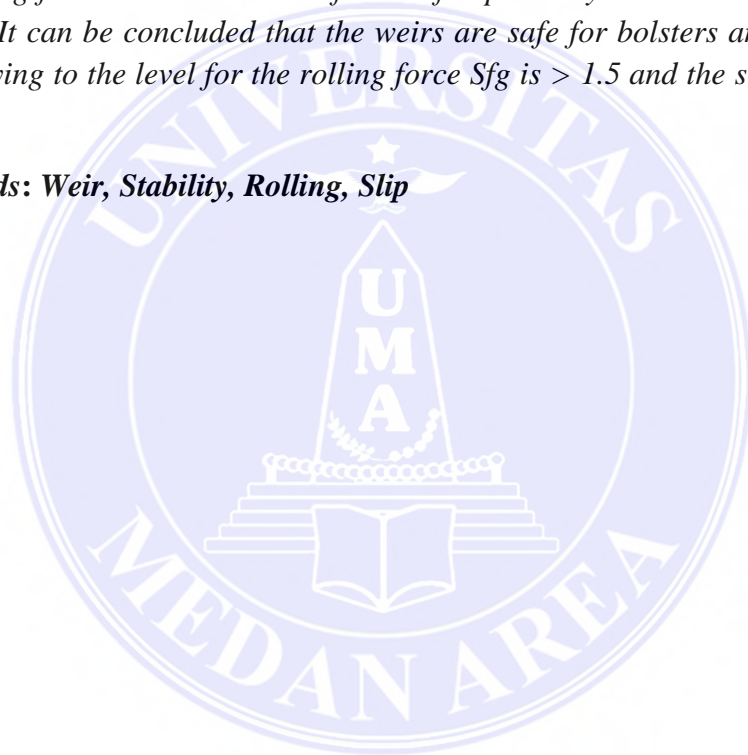
Kata kunci : Bendung, Stabilitas, Guling, Gelincir

ABSTRACT

The Gated Weir at The Sei Padang D.I. Bajayu is built in the river basin (RB) of Padang Tebing Tinggi. This weir is designed to accommodate irrigation (D.I Paya Lombang 1588 Ha, D.I Langau 2000 Ha and D.I Bajayu 4000 Ha) and The Flood Control of Tebing Tinggi city. The Gated Weir at The Sei Padang D.I. Bajayu should be designed with a durable structure.

The stability of the weir is also very necessary because the weir works to raise the height of the air face. The targets to be known are gravity, sludge, hydrostatic, lift, and soil used as a reference for checking arches and slip styles. Based on the results of the analysis to achieve stability above the value at the normal time of the rolling force is 1.734 and the factor of slip hairstyle is 2.395. Based on these results, It can be concluded that the weirs are safe for bolsters and sliding force by applying to the level for the rolling force S_{fg} is > 1.5 and the slip force is S_{fge} > 1.5 .

Keywords: Weir, Stability, Rolling, Slip



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, perlindungan, dan penyertaan yang selalu diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul **“Analisa Stabilitas Bendung Gerak Pada Proyek Pembangunan Bendung Sei Padang D.I. Bajayu Tebing Tinggi Sumatera Utara”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata I (S1) di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan dan bantuan dari semua pihak. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas segala bantuan, motivasi dan doa yang diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area, terutama kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc Sebagai Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Armansyah Ginting, M.Eng Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT Sebagai Kaprodi Teknik Sipil.
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT Sebagai Dosen Pembimbing I
5. Ibu Ir. Nurmaidah, MT Sebagai Dosen Pembimbing II.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Staff Pegawai di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.

7. Ucapan terima kasih penulis yang sebesar-besarnya kepada semua keluarga yang telah banyak memberikan kasih sayang dan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk penulis.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melindungi dan memberikan rahmat kasih sayangnya kepada kita semua. Amin.

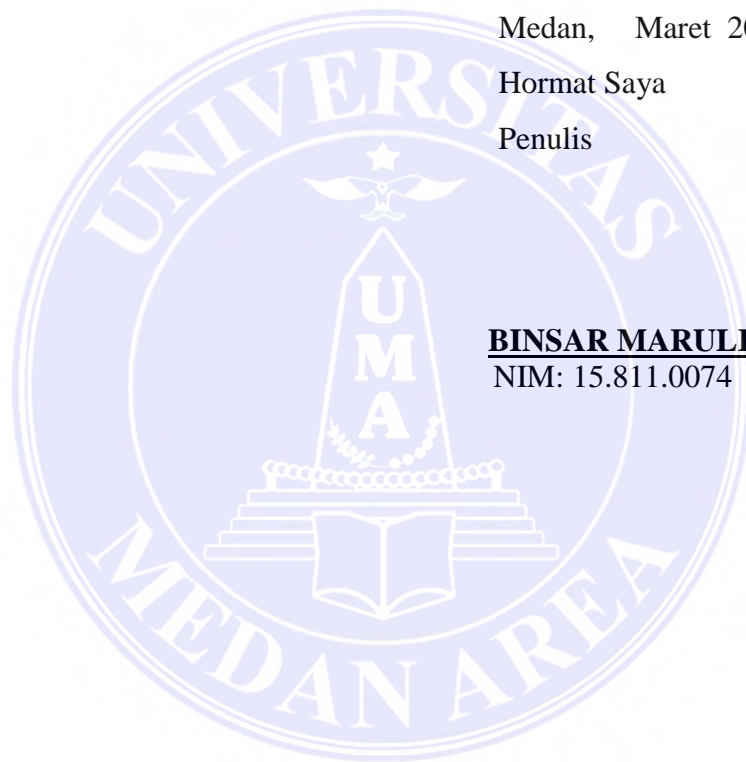
Medan, Maret 2018

Hormat Saya

Penulis

BINSAR MARULI SIHALOHO

NIM: 15.811.0074



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Kerangka Berpikir	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Uraian Umum.....	5
2.2 Analisis Stabilitas.....	5
2.2.1 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Bangunan	5
2.2.2 Tekanan Air.....	6
2.2.3 Tekanan Lumpur	11
2.2.4 Gaya Gempa.....	12
2.2.5 Berat Bangunan.....	13
2.2.6 Reaksi Pondasi	14
2.3 Kebutuhan Stabilitas	16
2.3.1 Kebutuhan Terhadap Gelincir.....	16

2.3.2	Ketahanan Terhadap Guling	19
2.3.3	Stabilitas Terhadap Erosi bawah Tanah (<i>piping</i>).....	21
2.4	Detail Bangunan Bendung	25
2.4.1	Dinding Penahan	25
2.4.2	Perlindungan Terhadap Erosi BawahTanah.....	27
2.4.2.1	Lantai Hulu	28
2.4.2.2	Dinding Halang (Cut-off).....	29
2.4.2.3	Alur pembuang/filter.....	30
2.4.2.4	Konstruksi Pelengkap	30
2.4.3	PeredamEnergi	31
2.5	Tekanan Air.....	32
2.5.1	Tekanan Hidrostatik.....	32
2.5.2	Tekanan Hidrodinamik	33
2.6	Beban Akibat Gempa	33
2.7	Kombinasi Pembebanan.....	36
2.8	Tegangan Ijin dan Faktor Keamanan	37
2.8.1	Tegangan Ijin	37
2.8.2	Faktor Keamanan	38
BAB III	METODE PENELITIAN	40
3.1	Lokasi Penelitian.....	40
3.2	Jenis dan Sumber Data	41
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	42
3.4	Teknik Pengolahan Data	42

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISIS.....	43
4.1 Data Teknis	43
4.2 Analisis Stabilitas Bendung	44
4.2.1 Perhitungan Gaya-gaya Pada Bendung.....	45
4.2.1.1 Berat Sendiri Bendung.....	45
4.2.1.2 Gaya Akibat Gempa	47
4.2.2 Gaya Luar yang Bekerja Pada Kondisi Normal.....	50
4.2.2.1 Tekanan Air/Hidrostatik.....	50
4.2.2.2 Tekanan Lumpur	51
4.2.2.3 Gaya Angkat/Uplift.....	53
4.2.3 Stabilitas Bendung Pada Kondisi Normal.....	56
4.2.3.1 Faktor Keamanan Terhadap Guling Pada Kondisi Normal.....	56
4.2.3.2 Faktor Keamanan Terhadap Gelincir	57
4.2.4 Gaya Luar Yang Bekerja Pada Kondisi Banjir	58
4.2.4.1 Tekanan Air/Hidrostatik.....	58
4.2.4.2 Tekanan Lumpur	60
4.2.4.3 Gaya Angkat/Uplift.....	60
4.2.4.4 Gaya Gempa.....	63
4.2.5 Stabilitas Bendung Pada Kondisi Banjir	63
4.2.5.1 Faktor Keamanan Terhadap Guling Pada Kondisi Banjir	64
4.2.5.2 Faktor Keamanan Terhadap Gelincir	64
4.2.6 Stabilitas Terhadap Bahaya Bawah Tanah (Piping)	64
4.2.7 Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah	73

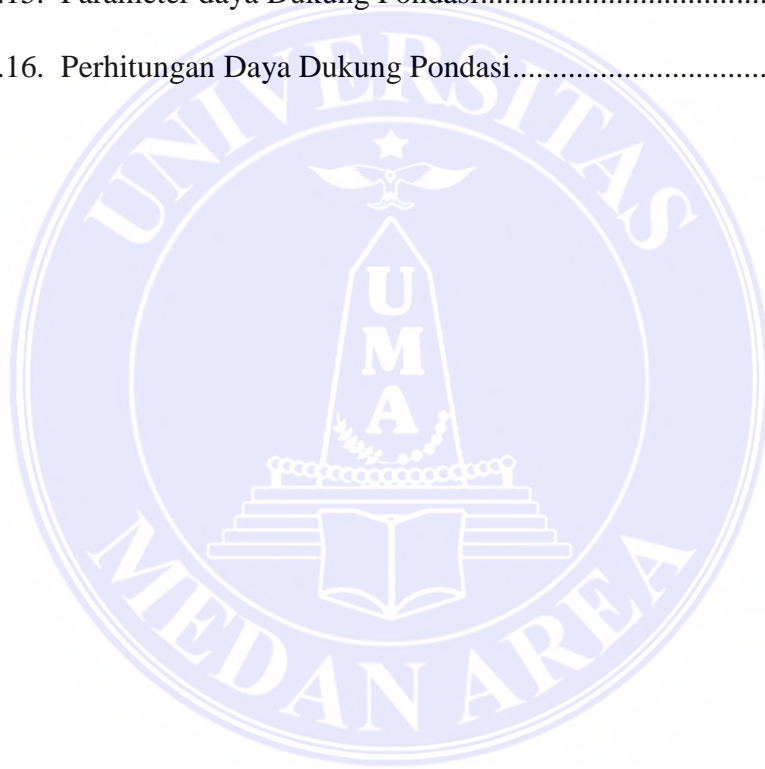
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Harga-harga (Proporsi tekanan)	7
Tabel 2.2.	koefisien jenis tanah	13
Tabel 2.3.	Periode ulang dan percepatan dasar gempa, a_c	13
Tabel 2.4	harga-harga perkiraan untuk koefisien gesekan	17
Tabel 2.5	Harga-harga perkiraan daya dukung yang diizinkan.....	19
Tabel 2.6	Harga-harga minimum angka rembesan Lane (C_L).....	23
Tabel 2.7	Koefisien Zona gempa pada Zona A,B,C,D,E,F	35
Tabel 2.8	Faktor Koreksi pengaruh jenis tanah setempat	36
Tabel 2.9	Kombinasi Pembebanan	37
Tabel 2.10	Faktor keamanan M_1/M_g (F_g^*) terhadap guling.....	38
Tabel 2.11.	Faktor keamanan terhadap gelincir (r F_s^{**})	39
Tabel 4.1.	Gaya dan Momen Akibat Berat Sendiri	47
Tabel 4.2.	Gaya dan Momen Akibat Gempa.....	49
Tabel 4.3.	Gaya dan Momen Akibat Tekanan Hidrostatik Pada Keadaan Normal	51
Tabel 4.4.	Gaya dan Momen Akibat Tekanan Lumpur.....	53
Tabel 4.5.	Gaya dan Momen Akibat Uplift Pada Kondisi Normal	55
Tabel 4.6.	Tabulasi Gaya dan Momen Kondisi Normal.....	56
Tabel 4.7.	Gaya dan Momen yang Bekerja Akibat Tekanan Air pada Kondisi Banjir	60
Tabel 4.8.	Gaya dan Momen Akibat Gaya Angkat Pada Kondisi Banjir.....	62

Tabel 4.9. Tabulasi Gaya dan Momen Kondisi Banjir	63
Tabel 4.10. Harga-harga minimum angka rembesan Lane (C_L).....	66
Tabel 4.11. Perhitungan Panjang Rembesan Tanpa Sheet Pile	69
Tabel 4.12. Perhitungan Panjang Rembesan Dengan Sheet Pile	72
Tabel 4.13. Tabel perhitungan eksentrisitas	75
Tabel 4.14. Perhitungan Kekuatan Tekan Dari Lapisan Bawah Pondasi.....	76
Tabel 4.15. Parameter daya Dukung Pondasi.....	77
Tabel 4.16. Perhitungan Daya Dukung Pondasi.....	77



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Kerangka Berpikir	4
Gambar 2.1. Gaya angkat untuk bangunan yang dibangun pada pondasi buatan	7
Gambar 2.2. Konstruksi jaringan aliran menggunakan analog listrik.....	9
Gambar 2.3 Contoh jaringan aliran di bawah dam pasangan batu pada pasir	9
Gambar 2.4 Gaya Angkat pada Pondasi Bendung	10
Gambar 2.5 Unsur-unsur persamaan distribusi tekanan pada pondasi.....	14
Gambar 2.6 Tebal lantai kolam olak	20
Gambar 2.7 Metode angka rembesan Lane	22
Gambar 2.8 Ujung hilir bangunan; sketsa parameter-parameter stabilitas	24
Gambar 2.9 Dinding penahan gravitasi penahan batu.....	25
Gambar 2.10 Perhitungan terhadap rembesan melibatkan pangkal Bendung.....	26
Gambar 2.11 Lantai hulu.....	28
Gambar 2.12 Dinding-dinding halang di bawah lantai hulu atau tubuh bendung.....	30
Gambar 2.13 Alur pembuangan filter di bawah kolam olak	31
Gambar 2.14 Tekanan air pada dinding tegak.....	32
Gambar 2.15 Gaya tekan air ke atas.....	32
Gambar 2.16 Tekanan hidrodinamik.....	33
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pekerjaan Detail Desain Bendung D.I. Bajayu Kab. Serdang Bedagai	40
Gambar 4.1. Beban Mati Sebagai Gaya Akibat Berat Sendiri	46
Gambar 4.2. Gaya akibat gempa yang bekerja.....	48
Gambar 4.3. Gaya Hidrostatik Pada Keadaan Normal	51

Gambar 4.4. Tekanan Lumpur yang Bekerja	52
Gambar 4.5. Gaya Uplift yang Bekerja Pada Kondisi Normal	54
Gambar 4.6. Gaya Hidrostatik pada Kondisi Banjir	59
Gambar 4.7. Gaya Angkat yang Bekerja pada Kondisi Banjir.....	61
Gambar 4.8. Panjang Rembesan Tanpa Sheet Pile.....	67
Gambar 4.9. Perhitungan Panjang Rembesan Dengan Sheet Pile	71



DAFTAR NOTASI

C	= Proporsi luas dimana tekanan hidrostatis bekerja ($c = 1$, untuk semua type pondasi).
τ_w	= Berat jenis air, kN/m^3
h_z	= Kedalaman air hilir, m.
ξ	= Proporsi tekanan (proportion of net head).
h_1	= Kedalaman air hulu, m.
A	= Luas dasar, m^2
W_u	= Gaya tekan ke atas resultante, kN.
P_x	= Gaya angkat x , kg/m^2
L	= Panjang total bidang kontak bendung dan tanah bawah, m.
L_x	= Jarak sepanjang bidang kontak dari hulu sampai x , m.
ΔH	= Beda tinggi energi, m.
H_x	= Tinggi energi di hulu bendung, m.
P_s	= Gaya yang terletak pada 2/3 kedalaman dari atas lumpur yang bekerja secara horizontal.
τ_s	= Berat lumpur.
h	= Dalamnya lumpur, m.
Φ	= Sudut gesekan dalam, derajat.
τ_s'	= Berat volume kering tanah $\approx 16 \text{ kN/m}^3$ ($1,600 \text{ kgf/m}^3$).
λ	= Berat volume butir = 2,65.
a_d	= Percepatan gempa rencana cm/dt^2
n, m	= Koefisien untuk jenis tanah.
a_c	= Percepatan kejut dasar, cm/dt^2
E	= Koefisien gempa.

- g = Percepatan gravitasi, cm/dt^2 ($\cong 980$).
 z = Faktor yang bergantung kepada letak geografis.
 P = Tekanan vertikal pondasi.
 $\Sigma (W)$ = Keseluruhan gaya vertikal, termasuk tekanan ke atas, tetapi tidak termasuk reaksi pondasi.
 e = Eksentrisitas pembebanan, atau jarak dari pusat gravitasi dasar (base) sampai titik potong resultante dengan dasar .
 I = Momen kelembaban (*moment of inertia*) dasar di sekitar pusat gravitasi.
 m = Jarak dari titik pusat luas dasar sampai ke titik dimana tekanan dikehendaki.
 $\Sigma (H)$ = Keseluruhan gaya horizontal yang bekerja pada bangunan, kN.
 $\Sigma (V - U)$ = Keseluruhan gaya vertikal (V). dikurangi gaya tekan ke atas yang bekerja pada bangunan, kN.
 θ = Sudut resultante semua gaya, terhadap garis vertikal, derajat.
 f = Koefisien gesekan.
 C = Satuan kekuatan geser bahan, kN/m^2
 A = Luas dasar yang dipertimbangkan, m^2
 d_x = Tebal lantai pada titik x, m.
 P_x = Gaya angkat pada titik x, kg/m^2
 W_x = Kedalaman air pada titik x, m.
 γ = Berat jenis bahan, kg/m^3
 S = Faktor keamanan (= 1,5 untuk kondisi normal, 1,3 untuk kondisi ekstrim).
 C_L = Angka rembesan Lane.
 L_v = Jumlah panjang vertikal, m.
 L_H = Jumlah panjang horizontal, m.
 H = Beda tinggi muka air, m.
 s = Kedalaman tanah, m.

- a = Tebal lapisan pelindung, m.
- h_s = Tekanan air pada kedalaman s, kg/m^2 .
- w = Berat volume air, kN/m^3 (10) .
- z = Jarak dan permukaan air bebas, m.
- Mg = Momen total sesungguhnya yang menyebabkan terjadinya guling.
- Mt = Momen tahan terhadap guling.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gagalnya air masuk melalui bangunan pengambilan bebas bajayu yang berada didaerah aliran sungai (DAS) padang Tebing Tinggi, merupakan suatu masalah yang besar. Akibat musim kemarau yang berkepanjangan menyebabkan debit atau permukaan sungai padang terus menyusut. Lebih kurang 1300 hektar areal pertanian di Desa paya Lombang dan Kuta Baru, kecamatan Tebing Tinggi, kabupaten Serdang Bedagai Sumatera Utara kekeringan. Apabila keadaan ini terus berlanjut maka dapat dipastikan kondisi pertanian khususnya padi akan semakin buruk dan bahkan dapat mengalami gagal Panen. Disisi lain juga masyarakat Tebing Tinggi beranggapan bahwa bendung di Paya Lombang merupakan penyebab utama naiknya muka air sungai Padang sehingga bila debit sungai padang meningkat maka banjir di kota Tebing Tinggi tidak dapat dielakkan.

Maka dari faktor masalah tersebut Pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum , PPK Irigasi dan Rawa I, SNVT Pelaksanaan Jaringan Pemanfaatan Air Sumatera II (PJPA) Provinsi Sumatera Utara mengambil kebijakan yaitu dengan merencanakan sebuah bendung di Sei Padang dengan luas cakupan 7.558 hektar yang meliputi Daerah Irigasi Bajayu, Daerah Irigasi Paya Lombang dan Daerah Irigasi Langau. Bendung ini nantinya diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air bagi pertanian dan mengendalikan banjir.

Dalam jurnal Tumpal Alexander Pakpahan Dan Ahmad Perwira Mulia yang berjudul, Perhitungan Stabilitas Bendung Pada Proyek PLTM Aek Silang II

Dolok Sanggul, dijelaskan bahwa Untuk merencanakan suatu bendung harus memenuhi persyaratan stabilitas yang menjadi persyaratan penting guna menjamin umur bendung dan kemampuannya untuk menaikkan muka air. Stabilitas bendung adalah bentuk gambaran yang mendefinisikan bahwa bendung tersebut dalam keadaan sempurna dapat dimanfaatkan sebagai suatu bendung, yang ditinjau dari ketahanan bendung menerima gaya-gaya internal dan eksternal yang dialaminya seperti, gaya guling, gaya geser, keruntuhan yang disebabkan oleh gempa maupun banjir.

Beberapa kejadian kerusakan bendung di Indonesia yang prinsip stabilitasnya sama dengan bendung ini adalah peristiwa jebolnya bendung sempor di Kabupaten Kebumen pada 27 november 1967, bendung lodah di Grobogan, dan bendungan Situ Gantung yang jebol pada 17 maret 2009 (Surya Online, Kementrian PU wajibkan waduk Gondang buat RTD Februari 2013). Untuk mencegah kejadian seperti ini maka perlu dilakukan analisis stabilitas bendung.

Dalam hal tersebut diatas penulis tertarik untuk melakukan analisis bendung DI Bajayu guna meningkatkan pemahaman tentang bendung dan memberi manfaat bagi penelitian selanjutnya dengan topik yang sama. Adapun judul yang diambil adalah Analisa Stabilitas Bendung Gerak Pada Proyek Pembangunan Bendung gerak Sei Padang D.I. Bajayu Tebing Tinggi Sumatera Utara.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

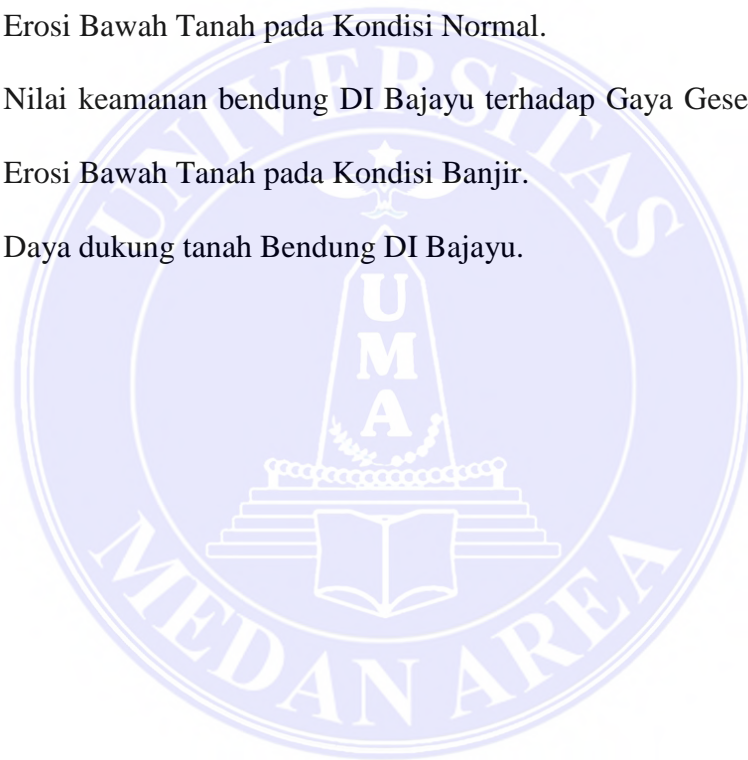
Maksud dalam pembahasan Skripsi ini adalah untuk mennganalisa keamanan stabilitas desain bendung DI Bajayu terhadap gaya Guling, Gaya geser/gelincir dan stabilitas daya dukung tanahnya.

Adapun tujuan pembahasan Skripsi ini adalah untuk menjaga bangunan bendung tetap aman apabila suatu saat nanti terjadi hal-hal yang membuat bendung tersebut berguling atau bergeser seperti bencana alam.

1.3 Rumusan Masalah

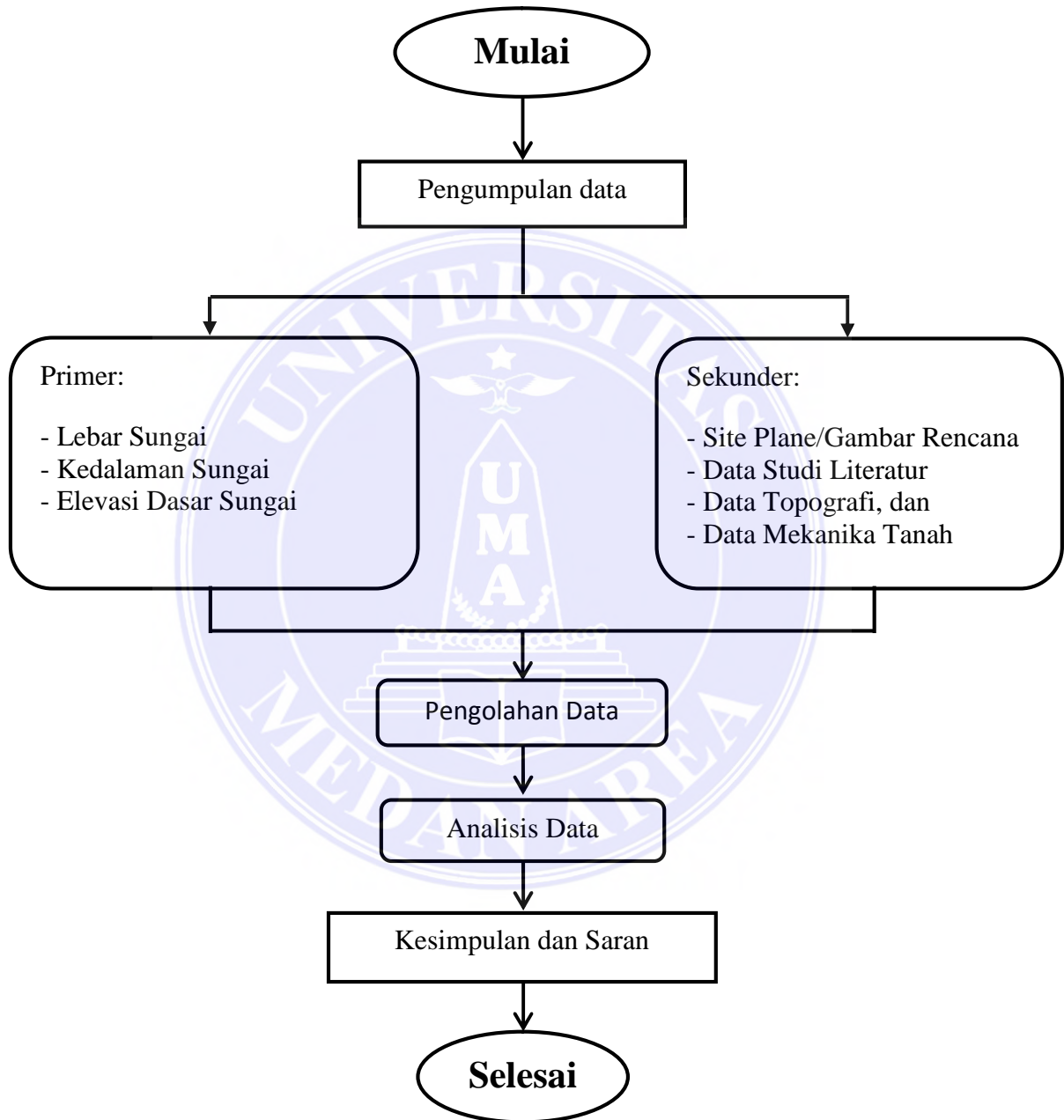
Rumusan masalah yang dibahas dalam Skripsi ini adalah:

- a. Nilai keamanan bendung DI Bajayu terhadap Gaya Geser, Gaya Guling, Erosi Bawah Tanah pada Kondisi Normal.
- b. Nilai keamanan bendung DI Bajayu terhadap Gaya Geser, Gaya Guling, Erosi Bawah Tanah pada Kondisi Banjir.
- c. Daya dukung tanah Bendung DI Bajayu.



1.4 Kerangka Berpikir

Adapun kerangka berpikir dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Kerangka Berpikir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Bendung gerak adalah jenis bendung yang tinggi pembendungannya dapat diubah sesuai dengan yang dikehendaki. Pada bendung gerak, elevasi muka air di hulu bendung dapat dikendalikan naik atau turun sesuai yang dikehendaki dengan membuka atau menutup pintu air (*gate*). Bendung gerak biasanya dibangun pada daerah hilir sungai atau muara. Pada daerah hilir sungai atau muara sungai kebanyakan tebing-tebing sungai relatif lebih landai atau datar dari pada di daerah hulu. Pada saat kondisi banjir, maka elevasi muka air sisi hulu bendung gerak yang dibangun di daerah hilir bisa diturunkan dengan membuka pintu-pintu air (*gate*) sehingga air tidak meluber kemana-mana (tidak membanjiri daerah yang luas) karena air akan mengalir lewat pintu yang telah terbuka ke arah hilir (*downstream*).

2.2 Analisis Stabilitas

2.2.1 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Bangunan

Gaya-gaya yang bekerja pada bangunan bendung dan mempunyai arti penting dalam perencanaan adalah:

- a) Tekanan air, dalam dan luar
- b) Tekanan lumpur (*sedimen pressure*)
- c) Gaya gempa

- d) Berat bangunan
- e) Reaksi pondasi

2.2.2 Tekanan Air

Gaya tekan air dapat dibagi menjadi gaya hidrostatis dan gaya hidrodinamik. Tekanan hidrostatis adalah fungsi kedalaman di bawah permukaan. Tekanan air akan selalu bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Oleh sebab itu agar perhitungannya lebih mudah, gaya horizontal dan vertikal dikerjakan secara terpisah.

Tekanan air dinamik jarang diperhitungkan untuk stabilitas bangunan bendung dengan tinggi energi rendah.

Gaya tekan ke atas. Bangunan bendung mendapat tekanan air bukan hanya pada permukaan luarnya, tetapi juga pada dasarnya dan dalam tubuh bangunan itu. Gaya tekan ke atas, yakni istilah umum untuk tekanan air dalam, menyebabkan berkurangnya berat efektif bangunan di atasnya.

Rumus gaya tekan ke atas untuk bangunan yang didirikan pada pondasi batuan adalah (lihat Gambar 6.4):

$$W_u = C \uparrow_w \left[h_2 + \frac{1}{2} (h_1 - h_2) \right] A \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

C = proporsi luas dimana tekanan hidrostatis bekerja (c = 1, untuk semua type pondasi)

τ_w = berat jenis air, kN/m³

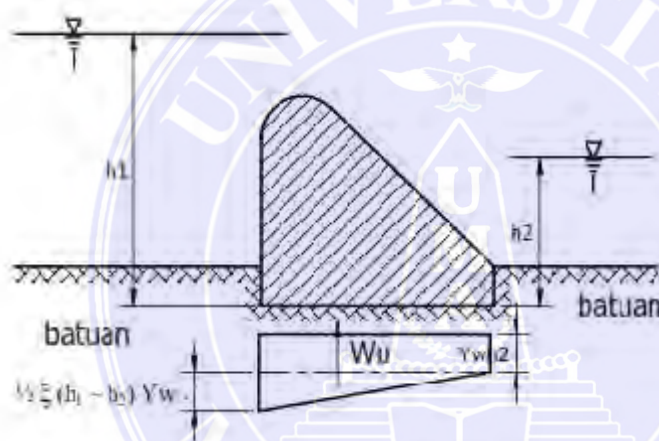
h_2 = kedalaman air hilir, m

ξ = proporsi tekanan (proportion of net head) diberikan pada tabel 2.1

h_1 = kedalaman air hulu, m

A = luas dasar, m²

W_u = gaya tekan ke atas resultante, kN



Gambar 2.1 Gaya angkat untuk bangunan yang dibangun pada pondasi buatan

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

Tabel 2.1 Harga-harga (Proporsi tekanan)

No	Tipe Pondasi Batuan	(Proporsi tekanan)
1	berlapis horizontal	1
2	sedang, pejal (massive)	0,67
3	baik, pejal	0,5

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

Gaya tekan ke atas untuk bangunan pada permukaan tanah dasar (*subgrade*) lebih rumit. Gaya angkat pada pondasi itu dapat ditemukan dengan membuat jaringan aliran (*flowenet*), atau dengan asumsi-asumsi yang digunakan oleh Lane untuk teori angka rembesan (*weighted creep theory*).

Gaya tekan ke atas untuk bangunan pada permukaan tanah dasar (*subgrade*) lebih rumit. Gaya angkat pada pondasi itu dapat ditemukan dengan membuat jaringan aliran (*flownet*). Dalam hal ditemui kesulitan berupa keterbatasan waktu pengerjaan dan tidak tersedia perangkat lunak untuk menganalisa jaringan air, maka perhitungan dengan asumsi-asumsi yang digunakan oleh Lane untuk teori angka rembesan (*weighted creep theory*) bisa diterapkan.

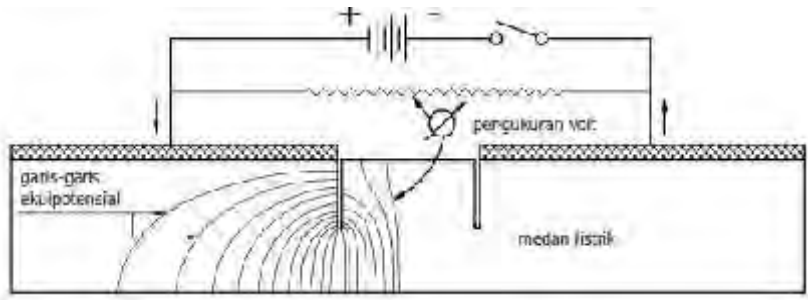
Jaringan aliran dapat dibuat dengan:

- 1) Plot dengan tangan
- 2) Analog listrik atau
- 3) Menggunakan metode numeris (*numerical method*) pada komputer.

Dalam metode analog listrik, aliran air melalui pondasi dibandingkan dengan aliran listrik melalui medan listrik daya antar konstan. Besarnya voltase sesuai dengan tinggi piezometrik, daya antar dengan kelulusan tanah dan aliran listrik dengan kecepatan air (lihat gambar 2.2).

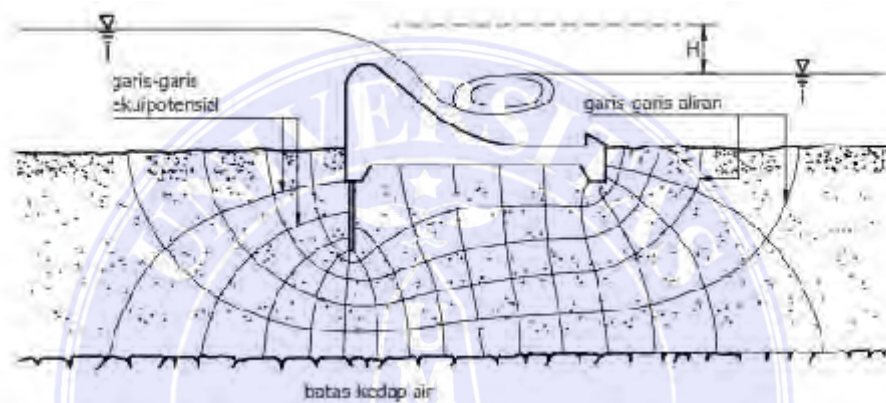
Untuk pembuatan jaringan aliran bagi bangunan utama yang dijelaskan disini, biasanya cukup diplot dengan tangan saja.

Contoh jaringan aliran dibawah bendung pelimpah diberikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Konstruksi jaringan aliran menggunakan analog listrik

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

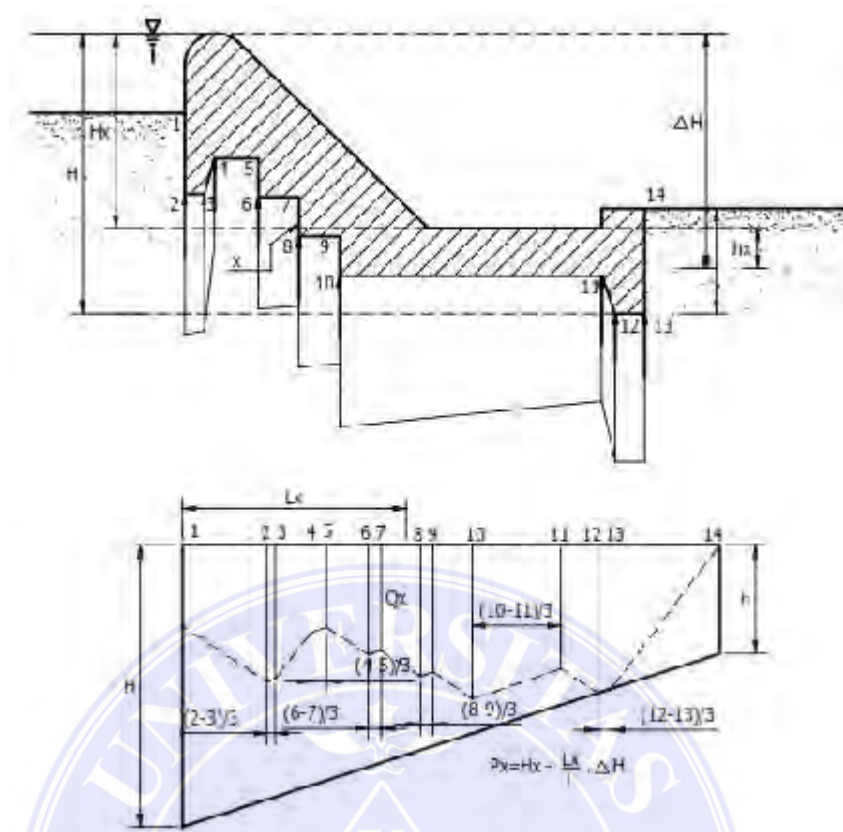


Gambar 2.3 Contoh jaringan aliran di bawah dam pasangan batu pada pasir

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

Dalam teori angka rembesan Lane, diandaikan bahwa bidang horizontal memiliki daya tahan terhadap aliran (rembesan) 3 kali lebih lemah dibandingkan dengan bidang vertikal.

Ini dapat dipakai untuk menghitung gaya tekan ke atas di bawah bendung dengan cara membagi beda tinggi energi pada bendung sesuai dengan panjang relative di sepanjang pondasi.



Gambar 2.4 Gaya Angkat pada Pondasi Bendung

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

Dalam bentuk rumus, ini berarti bahwa gaya angkat pada titik x di sepanjang dasar bendung dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_x = H_x - \frac{L_x}{L} \Delta H \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

P_x = gaya angkat x ,kg/m²

L =panjang total bidang kontak bendung dan tanah bawah, m

L_x = jarak sepanjang bidang kontak dari hulu sampai x, m

ΔH = beda tinggi energi, m

H_x =tinggi energy di hulu bendung, m

Dan dimana L dan L_x adalah jarak relative yang dihitung menurut cara Lane, bergantung kepada arah bidang tersebut. Bidang yang membentuk sudut 45^0 atau lebih terhadap bidang horizontal, dianggap vertikal.

2.2.3 Tekanan Lumpur

Tekanan lumpur yang bekerja terhadap muka hulu bendung atau terhadap pintu dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_s = \frac{\tau_s \cdot h^2}{2} \left(\frac{1 - s}{1 + s \cdot \Phi} \right) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

P_s : gaya yang terletak pada 2/3 kedalaman dari atas lumpur yang bekerja secara horizontal.

τ_s : berat lumpur

h : dalamnya lumpur, m

Φ : sudut gesekan dalam, derajat.

Beberapa andaian/asumsi dapat dibuat seperti berikut:

$$\tau_s = \tau_s \left(\frac{G-1}{G} \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana, τ_s = berat volume kering tanah $\approx 16 \text{ kN/m}^3$ ($1,600 \text{ kgf/m}^3$)

$$\lambda = \text{berat volume butir} = 2,65$$

Menghasilkan $\tau_s = 10 \text{ kN/m}^3 (\approx 1,000 \text{ kgf/m}^3)$

Sudut gesekan dalam, yang bisa diandaikan 30^0 untuk kebanyakan hal, menghasilkan:

$$P_s = 1,67 h^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

2.2.4 Gaya gempa

Harga-harga gaya gempa diberikan dalam bagian parameter bangunan. Harga-harga tersebut didasarkan pada pesta Indonesia yang menunjukkan berbagai daerah dan risiko. Faktor minimum yang akan dipertimbangkan adalah 0,1 g perapatan gravitasi sebagai harga percepatan. Faktor ini hendaknya dipertimbangan dengan cara mengalikannya dengan massa bangunan sebagai gaya horizontal menuju ke arah yang paling tidak aman, yakni arah hilir.

Koefisien gempa dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$a_d = n (a_c \times z)^m \dots\dots\dots(2.6)$$

$$E = \frac{a_d}{g} \dots\dots\dots(2.7)$$

Di mana:

a_d = percepatan gempa rencana cm/dt^2

n, m = koefisien untuk jenis tanah (lihat table 2.2)

a_c = percepatan kejut dasar, cm/dt^2 (untuk harga per periode ulang lihat Tabel 2.3)

E = koefisien gempa

g = percepatan gravitasi, cm/dt^2 ($\cong 980$)

z = faktor yang bergantung kepada letak geografis (koefisien Zona lihat lampiran

1)

Tabel 2.2 koefisien jenis tanah

No	Jenis	n	m
1	Batu	2,76	0,71
2	Diluvium	0,87	1,05
3	Aluvium	1,56	0,89
4	Aluvium Lunak	0,29	1,32

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-06

Tabel 2.3 Periode ulang dan percepatan dasar gempa, a_c

No	Periode ulang *)	a_c *) (gal = cm/dt^2)
	Tahun	
1	20	85
2	100	160
3	500	225
4	1000	275

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-06

2.2.5 Berat Bangunan

Berat bangunan bergantung kepada bahan yang dipakai untuk membuat bangunan itu. Untuk tujuan-tujuan perencanaan pendahuluan, boleh dipakai harga-harga berat volume di bawah ini.

Pasangan batu $22 \text{ kN}/\text{m}^3 (\approx 2,200 \text{ kgf}/\text{m}^3)$

Beton tumbuk $23 \text{ kN}/\text{m}^3 (\approx 2,300 \text{ kgf}/\text{m}^3)$

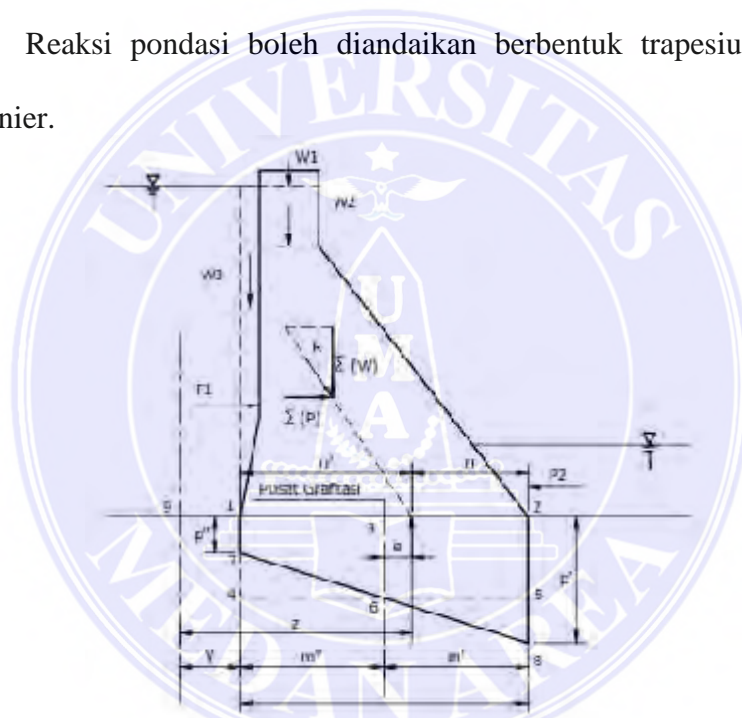
Beton bertulang

24 kN/m³(≈ 2,400 kgf/m³)

Berat volume beton tumbuk bergantung kepada berat volume agregat serta ukuran maksimum kerikil yang digunakan. Untuk ukuran maksimum agregat 150 mm dengan berat volume 2,65, berat volumenya lebih dari kN/m³ (≈ 2,400 kgf/m³).

2.2.6 Reaksi Pondasi

Reaksi pondasi boleh diandaikan berbentuk trapesium dan tersebar secara linier.



Gambar 2.5 Unsur-unsur persamaan distribusi tekanan pada pondasi

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

Gambar 2.5, rumus-rumus berikut dapat diturunkan dengan mekanika sederhana.

Tekanan vertikal pondasi adalah :

$$p = \frac{\dot{y}(W)}{A} + \frac{\dot{y}(W)e}{I} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

P = tekanan vertikal pondasi

$\Sigma (W)$ = keseluruhan gaya vertikal, termasuk tekanan ke atas, tetapi tidak termasuk reaksi pondasi

A = luas dasar, m^2

e = eksentritas pembebanan, atau jarak dari pusat gravitasi dasar (base) sampai titik potong resultante dengan dasar .

I = momen kelembaban (*moment of inertia*) dasar di sekitar pusat gravitasi.

m = jarak dari titik pusat luas dasar sampai ke titik dimana tekanan dikehendaki

Untuk dasar segi empat dengan panjang l dan lebar $1,0$ m, $I = 1/12 l^3$ dan $A = 1$, rumus tadi menjadi:

$$p = \frac{\ddot{y}(W)}{A} + \left\{ 1 + \frac{12e}{E^2} m \right\} \dots \dots \dots (2.9)$$

Sedangkan tekanan vertikal pondasi pada ujung bangunan ditentukan dengan rumus:

$$p = \frac{\ddot{y}(W)}{B} + \left\{ 1 + \frac{6e}{B} \right\} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan $m' = m'' = 1/2 l$

$$p'' = \frac{\ddot{y}(W)}{B} + \left\{ 1 + \frac{6e}{B} \right\} \dots \dots \dots (2.11)$$

Bila harga e dari Gambar 2.5 dan persamaan (2.12) lebih besar dari $1/6$, maka akan dihasilkan tekanan negative pada ujung bangunan. Tekanan tarik pada tanah pondasi tidak diizinkan, irisan yang mempunyai segi empat sehingga resultante gayanya untuk semua sehingga pembebanan jatuh pada daerah ini.

2.3 Kebutuhan Stabilitas

Ada tiga penyebab runtuhnya bangunan gravitasi, yaitu:

1. Gelincir (slidding)
 - (a) Sepanjang sendi horizontal atau hampir horizontal di atas pondasi
 - (b) Sepanjang pondasi, atau
 - (c) Sepanjang kampuh horizontal atau hampir horizontal dalam pondasi.
2. Guling (overturning)
 - (a) Didalam bendung
 - (b) Pada dasar (base), atau
 - (c) Pada bidang di bawah dasar.
3. Erosi bawah tanah (piping)

2.3.1 Kebutuhan Terhadap Gelincir

Ketahanan bendung terhadap gelincir dinyatakan dengan besarnya $\tan \theta$, sudut antara garis vertikal dan resultante semua gaya, termasuk gaya angkat, yang bekerja pada bendung di atas semua bidang horizontal, harus kurang dari koefisien gesekan yang diizinkan pada bidang tersebut.

$$\frac{\dot{\gamma}(H)}{\dot{\gamma}(V - U)} = \tan \theta < \frac{f}{s} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

$\Sigma (H)$ = keseluruhan gaya horizontal yang bekerja pada bangunan, kN

$\Sigma (V - U)$ = keseluruhan gaya vertikal (V). dikurangi gaya tekan ke atas yang bekerja pada bangunan, kN

θ = sudut resultante semua gaya, terhadap garis vertikal, derajat

f = koefisien gesekan

S = faktor keamanan

Harga – harga perkiraan untuk koefisien gesekan f diberikan pada tabel 2.4

Tabel 2.4 harga-harga perkiraan untuk koefisien gesekan

No	Bahan	f
1	Pasangan batu pada pasangan batu	0,60 - 0,75
2	Batu keras berkualitas baik	0,75
3	Kerikil	0,50
4	Pasir	0,40
5	Lempung	0,30

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

Untuk bangunan-bangunan kecil, seperti bangunan-bangunan yang dibicarakan di sini, di mana berkurangnya umur bangunan, kerusakan besar dan terjadi bencana besar belum dipertimbangkan, harga-harga faktor keamanan (s) yang dapat diterima adalah: 2,0 untuk kondisi pembebanan normal dan 1,25 untuk kondisi pembebanan ekstrim.

Kondisi pembebanan ekstrim dapat dijelaskan sebagai berikut:

- (1) Tak ada aliran diatas mercu selama gempa, atau
- (2) Banjir rencana maksimum.

Apabila, untuk bangunan-bangunan yang terbuat dari beton, harga yang aman untuk faktor gelincir yang hanya didasarkan pada gesekan saja (persamaan 2.16) ternyata terlampaui, maka bangunan bisa dianggap aman jika faktor keamanan dari rumus itu yang mencakup geser (persamaan 2.17),

Sama dengan atau lebih besar dari harga-harga faktor keamanan yang sudah ditentukan.

$$\dot{y}(H) \leq \frac{f\dot{y}(V - U) + c \cdot A}{S} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

C = satuan kekuatan geser bahan, kN/m²

A = luas dasar yang dipertimbangkan, m²

Arti simbol-simbol lain seperti pada persamaan 2.16.

Harga-harga faktor keamanan jika geser juga dicakup, sama dengan harga-harga yang hanya mencakup gesekan saja. Yakni 2,0 untuk kondisi normal dan 1,25 untuk kondisi ekstrim.

Untuk beton, c (satuan kekuatan geser) boleh diambil 1.100 kN/m² (= 110 tf/m²)

Persamaan 2.17 mungkin hanya digunakan untuk bangunan itu sendiri.

Kalau rumus untuk pondasi tersebut akan digunakan, perencana harus yakin

bahwa itu kuat dan berkualitas berdasarkan hasil pengujian. Untuk bahan pondasi nonkohesif, harus digunakan rumus yang hanya mencakup gesekan saja (persamaan 2.16).

2.3.2 Ketahanan Terhadap Guling

Agar bangunan aman terhadap guling, maka resultante semua gaya yang bekerja pada bagian bangunan diatas bidang horizontal, termasuk gaya angkat, harus memotong bidang ini pada teras. Tidak boleh ada tarikan pada bidang irisan mana pun.

Besarnya tegangan dalam bangunan dan pondasi harus dipertahankan pada harga-harga maksimal yang dianjurkan. Harga-harga untuk beton adalah sekitar $4,0 \text{ N/mm}^2$ atau 40 kgf/cm^2 , pasangan batu sebaiknya mempunyai kekuatan minimum $1,5$ sampai $3,0 \text{ N/mm}^2$ atau 15 sampai 30 kgf/cm^2 .

Tabel 2.5 Harga-harga perkiraan daya dukung yang diizinkan
(disadur dari British Standard Code of Practice CP 2004)

No	Jenis	Daya Dukung	
		kN/m^2	kgf/cm^2
1	Batu sangat Keras	10,000	100
2	Batu kapur/batu pasir keras	4,000	40
3	Kerikil berkerapatan sedang atau pasir dan kerikil	200 – 600	6-Feb
4	Pasir berkerapatan sedang	100 – 300	3-Jan
5	Lempung kenyal	150 – 300	1,5 - 3 0,75 -
6	Lempung teguh	75 – 150	1,5
7	Lempung lunak dan lumpur	$1 < 75$	$< 0,75$

Tiap bagian bangunan diandaikan berdiri sendiri dan tidak mungkin ada distribusi gaya-gaya melalui momen lentur (bending momen). Oleh sebab itu, tebal lantai kolam olak dihitung sebagai berikut (lihat gambar 2.6):

$$d_x = S \frac{P_x - W_x}{\gamma} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

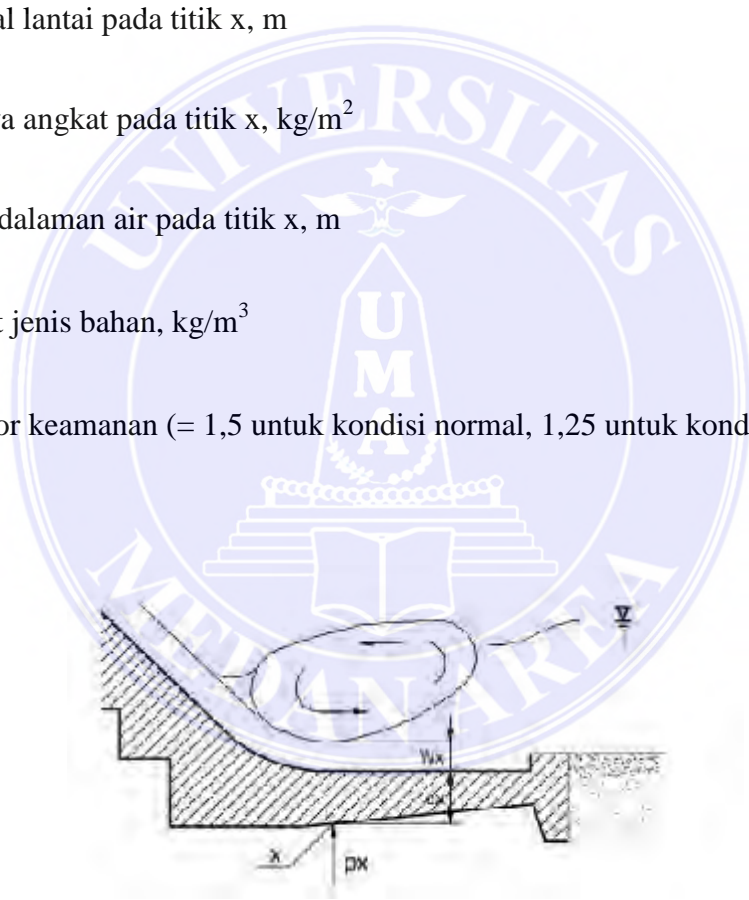
d_x = tebal lantai pada titik x, m

P_x = gaya angkat pada titik x, kg/m^2

W_x = kedalaman air pada titik x, m

γ = berat jenis bahan, kg/m^3

S = faktor keamanan (= 1,5 untuk kondisi normal, 1,25 untuk kondisi ekstrim)



Gambar 2.6 Tebal lantai kolam olak

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

2.3.3 Stabilitas Terhadap Erosi Bawah Tanah (*piping*)

Bangunan-bangunan utama seperti bendung dan bendung gerak harus dicek stabilitasnya terhadap erosi bawah tanah dan hanya runtuh akibat naiknya dasar galian (*heave*) atau rekahnya pangkal hilir bangunan.

Bahaya terjadinya erosi bawah tanah dapat dianjurkan dicek dengan jalan membuat jaringan aliran/*flownet* (lihat pasal 2.4.2). Dalam hal ditemui kesulitan berupa keterbatasan waktu pengerjaan dan tidak tersedianya perangkat lunak untuk menganalisa jaringan aliran, maka perhitungan dengan beberapa metode empiris dapat diterapkan, seperti:

- Metode Bligh
- Metode Lane
- Metode Koshia

Metode Lane, disebut metode angka rembesan Lane (*Weighted creep ratio method*) adalah yang dianjurkan untuk mencek bangunan-bangunan utama untuk mengetahui adanya erosi bawah tanah. Metode ini memberikan hasil yang aman dan mudah dipakai. Untuk bangunan-bangunan yang relatif kecil, metode-metode lain mungkin dapat memberikan hasil-hasil yang lebih baik, tetapi penggunaannya lebih sulit.

Metode lane diilustrasikan pada Gambar 2.10 dan memanfaatkan Tabel 2.5. Metode ini membandingkan panjang jalur rembesan dibawah bangunan di sepanjang bidang kontak bangunan/pondasi dengan beda tinggi muka air antara kedua sisi bangunan. Di sepanjang jalur perkolasi ini, kemiringan yang lebih curam dari 45° dianggap vertikal dan kurang dari 45° dianggap horizontal. Jalur

vertikal dianggap memiliki daya tahan terhadap aliran 3 kali lebih kuat daripada jalur horizontal.

Oleh karena itu rumusnya adalah:

$$C_L = \frac{\dot{y}L_V + \frac{1}{3}\dot{y}L_H}{H} \dots\dots\dots (2.15)$$

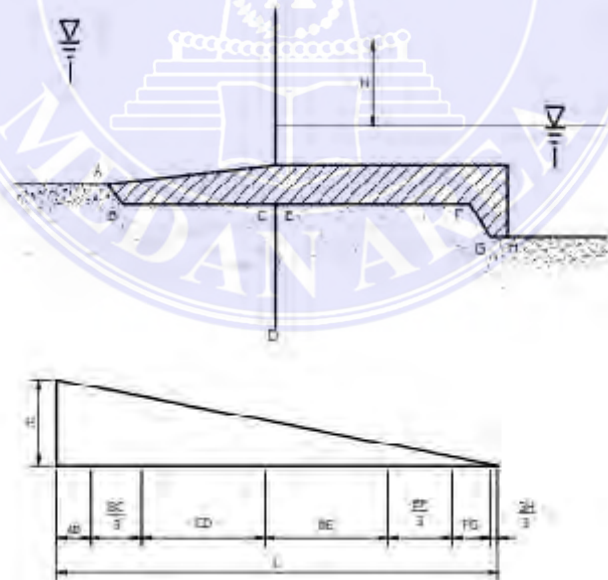
Dimana:

C_L = Angka rembesan Lane (Lihat Tabel 2.7)

L_V = Jumlah panjang vertikal, m

L_H = Jumlah panjang horizontal, m

H = Beda tinggi muka air, m



Gambar 2.7 Metode angka rembesan Lane

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-02

Tabel 2.6 Harga-harga minimum angka rembesan Lane (C_L)

No	Bahan	C _L
1	Pasir sangat halus	8,5
2	Pasir halus	7,0
3	pasir sedang	6,0
4	Pasir kasar	5,0
5	kerikil halus	4,0
6	Kerikil sedang	3,5
7	Kerikil kasar termasuk berangkal	3,0
8	Bongkah dengan sedikit berangkal dan kerikil	2,5
9	lempung lunak	3,0
10	Lempung sedang	2,0
11	Lempung keras	1,8
12	Lempung sangat keras	1,6

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-02

Angka-angka rembesan pada Tabel 2.5 diatas sebaiknya dipakai:

- a. 100% jika tidak dipakai pembuang, tidak dibuat jaringan aliran dan tidak dilakukan penyelidikan dengan model;
- b. 80% kalau ada pembuang air, tapi tidak ada penyelidikan maupun jaringan aliran;
- c. 70% bila semua bagian mencakup

Menurut Creagen, Justin dan Hinds, hal ini menunjukkan diperlukannya keamanan yang lebih besar jika telah dilakukan penyelidikan detail. Untuk mengatasi erosi bawah tanah elevasi dasar hilir harus diasumsikan pada pangkal koperan hilir. Untuk menghitung gaya tekan ke atas, dasar hilir diasumsikan di bagian atas ambang ujung. Keamanan terhadap rekah bagian hilir bangunan bisa dicek dengan rumus berikut:

$$S = \frac{s \left(1 + \frac{u}{s}\right)}{h_s} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana:

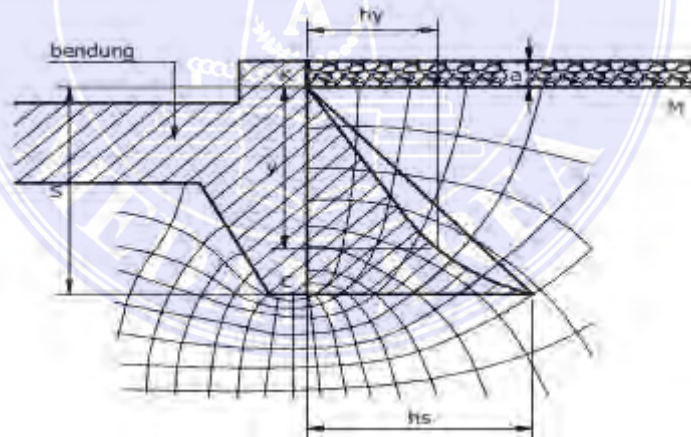
S = faktor keamanan

s = kedalaman tanah, m

a = tebal lapisan pelindung, m

h_s = tekanan air pada kedalaman s , kg/m^2 .

Gambar 2.8 memberikan penjelasan simbol-simbol yang digunakan. Tekanan air pada titik C dapat ditemukan dari jaringan aliran atau garis angka rembesan Lane. Rumus di atas mengandaikan bahwa volume tanah di bawah air dapat diambil 1 ($\gamma_w = \gamma_s = 1$). Berat volume bahan lindung di bawah air adalah 1. Harga keamanan S sekurang-kurangnya 2.



Gambar 2.8 Ujung hilir bangunan; sketsa parameter-parameter stabilitas

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

2.4 Detail Bangunan Bendung

2.4.1 Dinding Penahan

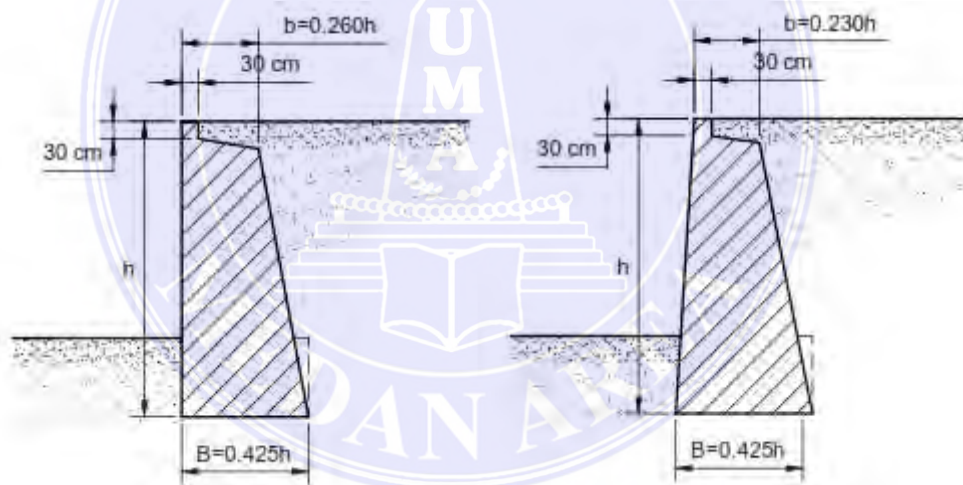
Dinding penahan gravitasi setinggi tidak lebih dari 3 m bisa direncanakan dengan potongan melintang empiris seperti diberikan pada Gambar 2.10 dengan:

$b = 0,260 h$ untuk dinding dengan bagian dengan vertikal

$B = 0,425 h$

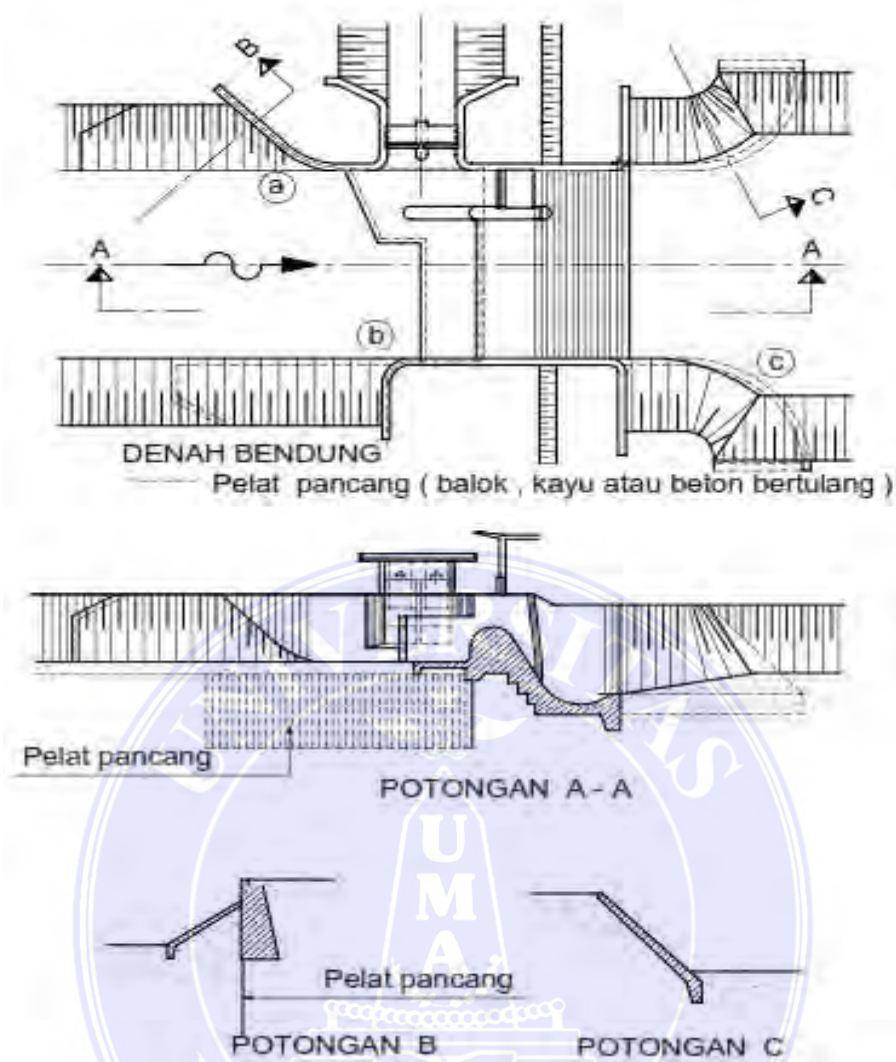
$b = 0,230 h$ untuk dinding dengan bagian dengan kurang dari 1:1/3

$B = 0,460 h$.



Gambar 2.9 Dinding penahan gravitasi penahan batu

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02



Gambar 2.10 Perhitungan terhadap rembesan melibatkan pangkal Bendung

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

Dinding penahan yang lebih tinggi dan dinding penahan yang mampu menahan momen lentur (beton bertulang atau pelat pancang baja) harus direncanakan berdasarkan hasil-hasil perhitungan stabilitas. Perhitungan pembebanan tanah dan stabilitas di belakang dinding penahan dijelaskan dalam KP-06 Parameter Bangunan.

Karena dinding penahan disebelah hulu bangunan utama mungkin tidak dilengkapi dengansarana-sarana pembuang akibat adanya bahaya rembesan, maka

dalam melakukan perhitungan kita hendaknya mengandaikan tekanan air penuh dibelakang dinding. Kebutuhan stabilitas untuk bangunan-bangunan ini dapat dijelaskanseperti dalam pasal 2.4.2.

2.4.2 Perlindungan Terhadap Erosi Bawah Tanah

Untuk melindungi bangunan dari bahaya erosi bawah tanah, ada beberapa cara yang bisa ditempuh. Kebanyakan bangunan hendaknya menggunakan kombinasi beberapa konstruksi lindung.

Perlindungan utama dalam membuat lindung terhadap erosi bawah tanah adalah mengurangi kehilangan beda tinggi energi per satuan panjang pada jalur rembesan serta ketidakterusan (discontinuities) pada garis ini.

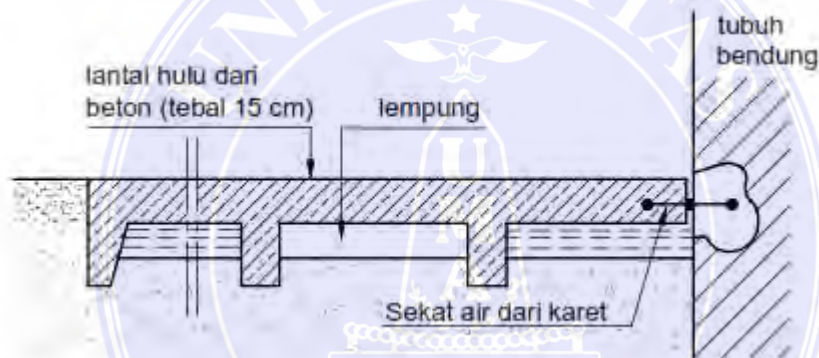
Dalam perencanaan bangunan, pemilihan konstruksi-konstruksi lindung berikut dapat dipakai sendiri-sendiri dikombinasikan dengan:

- Lantai hulu
- Dinding halang
- Filter pembuang
- Konstruksi pelengkap

Penting disadari bahwa erosi bawah tanah adalah masalah tiga dimensi dan bahwa semua konstruksi lindung harus bekerja ke semua arah dan oleh sebab itu termasuk pangkal bendung (abutment) dan bangunan pengambilan (lihat Gambar 2.10).

2.4.2.1 Lantai Hulu

Lantai hulu akan memperpanjang jalur rembesan. Karena gaya tekan ke atas di bawah lantai diimbangi oleh tekanan air di atasnya, maka lantai dapat dibuat tipis. Persyaratan terpenting adalah bahwa lantai kedap air, demikian pula sambungannya dengan tubuh bendung. Sifat kedap air ini dapat dicapai dengan foil plastik atau lempung kedap air di bawah lantai dan sekat yang menghubungkan lantai dan tubuh bendung. Contoh sambungan yang dianjurkan antara lantai dan tubuh bendung diberikan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Lantai hulu

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

Salah satu penyebab utama runtuhnya konstruksi ini adalah bahaya penurunan tidak merata (diferensial) antara lantai dan tubuh bendung.

Oleh sebab itu, sambungan harus direncanakan dan dilaksanakan dengan amat hati-hati.

Lantai itu sendiri dapat dibuat dari beton bertulang dengan tebal 0,10 m, atau pasangan batu setebal 0,20 – 0,25 cm. adalah penting untuk menggunakan sekat air dari karet yang tidak akan rusak akibat adanya penurunan tidak merata.

Keuntungan dari pembuatan dari pembuat lantai hulu adalah bahwa biayanya lebih murah dibanding dinding halang vertikal yang dalam, karena yang disebut terakhir ini memerlukan pengeringan dan penggalian. Tapi, sebagaimana dikemukakan oleh Lane dalam teorinya, panjang horizontal rembesan adalah 3 kali kurang efektif dibanding panjang vertikal dengan panjang yang sama.

2.4.2.2 Dinding Halang (Cut-off)

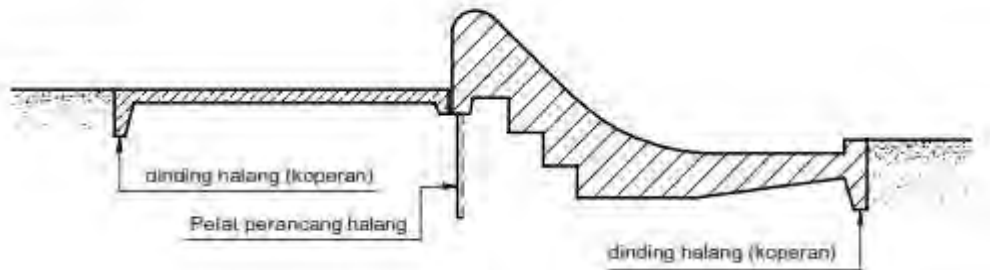
Dinding halang bisa berupa dinding beton atau pasangan batu, inti tanah kedap air atau pudel atau dengan pelat pancang baja atau kayu. Pelat pancang mahal dan harus dibuat dengan hati-hati untuk menciptakan kondisi yang benar-benar tertutup. Terdapatnya batu-batu besar atau kerikil kasar didasar sungai tidak menguntungkan untuk pelat pancang yang kedap air. Tanah yang paling cocok untuk pelat pancang adalah tanah berbutir halus dan tanah berlapis horizontal.

Pudel yang baik atau inti tanah kedap air bisa merupakan dinding halang yang baik sekali, tapi sulit disambung ke bangunan itu sendiri.

Metode yang dianjurkan untuk membuat dinding halang adalah dengan beton bertulang atau pasangan batu.

Agar gaya tekan ke atas pada bangunan dapat sebanyak mungkin dikurangi, maka tempat terbaik untuk dinding halang adalah di ujung hulu

bangunan, yaitu di pangkal (awal) lantai hulu atau di bawah bagian depan tubuh bendung. (lihat Gambar 2.12).



Gambar 2.12 Dinding-dinding halang di bawah lantai hulu atau tubuh bendung

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

2.4.2.3 Alur pembuang/Filter

Alur pembuang dibuat untuk mengurangi gaya angkat di bawah kolam olak bendung pelimpah karena di tempat-tempat ini tidak cukup tersedia berat pengimbang dari tubuh bendung.

Untuk mencegah hilangnya bahan padat melalui pembuang ini, konstruksi sebaiknya dibuat dengan filter yang dipasang terbalik dari kerikil atau pasir bergradasi baik atau bahan filter sintetis. Gambar 2.13 memperlihatkan lokasi yang umum dipilih untuk menempatkan filter serta detail konstruksinya.

2.4.2.4 Konstruksi Pelengkap

Jika bagian-bagian bendung mempunyai kedalaman pondasi berbeda-beda, maka ada bahaya penurunan tidak merata yang mengakibatkan retak-retak dan terjasinya jalur-jalur pintasan erosi bawah tanah. Adalah penting untuk mengecek

kemungkinan-kemungkinan ini, serta memantapkan konstruksi di tempat-tempat ini, jika diperlukan.



Gambar 2.13 Alur pembuangan filter di bawah kolam olak

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-02

Selama pelaksanaan perlu selalu diingat untuk membuat sambungan yang bagus antara bangunan dan tanah bawah. Jika tanah bawah menjadi jenuh air akibat hujan, maka lapisan atas ini harus ditangani sedemikian sehingga mencegah kemungkinan terjadinya erosi bawah tanah atau jalur gelincir (*sliding path*).

2.4.3 Peredam Energi

Beda tinggi energi di atas bendung terhadap air hilir dibatasi sampai 7 m. Jika ditemukan tinggi terjunan lebih dari 7 m dan keadaan geologi dasar sungai relatif tidak kuat sehingga perlu kolam olak maka perlu dibuat bendung tipe cascade yang mempunyai lebih dari satu kolam olak. Hal ini dimaksudkan agar energi terjunan dapat direduksi dalam dua kolam olak sehingga kolam olak sebelah hilir tidak terlalu berat meredam energi.

Keadaan demikian akan mengakibatkan rantai peredam dan dasar sungai di hilir koperan (*end sill*) dapat lebih aman.

2.5 Tekanan Air

2.5.1 Tekanan Hidrostatik

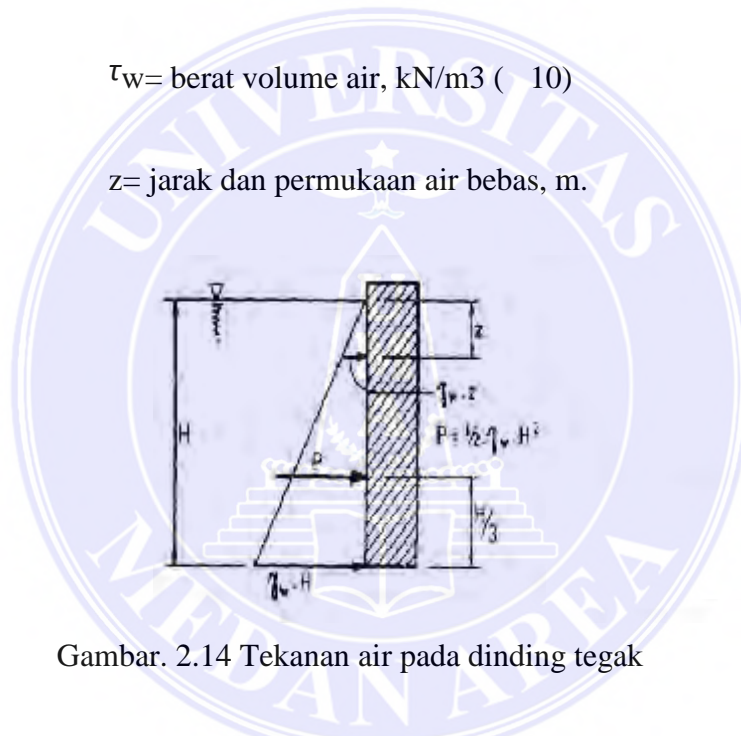
Tekanan hidrostatik adalah fungsi kedalaman di bawah permukaan air dan sama dengan:

$$PH = \gamma_w z \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana: PH= tekanan hidrostatik, kN/m²

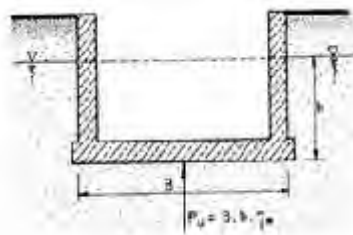
γ_w = berat volume air, kN/m³ (10)

z = jarak dan permukaan air bebas, m.



Gambar. 2.14 Tekanan air pada dinding tegak

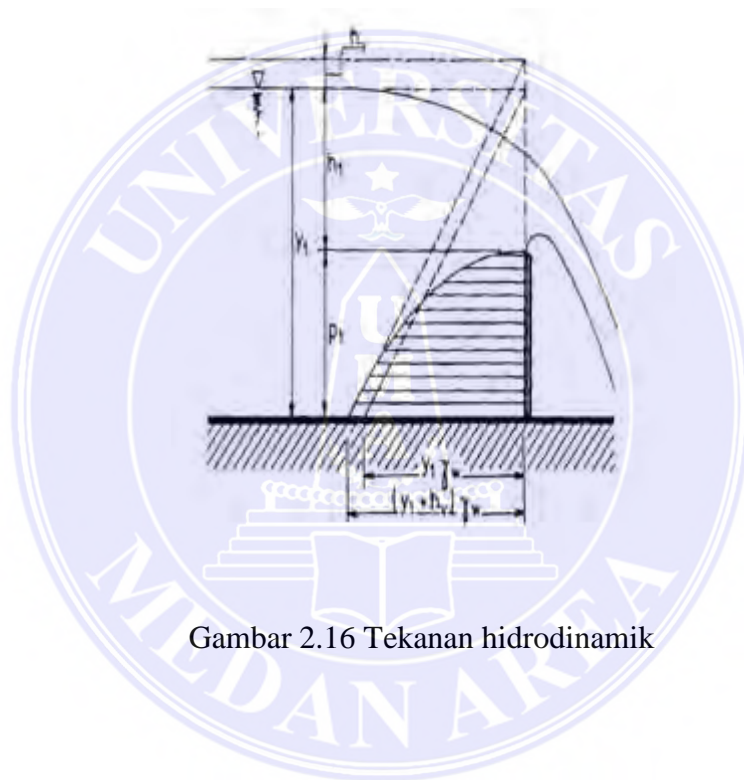
Gaya tekan ke atas (Uplift) yang bekerja pada lantai bangunan adalah sama dengan berat volume air yang dipindahkan oleh bangunan.



Gambar 2.15 Gaya tekan air ke atas

2.5.2 Tekanan Hidrodinamik

Harga pasti untuk gaya hidrodinamik jarang diperlukan karena pengaruhnya kecil saja pada jenis bangunan yang digunakan di jaringan irigasi. Prinsip gaya hidrodinamik adalah bahwa jika kecepatan datang (approach velocity) cukup tinggi dan oleh sebab itu tinggi energi besar, maka akan terdapat tekanan yang makin besar pada bagian-bagian dinding (lihat Gambar 2.16).



Gambar 2.16 Tekanan hidrodinamik

2.6 Beban Akibat Gempa

Faktor-faktor beban akibat gempa yang akan digunakan dalam perencanaan bangunan-bangunan pengairan diberikan dalam bentuk peta yang diterbitkan oleh STANDAR INDONESIA yang berlaku. Karena DPMA dalam tahun 1981 dengan judul “Peta Zona Seismik untuk Perencanaan Bangunan Air Tahan Gempa” DPMA dalam tahun 1981, tidak berlaku lagi.

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 , Tata Cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan dengan acuan normative lainnya seperti:

- a. RSNI M-02-2002 Metode Analisis dan cara Pengendalian rembesan air untuk Bendung Urugan
- b. RSNI M – 03-2002 Metode Analisis Stabilitas Lereng Statik Bendungan tipe Urugan
- c. RSNI T-01-2002 Tata Cara desain Tubuh Bendungan Tipe Urugan

Koefisien gempa dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$a_d = n (a_C * Z)^m,$$

$$E = a_d / g$$

di mana:

a_d = percepatan gempa rencana, cm/dt^2

n, m = koefisien untuk jenis tanah (lihat Tabel 3.2)

a_C = percepatan kejut dasar, cm/dt (untuk harga per periode ulang lihat Tabel 3.12).

E = koefisien gempa

g = percepatan gravitasi, cm/dt^2 (980)

z = faktor yang bergantung kepada letak geografis

(Koefisien Zonal lihat Gambar 3.12).

Tabel 2.7 Koefisien Zona gempa pada Zona A,B,C,D,E,F

Zona	Koefisien Zona Z
A	0,1 - 0,30
B	0,30 - 0,60
C	0,60 - 0,90
D	0,90 - 1,20
E	1,20 - 1,40
F	1,40 - 1,60

Sumber : RPT, ANALIS STABILITAS BENDUNGAN TIPE URUNGAN AKIBAT GEMPA

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan parameter evaluasi gempa ada 3

faktor yaitu :

- 1) Tingkat kerusakan di lokasi bendung/ bangunanpengairan;
- 2) Tingkat resiko dari bangunan yang sudah selesaidibangun;
- 3) Tipe bendungan dan potensi tipekeruntuhan.

Faktor gempa E yang dicari dan rumus dan peta di atas dipakai dalam perhitungan stabilitas di mana faktor itu harus dikalikan dengan berat sendiri bangunan dan dipakai sebagai gaya horisontal.

Koreksi pengaruh jenis tanah setempat sesuai SNI 03-1726-2002 diuraikan dalam tabel 2.8 di bawah ini.

Tabel 2.8 Faktor Koreksi pengaruh jenis tanah setempat

Kelompok	Jenis tanah	periode Predominan T_s (detik)	Koreksi (v)
1	Batuan: a) Perlapisan terbentuk sebelum periode kuarter disebut batuan b) Lapisan diiluvial diatas lapisan batuan dengan tebal kurang 10 m	T_s 0,25	0,8
2	Diiluvium: a) Lapisan diiluvial diatas lapisan batuan dengan tebal lebih dari 10 m b) Lapisan alluvial diatas lapisan batuan tebal kurang dari 10 m	$0,25 < T_s$ 0,25	1,0 0 1,1
3	Alluvium	$0,25 < T_s$ 0,25	0 1,2
4	Alluvium Lunak :	T_s 0,75	0

Catatan :

1. Yang termasuk dalam lapisan diiluvial adalah lapisan pasir padat; kerikil bongkahan;lempung keras.
2. Yang termasuk lapisan alluvial adalah lapisan endapan baru seperti endapan sungai; longsoran.

2.7 Kombinasi Pembebanan

Tabel 2.9 menunjukkan kombinasi pembebanan dan kenaikan dalam tegangan izin rencana.

Tabel 2.9 Kombinasi Pembebanan

No	Kombinasi Pembebanan	Kenaikan tegangan izin
1	M + H 6 K T+ Thn	0%
2	M + H 6 K T+ Thn + G	20%
3	M + H 6 K T+ Thb	20%
4	M + H 6 K T+ Thb + G	50%
5	M + H 6 K T+ Thb + Ss	30%

Dalam Table 2.9:

M = Beban mati

H = Beban hidup

K = Beban kejut

T = Beban tanah

Thn = Tekanan air normal

Thb = Tekanan air selama banjir

G = Beban gempa

Ss = Pembebanan sementara selamapelaksanaan

2.8 Tegangan Izin dan Faktor Keamanan

2.8.1 Tegangan Izin

Tegangan izin untuk beton (bertulang), baja dan kayu diuraikan dalam standar persyaratan di bawah ini:

- (1) **PBI-1971 (NI-2)** Peraturan Beton BertulangIndonesia
- (2) **VOSB-1963** Peraturan-peraturan Perencanaan Bangunan Konstruksi Baja dan **PPBBI-1983** Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia

(Jembatan dan Bangunan)

(3) PKKI-1961 (NI-5) Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia.

Untuk pasangan batu atau bata merah, tegangan-tegangan izin adalah:

- pasangan batu $d = 7 \text{ N/mm}^2 (= 7 \text{ kgf/cm}^2)$
- pasangan bata merah $d = 2,5 \text{ N/mm}^2 (= 25 \text{ kgf/cm}^2)$
- tidak boleh ada tegangan tarik pada bangunan dan pasangan.

2.8.2 Faktor keamanan

a. Harga-harga faktor keamanan terhadap bahaya guling (overturning) diberikan pada Tabel 2.10 untuk berbagai kombinasi pembebanan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.10 Faktor keamanan M_1/M_g (F_g^*) terhadap guling

Kombinasi Pembebanan	Faktor Keamanan (F_g)
1	1,5
2	1,3
3	1,3
4	1,1
5	1,2

*) M_g = momen total sesungguhnya yang menyebabkan terjadinya guling

M_t = momen tahan terhadap guling

F_g = faktor keamanan terhadap guling.

b. Harga-harga faktor keamanan terhadap gelincir (sliding) F_s diberikan pada Tabel 2.11 untuk berbagai kombinasi pembebanan.

Tabel 2.11 Faktor keamanan terhadap gelincir /r (Fs**)

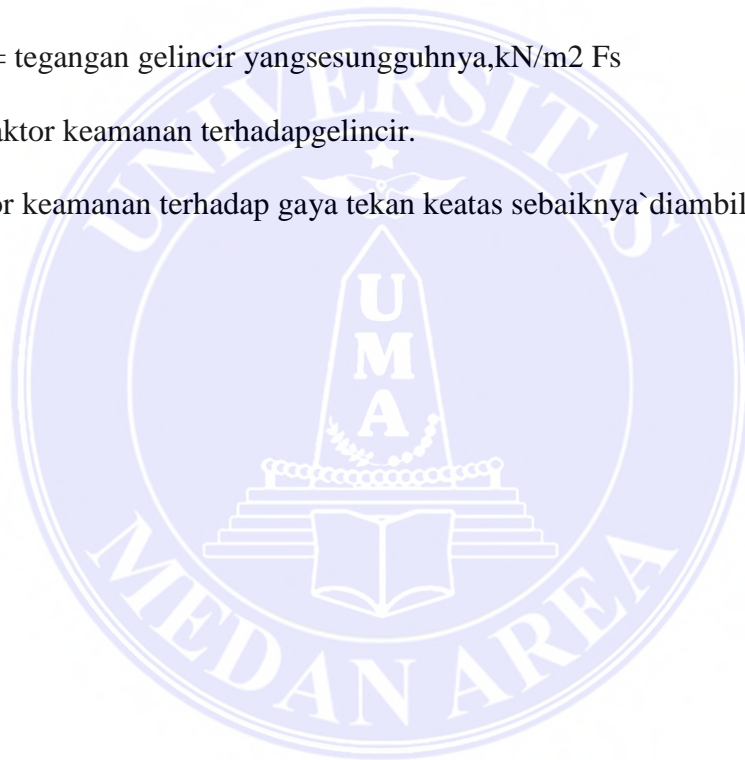
Kombinasi Pembebanan	Faktor Keamanan (Fs)
1	1,5
2	1,3
3	1,3
4	1,1
5	1,2

**) r = tegangan izin maksimum, kN/m²

r = tegangan gelincir yang sesungguhnya, kN/m² F_s

= faktor keamanan terhadap gelincir.

c. Faktor keamanan terhadap gaya tekan keatas sebaiknya diambil antara 1,1 dan 1,5.

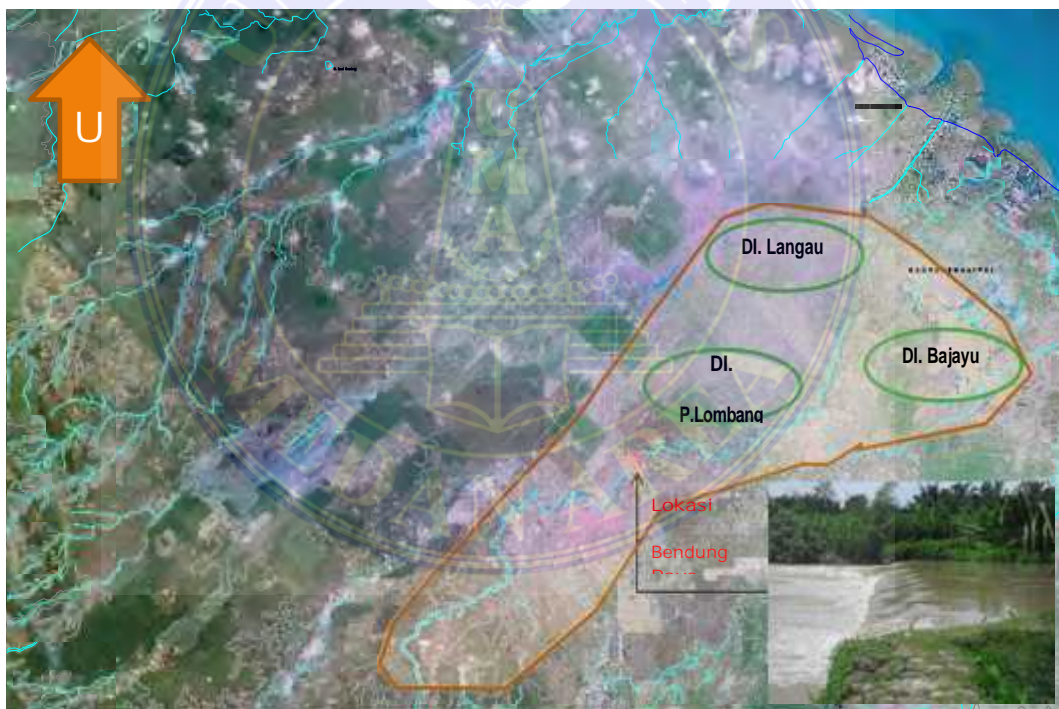


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil lokasi pada Proyek Detail Desain Bendung D.I. Bajayu Kabupaten Serdang Bedagai yang berada di Kabupaten Serdang Bedagai dan Kota Tebing Tinggi Provinsi Sumatera Utara. Lokasi pekerjaan disajikan pada peta di bawah ini yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sumatera – II (BWSS-II).



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pekerjaan Detail Desain Bendung D.I. Bajayu Kab. Serdang Bedagai.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Data yang dijadikan bahan acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan skripsi ini dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data, yaitu:

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari lokasi proyek maupun hasil survei yang dapat langsung dipergunakan sebagai sumber dalam analisis data, misalnya lebar sungai, kedalaman sungai, dan elevasi dasar sungai.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang dipakai dalam proses pembuatan dan penyusunan Laporan Skripsi ini. Data sekunder ini didapat dari instansi yang terkait baik dari sekitar lokasi kegiatan (Balai Wilayah Sungai Sumatera II) maupun ditempat lain yang menunjang dengan kegiatan tersebut.

Data-data sekunder yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Data Studi literatur

Untuk studi literatur ini perlu diperhatikan supaya kegiatan yang akan dilaksanakan berdasarkan teori yang sudah ada dan bagaimana tatacara pemecahan masalah dari kegiatan tersebut. Langkah awal yang harus dilaksanakan adalah mengumpulkan data berupa buku catatan, buku hasil studi terdahulu maupun gambar lain yang dapat digunakan sebagai referensi dalam pelaksanaanya pekerjaan survei inventory.

2. Data Topografi yaitu Peta lokasi Daerah Aliran Sungai (DAS).

3. Data Mekanika Tanah

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik Pengumpulan data yang dilaksanakan adalah :

- a. Studi literatur yaitu teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data dengan cara mengumpulkan, mengidentifikasi, mengolah data tertulis dan metode kerja yang dilakukan.
- b. Observasi yaitu dengan melakukan pengamatan langsung ke lokasi untuk mengetahui kondisi sebenarnya di lapangan.
- c. Wawancara yaitu mendapatkan data dengan cara wawancara langsung dengan instansi terkait/ pengelola atau narasumber yang dianggap mengetahui permasalahan tersebut.
- d. Metode Kepustakaan yaitu metode pengumpulan data atau bahan yang diperoleh dari buku-buku kepustakaan.

3.4 Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data meliputi kegiatan pengakumulasian, pengelompokan jenis data, kemudian dilanjutkan dengan analisis. Pada tahapan ini dilakukan proses pengolahan dan analisis data, meliputi data yang diperoleh dari lapangan dan instansi terkait yang berupa gambar desain, dan data-data yang bersesuaian dengan pokok bahasan, disusun secara sistematis dan logis sehingga diperoleh suatu gambaran yang akan dibahas dalam Skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja. M., 1988 : *Mekanika Tanah*. Erlangga, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, Sub Direktorat Jenderal Pengairan, KP – 02. 1986, *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, Sub Direktorat Jenderal Pengairan, KP – 06. 2009, *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Parameter Bangunan*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Pakpahan, Tumpal Alexander dan Ahmad Perwira Mulia. 2013: *Perhitungan Stabilitas Bendung Pada Proyek PLTM Aek Silang II Doloksanggul*. Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara
- Robydiansah, 2012: *Kajian Ulang Stabilitas Geser Dan Guling Parafet Di Sungai Grindulu Kabupaten Pacitan*, Universitas Negeri Yogyakarta
- Siagian, Trisnafia, dkk, Oktober 2012: *Evaluasi Hidrolis Bendung Lama Terhadap Rencana Bendung Baru Pada Bendung Timbang Lawan Di Kabupaten Langkat*. Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara
- Sidharta, dkk. 1997: *Irigasi dan Bangunan Air*, Jakarta: Gunadarma.
- Richard, Vicky. 2013: *Perencanaan Bendung Untuk Daerah Irigasi Sulu*, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Joetata, Hadidardjaja, Ir., dkk. 1979. *Irigasi dan Bangunan Air*, Jakarta: Gunadarma.
- Soediby. 2013, *Teknik Bendungan*, Jakarta: PT. Sentra Sarana Abadi.

FOTO DOKUMENTASI



Struktur Badan Bendung



Struktur Badan Bendung



Struktur Badan Bendung



Struktur Badan Bendung



Retaning Wall



Retaning Wall



Retaning Wall



Retaning Wall



Retaning Intake Kanan



Retaning Intake Kanan



Retaning Intake Kanan



Retaning Intake Kanan



Kantong Lumpur



Kantong Lumpur



Kantong Lumpur



Kantong Lumpur



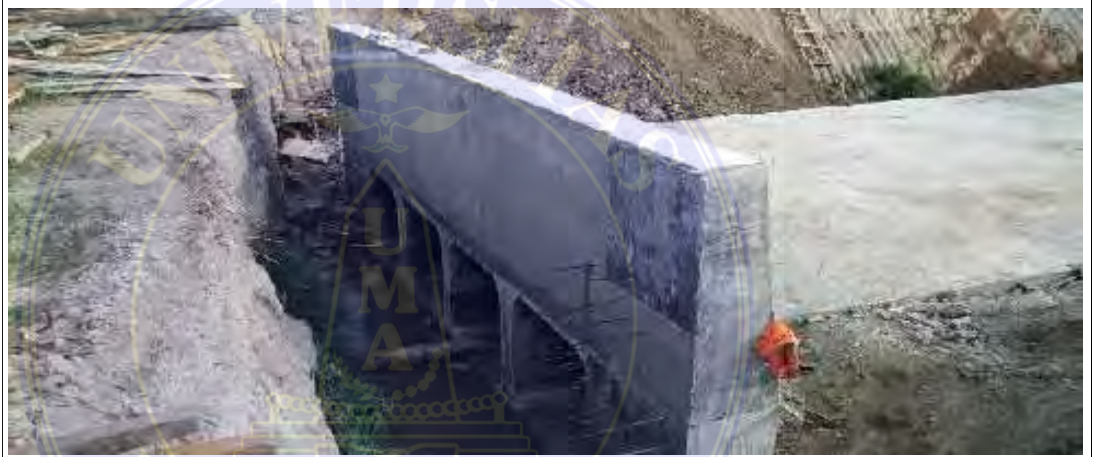
Saluran Pembilas Kanan



Saluran Pembilas Kanan



Saluran Pembilas Kanan



Saluran Pembilas Kanan



Saluran Kanan



Saluran Kanan



Saluran Kanan



Saluran Kanan



Tanggul



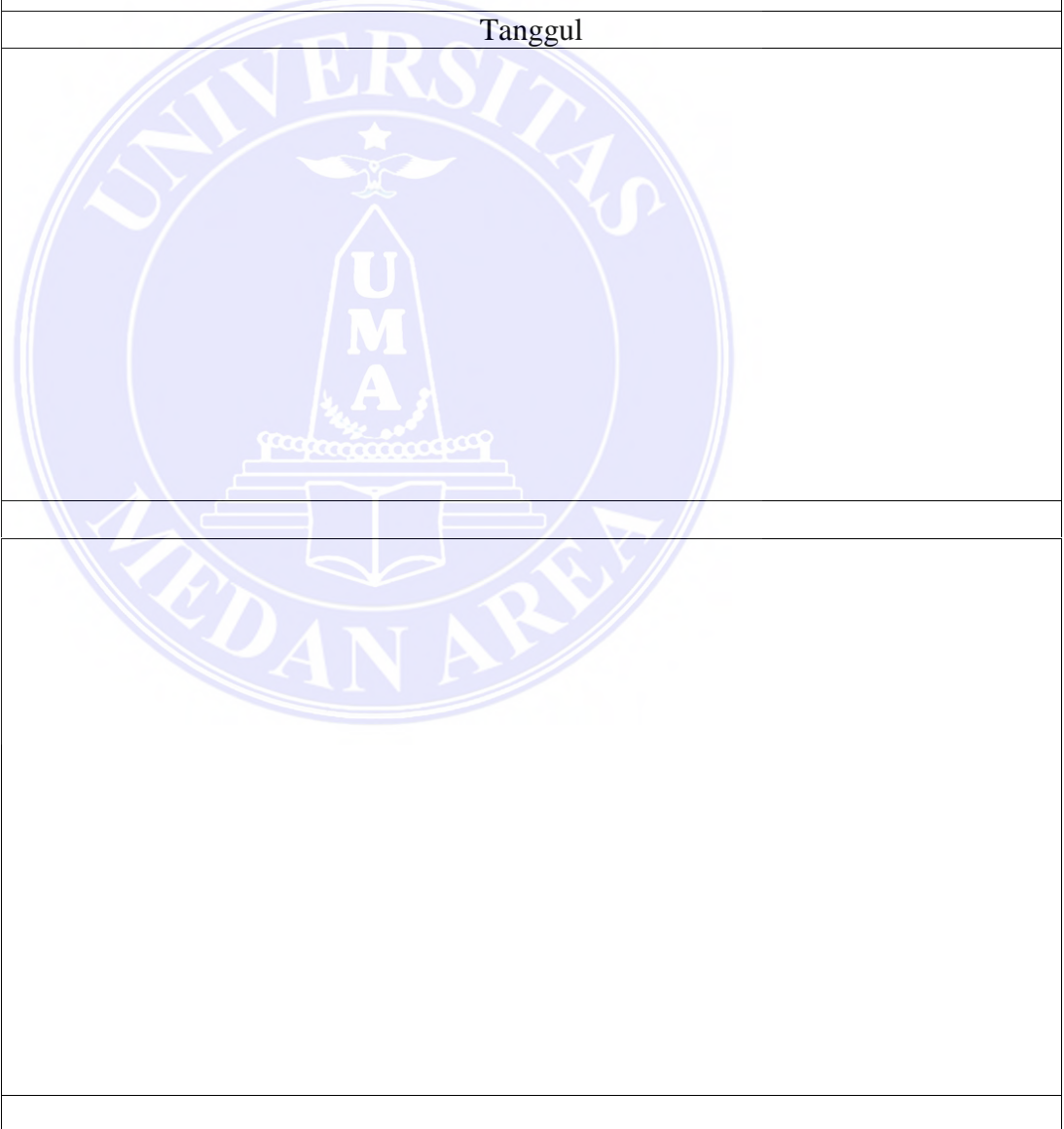
Tanggul

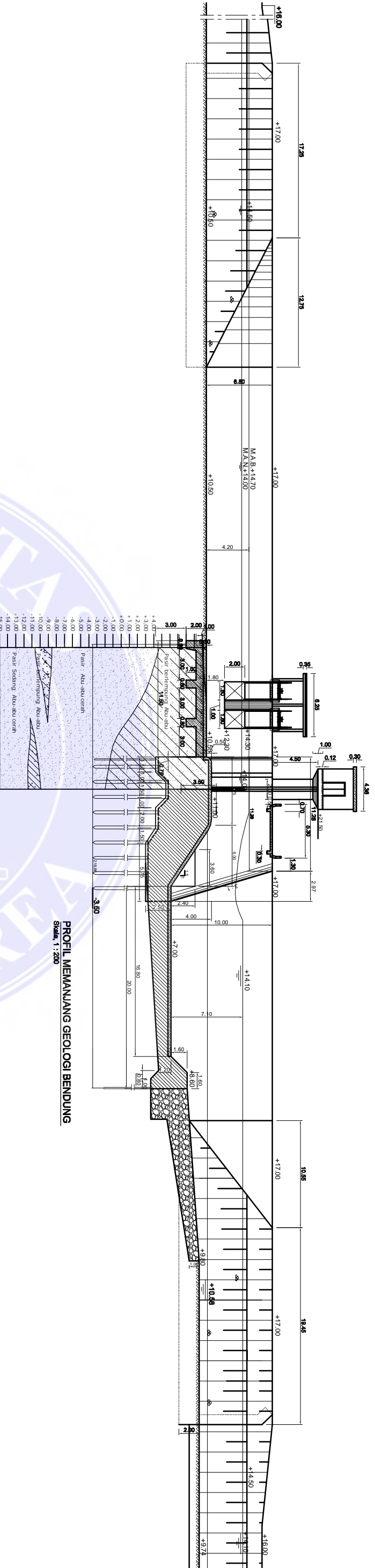


Tanggul

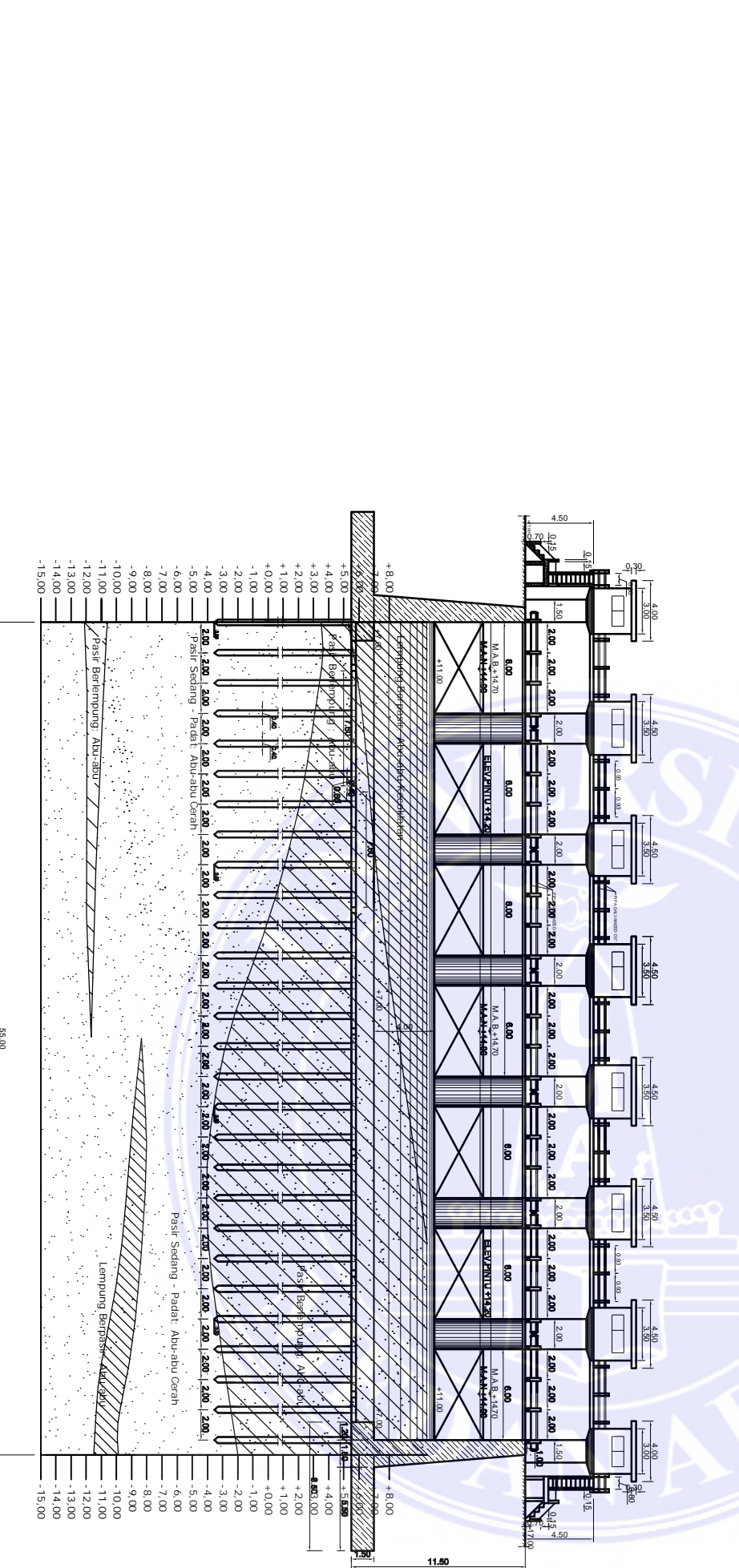


Tanggul





PROFIL MEMANJANG GEOLOGI BENDUNG
Skala: 1 : 200

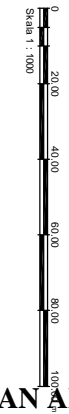
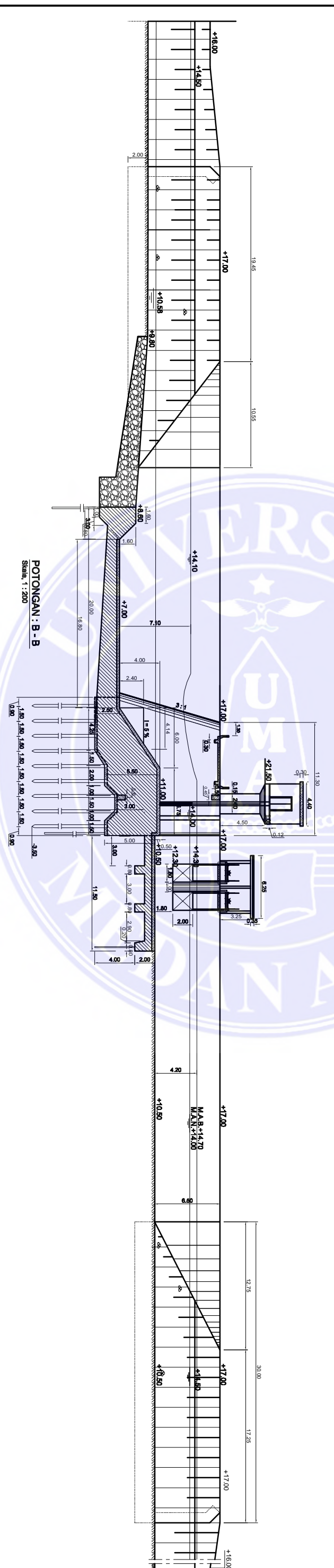
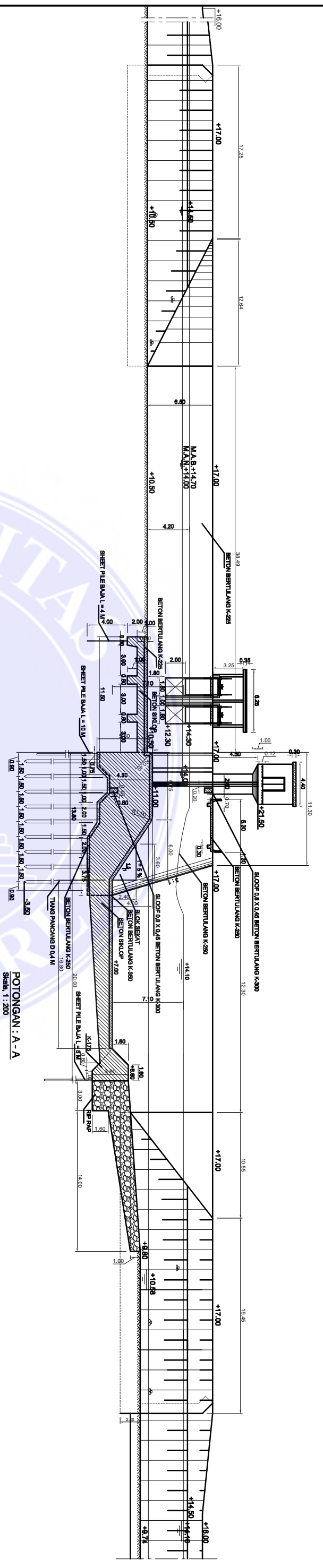




PROFIL MELINTANG GEOLOGI BENDUNG
Skala: 1 : 200

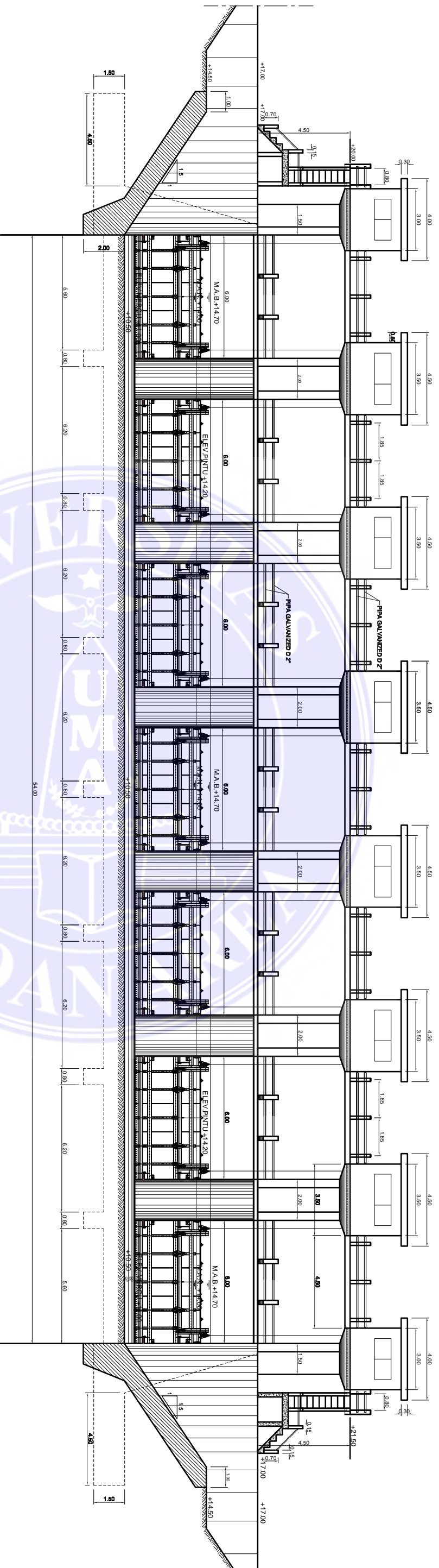
REVISI		
No. REV./	TGL.	YGM. DIBREV.

FT. GLOM. PARSINDO JAYA			
Jl. T. LAMBU, SEMPORA, BR. B. ACH.			
		KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL SUMBERDAYA AIR SATUAN KERJA BAWA WILAYAH SUMBAH SUKSES II PERENCANAAN DAN PROGRAM	
		<small>J. DOK. DESAIN KAWASAN DOK. 2016, UMBUTUNG-TAL. DOK. 2016/2016/0005/0002/0001/0001/0001</small>	
		PAKET : D.D. BENDUNG D.I. BALUYU KAB. SERDANG BEDAGAI	
GAMBAR :		PROFIL GEOLOGI DI BENDUNG	
PROFIL MELINTANG GEOLOGI BENDUNG		PROFIL MEMANJANG GEOLOGI BENDUNG	
Diklarir		Diklarir	
Diklarir		Diklarir	
Diklarir		Diklarir	
Diklarir		Diklarir	
Diklarir		Diklarir	
Diklarir		Diklarir	
Diklarir		Diklarir	
Diklarir		Diklarir	
Diklarir		Diklarir	

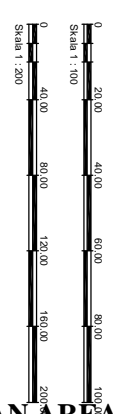
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL SUMBERDAYA AIR SATUAN KERJA BAWA WILAYAH SUMBAH SUKSES II PERENCANAAN DAN PROGRAM		Provinsi	Sumatera Utara
<small>J. DOK. DESAIN KAWASAN DOK. 2016, UMBUTUNG-TAL. DOK. 2016/2016/0005/0002/0001/0001/0001</small>		Lokasi	Sial Parire
PAKET : D.D. BENDUNG D.I. BALUYU KAB. SERDANG BEDAGAI		Kedudukan	Serding Bedag
GAMBAR :		Tanggal	No. Kontr
PROFIL MELINTANG GEOLOGI BENDUNG		13 MEI 2012	
PROFIL MEMANJANG GEOLOGI BENDUNG		HK.02.03/P... Saher BWS BWS 2012	
Diklarir		No. Ring	No. Gambar
Diklarir		3 / 44	



 PT. GLOBAL PAKSINDO JAYA Jln. T. Umaru, Serdang Bedagai		 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL SUMBERDAYA AIR PERENCANAAN DAN PROGRAM 1. RENCANA KAWASAN DASAR, GAMBAR TEBAL, GAMBAR RENCANA PERENCANAAN	
REVISI		POTONGAN MEMANJANG BENDUNG	
GABUNG:		No. Ring:	
PAKET : D.D. BENDUNG D 1. BALAYU KAB. SERDANG BEDAGAI		Tanggal:	
No. Rev./ TGL.		No. Gambar:	
YG DIBREV:		No. 02/03/PH/2012	
OLEH:		Saibet BWS BWS 2012	
DIRENC:		No. 4/44	
DIREKTUR:		No. 4/44	



POTONGAN : C - C
 Skala, 1 : 100



PT. GLOBAL PAKSINDO JAYA
 Jln. T. Umaru U. Sempoa BB. Aceh

REVISI

No. REV.	TGL.	YG. DIBREV.	OLEH	DIRENC.

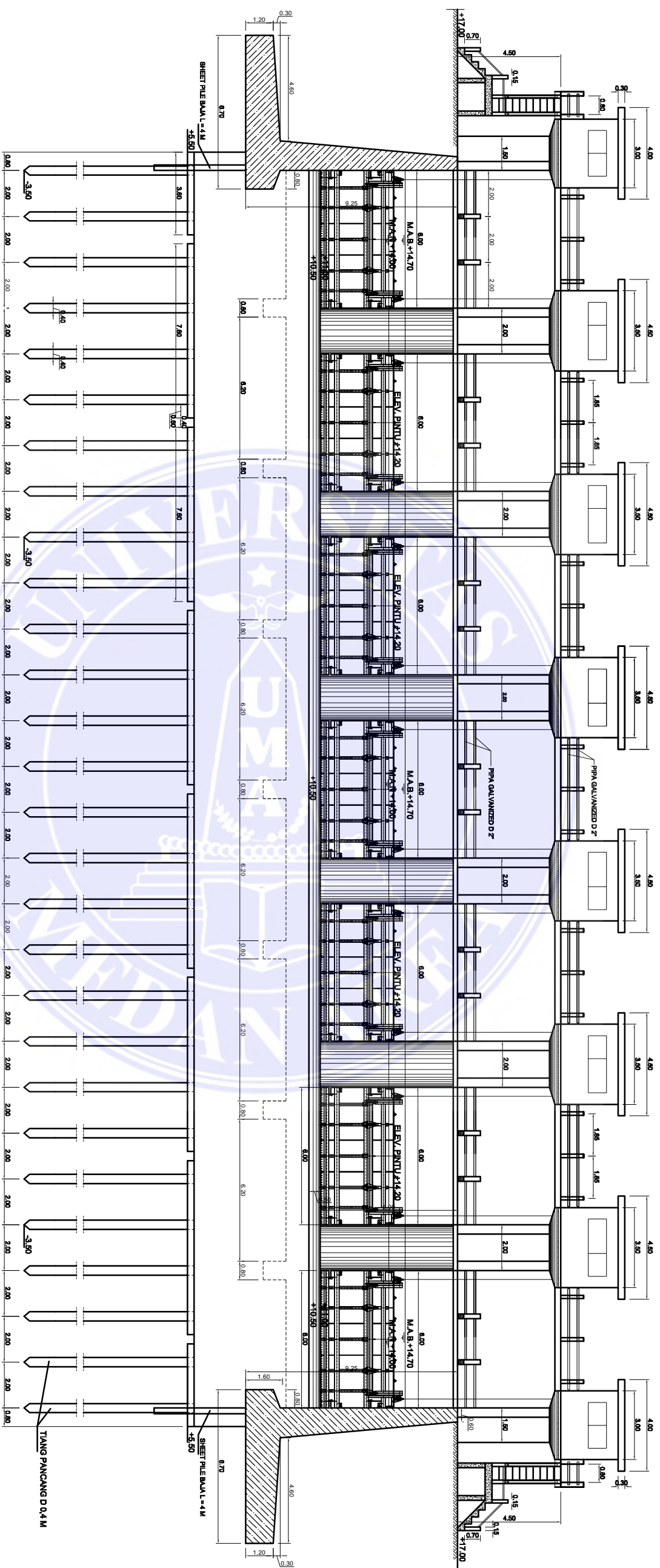
POTONGAN MELINTANG BENDUNG		No. Ring	No. Gambar
Drafter	Akmaliajaya	Suryuger	
Dibuat	Ahmad	Diatman	
Diperiksa	Ir. Nurugi Christiani	Mahil Iqbal / Dians	
Diperiksa	Moch. Faidun, ST.M.S	Teani Lantur	
Diperiksa	Mulyen Sirenia Teuhunana, ST	Cheraki Lurungan	
Ditertu	Syaband, SST	Kaluar Pencanaan	
Direvisi	Karnesh Timpas ST.S9	Pipa, Pemas. & Program	

**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
 DIREKTORAT JENDERAL SUMBERDAYA AIR
 PERENCANAAN DAN PROGRAM**

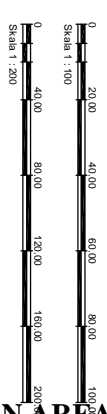
PAKET : D.D. BENDUNG D.1. BALAYU KAB. SERDANG BEDAGAI

GAMBAR :
POTONGAN MELINTANG BENDUNG

Lokasi : Sumatra Utara
 Kabupaten : Serdang Bedagai
 Tanggal : No. Kompi :
 13 MEI 2012
 HK.02.03/PK/2012
 Saker BWS BWS



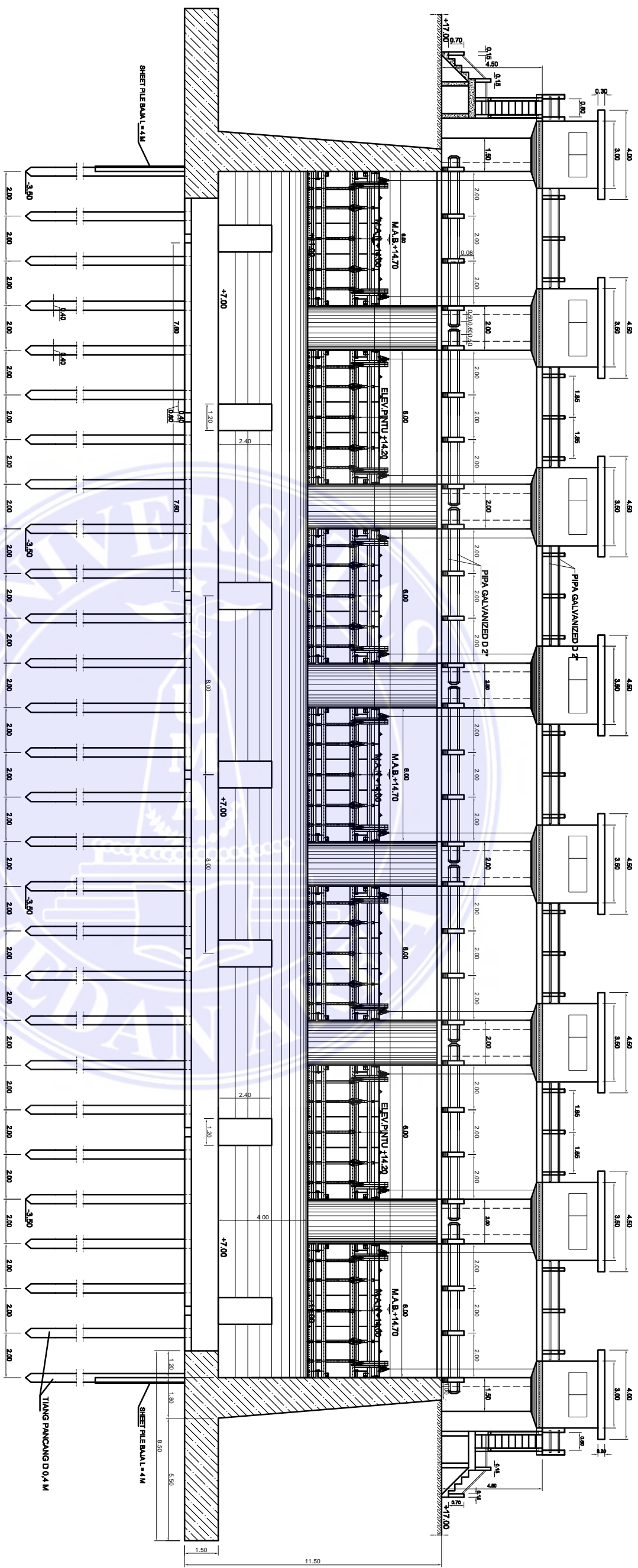
POTONGAN : D - D
Skala : 1 : 100



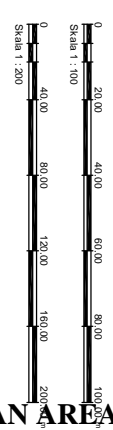
REVISI				
No. REV.	TGL.	YG DIBREV.	OLEH	DIRENC.

<p>PT. GLOBAL PAKSINDO JAYA Jln. T. Umaru II, Serdang Bedagai</p>		<p>KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL SUMBERDAYA AIR PERENCANAAN DAN PROGRAM KAWASAN PERENCANAAN</p>	
<p>PAKET : D.D. BENDUNG D.1. BALAYU KAB. SERDANG BEDAGAI</p>		Provinsi	Sumatera Utara
<p>GAMBAR : POTONGAN MELINTANG BENDUNG</p>		Lokasi	Sat. Paltre
<p>Disusun oleh : Syahbandi, SST</p>		Kabupaten	Serdang Bedagai
<p>Ditelaah oleh : Yogi Permana, S. Program</p>		Tanggal	No. Kontor
<p>Disetujui oleh : Yogi Permana, S. Program</p>		No. Ring	HK.02.03/PK/2012
<p>Disetujui oleh : Yogi Permana, S. Program</p>		No. Gambar	Sahiter BWS BWS 2012

No. REV.	TGL.	YG DIBREV.	OLEH	DIRENC.



POTONGAN : E - E
Skala, 1 : 100



PT. GLOBAL PAKSINDO JAYA
Jln. T. Umaru, Serdang Bedagai

REVISI

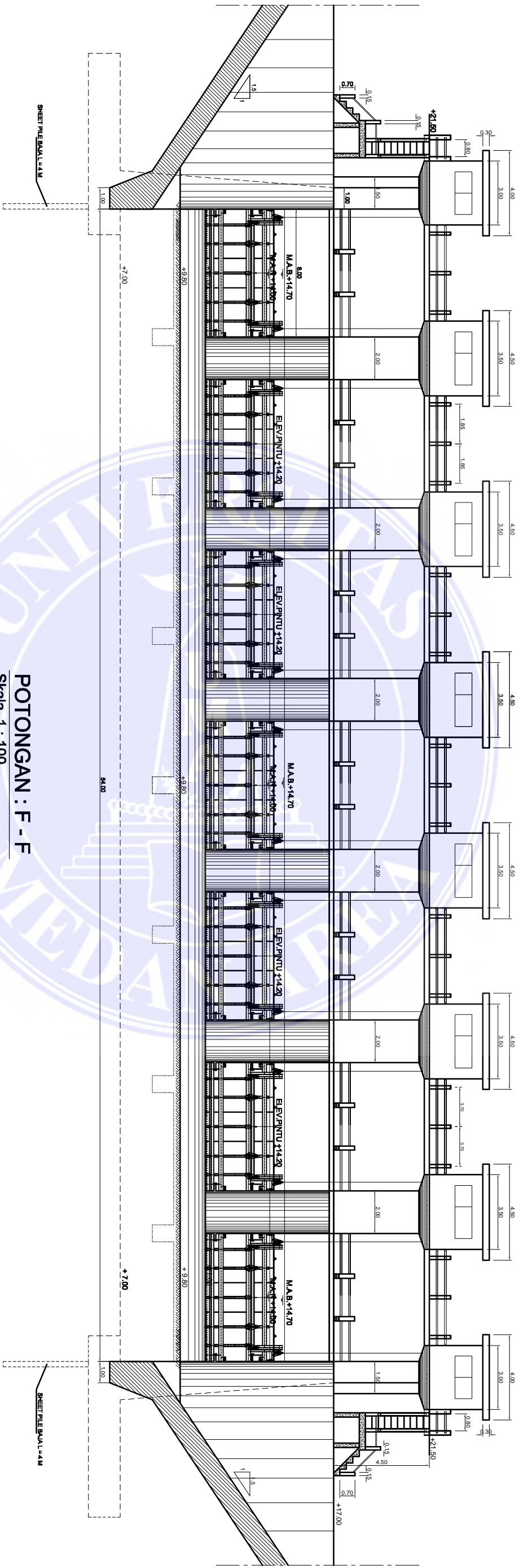
No. REV.	TGL.	YG DIBREV.	OLEH	DIRENC.

POTONGAN MELINTANG BENDUNG		GAMBAR :	
Drafter	Sakadikus	Surveyer	
Dibuat	Ahmad	Draftman	
Diperiksa	Ir. Nurugi Christiani		
Diperiksa	Moch. Faidun, ST.M.S	Teknik Lanjut	
Diperiksa	Mulyen Sirema Tejuhmana, ST		
Diperiksa	Syabandus, SST		
Diperiksa	Karnesh Timpan, ST, Sp		

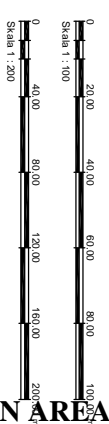
**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL SUMBERDAYA AIR
SATUAN KERJA BAWA WILAYAH SUNGAI SUMPATERA II
PERENCANAAN DAN PROGRAM
1. RENCANA KAWASAN DASAR, RENCANA TATA RUMAH RUMAH DAN RENCANA**

PAKET : D.D. BENDUNG D.1. BALAYU KAB. SERDANG BEDAGAI

Provinsi	Sumatera Utara
Lokasi	Sat. Pabrik
Kabupaten	Serdang Bedagai
Tanggal	No. Kompi



POTONGAN : F - F
Skala: 1 : 100



PT. GLOBAL PRAKASINDO JAYA
Jln. T. Umaru U. Sempoa B.B. Aceh

REVISI

No. REV.	TGL.	YG. DIBREV.	OLEH	DIRENC.

GAMBAR :		POTONGAN MELINTANG BENDUNG	
Drafter	Armadus	Surveyer	
Dibuat	Armadus	Drafter	
Diperiksa	Ir. Nurugi Christian	Ahli Irigasi / Desain	
Diperiksa	Moch. Faidan, ST.M.S	Teknik Lanjut	
Diperiksa	Mulyen Sirenia Teuhunwaka ST	Desain Lanjut	
Diperiksa	Syabandus SST	Kalibrasi / Pengukuran	
Diperiksa	Karneshan Timpas ST.SS	Prp. Perenc. & Program	

**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL SUMBERDAYA AIR
SATUAN KERJA BAWA WILAYAH SUNGAI SIBUANTARA II
PERENCANAAN DAN PROGRAM
KAWASAN PERENCANAAN DAN PROGRAM**

PAKET : D.D. BENDUNG D.1. BALAYU KAB. SERDANG BEDAGAI

Provinsi Sumatera Utara
Lokasi Sei Patir
Kabupaten Serdang Bedagai
Tanggal
No. Kompi
13 MEI 2012
HK.02.03/PK/2012
Saher BWS BWS
2012
No. Gambar
8 / 44